

ผลของการเติมโดโลไมท์ในดินบนต่อความเป็นกรดและการเปลี่ยนแปลง
สมบัติทางเคมีของดินที่ปลูกทุเรียนในเขตภาคตะวันออกของประเทศไทย

EFFECT OF SURFACE APPLIED DOLOMITE ON ACIDITY AND
CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOIL UNDER DURIAN ORCHERD
IN THE EASTERN PART OF THAILAND



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2566

KMITL-2023-AG-M-065-391

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF SURFACE APPLIED DOLOMITE ON ACIDITY AND
CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOIL UNDER DURIAN ORCHERD
IN THE EASTERN PART OF THAILAND



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE
DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURE
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2023

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2023

SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเติมโดโลไมท์ในดินบนต่อความเป็นกรดและการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินที่ปลูกทุเรียนในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
นักศึกษา	นายอัศววัฒน์ วอเพชร
รหัสประจำตัว	60604015
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2566
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ภัทรรัตน์ เทียมเก่า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ดร.นุกูล ถวิลถึ้ง

บทคัดย่อ

การเติมปูนบนผิวดินเพื่อยกระดับ pH ของดินในเขตรากของพืชโดยเฉพาะในสวนผลไม้ จะได้ผลดี มีประสิทธิภาพขึ้นกับความสามารถของปูนในการเคลื่อนย้ายลงไปในดินเพื่อสะเทินกรดในดินล่าง และระยะเวลาที่ปูนเคลื่อนย้ายลงในดินระดับเขตรากของพืช นอกจากนี้ยังขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ ด้วย เช่น ชนิดและอัตราของปูน สมบัติของดิน และปริมาณน้ำฝน เป็นต้น ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองในครั้งนี้โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมปูนโดโลไมท์ทั้งอัตราต่ำ และอัตราสูงต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินและน้ำชะดิน (leachates) ตามจำนวนครั้งในการชะดิน และเพื่อศึกษาผลของการเติมปูนโดโลไมท์ในอัตราต่ำต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร ตามระยะเวลาหลังเติมปูนตลอดความลึกของดิน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาภายใต้การจำลองโดยใช้ไลซิมิเตอร์ (lysimeter) เก็บดินจากสวนทุเรียน 2 สวน ที่มีเนื้อดินต่างกันคือ สวน C (ดินเนื้อละเอียด) และสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) บรรจุดินในไลซิมิเตอร์ ตามความลึก 0-5 5-15 15-30 และ 30-50 ซม. ให้มีความหนาแน่นของดินใกล้เคียงกับสภาพในสนาม เติมปูนโดโลไมท์บนผิวดินในอัตรา 0 0.5 1.0 และ 1.5 เท่าของความต้องการปูน (LR) ชะดินด้วยน้ำประปา 9 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 10 วัน เก็บตัวอย่างดินและน้ำชะดินทุกครั้ง เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ส่วนการทดลองที่ 2 ทำการทดลองในสวนเกษตรกร 2 สวน ซึ่งเป็นสวนเดียวกันกับการทดลองที่ 1 เติมโดโลไมท์บริเวณผิวดินใต้ทรงพุ่มรัศมี 2.5 เมตรของต้นทุเรียน ในอัตรา 20% ของค่าความต้องการปูน (LR) โดย 1 LR เท่ากับ 36.55 และ 14.95 กก./ต้น สำหรับสวน C (ดินเนื้อละเอียด) และ สวน T (ดินเนื้อปานกลาง) ตามลำดับ แต่ละสวนเลือกต้นทุเรียน 10 ต้น แยกเป็นเติมโดโลไมท์ 5 ต้น และไม่เติมโดโลไมท์ 5 ต้น จากนั้นเก็บดินที่ความลึก 0-5 5-15 15-30 และ 30-50 ซม. โดยเก็บดินในวันที่ 0 15 30 45 60 75 105 และ 195 วันหลังจากเติมปูน เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน นอกจากนี้ทำการเก็บตัวอย่างใบทุเรียนจากทั้ง 10 ต้นก่อนทดลอง (ระยะหลังเก็บเกี่ยว) และหลังการทดลอง (ระยะการสร้างใบครั้งที่ 2) เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในพืชอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองพบว่าในสวน C (เนื้อดินละเอียด) ดินเป็นกรดปานกลาง (pH 5.93) เกษตรกรต้องการปรับ pH ให้ได้ 6.5 (pH เป้าหมาย) ส่วนในสวน T (เนื้อดินปานกลาง) ดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.99) เกษตรกรมี pH เป้าหมายคือ 5.5 ดินทั้ง 2 สวนมีแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก ดินมีความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับที่ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ทั้ง 2 สวนมีอัตราการซึมผ่านของน้ำค่อนข้างแตกต่างกันคือ ค่อนข้างเร็ว (10 ซม./ชม.) สำหรับสวน C (เนื้อดินละเอียด) และปานกลาง (2.73 ซม./ชม.) สำหรับสวน T (เนื้อดินปานกลาง) ผลการทดลองที่ 1 (แบบจำลองไลซีมิเตอร์) พบว่าการเติมโดโลไมท์ส่งผลต่อระดับ pH ของดินที่เพิ่มขึ้น จาก 5.80 เป็น 6.13 และ จาก 4.91 เป็น 5.51 เมื่อเปรียบเทียบดินก่อนการทดลอง และเพิ่มขึ้นสูงสุดหลังจากการชะดินครั้งที่ 7 และ 3 สำหรับสวน C (เนื้อดินละเอียด) และ T (เนื้อดินปานกลาง) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินได้ 1.85 และ 2.60 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนการทดลอง สำหรับสวน C (เนื้อดินละเอียด) และ T (เนื้อดินปานกลาง) ตามลำดับ โดยแคลเซียมและแมกนีเซียมส่วนใหญ่สะสมอยู่ในชั้นบน (0-5 ซม.) การเติมปูนในอัตรา 1.0 LR สามารถปรับ pH ของดินถึง pH เป้าหมายที่เกษตรกรต้องการได้ตลอดความลึก 0-50 ซม. แต่ถ้าเติมปูนเกินกว่า 1 LR นอกจากจะพบว่า ดินมี pH สูงกว่า pH เป้าหมายแล้วยังพบว่ามีโพแทสเซียมถูกชะละลายไปกับน้ำชะดินสูงขึ้นด้วย ส่วนผลการทดลองที่ 2 (สวนของเกษตรกร) พบว่าการเติมปูนในอัตรา 20% LR ไม่สามารถปรับ pH ของดินให้ได้ตามความต้องการของเกษตรกรได้ แสดงว่าต้องมีการเติมปูนอย่างต่อเนื่องกัน ประมาณ 3-5 ปี อย่างไรก็ตามพบว่าการเติมปูนสามารถยกระดับ pH ได้ 0.36 และ 0.10 หน่วย pH ในสวน C (เนื้อดินละเอียด) และ T (เนื้อดินปานกลาง) ตามลำดับ พบอัตราการเคลื่อนย้ายปูนจากดินบนลงไปที่ดินล่างค่อนข้างแตกต่างกันระหว่างดินทั้ง 2 สวนโดยสวน C (เนื้อดินละเอียด) สามารถเพิ่ม pH ได้ถึงความลึก 30 ซม. โดยใช้เวลาประมาณ 3.5 เดือน ในขณะที่สวน T (เนื้อดินปานกลาง) สามารถเพิ่ม pH ได้ที่ระดับความลึก 0-5 ซม. เท่านั้น โดยใช้เวลาประมาณ 1.5 เดือน สาเหตุสำคัญน่าจะมาจากอัตราการซึมผ่านของน้ำ (infiltration rate) ของดินที่แตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมปูนโดโลไมท์ส่งผลให้ดินมีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินบน (0-15 ซม.) จนถึงระดับที่เหมาะสมคือ 1000-2000 mg/kg และ 120-240 mg/kg สำหรับ แคลเซียมและแมกนีเซียมตามลำดับ โดยพบปริมาณสูงสุดหลังจากเติมปูน 60 วัน (ประมาณ 2 เดือน) การเติมปูนไม่ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และจุลธาตุในดินแตกต่างกัน การพบปริมาณธาตุอาหารในดินบนสูงกว่าดินล่างเกิดจากการใส่ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดินของเกษตรกรที่ทำติดต่อกันเป็นระยะเวลาหลาย 10 ปี นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมปูนไม่ส่งผลต่อปริมาณธาตุอาหารในใบทุเรียน การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในใบทุเรียนที่พบเกิดจากระยะการเจริญเติบโต ระยะการให้ผลผลิต และการจัดการธาตุอาหารในสวนของเกษตรกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Effect of Surface applied Dolomite on Acidity and Chemical Characteristics of Soil under Durian Orchard in the Eastern Part of Thailand
Student	Mr. Akarawat Worphet
Student ID	60604015
Degree	Master of Science
Program	Agriculture
Year	2023
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Pattrarat Teamkao
Thesis Co-Advisor	Asst. Prof. Dr. Nukoon Tawinteung

Abstract

Lime application on the soil surface to enhance the pH level of the soil in the root zone, especially in fruit orchards, will effective results when considering the ability of lime to penetrate into the soil and elevate the pH levels in the lower soil layers. Other crucial factors are several soil-related factors, such as the type and application rate of lime, soil properties, and the amount of rainfall. Therefore, this experiment was conducted to study the effects of dolomite application at both low and high rates on the changes in soil and leachate properties depended on leaching time. The next objective was to investigate the effects of low-rate dolomite application on soil properties and nutrient availability over time, at different soil depths. The experiment was divided into two parts. In the first experiment, a lysimeter was used to simulate the experiment using soil samples collected from two different durian orchards: Orchard C (Sandy clay) and Orchard T (Sandy clay loam). The soil samples were collected at depths of 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm, and 30-50 cm and packed into the lysimeter, with soil bulk density similar to the field conditions. Dolomite was applied to the soil surface at rates of 0, 0.5, 1.0, and 1.5 times of lime requirement (LR). The soil was leached with tap water nine times, with a 10-days interval between each leaching event. Soil and leachate samples were collected after each leaching event for chemical analysis. In the second experiment, two farmer orchards used in the second experiment were the same as in the first experiment. Dolomite was applied beneath the tree canopy within a radius of 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

meters from the durian trees at a rate of 20% of the lime requirement (LR), where 1 LR was equivalent to 36.55 and 14.95 kg/tree for Orchard C (Sandy clay) and Orchard T (Sandy clay loam), respectively. Ten durian trees were selected from each orchard, and five trees were applied dolomite application while the other five remained untreated. Soil samples were collected at depths of 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm, and 30-50 cm on days 0, 15, 30, 45, 60, 75, 105, and 195 after lime application for chemical analysis. Additionally, leaf samples were collected from all ten durian trees before the experiment (after harvest) and after the experiment (second leaf flushing stage) to analyse the nutrient content in the plants.

Based on the experiment, it was found that in orchard C (Sandy clay), the soil is moderately acidic with a pH of 5.93. The farmer aims to enhance the pH to the target value of 6.5. In orchard T (Sandy clay loam), the soil is highly acidic with a pH of 4.99, and the farmer's target pH is 5.5. Both gardens have low to very low levels of calcium and magnesium. The soil bulk density in both orchard is at a level that does not significantly affect plant growth. However, there is a significant difference in the rate of water infiltration between the two orchards. Orchard C (Sandy clay) has a relatively fast infiltration rate of 10 cm/hr., while orchard T (Sandy clay loam) has a rate of 2.73 cm/hr. The applied dolomite in Experiment 1 (lysimeter simulation) had an effect on the soil pH levels. The pH of the soil increased from 5.80 to 6.13 and from 4.91 to 5.51 when comparing the soil before the experiment and after the seventh and third soil leaching cycles for orchard C (Sandy clay) and orchard T (Sandy clay loam), respectively. Additionally, the experiment demonstrated an increase in calcium and magnesium content in the soil by 1.85 and 2.6 times, respectively, when comparing with the soil before the experiment for orchard C and T, respectively. The majority of calcium and magnesium accumulated in the upper layer of the soil (0-5 cm). The application of lime at a rate of 1.0 LR effectively enhanced the soil pH to the target pH throughout the depth of 0-50 cm. However, exceeding the lime application rate of 1.0 LR not only resulted in a pH higher than the target pH but also caused potassium to leach with the leachate. The results of Experiment 2 (farmer's orchard) showed that the applied lime at a rate of 20% LR was unable to enhance the soil pH to the target pH level for the farmers. This indicates that continuous lime application for approximately 3-5 years is necessary. However, it was found that lime

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

application increased the pH by 0.36 and 0.10 pH units in orchard C (Sandy clay) and T (Sandy clay loam), respectively, when comparing with the soil before the experiment. The movement of lime from the topsoil to the subsoil varied significantly between the two orchards. In orchard C (Sandy clay), the pH could be increased up to a depth of 30 cm within approximately 3.5 months. On the other hand, in orchard T (Sandy clay loam), the pH could only be increased in the top 0-5 cm depth within approximately 1.5 months. This difference is likely due to the contrasting infiltration rates of the soils. Additionally, the dolomite application resulted in an increase in the calcium and magnesium content of the soil, especially in the topsoil (0-15 cm), reaching appropriate levels of 1000-2000 mg/kg and 120-240 mg/kg for calcium and magnesium, respectively, after 60 days of lime application. The lime application did not significantly affect the phosphorus, potassium, and micronutrient content in the soil, while the higher nutrient content in the topsoil compared to the subsoil was attributed to fertilizer application and the farmer's long-term soil amendment practices. Furthermore, the lime application did not affect the nutrient content in the leaves of the durian trees. The changes observed in leaf nutrient levels were attributed to the growth stage, fruiting period, and nutrient management practices in the farmer's orchard.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เกิดขึ้นด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.นุกูล ถวิลถึง อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าและเป็นผู้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ การวางแผน และให้ความรู้ความเข้าใจในการจัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ จากนั้น ผศ.ดร.ภัทรารัตน์ เทียมเก่า รับช่วงต่อเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.นุกูล ถวิลถึง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมในลำดับต่อมา ทั้งนี้ วิทยานิพนธ์เล่มนี้จะไม่สามารถสำเร็จได้ถ้าไม่มีความร่วมมือและความช่วยเหลือจากทั้งสองท่าน

ขอขอบคุณประธานการสอบวิทยานิพนธ์ รศ.ดร. สมยศ เดชภีร์ตมมงคล และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ประกอบด้วย ผศ.ดร. พงนา สีขาว ผศ.ดร. สมศักดิ์ ครามโชติ ผศ.ดร. นุกูล ถวิลถึง และ ผศ.ดร. ภัทรารัตน์ เทียมเก่า สำหรับการตอบรับคำเชิญเป็นประธานและกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ รวมถึงคำชี้แนะสำหรับปรับปรุงเล่มให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นภายหลังการสอบเสร็จสิ้น

ขอขอบคุณคณาจารย์ในภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชที่ให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับดินและพืช รวมถึงคุณนุจรี บุญแปลง และคุณจรรยาชนก ปริสงค์ ทั้งสองท่านเป็นเจ้าหน้าที่ฝ่ายสนับสนุนการเรียนการสอน ที่คอยให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการและยืมใช้อุปกรณ์ เครื่องมือของภาควิชาปฐพีวิทยา ตลอดจนเจ้าหน้าที่และบุคลากรคณะเทคโนโลยีการเกษตรที่อำนวยความสะดวกในสระต่างๆ ให้ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือกับการศึกษาและการจัดทำวิทยานิพนธ์ เล่มนี้ อีกทั้งเจ้าของสวนทุเรียน คนขับรถที่คอยให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการเก็บ ตัวอย่างดินและพืช และขอขอบคุณครอบครัวของข้าพเจ้าที่ให้ความสนับสนุนต่อข้าพเจ้าอย่างดี คุณงามความดีที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอจงส่งผลถึงบิดามารดา ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน รวมถึงท่านผู้มีส่วนเกี่ยวข้องแต่ข้าพเจ้ามิได้ออกนามมา ณ ที่นี้

สุดท้ายนี้ใคร่ขอขอบคุณโครงการการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ดินและพืชด้วยเทคนิคเนียร์ อินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ ในการแปลผลเพื่อแนะนำการใส่ปุ๋ยอย่างแม่นยำในการเพิ่มประสิทธิภาพ การผลิตและคุณภาพของทุเรียนหมอนทอง (ปีที่ 2) (PRP6505030920) สังกัดสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.) และบริษัทเว็ทกรุปโฮลดิ้งที่ให้ความอนุเคราะห์ปูนโดโลไมท์

อัศววัฒน์ วอเพ็ชร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	4
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	4
1.4 ขอบเขตงานวิจัย.....	4
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 pH ของดิน.....	7
2.2.1 ปฏิกริยาดิน (soil reaction).....	9
2.2.2 สาเหตุการเกิดดินกรด.....	9
2.2.3 ปัจจัยของการเปลี่ยนแปลง pH ในดิน	12
2.2.4 ผลของดินกรดต่อพืชและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร.....	16
2.2.5 ความลึกและความเป็นกรดของดิน.....	18
2.2.6 การปรับปรุงดินกรด.....	21
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลของการเติมปูนต่อการยกระดับ pH ของดิน.....	24
2.3 ธาตุอาหารพืช.....	27
2.3.1 ความสำคัญของธาตุอาหารพืช.....	27
2.3.2 การแปลความหมายตามค่าวิกฤติมาตรฐานพืช.....	29
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	31
3.1 สถานที่ทำการทดลอง	31
3.2 เก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สมบัติดินเบื้องต้น	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการเติมปุ๋ยโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินและน้ำชะดิน(leachates) ภายใต้การจำลองสภาพดินในไลซิมิเตอร์.....	32
3.3.1 แผนการทดลอง.....	32
3.3.2 การเก็บตัวอย่างดินเพื่อเตรียมไลซิมิเตอร์.....	32
3.3.3 การเตรียมไลซิมิเตอร์.....	33
3.3.4 การเติมน้ำและการเก็บตัวอย่างดิน.....	35
3.3.5 การวิเคราะห์สมบัติดิน	35
3.3.6 การเก็บตัวอย่างน้ำชะดิน (leachates) และการเตรียมตัวอย่างน้ำชะดิน.....	36
3.3.7 การวิเคราะห์สมบัติของน้ำชะดิน (leachates)	36
3.4 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใส่โดโลไมท์ในดินบนต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินล่างตามระยะเวลาที่แตกต่างกันในสวนทุเรียน	36
3.4.1 แผนการทดลอง	36
3.4.2 วิธีการเติมปุ๋ยโดโลไมท์ในสวนทุเรียน.....	39
3.4.3 การเก็บข้อมูล ตัวอย่างดิน และตัวอย่างพืช	41
3.4.4 การวิเคราะห์สมบัติของดิน.....	42
3.4.5 การเตรียมตัวอย่างพืช	43
3.4.6 การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช	43
3.5 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	43
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล.....	45
4.1 รายละเอียดของสวนทุเรียน.....	45
4.2 สภาพภูมิอากาศของจังหวัดจันทบุรี และจังหวัดตราด	46
4.3 สมบัติของดินในสวนทุเรียนก่อนการทดลอง.....	47
4.4 สมบัติของปุ๋ยโดโลไมท์.....	49
4.5 ผลการทดลองที่ 1 ผลของการเติมปุ๋ยโดโลไมท์ในดินบนต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินในชั้นดินลึกเขตรากพืช และน้ำชะดินในสวนทุเรียนภาคตะวันออกเฉียงใต้การจำลองสภาพในไลซิมิเตอร์.....	49
4.5.1 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อสมบัติของดิน.....	49
4.5.2 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อสมบัติของน้ำชะดิน (leachate).....	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.6 ผลการทดลองที่ 2 ผลของการเติมปุ๋ยโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินในชั้นดิน ลึกเขตราก ในสวนทุเรียนภาคตะวันออกของประเทศไทย.....	69
4.6.1 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อสมบัติของดิน.....	69
4.6.2 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อปริมาณธาตุอาหารในใบทุเรียน.....	89
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	95
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	95
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	95
เอกสารอ้างอิง.....	97
ภาคผนวก.....	102
ภาคผนวก 1. การวิเคราะห์คุณสมบัติตัวอย่างดินทดลอง.....	103
ภาคผนวก 1.1 การวิเคราะห์ความเป็นกรดต่างของดิน (pH) (ดิน:น้ำ= 1:1).....	103
ภาคผนวก 1.2 การวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC) (ดิน:น้ำ= 1:5).....	103
ภาคผนวก 1.3 การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available phosphorus, P).....	103
ภาคผนวก 1.4 การวิเคราะห์เบสที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Potassium: K, Calcium: Ca และ Magnesium: Mg).....	103
ภาคผนวก 1.5 การวิเคราะห์จุลธาตุในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (Iron: Fe, Manganese: Mn, Copper: Cu และ Zinc: Zn).....	104
ภาคผนวก 1.6 ความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Soil acidity).....	104
ภาคผนวก 1.7 อะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Extract Al).....	104
ภาคผนวก 1.8 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อดินโดยใช้วิธี Hydrometer method.....	105
ภาคผนวก 1.9 วิธีวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุของดิน (Organic matter, OM) โดยวิธี Loss of Ignition.....	105
ภาคผนวก 1.10 วิธีวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน (Soil Bulk Density)	106
ภาคผนวก 1.11 วิธีวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยโดยวิธีของ Vieach.....	106
ภาคผนวก 2 การวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบพืช.....	107
ภาคผนวก 3 ผลงานตีพิมพ์ เรื่องผลของการเติมปุ๋ยโดโลไมท์ในดินบนต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของ ดินในชั้นดินลึกเขตรากพืชและนำชะดินในสวนทุเรียนภาคตะวันออกภายใต้การจำลองสภาพในไลซี มิเตอร์.....	108
ประวัติผู้เขียน.....	117

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 ระดับชั้นของความเป็นกรดในดินต่อค่า pH.....	9
ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของดินกับการเจริญเติบโตของรากโดยพิจารณาจากเนื้อดิน.....	13
ตารางที่ 2.3 การแปลผลอัตราการไหลผ่านของน้ำจากชั้นดินบนสู่ชั้นดินล่าง.....	14
ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพ (เปอร์เซ็นต์) ของหินปูนและหินโดโลไมท์ที่มีขนาดอนุภาคต่างๆ กันในการแก้ไขดินกรด	23
ตารางที่ 2.5 สรุปผลการทดลองระยะยาวเกี่ยวกับผลของการเติมปูนในระดับความลึกต่างๆ ของดินและพื้นที่ต่างๆ ในการทดลอง.....	26
ตารางที่ 2.6 หน้าที่สำคัญและอาการขาดแคลนธาตุอาหารหลักของพืช.....	27
ตารางที่ 2.7 หน้าที่สำคัญและอาการขาดแคลนธาตุอาหารรองของพืช.....	28
ตารางที่ 2.8 หน้าที่สำคัญและอาการขาดแคลนจุลธาตุอาหารของพืช.....	28
ตารางที่ 2.9 ค่ามาตรฐานของธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของทุเรียน.....	30
ตารางที่ 3.1 ดำรับการทดลองศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินและน้ำชะดิน (leachates) ภายใต้การจำลองสภาพดินในไลซิมิเตอร์.....	32
ตารางที่ 3.2 ความหนาแน่นของดินแต่ละชั้นในไลซิมิเตอร์.....	33
ตารางที่ 3.3 ดำรับการทดลองผลของการเติมปูนในดินบนต่อระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลง pH ในดินล่าง	37
ตารางที่ 3.4 ดำรับการทดลองผลของการเติมปูนในดินบนต่อระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลง pH ในดินล่าง (ต่อ).....	38
ตารางที่ 3.5 ดำรับการทดลองผลของการเติมปูนในดินบนต่อระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลง pH ในดินล่าง (ต่อ).....	39
ตารางที่ 4.1 สวนทุเรียนในจังหวัดภาคตะวันออกแต่ละเขตการใช้พื้นที่พืชเศรษฐกิจทุเรียน.....	45
ตารางที่ 4.2 ลักษณะดิน และสภาพพื้นที่ของสวนทุเรียนแต่ละเขตการใช้พื้นที่พืชเศรษฐกิจทุเรียน..	45
ตารางที่ 4.3 สมบัติของดินบางประการในสวนทุเรียนทั้ง 2 สวนที่ใช้ในการทดลอง.....	48
ตารางที่ 4.4 สมบัติของปูนโดโลไมท์ที่ใช้ในการทดลอง.....	49
ตารางที่ 4.5 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินในสวน C (ดินเนื้อละเอียด).....	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 4.6 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง).....	55
ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบสมบัติของดินบางประการระหว่างก่อนและหลังการชะดิน ตามอัตราการเติมปุ๋ย และตามระดับความลึกของดินในสวน C (ดินเนื้อละเอียด).....	61
ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบสมบัติของดินบางประการระหว่างก่อนและหลังการชะดินตามอัตราการเติมปุ๋ย และตามระดับความลึกของดินในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง)	62
ตารางที่ 4.9 ผลของการเติมโดโลไมท์และการชะดินต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของน้ำชะดิน (leachate) ในสวน C (ดินเนื้อละเอียด).....	65
ตารางที่ 4.10 ผลของการเติมโดโลไมท์และการชะดินต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของน้ำชะดิน (leachate) ในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง).....	66
ตารางที่ 4.11 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินในสวน C (ดินเนื้อละเอียด).....	74
ตารางที่ 4.12 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง).....	75
ตารางที่ 4.13 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่ออะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (AL) และกรดที่แลกเปลี่ยนได้ (soil acidity) เปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง ในดินสวน C (ดินเนื้อละเอียด) และสวน T (ดินเนื้อปานกลาง).....	76
ตารางที่ 4.14 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อปริมาณธาตุอาหารไนโบทุเรียนหมอนทองเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองในสวน C (ดินเนื้อละเอียด).....	91
ตารางที่ 4.15 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อปริมาณธาตุอาหารไนโบทุเรียนหมอนทองเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง).....	92
ตารางภาคผนวกที่ 1 ตารางภาคผนวกที่ 1 ปริมาณของ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ที่ต้องใช้ในการทำให้ pH ของดินยกระดับตามค่าที่ต้องการ (สมการที่ได้จากกราฟ).....	106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับความเป็นประโยชน์ต่อธาตุอาหารพืชในดิน.....	18
รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการเกิดดิน/วัตถุต้นกำเนิดดิน กับ pH ของดินใน Soil profile ในประเทศนิวซีแลนด์และออสเตรเลีย.....	19
รูปที่ 2.3 กระบวนการแตกตัวเป็นไอออนของปุ๋ยเมื่อใส่ลงไปในดินบน.....	20
รูปที่ 3.1 ขนาดและการแบ่งชั้นดินของไลซิมิเตอร์.....	34
รูปที่ 3.2 การติดตั้งไลซิมิเตอร์ และภาครอบน้ำชะจากไลซิมิเตอร์.....	34
รูปที่ 3.3 พื้นที่ทรงพุ่มบริเวณที่เติมปุ๋ย.....	40
รูปที่ 3.4 การเติมปุ๋ยบนผิวดินใต้ทรงพุ่มต้นทุเรียน.....	40
รูปที่ 3.5 การเก็บดินโดยใช้สว่านเจาะดิน.....	41
รูปที่ 3.6 การคลุกดินทั้ง 4 จุดมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง.....	42
รูปที่ 4.1 จุดที่ตั้งของสวนทุเรียนทั้ง 2 สวนในภาคตะวันออก.....	45
รูปที่ 4.2 ปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละเดือนในปี 2565 [A] จังหวัดจันทบุรี และ [B] จังหวัดตราด.....	46
รูปที่ 4.3 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของดินตามระดับความลึก.....	56
รูปที่ 4.4 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของดินตามจำนวนครั้งในการชะดิน.....	56
รูปที่ 4.5 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ตามระดับความลึก.....	57
รูปที่ 4.6 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ตามจำนวนครั้งในการชะดิน.....	57
รูปที่ 4.7 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงโพแทสเซียมที่สกัดได้ตามระดับความลึก.....	58
รูปที่ 4.8 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงโพแทสเซียมที่สกัดได้ตามจำนวนครั้งในการชะดิน.....	58
รูปที่ 4.9 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแคลเซียมตามระดับความลึก.....	59
รูปที่ 4.10 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแคลเซียมตามจำนวนครั้งในการชะดิน.....	59
รูปที่ 4.11 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแมกนีเซียมตามระดับความลึก.....	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.12 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแมกนีเซียมตามจำนวนครั้งในการชะดิน.....	60
รูปที่ 4.13 ผลของการชะดินต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ต่าง (pH) ในน้ำชะดิน (leachate).60	
รูปที่ 4.14 ผลของการชะดินต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ในน้ำชะดิน (leachate).....	60
รูปที่ 4.15 ผลของการชะดินต่อการเปลี่ยนแปลงของเบสที่แลกเปลี่ยนได้ (K Ca Mg) ในน้ำชะดิน (leachate).....	68
รูปที่ 4.16 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ต่างของดินตามระดับความลึก.....	77
รูปที่ 4.17 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ต่างของดินตามระยะเวลาหลังเติมปุ๋ย.....	77
รูปที่ 4.18 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินตามระดับความลึก.....	78
รูปที่ 4.19 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินตามระยะเวลาหลังเติมปุ๋ย.....	78
รูปที่ 4.20 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์วัตถุในดินตามระดับความลึกของดิน.....	79
รูปที่ 4.21 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์วัตถุในดินตามระยะเวลาหลังเติมปุ๋ย.....	79
รูปที่ 4.22 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ตามระดับความลึกของดิน.....	80
รูปที่ 4.23 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ตามระยะเวลาหลังเติมปุ๋ย.....	80
รูปที่ 4.24 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงโพแทสเซียมตามระดับความลึกของดิน.....	81
รูปที่ 4.25 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงโพแทสเซียมตามระยะเวลาหลังเติมปุ๋ย.....	81
รูปที่ 4.26 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแคลเซียมตามระดับความลึกของดิน.....	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.27 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแคลเซียมตามระยะเวลาหลังเติมปูน.....	82
รูปที่ 4.28 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแมกนีเซียมตามระดับความลึกของดิน.....	83
รูปที่ 4.29 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแมกนีเซียมตามระยะเวลาหลังเติมปูน.....	83
รูปที่ 4.30 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงเหล็กตามระดับความลึกของดิน.....	84
รูปที่ 4.31 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงเหล็กตามระยะเวลาหลังเติมปูน.....	84
รูปที่ 4.32 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแมงกานีสตามระดับความลึกของดิน.....	85
รูปที่ 4.33 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแมงกานีสตามระยะเวลาหลังเติมปูน.....	85
รูปที่ 4.34 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงทองแดงตามระดับความลึกของดิน.....	86
รูปที่ 4.35 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงทองแดงตามระยะเวลาหลังเติมปูน.....	86
รูปที่ 4.36 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงสังกะสีตามระดับความลึกของดิน.....	87
รูปที่ 4.37 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงสังกะสีตามระยะเวลาหลังเติมปูน.....	87
รูปที่ 4.38 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้เปรียบเทียบกับก่อน และหลังการทดลอง	88
รูปที่ 4.39 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงกรดที่แลกเปลี่ยนได้เปรียบเทียบกับก่อนและ หลังการทดลอง.....	88
รูปที่ 4.40 ปริมาณธาตุอาหารในใบทุเรียนหมอนทองเปรียบเทียบกับก่อนและหลังการทดลองในสวน C (ดินเนื้อละเอียด).....	93
รูปที่ 4.41 ปริมาณธาตุอาหารในใบทุเรียนหมอนทองเปรียบเทียบกับก่อนและหลังการทดลองในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง).....	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยผลิตทุเรียนเพื่อการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของโลก มีการคาดการณ์ว่าปี พ.ศ. 2563 มีพื้นที่เก็บเกี่ยวทุเรียนทั้งหมดประมาณ 726,475 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2562 ร้อยละ 3.93 ผลผลิตรวมกว่า 1,013,741 ตัน เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2562 ร้อยละ 11.76 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562) คิดเป็นมูลค่าการส่งออกในปี พ.ศ. 2562 ถึง 51,170.4 ล้านบาท (สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์. 2563) โดยมีการปลูกมากที่สุดใภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทุเรียนเป็นไม้ผลที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศร้อนชื้น อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 24-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75-85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำฝนมากกว่า 2,000 มิลลิเมตรต่อปี ลักษณะดินเป็นดินร่วน ดินร่วนปนทราย หรือดินร่วนเหนียวปนทราย มีการระบายน้ำดี ความอุดมสมบูรณ์สูง หน้าดินลึก มีระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 75 เซนติเมตร และ pH 5.5-6.5 จากลักษณะดังกล่าวทำให้การปลูกทุเรียนมีพื้นที่ที่เหมาะสมค่อนข้างจำกัด ประกอบกับมีการขยายพื้นที่ปลูกทุเรียนจำนวนมาก (กรมวิชาการเกษตร. 2547) มีโอกาสที่เกษตรกรในพื้นที่ปลูกทุเรียนที่ไม่มีความเหมาะสมโดยเฉพาะอย่างยิ่ง pH ของดิน

โดยทั่วไปในดินสวนทุเรียนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีความเป็นกรด จากการศึกษาของ สุมิตรา และคณะ (2544) พบว่าดินในสวนทุเรียนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ระดับความลึก 0-20 ซม. มีค่า pH อยู่ในช่วง 4.31 ถึง 5.60 (กรดจัดถึงกรดปานกลาง) และที่ความลึก 20-40 และ 40-60 ซม. พบว่าค่า pH ต่ำกว่าชั้นดินบน นุกูล และคณะ (2563) รายงานว่า จากการเก็บตัวอย่างดินจากสวนทุเรียนในจังหวัดระยอง จังหวัดจันทบุรี และจังหวัดตราดพบว่าที่ความลึก 0-20 ซม. มีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.84-6.00 และที่ความลึก 20-40 ซม. มีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.84-6.21 โดยทั้งสองความลึกมีความเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง ซึ่งอาจส่งผลให้กับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ตลอดจนการละลายของธาตุอาหารที่อาจเป็นพิษต่อพืชด้วย เนื่องจากความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดินย่อมเปลี่ยนแปลงไปได้มากในสภาพ pH ในดินที่แตกต่างกัน เช่น เมื่อ pH 6 ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน (N) จะต่ำลง และความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจะสูงเมื่อ pH อยู่ในช่วง 6-8 ฟอสฟอรัส (P) ที่เป็นประโยชน์จะละลายออกมามากในค่า pH ช่วง 6-7 เมื่อ pH ต่ำกว่า 6 ฟอสฟอรัสจะถูกตรึงโดยเหล็กและอะลูมิเนียม เมื่อ pH สูงกว่า 7 ฟอสฟอรัสจะถูกตรึงโดยแคลเซียมและแมกนีเซียม ดินที่เป็นกรดอย่างรุนแรงจะมีโพแทสเซียม (K) ค่อนข้างต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้ จะรวมถึงแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ด้วย เพราะธาตุอาหารพวกนี้จะถูกชะละลายออกไปจากดินได้ง่ายมากโดยทั่วไประดับแคลเซียมและแมกนีเซียมจะอยู่ในระดับที่เพียงพอเมื่อดินมีค่า pH เท่ากับ 5.5–8.5 ถ้าต่ำกว่าหรือสูงกว่านี้พืชอาจจะแสดงอาการขาดธาตุอาหารได้ นอกจากนี้เมื่อดินเป็นกรด สารประกอบของเหล็ก (Fe) อะลูมิเนียม (Al) แมงกานีส (Mn) และสังกะสี (Zn) จะละลายได้มากเมื่อ pH ของดินต่ำกว่า 5.0 ในขณะที่เดียวกัน โมลิบดีนัม (Mo) จะละลายออกมาให้พืชดูดใช้ได้น้อยในดินที่มี pH ต่ำ (ยงยุทธ โอสถสภา. 2558) ส่งผลให้การจัดการธาตุอาหารในดินโดยการใส่ปุ๋ยในดินที่เป็นกรดนั้น ทำให้ธาตุอาหารที่ใส่ลงไปดินไม่เป็นประโยชน์อย่างที่ควร ทำให้เพิ่มต้นทุนในการผลิต เนื่องจากต้นทุนการผลิตที่สูงจึงทำให้เกษตรกรมีรายได้น้อยกว่าต้นทุน

การแก้ปัญหาความเป็นกรดของดินทำได้โดยการเติมปูนเพื่อปรับ pH ของดินให้เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของพืช (Gachene and Kmaru. 2003; Bandyopadhyay. 2007) การเติมปูนนอกจากจะปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยการลดระดับของธาตุที่เป็นพิษในดินแล้ว ยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดินและยังช่วยปรับปรุงสมบัติดินทางกายภาพตลอดจนช่วยเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน (Glendinning. 1999) ปูนทางการเกษตรมี 3 กลุ่มได้แก่ กลุ่มของคาร์บอเนต ออกไซด์ และไฮดรอกไซด์ ซึ่งโคโลไมท์เป็นปูนทางการเกษตรจัดอยู่ในกลุ่มของคาร์บอเนตและสามารถให้ธาตุแมกนีเซียมและแคลเซียมแก่ดินได้ จึงเหมาะกับดินในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่มีการขาด Ca และ Mg (สุมิตรา และคณะ. 2544) วิธีหาความต้องการปูนที่ง่าย สะดวกรวดเร็ว และใช้กันอย่างแพร่หลายได้แก่การนำตัวอย่างดินกรดมาทำปฏิกิริยากับสารละลาย buffer (ไพบูลย์ วิวัฒน์วงวัฒนา. 2546) โดยมีหลักการว่าสารละลาย buffer ที่ใช้เป็น buffer อย่างอ่อนๆ เมื่อมีปริมาณ H^+ เพิ่มขึ้น ระดับ pH ของสารละลาย buffer จะค่อยๆ ลดลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณ H^+ อย่างไรก็ตามยังมีวิธีหาความต้องการปูนโดยวิธี serial titration คือนำดินกรดใส่ลงในปิเปต 5 ใบๆ ละเท่าๆ กันจากนั้นเติมน้ำกลั่นพร้อมกับต่างในปริมาณต่างๆ กันคนให้เข้ากัน ทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาจนถึงที่สุด โดยปกติจะทิ้งไว้ค้างคืน หลังจากนั้นทำการวัด pH จากค่าต่างๆ ของ pH ที่วัดได้และปริมาณต่างๆ ของต่างที่ใส่ลงไป เมื่อนำมาเขียนกราฟก็จะได้เส้น ซึ่งบอกความสัมพันธ์กันระหว่างระดับต่างๆ ของ pH นั้นๆ เมื่อต้องการจะยกระดับ pH ของดินให้สูงขึ้นถึง pH ใดก็นำค่าของต่างที่ใช้ที่ตรงกันมาคำนวณเป็นปริมาณของปูนที่จะใช้ใส่ลงไปในดินได้ (ยงยุทธ และคณะ. 2541) สุมิตรา และคณะ (2544) ได้กล่าวว่าการปรับค่า pH โดยการเติมปูนควรทำไปอย่างต่อเนื่องหลายปีติดต่อกัน ไม่ควรปรับค่า pH โดยการเติมปูนจำนวนมากในครั้งเดียวเพราะจะมีผลต่อการดูดใช้ธาตุอื่น เช่น ทำให้เกิด

สารประกอบฟอสเฟตของแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ยาก ทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมในพืช เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดำเนินไปได้ไม่ราบรื่น และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง pH ในดินอย่างมากและรวดเร็ว ซึ่งเป็นอันตรายต่อพืช (ยงยุทธ และคณะ. 2541) นอกจากนี้การใส่โดโลไมท์มากเกินไปเพื่อปรับดินกรด อาจทำให้พืชขาดธาตุโพแทสเซียมได้ เพราะโดโลไมท์มีแคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นส่วนประกอบ ซึ่งแคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นธาตุที่มีภาวะเป็นปฏิปักษ์กันอาจส่งผลให้ Ca/K ไม่สมดุลกันจึงทำให้พืชดูดใช้ธาตุโพแทสเซียมได้น้อย (ยงยุทธ และคณะ. 2541) อย่างไรก็ตามการเติมปูนให้กับดินกรดในอัตราที่เหมาะสมจะช่วยลดความเป็นพิษของ Al Fe และ Mn ซึ่งดินที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุสูงก็จะมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลง pH ได้สูงกว่า เนื่องจากมีการแผ่งที่จะต้องถูกทำให้สะเทินในปริมาณที่สูงกว่า ดังนั้นในเนื้อดินละเอียดจะมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลง pH ได้มากกว่าดินเนื้อหยาบ (เทียนชัย สุวรรณเวช. 2539) ซึ่ง Danilo et al. (2018) พบว่าการใส่แมกนีเซียมออกไซด์ในกลุ่มดินเนื้อปานกลาง (Sandy Ultisol) ระยะเวลา 24 ปีทำให้การยกระดับ pH ในดินช้ามาก การใส่แมกนีเซียมออกไซด์ทำให้ยกระดับ pH เพียง 20% เมื่อเทียบกับตำรับไม่เติมปูน และการใส่แมกนีเซียมออกไซด์ในตำรับไม่ไถพรวนพบว่าศักยภาพการยกระดับ pH ในดินล่างจะน้อยกว่าตำรับที่มีการไถพรวน

ในสวนผลไม้ที่มีระบบรากค่อนข้างลึก เกษตรกรนิยมเติมปูนในบริเวณผิวดินรอบทรงพุ่ม เพื่อยกระดับ pH ในเขตรากพืชทั้งดินบนและดินล่าง อย่างไรก็ตามระยะเวลาการเคลื่อนย้ายของปูนจากผิวดินลงไปยังดินล่างจะใช้เวลาค่อนข้างนานขึ้นกับสภาพของดิน และมีการศึกษาค่อนข้างน้อยในประเทศไทย อย่างไรก็ตามยังมีการศึกษาในต่างประเทศเช่น Whitten et al. (2000) ได้ทำการศึกษากการเปลี่ยนแปลง pH ของดินในความลึก 0-40 ซม. โดยการใส่แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ในอัตรา 2-15 ตันต่อเฮกตาร์ ในพื้นที่ทำการเกษตร 21 แห่งในตะวันตกของประเทศออสเตรเลียพบว่า pH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในระดับความลึก 20 ซม. และ 30 ซม. เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่ไม่เติมปูน การใส่แคลเซียมคาร์บอเนตมักจะอยู่บนผิวดินเป็นส่วนใหญ่ และจะเคลื่อนย้ายลงสู่เขตรากพืชอย่างช้าๆ นอกจากนี้พื้นที่ในแปลงทดลองแล้ว Belkacem and Nys (1997) ทำการศึกษากการเติมปูนในดินกรด (acid brown soil) โดยนำดินดังกล่าวมาใส่ในไลชมิเตอร์ จากนั้นเติมปูน CaCO_3 , CaCO_3+MgO และ CaSO_4 ในอัตรา 0.56 2.8 และ 5.6 ตันต่อเฮกตาร์ ของค่าการทำให้เป็นกลางของ CaO ตามลำดับ จากนั้นวิเคราะห์น้ำที่ชะจากไลชมิเตอร์ การทดลองนี้ดำเนินการเป็นระยะเวลา 20 เดือน พบว่าการใส่ CaCO_3+MgO กับ CaSO_4 ส่งผลให้ pH ของดินเพิ่มขึ้นมากกว่าการใส่ CaCO_3 ปริมาณ Ca ที่แลกเปลี่ยนได้สูงขึ้นในช่วง 6 ซม. และลดลงในชั้นดินที่ลึกลงไป เมื่อเติมยิปซัม (CaSO_4) ทำให้ค่า pH สูงขึ้นไม่มากเพราะอินทรีย์วัตถุในดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ pH เพิ่มขึ้นได้ช้า และความอึดตัวของอะลูมิเนียมลดลงในชั้นที่มีแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับผลการศึกษาของ Farina and Channon (1988)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยพบว่าการใส่ยิปซัมทำให้ pH ของสารละลายที่ได้จากไลซิมิเตอร์ สูงขึ้นซึ่งเหมาะกับการปรับ pH ในชั้นดินล่าง ดังนั้นการศึกษาเรื่องการยกระดับ pH ตั้งแต่ดินบนจนถึงดินล่างในดินสวนทุเรียน และระยะเวลาในการยกระดับ pH ในความลึกระดับเขตรากของทุเรียนจึงเป็นเรื่องที่สำคัญในการปรับปรุงสมบัติดิน เพื่อศึกษาถึงความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารและการดูดใช้ธาตุอาหารของทุเรียน

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาผลการเติมปูนโดโลไมท์ในอัตราสูงต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินและน้ำชะดิน (leachates) ตามระยะเวลา ทั้งดินบนและดินล่างและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารภายใต้การจำลองโดยใช้ไลซิมิเตอร์

1.2.2 เพื่อศึกษาผลการเติมปูนโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร ตามระยะเวลา ทั้งดินบนและดินล่างในเขตรากพืชในสวนทุเรียนในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1.3.1 อัตราการเติมโดโลไมท์ส่งผลต่อการเคลื่อนย้ายโดโลไมท์ลงไปในดินล่างและส่งผลต่อสมบัติของดินและน้ำชะดิน

1.3.2 ระยะเวลาหลังการเติมปูนโดโลไมท์ในดินบนส่งผลต่อการยกระดับ pH และส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินและปริมาณธาตุอาหารในใบทุเรียน

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาในสวนทุเรียน 2 สวนที่มีเนื้อดินแตกต่างกันคือ C เป็นดินเนื้อละเอียด และ T เป็นดินเนื้อปานกลาง

1.4.2 ไลซิมิเตอร์ 24 ท่อแบ่งเป็นสวน C (เนื้อดินละเอียด) 12 ท่อและ T (เนื้อดินปานกลาง) 12 ท่อ

1.4.3 ต้นทุเรียนจำนวน 20 ต้น แบ่งเป็นสวน C (เนื้อดินละเอียด) 10 ต้นและสวน T (เนื้อดินปานกลาง) 10 ต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงผลของการเติมโดโลไมท์ต่อสมบัติดินและน้ำชะดิน (leachates) ตามระยะเวลา ทั้งดินบนและดินล่างในเขตรากพืชและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารภายใต้การจำลองโดยใช้ไลซิมิเตอร์

1.5.2 ทราบถึงระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงของสมบัติดินในความลึกแต่ละระดับเมื่อเติมโดโลไมท์ 20 % ของค่าความต้องการปุ๋ยลงไปในผิวดิน และทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในพืช

1.5.3 สามารถแนะนำเกษตรกรได้อย่างถูกต้องและแม่นยำในการปรับปรุง pH ดินในสวนทุเรียน

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

ก่อนการทดลองวางแผนและสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลสวนทุเรียนในจังหวัดจันทบุรีและจังหวัดตราดเพื่อเก็บข้อมูลสมบัติของดิน โดยเฉพาะค่า pH และค่าความต้องการปุ๋ย (LR) อัตราการไหลผ่านของน้ำ และความหนาแน่นของดิน เพื่อวางแผนการทดลองต่อไป

การทดลองที่ 1 ทำการทดลองในไลซิมิเตอร์ โดยนำดินจากสวนทุเรียนในจังหวัดจันทบุรี C (ดินเนื้อละเอียด) และจังหวัดตราด T (ดินเนื้อปานกลาง) มาบรรจุในไลซิมิเตอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 ซม. และสูง 50 ซม. ตามความหนาแน่นของดินสวนนั้นๆ ในระดับความลึก 0-5 5-15 15-30 และ 30-50 ซม. จากนั้นเติมปุ๋ยโดโลไมท์ ในอัตรา 0.0 0.5 1.0 และ 1.5 เท่าของ ค่าความต้องการปุ๋ย (LR) และมีการเติมน้ำตามค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 10 ปี เก็บตัวอย่างดิน และตัวอย่างน้ำชะจากไลซิมิเตอร์ ทุกๆ 10 วันเป็นเวลา 3 เดือน ตัวอย่างดินเก็บที่ความลึก 0-5 5-15 15-30 และ 30-50 ซม. จากนั้นนำตัวอย่างดินแต่ละชั้นดินและตัวอย่างน้ำชะดินที่ได้จากไลซิมิเตอร์มาวิเคราะห์สมบัติดินและน้ำชะ โดยเฉพาะ pH EC ปริมาณ P K Ca Mg Fe Mn Zn Cu Al กรดที่แลกเปลี่ยนได้ และ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างการเติมปุ๋ยในชั้นดินบนในอัตราต่างๆ ความลึกของชั้นดิน และเวลาต่างๆตามที่กำหนดในการทดลอง

การทดลองที่ 2 ทำการทดลองในสวนทุเรียนในจังหวัดจันทบุรี C (ดินเนื้อละเอียด) และจังหวัดตราด T (ดินเนื้อปานกลาง) โดยเลือกต้นทุเรียนที่มีอายุและขนาดใกล้เคียงกันสวนละ 10 ต้น จากนั้นแบ่งต้นทุเรียน 5 ต้นเติมโดโลไมท์ และไม่เติมโดโลไมท์ โดยเติมโดโลไมท์ในอัตรา 20% ของค่าความต้องการปุ๋ยในแต่ละสวน จากนั้นทำการเติมปุ๋ยในพื้นที่ได้ทรงพุ่มเพียงครั้งเดียว ทำการเก็บดินในความลึก 0-5 5-15 15-30 และ 30-50 ซม. โดยทำการเก็บดินในวันที่ 0 15 30 45 60 75 105 และ 195 วันหลังจากเติมปุ๋ย จากนั้นนำไปวิเคราะห์สมบัติของดิน เพื่อศึกษาความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร โดยเฉพาะความสามารถในการยกระดับ pH ตั้งแต่ชั้นดินบนจนถึงชั้นดินล่างตามระยะเวลาที่กำหนดในการทดลอง นอกจากนี้ยังเก็บตัวอย่างใบทุเรียนก่อนและหลังการทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์ธาตุอาหาร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการประเมินถึงความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 pH ของดิน

ดินกรดเป็นปัญหาในการเพาะปลูก เนื่องจากสมบัติทางเคมีของดินเหล่านี้เป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตตามปกติของพืช จึงสมควรศึกษาถึงธรรมชาติของดินสาเหตุของปัญหา และวิธีการปรับปรุงดินดังกล่าวให้สมบัติทางเคมีดีขึ้น และใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกได้ดีด้วย ในปัจจุบันผู้ที่สนใจในการเกษตรมีความรู้เบื้องต้นกันอยู่แล้วว่าดินกรด (acid soils) คือดินที่มีค่า pH ต่ำกว่า 7 ดินด่าง (alkaline soils) คือดินที่มีค่า pH สูงกว่า แต่ถ้าดินมีค่า pH เท่ากับ 7 ดินนั้นเป็นกลาง (neutral soil) เพื่อให้มีความเข้าใจละเอียดยิ่งขึ้น จะได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ของดินกับสภาพกรด (acidity) และสภาพด่าง (alkalinity) ของดินเพื่อเป็นพื้นฐานเสียก่อน (ยงยุทธ และคณะ. 2541) ตามหลักการทางเคมีนั้นการแตกตัวของน้ำเป็น ดังนี้



ค่าคงที่เมื่อปฏิกิริยาอยู่ในภาวะสมดุล (K_{eq}) คำนวณได้จากสูตร

$$K_{eq} = [\text{H}^+][\text{OH}^-] / [\text{H}_2\text{O}]$$

เมื่อ $[\text{H}^+]$, $[\text{OH}^-]$ และ $[\text{H}_2\text{O}]$ คือความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน, ไฮดรอกซิลไอออน และน้ำมีหน่วยเป็นโมลาร์

สำหรับน้ำบริสุทธิ์มีข้อมูล ดังนี้ 1) การแตกตัวน้อยมาก กล่าวคือ ทุกๆ 10^7 โมเลกุลจะมีการแตกตัวเพียง 1 โมเลกุลเท่านั้น และน้ำ 1 ลิตรมีความเข้มข้น 55.5 โมลาร์ และ 2) ค่าคงที่เมื่อปฏิกิริยาอยู่ในภาวะสมดุลเท่ากับ 1.8×10^{-16} โมลาร์ จึงสามารถนำข้อมูลมาแทนค่าในสูตรข้างต้นได้ ดังนี้

$$1.8 \times 10^{-16} = [\text{H}^+][\text{OH}^-] / 55.5$$

$$\text{หรือ } [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.8 \times 10^{-16} \times 55.5$$

$$= 1 \times 10^{-14} \text{ (โมลาร์)}^2$$

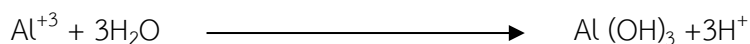
สำหรับ $[\text{H}^+][\text{OH}^-]$ นั้นคือผลคูณของไอออนซึ่งเกิดจากการแตกตัวของน้ำ (K_w) จะมีค่าเท่ากับ 10^{-14} (โมลาร์)² เสมอ และน้ำบริสุทธิ์ซึ่งเป็นกลางย่อมมี $[\text{H}^+]$ เท่ากับ $[\text{OH}^-]$ หรือต่างก็มีความเข้มข้นเท่ากับ 10^{-7} โมลาร์ เมื่อใดก็ตามที่ $[\text{H}^+]$ ในสารละลายเพิ่มขึ้น $[\text{OH}^-]$ ก็ย่อมลดลงในทางกลับกันถ้า $[\text{OH}^-]$ ในสารละลายเพิ่มขึ้น $[\text{H}^+]$ ก็ย่อมลดลงเช่นกัน สำหรับสารละลายที่มี $[\text{H}^+]$ มากกว่า 10^{-7} โมลาร์ถือว่าเป็นกรด แต่ถ้าต่ำกว่า 10^{-7} โมลาร์ก็ถือว่าเป็นด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตราพีเอช (pH scale) คือ มาตรการที่บ่งบอกเป็นตัวเลขและตัวเลขนั้นสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ H^+ ในสารละลาย ซึ่งได้มาจากสูตร

$$pH = -\log [H^+]$$

นอกจาก H^+ แล้ว Al^{+3} และ Fe^{+3} ก็จัดเป็นแคตไอออนกรด (acidic cations) เนื่องจากเมื่อไอออนดังกล่าวอยู่ในน้ำจะทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ทำให้เกิดสารละลายที่เป็นกรด ดังนี้



2.1.1 ปฏิกิริยาดิน (soil reaction)

สภาพ pH ของดินเป็นดัชนีที่สำคัญมากที่สุดอันหนึ่ง ในการบ่งบอกถึงสมบัติทางเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทั้งนี้เนื่องจากระดับความเป็นกรดมีอิทธิพลสำคัญอย่างยิ่งต่อกระบวนการทางเคมีและชีวเคมีในดินเช่น กิจกรรมของจุลินทรีย์ ความสามารถในการละลายหรือตกตะกอน ตลอดจนการเคลื่อนย้ายสูญหายของสารประกอบและไอออนต่างๆ ความเป็นกรดของดินจึงมีอิทธิพลสำคัญต่อความเป็นประโยชน์และการเป็นพิษของธาตุอาหารต่างๆต่อพืช ดังนั้นการศึกษาพฤติกรรมและธรรมชาติของ pH จึงมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการควบคุมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร การประเมิน pH ของดินมักจะวัดออกมาในรูปของค่า pH ซึ่งเป็นการวัดความเข้มข้นของ H^+ ในสารละลายดิน (ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วัฒนา, 2546) จากการบอกสภาพกรด (acidity) หรือ สภาพด่าง (alkalinity) ของสารละลายในทางเคมีด้วยค่า pH ทำให้เข้าใจได้ง่าย จึงสามารถนำแนวทางดังกล่าวมาอธิบายปฏิกิริยาดิน (soil reaction) ได้อย่างเหมาะสมด้วย ปฏิกิริยาดิน หมายถึง ระดับชั้นของสภาพกรด หรือสภาพด่างของดิน ซึ่งแสดงด้วยค่า pH ของดิน ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ระดับชั้นของความเป็นกรดในดินต่อค่า pH

pH	สภาพกรดหรือสภาพต่างของดิน
<3.5	กรดรุนแรงมากที่สุด (ultra acid)
3.5-4.5	กรดรุนแรงมาก (extremely acid)
4.6-5.0	กรดจัดมาก (very strongly acid)
5.1-5.5	กรดจัด (strongly acid)
5.6-6.0	กรดปานกลาง (moderately acid)
6.1-6.5	กรดเล็กน้อย (slightly acid)
6.6-7.3	กลาง (neutral)
7.4-7.8	ด่างเล็กน้อย (slightly alkaline)
7.9-8.4	ด่างปานกลาง (moderately alkaline)
8.5-9.0	ด่างจัด (strongly alkaline)
>9.0	ด่างจัดมาก (very strongly alkaline)

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

นอกจากนี้ pH ของดินยังเป็นเครื่องบ่งชี้ให้ทราบว่าการสลายตัวผู้พังมากน้อยแค่ไหนอีกทั้งยังสะท้อนให้เห็นระยะเวลาความรุนแรงของการสลายตัวผู้พังเนื่องจากกระบวนการสลายตัวผู้พังเป็นอีกปัจจัยที่ทำให้ pH ในดินลดลง ตลอดจนส่วนประกอบของแร่ต่างๆ ในวัตถุต้นกำเนิดดินอีกด้วย ความเป็นกรดของดินเป็นเรื่องที่เกิดขึ้นปกติตามธรรมชาติในแถบที่มีฝนตกชุกมากโดยเฉพาะประเทศแถบร้อนชื้น (ประเทศไทย) พืชที่จะชะล้างธาตุที่เป็นด่าง ที่แลกเปลี่ยนได้สูญหายไปจากชั้นผิวหน้าดิน และได้ขยายวงกว้างออกไปจนมีอิทธิพลต่อพืชทั้งหลาย ส่วนความเป็นต่างของดินเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อความอิมตัวด้วยต่างของดินมีปริมาณสูง โดยเฉพาะมีสารประกอบจำพวกแคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมคาร์บอเนต กับเกลือที่ละลายน้ำได้ ทำให้ไฮดรอกซิลไอออนมีปริมาณมากกว่าไฮโดรเจนไอออนในสารละลายดิน ดินที่อยู่ในสภาพเช่นนี้จะมีความเป็นด่าง ซึ่งลักษณะเช่นนี้เกิดขึ้นได้มากที่สุด ในแถบแห้งแล้งและแถบกึ่งแห้งแล้ง เนื่องจาก pH ของดินเป็นดัชนีที่สำคัญในการบ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเกิดดินกรดจึงเป็นเรื่องที่ควรศึกษาเพื่อให้ทราบว่าดินกรดนั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร เพื่อให้เข้าใจและทราบถึงลักษณะของดินกรดมากยิ่งขึ้น (จรงค์ จันทรเจริญสุข, 2530)

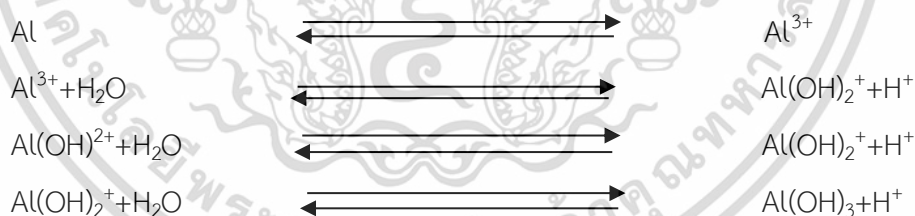
2.1.2 สาเหตุการเกิดดินกรด

ความเป็นกรดของดิน เกิดขึ้นจากทั้งกระบวนการทางธรรมชาติและกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับเกษตรกร รวมทั้งกิจกรรมบางอย่างของมนุษย์โดยมีสาเหตุที่สำคัญดังนี้

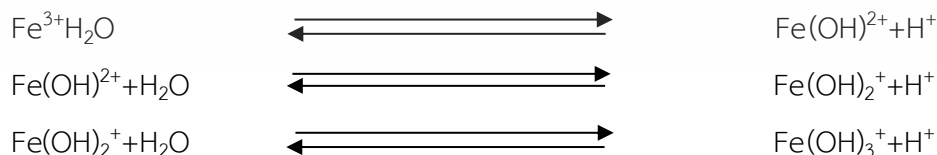
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) เกิดจากปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนไอออนระหว่าง H^+ จากกรดคาร์บอนิกกับเบสิกแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ในกระบวนการพัฒนาของดิน เมื่อดินถือกำเนิดขึ้นมาในระยะแรกๆ จากการพุดังอยู่กับที่ของหินและแร่ต่างๆ นั้น ดินจะมีแคตไอออนต่างๆ ที่มีปฏิกิริยาเป็นต่างหรือที่เรียกว่าเบสิกแคตไอออน เช่น Ca^{2+} Mg^{2+} K^+ และ Na^{2+} จะดูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาคดินเหนียวเป็นจำนวนมาก และในขณะนั้นดินจะไม่มีปฏิกิริยาเป็นกรด ต่อมาเมื่อมีการชะละลายโดยน้ำฝนที่ตกลงมาและไหลผ่านดินติดต่อกันเป็นเวลานานเบสิกแคตไอออนต่างๆ จะถูกชะละลายให้สูญหายไป ทั้งนี้เพราะเมื่อน้ำฝนไหลซึมผ่านดินจะชะละลายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งมีอยู่ปริมาณมากในดิน เกิดเป็นกรดคาร์บอนิกซึ่งแตกตัวได้ง่าย ให้ H^+ ทำให้น้ำที่ไหลผ่านดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด และในขณะที่น้ำไหลซึมผ่านดินลงปานั้น H^+ ก็จะไปไล่ที่เบสิกแคตไอออน นอกจากนี้ H^+ ในน้ำก็จะถูกดูดซับไว้กับอนุภาคดินเหนียวแทน เมื่อปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นเป็นระยะเวลานาน H^+ ก็จะมีมากกว่าเบสิกแคตไอออน จนทำให้ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด

2) เกิดจากอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งถูกดูดซับอยู่ตามพื้นผิวของแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 อยู่ก่อนแล้วจะถูกไล่ที่ออกมา และอยู่ในรูปของ Al^{3+} หรืออะลูมิเนียมไฮดรอกซีไอออนรูปต่างๆ คือ ที่ระดับ pH ต่ำกว่า 5.0 อะลูมิเนียมจะถูกดูดซับอยู่ในรูปของ $Al(H_2O)_6^{3+}$ ซึ่งเรียกว่า hexahydrated Al^{3+} หรือ monomeric hexaquoaluminum แต่ในดินที่มี pH สูงกว่า 5.0 แล้ว Al จะถูกดูดซับอยู่ในรูป Hydroxy aluminum เป็นส่วนใหญ่ และอะลูมิเนียมที่ถูกดูดซับไว้บนผิวของแร่ดินเหนียวนี้จะอยู่ในสภาพสมดุลกับ Al^{3+} ในสารละลาย และอะลูมิเนียม Al^{3+} ในสารละลายนี้เองจะเกิดปฏิกิริยา Hydrolysis ทำให้เกิดความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (ไพบูลย์ ประพตติธรรม. 2528 ; จงรัช จันทรเจริญสุข. 2530) ดังสมการ



ในทำนองเดียวกัน Fe^{3+} หรือ $Fe(H_2O)_6^{3+}$ และ Hydroxy iron ในดิน ก็จะปล่อย H^+ ออกมา โดยกระบวนการ Hydrolysis ได้เช่นเดียวกับ Al ดังสมการ



ในแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 บางชนิดโดยเฉพาะ vermiculite อะลูมิเนียมไฮดรอกซีไอออน เหล็กไฮดรอกซีไอออน อาจเข้าไปอยู่ระหว่างชั้นของโครงสร้างและถูกยึดไว้อย่างเหนียวแน่น ทำให้ออนินทรีย์คอลลอยด์นั้นขยายตัวได้น้อยลง และอาจไปปิดบังจุดต่างๆ ที่มีการแลกเปลี่ยนได้ ทำให้

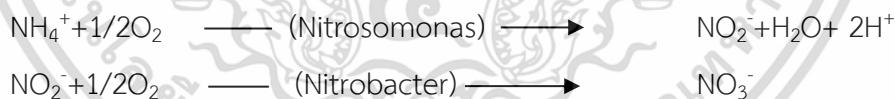
สามารถแลกเปลี่ยนประจุบวกได้น้อยลง เว้นแต่ pH ของดินสูงขึ้นไอออนเหล่านั้นก็จะถูกปลดปล่อยออกมา แล้วทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกสูงขึ้น

3) เกิดจากการย่อยสลายของอินทรีย์สาร เมื่ออินทรีย์สารเน่าเปื่อยลงจะมีกรดอินทรีย์ต่างๆ เกิดขึ้นด้วย กรดเหล่านี้เมื่อเกิดขึ้นในดินก็จะมีผลทำให้ดินเป็นกรดด้วยทั้งนั้น เพราะ H⁺ จากกรดเหล่านี้จะเข้าไปไล่ที่พวกแคตไอออนที่เป็นต่าง ซึ่งในที่สุดก็จะถูกชะละลายสูญหายไป จึงทำให้ดินที่ตกค้างอยู่กลายเป็นกรดไปทีละน้อย นอกจากนี้เมื่ออินทรีย์วัตถุสลายตัวและสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในดินมีการหายใจ ย่อมเกิดก๊าซ CO₂ ขึ้นมา และเมื่อก๊าซ CO₂ ทำปฏิกิริยากับน้ำก็จะกลายเป็นกรดคาร์บอนิกซึ่งต่อมาก็จะแตกตัวเป็น H⁺ ก็จะเพิ่มความเป็นกรดให้ดินมากขึ้น (จรงค์ษ์ จันทร์เจริญสุข. 2530)

4) เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียม ปุ๋ยฟอสเฟตอย่างไม่ถูกต้อง เป็นเหตุให้มีการสะสมแอมโมเนียมในดิน กระบวนการไนตริฟิเคชันของแอมโมเนียมทำให้เกิด H⁺ ในดินนอกจากนี้ในบริเวณพื้นที่ที่มีโรงงานอุตสาหกรรมหรือโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงซึ่งมีกำมะถันสูง เป็นเหตุให้เกิดฝนกรดตกลงบนพื้นที่ และเพิ่มกรดทีละน้อยแต่ต่อเนื่องและยาวนาน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่ว่าจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียม หรือยูเรีย ก็ก่อให้เกิดความเป็นกรดในดินขึ้นได้ คือ



ส่วน NH₄⁺ ก็จะผ่านกระบวนการ Nitrification โดยจุลินทรีย์ในดินจนกลายเป็น NO₃⁻ ในที่สุด

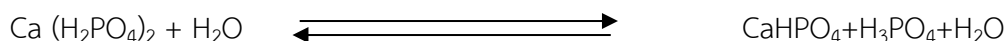


การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของยูเรีย ก็จะเกิดกรดได้เช่นเดียวกัน โดยยูเรียจะทำปฏิกิริยากับน้ำร่วมกับเอนไซม์ Urease ที่ได้จากจุลินทรีย์หลายชนิดในดิน ทำให้ยูเรียกลายเป็นรูปของ NH₄⁺ ดังสมการ



ซึ่ง (NH₄)₂CO₃ ที่เกิดขึ้นก็จะผ่านกระบวนการไนตริฟิเคชันดังสมการข้างต้น และปลดปล่อย H⁺ ออกมาให้แก่ดินในลักษณะเดียวกัน เว้นแต่ปุ๋ยยูเรียจะก่อให้เกิด H⁺ น้อยกว่าปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตเท่านั้น

การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่อยู่ในรูปโมโนแคลเซียมฟอสเฟตนั้น ทำให้เกิดกรดขึ้นในดินอย่างรุนแรงได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ดังสมการ



กรดออร์โทฟอสฟอริกที่เกิดขึ้นนี้ จะกระจายออกจากจุดที่ใส่ลงไปในดิน และอาจทำให้บริเวณนั้นมี pH ที่ต่ำลงถึง 1.5 ได้ สำหรับค่า pH ต่ำระดับนี้ สามารถทำปฏิกิริยากับเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส กลายเป็นเกลือฟอสเฟตที่ตกตะกอนลงไปในบริเวณที่เป็นกรดนั้น

5) การเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดิน การเกิดกรดจัดหรือดินเปรี้ยวจัด หรือดินกรดกำมะถัน (acid sulfate soil) ดินกรดประเภทนี้เกิดจากการออกซิเดชันของไพไรต์ (FeS_2) ดังนั้นการที่จะเกิดดินกรดซึ่งมีลักษณะดังกล่าวได้ จะต้องมีการสะสมของไพไรต์ ซึ่งมักพบในดินที่เกิดจากตะกอนน้ำทะเลหรือตะกอนน้ำกร่อย ปฏิกิริยาออกซิเดชันของแร่ไพไรต์สามารถสรุปได้ดังนี้



หากแร่จาโรไซต์ทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสต่อไปจะได้แร่ goethite (FeOOH) กรดกำมะถันเป็นเหตุให้กรดในดินเพิ่มขึ้นอีก ดินที่มีการเกิดในลักษณะนี้เรียกว่าดินเปรี้ยวจัด (acid sulfate soil) ซึ่งมีลักษณะสำคัญ คือ pH ของดินต่ำมากและชั้นใดชั้นหนึ่งของดินมีจุดประสีเหลืองฟางอย่างชัดเจน แร่สีเหลืองฟางนี้คือแร่จาโรไซต์ซึ่งเป็นสารที่ปลดปล่อยกรดได้มาก ชั้นดินที่มีแร่จาโรไซต์จึงมี pH ต่ำกว่า 4 และมีปริมาณของซัลเฟตสูง

2.1.3 ปัจจัยของการเปลี่ยนแปลง pH ในดิน

pH ของดินเป็นปัจจัยที่สำคัญในการบ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังนั้นปัจจัยต่างๆ ในการเปลี่ยนแปลง pH ของดินจึงเป็นอีกปัจจัยที่ควรจะศึกษาเพื่อให้เข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงของ pH ในดินมากยิ่งขึ้น

1) เนื้อดินเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเปลี่ยนแปลง pH ของดิน โดยเนื้อดินเป็นสมบัติของดินที่แสดงถึงความหยาบความละเอียดของดินโดยแจกคุณภาพออกเป็นประเภทเนื้อดิน (textural class) ต่างๆ ขึ้นอยู่กับปริมาณอนุภาคในกลุ่มต่างๆ ของดิน (soil separate) ที่เป็นองค์ประกอบ ถ้าดินมีปริมาณของกลุ่มขนาดทรายมากก็เป็นประเภทเนื้อหยาบหรือถ้ามีปริมาณของกลุ่มดินเหนียวมากก็เป็นดินประเภทเนื้อละเอียดหรือถ้ามีปริมาณของกลุ่มขนาดทรายและดินเหนียวในปริมาณที่ไม่แสดงสมบัติเด่นชัดไปทางด้านใดด้านหนึ่ง ก็จะเป็นประเภทดินเนื้อปานกลาง ดินเป็นของผสมประกอบไปด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ แต่เฉพาะสารอนินทรีย์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสมมูลไม่เกิน 2 มิลลิเมตรเท่านั้นที่เกี่ยวข้องกับความหยาบความละเอียดของดิน การแจกประเภทเนื้อดินจึงมุ่งที่จะทราบปริมาณของอนุภาคในกลุ่มต่างๆ คือ ทราย ซิลต์ และดินเหนียว นั้นว่ามีปริมาณของกลุ่มขนาดเหล่านี้ในสัดส่วนใด แต่ละสัดส่วนของกลุ่มขนาดที่มีสมบัติคล้ายกันจะจัดรวมเข้าประเภทเนื้อเดียวกัน

(ยังยุทธ โอสถสภา. 2558) ซึ่งประเภทของเนื้อดินต่างๆ จะส่งผลถึงอัตราการไหลผ่านของน้ำ ความหนาแน่นของดิน และส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วยแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของดินกับการเจริญเติบโตของรากโดยพิจารณาจากเนื้อดิน

Soil texture	Ideal bulk densities for plant growth (g/cm ³)	Bulk densities that affect root growth (g/cm ³)	Bulk densities that restrict root growth (g/cm ³)
Sand, loamy sands	< 1.60	1.69	> 1.80
Sandy loam, loams	< 1.40	1.63	> 1.80
Sandy clay loams, clay loams	< 1.40	1.60	> 1.75
Silts, silt loams	< 1.40	1.60	> 1.75
Silt loams, silty clay loams	< 1.40	1.55	> 1.65
Sandy clays, silty clay, clay loams	< 1.10	1.49	> 1.58
Clay (>45% clay)	< 1.10	1.39	> 1.47

ที่มา : USDA (1987)

2) การเคลื่อนที่ของน้ำและความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน การเคลื่อนที่ของน้ำรวมทั้งการระบายน้ำของดินสามารถประเมินได้จากค่าการนำน้ำของดิน ซึ่งสมบัติของดินดังกล่าวขึ้นอยู่กับประเภทของเนื้อดิน ขนาด การกระจายและความต่อเนื่องของช่องว่างในดิน โดยหลักการทั่วไป ดินเนื้อหยาบ เช่น ดินร่วนทราย จะมีค่าความพรุนต่ำ แต่จะมีช่องว่างขนาดใหญ่ในสัดส่วนที่สูงกว่าช่องขนาดเล็ก ทำให้มีการถ่ายเทอากาศและการระบายน้ำดี ในทางตรงกันข้ามเนื้อดินละเอียด เช่น ดินร่วนเหนียว ดินเหนียว โดยทั่วไปจะมีความพรุนสูง และช่องว่างภายในส่วนใหญ่จะเป็นช่องขนาดเล็กทำให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้มาก แต่มีการเคลื่อนที่ของน้ำและการถ่ายเทอากาศได้น้อยกว่าดินเนื้อหยาบ โดยหลักการกว้างๆ สภาพให้ซึมผ่านได้ของน้ำในดินที่ไม่มีโครงสร้างหรือมีโครงสร้างเหมาะสม เมื่อวัดในแบบสภาพการนำน้ำ จะถือว่ามีค่าช้า เร็วปานกลาง และเร็ว แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การแปลผลอัตราการไหลผ่านของน้ำจากชั้นดินบนสู่ชั้นดินล่าง

Hydraulic conductivity class (cm/hr)		
Very Slow	(VS)	< 0.125
Slow	(S)	0.125 - 0.5
Moderately Slow	(MS)	0.5 - 2.0
Moderately	(M)	2.0 - 6.25
Moderately Rapid	(MR)	6.25 - 12.5
Rapid	(R)	12.5 - 25.0
Very Rapid	(VR)	> 25.0

ที่มา : O'Neal (1952)

3) วัตถุต้นกำเนิดดินในประเทศไทยเป็นดินกรดจัดประเภท acid sulfate soils หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเป็นดินเปรี้ยวจัด หรือ ดินกรดกำมะถัน เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินประเภท marine deposits ซึ่งถือว่าเป็นวัตถุต้นกำเนิดดินประเภท Secondary Parent Material จะพบว่าบริเวณที่ราบลุ่มกรุงเทพฯ ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะบริเวณลุ่มน้ำจันทบุรี ดินกรดประเภท acid sulfate soil เกิดจากแร่ซัลไฟต์ มีอยู่ในดินซึ่งส่วนใหญ่คือเหล็กซัลไฟต์ และแร่ไพไรท์ เมื่อแร่ดังกล่าวเกิดการออกซิเดชันบริเวณใกล้ชั้นผิวดินจะเกิดกรดซัลฟูริกในดินมากพอที่จะทำให้ pH ของดินลดลง

4) การย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุในดินสามารถเพิ่มความเป็นกรดของดินได้เนื่องจากอินทรีย์วัตถุประกอบด้วยกลุ่มของ carboxylic groups และ phenolic groups สองกลุ่มนี้จะแสดงคุณสมบัติคล้ายกรดอ่อน ในดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูง หรือดินอินทรีย์ เช่น ดินพรุ ทำให้ดินมีความเป็นกรดสูงจากกรดอินทรีย์

5) ปริมาณไฮโดรเจนไอออนจากแร่ดินเหนียว ออกไซด์ของแร่ และการแตกหักของแร่ดินเหนียว เช่น kaolinite รวมทั้ง oxide ของ Fe และ Al การแตกตัวดังกล่าวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง pH ในดินได้

6) การดูดซับ base cations ของพืช ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชและเป็น base cations เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม ซึ่งพืชจะดูดซับในช่วงระหว่างการเจริญเติบโตเมื่อเราเก็บเกี่ยวพืช ก็ถือเป็นการดึงเอา base cations ออกจากดินจากตำแหน่ง exchangeable site ไปด้วย ซึ่งตำแหน่งเหล่านี้ ก็จะถูกแทนที่ด้วย H^+ เพื่อให้เกิดความเป็นกลางทางไฟฟ้า (electrical neutrality) ดังนั้นการดูดซับ base cations จึงทำให้เกิดการพัฒนาไปสู่ดินกรดในที่สุด ซึ่งปริมาณ base cations ที่ถูกพืชดึงออกไปและระยะเวลาที่ทำให้ดินเป็นกรดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดของพืชที่ปลูก ส่วนที่เก็บเกี่ยวออกไป ชนิดของดิน และการเกษตรกรรม เป็นต้น พืชเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างชนิดกันจะดูดใช้ base cations ในปริมาณที่ต่างกัน เช่น พืชตระกูลถั่วจะดูดใช้แคลเซียมมากกว่า และโพแทสเซียมน้อยกว่าธัญพืช ดังนั้นพืชแต่ละชนิดก็จะเพิ่มความเป็นกรดให้กับดินแตกต่างกัน (อรรวรรณ ฉัตรสีรุ่ง. 2551)

7) ฝนตกและการชะล้าง (acid brought in by rainfall and leaching) ฝนตกก็ส่งผลกระทบต่อ soil pH ได้เช่นกัน โดยที่ในอากาศจะมีสารประกอบในรูปต่างๆ ของ nitrogen และ sulfur อยู่ โดยเฉพาะ SO_2 และ NO_2 ที่ถูกปล่อยออกมาโดยกระบวนการทางธรรมชาติ และ/หรือ กิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เช่น SO_2 จากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ก๊าซต่างๆ เหล่านี้ละลายในน้ำฝนและตกลงมาบนพื้นดินและเพิ่มความเป็นกรดให้แก่ดิน ฝนกรด (acid rain) เกิดขึ้นในหลายพื้นที่ในโลก เช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อฝนตกจะเพิ่มปริมาณกรดในดินและปริมาณกรดจะมากในเมืองอุตสาหกรรม มีการศึกษาฝนกรดในรัฐ Alberta พบว่ามีปริมาณของ sulphate (SO_4^{2-}) ประมาณ 8.8 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ nitrate (NO_3^-) 4 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และ hydrogen (H^+) 0.15 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ที่ทำให้เพิ่มความเป็นกรดให้ดินในแต่ละปี นอกจากน้ำฝนจะพาความเป็นกรดละลายมาด้วยแล้ว น้ำฝนที่ตกลงมาผ่านชั้นดินลงไป จะชะล้างเอา base cations เช่น calcium (Ca^{2+}) magnesium (Mg^{2+}) และ potassium (K^+) ลงไปในน้ำใต้ดินและแหล่งระบายน้ำอื่นๆ เมื่อ base cations เหล่านี้ถูกชะล้างออกไปก็จะถูกแทนที่โดย acid cations เช่น aluminum (Al^{3+}) และ hydrogen (H^+) ด้วยเหตุนี้ดินที่เกิดภายใต้สภาพที่มีฝนตกจึงมีความเป็นกรดมากกว่าดินที่เกิดภายใต้สภาพที่แห้งแล้ง (อรรวรรณ ฉัตรสีรุ่ง. 2551)

8) การใส่ปุ๋ย (acid brought by fertilizers) ทั้งปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์อาจทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้นได้ในที่สุดเช่นกัน การใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน เช่น ammonia-based fertilizers (NH_4^+) และ urea-based fertilizers [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] รวมทั้งการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนในรูปของโปรตีน (amino acids) จะเพิ่ม H^+ ในดินการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจน (NH_4^+) ในปุ๋ยดังกล่าวไปเป็นไนโตรเจนในรูปของ nitrate (NO_3^-) จะปลดปล่อย H^+ ออกมา (กระบวนการนี้เรียกว่า nitrification) โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ทำให้เกิดความเป็นกรดของดินขึ้น (อรรวรรณ ฉัตรสีรุ่ง. 2551)

9) ความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลง pH ของดิน จากการที่ดินกรดมีสมบัติคล้ายคลึงกับกรดอ่อน ความเป็นกรดทั้งหมดของดินจึงแบ่งเป็นสองส่วนคือ กรดจริงและกรดแฝง ซึ่งกรดจริงจะอยู่ในสารละลายดินส่วนกรดแฝงจะอยู่ในชั้นคอลลอยด์ของดินทั้งสองส่วนนี้จะมีลักษณะสมดุลกัน ใน การที่จะทำให้ดินมีปฏิกิริยาดินเป็นกลางจำเป็นต้องใช้ปูนหรือสารที่เป็นด่างในปริมาณเท่ากับสภาพกรดรวมของดิน หรืออีกนัยหนึ่งเมื่อสภาพกรดจริงพร่องไปก็จะทำให้ระดับความสมดุลระหว่าง ส่วนที่เป็นสภาพกรดแฝงและกรดจริงเสีย H^+ ที่อยู่ในสภาพของแคตไอออนแลกเปลี่ยนได้ หรือสภาพกรดแฝงก็จะถูกปลดปล่อยออกมาแทน H^+ ในสารละลายดินที่เสียไปปฏิกิริยานี้จะดำเนินไปเรื่อยๆ จนทำให้ pH สูงขึ้น ดินกรดมีระดับ pH เท่ากันปริมาณความต้องการด่างที่มายกระดับ pH ของดินนั้นไม่จำเป็นต้องเท่ากันเสมอไป ทั้งนี้เพราะดินที่มีสภาพกรดจริงที่เท่ากันนั้นอาจจะมีสภาพกรดแฝงไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากันก็ได้ซึ่งปัจจัยที่ทำให้กรดแอมมีมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุ

2.1.4 ผลของดินกรดต่อพืชและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร

ดินกรดที่มี pH 5.1-5.5 และ 4.6-5.0 เรียกว่าดินกรดจัดและดินกรดจัดมากตามลำดับ เป็นดินที่มีปัญหาด้านการเพาะปลูก ดินกรดระดับนี้มักมีอะลูมิเนียมและแมงกานีสสูงจนถึงระดับเป็นพิษต่อพืช โดยพืชจากอะลูมิเนียมเกิดค่อนข้างกว้างและมีการศึกษากันมาก เมื่อดินมี pH ต่ำกว่า 5.0 รูปที่เป็นพิษของอะลูมิเนียมจะละลายออกมามาก พืชเศรษฐกิจส่วนมากไม่ค่อยทนต่อพิษของอะลูมิเนียม เมื่อปลูกในดินกรดจัดมักให้ผลผลิตต่ำ แต่บางพืชมีกลไกพิเศษสามารถทนต่อพิษของอะลูมิเนียมได้ จึงเจริญได้ดีในดินดังกล่าว (ยงยุทธ และคณะ. 2541)

1) ผลของดินกรดต่อความเป็นพิษจากอะลูมิเนียม อาการเป็นพิษจากอะลูมิเนียมที่จะกล่าวดังต่อไปนี้ คืออาการผิดปกติที่เกิดขึ้นกับพืชภายในเวลาอันสั้นกับความผิดปกติอันเป็นผลระยะยาว

1.1) ผลที่เกิดขึ้นภายในเวลาอันสั้น มี 5 ปัจจัยดังนี้

1.1.1) ยับยั้งการยึดตัวของราก เป็นความผิดปกติหรืออาการปฐมภูมิ (primary symptom) ที่เกิดขึ้นเร็วที่สุดภายใน 1-3 ชั่วโมง หรือสั้นกว่านั้น คือ 0.5-2 ชั่วโมงหลังจากจุ่มรากที่มีสารละลายอะลูมิเนียมสูงและผลที่ตามมาคือจำนวนรากน้อยและขนาดของรากเล็กลง จึงมีการดูดธาตุอาหารและน้ำได้น้อย ส่งผลให้พืชชะงักการเจริญเติบโต กลัวยังได้รับผลกระทบ คือการยึดตัวของรากลดลง เมื่อสารละลายธาตุอาหารมีอะลูมิเนียม 78.5 ไมโครโมลาร์ สาเหตุสำคัญที่พืชจากอะลูมิเนียมกระทบต่อการยึดตัวของรากก่อน ก็เพราะมีการสะสมธาตุนี้ที่ปลายราก (root tips) ซึ่งเป็นส่วนแรกที่ได้รับพิษจากธาตุนี้

1.1.2) ยับยั้งกระบวนการของหวมกราก ในเซลล์ของหวมกรากนั้นทำหน้าที่สังเคราะห์พอลิแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่เซลลูโลส เช่น เมือกที่ขับออกมา กิจกรรมนี้ถูกยับยั้งภายในเวลา 1 ชั่วโมงหลังจากได้รับอะลูมิเนียมเพียง 18 ไมโครโมลาร์ ก่อนที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของราก

1.1.3) การสร้างคาลลอส (callose) ของปลายรากถั่วเหลืองที่ได้รับอะลูมิเนียม 50 ไมโครโมลาร์ เกิดขึ้นภายใน 2 ชั่วโมง การสังเคราะห์คาลลอสในเซลล์ทำให้การขนส่งระหว่างเซลล์ผ่านพลาสโมเดสมาตาถูกยับยั้ง

1.1.4) การสร้างลิกนิน ของเซลล์ในคอร์เทกซ์บริเวณเขตยึดตัว (1.4-4.5 มิลลิเมตร จากปลายราก) ของรากข้าวสาลีที่ได้รับอะลูมิเนียม 50 ไมโครโมลาร์ เกิดขึ้นภายใน 3 ชั่วโมง

1.1.5) การแบ่งเซลล์ของรากแขนงของหอมลดลง ภายในเวลา 5 ชั่วโมง หลังจากได้รับอะลูมิเนียม 5-20 ไมโครโมลาร์

1.2) ผลระยะยาวเป็นความผิดปกติที่เกิดขึ้นภายหลังได้รับอะลูมิเนียม เป็นเวลา

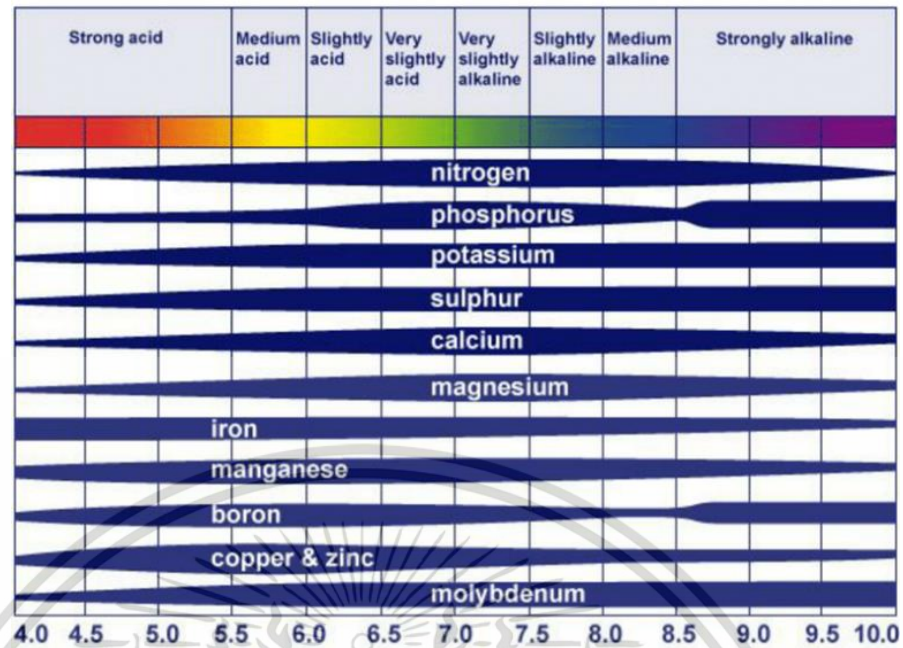
หลายวันหรือหลายสัปดาห์ซึ่งมี 6 ประการ คือ การลดมวลชีวภาพของรากและส่วนเหนือดิน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.2.1) สัมภูณลักษณะของรากผิดปรกติ
- 1.2.2) ลดการดูดและการเคลื่อนย้ายธาตุอาหาร
- 1.2.3) ลดการดูดน้ำและการเคลื่อนย้ายน้ำในพืช
- 1.2.4) ลดการสังเคราะห์แสง
- 1.2.5) ยับยั้งภาวะอยู่ร่วมกันของรากถั่วกับไรโซเบียม

2) ผลของดินกรดต่อความเป็นประโยชน์ของ แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม ดินที่เป็นกรดอย่างรุนแรงจะมีแคลเซียมและแมกนีเซียมค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้จะรวมถึงโพแทสเซียมด้วย เพราะธาตุอาหารพวกนี้จะถูกชะละลายออกไปจากดินได้ง่ายมากโดยทั่วไประดับแคลเซียมและแมกนีเซียมจะอยู่ในระดับที่เพียงพอเมื่อดินมีค่า pH เท่ากับ 5.5-8.5 ถ้าต่ำกว่าหรือสูงกว่านี้พืชอาจจะแสดงอาการขาดธาตุอาหารได้ ดังแสดงรูปที่ 2.1

3) ผลของดินกรดต่อระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ฟอสเฟตในดินที่พืชจะเอาไปใช้จะเป็นประโยชน์ขึ้นอยู่กับค่า pH อย่างเห็นได้ชัดเมื่อดินเป็นกรดมากๆ จะส่งเสริมการตรึงฟอสเฟตให้อยู่ในรูปของเหล็กและอะลูมิเนียมฟอสเฟตซึ่งยากแก่การนำไปใช้ประโยชน์ของพืช ส่วนดินที่มีค่า pH ระดับ 6-7 นับว่าเป็นระดับที่ค่อนข้างจะเหมาะสมที่สุดสำหรับฟอสเฟตในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ถ้า pH สูงขึ้นไปกว่านั้นฟอสเฟตจะถูกตรึงโดยแคลเซียม แมกนีเซียม และเกลือคาร์บอเนต ดังแสดงในรูปที่ 2.1

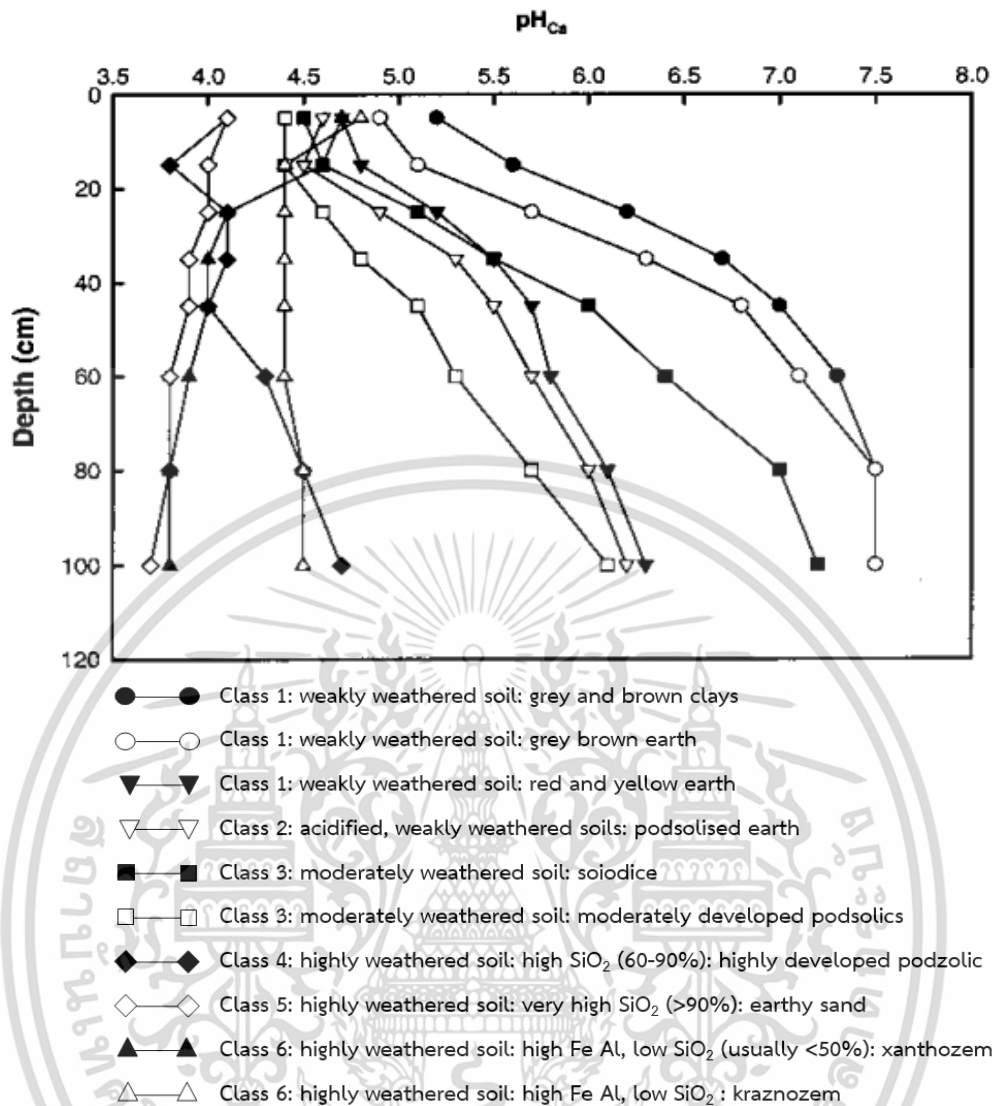
4) ระดับจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ ธาตุอาหารพืชจำพวกจุลธาตุในดินจะเป็นประโยชน์แก่พืชได้มากน้อยเพียงใดจะขึ้นกับระดับ pH ยกตัวอย่างเช่น เหล็ก จะอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ง่ายและมีอยู่ในสารละลายดินเป็นปริมาณมากในระดับ pH ต่ำและจะลดลงเมื่อ pH สูงขึ้น ซึ่งจุลธาตุในดินที่สามารถละลายออกมาในค่า pH เหมือนเหล็ก ได้แก่ แมงกานีส สังกะสี ทองแดง แต่โบรอนละลายน้ำได้ยากขึ้นเมื่อดินเป็นกลางหรือด่าง การเติมปูนลงไปเพื่อให้ดินแก้สภาพกรดของดินมักจะทำให้ระดับโบรอนที่เป็นประโยชน์ลดลงด้วย (ยงยุทธ และคณะ. 2541) ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับความเป็นประโยชน์ต่อธาตุอาหารพืชในดิน
ที่มา : Zen-hydroponics. (2019)

2.1.5 ความลึกและความเป็นกรดของดิน

การยกระดับ pH ของดินจากชั้นดินบนจนถึงระดับชั้นดินล่างควรวัด pH แคลเซียม อะลูมิเนียม และแมงกานีสที่สกัดได้ในความลึกต่างๆ ของชั้นดิน และควรแบ่งชั้นดินแต่ละชั้นประมาณ 20 – 40 ซม. ในการศึกษาสามารถแยกความแตกต่างจากความเป็นกรดของวัตถุต้นกำเนิดดินได้สองกลุ่ม กลุ่มที่ 1 เป็นดินเขตร้อนชื้นและกึ่งเขตร้อน ดินชั้นบนและดินล่างเป็นกรดตามธรรมชาติซึ่งบางส่วนเป็นกรดมากขึ้นจากการจัดการที่ดิน pH และ CEC ลดลงในความลึกของดินที่ลึกขึ้น กลุ่มที่ 2 เป็นดินที่มีความชื้นต่ำอยู่ในเขตกึ่งร้อน เขตร้อน และเขตอบอุ่น โดยปกติดินกลุ่มนี้ในชั้นดินล่างจะมีความเป็นกรดน้อยจึงไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของรากพืช แต่ในดินบนอาจจะเป็นกรดเพราะการจัดการที่ดิน มีค่า CEC น้อย และ pH เพิ่มขึ้นในความลึกของดินที่เพิ่มขึ้น โดยเน้นถึงการสลายตัวฟุ้งของวัตถุต้นกำเนิดดิน และการจัดการที่ดินในการอธิบายของระดับความลึกของดินและค่า pH ที่พบในรัฐเซาท์เวลส์ ประเทศออสเตรเลีย Helyar (1999) แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการเกิดดิน/วัตถุต้นกำเนิดดิน กับ pH ของดินใน Soil profile ในประเทศนิวซีแลนด์และออสเตรเลีย
ที่มา : Helyar (1999)

pH ของดินในแต่ละชั้นดินสามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างมากเมื่อเวลาผ่านไปเนื่องจากแนวทางการจัดการที่ดิน Moody and Aitken. (1995) ทำการศึกษาระยะเวลาของระบบจัดการ 3 แบบที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินแต่ละชั้นดินในรัฐควีนส์แลนด์และ Adams (1984) ได้ยกตัวอย่างผลกระทบระยะสั้น (5 ปี) การปลูกหญ้าเบอร์มิวด้ากับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน การศึกษาทั้งสองเป็นดินกลุ่มที่ 1 ดังที่กล่าวมาข้างต้นและในทุกการศึกษาพบว่าดินมีความเป็นกรดมากขึ้น

การศึกษาอื่นๆ ได้ทำการศึกษาผลระยะยาวและแนวทางในการจัดการต่อดินกลุ่มที่ 2 เช่น Ridley et al. (1990) ศึกษาผลกระทบของการปลูกพืชตระกูลถั่วเป็นเวลา 73 ปีต่อค่า pH ของดินในกรณีไม่เติมปูนพบว่าดินเป็นกรดมากขึ้น Wheeler and Addison (1997) สุ่มตัวอย่างดิน 35 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาค้นคว้า เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ไปยังเว็บไซต์ทางการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

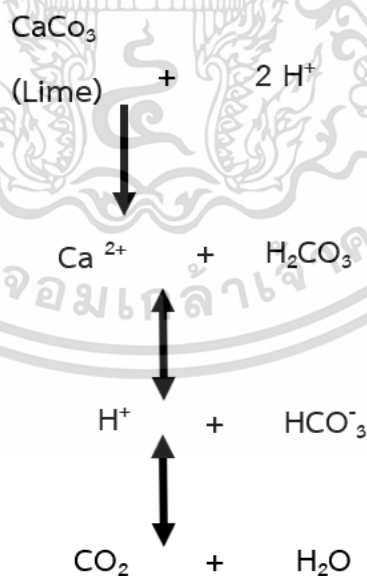
แห่งในประเทศนิวซีแลนด์เป็นระยะเวลา 30 ปี พบว่ามีดิน 15 แห่งเป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ที่มีพีชตระกูล ถั่ว และดูแลโดยการเติมปุ๋ย ในพื้นที่ 15 แห่งนี้พบว่า 7 แห่งมี pH ลดลง 0.43 และ 8 แห่งมี pH เพิ่มขึ้น 0.40 จึงสรุปได้ว่ากระบวนการทำให้ดินเป็นกรด การสะสมอินทรีย์วัตถุ กำลังเกิดขึ้นในระดับที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงสันนิษฐานว่าการเติมปุ๋ยในดินบนสามารถหยุดความเป็นกรดของดินได้

ปุ๋ยส่วนมากจะไม่ละลายถ้าความชื้นน้อยโดยจะเห็นว่ามีส่วนยังเหลือให้เห็นบนชั้นดินบน ปุ๋ยจะละลายเมื่อดินมีความชื้น ปุ๋ยส่วนใหญ่จะเคลื่อนย้ายผ่านการซึมของน้ำในรูปไบคาร์บอเนตไอออน กระบวนการในการแตกตัวเป็นไบคาร์บอเนตไอออนค่อนข้างซับซ้อนและอธิบายได้ดังนี้

กระบวนการที่ 1 ดินที่เปียกปุ๋ยจะแตกตัวเป็นแคลเซียมและกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ปฏิกิริยานี้สามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วในสภาวะที่เป็นกรด และจะช้าลงเมื่อ pH มากกว่า 5.8

กระบวนการที่ 2 กรดคาร์บอนิกสามารถเปลี่ยนเป็นไอออนไบคาร์บอเนต ซึ่งเป็นปฏิกิริยาสองทางกรดคาร์บอนิกจะเปลี่ยนเป็นไอออนไบคาร์บอเนตเมื่อ pH มากกว่า 5.5 เมื่อ pH น้อยกว่า 5.5 คาร์บอเนตจะอยู่ในรูปของคาร์บอนิกและสามารถเคลื่อนตัวไปยังดินชั้นล่างเพื่อลดความเป็นกรดได้

กระบวนการที่ 3 ไอออนไบคาร์บอเนตทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนไอออนส่วนเกินและเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ไอออนไบคาร์บอเนตส่วนเกินจะถูกชะละลายลงไปยังดินชั้นล่างและไปทำปฏิกิริยาซ้ำ (อรวรรณ ฉัตรสีรุ่ง, 2551) แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กระบวนการแตกตัวเป็นไบคาร์บอเนตของปุ๋ยเมื่อใส่ลงไปในดินบน

ที่มา : (อรวรรณ ฉัตรสีรุ่ง, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 การปรับปรุงดินกรด

ความเป็นกรดของดินตามธรรมชาติจำกัดและลดศักยภาพในการผลิตของพืชหลายชนิด ถึงแม้ว่าพืชหลายชนิดจะสามารถเจริญเติบโตในช่วง pH ที่กว้าง แต่พืชอีกหลายชนิดก็ไม่สามารถทนต่อระดับความเข้มข้นที่สูงของ อะลูมิเนียม แมงกานีส และเหล็ก ในดินที่มี pH ต่ำกว่า 5.5 ได้ มักจะพบว่าดินกรดมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและมักเกิดจากความเป็นประโยชน์ที่ต่ำของฟอสฟอรัส ดังนั้นเราควรปรับปรุงดินกรดให้มีค่า pH สูงขึ้น เพื่อเพิ่มผลผลิตของพืช การปรับปรุงดินกรดที่นิยมใช้กันมากคือการใช้วัสดุปูน (liming materials)

การวัดค่า pH ของดินวัดเฉพาะส่วนที่เป็น active acidity แต่ไม่ได้วัดค่า potential acidity ด้วย ดังนั้น soil pH จึงนำมาประมาณค่าความต้องการปูนเพื่อยกระดับ pH ของดินไม่ได้ ดังนั้นเราจึงต้องหาค่า potential acidity ด้วยเพื่อให้การปรับปรุงดินกรดถูกต้องและมีประสิทธิภาพ และวิธีการหนึ่งก็คือการ titrate ดินด้วย base ซึ่งสามารถนำมาใช้ประเมินความต้องการปูน (lime requirement) หรือปริมาณ CaCO_3 ที่ต้องใช้เพื่อยกระดับ pH ตามที่ต้องการได้ทางหนึ่ง ความต้องการปูนของดินนอกจากจะสัมพันธ์กับค่า pH แล้วก็สัมพันธ์กับค่าเปอร์เซ็นต์ความอิ่มตัวด้วยเบส และ CEC ด้วย (อรรวรรณ ฉัตรสิริรุ่ง, 2551)

การปรับปรุงดินกรด คือการปรับ pH ของดินให้สูงขึ้นจนมีสภาพใกล้เคียงเป็นกลาง โดยการใส่ปูนในอัตราที่เหมาะสม ในกรณีดินกรดจัดการปรับปรุงดินเพื่อลดกรดและความเป็นพิษอันเนื่องจากเหล็กและอะลูมิเนียม ทำได้หลายวิธีดังนี้

1) การเติมปูนทางการเกษตร ส่วนมากจะแก้ปัญหาดินที่เป็นกรดคือการเติมปูนเพื่อยกระดับ pH ให้สูงขึ้นตามอัตราที่เหมาะสมต่อ pH ของดิน การเติมปูนเพื่อการแก้ไขดินกรดนั้นหมายถึงการใส่สารประกอบออกไซด์ ไฮดรอกไซด์ และคาร์บอเนตของแคลเซียมและแมกนีเซียมเท่านั้น สารประกอบอื่นๆ ที่เป็นด่าง เช่น KOH หรือ NaOH ไม่จัดว่าเป็นปูนเพราะหายาก ราคาแพง และอาจก่อให้เกิดผลเสียด้านอื่นเมื่อใส่ลงในดินซึ่งชนิดของปูนทางการเกษตรสามารถแบ่งได้ดังนี้

1.1) พวกคาร์บอเนต หินปูน (limestone) มีองค์ประกอบเป็นแร่แคลไซต์ (CaCO_3) มาจากหินปูนซึ่งอยู่ทั่วไปในประเทศ เช่น จังหวัดลพบุรี สระบุรี ราชบุรี กระบี่ ฯลฯ หินปูนส่วนใหญ่ถูกนำมาบดเป็นวัสดุก่อสร้าง ทำถนน และใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ หินปูนที่บดละเอียดเพื่อใช้แก้ไขดินกรดนั้นนิยมเรียกว่า agricultural lime ความบริสุทธิ์ของหินปูนโดยทั่วไปจะอยู่ประมาณ 75-99 เปอร์เซ็นต์

หินโดโลไมท์ (Dolomite) มีองค์ประกอบเป็น $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ โดยปรกติหินโดโลไมท์มักจะเกิดปะปนกับหินปูนและมีปริมาณของแมกนีเซียมแตกต่างกันออกไป มีการแบ่งชนิดของหินโดโลไมท์และหินปูนตามปริมาณของแมกนีเซียมดังนี้

- Dolomite มี แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ 11.7-13.1 เปอร์เซ็นต์
- Calcitic Dolomite มี แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ 6.5-11.7 เปอร์เซ็นต์
- Dolomitic Limestone มี แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ 1.3-6.5 เปอร์เซ็นต์
- Limestone มี แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ 0-1.3 เปอร์เซ็นต์
- ดินมาร์ล (Marl) องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น CaCO_3 และดินเหนียว ที่พบในประเทศไทย มักจะมีสีขาว ปนน้ำตาล มีลักษณะร่วนซุย สละสมเป็นชั้นอยู่ใต้ดิน
- วัสดุอื่นๆ ที่มีสารประกอบพวกคาร์บอเนตของแคลเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งมีอยู่หลายชนิด และสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินกรดได้ เช่น เปลือกหอย ฝุ่นจากโรงงานผลิตซีเมนต์ ตะกอนจากโรงงานกระดาษ เป็นต้น

1.2) พวกออกไซด์ สารประกอบพวกนี้ได้แก่ CaO และ MgO แต่ที่หาได้ง่ายโดยทั่วไปจะเป็น CaO สารพวกนี้มักเรียกว่า “ปูนสุก” เพราะมีปฏิกิริยาไว กัดมือเมื่อเปียกชื้น และเตรียมได้จากการเผาปูนพวกคาร์บอเนตดังสมการ 1 และ 2



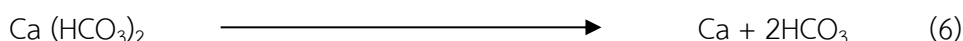
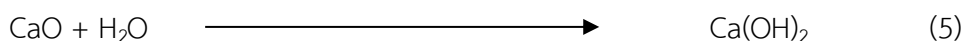
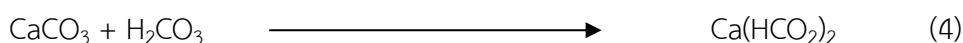
สารประกอบพวกนี้โดยทั่วไปจะมีความบริสุทธิ์ราว 85-98 เปอร์เซ็นต์ เมื่อออกจากเตาเผาใหม่ๆ จะยังคงรูปก้อนหินเดิม และยังมีความแข็งมากอยู่ จะต้องใช้เครื่องบดให้เป็นผงเสียก่อนนำไปใช้

1.3) พวกไฮดรอกไซด์ สารประกอบพวกนี้ได้แก่ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ และ $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ซึ่งมักเรียกกันว่า “ปูนขาว” เตรียมได้จากการนำปูนขาวในขณะที่ยังเป็นก้อนแข็ง เมื่อเย็นแล้วนำมาพรมน้ำให้ชุ่ม สารประกอบพวกออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับน้ำ เป็นสารประกอบพวกไฮดรอกไซด์ ดังสมการที่ 3 และปูนขาวที่ยังเป็นก้อนแข็งก็จะอยู่แตกออกเป็นผงโดยไม่ต้องบด



ปูนขาวนี้จะกัดมือเมื่อเปียกชื้น ทำปฏิกิริยาไว มีความบริสุทธิ์โดยทั่วไปประมาณ 95-96 เปอร์เซ็นต์

ผลที่เกิดขึ้นเมื่อเติมปูนลงไปดินกรด เมื่อเติมปูนลงในดินกรดที่เปียกชื้น สิ่งแรกที่เกิดขึ้นคือการทำปฏิกิริยากันระหว่างปูนกับสารละลายดินซึ่งอึดด้วย CO_2 ไม่ว่าจะเติมปูนในรูปสารประกอบใด สุดท้ายก็จะมาอยู่ในรูปไบคาร์บอเนต เช่น แคลเซียมไบคาร์บอเนต ดังแสดงในสมการ 4 และ 5



สารประกอบไบคาร์บอเนตจะแตกตัวให้แคตไอออนที่เป็นเบสเช่น Ca^{2+} และไบคาร์บอเนต (HCO_3) ดังสมการที่ 6 ซึ่งแคตไอออนดังกล่าวจะเข้าไปไล่ที่ H^+ ที่ถูกดูดซับที่พื้นผิวของคอลลอยด์ H^+ ที่ถูกไล่ที่ออกมานี้จะทำปฏิกิริยากับ HCO_3 กลายเป็น H_2O และ CO_2 การเติมปูนลงในดินกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากจะเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวแล้ว ปุ๋ยยังอาจจะทำปฏิกิริยาโดยตรงกับ H^+ ที่พื้นผิวของคอลลอยด์ได้ด้วย ถ้าเติมปุ๋ยที่มีอนุภาคเล็กละเอียดและมีการผสมคลุกเคล้าให้เข้ากับดินอย่างดีจะส่งเสริมให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ดีและรวดเร็วยิ่งขึ้น

2) ความสำคัญของความหยาบและความละเอียดของเนื้อปุ๋ย ปฏิกิริยาทำให้เป็นกลางของปุ๋ยและดินกรดนั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับชนิดของปุ๋ยและความบริสุทธิ์ของปุ๋ยแล้ว ยังขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคของปุ๋ยที่ใส่ลงไปด้วย ปกติแล้วปุ๋ยขาวที่มีขายในท้องตลาดทั่วไปนั้นจะอยู่ในรูปของผงละเอียดดังนั้นปัญหาความหยาบเล็กลำในปฏิกิริยาทำให้เป็นกลางนั้นจะไม่เกิดขึ้น แต่ถ้าเป็นพวกหินปูนซึ่งจะต้องบดละเอียดเท่านั้น การบดให้ละเอียดมากขึ้นก็จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากขึ้น ดังนั้นในหลายประเทศจึงมีกฎหมายควบคุมความละเอียดของหินปูนว่ามีความละเอียดเท่าใด ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ผู้ผลิตเอารัดเอาเปรียบเกษตรกร

การกำหนดขนาดของหินปูนนั้นนิยมบอกกันเป็น เมช ซึ่งเป็นหน่วยวัดที่ใช้บอกขนาดอนุภาคต่างๆ ของรูตะแกรงเช่น 10 เมช ก็หมายความว่ารูตะแกรงมีขนาด 1 ใน 10 ของหนึ่งนิ้ว หินปูนที่มาจากที่เดียวกันแต่ขนาดต่างกันจะมีความเร็วในการทำปฏิกิริยาที่ต่างกันแสดงดังตาราง 2.4 ขนาดอนุภาคเล็กเท่าไรก็จะทำปฏิกิริยาแก้ไวดินกรดได้ดีมากขึ้นและหินปูนจะทำปฏิกิริยาได้รวดเร็วกว่าหินโดโลไมท์ทั้งนี้เพราะโดโลไมท์ละลายน้ำได้ยากกว่าหินปูน (ยงยุทธ และคณะ. 2541)

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพ (เปอร์เซ็นต์) ของหินปูนและหินโดโลไมท์ที่มีขนาดอนุภาคต่างๆ กันในการแก้ไวดินกรด

ขนาดอนุภาค (เมช)	หินปูน	หินโดโลไมท์
20-60	19	11
60-100	50	25
100-200	85	39
200+	99	60

ที่มา : ยงยุทธ และคณะ (2541)

3) สภาพเกินปุ๋ย การเติมปุ๋ยมากเกินไปอาจก่อปัญหาขึ้นได้ การที่ดินกรดได้รับปุ๋ยมากเกินไปจนเกิดผลเสียหายขึ้นกับพืชที่ปลูกนั้นเรียกว่า สภาพเกินปุ๋ย ซึ่งมักทำให้ดินมีสภาพเป็นด่างและมีผลเสียหายแก่พืชที่ปลูกสรุไปได้ดังนี้

3.1) ทำให้ระดับของเหล็กและแมงกานีสในดินลดต่ำลงมากจนเกินไป ถึงขั้นที่ทำให้เกิดการขาดแคลนสำหรับพืชได้

3.2) ทำให้ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลงด้วย เพราะเกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตของแคลเซียมที่ละลายน้ำยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.3) การดูดซับฟอสฟอรัสและการใช้ฟอสฟอรัสในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ในพืชดำเนินไปได้ไม่สะดวก
- 3.4) การดูดซับโบรอนขึ้นมาใช้ไม่สะดวก ทำให้ระดับของโบรอนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลงกระบวนการเมแทบอลิซึมของโบรอนในพืชดำเนินไปไม่ราบรื่น
- 3.5) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง pH ในดินอย่างมากและรวดเร็วซึ่งเป็นอันตรายต่อพืช
- 3.6) การเกินปุ๋ยจะทำให้ขาดสังกะสี การละลายของสังกะสีจะลดลงอย่างรวดเร็วที่ pH 6-7 ในดินที่มีสังกะสีต่ำ การเติมปุ๋ยสูงเกินไป จะลดความเป็นประโยชน์ของสังกะสี
- 3.7) การเติมปุ๋ยมากเกินไป มักทำลายโครงสร้างของดิน ลดอัตราการซาบซึมน้ำ ดินมีโอกาสถูกชะล้างง่าย (เทียนชัย สุวรรณเวช. 2539)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลของการเติมปุ๋ยต่อการยกระดับ pH ของดิน

ข้อมูลจาก Sumner (1994) และ Scott et al. (2000) กล่าวว่า การเติมปุ๋ยในดินบนจะส่งผลต่อ pH ของดินต้องใช้เวลาน้อย 10 ปี ดังแสดงในตารางที่ 2.6 ในการเติมปุ๋ยในอัตราต่างๆ ต้องใช้เวลานาน 10 – 32 ปี ถึงจะส่งผลให้ pH เปลี่ยนแปลงตามความลึกของดิน 10-60 ซม.

Doak (1941) ทำการทดลองในประเทศนิวซีแลนด์พบว่า การเติมปุ๋ยในอัตรา 2 ตันต่อเฮกตาร์ (ปริมาณน้ำฝน 800 มิลลิเมตร) สามารถเพิ่ม pH ในดินล่าง 15-25 ซม. ภายในระยะเวลา 2 ปี หลังจากการเติมปุ๋ย และพบว่าหลังจากการเติมปุ๋ย 4 ปี จะให้ผลการเปลี่ยนแปลง pH ตามที่ตั้งเป้าหมายไว้จากการเติมปุ๋ยบนผิวดิน

Wheeler (1997) รายงานผลที่คล้ายกันคือผลการเปลี่ยนแปลง pH ที่ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ความลึก 0-5 5-10 10-15 และ 15-20 ซม. ต้องใช้เวลา 2 5 12 และ 15 ปี ตามลำดับต่อการเติมปุ๋ย 7.5 ตันต่อเฮกตาร์ (ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1500 มิลลิเมตรต่อปี)

Ridley and Coventry (1995) รายงานว่าการเติมปุ๋ยในดินบนส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลง pH ถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ในดินล่าง 10 – 20 ซม. ใช้เวลา 5 ปีจากการเติมปุ๋ย 5 ตันต่อเฮกตาร์ แสดงว่าการเติมปุ๋ยในดินบนโดยไม่คลุมเคล้าหรือมีการคลุมเคล้า จะส่งผลให้ pH ของดินเพิ่มขึ้นในดินล่างเหมือนกัน

Andre et al. (2019) ทำการศึกษาผลของการเติมปุ๋ย (แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์) ในการไถพรวนในสามรูปแบบคือ ไถพรวนเฉพาะหน้าดิน การไถพรวนโดยใช้คราด และการไถพรวนถึงชั้นดินล่างในดินกรด โดยเติมปุ๋ยขาว 15 ตันต่อเฮกตาร์ โดยทำการทดลอง 18 เดือนและเก็บตัวอย่างดินในชั้นความลึก 0-10 และ 10-20 ซม. พบว่าในความลึก 0-10 ซม. การเติมปุ๋ยทำให้ค่า pH Ca^{2+} และ Mg^{2+} เพิ่มขึ้นและลด H^+ Al และ Al^{3+} ในทุกรูปแบบการไถพรวน

Guangdi et al. (2019) ทำการศึกษากการเติมปุ๋ย (หินปูน) ในดินที่มีพื้นที่ต่างกัน 4 แบบได้แก่ พื้นที่ปลูกไม้ยืนต้น พืชล้มลุก และพืชเลี้ยงสัตว์ โดยทำการศึกษาในแต่ละพื้นที่โดยการเติมปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และไม่เติมปูน เป็นระยะเวลา 18 ปี พบว่าการยกระดับ pH ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างดินที่ปลูกไม้ยืนต้นและดินที่ปลูกพืชล้มลุก อย่างไรก็ตามดินที่ปลูกไม้ยืนต้นมีค่า pH เพิ่มขึ้นอย่างน้อย 0.09 หน่วย ต่อปี ในระดับความลึก 10 ซม. และในระดับความลึก 10-20 ซม. ค่า pH เพิ่มขึ้น 0.005 หน่วยต่อปี นอกจากนี้ยังพบว่ามีการยกระดับ pH จากดินบนสู่ดินล่างจะหยุดอยู่ที่ความลึก 30 ซม. ในระยะเวลา 18 ปีของการทดลอง

Tuanhui et al. (2019) เติมน้ำปูนขาวในดินที่ปนเปื้อนตะกั่วและปลูกข้าวสามสายพันธุ์ พบว่าการเติมน้ำปูนขาวทำให้ค่า pH ของดินสูงขึ้น และช่วยลดปริมาณตะกั่วในดิน นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณตะกั่วในต้นข้าวและเมล็ดข้าว และทำให้ตะกั่วเคลื่อนย้ายจากรากพืชสู่ต้นข้าวได้ช้าลงด้วย

Sandra et al. (2019) ได้ทำการศึกษากาสนาตามฤดูกาลโดยศึกษาผลระยะสั้น (1 ปี) และผลระยะยาว (11 ปี) จากการใส่หินปูนและยิปซัมในชั้นดินในดินที่เป็นกรดปานกลาง พบว่ายิปซัมมีประสิทธิภาพมากกว่าหินปูนในการยกระดับ pH ในระยะสั้น อย่างไรก็ตามหินปูนสามารถยกระดับ pH ได้มากกว่ายิปซัมในระยะยาวและพบว่ายิปซัมช่วยยกระดับ pH ของดินในชั้นล่างได้ดีกว่าหินปูน ซึ่งยิปซัมละลายได้ดีกว่าหินปูน เมื่อ pH ของดินเพิ่มขึ้นความเป็นพิษของอะลูมิเนียมก็ลดลงด้วย ดังนั้นสามารถใช้ยิปซัมเพียงอย่างเดียวและสามารถใช้ร่วมกับหินปูนได้

Eduardo et al. (2019) พบว่าการใส่ยิปซัมร่วมกับการไถพรวนจะเพิ่มปริมาณไนโตรเจนจากกระบวนการ mineralization จาก 1.21 เป็น 1.78 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน จากกระบวนการ nitrification จาก 0.44 เป็น 0.76 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน การใส่ยิปซัมจึงช่วยเพิ่มปฏิกิริยา mineralization และ nitrification แต่ก็เสี่ยงต่อการสูญเสียไนโตรเจนผ่านการชะละลายออกไปในรูปไนเตรตและการสูญเสียในรูปก๊าซ

Arizzi and Cultrone (2012) พบว่าไม่ควรเติมปูนโดโลไมท์ในดินที่แห้งเนื่องจากโดโลไมท์จะไปแทนที่ช่องว่างในดิน ทำให้ขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน ในทางตรงกันข้ามปูนสำเร็จรูปสามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพได้ดี แต่อย่างไรก็ตามควรใช้ร่วมกันระหว่างปูนสำเร็จรูปและโดโลไมท์

ชาติชายและรัตนา (2551) พบว่าอัตราโดโลไมท์ที่ใส่ต่างกันไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดิน โดยค่า pH ของดินสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับตำรับที่ใส่โดโลไมท์และไม่ใส่โดโลไมท์ นอกจากนี้พบว่าปริมาณรากเน่าของทุเรียนมีปริมาณลดลงในทุกตำรับ การทดลองโดยไม่มีมีความแตกต่างกันทางสถิติ สรุปได้ว่าการใส่โดโลไมท์ในอัตราต่างๆ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดิน ปริมาณธาตุอาหารไนโบทุเรียน และการเกิดโรคเน่าของทุเรียน

ตารางที่ 2.5 สรุปผลการทดลองระยะยาวเกี่ยวกับผลของการเติมปูนในระดับความลึกต่างๆ ของดิน และพื้นที่ต่างๆในการทดลอง

Location	Soil	Lime rate (t ha ⁻¹)	Lime placement	Duration (year)	Depth of effect (cm)
New Zealand	Phallic	7.5	Surface	15	20
Australia NSW	Granit	3.6	Surface	10	20
Australia NSW	Basalt	5	Surface	10	20
Australia NSW	Red earth	5.5	Surface	13	20
Australia NSW	Red earth	3.3	Surface	13	15–30
Australia NSW	Yellow duplex	3.6	Incorp. 10 cm	12	20–30
Australia NSW	Yellow duplex	5.6	Incorp. 10 cm	12	30
Australia NSW	Red earth	3.3	Incorp. 5 cm	13	10
Australia NSW	Red earth	5.5	Incorp. 5 cm	13	20
Australia Vic	Yellow podzolic	11.25	Surface	40	50
South Africa	Plinthic paleaquult	25	Incorp. topsoil	11	-
United States, Connecticut	Typic dystrochrept	16	Incorp. topsoil	20	50
United States, Connecticut	Typic dystrochrept	10	Incorp. topsoil	18	90
United States, Alabama	Not given	0.5 and 0.8 annually	Incorp. topsoil	32	45–60
United States, Alabama	Not given	0.5 and 0.8 annually	Incorp. topsoil	32	45–60

ที่มา: Sumner (1994)

2.3 ธาตุอาหารพืชและการแปลความหมายผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบทุเรียนหมอนทอง

2.3.1 ความสำคัญของธาตุอาหารพืช

ความต้องการธาตุอาหารธาตุใดธาตุหนึ่งของพืชนั้นโดยทั่วไป เป็นความต้องการที่จำเพาะเจาะจงเพราะธาตุดังกล่าวมีหน้าที่เฉพาะในโครงสร้างของเซลล์หรือกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541) สำหรับหน้าที่สำคัญและอาการขาดธาตุอาหารทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุแสดงไว้ในตารางที่ 2.6 2.7 และ 2.8

ตารางที่ 2.6 หน้าที่สำคัญและอาการขาดแคลนธาตุอาหารหลักของพืช

ธาตุ	หน้าที่สำคัญ	อาการขาดธาตุ
ไนโตรเจน	เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน, โปรตีน, คลอโรฟิลล์, กรดนิวคลีอิก และเอนไซม์ในพืช ส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดอ่อน ใบ และกิ่งก้าน	โตช้า ใบล่างมีสีเหลืองซีดทั้งแผ่นใบ ต่อมากลายเป็นสีน้ำตาลแล้วร่วง หล่นหลังจากนั้นใบบนๆ ก็มีสีเหลือง
ฟอสฟอรัส	ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีน สารอินทรีย์ที่สำคัญในพืช เป็นองค์ประกอบของสารที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดพลังงานในกระบวนการต่างๆ เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ	ใบล่างเริ่มมีสีม่วงตามแผ่นใบ ต่อมาใบเป็นสีน้ำตาลและร่วงหล่น ลำต้นแกร็น ไม่ผลิดอกออกผล
โพแทสเซียม	ช่วยสังเคราะห์น้ำตาล แป้ง และโปรตีน ส่งเสริมการเคลื่อนย้ายของน้ำตาลจากใบไปยังผล ช่วยให้ผลเจริญเติบโตเร็ว พืชแข็งแรง มีความต้านทานต่อโรคบางชนิด	ใบล่างมีอาการเหลือง แล้วกลายเป็นสีน้ำตาลตามขอบใบแล้วลุกลามเข้ามาเป็นหย่อมๆ ตามแผ่นใบ อาจพบว่าแผ่นใบโค้งเล็กน้อย รากเจริญช้า ลำต้นอ่อนแอ ผลไม่เติบโต

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541)

ตารางที่ 2.7 หน้าที่สำคัญและอาการขาดแคลนธาตุอาหารรองของพืช

ธาตุ	หน้าที่สำคัญ	อาการขาดธาตุ
แคลเซียม	เป็นองค์ประกอบในสารที่เชื่อมผนังเซลล์ให้ติดกัน ช่วยในการแบ่งเซลล์ การผสมเกสร การงอกของ เมล็ด และช่วยให้เอนไซม์บางชนิดทำงานได้ดี	ใบที่เจริญใหม่ๆ หงิก ตายอด ไม่เจริญ อาจมีจุดดำที่เส้นใบ รากสั้น ผลแตก และมีคุณภาพ ไม่ดี
แมกนีเซียม	เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ช่วยสังเคราะห์ กรดอะมิโน วิตามิน ไขมัน และน้ำตาล ทำให้ สภาพกรด ต่างในเซลล์พอเหมาะ ช่วยในการงอก ของเมล็ด	ใบแก่จะเหลือง ยกเว้นเส้นใบ และใบร่วงหล่นเร็ว
กำมะถัน	เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน และ วิตามิน	ใบบนและล่างมีสีเหลืองซีด และต้นอ่อนแอ

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541)

ตารางที่ 2.8 หน้าที่สำคัญและอาการขาดแคลนจุลธาตุอาหารของพืช

ธาตุ	หน้าที่สำคัญ	อาการขาดธาตุ
เหล็ก	ช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ มีบทบาท สำคัญในการสังเคราะห์แสง และหายใจ	ใบอ่อนมีสีขาวซีดในขณะที่ใบแก่ยัง เขียวสด
แมงกานีส	ช่วยในการสังเคราะห์แสงและการทำงานของ เอนไซม์บางชนิด	ใบอ่อนมีสีเหลืองในขณะที่เส้นใบยัง เขียว ต่อมาใบที่มีอาการดังกล่าวจะ เหลืองแล้วร่วงหล่น
ทองแดง	ช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ การหายใจ การใช้โปรตีนและแป้ง กระตุ้นการทำงานของ เอนไซม์บางชนิด	ตายอดชะงักการเจริญเติบโตและ กลายเป็นสีดำ ใบอ่อนเหลือง พืชทั้ง ต้นชะงักการเจริญเติบโต
สังกะสี	ช่วยในการสังเคราะห์ออกซิน (ฮอร์โมนพืช ชนิดหนึ่ง)คลอโรฟิลล์ และแป้ง	ใบอ่อนมีสีเหลืองซีดและปรากฏสี ขาวๆ ประปรายตามแผ่นใบ โดยเส้น ใบยังเขียว รากสั้นไม่เจริญตามปกติ
โบรอน	ช่วยในการออกดอก การผสมเกสร การติดผล และการเคลื่อนย้ายน้ำตาลมาสู่ผล การ เคลื่อนย้ายของฮอร์โมน การใช้ประโยชน์จาก ไนโตรเจนและการแบ่งเซลล์	ตายอดตายแล้วเริ่มมีตาข้าง แต่ตาข้าง จะตายอีก ลำต้นไม่ค่อยยืดตัว กิ่ง และใบจึงชิดกัน ใบเล็ก หนา โค้งและ เปราะ

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การแปลความหมายผลการวิเคราะห์พีชโดยใช้ค่าวิกฤตมาตรฐานพีช

ในปัจจุบันนี้ได้มีการศึกษารวบรวมและประยุกต์ใช้ข้อมูลผลการวิเคราะห์ดินและพีชได้หลายแนวทาง คือ ผลวิเคราะห์ดิน เป็นแนวทางการประเมินความสมบูรณ์ของดินและความเหมาะสมของดินที่ใช้ปลูกพืช และผลวิเคราะห์พีช เป็นข้อมูลบ่งบอกระดับธาตุอาหารในต้นพืช เพื่อประเมินความสามารถในการใช้ธาตุอาหารของพืช ความเพียงพอของการให้ปุ๋ย หรือประกอบการวินิจฉัยอาการขาดธาตุของพืช โดยนำค่าวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตมาตรฐานพีช (สุมิตรา และคณะ. 2544)

การศึกษาเกี่ยวกับธาตุอาหารในใบทุเรียนในประเทศไทยและต่างประเทศมีค่อนข้างน้อย จากการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในทุเรียนที่ผ่านมาพบว่า แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารคล้ายคลึงกับพืชอื่นๆ และความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบทุเรียนก็มีค่าอยู่ในช่วงเดียวกับรายงานในพืชอื่นๆ ทั้งในเขตร้อนและเขตหนาว (Jones, 1991; Koo and Young, 1977, Menzel et al., 1987 และ Brown, 1994) สำหรับช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างใบเพื่อการวิเคราะห์สำหรับทุเรียนคือ เมื่อใบมีอายุประมาณ 5 -7 เดือน ซึ่งเป็นช่วงเวลาใกล้เคียงกับในส้ม (Chang et al., 1992) อโวคาโด (Koo and Young, 1977) และลิ้นจี่ (Kotur and Singh, 1993) และการเก็บตัวอย่างใบทุเรียนควรเก็บใบที่อยู่ส่วนกลางของช่อใบ โดยเก็บจากทุกทิศรอบทรงพุ่มในระดับที่มีเอื้องถึง มาสร้างค่ามาตรฐานสำหรับทุเรียนพันธุ์หมอนทองจากใบที่เก็บตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 2.9 โดยค่ามาตรฐานสำหรับการปลูกทุเรียนนี้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วงเดียวกันกับไม้ผลทั้งเขตร้อนและเขตหนาวหลายชนิด ยกเว้น K ที่มีความเข้มข้นสูงกว่าในลิ้นจี่ มะม่วง และส้มค่อนข้างมาก (สุมิตรา และคณะ, 2544) ซึ่งการใช้ประโยชน์จากการวิเคราะห์พีช (uses of leaf analysis) สามารถนำมาใช้ได้ดีกับไม้ยืนต้นหรือไม้ผลเนื่องจากมีอายุการปลูกนานหลายปี และมีช่วงระยะเวลาค่อนข้างยาวในการจัดการด้านต่างๆ การวิเคราะห์พีชอย่างสม่ำเสมอเป็นประจำจะทำให้เกษตรกรทราบถึงสถานะธาตุอาหารของพืช และสามารถวางแผนระยะยาวในการจัดการด้านดินและปุ๋ยได้ดี Righetti et al. (1990) กล่าวว่าประโยชน์สำคัญประการหนึ่งของการวิเคราะห์พีชคือ สามารถลดการใช้ปุ๋ยลงได้มาก ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยลง นอกจากนั้นยังทำให้คุณภาพของผลผลิตดีขึ้น และลดการชะล้างของปุ๋ยไนโตรเจนลงไปยังแหล่งน้ำได้ด้วย นอกจากประโยชน์ที่กล่าวมาแล้ว การวิเคราะห์พีชยังมีประโยชน์ด้านอื่นๆ ด้วย ดังนี้ 1) ช่วยวินิจฉัยหรือยืนยันข้อวินิจฉัยที่มองเห็นด้วยตาเปล่า เช่น อาการผิดปกติของใบลักษณะต่างๆ 2) ช่วยชี้บ่งปัญหาที่อาจมองไม่เห็น (hidden trouble) ธาตุอาหารหลายชนิดอาจยังไม่แสดงอาการขาดให้เห็นชัดเจน แต่พืชอาจไม่แข็งแรงและให้ผลผลิตลดลง การวิเคราะห์พีชจะช่วยในการชี้บ่งปัญหาเหล่านี้ก่อนที่อาการที่เกิดขึ้นจะรุนแรงจนกระทบต่อผลผลิต 3) ช่วยให้ทราบว่าธาตุอาหารที่ใส่ลงไปดินพืชสามารถดูดไปใช้ได้หรือไม่เนื่องจากอาจมีปฏิสัมพันธ์ต่างๆ ในดิน หรือมีปัจจัยบางอย่างขัดขวางการดูดธาตุอาหารพืช ทำให้พืชไม่สามารถดูดธาตุอาหารใน

ดินไปใช้ได้ ยิ่งไปกว่านั้นช่วยให้เข้าใจปฏิสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหาร ทั้งในส่วนที่เป็นธาตุเสริม ประโยชน์กัน (synergism) และ ธาตุปฏิปักษ์ต่อกัน (antagonism)

ปัจจุบันเกษตรกรได้ให้ความสำคัญในการแนะนำการใช้ปุ๋ยที่เฉพาะเจาะจงกับทุเรียนมากขึ้น โดยเฉพาะการนำค่าการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบมาใช้เป็นเครื่องมือในการแนะนำการใช้ปุ๋ย โดยได้มีการศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างใบ การสร้างค่ามาตรฐานของธาตุอาหารในใบเพื่อนำไปสู่การใช้ปุ๋ยกับ ทุเรียนได้อย่างแม่นยำ (สุมิตรา และคณะ, 2544; สุมิตรา และคณะ, 2547) อย่างไรก็ตามผลระดับ ธาตุอาหารในใบทุเรียน สามารถประเมินความสามารถในการใช้ธาตุอาหารของต้นทุเรียน ความ เพียงพอของการให้ปุ๋ย หรือประกอบการวินิจฉัยอาการขาดธาตุของต้นทุเรียน โดยนำค่าวิเคราะห์มา เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ค่ามาตรฐานของธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของทุเรียน

ธาตุอาหาร	ปริมาณที่เหมาะสมในทุเรียนหมอนทอง
ไนโตรเจน (%)	2.0-2.4
ฟอสฟอรัส (%)	0.15-0.25
โพแทสเซียม (%)	1.5-2.5
แคลเซียม (%)	1.7-2.5
แมกนีเซียม (%)	0.25-0.50
กำมะถัน (%)*	0.23-0.25
เหล็ก (ppm)	40-150
แมงกานีส (ppm)	50-120
ทองแดง (ppm)	10-25
สังกะสี (ppm)	10-30
โบรอน (ppm)	30-70

ที่มา : สุมิตรา และคณะ (2544), * Diczbalis and Westerhuis (2005)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินและน้ำชะดิน (leachates) ภายใต้การจำลองสภาพดินในไลซิมิเตอร์ การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการเติมโดโลไมท์ในดินบนต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินล่างตามระยะเวลาที่แตกต่างกันในสวนทุเรียน ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1 สถานที่ทำการทดลอง

3.1.1 สวนทุเรียนของเกษตรกรในภาคตะวันออกของประเทศไทยจำนวน 2 สวน ได้แก่ สวนทุเรียนในจังหวัดจันทบุรี (C) ซึ่งเป็นดินเนื้อละเอียด และสวนทุเรียนในจังหวัดตราด (T) ซึ่งเป็นดินเนื้อปานกลาง

3.1.2 ทำการทดลองในไลซิมิเตอร์ที่เรือนทดลองชั้น 5 อาคารเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2 เก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สมบัติของดินเบื้องต้น

3.2.1 pH ของดิน ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 โดยใช้เครื่อง pH meter (HI 8424) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)

3.2.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:5 โดยใช้เครื่อง EC meter (HI 87314) (อธิบายขั้นตอนละเอียดในภาคผนวก) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)

3.2.3 ความต้องการปูนใช้วิธี Woodruff's buffer (Woodruff, 1948)

1) สวน C (ดินเนื้อละเอียด) ปรับ pH ของสารละลาย Woodruff's buffer เป็น 6.5 (pH เริ่มต้น 5.03)

2) สวน T (ดินเนื้อปานกลาง) ปรับ pH ของสารละลาย Woodruff's buffer เป็น 5.5 (pH เริ่มต้น 3.97)

3.2.4 เนื้อดิน โดยใช้วิธี Hydrometer method (Reynolds, 1993) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)

3.2.5 อัตราการซึมผ่านของน้ำโดยใช้ double ring infiltrometer (ธนพจน์ จิรธนาณรงค์, 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการเติมปูนโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน และน้ำชะดิน (leachates) ภายใต้การจำลองสภาพดินในไลซิมิเตอร์

3.3.1 แผนการทดลอง

จัดกลุ่มการทดลองแบบ 4X4 Factorial in CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 คืออัตราการเติมโดโลไมท์ 4 อัตรา ได้แก่ 0.0 0.5 1.0 และ 1.5 เท่าของความต้องการปูน ปัจจัยที่ 2 คือความลึกของดิน คือ 0-5 5-15 15-30 และ 30-50 ซม. ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ดำรับการทดลองศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินและน้ำชะดิน (leachates) ภายใต้การจำลองสภาพดินในไลซิมิเตอร์

ดำรับการทดลอง	สวน ^{1/}	อัตราการเติมโดโลไมท์	
		เท่าของความต้องการปูน	ตันต่อไร่
1	C (ดินเนื้อละเอียด)	0.0	0.0
2	C (ดินเนื้อละเอียด)	0.5	1.52
3	C (ดินเนื้อละเอียด)	1.0	3.04
4	C (ดินเนื้อละเอียด)	1.5	4.56
5	T (ดินเนื้อปานกลาง)	0.0	0.0
6	T (ดินเนื้อปานกลาง)	0.5	0.62
7	T (ดินเนื้อปานกลาง)	1.0	1.23
8	T (ดินเนื้อปานกลาง)	1.5	1.85

^{1/}pH เริ่มต้นของสวน C (ดินเนื้อละเอียด) เท่ากับ 5.03 ปรับเป็น 6.5 และ pH เริ่มต้นของสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) เท่ากับ 3.97 ปรับเป็น 5.5 โดยดินที่นำมาหาค่าความต้องการปูนเป็นดินที่เก็บมาเพื่อวิเคราะห์สมบัติดินเบื้องต้น

3.3.2 การเก็บตัวอย่างดินเพื่อเตรียมไลซิมิเตอร์

1) เก็บตัวอย่างดินจากสวนทุเรียน 2 สวนในจังหวัดจันทบุรี (C) ซึ่งเป็นดินเนื้อละเอียด และสวนทุเรียนในจังหวัดตราด (T) ซึ่งเป็นดินเนื้อปานกลาง โดยเก็บ 4 ความลึกได้แก่ 0-5 5-15 15-30 และ 30-50 ซม.

2) ในแต่ละความลึกเก็บความหนาแน่นของดินโดยใช้ Soil core (กรมพัฒนาที่ดิน. 2547)

3) นำตัวอย่างดินแต่ละชั้นดินบรรจุใส่กระสอบแยกกันแล้วนำไปตากให้แห้งในที่ร่มและนำมาบรรจุลงในไลซิมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

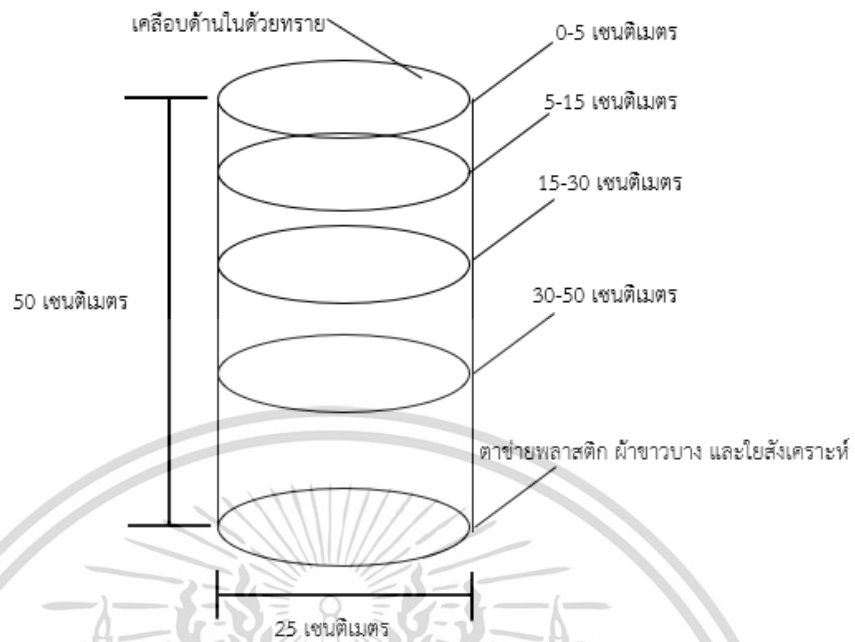
3.3.3 การเตรียมไลซีมิเตอร์

- 1) ไลซีมิเตอร์ทำจากท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 ซม. ความยาว 50 ซม.
- 2) ปิดด้านล่างของท่อ โดยใช้แผ่นอะคริลิกเจาะรูโดยเว้นระยะห่างแต่ละรูประมาณ 2 ซม. เพื่อให้ น้ำที่เติมลงไปไหลออกอย่างสะดวก
- 3) เคลือบผิวภายในของท่อ PVC ด้วยทรายโดยใช้กาวสำหรับประสานท่อ PVC
- 4) รองพื้นด้านล่างของท่อโดยใช้ตาข่ายพลาสติกและผ้าขาวบางที่ตัดให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับท่อ
- 5) บรรจุดินในแต่ละชั้นตามน้ำหนักแสดงดังตารางที่ 3.2 โดยบรรจุดินเรียงตามความลึก ดังนี้ 30-50 15-30 5-15 และ 0-5 ซม. โดยให้ความหนาแน่นของชั้นดินแต่ละชั้นเท่ากับ ความหนาแน่นของดินในแต่ละสวนดังแสดงในรูปที่ 3.1
- 6) ไล่อากาศออกจากดินโดยให้น้ำซึมผ่านดินในไลซีมิเตอร์จากด้านล่างขึ้นมาด้านบนผิวดิน
- 7) ใช้แผ่นพลาสติก polyethylene (PE) หุ้มจากด้านล่างเพื่อไม่ให้น้ำชะดิน (leachates) สัมผัสกับตะแกรงที่ใช้วางไลซีมิเตอร์
- 8) ต่อท่อด้านล่างไลซีมิเตอร์เพื่อให้น้ำชะดิน (leachates) จากไลซีมิเตอร์ไหลลงภาคน้ำ และวางไว้บนฐานที่เป็นตะแกรงเหล็กดังแสดงในรูปที่ 3.2
- 9) เติมน้ำในไลซีมิเตอร์ โดยใช้ น้ำประปา (pH 7.06 และ EC 451.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ตามปริมาณน้ำฝนที่ตกในฤดูฝนเฉลี่ย 10 ปี (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม) ตามข้อมูลที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา โดย สวน C (ดินเนื้อละเอียด) (ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 27.8 มม.) เติมน้ำ 1.4 ลิตรต่อไลซีมิเตอร์ต่อครั้ง และสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) (ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 17.9 มม.) เติมน้ำ 0.9 ลิตรต่อไลซีมิเตอร์ต่อครั้ง
- 10) เติมน้ำในไลซีมิเตอร์ทุกๆ 10 วัน และรักษาความชื้นของดินไว้ให้คล้ายกับการเติมน้ำของเกษตรกรโดยสเปรย์น้ำประปาบนผิวดิน

ตารางที่ 3.2 ความหนาแน่นของดินแต่ละชั้นในไลซีมิเตอร์

สวน	ความลึก (ซม.)	น้ำหนักดิน (กก.)
C (ดินเนื้อละเอียด)	0-5	3.73
C (ดินเนื้อละเอียด)	5-15	6.92
C (ดินเนื้อละเอียด)	15-30	9.47
C (ดินเนื้อละเอียด)	30-50	10.0
T (ดินเนื้อปานกลาง)	0-5	3.59
T (ดินเนื้อปานกลาง)	5-15	7.79
T (ดินเนื้อปานกลาง)	15-30	10.9
T (ดินเนื้อปานกลาง)	30-50	12.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ขนาดและการแบ่งชั้นดินของไลซิมิเตอร์



รูปที่ 3.2 การติดตั้งไลซิมิเตอร์ และภาตรองน้ำชะจากไลซิมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การเติมน้ำและการเก็บตัวอย่างดิน

- 1) เก็บตัวอย่างดินในไลซิมิเตอร์ ทุก 10 วัน (ระยะเวลาทั้งหมด 100 วัน) ในระดับ 4 ความลึกดังนี้ 0-5 5-15 15-30 และ 30-50 ซม. โดยใช้หลอดเจาะดิน (Soil tube)
- 2) นำท่อ PVC ขนาดเท่ากับ soil tube นำมาเคลือบทรายแบบเดียวกับที่เคลือบไลซิมิเตอร์มาใส่แทนช่องว่างที่เกิดจากการเก็บดิน เพื่อรักษาความหนาแน่นของดินไว้
- 3) หลังจากการเก็บดินในแต่ละครั้งแล้วเติมน้ำเพื่อเก็บน้ำชะดิน (leachates)
- 4) ตากตัวอย่างดินให้แห้งในที่ร่มแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติของดิน
- 5) หลังจากการทดลองเสร็จสิ้นแล้วทำการเก็บตัวอย่างดินทั้งหมดโดยแยกแต่ละชั้นดินเพื่อทำการวิเคราะห์สมบัติดินหลังการทดลอง

3.3.5 การวิเคราะห์สมบัติดิน

- 1) ดินก่อนและหลังการทดลองวิเคราะห์สมบัติดินดังนี้
 - 1.1) pH ของดินอัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 วัดด้วยเครื่อง pH meter (HI 8424) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)
 - 1.2) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:5 วัดด้วยเครื่อง EC meter (HI 87314) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)
 - 1.3) ความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ (Soil acidity) (กรมพัฒนาที่ดิน. 2547) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)
 - 1.4) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz. 1945) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)
 - 1.6) เบสที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K, Ca, Mg) โดยใช้น้ำยาสกัด 1 N NH_4OAc pH 7.0 และวัดความเข้มข้นของสารละลายด้วยเครื่อง AAs (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)
 - 1.7) จุลธาตุที่สกัดได้ (Extractable Fe, Mn, Zn, Cu) โดยใช้น้ำยาสกัด 0.005 N DTPA วัดความเข้มข้นของสารละลายด้วยเครื่อง AAs (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)
 - 1.8) อะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Al) (กรมพัฒนาที่ดิน. 2547) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)
- 1.4) อินทรีย์วัตถุ (Organic Matter) โดยวิธี Loss on ignition method (Ball. 1964) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ดินระหว่างการทดลองวิเคราะห์สมบัติดินดังนี้

2.1) pH ของดินอัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 วัดด้วยเครื่อง pH meter (HI 8424) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)

2.2) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:5 วัดด้วยเครื่อง EC meter (HI 87314) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)

2.3) แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca, Mg) โดยใช้ น้ำยาสกัด 1 N NH_4OAc pH 7.0 และวัดความเข้มข้นของสารละลายด้วยเครื่อง AAs (กรมวิชาการ เกษตร. 2544) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)

3.3.6 การเก็บตัวอย่างน้ำชะดิน (leachates) และการเตรียมตัวอย่างน้ำชะดิน

- 1) เขี่ยน้ำชะดินให้เข้ากันแล้วเก็บใส่ขวด 120 มิลลิลิตร
- 2) กรองโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1
- 3) เก็บตัวอย่างน้ำชะดินโดยรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อลดกิจกรรมของ จุลินทรีย์เพื่อไม่ให้ปริมาณธาตุอาหารในน้ำเปลี่ยนแปลง

3.3.7 การวิเคราะห์สมบัติของน้ำชะดิน (leachates)

- 1) pH วัดด้วยเครื่อง pH meter (HI 8424)
- 2) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) วัดด้วยเครื่อง EC meter (HI 87314)
- 3) เบสที่ละลายน้ำได้ (Water soluble Ca, Mg) วัดความเข้มข้นของสารละลายด้วย เครื่อง AAs

3.4 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใส่โดโลไมท์ในดินบนต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติ ดินล่างตามระยะเวลาที่แตกต่างกันในสวนทุเรียน

3.4.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 2x4x8 Split-Split plot in CRD ทำการทดลอง 5 ซ้ำ Main plot คืออัตราการเติมปุ๋ย 2 อัตราคือ ไม่เติมโดโลไมท์ และเติมโดโลไมท์ในอัตรา 20% ของค่าความต้องการปุ๋ย (แบ่งเติมโดโลไมท์ 5 ครั้งจากความต้องการปุ๋ย ซึ่งในการทดลองนี้ใส่โดโลไมท์เพียงครั้งเดียวจาก 5 ครั้ง จึงคิดเป็น 20% ของค่าความต้องการปุ๋ย) Sub plot คือความลึกของชั้นดิน ได้แก่ 0-5 5-15 15-30 และ 30-50 ซม. Sub-sub plot คือเวลาในการเก็บตัวอย่างดิน 8 ครั้งดังนี้ ได้แก่ 0 15 30 45 60 75 105 และ 195 วันหลังเติมปุ๋ยดังแสดงในตารางที่ 3.3 3.4 และ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ตำรับการทดลองผลของการเติมปูนในดินบนต่อระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลง pH ในดินล่าง

ตำรับการทดลอง	อัตราของปูน ^{1/}	ความลึก (ซม.)	เวลาเก็บตัวอย่างดิน
1	ไม่เติมปูน	0-5	0
2	ไม่เติมปูน	0-5	15
3	ไม่เติมปูน	0-5	30
4	ไม่เติมปูน	0-5	45
5	ไม่เติมปูน	0-5	60
6	ไม่เติมปูน	0-5	75
7	ไม่เติมปูน	0-5	105
8	ไม่เติมปูน	0-5	195
9	ไม่เติมปูน	5-15	0
10	ไม่เติมปูน	5-15	15
11	ไม่เติมปูน	5-15	30
12	ไม่เติมปูน	5-15	45
13	ไม่เติมปูน	5-15	60
14	ไม่เติมปูน	5-15	75
15	ไม่เติมปูน	5-15	105
16	ไม่เติมปูน	5-15	195
17	ไม่เติมปูน	15-30	0
18	ไม่เติมปูน	15-30	15
19	ไม่เติมปูน	15-30	30
20	ไม่เติมปูน	15-30	45
21	ไม่เติมปูน	15-30	60
22	ไม่เติมปูน	15-30	75
23	ไม่เติมปูน	15-30	105
24	ไม่เติมปูน	15-30	195
25	ไม่เติมปูน	30-50	0
26	ไม่เติมปูน	30-50	15
27	ไม่เติมปูน	30-50	30
28	ไม่เติมปูน	30-50	45

^{1/} ใส่โดโลไมท์ในอัตรา 20% ของความต้องการปูนโดยเติมครั้งเดียว ^{2/} จำนวนวันหลังจากเติมปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 ตำรับการทดลองผลของการเติมปูนในดินบนต่อระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลง pH ในดินล่าง (ต่อ)

ตำรับการทดลอง	อัตราของปูน ^{1/}	ความลึก (ซม.)	เวลาเก็บตัวอย่างดิน
29	ไม่เติมปูน	30 -50	60
30	ไม่เติมปูน	30-50	75
31	ไม่เติมปูน	30 -50	105
32	ไม่เติมปูน	30-50	195
33	เติมปูน	0-5	0
34	เติมปูน	0-5	15
35	เติมปูน	0-5	30
36	เติมปูน	0-5	45
37	เติมปูน	0-5	60
38	เติมปูน	0-5	75
39	เติมปูน	0-5	105
40	เติมปูน	0-5	195
41	เติมปูน	5-15	0
42	เติมปูน	5-15	15
43	เติมปูน	5-15	30
44	เติมปูน	5-15	45
45	เติมปูน	5-15	60
46	เติมปูน	5-15	75
47	เติมปูน	5-15	105
48	เติมปูน	5-15	195
49	เติมปูน	15-30	0
50	เติมปูน	15-30	15
51	เติมปูน	15-30	30
52	เติมปูน	15-30	45
53	เติมปูน	15-30	60
54	เติมปูน	15-30	75
55	เติมปูน	15-30	105
56	เติมปูน	15-30	195

^{1/} ใส่โดโลไมท์ในอัตรา 20% ของความต้องการปูนโดยเติมครั้งเดียว ^{2/} จำนวนวันหลังจากเติมปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

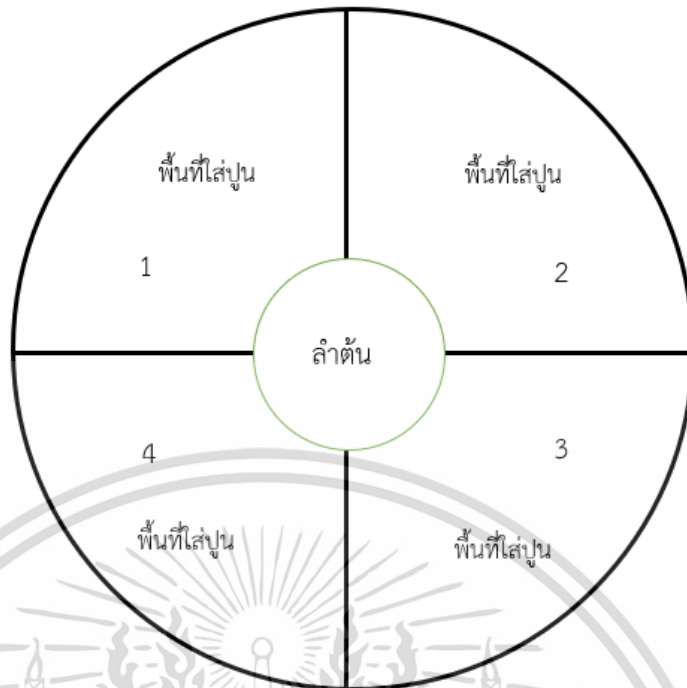
ตารางที่ 3.5 ตำรับการทดลองผลของการเติมปูนในดินบนต่อระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลง pH ในดินล่าง (ต่อ)

ตำรับการทดลอง	อัตราของปูน ^{1/}	ความลึก (ซม.)	เวลาเก็บตัวอย่างดิน
57	เติมปูน	30 -50	0
58	เติมปูน	30-50	15
59	เติมปูน	30 -50	30
60	เติมปูน	30-50	45
61	เติมปูน	30 -50	60
62	เติมปูน	30-50	75
63	เติมปูน	30 -50	105
64	เติมปูน	30-50	195

^{1/} ใส่โดโลไมท์ในอัตรา 20% ของความต้องการปูนโดยเติมครั้งเดียว ^{2/} จำนวนวันหลังจากเติมปูน

3.4.2 วิธีการเติมปูนโดโลไมท์ในสวนทุเรียน

- 1) เลือกต้นทุเรียนที่มีอายุใกล้เคียงกันจำนวน 10 ต้นต่อหนึ่งสวน แบ่งเป็น 5 ต้นเติมปูนและอีก 5 ต้นที่ไม่เติมปูน
- 2) กวาดใบไม้และเศษพืชที่ปกคลุมดินออกจากบริเวณทรงพุ่มของต้นที่ต้องการเติมปูน
- 3) เติมปูนบริเวณทรงพุ่มรัศมี 2.5 เมตร โดยแบ่งพื้นที่ใต้ทรงพุ่มเป็นสี่ส่วนเท่าๆ กันแล้วแบ่งปูนที่เติมต่อหนึ่งต้นเป็นสี่ส่วนเช่นกัน เพื่อให้ปริมาณปูนสม่ำเสมอเมื่อเติมลงไปบริเวณผิวดิน (คำนวณน้ำหนักดินใต้ทรงพุ่มเพื่อคำนวณหาความต้องการปูนในพื้นที่ใต้ทรงพุ่ม รัศมี 2.5 เมตรและลึก 50 ซม.) ดังแสดงในรูปที่ 3.3 และ 3.4
- 4) นำเศษใบไม้หรือเศษพืชที่นำออกไปจากผิวดินข้างต้นมาปิดผิวดินเช่นเดิม



รูปที่ 3.3 พื้นที่ทรงพุ่มบริเวณที่เติมปุ๋ย



รูปที่ 3.4 การเติมปุ๋ยบนผิวดินใต้ทรงพุ่มต้นทุเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การเก็บข้อมูล ตัวอย่างดิน และตัวอย่างพืช

1) การเก็บข้อมูลสภาพอากาศ

1.1) รวบรวมข้อมูลภูมิอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยาในบริเวณสวนที่เลือกเพื่อประกอบการวิเคราะห์ข้อมูลในการทดลอง

2) การเก็บตัวอย่างดิน

2.1) กำหนดจุดบริเวณรอบทรงพุ่ม 4 จุด กำหนดให้ทิศละ 1 จุด

2.2) เก็บดินโดยใช้สว่านเจาะดินตามจุดที่กำหนดในความลึก 0-5 5-15 15-30 และ 30-50 ซม. ดังรูปที่ 3.5

2.3) นำดินแต่ละจุดมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง (โดยแยกแต่ละชั้น) เพื่อให้ได้ตัวแทนของตัวอย่างดินรอบทรงพุ่มจากนั้นบรรจุดินใส่ถุงอะลูมิเนียม ดังรูปที่ 3.6

2.4) เก็บตัวอย่างดินในลักษณะนี้ทุกต้นเพื่อนำดินมาวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของดิน

2.5) เก็บดินเช่นนี้ในเวลา 0 15 30 45 60 75 105 และ 195 วันหลังเติมปุ๋ย



รูปที่ 3.5 การเก็บดินโดยใช้สว่านเจาะดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 การคลุกดินทั้ง 4 จุดมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง

3) การเก็บตัวอย่างพืช

3.1) เก็บตัวอย่างใบทุเรียนที่อยู่ส่วนกลางของช่อใบ (ใบที่ 2 หรือ 3 จากยอด) เมื่อใบมีอายุประมาณ 5-7 เดือน จำนวน 20 ใบต่อต้น เก็บจากทุกทิศรอบทรงพุ่มในระดับที่มือเอื้อมถึง (สุ่มิตรา และคณะ, 2544)

3.2) นำใบทุเรียนใส่ถุงพลาสติกและแช่ในถังน้ำแข็งโดยใช้กระดาษรองไม่ให้ใบทุเรียนสัมผัสกับน้ำแข็งโดยตรง

3.3) เก็บตัวอย่างใบทุเรียนก่อน (เดือนมิถุนายน 2565) และหลังการทดลอง (เดือนธันวาคม 2566) เพื่อนำมาวิเคราะห์ธาตุอาหาร

3.4.4 การวิเคราะห์สมบัติของดิน

ตากตัวอย่างดินให้แห้งในร่ม แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตรเพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติของดินดังนี้

1) pH ของดินอัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 วัดด้วยเครื่อง pH meter (HI 8424) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)

2) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:5 วัดด้วยเครื่อง EC meter (HI 87314) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)

3) ความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ (Soil acidity) (กรมพัฒนาที่ดิน. 2547) (วิเคราะห์เฉพาะก่อนและหลังการทดลอง) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)

5) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz. 1945) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) เบสที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K, Ca, Mg) โดยใช้น้ำยาสกัด 1 N NH_4OAc pH 7.0 และวัดความเข้มข้นของสารละลายด้วยเครื่อง AAs (กรมวิชาการเกษตร. 2544) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)

7) จุลธาตุที่สกัดได้ (Extractable Fe, Mn, Zn, Cu) โดยใช้น้ำยาสกัด 0.005 N DTPA วัดความเข้มข้นของสารละลายด้วยเครื่อง AAs (กรมวิชาการเกษตร. 2544) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)

9) อะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Al) (กรมพัฒนาที่ดิน. 2547) (วิเคราะห์เฉพาะก่อนและหลังการทดลอง) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)

4) อินทรีย์วัตถุ (Organic Matter) โดยวิธี Loss on ignition method (Ball. 1964) (อธิบายวิธีการในภาคผนวก)

3.4.5 การเตรียมตัวอย่างพืช

- 1) นำตัวอย่างใส่ถุงพลาสติกห่อโดยกระดาษหนังสือพิมพ์แช่เย็นนากลับมายังห้องปฏิบัติการ
- 2) ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา 3 ครั้ง
- 3) ล้างทำความสะอาดด้วย 0.1 N HCl 1 ครั้ง
- 4) ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง จากนั้นซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู
- 5) นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่
- 6) บดตัวอย่างพืชให้ละเอียด

3.4.6 การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช

วิเคราะห์ธาตุอาหารในตัวอย่างใบดังนี้

- 1) นำตัวอย่างใบทุเรียนบดละเอียดไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C 72 ชั่วโมง
- 2) เก็บตัวอย่างใส่ Desiccator รอนจนเย็น ชั่งตัวอย่าง 0.25xx กรัม ใส่ crucible
- 3) นำไปเผาที่อุณหภูมิ 550°C 6 ชั่วโมง ทิ้งไว้จนเย็นหนึ่งคืน
- 4) เติม aqua regia (conc. HNO_3 ผสม conc. HCl, อัตราส่วน 1:3) 10 มล. ทิ้งไว้ข้ามคืน
- 5) ปรับปริมาตรเป็น 25 มล. ใน volumetric flask
- 6) กรองสารละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1
- 7) วิเคราะห์ธาตุอาหาร P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn B Mo และ Ni วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง ICP-OES (Allen, 1971)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.5.1 วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดย Analysis of Variance (ANOVA)

3.5.2 เปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการทดลองโดย Paired Sample T-test

3.5.3 วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลโดย Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 รายละเอียดของสวนทุเรียน

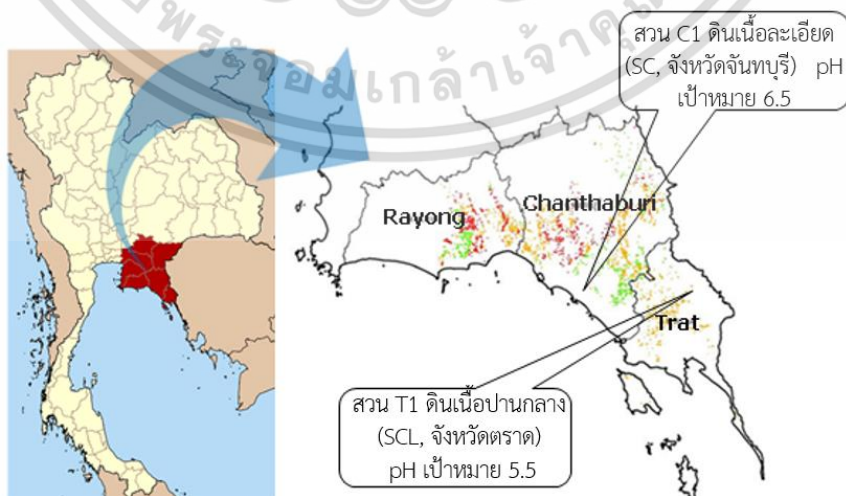
เลือกสวนทุเรียนพันธุ์หมอนทองในพื้นที่จังหวัดทางภาคตะวันออกของประเทศไทย 2 สวน คือ สวน C เป็นดินเนื้อละเอียด (sandy clay, SC, จังหวัดจันทบุรี) เจ้าของสวนคือนายปัญญา ผลาผล ซึ่งต้องการปรับ pH ให้ได้ 6.5 และสวน T เป็นดินเนื้อปานกลาง (sandy clay loam, SCL, จังหวัดตราด) เจ้าของสวนคือนายคำแสน ขวัญพูล ที่ต้องการปรับ pH ให้ได้ 5.5 โดยแสดงรายละเอียด สถานที่ พิกัดสวน ลักษณะดิน และสภาพพื้นที่ ในตารางที่ 4.1 และ 4.2 แสดงจุดที่ตั้งในรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลสวนทุเรียนในจังหวัดในภาคตะวันออกที่ใช้ในการทดลอง

สวน	เกษตรกร	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	พิกัดสวน
C	นายปัญญา ผลาผล	เขาบายศรี	ท่าใหม่	จันทบุรี	N 12°41'26" E 102°03'13"
T	นายคำแสน ขวัญพูล	บ่อพลอย	บ่อไร่	ตราด	N 12°32'18" E 102°29'30"

ตารางที่ 4.2 ลักษณะดิน และสภาพพื้นที่ของสวนทุเรียนที่ใช้ในการทดลอง

สวน	ชุดดิน	กลุ่มดิน	สภาพพื้นที่	ลักษณะสำคัญของดิน
C	พังงา (Pga)	26	พื้นที่ดอนอยู่เขตดินเหนียว	ดินเหนียวลึกมาก พบในเขตฝนตกชุก มีการระบายน้ำดีถึงดี
T	คลองซาก (Kc)	45	พื้นที่ดอนอยู่เขตดินเหนียว	ปานกลาง ดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดเล็กน้อย
			พื้นที่ดอนอยู่เขตดินเหนียว	ดินตื้นถึงชั้นลูกรัง ภายในความลึก 50 ซม. และหนามากกว่า 100 ซม. พบในเขตฝนตกชุก มีการระบายน้ำดี ปัญหาคือดินตื้น

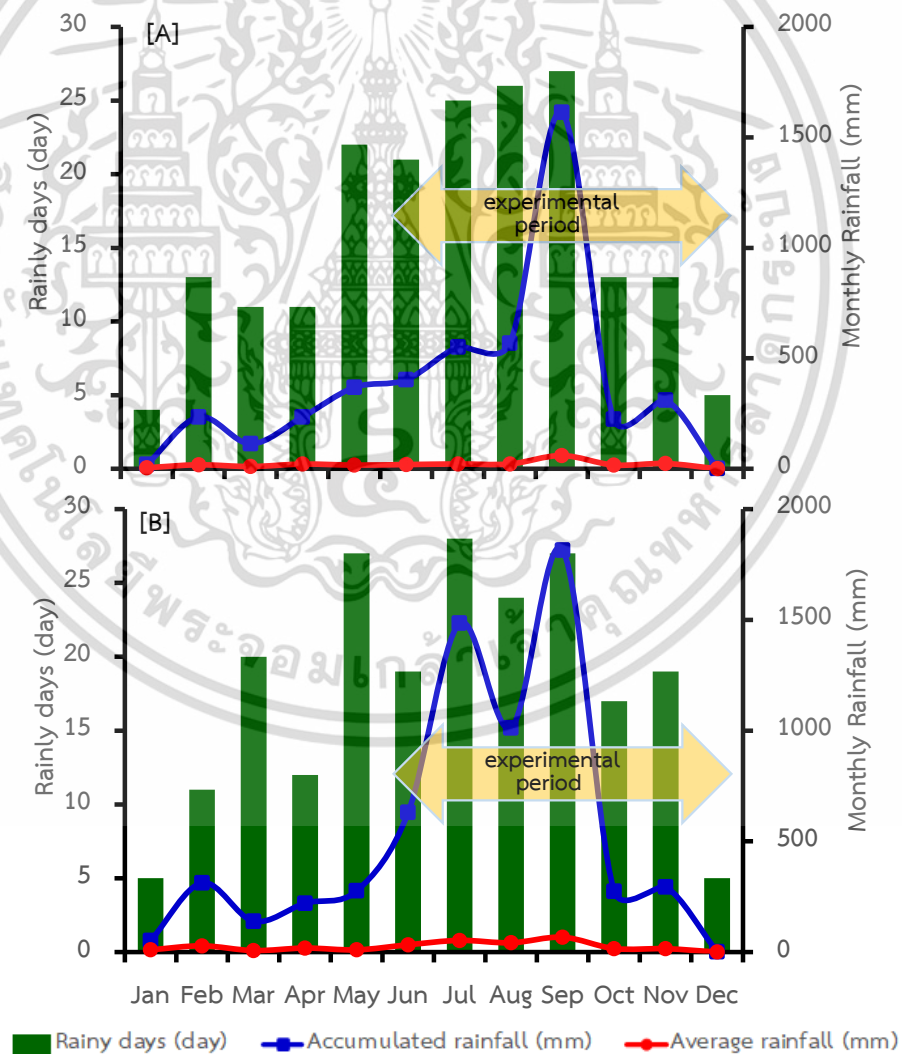


รูปที่ 4.1 จุดที่ตั้งของสวนทุเรียนทั้ง 2 สวนในภาคตะวันออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการวิจัยเท่านั้น เมื่อผู้เผยแพร่เห็นเป็นประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 สภาพภูมิอากาศของจังหวัดจันทบุรี และจังหวัดตราด

จังหวัดจันทบุรีและจังหวัดตราด มีสภาพภูมิอากาศเป็นแบบมรสุมเมืองร้อน (Tropical Monsoon Climate) เนื่องจากได้รับอิทธิพลของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทั้ง 2 จังหวัดมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 27.4°C และ 32.2°C สำหรับจังหวัดจันทบุรี 27.5°C และ 31.9°C สำหรับจังหวัดตราด ปริมาณฝนเฉลี่ยต่อปี 1,600-3,000 และ 3,000-4,000 มม./ปี สำหรับจังหวัดจันทบุรี และจังหวัดตราดตามลำดับ ในช่วงที่ทำการทดลองในสวนเกษตรกรเป็นระยะเวลา 195 วัน (6.5 เดือน) จากเดือนมิถุนายนถึงธันวาคม 2565 พบว่าจังหวัดจันทบุรีมีปริมาณฝนสะสม 3,504 มม. มีจำนวนวันที่ฝนตก 121 วัน ส่วนจังหวัดตราดมีปริมาณฝนสะสม 5,218 มม. มีจำนวนวันที่ฝนตก 125 วัน โดยทั้ง 2 จังหวัดมีปริมาณฝนสูงสุดในเดือนกันยายน ดังแสดงในรูป 4.2 [A] และ [B]



รูปที่ 4.2 ปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละเดือนในปี 2565 [A] จังหวัดจันทบุรี และ [B] จังหวัดตราด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 สมบัติของดินในสวนทุเรียนก่อนการทดลอง

สวน C เป็นดินเนื้อละเอียด (sandy clay; SC) ดินเป็นกรดปานกลาง (5.4-5.9) ในขณะที่สวน T เป็นดินเนื้อปานกลาง (sandy clay loam; SCL) มีฤทธิ์เป็นกรดจัดมาก (4.9-5.0) ดินทั้ง 2 สวนไม่มีความเค็ม แสดงว่าไม่ได้รับผลกระทบของเกลือจากการใส่ปุ๋ย อินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วงสูงถึงสูงมาก ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์พบสูงถึงสูงมากตลอดความลึก (0-50 ซม.) โพแทสเซียมพบสูงมากในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) และพบในระดับปานกลางถึงสูงในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) แคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ในช่วงต่ำถึงต่ำมากในดินทั้ง 2 สวน ในกรณีของจุลธาตุพบว่า เหล็ก แมงกานีส และทองแดงอยู่ในระดับเกินพอ สังกะสีอยู่ในระดับเหมาะสม ส่วนอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำมากทั้ง 2 สวน แต่พบในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) ที่มีฤทธิ์เป็นกรดจัดมากกว่าสวน C (ดินเนื้อละเอียด) อย่างชัดเจน และพบความเป็นกรดของดินที่แลกเปลี่ยนได้ (soil acidity) และอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Al) อยู่ในระดับต่ำและไปในทิศทางเดียวกัน ความหนาแน่นรวมของดิน (Bd) อยู่ในช่วงที่ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต่อรากพืช ตามวิธีของ USDA (1987) เนื่องจากมี Bd ต่ำกว่า 1.58 และ 1.75 กรัม/ซม.³ ในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) และสวน T (เนื้อปานกลาง) ตามลำดับ ทั้ง 2 สวนมีอัตราการซึมผ่านของน้ำ (infiltration rate) แบ่งตามวิธีของ O' Neal (1952) ค่อนข้างแตกต่างกัน โดยในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) มีอัตราการซึมผ่านของน้ำค่อนข้างเร็ว (10.0 cm/hr) ขณะที่สวน T (เนื้อปานกลาง) พบอัตราการซึมผ่านของน้ำปานกลาง (2.73 cm/hr) ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สมบัติของดินบางประการในสวนทุเรียนทั้ง 2 สวนที่ใช้ในการทดลอง

Orchard (texture)	depth (cm)	pH (1:1)	EC (1:5) ($\mu\text{S/cm}$)	OM (%)	$\text{P}^{1/}$ K Ca Mg Fe Mn Cu Zn Al									$\text{SA}^{2/}$ (cmol/kg)	$\text{Bd}^{4/}$ (g/cm^3)	$\text{IR}^{3/}$ (cm/hr)
					----- (mg/kg) ----->											
C (sandy clay)	0-5	5.93	290	3.22	190	206	814	56.8	82.5	24.3	0.95	7.2	0.73	0.25	1.64	10.0
	5-15	5.93	290	3.14	340	184	829	70.6	98.2	34.0	0.95	6.1	0.73	0.21	1.51	
	15-30	5.88	333	3.01	187	190	728	84.8	85.4	20.9	0.64	4.4	0.73	0.22	1.38	
	30-50	5.47	153	2.78	232	144	526	68.1	93.0	26.2	1.10	5.7	0.87	0.24	1.43	
T (sandy clay loam)	0-5	4.99	334	4.32	22.1	104	313	52.8	69.3	16.1	1.04	4.5	78.1	0.67	1.57	2.73
	5-15	4.90	327	3.74	21.9	83.7	317	48.5	81.3	29.6	0.86	4.5	108	0.83	1.73	
	15-30	4.87	182	3.62	22.5	65.3	207	36.1	84.6	23.8	0.69	3.0	109	0.75	1.57	
	30-50	4.86	99.6	3.64	27.3	48.3	239	33.1	93.8	8.49	0.94	4.8	98.2	0.62	1.84	

^{1/}P = available P (Bray II), ^{2/}SA = Soil acidity, ^{3/}Bd= Soil bulk density, ^{4/}IR = Soil infiltration rate

4.4 สมบัติของปูนโดโลไมท์

ปูนโดโลไมท์ที่ใช้ในการทดลองได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทเว้งกรุ๊ปโฮลดิ้ง ซึ่งมีค่าการทำให้เป็นกลาง (calcium carbonate equivalent, CCE%) 110% มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์ (CaO%) และแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO%) 31.1% และ 21.1% ตามลำดับ มี pH 9.77 มีความชื้น 0.082% และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช 98.75% ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สมบัติของปูนโดโลไมท์ที่ใช้ในการทดลอง

Lime	CCE (%)	CaO (%)	MgO (%)	pH	Moisture (%)	Passing sieve 80 (%)
Dolomite	110	31.1	21.5	9.77	0.082	98.7

วิเคราะห์โดยกรมพัฒนาที่ดิน (เลขปฏิบัติการ 6310084-6310087)

4.5 ผลการทดลองที่ 1 ผลของการเติมปูนโดโลไมท์ในดินบนต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินในชั้นดินลึกเขตรากพืช และน้ำชะดินในสวนทุเรียนภาคตะวันออกภายใต้การจำลองสภาพในไลซีมิเตอร์

หลังจากทำการชะดินเป็นเวลา 10 ครั้ง และมีการเก็บตัวอย่างดินทุกครั้ง ส่งผลให้ดินในไลซีมิเตอร์เกิดการพังทลายถึงแม้ว่าจะใช้ท่อ PVC เสียบแทนรอยเจาะของหลอดเจาะดินก็ตาม ส่งผลให้ข้อมูลการวิเคราะห์น้ำชะ (leachate) มีความแปรปรวนมากในครั้งที่ 10 ดังนั้นจึงตัดข้อมูลจากการชะดินครั้งที่ 10 เหลือข้อมูลการชะดิน 9 ครั้ง โดยมีการจัดกลุ่มการทดลองแบบ factorial in CRD 4X4X10 คือ อัตราปูนโดโลไมท์ X ความลึกของดิน X จำนวนครั้งในการชะดิน (โดยเปรียบเทียบกับดินก่อนการเติมปูน) ดังมีผลต่อไปนี้

4.5.1 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อสมบัติของดิน

1) ความเป็นกรด-ด่างของดิน (soil pH) เป้าหมายในการปรับ pH ของดิน ของเกษตรกรทั้ง 2 สวนมีความแตกต่างกันคือ สวน C (ดินเนื้อละเอียด) ต้องการปรับ pH ให้ได้ถึง 6.5 เนื่องจากเกษตรกรเชื่อว่านอกจากจะสามารถส่งเสริมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินแล้ว ยังสามารถควบคุมโรคในสวนทุเรียนได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย ส่วนสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) ต้องการปรับ pH ให้ได้ถึง 5.5 ดังนั้นอัตราการเติมปูนโดโลไมท์ เพื่อให้ได้ตามความต้องการปูน (Lime requirement, LR) จึงแตกต่างกัน จากผลการทดลองพบว่าอัตราการเติมปูนโดโลไมท์ ความลึกของดิน และจำนวนครั้งในการชะดินส่งผลให้ดินมี pH แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ทั้งในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) และสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) ส่วนปฏิสัมพันธ์ร่วมพบว่า มีเพียงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปูนและจำนวนครั้งในการชะเท่านั้นที่ส่งผลต่อ pH ของดิน (ตาราง 4.5 และ 4.6) ส่วนอัตราการเติมปูนโดโลไมท์พบว่าส่งผลให้ pH เพิ่มขึ้นตามอัตราปูนที่เพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นสูงสุดใน 1.5 LR โดยเพิ่ม 0.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวนไม้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 0.71 หน่วย pH เทียบกับ 0.0 LR สำหรับสวน C (ดินเนื้อละเอียด) และสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) ตามลำดับ ส่วนผลระดับความลึกต่อ pH ของดิน พบในทำนองเดียวกันทั้ง 2 สวนคือ pH สูงสุดในดินบน (0-5 ซม.) และลดลงตามความลึก สอดคล้องกับการศึกษาของ Belkacem and Nys (1997) ที่พบว่าหลังเติมปุ๋ยในระยะเริ่มต้นส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในชั้นดินบนมากกว่าชั้นดินล่าง ส่วนผลของจำนวนครั้งในการชะดินพบว่า ในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) พบ pH สูงสุดตั้งแต่การชะดินครั้งที่ 7 ในขณะที่สวน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบ pH สูงสุดตั้งแต่การชะดินครั้งที่ 3 แสดงว่ามีการเคลื่อนย้ายของปุ๋ยได้เร็ว ในสภาพแบบจำลองไลซิมิเตอร์ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับ pH เป้าหมาย (target pH) ของเกษตรกร ตามรูปที่ 4.3 และ 4.4 พบว่าการเติมปุ๋ยโดโลไมท์ที่อัตรา 1.0 LR ส่งผลให้มี pH เข้าใกล้ pH เป้าหมายตลอดความลึกของดิน (0-50 ซม.) ถึงแม้ในดินบน (0-5 ซม.) จะส่งผลให้ pH สูงกว่า pH เป้าหมายแต่จะลดลงใกล้เคียงกับ pH เป้าหมายในดินระดับลึกลงไป และเมื่อเติมปุ๋ยในอัตรา 1.5 LR พบว่าส่งผลให้มี pH สูงกว่า pH เป้าหมายตลอดความลึกของดิน ทั้งในสวน C (รูปที่ 4.3 [A]) และ สวน T (รูปที่ 4.3 [B]) นอกจากนี้ยังพบว่า การเติมปุ๋ยในอัตรา 0.0 LR มี pH ใกล้เคียงกับดินก่อนการทดลองตลอดความลึกของดิน ส่วนผลของจำนวนครั้งของการชะต่อ การเพิ่มระดับ pH ให้ถึง pH เป้าหมายพบว่า การชะครั้งที่ 7 และ ครั้งที่ 2 ส่งผลให้การเติมปุ๋ยโดโลไมท์ที่อัตรา 1.0 LR มี pH ถึง pH เป้าหมายสำหรับสวน C (รูปที่ 4.4 [A]) และ T (รูปที่ 4.4 [B]) ตามลำดับ

2) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ดินในสวนทุเรียนทั้ง 2 สวนมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำมาก จึงไม่มีปัญหาเกี่ยวกับความเค็ม หรือการสะสมเกลือเนื่องจากการใส่ปุ๋ยหรือปุ๋ย อย่างไรก็ตามพบว่าอัตรา การเติมปุ๋ยโดโลไมท์ ความลึกของดิน จำนวนครั้งในการชะดิน ส่งผลให้ดินมี EC แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ทั้งในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) และสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) ส่วนปฏิสัมพันธ์ร่วมของปัจจัยการทดลองพบเพียงในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) เท่านั้นที่ทำให้ EC แตกต่างกัน (ตาราง 4.5 และ 4.6) และพบว่า การเติมปุ๋ยในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้มีค่า EC สูงขึ้น รวมถึงพบว่า ในดินบนมีค่า EC สูงกว่าดินล่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่า pH ของดิน ส่วนผลจำนวนครั้งในการชะต่อ EC พบคล้ายกันในดินทั้ง 2 สวน โดยมี EC สูงสุดในการชะครั้งที่ 3 ถึงครั้งที่ 6 แต่จะมีค่าลดลงหลังจากนั้น ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่ไอออนต่างๆ ถูกชะไปกับน้ำชะดิน (leachate) (รูปที่ 4.6 [A] และ [B]) นอกจากนี้ยังพบว่า EC ของดินก่อนการทดลอง มีค่าต่ำกว่าดินในไลซิมิเตอร์อย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้อาจเกิดจากน้ำประปาที่ใช้ชะดินที่มีค่า EC สูงถึง 454 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (รูปที่ 4.5 [A] และ [B])

3) โพแทสเซียม (K) พบว่าอัตราการเติมปุ๋ยโดโลไมท์ ความลึกของดิน จำนวนครั้งในการชะดิน ส่งผลให้ดินมี K แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ทั้งในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) และสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) ส่วนปฏิสัมพันธ์ร่วมของปัจจัยการทดลองพบเพียงในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) เท่านั้นที่ทำให้ K แตกต่างกัน (ตาราง 4.5 และ 4.6) การเติมปุ๋ยโดโลไมท์ที่มี Ca และ Mg เป็นองค์ประกอบในปริมาณสูงส่งผลให้ Ca และ Mg ไปแทนที่ K ที่ถูกดูดซับตามผิวอนุภาคดินให้หลุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกและติดไปกับน้ำชะดิน ดังนั้นจึงพบ K ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เทียนชัย (2539) กล่าวว่าปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดที่จะกำหนดการถูกดึงดูดหรือถูกแทนที่คือ วาเลนซี โดยทั่วไป ไอออนที่มีวาเลนซีเท่ากับ 2 จะเข้าแทนที่ด้วยกำลังแรงมากกว่าไอออนที่มีวาเลนซีเท่ากับ 1 โดยสามารถเรียงลำดับในการเข้าไปแทนที่ได้ดังนี้ $Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+$ ดังนั้นเมื่อมีการเติมปูนโดโลไมท์ในอัตราสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอัตรา 1.5 LR ส่วนผลของระดับความลึกต่อ K พบในทำนองเดียวกัน ทั้ง 2 ส่วนคือ K จะมีการสะสมสูงสุดในดินระดับช่วงกลาง (5-30 ซม.) และลดลงในดินชั้นล่าง (50 ซม.) ส่วนผลของจำนวนครั้งในการชะพบว่ายิ่งมีการชะดินมากขึ้น พบปริมาณ K ก็ลดลงตามไปด้วย เมื่อพิจารณาปริมาณ K เปรียบเทียบกับระดับความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืชดังแสดงในรูปที่ 4.7 [A], [B] และรูปที่ 4.8 [A], [B] พบว่าในส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) มี K สูงกว่าส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง) และอยู่ในระดับที่เหมาะสมตลอดความลึกของดิน (0-50 ซม.) และทุกระยะของการชะดิน ส่วนส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบ K ต่ำกว่าระดับความเหมาะสมทั้งความลึกของดิน และระยะของการชะดิน ขึ้นกับการจัดการของเกษตรกร

4) แคลเซียม (Ca) และ แมกนีเซียม (Mg) พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ Ca และ Mg เป็นไปในลักษณะเดียวกันของทั้ง 2 ส่วน โดยพบว่าอัตราการเติมปูนโดโลไมท์ ความลึกของดิน และจำนวนครั้งในการชะดินส่งผลให้ดินมี Ca และ Mg แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ส่วนปฏิสัมพันธ์ร่วมพบว่า ทุกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัยส่งผลให้ดินมี Ca และ Mg แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) อย่างไรก็ตามไม่พบในปฏิสัมพันธ์ร่วมในความสัมพันธ์ของทั้ง 3 ปัจจัย (อัตราการเติมปูน X ความลึกของดิน X จำนวนครั้งในการชะดิน) ดังแสดงในตาราง 4.5 และ 4.6 โดยพบว่าปริมาณ Ca และ Mg ของทั้ง 2 ส่วน เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เมื่อมีการเติมปูนในอัตราที่สูงขึ้น โดยพบปริมาณ Ca เพิ่มขึ้นประมาณ 1.4-2.7 เท่า และ ปริมาณ Mg เพิ่มขึ้นประมาณ 1.4-1.8 เท่า เมื่อเทียบกับดินที่ไม่ได้เติมปูน (ตาราง 4.5 และ 4.6) นอกจากนี้ยังพบว่าทั้ง Ca และ Mg พบสูงสุดในดินบน (0-5 ซม.) และลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ในดินระดับลึกลงไป สอดคล้องกับงานทดลองของ Belkacem and Nys (1997) ที่พบว่าการเติมปูน $CaCO_3$ ส่งผลให้แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงขึ้นในช่วง 6 ซม. และลดลงในชั้นดินที่ลึกลงไป Robert et al. (2015) พบว่าโดโลไมท์ที่ไม่ละลายจะตกค้างบนดินได้นานมากกว่า 15 ปี และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินในดินลึกได้มากกว่า 20 ปี นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณ Ca และ Mg สูงสุดในการชะดินตั้งแต่ครั้งที่ 5 ถึงครั้งที่ 9 ของทั้ง 2 ส่วน

เมื่อพิจารณาปริมาณ Ca เปรียบเทียบกับระดับความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช (1000-2000 mg/kg) พบว่าการเติมปูนโดโลไมท์ (0.5 – 1.5 LR) ส่งผลดินในส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) มีปริมาณ Ca อยู่ในช่วงความเหมาะสมตลอดความลึกของชั้นดิน (รูปที่ 4.9 [A]) และพบการเพิ่มปริมาณ Ca อยู่ในช่วงความเหมาะสมตั้งแต่การชะครั้งแรก (รูปที่ 4.10 [A]) ส่วนในส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบการเพิ่มขึ้นของปริมาณ Ca จากการเติมปูนเช่นเดียวกันแต่ไม่ถึงระดับช่วงความ

เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (รูปที่ 4.9 [B]) และการชะดินก็ไม่ส่งผลให้ปริมาณ Ca เพิ่มขึ้นถึงระดับช่วงความเหมาะสมเช่นเดียวกัน (รูปที่ 4.10 [B]) กรณีของปริมาณ Mg เปรียบเทียบกับระดับความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช (120-240 mg/kg) พบว่าการเติมปุ๋ยโดโลไมท์ (0.5 – 1.5 LR) ส่งผลดินทั้ง 2 สวนมีปริมาณ Mg เพิ่มขึ้นถึงระดับความเหมาะสมได้ตลอดความลึกของดิน ยกเว้นในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) ที่การเติมปุ๋ยที่อัตรา 0.5 LR มีปริมาณ Mg ลดลงในชั้นดินลึก (รูปที่ 4.11 [A] และ [B]) ส่วนผลของชะต่อปริมาณ Mg พบว่าในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) สามารถเพิ่มถึงระดับความเหมาะสมตั้งแต่การชะครั้งที่ 2 (รูปที่ 4.12 [A]) ส่วนในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบปริมาณ Mg เพิ่มขึ้นถึงระดับความเหมาะสมตั้งแต่การชะครั้งที่ 3 แต่พบในการเติมปุ๋ยที่อัตรา 1.0-1.5 LR เท่านั้น (รูปที่ 4.12 [B])

5) เปรียบเทียบผลของการเติมโดโลไมท์ต่อสมบัติดินบางประการระหว่างก่อนและ

หลังการทดลอง

5.1) อินทรีย์วัตถุ (OM) พบว่าดินทั้ง 2 สวนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการทดลอง โดยพบในเกือบทุกอัตราการเติมปุ๋ยและทุกความลึกของดิน (ตารางที่ 4.7-4.8) ทั้งนี้อาจเกิดจากการชะดินติดต่อกันถึง 9 ครั้ง ส่งผลให้อนุภาคขนาดเล็กของอินทรีย์วัตถุ (OM) ถูกชะไปกับน้ำชะด้วย

5.2) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) พบว่าดินทั้ง 2 สวนมี P ไม่แตกต่างกันระหว่างดินก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ยกเว้นในบางอัตราการเติมปุ๋ย และบางความลึกของดิน (ตารางที่ 4.7-4.8) ทั้งนี้เพราะว่าสารประกอบฟอสเฟตส่วนใหญ่ละลายได้น้อยมาก ดังนั้นการชะละลายเอา P ลงไปสู่ดินล่างในช่วงเวลาสั้นๆ เกิดขึ้นน้อยมาก แต่ถ้าระยะเวลาสั้นบ่อยปี อาจมีการสูญเสีย P ไปจากดินจำนวนมาก (คณาจารย์ปฐพีวิทยา, 2548)

5.3) จุลธาตุ (Fe Mn Cu Zn) ในดินทั้ง 2 สวนมี Fe และ Mn ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการทดลอง โดยพบในทุกอัตราการเติมปุ๋ย และทุกความลึกของดิน (ตารางที่ 4.7-4.8) ส่วน Cu และ Zn พบว่าในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างก่อนและหลังการทดลอง แต่ในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบบางอัตราการเติมปุ๋ย และบางระดับความลึกของดินที่มีปริมาณ Cu ลดลง กรณีของ Zn แทบจะไม่แตกต่างกัน คณาจารย์ปฐพีวิทยา (2548) กล่าวว่า Fe และ Cu เป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้น้อยมากในดิน ส่วน Mn และ Zn เคลื่อนย้ายได้ปานกลาง อย่างไรก็ตามการละลายได้ของจุลธาตุในดินยังขึ้นกับ pH OM และแร่ดินเหนียว ส่งผลให้มีจุลธาตุบางธาตุ เช่น Fe และ Mn ละลายออกมาและถูกชะไปกับน้ำชะดิน

5.4) อะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ (Al) โดยปกติแล้วถ้าในดินมีอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่า 1 cmol/kg หรือประมาณ 270 mg/kg จะส่งผลต่อความเป็นกรดของดิน และส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งทั้ง 2 สวนมี Al ไม่เกินระดับที่ส่งผลต่อพืช โดยในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) ที่มีฤทธิ์เป็นกรดจัดมาก พบปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ (Al) สูงกว่าสวน C (ดินเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละเอียด) ประมาณ 150 เท่า (ตารางที่ 4.7-4.8) และไม่พบความแตกต่างระหว่างดินก่อนการทดลอง และหลังการทดลองในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) ส่วนในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบว่าหลังจากเติม ปูนแล้วส่งผลให้มี Al ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเติมปูนที่อัตรา 1.5 LR และพบความแตกต่างเฉพาะที่ระดับความลึก 0-5 ซม. เท่านั้น (ตารางที่ 4.8) คณาจารย์ปฐพีวิทยา (2548) กล่าวว่า การเพิ่มขึ้นของ pH ส่งผลให้ Al ละลายได้น้อยลง

5.5) กรดที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน (exchangeable acidity) เป็นการวัด ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่จับอยู่ผิวของอนุภาคดิน ที่สามารถแลกเปลี่ยนกับไอออนประจุบวกอื่นๆ เช่น Ca^{2+} Mg^{2+} และ K^+ เป็นต้น โดยปกติถ้าในดินมีกรดที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่า 1 cmol/kg จะเกิดปัญหา ความเป็นกรดที่รุนแรงที่อาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ จากผลการทดลองพบว่าดินทั้ง 2 สวน มีกรดที่แลกเปลี่ยนได้น้อยกว่า 1 cmol/kg ถึงแม้ในดินสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) จะมีค่าเข้าใกล้ 1 cmol/kg และสูงกว่าสวน C (ดินเนื้อละเอียด) ประมาณ 2-4 เท่า (ตารางที่ 4.7-4.8) แต่อยู่ในระดับที่ไม่มีผลกระทบต่อพืชเลย พบแนวโน้มกรดที่แลกเปลี่ยนได้คล้ายกับอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ และไม่พบความแตกต่างระหว่างดินก่อนการทดลองและหลังการทดลองในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) ส่วนใน สวน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบว่าการเติมปูนในอัตรา 0.5-1.5 LR ส่งผลให้มีกรดที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$, $p < 0.05$) และพบในทุกระดับชั้นดิน ซึ่งอาจเกิดจากการที่ Ca^{2+} Mg^{2+} จากปูนไปแทนที่ H^+ (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.5 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินในสวน C (ดินเนื้อละเอียด)

Factors of experiment	Soil properties	pH	EC	K	Ca	Mg
	Unit	(1:1)	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	<----- (mg/kg) ----->		
Rate of dolomite	0.0 LR	5.73 D ^{4/}	158 C	156 A	845 D	114 C
	0.5 LR	6.09 C	171 B	125 B	1,220 C	169 B
	1.0 LR	6.24 B	184 A	150 A	1,311 B	186 A
	1.5 LR	6.37 A	181 A	74.2 C	1,428 A	182 AB
Depth (cm)	0-5	6.25 A	227 A	122 B	1,639 A	228 A
	5-15	6.18 B	171 B	136 A	1,226 B	174 B
	15-30	6.06 C	150 C	133 A	1,043 C	135 C
	30-50	5.94 D	145 C	113 B	895 D	113 D
Time of leaching	0	5.63 F	149 C	160 A	734 E	68.2 G
	1	5.93 E	157 BC	145 AB	1,036 D	111 F
	2	6.03 D	169. B	124 CDE	1,148 CD	151 E
	3	6.16 BC	192 A	112 DE	1,176 BC	155 DE
	4	6.15 C	195 A	133 BC	1,154 C	172 CD
	5	6.14 C	193 A	130 BCD	1,250 BC	188 ABC
	6	6.14 C	188 A	115 CDE	1,268 B	183 BC
	7	6.26 AB	170 B	113 DE	1,393 A	205 A
	8	6.35 A	161 BC	106 E	1,395 A	197 AB
	9	6.31 A	158 BC	121 CDE	1,457 A	197 AB
F-test	Rate of dolomite (A)	**1/	**	**	**	**
	Depth (B)	**	**	**	**	**
	Time of leaching (C)	**	**	**	**	**
	A x B	ns ^{3/}	**	**	**	**
	A x C	**	**	ns	**	**
	B x C	ns	*2/	ns	**	**
	A x B x C	ns	ns	ns	ns	ns
	CV (%)	4.1	21.5	37.1	23.3	30.2

**1/and *2/significant differences at $p < 0.01$ and < 0.05 , ^{3/}ns = non-significant

differences, ^{4/}means followed by same letter are not significantly differently by LSD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

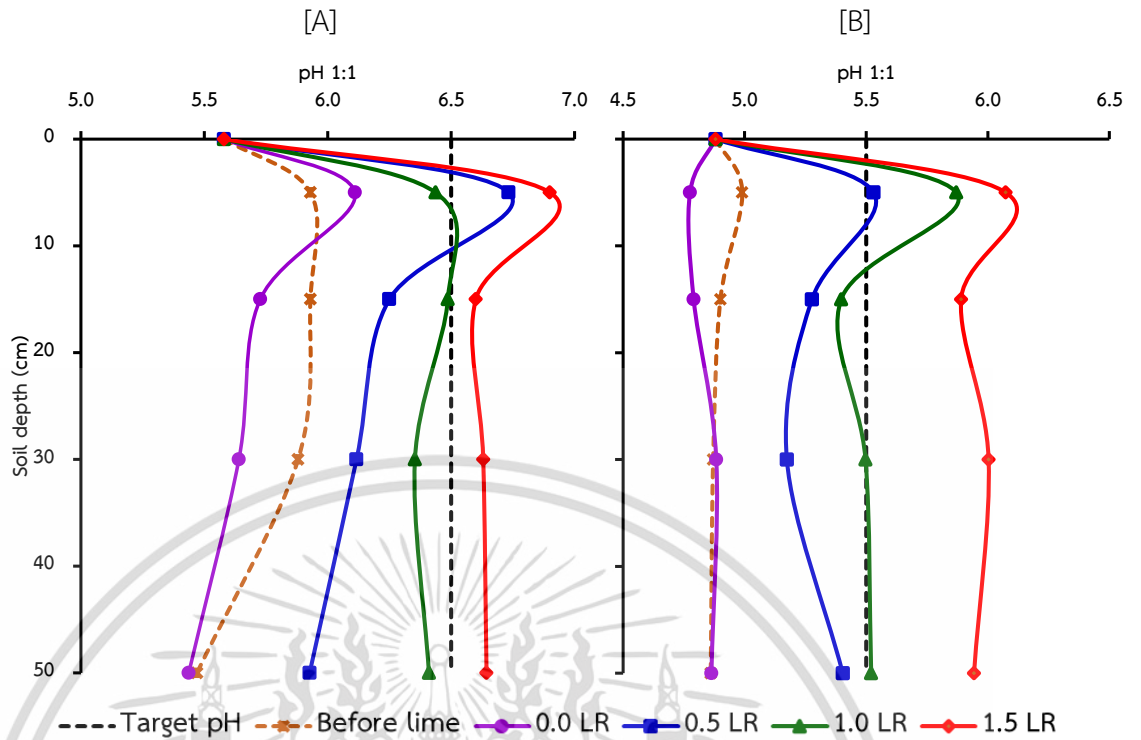
ตารางที่ 4.6 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง)

Factors of experiment	Soil properties Unit	pH	EC	K	Ca	Mg
		(1:1)	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	<----- (mg/kg) ----->		
Rate of dolomite	0.0 LR	5.05 D ^{3/}	125 D	70.3 A	276 D	74.1 C
	0.5 LR	5.34 C	140 C	50.4 B	416 C	105 B
	1.0 LR	5.49 B	161 B	41.0 C	602 B	138 A
	1.5 LR	5.76 A	179 A	35.8 C	756 A	137 A
Depth (cm)	0-5	5.55 A	204 A	45.5 BC	827 A	183 A
	5-15	5.42 B	149 B	63.3 A	595 B	112 B
	15-30	5.31 C	123 C	49.6 B	311 C	87.2 C
	30-50	5.35 BC	128 C	39.1 C	317 C	72.2 D
Time of leaching	0	4.77 D	133 D	63.0 A	164 E	42.6 E
	1	5.20 C	136 D	62.4 A	336 D	56.4 E
	2	5.42 B	149 CD	56.6 AB	503 C	110 D
	3	5.45 AB	169 AB	48.9 BC	547 BC	120 CD
	4	5.51 AB	174 A	62.9 A	558 BC	145 AB
	5	5.57 A	169 AB	57.7 AB	607 AB	132 ABCD
	6	5.56 AB	155 BC	37.8 CD	609 AB	124 BCD
	7	5.54 AB	149 CD	34.7 D	656 A	147 A
	8	5.58 A	142 CD	34.8 D	591 AB	125 ABCD
	9	5.50 AB	135 D	34.9 D	555 BC	133 ABC
F-test	Rate of dolomite (A)	**	**	**	**	**
	Depth (B)	**	**	**	**	**
	Time of leaching (C)	**	**	**	**	**
	A x B	ns	ns	ns	**	**
	A x C	ns	ns	ns	**	**
	B x C	ns	ns	ns	**	**
	A x B x C	ns	ns	ns	**	ns
	CV (%)	6.45	29.5	64.1	34.7	47.8

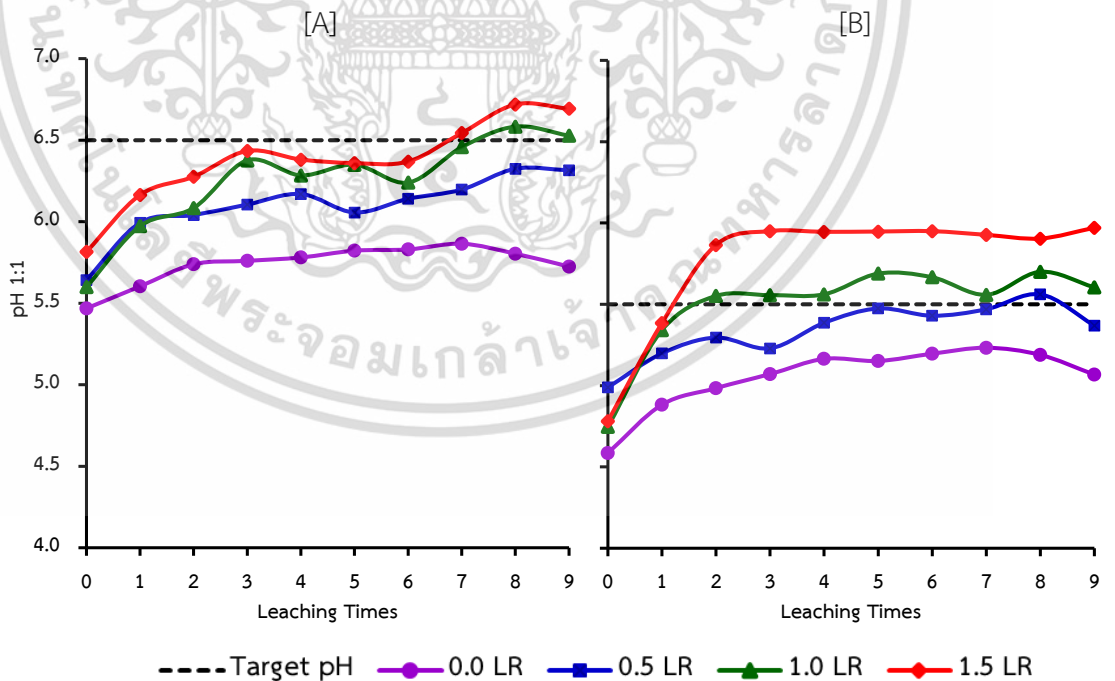
**1/and *2/significant differences at $p < 0.01$ and < 0.05 , ^{3/}ns = non-significant

differences, ^{4/}means followed by same letter are not significantly differently by LSD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

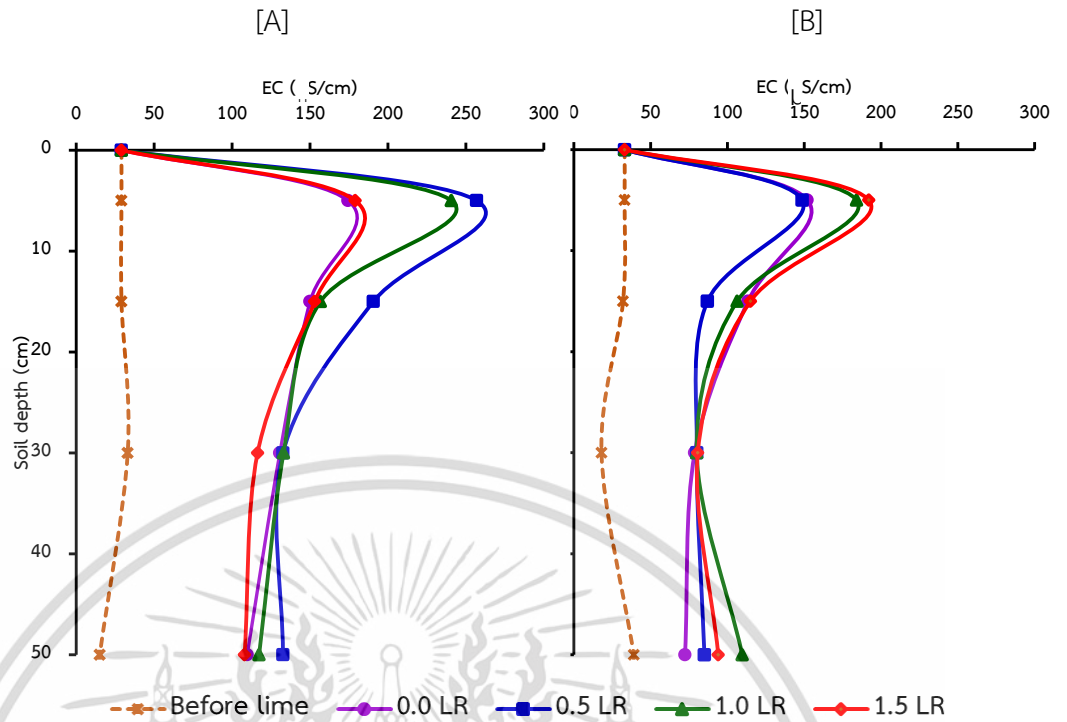


รูปที่ 4.3 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของดินตามระดับความลึก [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

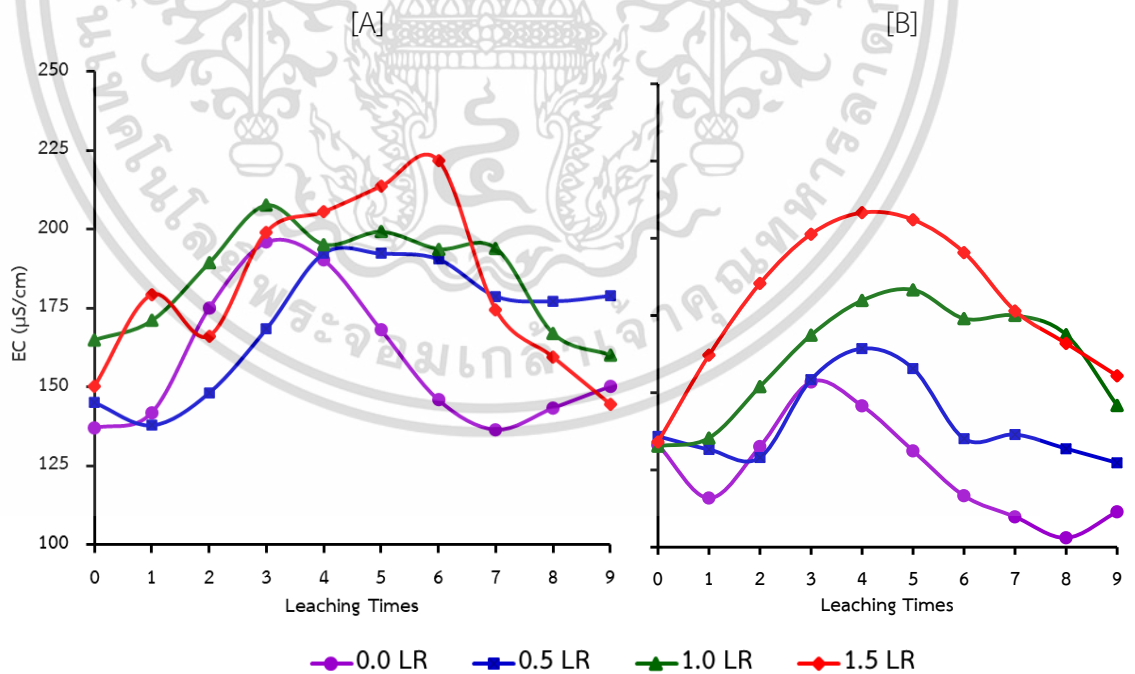


รูปที่ 4.4 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของดินตามจำนวนครั้งในการชะดิน [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

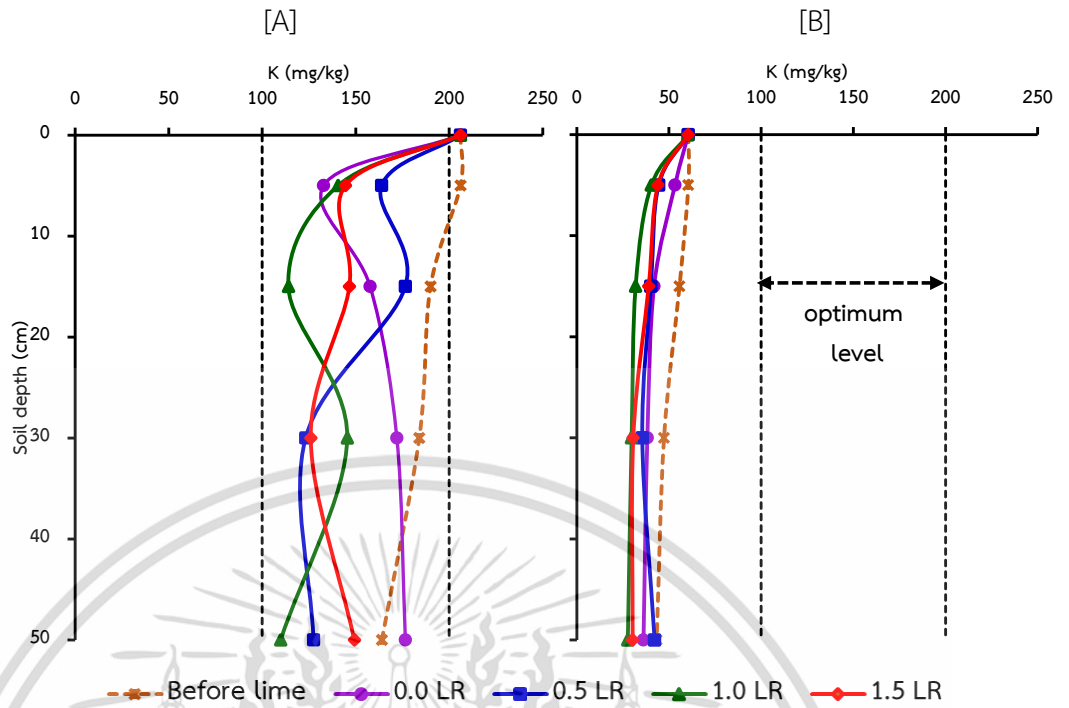


รูปที่ 4.5 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ตามระดับความลึก [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

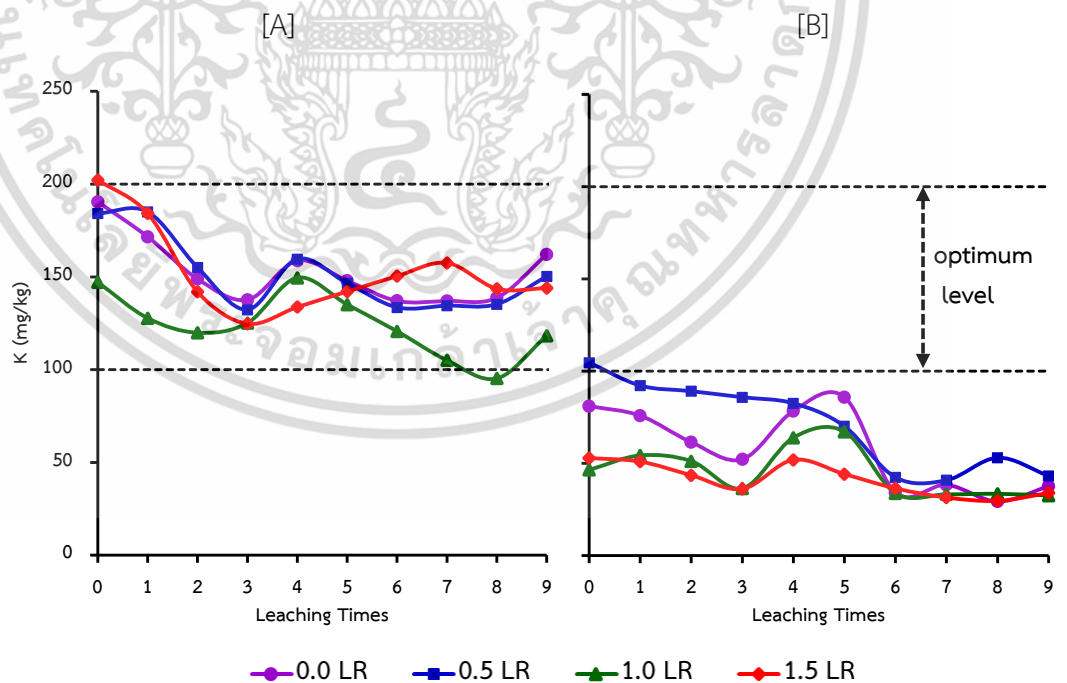


รูปที่ 4.6 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ตามระดับความลึก [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

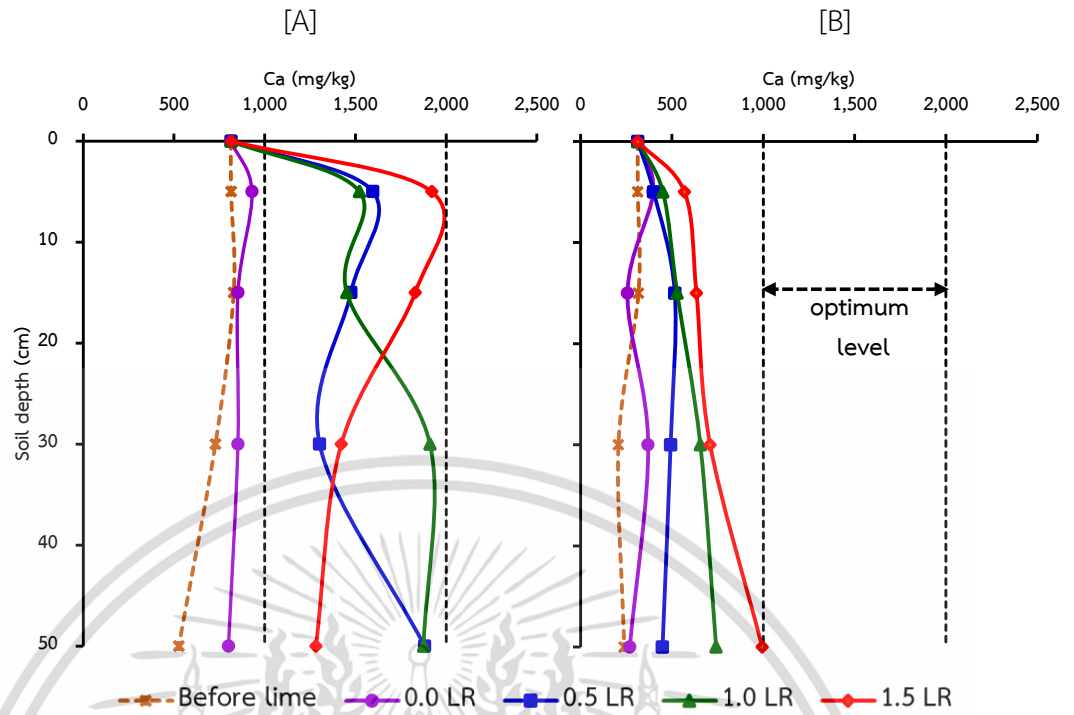


รูปที่ 4.7 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงโพแทสเซียมที่สกัดได้ตามระดับความลึก [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

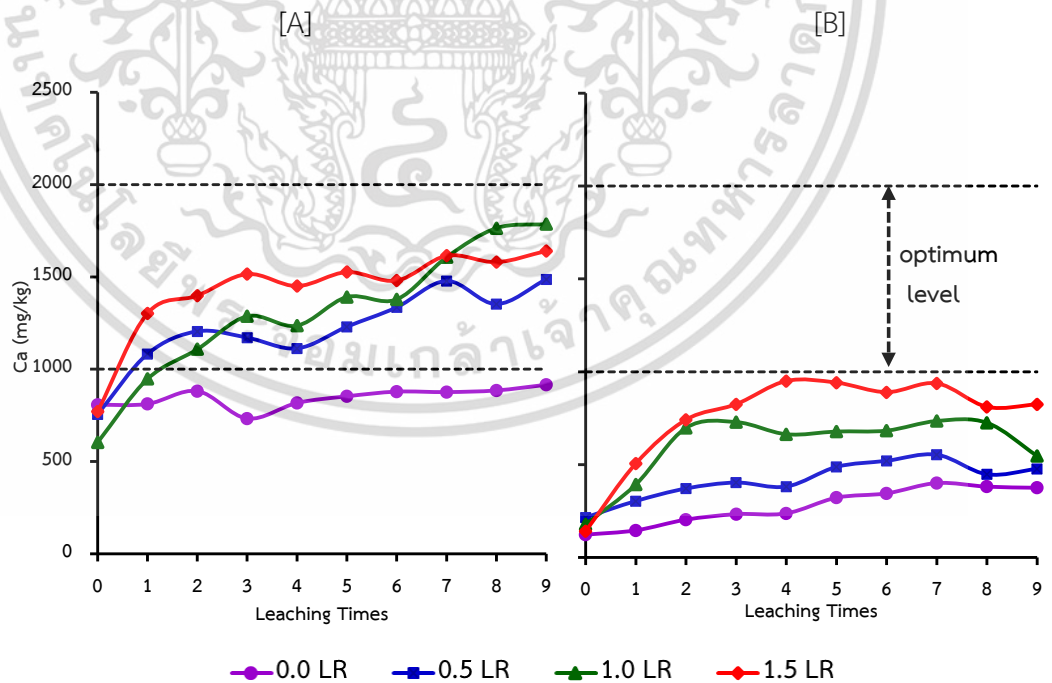


รูปที่ 4.8 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงโพแทสเซียมที่สกัดได้ตามจำนวนครั้งในการชะดิน [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

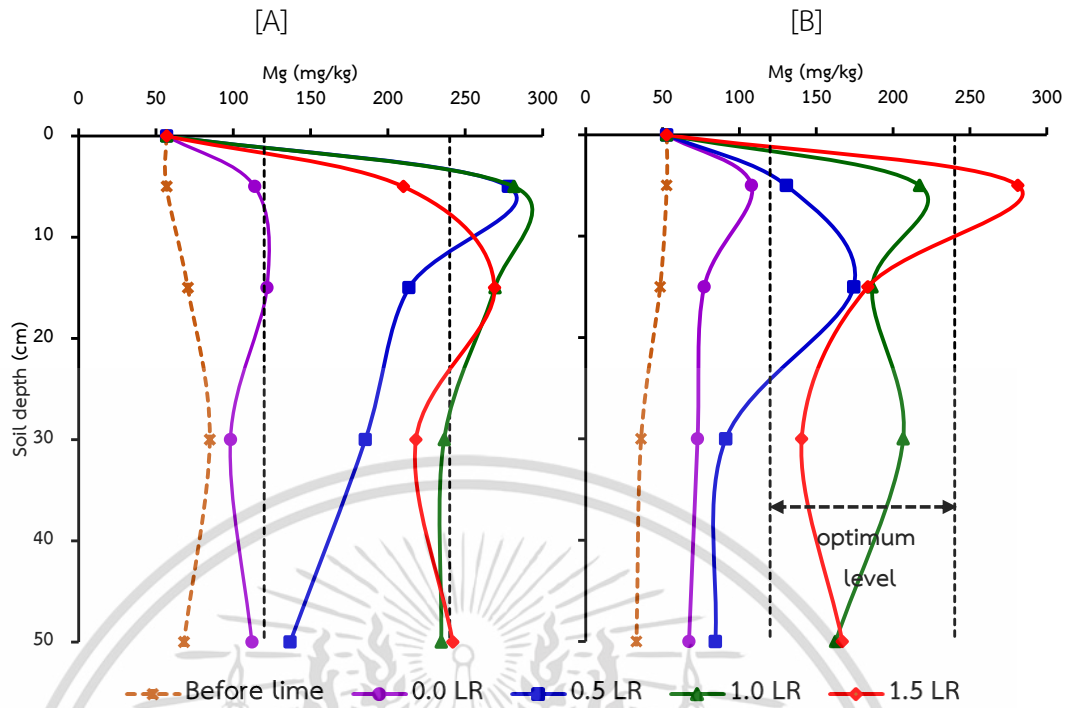


รูปที่ 4.9 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแคลเซียมตามระดับความลึก [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

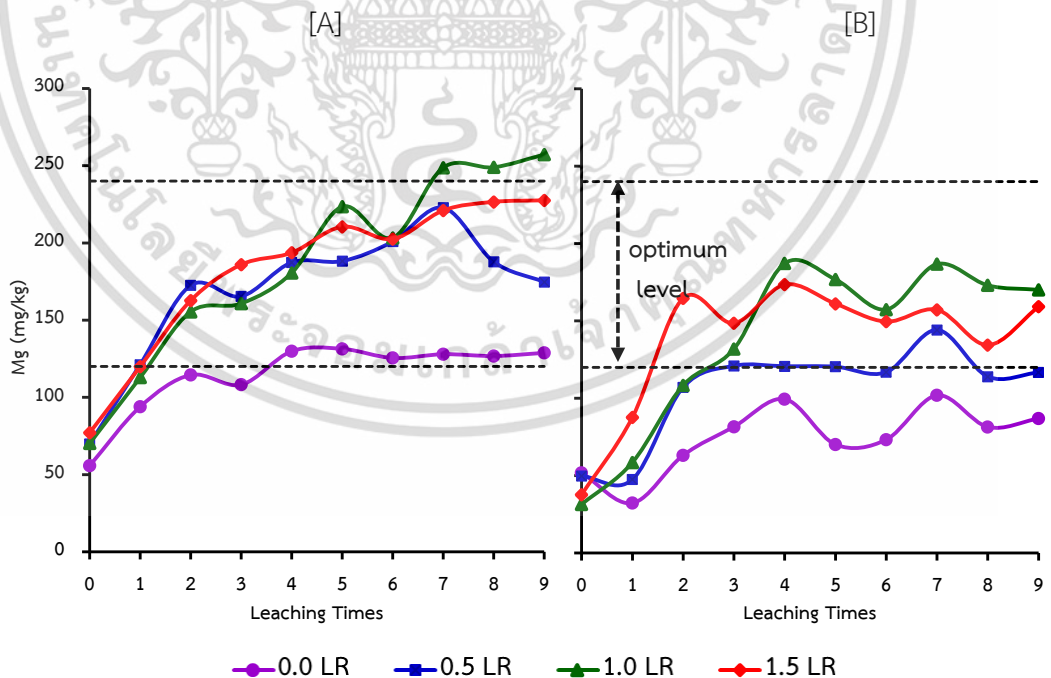


รูปที่ 4.10 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแคลเซียมตามจำนวนครั้งในการชะดิน [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแมกนีเซียมตามระดับความลึก
[A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)



รูปที่ 4.12 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแมกนีเซียมตามจำนวนครั้งในการชะดิน
[A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบสมบัติของดินบางประการระหว่างก่อนและหลังการชะดิน ตามอัตราการเติมปูน และตามระดับความลึกของดินในสวน C (ดินเนื้อละเอียด)

Soil properties	Para-meters	Rate of dolomite (LR)				Soil depth (cm)			
		0.0	0.5	1.0	1.5	0-5	5-15	15-30	30-50
OM (%)	Before ^{5/}	2.96 A ^{4/}	2.93 A	3.27	2.96 A	3.22 A	3.13 A	3.00 A	2.77 A
	After ^{6/}	2.74 B	2.56 B	2.84	2.56 B	2.83 B	2.77 B	2.66 B	2.49 B
	t-test	* ^{1/}	** ^{2/}	ns	**	*	*	**	*
	CV (%)	8.99	9.78	17.3	8.32	12.1	11.2	11.1	12.2
P (mg/kg)	Before	289	265	203	192	109	340 A	186	232
	After	194	164	97.9	158	157	156 B	193	108
	t-test	ns ^{3/}	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
	CV (%)	101	93.7	119	57.9	72.6	51.0	140	111
Fe (mg/kg)	Before	86.6 A	93.2 A	66.9 A	112 A	82.4 A	98.2 A	85.3 A	92.9 A
	After	49.1 B	45.5 B	48.3 B	43.3 B	40.8 B	48.7 B	46.7 B	50.0 B
	F-test	**	**	*	**	**	*	*	**
	CV (%)	31.4	49.8	32.0	71.5	39.6	58.8	64.4	50.6
Mn (mg/kg)	Before	26.3 A	29.6 A	17.2 A	27.9 A	25.7 A	28.3 A	23.4 A	23.4 A
	After	8.90 B	10.7 B	7.66 B	7.04 B	7.54 B	9.63 B	8.89 B	8.34 B
	t-test	**	**	**	**	**	*	**	**
	CV (%)	5.33	71.0	48.0	77.1	75.2	65.0	60.6	77.0
Cu (mg/kg)	Before	0.949	0.996	0.645	1.04	0.945	0.946	0.643	1.09
	After	0.582	0.628	0.651	0.567	0.606	0.654	0.545	0.622
	t-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	CV (%)	83.4	74.6	37.1	71.0	76.5	70.0	42.6	75.5
Zn (mg/kg)	Before	5.09	7.60	4.70	6.02	7.17	6.13	4.39	5.72
	After	4.34	5.00	4.80	3.65	4.81	4.71	4.11	4.15
	t-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	CV (%)	88.1	78.5	64.9	80.2	81.2	72.1	72.4	87.7
Al (mg/kg)	Before	0.765	1.15	1.22	1.22	0.904	8.829	0.871	1.77
	After	1.04	0.553	0.743	2.07	0.660	0.571	0.901	2.28
	t-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	CV (%)	93.6	108	77.3	150	60.5	62.5	90.4	127
Exchangeable acidity (cmol/kg)	Before	0.384 A	0.221	0.171	0.114	0.237	0.196	0.221	0.237
	After	0.098 B	0.106	0.090	0.114	0.098	0.081	0.122	0.106
	t-test	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	CV (%)	110	106	107	66.7	106	145	123	100

**^{1/} and *^{2/} significant differences at $p < 0.01$ and < 0.05 , ^{3/}ns = non-significant

differences, ^{4/} means followed by same letter in each column are not significantly

differently by pair sample t-test, ^{4/}Before = Before leaching, ^{5/} After = After

leaching

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบสมบัติของดินบางประการระหว่างก่อนและหลังการชะดินตามอัตราการเติมปุ๋ย และตามระดับความลึกของดินในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง)

Soil properties	Parameters	Rate of dolomite (LR)				Soil depth (cm)			
		0.0	0.5	1.0	1.5	0-5	5-15	15-30	30-50
OM (%)	Before ^{5/}	3.72 A ^{4/}	3.67 A	3.98 A	3.93 A	4.32 A	3.73 A	3.62 A	3.63 A
	After ^{6/}	3.08 B	3.21 B	3.47 B	3.46 B	3.69 B	3.34 B	3.16 B	3.04 B
	t-test	* ^{1/}	*	** ^{2/}	**	*	*	**	**
	CV (%)	20.0	12.1	8.74	10.4	14.0	10.8	8.25	11.3
P (mg/kg)	Before	18.4	11.1	45.3	18.8 A	22.0	21.9	22.5	27.2
	After	15.3	4.10	6.87	5.39 B	13.2	8.49	4.94	5.06
	t-test	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns
	CV (%)	90.8	120	174	62.9	73.8	209	202	182
Fe (mg/kg)	Before	67.6	101 A	81.4 A	78.0 A	69.2 A	81.3 A	84.5 A	93.7 A
	After	42.5	44.0 B	42.7 B	48.1 B	43.3 B	39.1 B	51.5 B	43.4 B
	t-test	ns	**	*	*	*	**	*	*
	CV (%)	60.4	62.2	55.8	46.8	42.0	56.2	50.7	72.5
Mn (mg/kg)	Before	19.4 A	23.4 A	16.7 A	20.7 A	18.0 A	20.7 A	20.4 A	21.1 A
	After	6.47 B	5.77 B	6.40 B	7.41 B	6.78 B	5.38 B	7.29 B	6.59 B
	t-test	*	**	**	**	*	**	**	**
	CV (%)	105	82.1	60.9	59.2	79.3	92.4	69.7	80.6
Cu (mg/kg)	Before	0.819	0.976 A	1.00	0.730	1.04 A	0.859	0.687	0.937 A
	After	0.608	0.570 B	0.453	0.560	0.582 B	0.610	0.614	0.387 B
	t-test	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	**
	CV (%)	57.4	61.1	98.1	59.0	56.9	94.9	44.7	65.1
Zn (mg/kg)	Before	3.82	5.52	3.63	3.73	4.47 A	4.46	2.96	4.82
	After	2.95	3.61	2.27	2.24	3.10 B	2.38	2.80	2.79
	t-test	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
	CV (%)	118	98.3	106	96.1	105	118	99.5	100
Al (mg/kg)	Before	98.7	125 A	75.4	88.8 A	96.6 A	100	99.2	96.3
	After	135	62.1 B	60.1	16.5 B	37.9 B	89.3	72.2	74.4
	t-test	ns	*	ns	**	*	ns	ns	ns
	CV (%)	66.0	72.3	95.0	33.5	82.0	79.8	86.9	80.5
Exchangeable acidity (cmol/kg)	Before	0.548	0.671 A	0.794 A	0.859 A	0.671 A	0.826 A	0.753 A	0.622 A
	After	0.671	0.286 B	0.155 B	0.114 B	0.245 B	0.360 B	0.335 B	0.286 B
	t-test	ns	**	**	**	**	**	*	**
	CV (%)	63.1	40.6	34.6	35.9	57.9	59.8	54.0	62.1

**^{1/} and **^{2/} significant differences at $p < 0.01$ and < 0.05 , ^{3/}ns = non-significant

differences, ^{4/} means followed by same letter in each column are not significantly

differently by pair sample t-test, ^{4/}Before = Before leaching, ^{5/} After = After leaching

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อสมบัติของน้ำชะดิน (leachate)

1) **ความเป็นกรด-ด่าง (pH)** อัตราการเติมโดโลไมท์และจำนวนครั้งในการชะดิน ส่งผลให้น้ำชะดินมี pH แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ทั้งในส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง) แต่ปัจจัยร่วมของทั้ง 2 ปัจจัยไม่ส่งผลต่อ pH ของน้ำชะดิน (ตารางที่ 4.9-4.10) และพบว่า pH ของน้ำชะดินจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น ส่วนผลของจำนวนครั้งในการชะต่อ pH พบแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันของทั้ง 2 ส่วน โดยส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) พบ pH สูงที่สุด (6.76) ในการชะดินครั้งที่ 1 และมี pH ของน้ำชะดินลดลงจนถึงครั้งที่ 9 ส่วนส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบ pH สูงที่สุด (6.25) ในการชะดินครั้งที่ 1 เช่นเดียวกับส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และมีแนวโน้มลดลงในการชะครั้งต่อไป แต่ในช่วงค่าค่อนข้างแปรปรวน จากการทดลองแสดงว่าในสภาพไลซิมิเตอร์วัสดุปุ๋ยมีการเคลื่อนย้ายลงไปยังข้างล่างอย่างรวดเร็วในช่วงแรก ซึ่งอาจเกิดจากปุ๋ยยังไม่มีในการทำปฏิกิริยา หรือยังไม่ได้เข้าไปดูดซับตามผิวของอนุภาคดินส่งผลให้ถูกชะได้ง่าย หลังจากปุ๋ยเข้าทำปฏิกิริยาในดินสมดุลมากขึ้นปุ๋ยจะถูกชะได้ลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างดินทั้ง 2 ส่วนพบว่า pH ของน้ำชะดินส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) สูงกว่าส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง) อย่างชัดเจน (รูปที่ 4.13 [A] และ [B]) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีการเติมปุ๋ยในอัตราที่สูงกว่าตามเป้าหมายของเกษตรกร โดยในส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) พบว่าการเติมปุ๋ยในอัตรา 1.0 และ 1.5 LR มี pH เปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกันและสูงกว่าการเติมปุ๋ยในอัตรา 0.0 และ 0.5 LR ตั้งแต่การชะดินครั้งที่ 3 (รูปที่ 4.13 [A]) ส่วนในส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบว่าการเติมปุ๋ยในแต่ละอัตราส่งผลให้มี pH แตกต่างกันอย่างชัดเจนตลอดระยะเวลาการชะ 9 ครั้ง (รูปที่ 4.13 [B])

2) **ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำชะดิน (EC)** อัตราการเติมโดโลไมท์และจำนวนครั้งในการชะดิน ส่งผลให้น้ำชะดินมี EC แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ในดินทั้ง 2 ส่วน แต่ปัจจัยร่วมของทั้ง 2 ปัจจัยไม่ส่งผลต่อ EC ของน้ำชะดิน (ตารางที่ 4.9-4.10) โดยพบ EC ของน้ำชะดินเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น แสดงว่าการเติมปุ๋ยในอัตราสูงอาจส่งผลให้อิออนของต่างๆ รวมถึงวัสดุปุ๋ยถูกชะไปกับน้ำชะได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนการชะมากขึ้น ส่งผลให้น้ำชะมี EC สูงขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าตามผิวอนุภาคดินที่มีประจุลบจับกับไอออนประจุบวกจนเข้าสู่สภาพสมดุล ทำให้ไอออนประจุบวกที่เกินสมดุล (Ca^{2+} และ Mg^{2+}) ถูกชะได้มากขึ้นเมื่อเพิ่มการชะดินมากขึ้น และอีกเหตุผลหนึ่งอาจเกิดจากการบรรจุดินในไลซิมิเตอร์มีความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้การเก็บตัวอย่างดินแต่ละครั้งทำให้เกิดช่องว่างที่น้ำชะผ่านได้ถึงแม้จะใส่ท่อ PVC เข้าไปแทนที่หลอดเจาะดินแล้วก็ตาม อย่างไรก็ตาม ในสภาพดินในส่วนทุเรียนการชะละลายเกลือน่าจะเกิดขึ้นน้อยกว่าในไลซิมิเตอร์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างดินทั้ง 2 ส่วนพบว่า EC ของน้ำชะดินส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) สูงกว่าส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง) อย่างชัดเจน (รูปที่ 4.14 [A] และ [B]) เช่นเดียวกับที่พบใน pH ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่ามีการเติมปุ๋ยในอัตราที่สูงกว่าตามเป้าหมายของเกษตรกร อย่างไรก็ตามยังถือว่าอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม (ค่าน้อยกว่า 2000 $\mu S/cm$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) **โพแทสเซียม (K)** อัตราการเติมโดโลไมท์และจำนวนครั้งในการชะดิน ส่งผลต่อปริมาณ K ในน้ำชะดินแตกต่างกันระหว่าง 2 สวน โดยในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) พบว่าอัตราการเติมโดโลไมท์ไม่ส่งผลต่อปริมาณ K แต่จำนวนครั้งในการชะดินกลับส่งผลต่อปริมาณ K โดยพบ K สูงสุดตั้งแต่การชะครั้งที่ 4 เป็นต้นไป ตรงข้ามกับสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) ที่พบว่าการเพิ่มอัตราโดโลไมท์ส่งผลต่อปริมาณ K เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยพบว่าการเติมปุ๋ยในอัตรา 1.5 LR สูงกว่าการไม่เติมปุ๋ย (0.0 LR) ประมาณ 4 เท่า อย่างไรก็ตามจำนวนครั้งในการชะดินกลับไม่ส่งผลต่อปริมาณ K ให้แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.9-4.10) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างดินทั้ง 2 สวนพบว่า K ของน้ำชะดินสวน C (ดินเนื้อละเอียด) สูงกว่าสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) อย่างชัดเจน (รูปที่ 4.15 [A] และ [B]) ทั้งนี้เพราะในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) มี K ที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) ในกรณีของสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) (รูปที่ 4.15 [B]) พบว่าการเติมปุ๋ยในอัตราที่เกินค่าความต้องการปุ๋ย (Lime requirement) (1.5 LR) ส่งผลให้มีการไล่ที่ K ออกจากอนุภาคดินในปริมาณสูง ทั้งนี้เพราะในดินเนื้อปานกลาง หรือดินเนื้อหยาบมีค่า CEC ต่ำ อนุภาคดินมีประลบน้อย จึงสามารถจับกับกับประจุบวกได้น้อย

4) **แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg)** อัตราการเติมโดโลไมท์และจำนวนครั้งในการชะดิน ส่งผลให้น้ำชะดินมี Ca และ Mg แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ในดินทั้ง 2 สวน แต่ปัจจัยร่วมของทั้ง 2 ปัจจัยไม่ส่งผลต่อ Ca และ Mg ในน้ำชะดิน (ตารางที่ 4.9-4.10) การเติมโดโลไมท์ในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้มี Ca และ Mg ติดไปกับน้ำชะดินสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบการเพิ่มขึ้นประมาณ 23 และ 46% สำหรับ Ca และ Mg ในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) ตามลำดับ ส่วนในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบการเพิ่มขึ้นประมาณ 80 และ 90% สำหรับ Ca และ Mg ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Syed-Omer et al. (1991) พบว่าการเติมปุ๋ยโดโลไมท์ ส่งผลให้มี Ca และ Mg ในน้ำชะดินสูงกว่าการไม่เติมปุ๋ย 10% และ 110% ตามลำดับ ส่วนผลของจำนวนครั้งในการชะพบว่า ยิ่งเพิ่มจำนวนครั้งมากขึ้นปริมาณ Ca และ Mg ที่ติดไปกับน้ำชะดินก็จะมากขึ้น มีโอกาสสะสม Ca และ Mg ในเขตรากของพืชในชั้นดินลึก หรือไม่ก็อาจถูกชะละลายเลยเขตรากของพืชได้ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างดินทั้ง 2 สวนพบว่า Ca และ Mg ในน้ำชะดินสวน C (ดินเนื้อละเอียด) สูงกว่าสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) อย่างชัดเจน เช่นเดียวกับที่พบใน K (รูปที่ 4.15 [C] [D] [E] และ [F])

ตารางที่ 4.9 ผลของการเติมโดโลไมท์และการชะดินต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของน้ำชะดิน (leachate) ในสวน C (ดินเนื้อละเอียด)

Factors of experiment	Leachate properties	pH	EC	K	Ca	Mg
	Unit	(1:1)	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	<----- (mg/L) ----->		
Rate of dolomite	0.0 LR	6.16 B ^{4/}	1280 B	1.67	13.3 B	0.502 C
	0.5 LR	6.16 B	1473 A	1.68	15.5 A	0.642 B
	1.0 LR	6.43 A	1251 B	1.69	14.9 AB	0.600 B
	1.5 LR	6.42 A	1447 A	1.66	16.4 A	0.735 A
Time of leaching	1	6.76 A	971 F	1.31 D	9.05 C	0.408 C
	2	6.43 B	1073 EF	1.44 CD	13.82 B	0.603 B
	3	6.32 BC	1193 DE	1.57 BC	15.0 AB	0.595 B
	4	6.21 CDE	1313 CD	1.75 AB	16.0 AB	0.588 B
	5	6.16 DE	1400 C	1.81 A	16.1 AB	0.639 AB
	6	6.18 CDE	1457 BC	1.80 A	16.5 AB	0.625 AB
	7	6.10 E	1558 AB	1.78 A	16.0 AB	0.673 AB
	8	6.19 CDE	1634 A	1.80 A	16.6 A	0.730 A
	9	6.28 BCD	1664 A	1.82 A	16.2 AB	0.716 A
F-test	rate of dolomite (A)	** ^{1/}	**	ns	**	**
	Time of leaching (B)	**	**	**	**	**
	A X B	ns ^{3/}	ns	ns	ns	ns
	CV (%)	3.06	13.4	14.8	22.0	20.5

^{1/} and ^{2/} significant differences at $p < 0.01$ and < 0.05 , ^{3/} ns = non-significant differences, ^{4/} means followed by same letter are not significantly differently by LSD

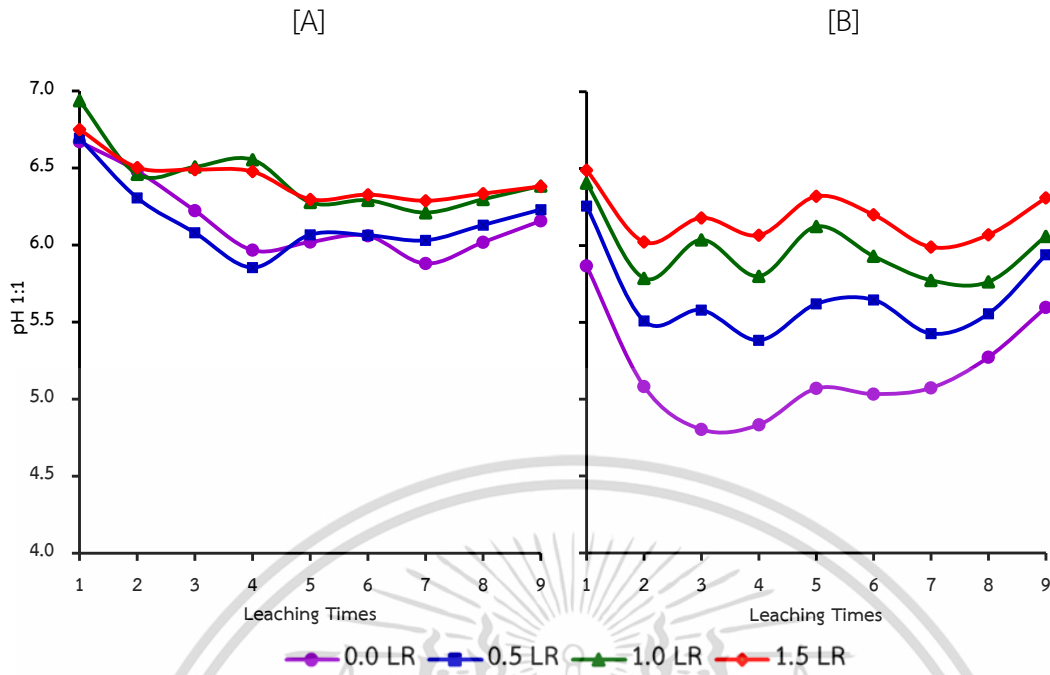
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลของการเติมโดโลไมท์และการชะดินต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของน้ำชะดิน (leachate) ในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง)

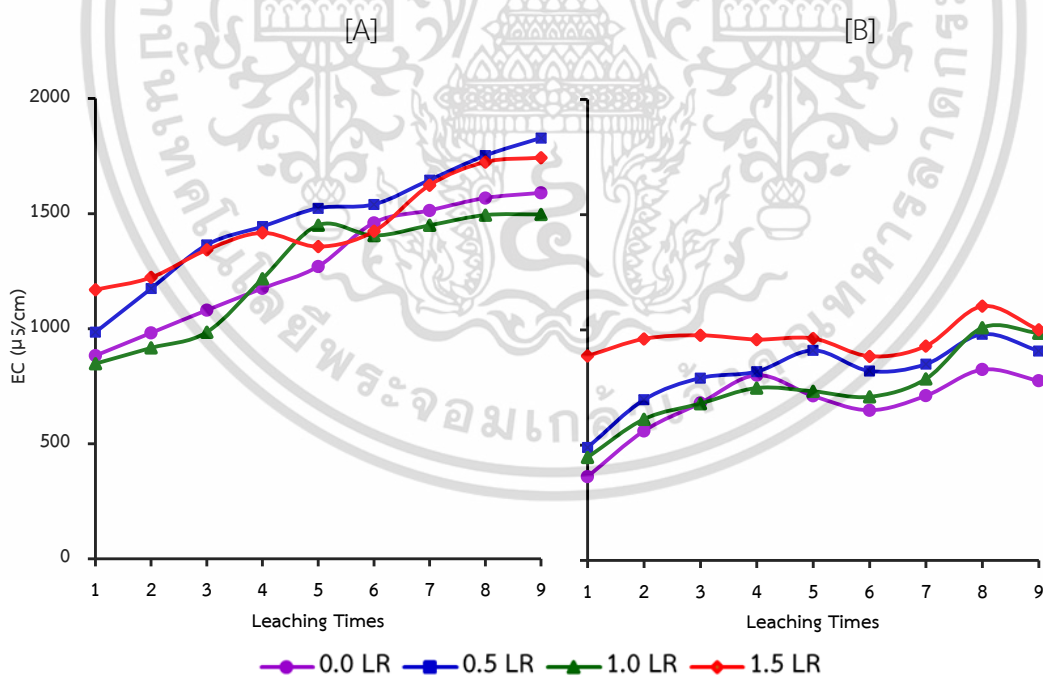
Factors of experiment	Leachate properties Unit	pH (1:1)	EC ($\mu\text{S/cm}$)	K <----- (mg/L) ----->	Ca	Mg
Rate of	0.0 LR	5.18 D ^{3/}	677 C	0.380 C	5.55 B	0.188 C
	0.5 LR	5.65 C	808 B	0.469 B	6.17 B	0.332 AB
	1.0 LR	5.96 B	746 BC	0.546 B	5.97 B	0.295 B
	1.5 LR	6.18 A	962 A	1.510 A	10.0 A	0.360 A
Time of	1	6.25 A	546 D	0.622	3.83 C	0.163 E
	2	5.60 CD	708 C	0.705	6.34 B	0.240 D
	3	5.65 CD	782 C	0.792	6.65 B	0.298 CD
	4	5.52 D	832 BC	0.728	6.46 B	0.302 BCD
	5	5.78 BC	830 BC	0.754	6.27 B	0.306 ABC
	6	5.70 CD	767 C	0.722	6.76 B	0.303 ABCD
	7	5.56 CD	821 BC	0.759	6.75 B	0.295 CD
	8	5.66 CD	980 A	0.757	9.50 A	0.368 A
	9	5.97 B	918 AB	0.700	9.87 A	0.367 AB
F-test	rate of dolomite (A)	**1/	**	**	**	**
	Time of leaching (B)	**	**	ns ^{2/}	**	**
	A X B	ns	ns	ns	ns	ns
	CV (%)	5.12	20.5	21.4	17.8	27.4

**1/ and **2/ significant differences at $p < 0.01$ and < 0.05 , ^{3/}ns = non-significant differences, ^{4/}means followed by same letter are not significantly differently by LSD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

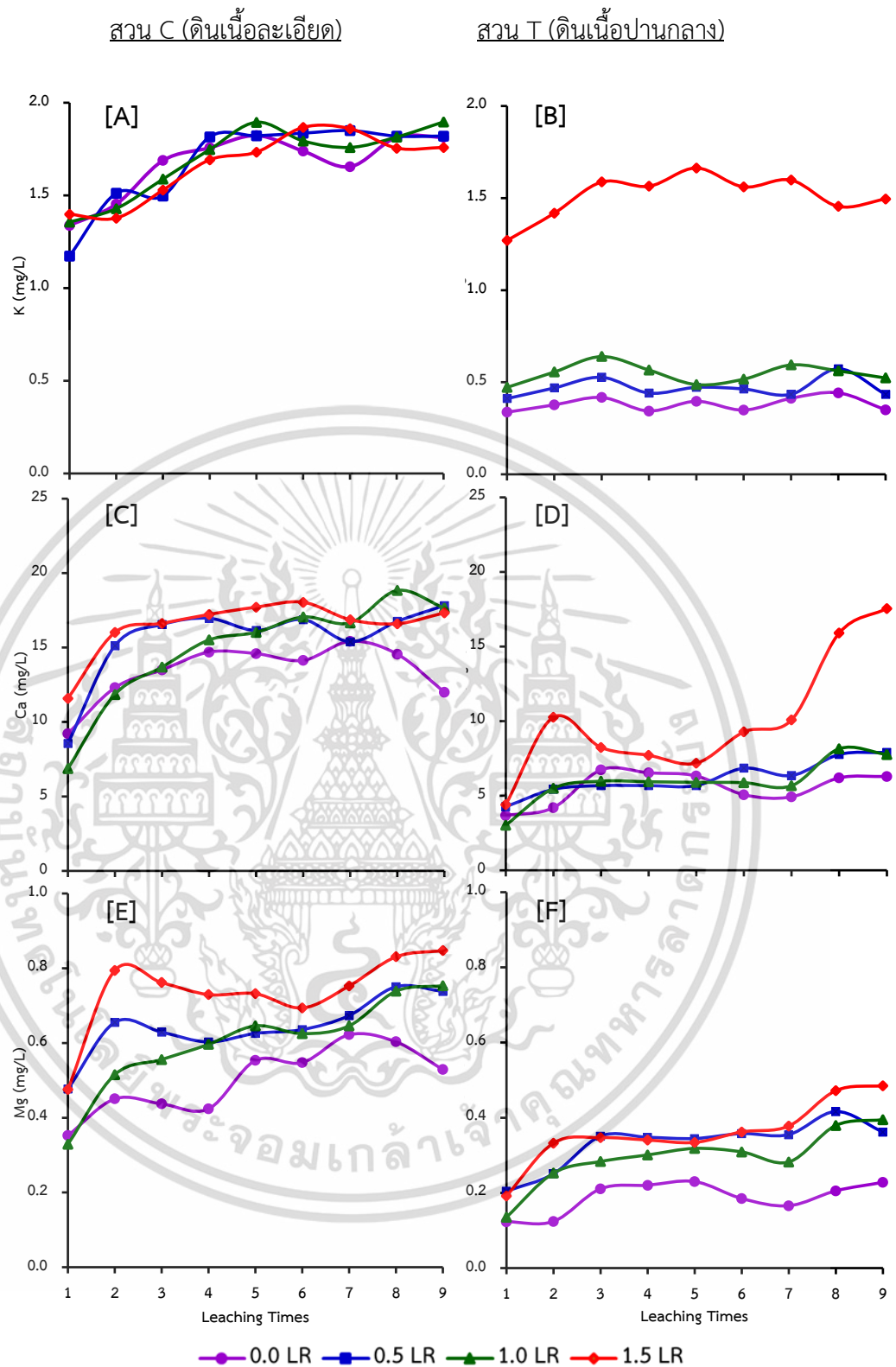


รูปที่ 4.13 ผลของการชะดินต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำชะดิน (leachate)
[A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)



รูปที่ 4.14 ผลของการชะดินต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ในน้ำชะดิน (leachate)
[A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 ผลของการชะดินต่อการเปลี่ยนแปลงของเบสที่แลกเปลี่ยนได้ (K Ca Mg) ในน้ำชะดิน (leachate) [A] และ [B] คือโพแทสเซียม [C] และ [D] คือแคลเซียม [E] และ [F] คือแมกนีเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลการทดลองที่ 2 ผลของการเติมปูนโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินในชั้นดินลึกเขตราก ในสวนทุเรียนภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

เลือกสวนทุเรียนของเกษตรกร 2 สวน ที่มีเนื้อดินแตกต่างกันคือ สวน C มีเนื้อดินละเอียด (sandy clay) อยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดจันทบุรี เกษตรกรมีเป้าหมายในการปรับ pH ของดินให้ได้ 6.5 และสวน T มีเนื้อดินปานกลาง (sandy clay loam) อยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดตราด เกษตรกรมีเป้าหมายในการปรับ pH ของดินให้ได้ 5.5 โดยดินมีความต้องการปูน (lime requirement, LR) 36.89 และ 14.95 กก./ตัน สำหรับสวน C (ดินเนื้อละเอียด) และสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) ตามลำดับ ซึ่งการเติมปูนจะแบ่งใส่ปีละ 20 เปอร์เซ็นต์ของ LR ดังนั้นในปีที่ทำการทดลองจึงเติมปูนในอัตรา 7.37 และ 2.99 กก./ตัน ตามลำดับ โดยเติมปูนในต้นทุเรียน 5 ต้น/สวน เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้เติมปูนอีก 5 ต้น ทำการเติมปูนในดินบนรอบทรงพุ่มรัศมี 2.5 เมตร เก็บตัวอย่างดินที่ 4 ความลึก 0-5 5-15 15-30 และ 30-50 ซม. เก็บตัวอย่างดิน 8 ครั้ง คือ ก่อนการเติมปูน (0) วัน 15 30 45 60 75 105 และ 195 วัน หลังจากการเติมปูน วิเคราะห์สมบัติของดินแล้ววิเคราะห์ข้อมูลแบบ split-split plot โดย main plot คือ การเติมปูน (ใส่ และไม่ใส่) sub plot คือ ความลึกของดิน (4 ระดับ) และ sub-sub plot คือ ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างดิน (8 ระยะ) นอกจากนี้ยังเก็บตัวอย่างใบทุเรียนทั้งก่อนและหลังการทดลองเพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร ซึ่งได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.6.1 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อสมบัติของดิน

1) ความเป็นกรด-ด่างของดิน (soil pH) พบว่าการเติมปูน (main plot) ความลึกของดิน (sub plot) และระยะเวลาหลังการเติมปูน (sub-sub plot) ล้วนส่งผลให้ pH ของดินมีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบความแตกต่างจากทุกปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย (ตารางที่ 4.11 และ 4.12) การเติมปูนโดโลไมท์ส่งผลให้ pH ของดินทั้ง 2 สวน สูงกว่าการไม่เติมปูนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสวน C (ดินเนื้อละเอียด) มี pH เพิ่มขึ้น 0.36 หน่วย pH ขณะที่สวน T (ดินเนื้อปานกลาง) มี pH เพิ่มขึ้น 0.10 หน่วย pH โดยพบ pH สูงที่สุดในดินบนและลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ตามระดับความลึกของดินทั้ง 2 สวน ทั้งนี้อาจเกิดการเติมปูนที่ผิวดิน ส่งผลให้มีการสะสมปูนส่วนใหญ่อยู่ในดินบนคล้ายกับที่พบในการทดลองโดยใช้แบบจำลองไลซิมิเตอร์ ต้องใช้ระยะเวลาในการชะละลายลงในชั้นดินลึก สอดคล้องกับการศึกษาของ Belkacem and Nys (1997) ที่พบว่าหลังเติมปูนในระยะเริ่มต้นส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในชั้นดินบนมากกว่าชั้นดินล่าง หลังจากเติมปูนแล้วพบว่าใช้เวลาประมาณ 105 วัน (3.5 เดือน) ดินมี pH สูงที่สุดในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) ส่วนในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบ pH สูงที่สุดในวันที่ 45 หลังจากเติมปูน (1.5 เดือน) อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลง pH ค่อนข้างผันแปร อาจเป็นเพราะว่าดินมีอัตราการซึมผ่านของน้ำค่อนข้างต่ำ (2.73 cm/hr) การชะปูนจึงเกิดขึ้นได้ช้า เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง pH ของดินทั้ง 2 สวนตามความลึกของดิน พบว่าในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) ที่มีอัตราการซึมผ่านของน้ำสูง (10.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cm/hr) ส่งผลให้การเติมปุ๋ยมี pH สูงกว่าการไม่เติมปุ๋นอย่างชัดเจนตลอดความลึก 0-30 ซม. แต่ยังไม่ถึงเป้าหมายที่เกษตรกรตั้งไว้ (รูปที่ 4.16 [A]) ส่วนในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบความแตกต่างอย่างชัดเจนในเฉพาะที่ระดับ 0-5 ซม. เท่านั้น (รูปที่ 4.16 [B]) และ pH ถึงเป้าหมายที่เกษตรกรตั้งไว้ แต่ในระดับดินลึกลงไป pH กลับใกล้เคียงกันระหว่างเติมและไม่เติมปุ๋น เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง pH ตามระยะเวลาหลังการเติมปุ๋นพบว่าไม่สามารถปรับ pH ถึง pH เป้าหมาย (6.5) ตลอดระยะเวลาที่ติดตามผล (195 วัน) สำหรับสวน C (ดินเนื้อละเอียด) (รูปที่ 4.17 [A]) ส่วนในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบว่าสามารถปรับ pH เป้าหมาย (5.5) เฉพาะในวันที่ 15 หลังการเติมปุ๋นเท่านั้น (รูปที่ 4.17 [B]) หลังจากนั้นพบว่า pH ลดลงและเข้าสู่สภาพสมดุล

2) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) พบว่าทุกปัจจัย (การเติมปุ๋น ความลึกของดิน และระยะเวลาหลังการเติมปุ๋น) ส่งผลให้ EC ของดินมีความแตกต่างกันในดินทั้ง 2 สวน ยกเว้นการเติมปุ๋นไม่ส่งผลให้ EC แตกต่างกันในส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง) (ตารางที่ 4.11 และ 4.12) ความแตกต่างของ EC ตามความลึกของดิน โดยพบในดินบนสูงกว่าดินล่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งไม่น่าจะเกิดจากผลการเติมปุ๋นเพียงอย่างเดียว แต่อาจรวมถึงการเติมวัสดุปรับปรุงดินชนิดต่างๆ ด้วย เช่น ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งเกษตรกรดำเนินการมากกว่า 10 ปี ยกตัวอย่างเช่นพบว่าดินมี EC สูงมากในส่วนในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) ที่ระดับ 0-5 ซม. ในระยะ 30 วันหลังเติมปุ๋น (รูปที่ 4.18[B] และ 4.19[B]) ทั้งนี้เกิดจากเกษตรกรใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ ส่วนในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) พบสูงในดินบนตลอดระยะเวลาที่ติดตามผล (195 วัน) (รูปที่ 4.18 [A] และ 4.19 [A])

3) อินทรีย์วัตถุในดิน (OM) พบแนวโน้มของ OM ไปในทิศทางเดียวกันในดินทั้ง 2 สวน โดยการเติมปุ๋นไม่ส่งผลให้มี OM ในดินแตกต่างกัน (ตารางที่ 4.11 และ 4.12) พบปริมาณ OM ในดินบนสูงกว่าชั้นดินลึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ปัจจัยสำคัญน่าจะเกิดจากการเกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ติดต่อกันเป็นระยะเวลาหลายปี และยังพบว่าระยะเวลาหลังการเติมปุ๋นส่งผลต่อปริมาณ OM แต่ปริมาณค่อนข้างผันแปร เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ OM กับระดับความเหมาะสมพบว่าดินทั้ง 2 สวน มีระดับ OM สูงกว่าระดับความเหมาะสม (2.5 %) ค่อนข้างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินบน (0-15 ซม.) (รูปที่ 4.20 [A] [B]) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ OM ตามระยะเวลาหลังการเติมปุ๋นพบว่าในส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) ปริมาณ P ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาที่เก็บข้อมูล (195 วัน) (รูปที่ 4.21 [A]) แต่ในส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบว่า OM เพิ่มสูงขึ้นมากในระยะ 15-30 วันหลังการเติมปุ๋น (รูปที่ 4.21 [B]) เช่นเดียวกับที่พบการเพิ่มขึ้นของค่า EC สาเหตุเกิดจากเป็นช่วงเวลาที่เกษตรกรใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

4) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) พบแนวโน้มของ P ไปในทิศทางเดียวกันในดินทั้ง 2 สวน โดยการเติมปุ๋นไม่ส่งผลให้มี P ในดินแตกต่างจากการไม่เติมปุ๋น เช่นเดียวกับ OM (ตารางที่ 4.11 และ 4.12) พบปริมาณ P ในดินบนสูงกว่าชั้นดินลึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เช่นเดียวกับที่พบในธาตุอาหารอื่นๆ ซึ่งปัจจัยสำคัญน่าจะเกิดจากการใส่ปุ๋ย P ทั้งปุ๋ยเคมีและปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวนงวนไ้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินทรีย์ติดต่อกันเป็นระยะเวลาหลายปี และยังพบว่าระยะเวลาหลังการเติมปุ๋ยส่งผลต่อปริมาณ P แต่ปริมาณค่อนข้างผันแปร เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ P กับระดับความเหมาะสมพบว่าดินทั้ง 2 สวน มีระดับ P สูงกว่าระดับความเหมาะสม (45 mg/kg) อย่างมากตลอดความลึกของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินบน (0-15 ซม.) (รูปที่ 4.22 [A] [B]) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ P ตามระยะเวลาหลังการเติมปุ๋ยพบว่าในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) ปริมาณ P ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาที่เก็บข้อมูล (195 วัน) (รูปที่ 4.23 [A]) แต่ในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบว่า P เพิ่มขึ้นมากในระยะ 15-30 วันหลังการเติมปุ๋ย (รูปที่ 4.23 [B]) เช่นเดียวกับที่พบการเพิ่มขึ้นของค่า EC สาเหตุเกิดจากเป็นช่วงเวลาที่เกษตรกรใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์

5) **โพแทสเซียม (K)** พบแนวโน้มของ K ไปในทิศทางเดียวกันในดินทั้ง 2 สวน เช่นเดียวกับที่พบใน P คือการเติมปุ๋ยไม่ส่งผลให้มี K ในดินแตกต่างจากการไม่เติมปุ๋ย (ตารางที่ 4.11 และ 4.12) แสดงว่าการเติมปุ๋ยไม่ส่งผลให้มีการชะละลาย K ออกจากชั้นดินในสภาพสวนของเกษตรกร แตกต่างจากการศึกษาในสภาพแบบจำลองไลซิมิเตอร์ ทั้งนี้อาจเกิดจากการเติมปุ๋ยในอัตราเพียง 20% ของ LR และการแทรกซึมของน้ำในสภาพความเป็นจริง ไม่ได้เกิดรวดเร็วเหมือนกับการชะน้ำในไลซิมิเตอร์ การที่พบ K ในดินบนสูงกว่าชั้นดินลึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เช่นเดียวกับที่พบในธาตุอาหารอื่นๆ ปัจจัยสำคัญน่าจะเกิดจากการใส่ปุ๋ย K จากทั้งปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในดินติดต่อกันเป็นระยะเวลาหลายปี และยังพบว่าระยะเวลาหลังการเติมส่งผลต่อปริมาณ K ด้วย แต่ปริมาณค่อนข้างผันแปร เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ K กับระดับความเหมาะสมพบว่าดินทั้ง 2 สวน มีระดับ K อยู่ในช่วงที่ค่อนข้างเหมาะสมตลอดความลึกของดิน (รูปที่ 4.24 [A] [B]) ส่วนความผันแปรของ K ตามระยะเวลาหลังการเติมปุ๋ย 30-45 วัน และ 15-30 วัน สำหรับสวน C (ดินเนื้อละเอียด) และสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) ตามลำดับ เกิดจากเป็นช่วงที่มีการใส่ปุ๋ย K จากทั้งปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ (รูปที่ 4.25 [A] [B])

6) **แคลเซียม (Ca) และ แมกนีเซียม (Mg)** พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ Ca และ Mg เป็นไปในลักษณะเดียวกันของทั้ง 2 สวน โดยพบว่าการเติมปุ๋ยโดโลไมท์ ความลึกของดิน และจำนวนวันหลังการเติมปุ๋ย รวมถึงทุกปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ส่งผลให้ดินมี Ca และ Mg แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$ และ $p < 0.01$) (ตารางที่ 4.11 และ 4.12) การเติมปุ๋ยส่งผลให้ดินมี Ca และ Mg เพิ่มขึ้น 48.1 และ 103% สำหรับสวน C (ดินเนื้อละเอียด) ส่วนในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบเพิ่มขึ้น 22.0 และ 36.6% ตามลำดับ สำหรับการพบปริมาณ Ca และ Mg ในดินบนสูงกว่าชั้นดินลึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) นอกจากจะมีสาเหตุจากการเติมปุ๋ยแล้ว ยังขึ้นกับการใส่ปุ๋ยและวัสดุปรับปรุงดินต่างๆ ติดต่อกันเป็นระยะเวลาหลายปี เช่นเดียวกับที่พบในธาตุอาหารอื่นๆ สำหรับผลของจำนวนวันหลังการเติมปุ๋ยต่อปริมาณ Ca และ Mg พบว่าในวันที่ 60 (2 เดือน) เป็นต้นไป พบปริมาณ Ca และ Mg สูงที่สุดในดินทั้ง 2 สวน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ Ca กับค่าความเหมาะสมในดิน (1000-2000 mg/kg) โดยแยก ระหว่างเติมปุ๋ยและไม่เติมปุ๋ย พิจารณาตามความลึกของดิน (รูปที่ 4.22 [A] [B]) พบว่าการเติมปุ๋ย ส่งผลให้ดินมี Ca สูงกว่าการไม่เติมปุ๋ยอย่างเห็นได้ชัดที่ความลึก 0-15 ซม. แต่ที่ความลึกมากกว่า 15 ซม. (30-50 ซม.) กลับพบว่าใกล้เคียงกัน และพบเฉพาะความลึก 0-15 ซม. เท่านั้นที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ส่วนกรณีของ Mg (ค่าความเหมาะสมในดิน 120-240 mg/kg) พบค่อนข้างแตกต่างกัน ระหว่างดินทั้ง 2 ส่วน โดยในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) พบว่าการเติมปุ๋ยส่งผลให้มี Mg สูงกว่าการไม่เติมปุ๋ยที่ระดับความลึก 0-50 ซม. (รูปที่ 4.28 [A]) อย่างไรก็ตามพบระดับความเหมาะสมที่ 0-30 ซม. เท่านั้น ส่วนในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับ Ca คือการเติมปุ๋ย ส่งผลให้ดินมี Mg สูงกว่าการไม่เติมปุ๋ยอย่างเห็นได้ชัดที่ความลึก 0-15 ซม. และอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (รูปที่ 4.28 [B]) เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาหลังการเติมปุ๋ยต่อปริมาณ Ca และ Mg พบว่าหลังจากเติมปุ๋ยแล้ว 60 วัน ส่งผลให้ดินทั้ง 2 สวนมีปริมาณ Ca และ Mg สูงที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่เติมปุ๋ยที่ความลึก 0-15 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 4.27 [A] [B] สำหรับ Ca และรูปที่ 4.29 [A] [B] สำหรับ Mg ตามลำดับ

7) จุลธาตุ (Fe Mn Cu และ Zn) พบแนวโน้มของจุลธาตุไปในทิศทางเดียวกันในดินทั้ง 2 สวน โดยการเติมปุ๋ยไม่ส่งผลให้มีจุลธาตุในดินแตกต่างจากการไม่เติมปุ๋ย (ตารางที่ 4.11 และ 4.12) พบปริมาณจุลธาตุ ในดินบนสูงกว่าชั้นดินลึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เช่นเดียวกับที่พบใน ธาตุอาหารอื่นๆ ซึ่งปัจจัยสำคัญน่าจะเกิดจากการใส่ปุ๋ย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยอินทรีย์ที่มีจุลธาตุเป็น องค์ประกอบอยู่สูง และยังพบว่าระยะเวลาหลังการเติมปุ๋ยส่งผลต่อปริมาณจุลธาตุ โดยพบแนวโน้มว่า Mn Cu และ Zn พบสูงที่สุดในช่วง 0-30 วันหลังการเติมปุ๋ย สัมพันธ์กับช่วงที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ของ เกษตกร ส่วน Fe พบว่าค่อนข้างแปรในดินทั้ง 2 สวน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณจุลธาตุกับระดับความ เหมาะสมพบว่าดินทั้ง 2 สวน มี Fe Mn และ Zn เป็นไปในทิศทางเดียวกันโดย Fe พบปริมาณสูงมาก ตลอดความลึกของดิน Mn พบความเหมาะสมที่ระดับ 0-15 ซม. เท่านั้น ส่วน Zn พบว่าที่ผิวดิน (0-5 ซม.) อยู่ในระดับสูงเกิน 5-15 ซม. อยู่ในระดับที่เหมาะสม และลึกกว่า 15 ซม. อยู่ในระดับต่ำ กรณีของ Cu พบว่าในดินสวน C (ดินเนื้อละเอียด) มีความเหมาะสมตลอดความลึก แต่ในสวน T (ดินเนื้อปาน กลาง) พบปริมาณสูงมากตลอดความลึก (0-50 ซม.) (รูปที่ 4.30 [A] [B] รูปที่ 4.32 [A] [B] รูปที่ 4.34 [A] [B] รูปที่ 4.36 [A] [B]) ส่วนผลของระยะเวลาการเติมปุ๋ยต่อปริมาณจุลธาตุผันแปรตามช่วงเวลา การใส่ปุ๋ย โดยเฉพาะปุ๋ยอินทรีย์ (รูปที่ 4.31 [A] [B] รูปที่ 4.33 [A] [B] รูปที่ 4.35 [A] [B] รูปที่ 4.37 [A] [B])

8) อะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Al) สำหรับ Al ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบเฉพาะก่อน และหลังการทดลองเท่านั้น จากผลการวิเคราะห์ดินพบว่าดินมี pH 5.4-6.0 และ 4.9-5.0 สำหรับสวน C (ดินเนื้อละเอียด) และ T (ดินเนื้อปานกลาง) ตามลำดับ ดังนั้นในดินทั้ง 2 สวนไม่มีปัญหาของความ เป็นพิษของ Al Sparks (1995) กล่าวว่าในดินที่มี pH น้อยกว่า 4.7 อะลูมิเนียมส่วนใหญ่อยู่ในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อะลูมิเนียมไอออน (Al^{3+}) ซึ่งเป็นพิษกับพืช pH 4.7-6.5 อยู่ในรูปไดไฮดรอกซ์อะลูมิเนียมไอออน ($Al(OH)_2^+$) pH 6.5-8.0 ทำให้อะลูมิเนียมตกตะกอนในรูปอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ($Al(OH)_3$) หลังการเติมปูนโดโลไมท์ พบว่าไม่ส่งผลต่อ Al ในดินสวน C (ดินเนื้อละเอียด) แต่ส่งผลต่อ Al ในดินสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตารางที่ 4.13) โดยการเติมปูนส่งผลให้มี Al ลดลงประมาณ 27.9% นอกจากนี้ยังพบว่า Al เพิ่มขึ้นตามความลึกของดิน สัมพันธ์กับ pH ของดินที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ Al กับระดับที่เป็นพิษของ Al ($> 270 \text{ mg/kg}$) พบว่าในดินทั้ง 2 สวนมี Al อยู่ในระดับต่ำ โดยพบในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) สูงกว่าสวน C (ดินเนื้อละเอียด) อย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับความลึก 15-50 ซม. (รูปที่ 4.38 [A] และ [B]) และพบว่าการเติมปูนส่งผลให้มี Al ต่ำกว่าการไม่เติมปูนในดินสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) อย่างเห็นได้ชัด (รูปที่ 4.38 [B])

9) กรดที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable acidity, H^+) สำหรับกรดที่แลกเปลี่ยนได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบเฉพาะก่อนและหลังการทดลองเช่นเดียวกับ Al การเติมปูนโดโลไมท์ส่งผลให้ H^+ ในดินสวน C (ดินเนื้อละเอียด) แตกต่างกับ ($p < 0.01$) แต่ไม่พบว่าส่งผลในดินสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) (ตารางที่ 4.13) นอกจากนี้ยังพบว่าในดินทั้ง 2 สวน มี H^+ เพิ่มขึ้นหลังการทดลอง และมี H^+ เพิ่มขึ้นตามความลึกของดิน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าระยะเวลาในการทดลองมีระยะค่อนข้างสั้น (195 วัน) จากรายงานส่วนใหญ่พบว่าต้องใช้เวลาประมาณ 5-10 ปี ถึงจะได้ระดับ pH ตามเป้าหมายถึงระดับความลึกดิน 0-50 ซม. สาเหตุประการสำคัญคือเมื่อเติมปูนในดินกรด ปูนจะทำปฏิกิริยากับสารละลายดิน (soil solution) ซึ่งอิ่มตัวด้วย CO_2 สุดท้ายจะได้รูปไบคาร์บอเนต เช่น แคลเซียมไบคาร์บอเนต และแมกนีเซียมไบคาร์บอเนต สารประกอบไบคาร์บอเนตจะแตกตัวให้อิออนบวกที่เป็นเบส เช่น Ca^{2+} และ Mg^{2+} กับไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ซึ่ง Ca^{2+} และ Mg^{2+} จะไปไล่ที่ H^+ (potential acidity) ที่ดูดซับอยู่ที่ผิวอนุภาคดินออกมา และทำปฏิกิริยากับไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) กลายเป็น H_2CO_3 หรือ H_2O และ CO_2 ซึ่งปฏิกิริยาจะเกิดอย่างช้าๆ トラบเท่าที่ยังมี H^+ ที่เป็นกรดแฝง (potential acidity) ค่อยๆ ถูกปลดปล่อยออกมา โดยเกิดปฏิกิริยาในดินบนก่อน แล้วไล่ไปตามความลึกของดินพร้อมกับการเคลื่อนที่ของปูนลงใต้ดิน เมื่อเทียบ H^+ กับค่าระดับความเหมาะสมที่จะไม่เป็นอันตรายต่อพืช (น้อยกว่า 1.0 cmol/kg , pH > 4.0) พบว่าที่ระดับ 0-15 ซม. ในดินทั้ง 2 สวนไม่พบความเป็นพิษของ H^+ แต่ที่ระดับลึกกว่า 15 ซม. พบ H^+ ในระดับสูง อย่างไรก็ตามถ้าพิจารณาพร้อมกับ pH ของดินยังถือว่าไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (รูปที่ 4.39 [A] และ [B])

ตารางที่ 4.11 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินในสวน C (ดินเนื้อละเอียด)

Soil properties	pH	EC	OM	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
(unit)	(1:1)	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	(%)	(mg/kg)							
Applied lime											
No lime	5.09 B	47.1 B	3.21	144	173	526 B	60.5 B	66.8	10.5	1.53	1.66
Lime	5.45 A ^{4/}	72.7 A	3.05	193	218	779 A	123 A	83.8	12.5	1.66	3.40
Depth (cm)											
0-5	5.64 A	87.1 A	3.97 A	296 A	235 A	1,119 A	149 A	95.5 A	16.9 A	2.02 A	5.21 A
5-15	5.33 B	56.3 B	3.10 B	205 B	209 B	728 B	100 B	76.8 B	11.4 B	1.69 B	2.49 B
15-30	5.12 C	47.1 C	2.84 C	103 C	175 C	425 C	69.4 C	67.5 C	9.41 B	1.44 C	1.35 C
30-50	4.99 D	49.2 BC	2.60 D	69.8 D	162 C	338 D	48.9 D	61.5 C	8.55 B	1.23 D	1.07 C
Day after liming (Day)											
0	4.98 D	58.2 C	2.83 D	179 AB	199 B	539 C	68.0 C	66.9 DE	7.02 BC	1.47 B	2.46 C
15	5.22 C	56.2 C	3.10 C	195 A	207 B	655 B	79.9 C	72.8 CD	46.5 A	4.81 A	4.62 A
30	5.24 C	57.0 C	3.39 A	171 B	267 A	507 C	83.5 C	74.3 CD	6.98 BC	1.45 B	3.68 B
45	5.27 C	45.4 D	3.36 AB	159 BC	213 B	495 C	80.9 C	72.6 CD	5.61 C	1.09 CD	1.90 CD
60	5.41 B	56.6 C	3.17 BC	166 B	179 C	646 B	114 AB	76.5 BC	5.87 C	0.92 DE	1.87 CD
75	5.21 C	57.3 C	3.04 CD	167 B	170 CD	843 A	125 A	85.7 AB	6.20 C	0.79 E	2.33 C
105	5.58 A	78.7 A	3.19 ABC	169 B	165 CD	879 A	101 B	94.1 A	10.7 B	1.23 BC	1.99 C
195	5.25 C	69.8 B	2.98 CD	142 C	161 D	658 B	82.3 C	59.6 E	3.70 C	1.0 CDE	1.37 D
F-test											
Applied lime (A)	*	*	ns	ns	ns	**	*	ns	ns	ns	ns
Depth (B)	** ^{1/}	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Day after lime (C)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
A X B	* ^{2/}	*	ns	*	ns	**	**	ns	ns	ns	**
A X C	**	**	ns	ns	**	**	**	**	*	**	ns
B X C	*	*	ns	ns	ns	**	*	ns	ns	ns	**
A X B X C	ns ^{3/}	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4.6	27.4	15.2	27.9	20.6	30.9	39.0	28.9	76.7	37.2	52.6

**^{1/}and *^{2/}significant differences at $p < 0.01$ and < 0.05 , ^{3/}ns = non-significant

differences, ^{4/}means followed by same letter are not significantly differently by LSD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง)

Soil properties (unit)	pH (1:1)	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	OM (%)	P <-----	K (mg/kg)	Ca ----->	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Applied lime											
No lime	4.81 B	85.3	4.06	114	146	622 B	64.5 B	84.2	8.19	4.46	1.99
Lime	4.91 A ^{4/}	86.5	3.89	145	134	761 A	88.1 A	86.0	5.91	4.00	2.12
Depth (cm)											
0-5	5.22 A	124 A	5.15 A	262 A	194 A	1204 A	142 A	140 A	14.7 A	8.28 A	4.71 A
5-15	4.85 B	91.0 B	4.12 B	155 B	151 B	782 B	79.7 B	100 B	7.47 B	3.93 B	2.05 B
15-30	4.71 C	69.4 C	3.53 C	61.5 C	117 C	430 C	44.9 C	59.39 C	3.38 C	2.59 C	0.813C
30-50	4.68 C	58.2 D	3.08 D	38.8 C	99.1 D	350 C	38.3 C	41.25 D	2.60 C	2.12 C	0.654C
Day after liming (Day)											
0	4.89 AB	78.0 BCD	3.97 BC	167 C	142 B	682 BCD	63.8 DE	114 A	9.89 A	5.37AB	1.75BC
15	4.90 AB	92.1 B	4.29 A	272 A	201 A	676 CD	72.0CDE	64.79 E	6.79 CD	2.01 E	2.12 B
30	4.69 C	147 A	4.19 AB	193 B	218 A	563 E	65.2 DE	87.42 BC	8.65 AB	5.56 A	3.37 A
45	4.97 A	84.4 BCD	3.66 D	107 D	114 C	605 DE	75.3BCD	69.75 DE	7.82 BC	5.29AB	1.93BC
60	4.91 AB	68.6 DE	3.68 D	81.5 E	118 C	769 AB	107.0 A	73.71CDE	5.92 D	4.80AB	2.11 B
75	4.85 B	70.9 CDE	4.06 AB	74.7 E	104 C	809 A	85.4 B	80.34 CD	6.66 CD	3.54CD	2.18 B
105	4.89 AB	58.4 E	3.76 CD	61.3 E	82.8 D	661 D	60.8 E	94.73 B	4.21 E	4.45BC	1.40 C
195	4.80 BC	87.0 BC	4.16 AB	77.7 E	142 B	766 ABC	80.9 BC	96.03 B	6.42 CD	2.82DE	1.58BC
F-test											
Applied lime (A)	*	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns
Depth (B)	** ^{1/}	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Day after lime (C)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
A X B	** ^{2/}	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns
A X C	ns ^{3/}	**	ns	*	**	**	**	ns	ns	ns	ns
B X C	**	**	**	**	**	**	**	**	*	**	**
A X B X C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4.6	27.4	15.5	42.5	20.6	30.9	39.0	28.9	76.7	37.2	52.6

**^{1/} and **^{2/} significant differences at $p < 0.01$ and < 0.05 , ^{3/}ns = non-significant

differences, ^{4/}means followed by same letter are not significantly differently by LSD

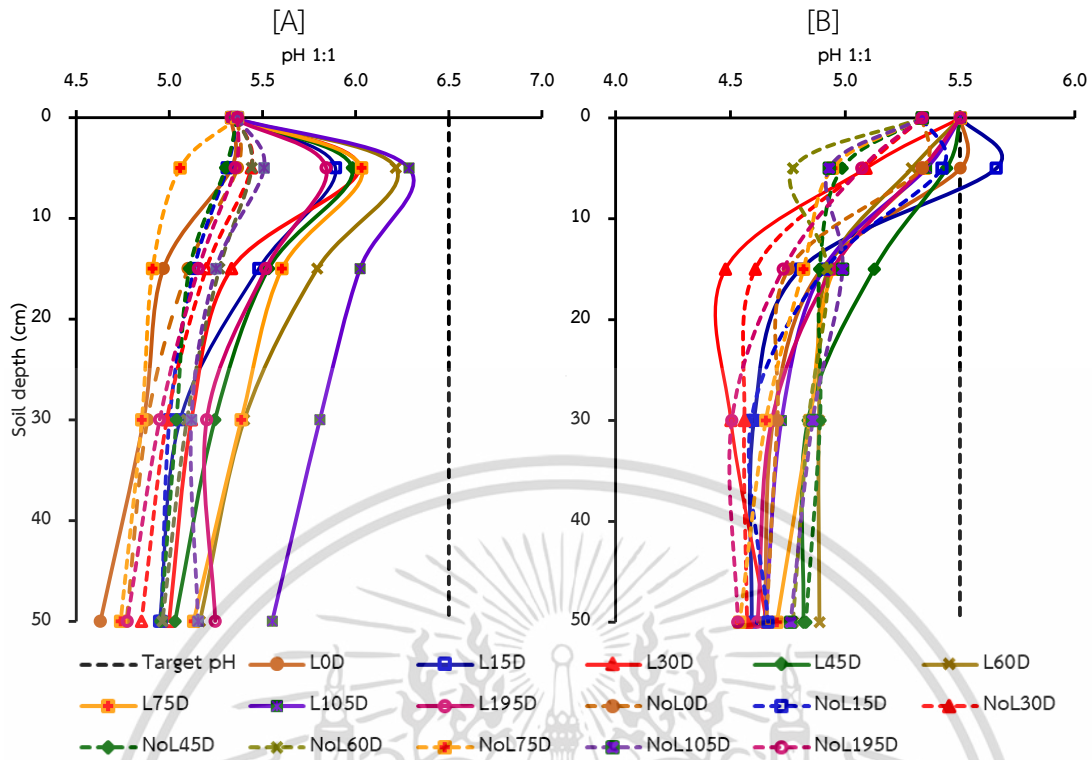
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่ออะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Al) และกรดที่แลกเปลี่ยนได้ (soil acidity) เปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง ในดินสวน C (ดินเนื้อละเอียด) และสวน T (ดินเนื้อปานกลาง)

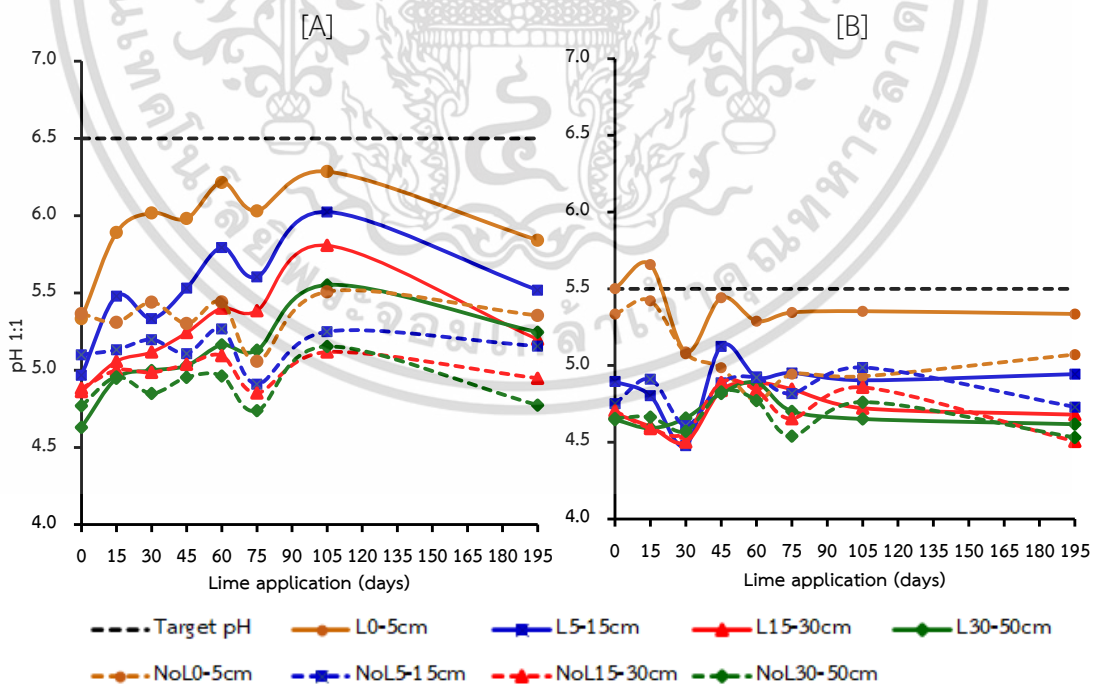
Orchards Soil properties (unit)	C (sandy clay)		T (sandy clay loam)	
	Al (mg/kg)	Soil acidity (cmol/kg)	Al (mg/kg)	Soil acidity (cmol/kg)
Lime application				
No lime	9.65	0.816 A	70.1 A	0.992
Lime	7.99	0.573 B ^{4/}	50.5 B	0.823
Time to soil sampling				
Before experiment	8.70	0.448 B	39.7 B	0.648 B ^{3/}
After experiment	8.95	0.941 A	80.9 A	1.16 A
Soil depth (cm)				
0-5	4.70	0.297 C	17.7 D	0.465 B
5-15	8.21	0.585 B	53.3 C	0.892 A
15-30	11.0	0.795 B	77.1 B	1.15 A
30-50	11.3	1.10 A	93.0 A	1.12 A
F-test				
Lime application (A)	ns ^{3/}	* ^{2/}	**	ns
Soil sampling time (B)	ns	**	**	**
Soil depth (C)	** ^{1/}	**	**	**
A X B	ns	*	**	ns
A X C	ns	ns	**	ns
B X C	ns	*	**	ns
A X B X C	ns	ns	ns	ns
CV (%)	46.8	63.1	34.6	53.2

^{**1/} and ^{*2/} significant differences at $p < 0.01$ and < 0.05 , ^{3/} ns = non-significant differences, ^{4/} means followed by same letter are not significantly differently by LSD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของดินตามระดับความลึก [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

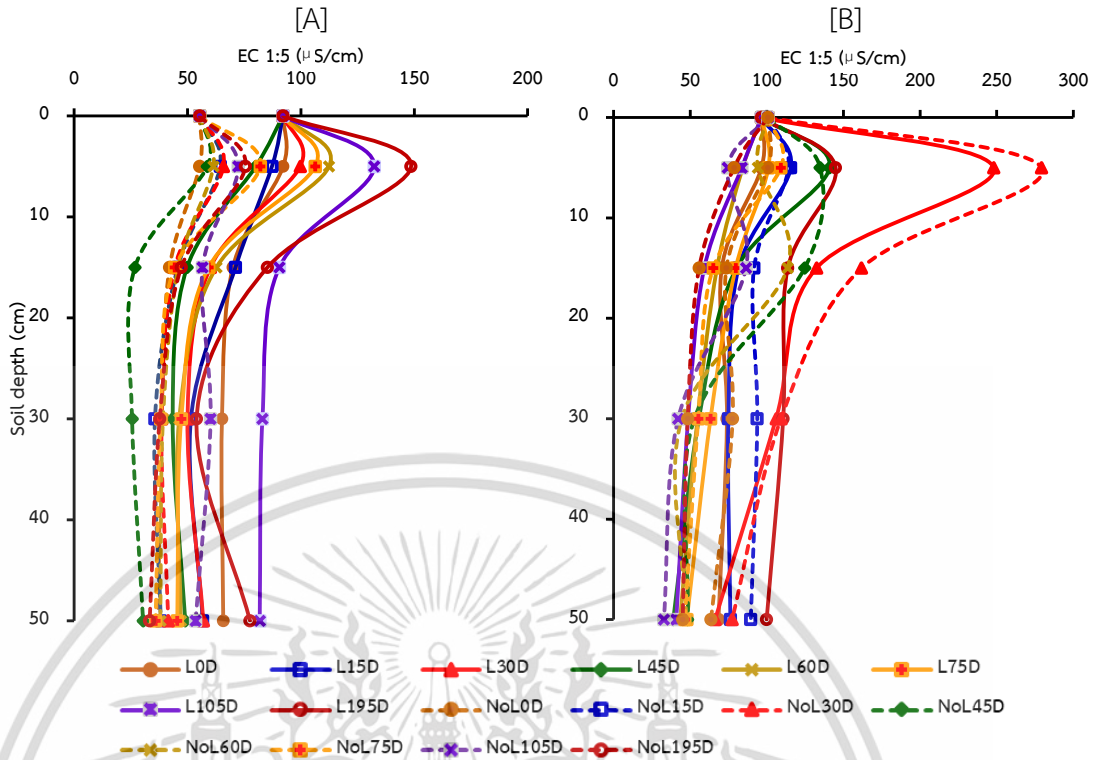


รูปที่ 4.17 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของดินตามระยะเวลา

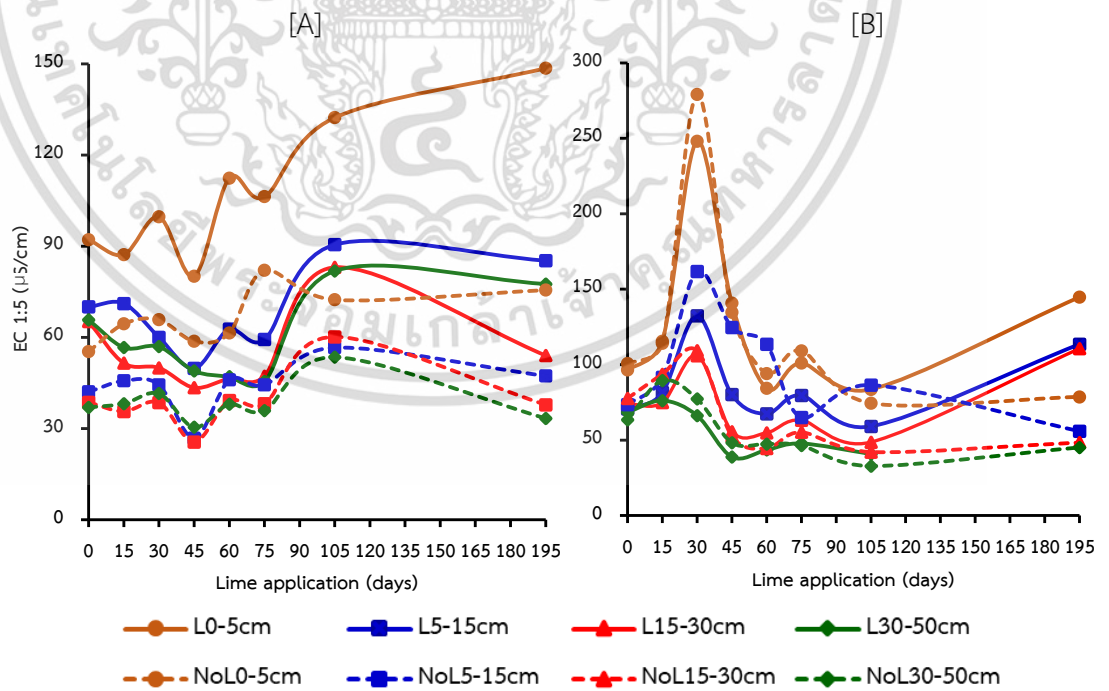
หลังเติมปูน [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินตามระดับความลึก [A] สวน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] สวน T (ดินเนื้อปานกลาง)

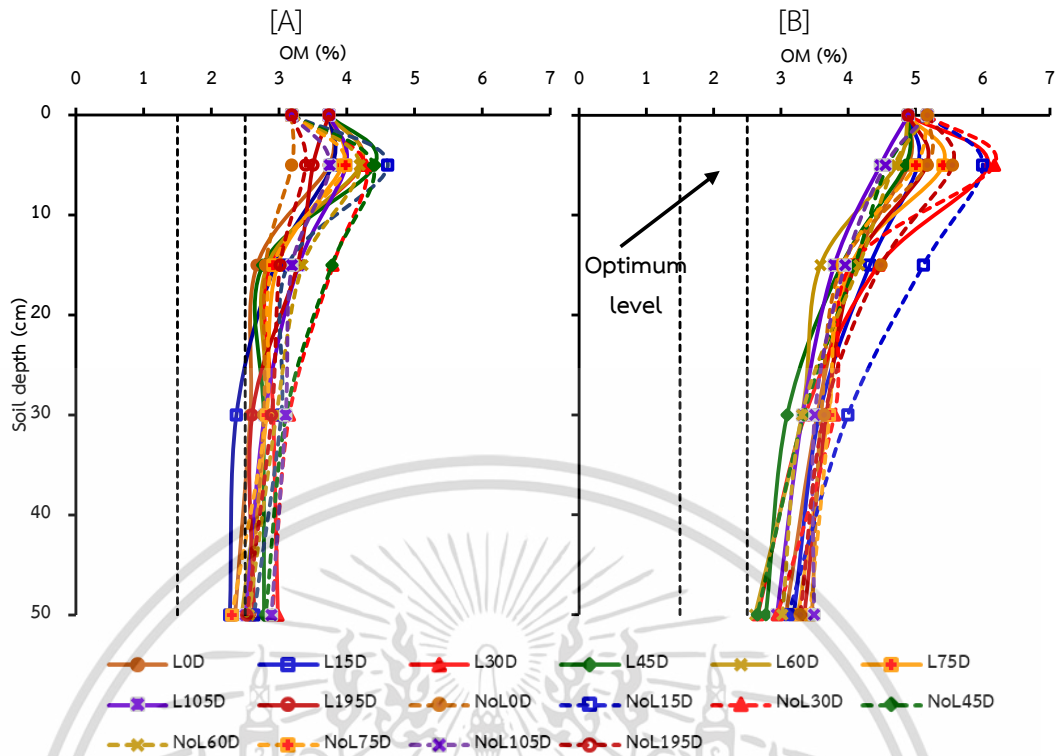


รูปที่ 4.19 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินตาม

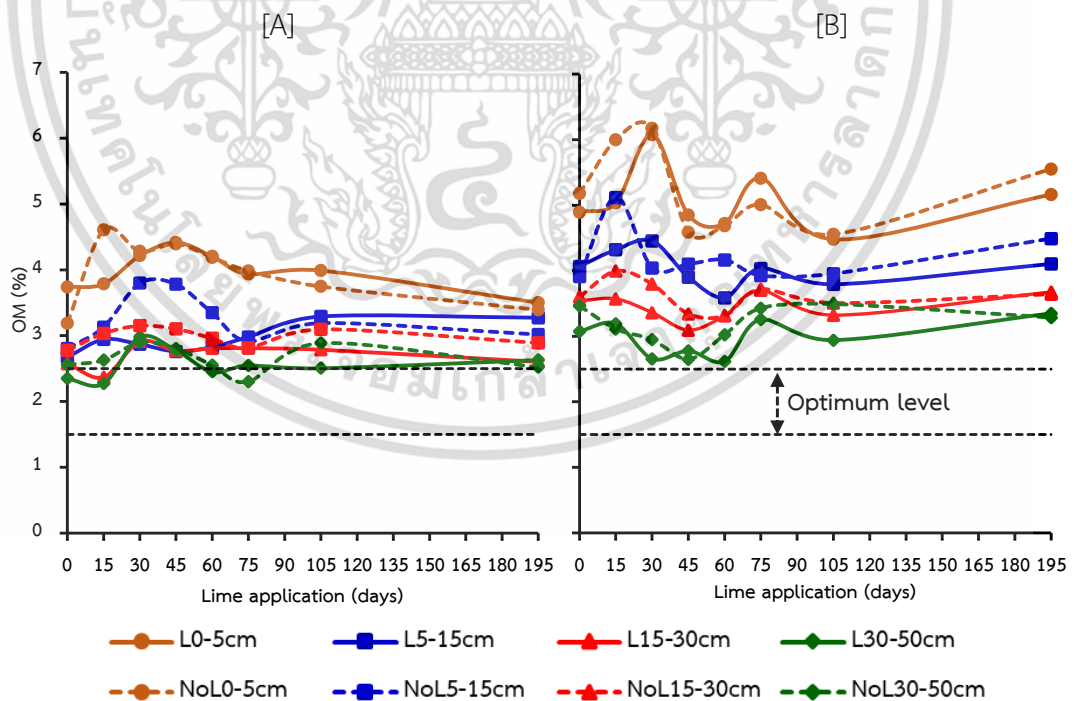
ระยะเวลาหลังเติมปูน [A] สวน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] สวน T (ดินเนื้อปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

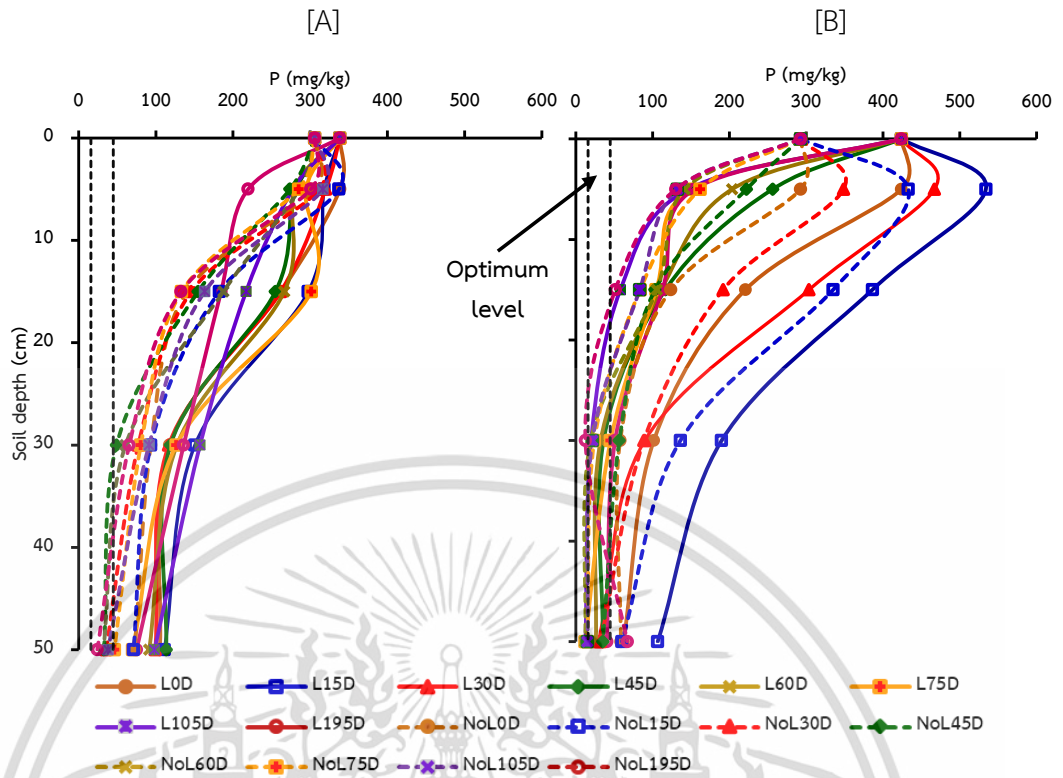


รูปที่ 4.20 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์วัตถุในดินตามระดับความลึกของดิน [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

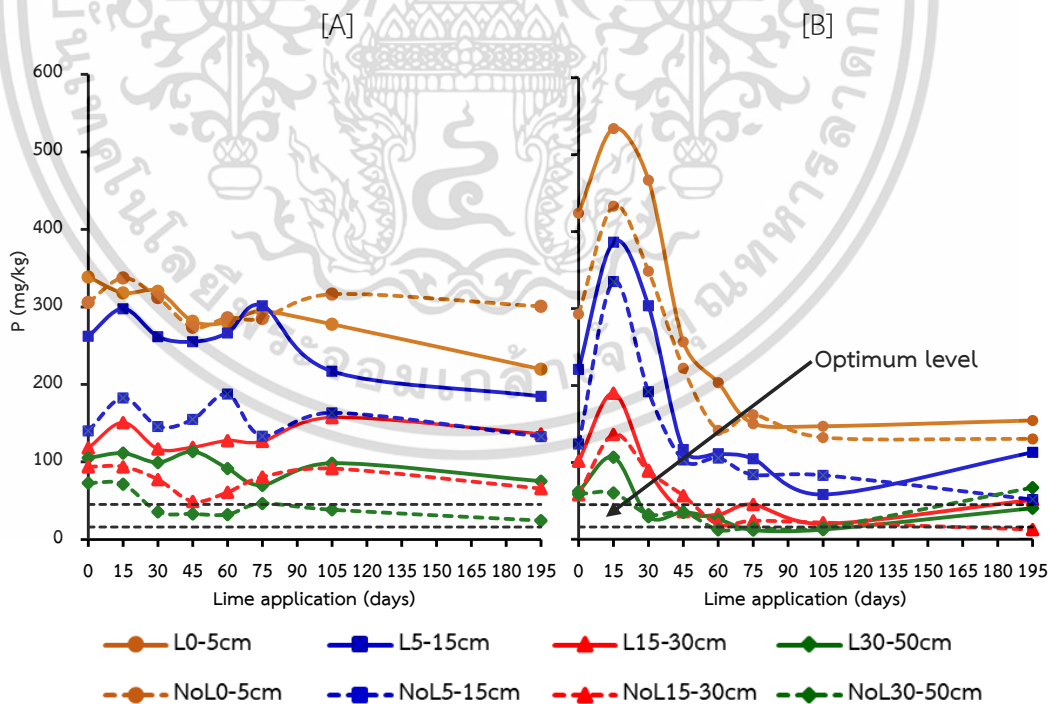


รูปที่ 4.21 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์วัตถุในดินตามระยะเวลาหลังเติมปูน [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

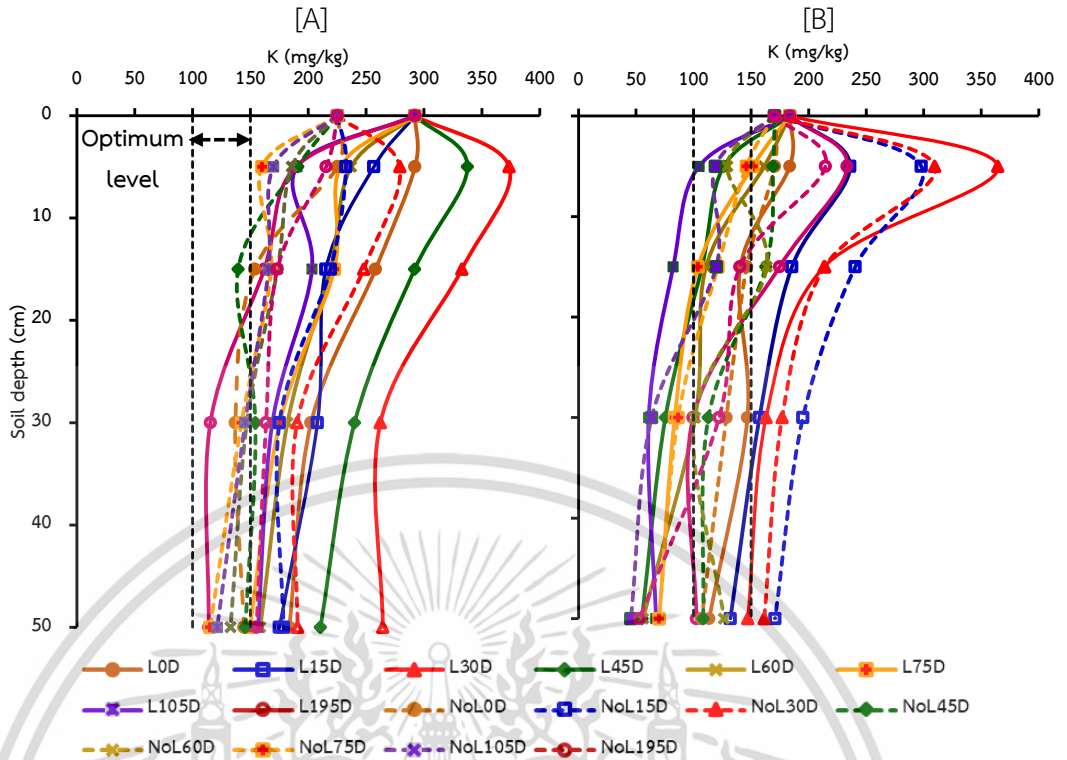


รูปที่ 4.22 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ตามระดับความลึกของดิน [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

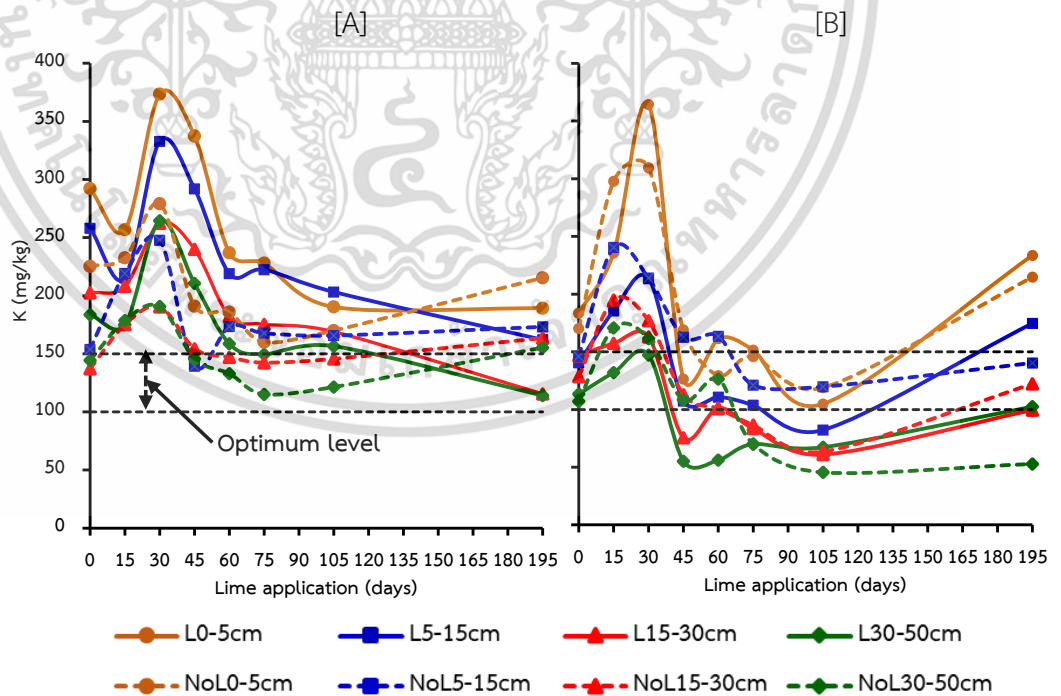


รูปที่ 4.23 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ตามระยะเวลาหลังเติมปูน [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

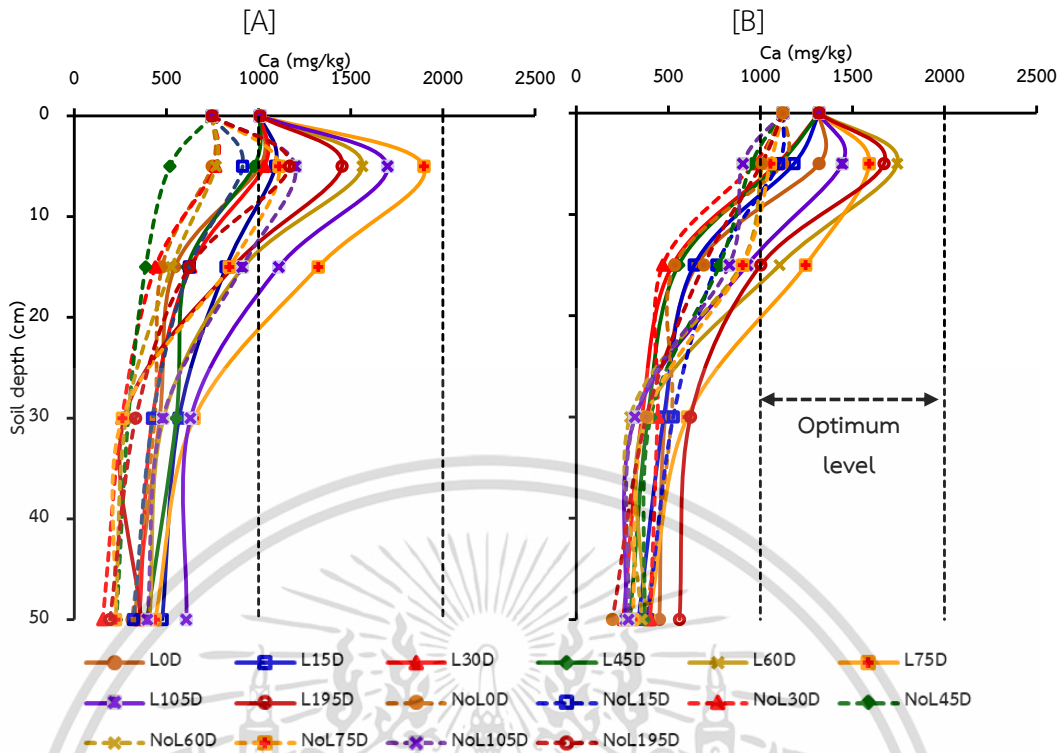


รูปที่ 4.24 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงโพแทสเซียมตามระดับความลึกของดิน [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

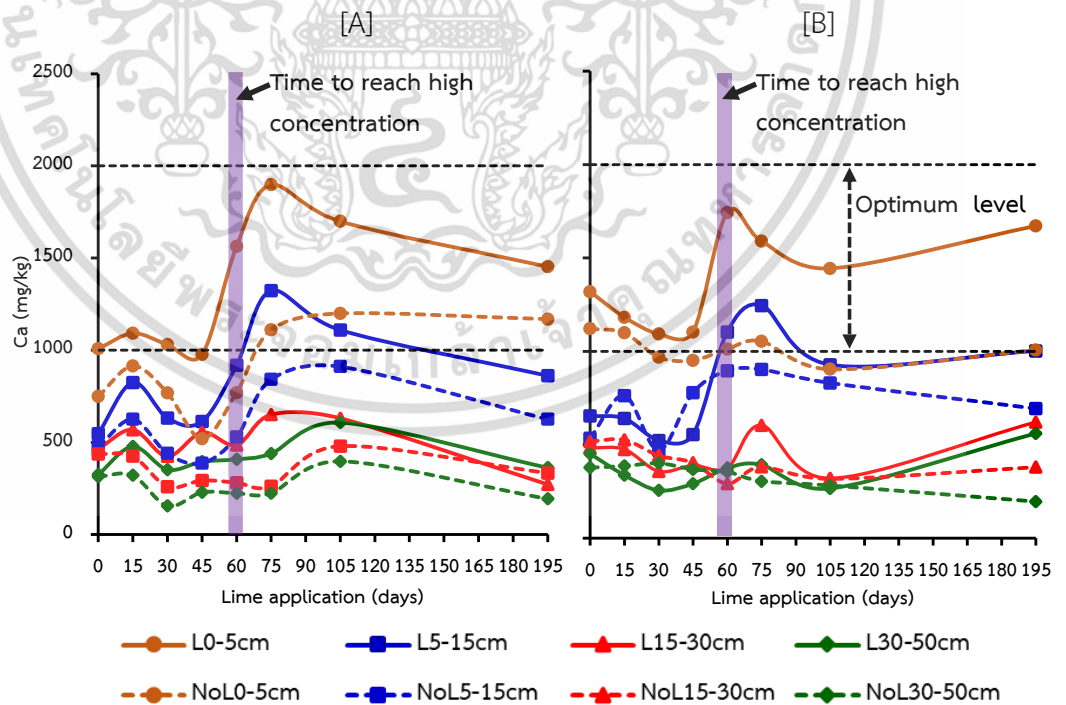


รูปที่ 4.25 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงโพแทสเซียมตามระยะเวลาหลังเติมปูน [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

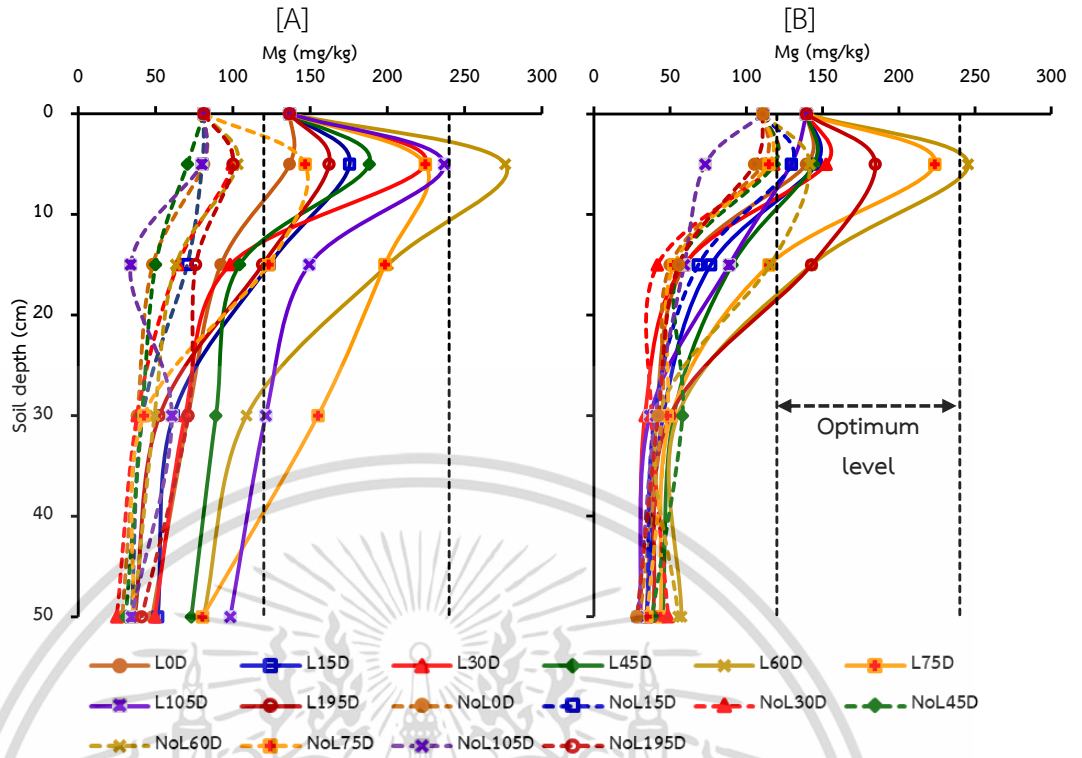


รูปที่ 4.26 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแคลเซียมตามระดับความลึกของดิน [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

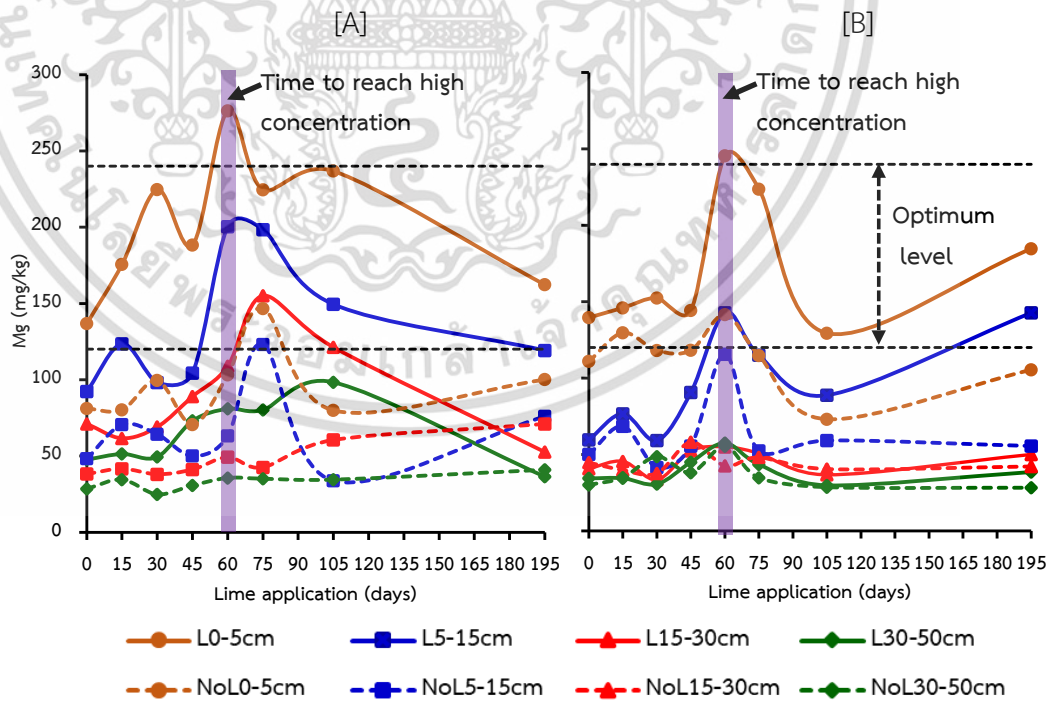


รูปที่ 4.27 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแคลเซียมตามระยะเวลาหลังเติมปูน [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

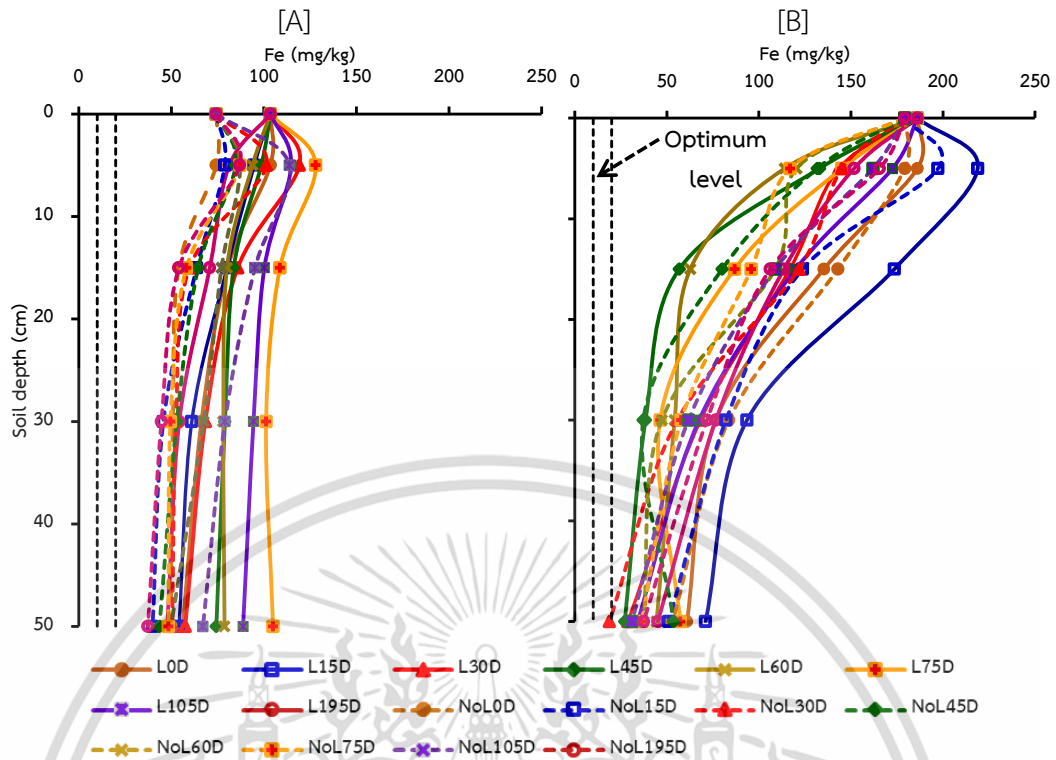


รูปที่ 4.28 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแมกนีเซียมตามระดับความลึกของดิน
 [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

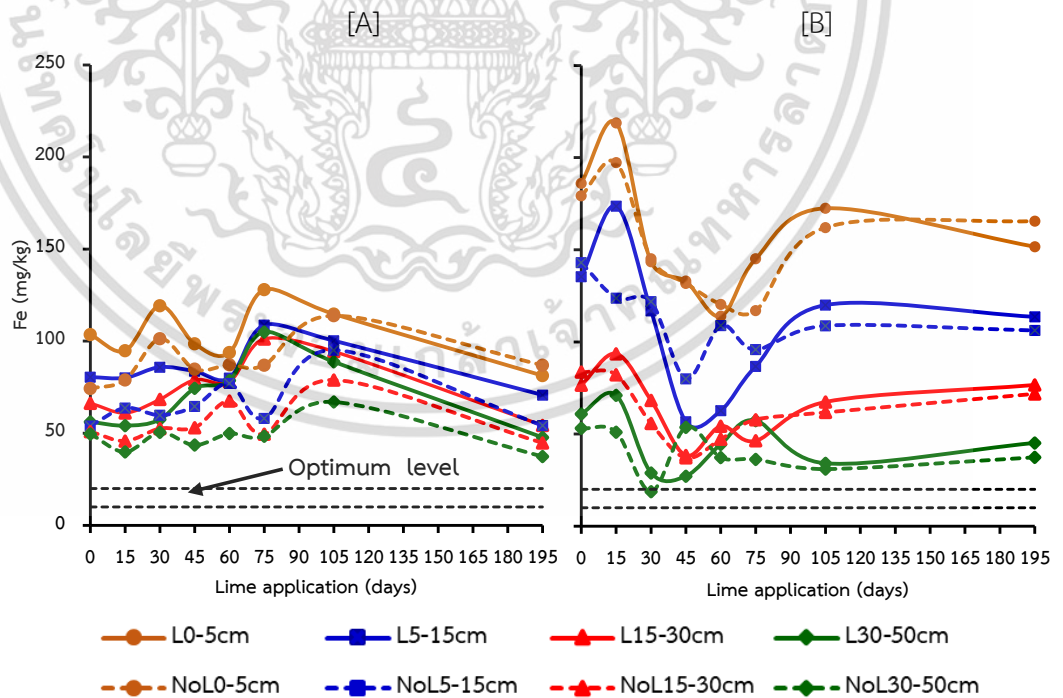


รูปที่ 4.29 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแมกนีเซียมตามระยะเวลาหลังเติมปูน
 [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

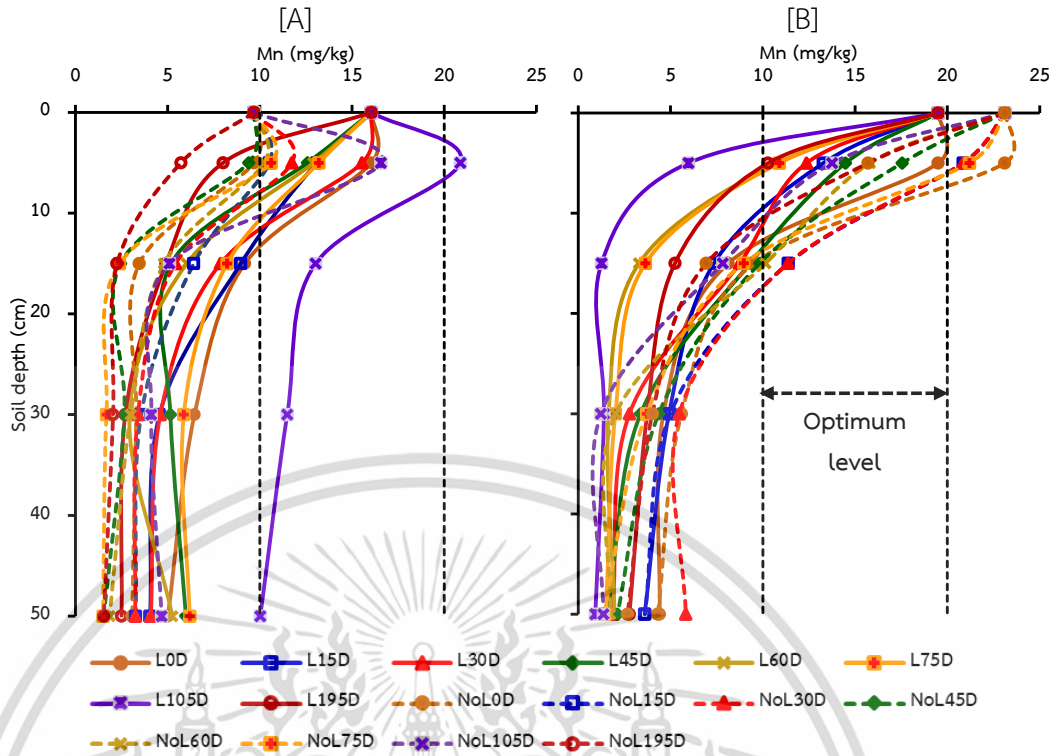


รูปที่ 4.30 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงเหล็กตามระดับความลึกของดิน [A] สวน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] สวน T (ดินเนื้อปานกลาง)

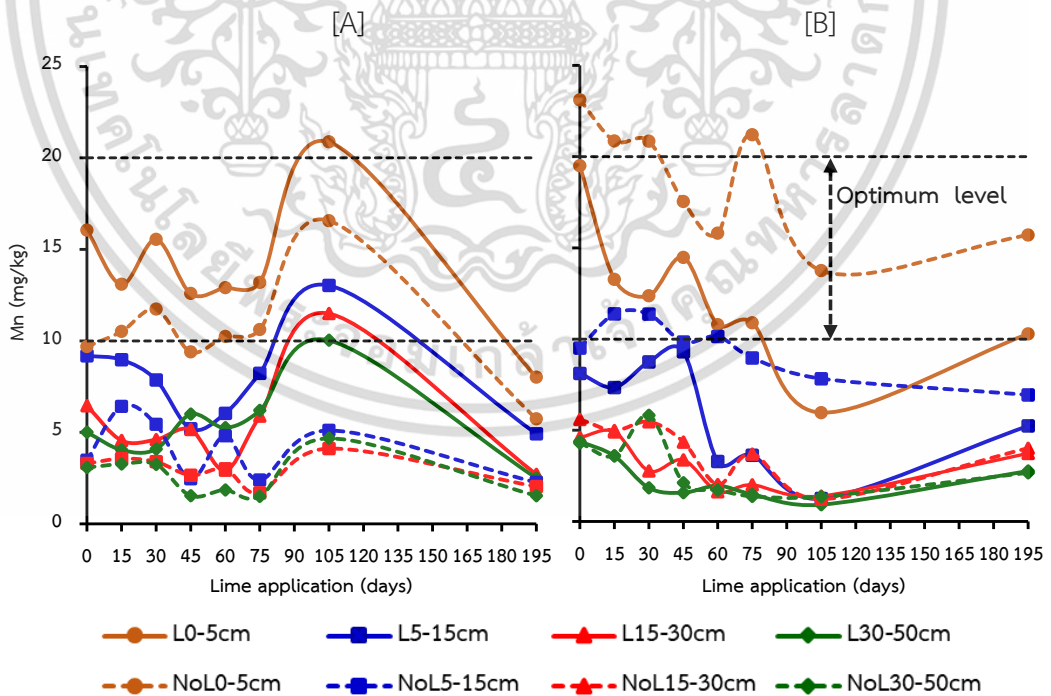


รูปที่ 4.31 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงเหล็กตามระยะเวลาหลังเติมปูน [A] สวน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] สวน T (ดินเนื้อปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

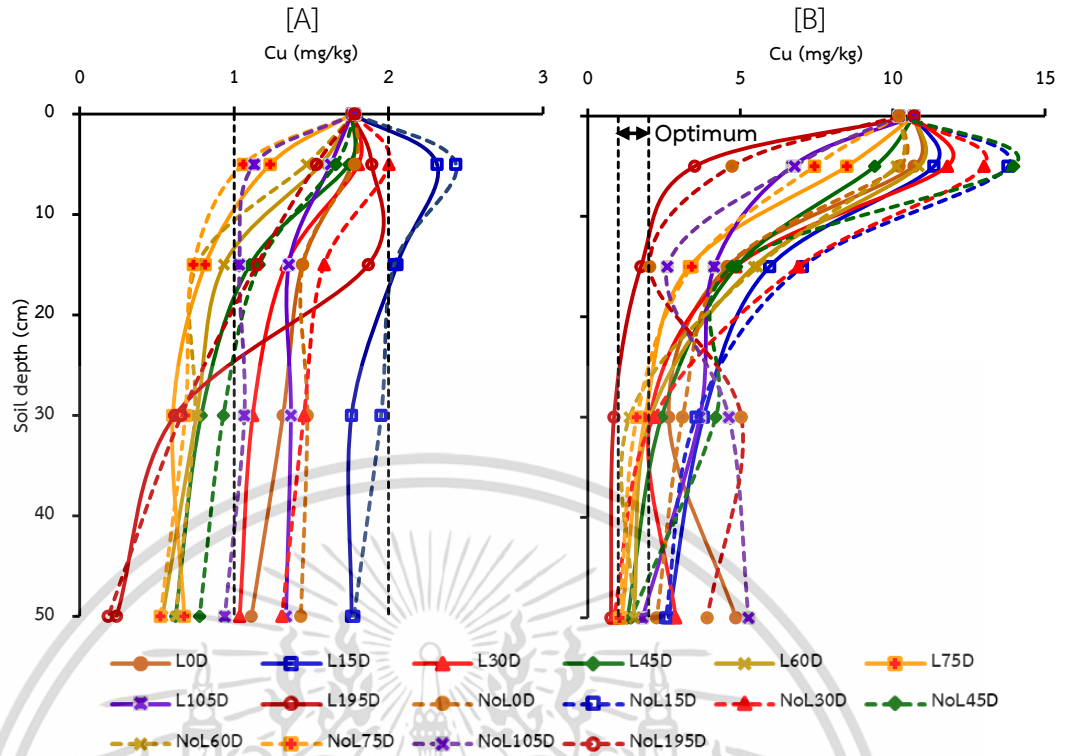


รูปที่ 4.32 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแมงกานีสตามระดับความลึกของดิน
 [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

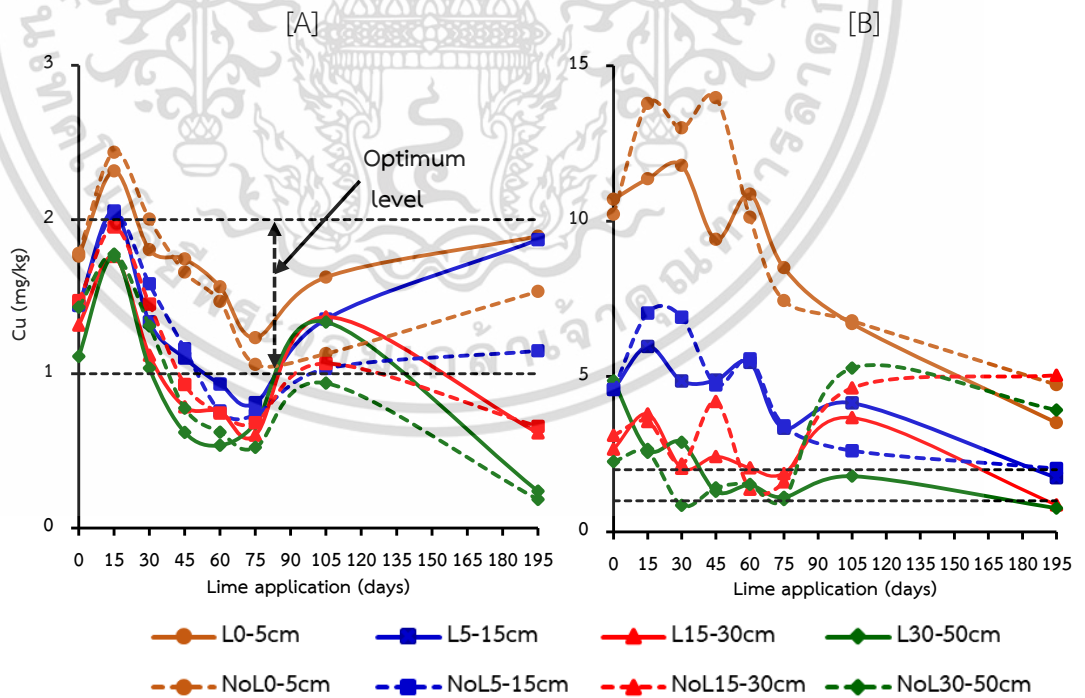


รูปที่ 4.33 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงแมงกานีสตามระยะเวลาหลังเติมปุ๋ย
 [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

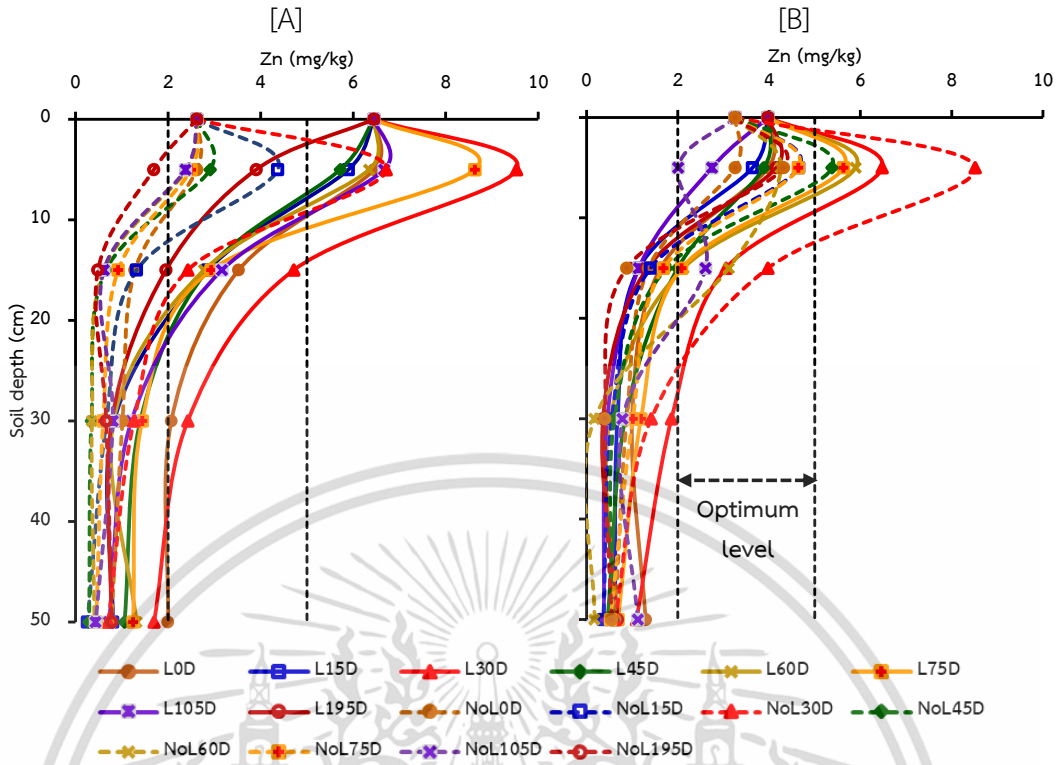


รูปที่ 4.34 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงทองแดงตามระดับความลึกของดิน
 [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

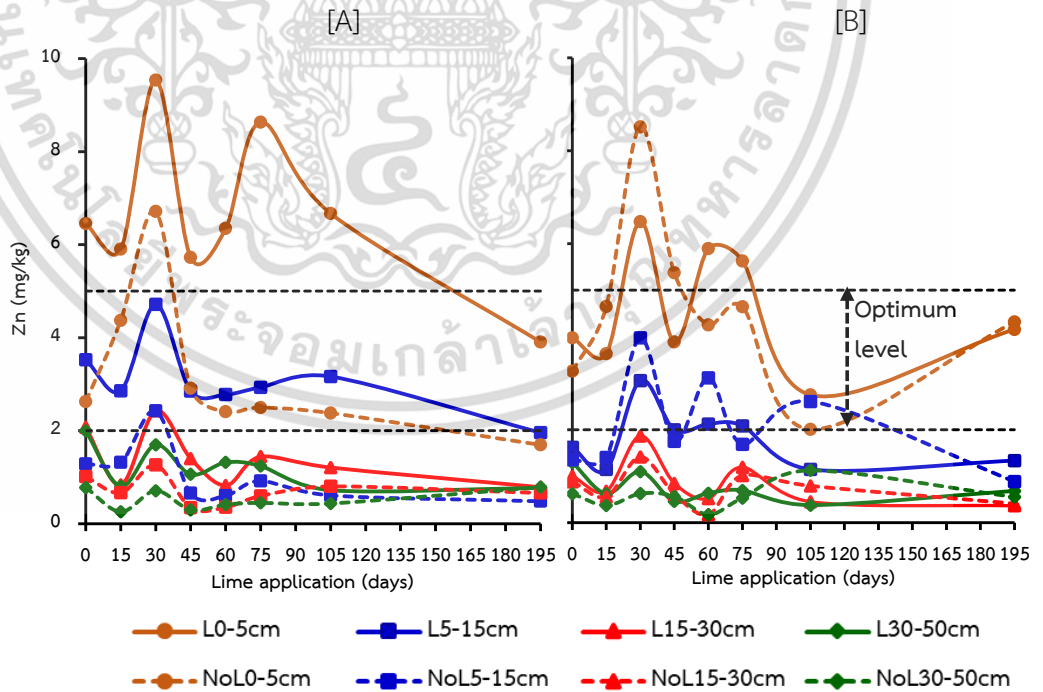


รูปที่ 4.35 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงทองแดงตามระยะเวลาหลังเติมปูน
 [A] ส่วน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] ส่วน T (ดินเนื้อปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

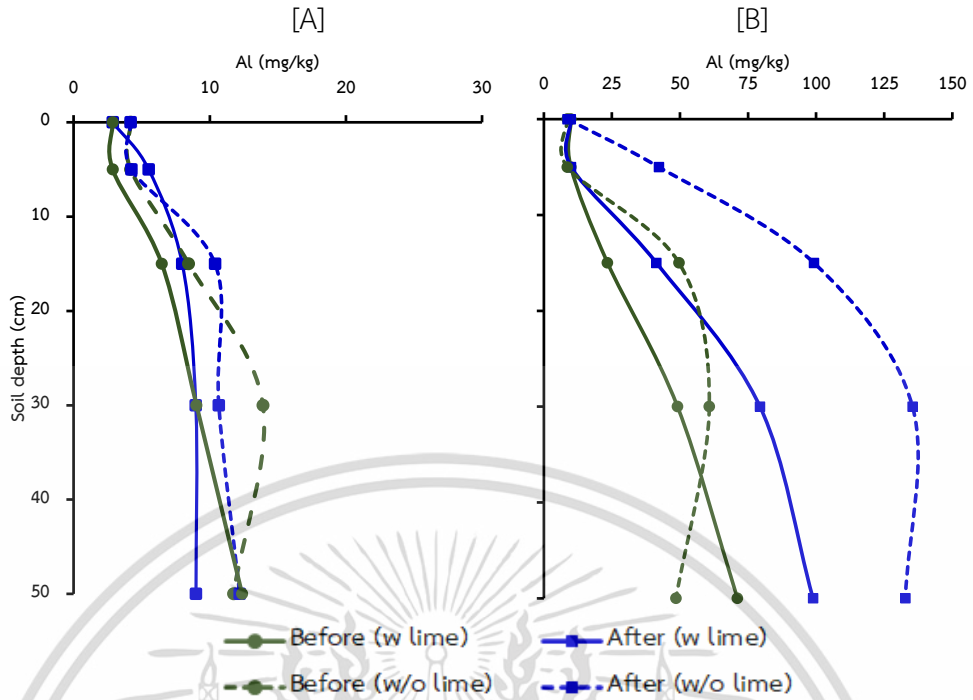


รูปที่ 4.36 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงสังกะสีตามระดับความลึกของดิน
 [A] สวน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] สวน T (ดินเนื้อปานกลาง)

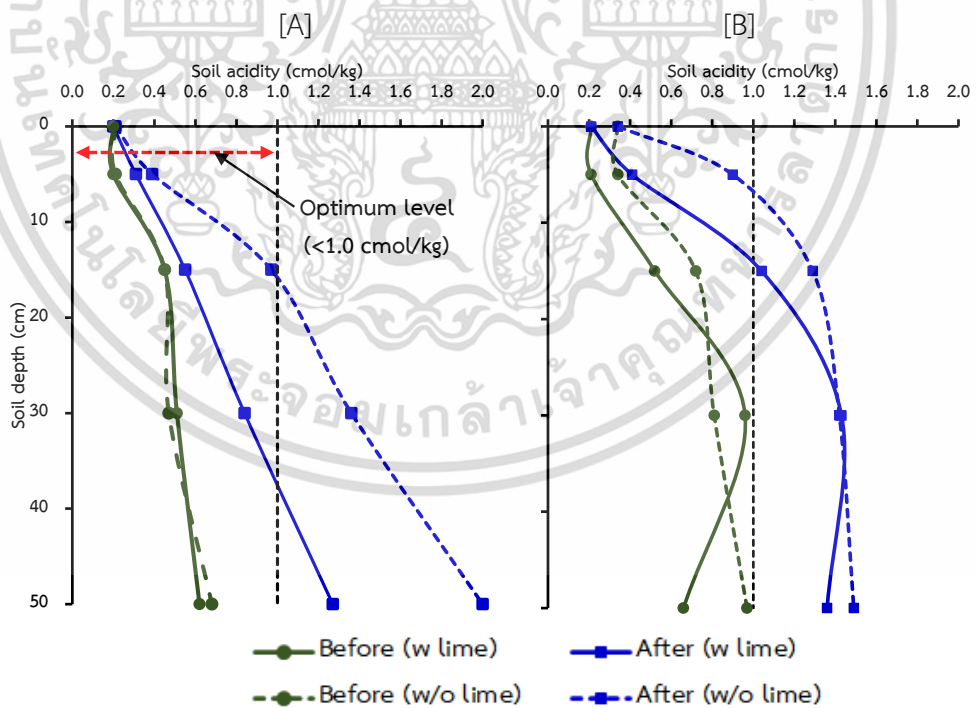


รูปที่ 4.37 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงสังกะสีตามระยะเวลาหลังเติมปูน
 [A] สวน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] สวน T (ดินเนื้อปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวนวไร้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.38 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้เปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง [A] สวน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] สวน T (ดินเนื้อปานกลาง)



รูปที่ 4.39 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อการเปลี่ยนแปลงกรดที่แลกเปลี่ยนได้เปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง [A] สวน C (ดินเนื้อละเอียด) และ [B] สวน T (ดินเนื้อปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อปริมาณธาตุอาหารในใบทุเรียน

เก็บตัวอย่างใบทุเรียนตามวิธีมาตรฐาน 2 ครั้งคือก่อนการทดลอง (ระยะหลังการเก็บเกี่ยว) และหลังการทดลอง (ระยะการสร้างใบครั้งที่ 2) โดยมีระยะเวลาดำเนินการ 195 วัน (6.5 เดือน) วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุ โดยได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

1) **ไนโตรเจน (N)** การเติมปุ๋ยไม่ส่งผลให้ปริมาณ N ในใบทุเรียนแตกต่างกันทั้ง 2 สวน (ตารางที่ 4.14 และ 4.15) ยกเว้นในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบว่าการไม่เติมปุ๋ยหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง (ตารางที่ 4.15) ทั้งนี้ขึ้นกับระยะการเจริญเติบโต ระยะการให้ผลผลิต และการจัดการธาตุอาหารในสวนของเกษตรกร นอกจากนี้สุมิตราและคณะ (2544) กล่าวว่า การตอบสนองของไม้ผลต่อปุ๋ยและปุ๋ยที่ใส่จะค่อนข้างช้า และอาจต้องใช้เวลาหลายปี เมื่อเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตมาตรฐาน (critical value, 2.0-2.4 %) พบว่าทั้ง 2 สวน อยู่ในระดับต่ำกว่าค่าวิกฤตมาตรฐานทั้งก่อนและหลังการทดลอง (รูปที่ 4.35 [A] และ 4.36 [A])

2) **ฟอสฟอรัส (P)** การเติมปุ๋ยไม่ส่งผลให้ปริมาณ P ในใบทุเรียนแตกต่างกันทั้ง 2 สวน (ตารางที่ 4.14 และ 4.15) แต่หลังการทดลองพบ P สูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ทั้งการเติมปุ๋ยและไม่เติมปุ๋ย ทั้งนี้เพราะการเก็บตัวอย่างใบก่อนการทดลองเป็นระยะหลังการเก็บเกี่ยว ที่มีการสูญเสียธาตุอาหารไปกับผลผลิต ส่วนการเก็บตัวอย่างใบหลังการทดลองเป็นระยะสร้างใบรอบที่ 2 ซึ่งเกษตรกรใส่ปุ๋ยเพื่อสะสมอาหารในใบในการเตรียมต้นทุเรียนสำหรับออกดอก ส่งผลให้มีธาตุอาหารในใบสูงกว่าใบก่อนการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตมาตรฐาน (0.15-0.25 %) พบว่าทั้ง 2 สวน อยู่ในระดับค่อนข้างเหมาะสม ถึงแม้ในระยะก่อนการทดลองจะพบ P อยู่ในระดับใกล้เคียงกับค่าต่ำสุดของค่าวิกฤตมาตรฐาน (รูปที่ 4.35 [B] และ 4.36 [B])

3) **โพแทสเซียม (K)** การเติมปุ๋ยส่งผลให้ปริมาณ K ในใบทุเรียนสูงกว่าการไม่เติมปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) แต่กลับไม่พบในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) (ตารางที่ 4.14 และ 4.15) และไม่พบความแตกต่างเช่นเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตมาตรฐาน (0.15-0.25 %) พบว่าทั้ง 2 สวน มีระดับที่ค่อนข้างต่ำ โดยใกล้เคียงกับค่าต่ำสุดของค่าวิกฤตมาตรฐาน (รูปที่ 4.35 [C] และ 4.36 [C])

4) **แคลเซียม (Ca)** การไม่เติมปุ๋ยส่งผลให้ปริมาณ Ca ในใบทุเรียนสูงกว่าการเติมปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) แต่กลับไม่พบในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) (ตารางที่ 4.14 และ 4.15) ปริมาณ Ca ในใบทุเรียนที่แตกต่างกันน่าจะเกิดเหตุผลเดียวกันกับการเพิ่มขึ้นของ P ในใบ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตมาตรฐาน (1.7-2.5 %) พบว่าในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) อยู่ในระดับค่อนข้างเหมาะสม แต่ในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบ Ca อยู่ในระดับใกล้เคียงกับค่าต่ำสุดของค่าวิกฤตมาตรฐาน (รูปที่ 4.35 [D] และ 4.36 [D])

5) แมกนีเซียม (Mg) การเติมปุ๋ยไม่ส่งผลให้ปริมาณ Mg ในใบทุเรียนแตกต่างกันทั้ง 2 สวน (ตารางที่ 4.14 และ 4.15) โดยพบว่าในใบหลังการทดลองมี Mg สูงกว่าก่อนการทดลอง ซึ่งน่าจะเกิดจากเหตุผลเดียวกันในการเพิ่มขึ้นของ P และ Ca เมื่อเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตมาตรฐาน (0.25-0.50 %) พบว่าทั้ง 2 สวนมีระดับ Mg ที่เหมาะสม (รูปที่ 4.35 [E] และ 4.36 [E])

6) กำมะถัน (S) การเติมปุ๋ยไม่ส่งผลให้ปริมาณ S ในใบทุเรียนแตกต่างกันทั้ง 2 สวน (ตารางที่ 4.14 และ 4.15) โดยพบปริมาณ S ในใบทุเรียนต่ำมากเมื่อเทียบกับค่าวิกฤตมาตรฐาน (0.23-0.25 %) (รูปที่ 4.35 [F] และ 4.36 [F])

7) จุลธาตุ (Fe Mn Cu Zn) ปริมาณจุลธาตุในใบทุเรียนค่อนข้างผันแปร ขึ้นกับการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบของเกษตรกร (ตารางที่ 4.14 และ 4.15) ในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) พบปริมาณจุลธาตุต่ำกว่าค่าวิกฤตมาตรฐาน หรือเข้าใกล้ค่าต่ำสุดของค่าวิกฤตมาตรฐาน (รูปที่ 4.35 [G] [H] [I] [J]) ส่วนในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบเฉพาะ Mn และ Fe ในใบหลังการทดลองเท่านั้นที่สูง นอกนั้นอยู่ในระดับต่ำ (รูปที่ 4.36 [G] [H] [I] [J])

8) โบรอน (B) พบในลักษณะเดียวกันกับจุลธาตุประจวบกับอื่นๆ (Fe Mn Cu Zn) คือค่อนข้างผันแปร ขึ้นกับการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบของเกษตรกร โดยปกติเกษตรกรจะฉีดพ่น Ca-B ในระยะการออกดอกเพื่อให้มีการผสมเกสรอย่างสมบูรณ์ (ตารางที่ 4.14 และ 4.15) พบปริมาณ B ใบของทั้ง 2 สวนอยู่ในระดับต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตมาตรฐาน (30-70 mg/kg) (รูปที่ 4.35 [L] และ 4.36 [L])

9) โมลิบดีนัม (Mo) และ นิกเกิล (Ni) ปริมาณ Mo และ Ni ในใบทุเรียนของทั้ง 2 สวนมีค่าค่อนข้างผันแปร และพบในปริมาณต่ำมาก โดยไม่สามารถวัดได้ในบางตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 4.14-4.15 และรูปที่ 4.35 [M] [N] และรูปที่ 4.36 [M] [N]

ตารางที่ 4.14 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อปริมาณธาตุอาหารในใบทุเรียนหมอนทองเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองในสวน C (ดินเนื้อละเอียด)

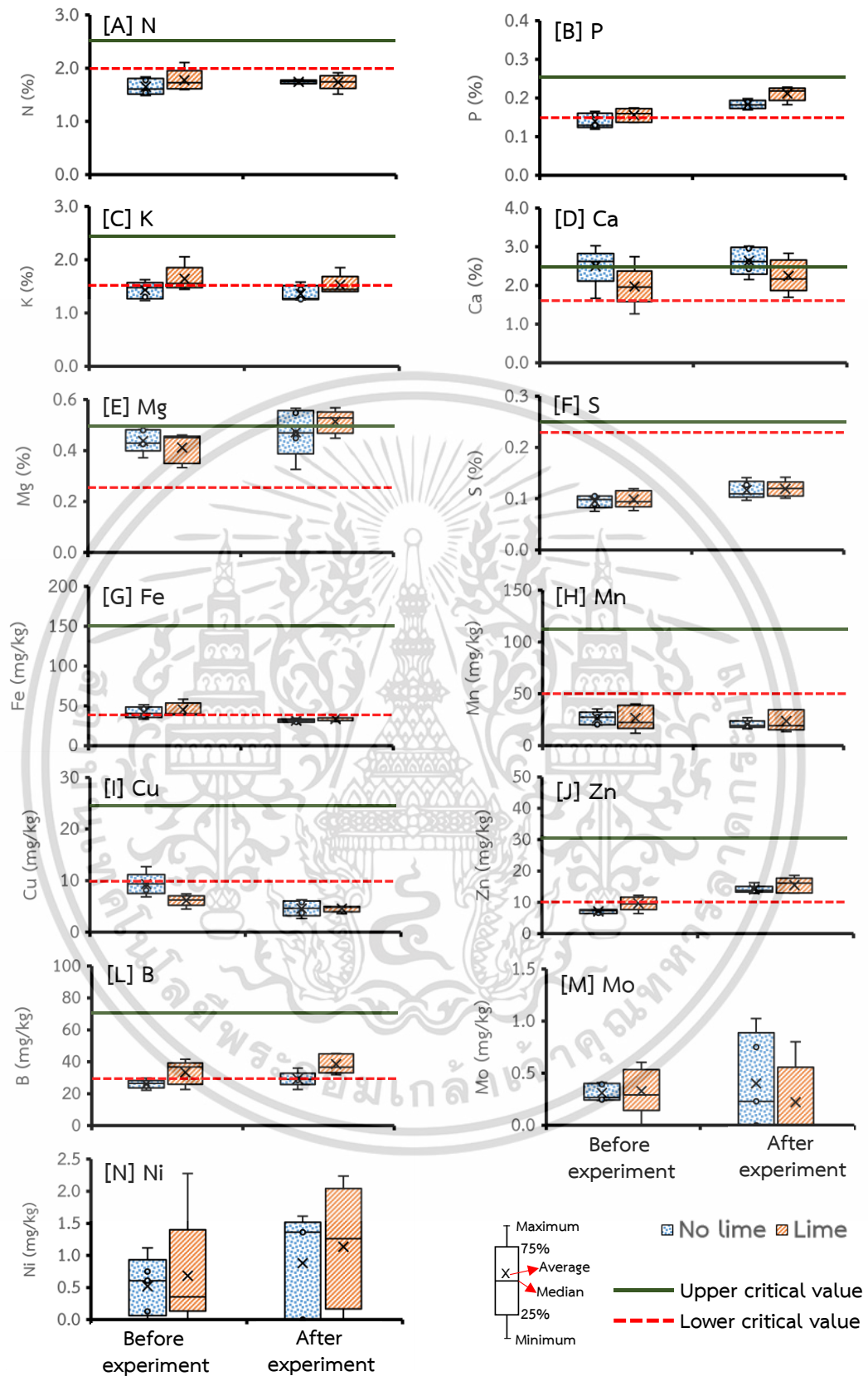
Nutrients contents (unit)	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo	Ni	
	<-----(-%)----->							<----- (mg/kg) ----->							
Applied lime															
No lime	1.69	0.161	1.39 B	2.56 A	0.454	0.105	0.029 B	36.6	23.4	6.97	10.5	27.6 B	0.445	0.999	
Lime	1.75	0.183	1.58 A	2.10 B	0.462	0.108	0.038 A	39.2	25.2	5.34	12.5	36.0 A	0.459	1.13	
t-test	ns ^{3/}	ns	*	*	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	
CV (%)	8.33	17.8	12.3	19.1	15.8	17.2	16.7	20.6	35	37.6	32.9	17.9	57.6	68.8	
Time of leaf sampling															
No lime	Before experiment	1.64	0.139 B	1.43	2.5	0.437	0.094	0.028	41.7 A	26.4	9.34 A	7.08 B	26.0	0.311	0.650 B
	After experiment	1.74	0.183 A	1.36	2.63	0.471	0.116	0.031	31.6 B	20.4	4.60 B	14.0 A	29.2	0.668	1.46 A
	t-test	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	**	**	ns	ns	*
	CV (%)	6.43	9.9	11.0	17.0	16.4	14.3	17.6	14.2	22.8	26.7	9.60	13.9	54.5	32.7
Lime	Before experiment	1.77	0.155 B ^{4/}	1.64	1.97	0.412 B	0.098	0.035	44.9 A	26.6	6.14 A	9.62 B	33.4	0.411	0.854
	After experiment	1.74	0.211 A	1.52	2.24	0.513 A	0.119	0.040	33.5 B	23.7	4.53 B	15.4 A	38.5	0.556	1.41
	t-test	ns	**1/	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	*	**	ns	ns	ns
	CV (%)	10.1	9.82	13.7	22.8	11.4	14.8	15.2	15.8	43.7	16.5	18.7	18.9	47.4	78.5

**1/ and ^{2/} significant differences at $p < 0.01$ and < 0.05 , ^{3/} ns = non-significant differences, ^{4/} means followed by same letter are not significantly differently

ตารางที่ 4.15 ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อปริมาณธาตุอาหารในใบทุเรียนหมอนทองเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง)

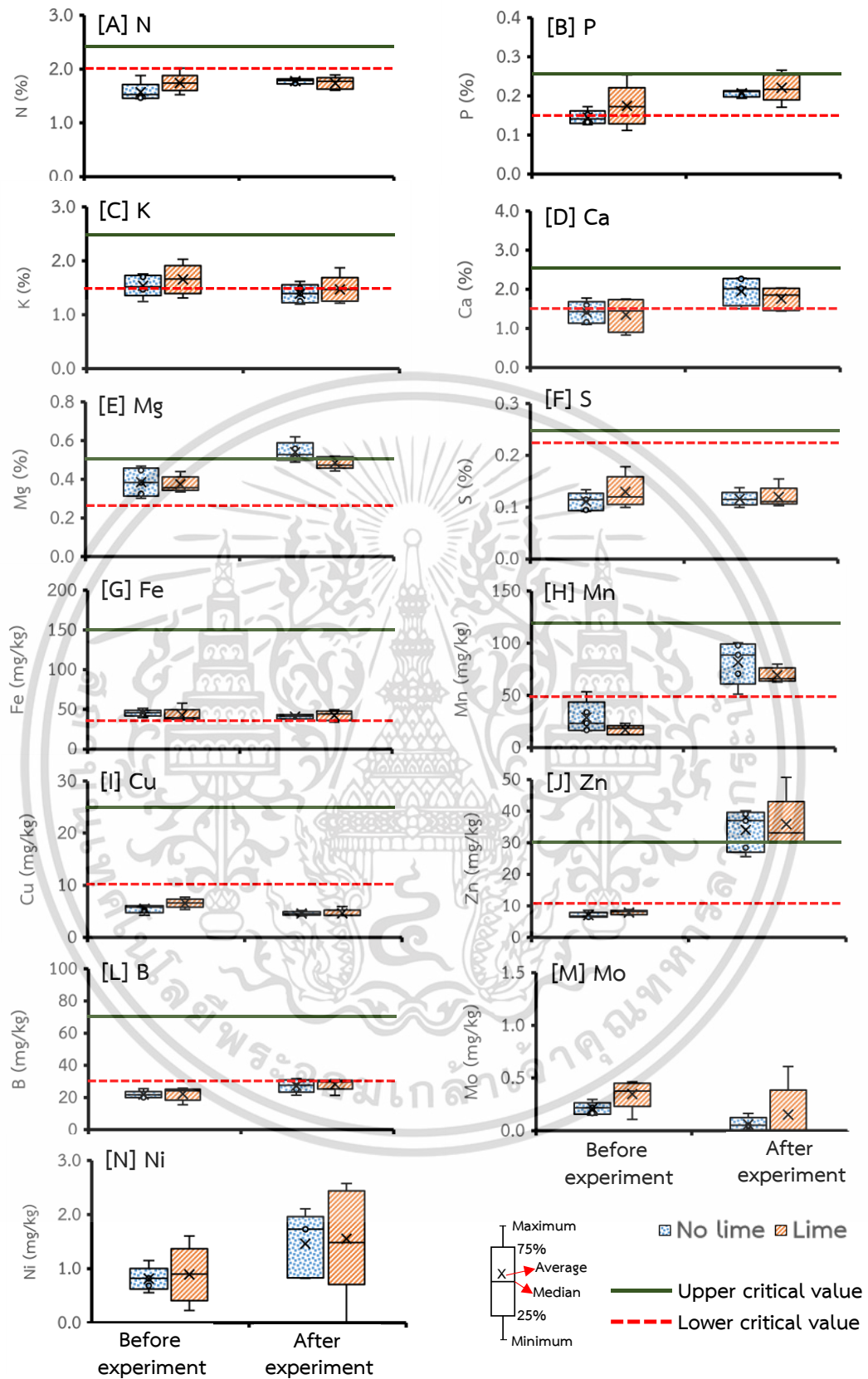
Nutrients contents (unit)	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo	Ni	
	<----- (%) ----->							<----- (mg/kg) ----->							
Applied lime															
No lime	1.67	0.175	1.46	1.67	0.462	0.113	0.031	43.1	55.2	5.03	20.5	24.5	0.171 B	1.14	
Lime	1.74	0.197	1.56	1.55	0.428	0.124	0.035	42.6	43.2	5.61	21.9	25.3	0.358 A	1.36	
t-test	ns ^{3/}	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	
CV (%)	8.87	22.9	15.5	25.3	19.3	17.5	12.4	13.4	62.1	19.7	72.3	18.6	51	52.3	
Time of leaf sampling															
	Before experiment	1.57 B	0.144 B ^{4/}	1.53	1.41 B	0.384 B	0.111	0.03	45.4	28.6 B	5.49 A	7.09 B	21.8 B	0.213 A	0.816
No lime	After experiment	1.77 A	0.206 A	1.39	1.94 A	0.540 A	0.116	0.033	40.8	81.7 A	4.57 B	34.0 A	27.2 A	0.101 B	1.46
	t-test	* ^{2/}	** ^{1/}	ns	*	**	ns	ns	ns	**	*	**	*	*	ns
	CV (%)	7.68	8.06	12.9	19.17	13.6	14	13.2	8.22	33.2	12.2	22.8	13.5	34.2	39.3
	Before experiment	1.74	0.174	1.65	1.34	0.373 B	0.129	0.034	42.8	17.0	6.58 A	7.92 B	22.2 B	0.348	0.893 B
Lime	After experiment	1.74	0.22	1.47	1.76	0.484 A	0.119	0.036	42.4	69.3 A	4.63 B	35.9 A	28.3 A	0.385	1.94 A
	t-test	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	**	**	**	*	ns	*
	CV (%)	8.58	22.9	17	23.2	8.5	20.9	11.3	17.5	13.8	14.3	27.7	16	52.9	40.3

^{**1/} and ^{*2/} significant differences at $p < 0.01$ and < 0.05 , ^{3/} ns = non-significant differences, ^{4/} means followed by same letter are not significantly differently



รูปที่ 4.40 ปริมาณธาตุอาหารในใบทุเรียนหมอนทองเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองในสวน C (ดินเนื้อละเอียด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.41 ปริมาณธาตุอาหารในใบทุเรียนหมอนทองเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง
ในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ดินสวน C เป็นดินเนื้อละเอียด ดินเป็นกรดปานกลาง (pH 5.93) ส่วนดินสวน T เป็นดินเนื้อปานกลาง ดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.99) ทั้ง 2 สวนมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงถึงสูงมาก ขณะที่ Ca และ Mg อยู่ในระดับต่ำมาก ความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในระดับไม่ส่งผลต่อรากพืช แต่ทั้ง 2 สวนมีอัตราการซึมผ่านของน้ำที่ค่อนข้างแตกต่างกัน คือค่อนข้างเร็ว (10 ซม./ชม.) สำหรับสวน C (ดินเนื้อละเอียด) และปานกลาง (2.73 ซม./ชม.) สำหรับสวน T (ดินเนื้อปานกลาง)

5.1.2 การเติมปูนโดโลไมท์ในสภาพแบบจำลองไลซิมิเตอร์สามารถยกระดับ pH ได้ 0.64 หน่วย pH ในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) และ 0.71 หน่วย pH ในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) และการเติมปูนในอัตรา 1.0 LR สามารถยกระดับ pH ได้ตามเป้าหมายของเกษตรกรในทั้ง 2 สวน (C target pH 6.5 และ T target pH 5.5) ตลอดความลึกของดิน (0-50 ซม.)

5.1.3 การเติมปูนสามารถเพิ่ม Ca ได้ 1.4-2.7 เท่า และสามารถเพิ่ม Mg ได้ 1.4-1.8 เท่า โดยเฉพาะการเติมปูน 1.5 LR สามารถเพิ่มปริมาณ Ca และ Mg 169% และ 160% ในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) 274% และ 185% ในสวน T (ดินเนื้อปานกลาง) ตามลำดับ

5.1.4 การเติมปูนในอัตราสูง ส่งผลให้โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีโอกาสถูกชะไปกับน้ำชะดินจนเลยเขตของรากพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเติมปูนในอัตรา 1.5 LR ภายใต้สภาพแบบจำลองไลซิมิเตอร์

5.1.5 หลังจากการเติมปูนพบว่าดินมีอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ และกรดที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง

5.1.6 การเติมปูนในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้ pH Ca และ Mg ในน้ำชะดินสูงขึ้น โดยเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งในการชะดิน

5.1.7 การเติมปูน 20% ของ LR ในสภาพสวนทุเรียนของเกษตรกรสามารถเพิ่ม pH ในสวน C (ดินเนื้อละเอียด) ได้ 0.36 หน่วย pH ใช้เวลา 3.5 เดือน และพบว่า pH สูงสุดในช่วง 0-30 ซม. สวน T (ดินเนื้อปานกลาง) พบว่าสามารถเพิ่ม pH ได้ 0.10 หน่วย pH ใช้เวลา 1.5 เดือน และพบว่า pH สูงสุดในชั้นดินบน (0-5 ซม.) เท่านั้น

5.1.8 การเติมปูนส่งผลให้ Ca และ Mg เพิ่มขึ้น 48.1% และ 103% โดยเพิ่มสูงสุดในระยะเวลา 2 เดือนหลังเติมปูนเป็นต้นไปในสวน C (เนื้อดินละเอียด) ในส่วนของสวน T (เนื้อดินปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณ Ca และ Mg เพิ่มขึ้น 22.0% และ 36.6% โดยเพิ่มสูงสุดในระยะเวลา 2 เดือนหลังเติมปุ๋ย เช่นเดียวกับสวน C (เนื้อดินละเอียด)

5.1.9 การเติมปุ๋ยโดโลไมท์ไม่ส่งผลต่อปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในดินสวน C (เนื้อดินละเอียด) แต่ส่งผลให้อะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสวน T (เนื้อดินปานกลาง) ลดลง ในทางกลับกัน การเติมปุ๋ยโดโลไมท์ส่งผลให้กรดที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสวน C (ดินเนื้อละเอียด) ลดลง แต่ไม่ส่งผลต่อกรดที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสวน T (ดินเนื้อปานกลาง)

5.1.10 การเติมปุ๋ยไม่ส่งผลให้อินทรีย์วัตถุในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โปแทสเซียม และจุลธาตุมีการเปลี่ยนแปลง การพบปริมาณธาตุอาหารในดินบนสูงกว่าดินล่าง เกิดจากการจัดการธาตุอาหารในดินของเกษตรกรที่ดำเนินการติดต่อกันเป็นเวลาหลายสิบปี นอกจากนี้ยังไม่พบการชะละลายของโปแทสเซียมลงไปในพื้นที่ดินลึก

5.1.11 การเติมปุ๋ยไม่ส่งผลต่อปริมาณธาตุอาหารในใบทุเรียนเนื่องจากปริมาณธาตุอาหารในใบทุเรียนขึ้นกับระยะเวลาการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของทุเรียน และที่สำคัญขึ้นกับการใส่ปุ๋ยทั้งทางดิน และการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 จากการทดลองการเติมปุ๋ยในไลซิมิเตอร์พบว่าในการชะดินครั้งที่ 10 โครงสร้างดินในไลซิมิเตอร์เกิดพังทลายถึงแม้ว่าจะมีการใช้ท่อ PVC เคลือบด้วยทรายมาแทนช่องว่างจากการเจาะดิน แล้วก็ตาม จากปัญหาที่พบจึงควรออกแบบไลซิมิเตอร์ให้ได้มาตรฐานโดยคำนึงถึงการรักษาโครงสร้างของดินแต่ละชั้น ให้คล้ายกับดินในสวนทุเรียนที่จำลองแม้จะเก็บดินในไลซิมิเตอร์หลายครั้งก็ตาม เช่น ออกแบบให้ขนาดของไลซิมิเตอร์ใหญ่ขึ้นและทำการเก็บดินให้คงสภาพหน้าตัดดินของสวนทุเรียน

5.2.2 ควรศึกษาการเติมปุ๋ยหลายปีติดต่อกันจนครบปริมาณ 1 LR และศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของ pH ในความลึกระดับเขตรากของพืชตลอดระยะเวลาการทดลอง

5.2.3 ควรศึกษาถึงการเติมปุ๋ยในสวนทุเรียนระยะเวลาหลายปีติดต่อกัน (อย่างน้อย 5 ปี) จนกว่าจะยกระดับ pH ตามที่เกษตรกรต้องการตลอดความลึกระดับเขตรากของพืช

5.2.4 ก่อนเติมปุ๋ยในสวนทุเรียนเกษตรกรควรวิเคราะห์ค่าความต้องการปุ๋ย เพื่อประเมินปริมาณปุ๋ยที่จะเติมให้ถูกต้อง ถ้าหากเติมปุ๋ยในอัตราที่มากเกินไปอาจเกิดสภาพเกินปุ๋ย จะส่งผลเสียต่อทุเรียนทั้งในเรื่องปริมาณธาตุอาหารที่ลดลง และกระบวนการเมแทบอลิซึมที่ดำเนินไม่สะดวก

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. **คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจการรับรองมาตรฐานสินค้า**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 31 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. 2544. **คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช**. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. หน้า18-113.
- กรมวิชาการเกษตร. 2547. **เอกสารวิชาการ ทูเรียน**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 154 หน้า.
- จงรักษ์ จันท์เจริญสุข. 2530. **ปฐพีวิทยา**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ชาติชาย ไชยช่วย และรัตนา ไชยช่วย. 2551. “ผลของอัตราปุ๋ยโดโลไมท์ที่มีต่อค่า pH และจุลินทรีย์ในดินที่ปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง.” **วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล**. 1(1): หน้า 9-28
- เทียนชัย สุวรรณเวช. 2539. **เคมีของดิน**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 213-234.
- ธนพจน์ จิระนันท์. 2560. **การศึกษาปริมาณน้ำฝนวิกฤตเพื่อการเตือนภัยลาดดินพิบัติ : กรณีศึกษา ต.คลองทราย อ.นาทวี จ.สงขลา**. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 86 หน้า.
- นุกูล ถวิลถึง ลำแพน ขวัญพูล ปานมนัส ศิริสมบุรณ์ และอนันตพร หรรษคณณัติ. 2563. **การพัฒนาวิธีวิเคราะห์ดินและพืชด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ และโปรแกรมสำเร็จรูปในการแปลผลเพื่อแนะนำการแปลผลอย่างแม่นยำในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพของทุเรียนหมอนทอง**. สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน). 240 หน้า.
- ไพบุลย์ ประพตติธรรม. 2528. **เคมีของดิน**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 210 หน้า
- ไพบุลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา. 2546. **เคมีดิน**. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 273 หน้า.
- ยงยุทธ โอสภสภาค สุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชัยสิทธิ์ ทองจุ. 2541. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ. : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 529 หน้า.
- ยงยุทธ โอสภสภาค. 2558. **ธาตุอาหารพืช**. กรุงเทพฯ. : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 548 หน้า.
- สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์. 2563. **ทุเรียน ราชอาณาจักรผลไม้ไทย ถูกใจคนต่างแดน**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

http://www.tpsoc.moc.go.th/sites/default/files/thueriyn_240863.pdf. (วันที่สืบค้น 11 ก.ย. 63).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2563**.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 227 หน้า.

สุมิตรา ภู่วโรตม นุกูล ถวิลถึง สมพิศ ไม้เรียง พิมล เกษสยาม และจิรพงษ์ ประสิทธิเชตร. 2544.

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการความต้องการธาตุอาหารและการแนะนำปุ๋ยในทุเรียน.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). 196 หน้า.

สุมิตรา ภู่วโรตม, พรทิวา กัญยวงศ์หา, นุจรี บุญแปลง และพิมล เกษสยาม. 2547. **รายงานวิจัยฉบับ**

สมบูรณ์โครงการการจัดการธาตุอาหารและการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยในสวนทุเรียน.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. (สกว.) 147 หน้า

อรรธรณ ฉัตรสีรุ่ง. 2551. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน Soil Fertility**. เชียงใหม่ :

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 253 หน้า.

Adams, F. 1984. Crop responses to lime in the southern United States. In: F Adams, ed. **Soil Acidity and Liming**, 2nd ed. Agronomy Monograph No 12. Madison, WI: American Society of Agronomy, pp 211–265.

Andre, A.C., Eduardo, C.F., Luiz, P.F., Shively, G.L., Jucimare, R. and Aghata, C.C. 2019. “Lime effects in a no-tillage system on Inceptisols in Southern Brazil.” **Geoderma Regional**. 16: e00206.

Arizzi, A. and Cultrone., G. 2012. “The Difference in behavior between calcitic and dolomitic lime mortars set under dry conditions: The relationship between textural and physical-mechanical properties.” **Cement and Concrete Research**. 42: 818-826.

Ball, D.F. 1964. “Loss-on-ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in non-calcareous soils.” **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**. 15: 84–92.

Belkacem, C. and Nys, C. 1997. “Effects of liming and gypsum regimes on chemical characteristics of an acid forest soil and its leachates.” **Annals of Forest Science**. 54: 169-180.

Bolan, S., Curtin, D. and Adriano, D.C. 2005. **Acidity Encyclopedia of Soils in the Environment**. Academic Press. Amsterdam. 669 p.

Bray, R.H. and Kurtz, L.T. 1945. “Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils.” **Soil Science**. 59: 39-45.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Brown, P.H. 1994. Seasonal variations in fig (*Ficus carica* L.) leaf nutrient concentrations. **Hort Science**. 29: 871-873.
- Byay, P.C. 2007. **Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture**. New York. 83 p.
- Chang, S.S., Huang W.T., Lian S. and Wu W.L. 1992. **Research on leaf diagnosis as guides to fertilization recommendation for citrus orchards in Taiwan**. pp. 167-195. in: Annual Research Reports on Soils and Fertilizers 81. Published by the Provincial Department of Agriculture and Forestry, Taiwan, R.O.C.
- Danilo, S.R., Tales, T., Renan, G., Mohsin, Z. and Gustavo, B. 2018. “Residual effect of surface-applied lime on soil acidity properties in a longterm experiment under no-till in a Southern Brazilian sandy Ultisol”. **Geoderma**. 313: 7-16.
- Diczbalis, Y. and Westerhuis, D. 2005. **Durian and Mangosteen Orchards-north Queensland nutrition survey**. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation, Australian Government. RIRDC Publication No 05/163. 72 p.
- Doak, B.W. 1941. **Movement and loss of lime from a soil under pasture**. NZ J Sci Technol. 22(5a): 263-278.
- Eduardo, V., Benitoa, M., Navasa, M., Espejoa, R., Pinesb, N. and Teutscherova, N. 2019. “The interactive effect of no-tillage and liming on gross N transformation rates during the summer fallow in an acid Mediterranean soil”. **Soil and Tillage Research**. 194: 104297
- Farina, M.P. and Channon, P. 1988. “Acid-subsoil amelioration: II. Gypsum effects on growth and subsoil chemical properties”. **Soil Science Society of America Journal**. 52: 175-180.
- Gachene, C.K. and Kimaru, G. 2003. **Soil Fertility and Land Productivity : A Guide for Extension Workers in the Eastern Africa region**. Technical Handbook No 30. Kenya. 71 p.
- Glendinning, J.S. 1999. **Australian Soil Fertility Manual**. Fertilizer Industry Federation of Australia. Australia. 11 p.

- Guangdi, D. L., Mark., C., Keith, R.H., Chris, J.L., Graeme, J.P. and Brian, R.C. 2019. “Long-term surface application of lime ameliorates subsurface soil acidity in the mixed farming zone of south-eastern Australia”. **Geoderma**. 338: 236-246.
- Helyar, K.R. 1999. Subsoil constraints to plant production attributable to soil acidity. **Innovative Approaches to Overcoming Subsoil Constraints**. GRDC Workshop, Canberra.
- Jackson, M.L. 1958. **Soil Chemical Analysis**. Englewood Cliff. New Jersey.
- Jones, J.B., Wolf, Jr. B. and Mills, H.A. 1991. **Plant Analysis Handbook**. Micro-Macro Publishing, Athens, Ga.
- Koo, R.C.P. and Young, T.W. 1977. “Effects of age, position and fruiting status on mineral composition of Tonnage avocado leaves”. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 102: 311-313.
- Kotur, S.C. and Singh, H.P. 1993. “Leaf-sampling technique in litchi (*Litchi chinensis*)”. **Ind. J. Hort.** 63: 632-638.
- Menzel, R. G., Jung, P.K., Ryu, K.S. and Um, K.T. 1987. “Estimating soil erosion losses in Korea with fallout caesium-137”. **Applied Radiation and Isotopes**. 38 (6): 451-454.
- Moody, P.W. and Aitken, R.L. 1995. Soil acidification and lime use in some agricultural systems in Queensland, Australia. In: RA Date, NJ Grundon, GE Rayment, ME Probert, eds. **Plant-Soil Interactions at Low pH**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. pp 749-752.
- O'Neal, A. M. 1952. A key for estimating soil permeability by means of field clues. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 16: 312-315.
- Reynolds, W.D. 1993. **Soil Sampling and Methods of Analysis, Part 3**. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers. p. 52-32.
- Ridley, A.M. 1995. **A study of factors governing the rate of soil acidification under subterranean clover based perennial and annual grass pastures**. Ph.D. thesis, University of Melbourne, Melbourne, Australia.
- Ridley, A.M., Slattery, W.J. and Helyar, K.R. 1990. “A Cowling. The importance of the carbon cycle to acidification of a grazed annual pasture”. **Aust J Exp Agric** 30: 529-537.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Sandra, M.V.F., Osmar, H.C.P., Tales, R.C., Renato, P.M. and Bayer, C. 2019. "Effect of gypsum rates and lime with different reactivity on soil acidity and crop grain yields in a subtropical Oxisol under no-tillage." **Soil and Tillage Research**. 193: 27-41.
- Sparks, D.L. 1995. **Environmental Soil Chemistry**. Academic Press, Inc., California.
- Summer, M.E. 1994. **Amelioration of subsoil acidity with minimum disturbance**. In: N.S. Jayawardane, B.A. Stewart, eds. *Subsoil Management Techniques*. Boca Raton, FL: Lewis Publishers, pp 147–185.
- Tuanhui, X., Yunyun, L., Haixia, D., Yuting, L., Mingkuan, W. and Wong, G. 2019. "Effects and mechanisms on the reduction of lead accumulation in rice grains through lime amendment." **Ecotoxicology and Environmental Safety**. 137: 266-272.
- USDA 1987. *Soil Mechanics Level I. Module 3 – USDA Textural Soil Classification. Study Guide*. USDA, **Soil Conservation Service**. Stillwater, OK, USA.
- Wheeler, D.M. 1997. **Predicting the change in pH at various depths 5 years after surface application of lime for some New Zealand subsoils**. *NZ Soil News* 45 :21–25.
- Wheeler, D.M. 1997. **Temporal changes in some chemical properties at four depths following the surface application of lime**. *NZ J Agric Res* 40 :309–316, 1997.
- Whitten, M.G., Wong, M.T. and Rate, A.W. 2000. "Amelioration of subsurface acidity in the south-west of Western Australia: Downward movement and mass balance of surface incorporated lime after 2-15 years". **Australian Journal of Soil Research**. 38: 711-728.
- Zen-hydroponics. 2019. **ค่า pH (Potential of Hydrogen ion)**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://zen-hydroponics.blogspot.com/2014/06/ph-ec.html>. (วันที่สืบค้น 11 ก.ย. 63).



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก 1. การวิเคราะห์สมบัติตัวอย่างดิน

ภาคผนวก 1.1 การวิเคราะห์ความเป็นกรดต่างของดิน (pH) (ดิน:น้ำ= 1:1)

ชั่งดิน 10 กรัม ใส่ลงในกระป๋องพลาสติกขนาด 100 มล. เติมน้ำ 10 มล. เขย่าให้เข้ากันโดยใช้เครื่องเขย่า (Shaker NO.8315) เขย่าติดต่อกันนาน 30 นาที (180 รอบต่อนาที) วัดค่า pH ด้วย pH meter ที่ standardize แล้ว

ภาคผนวก 1.2 การวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC) (ดิน:น้ำ= 1:5)

ชั่งดิน 10 กรัม ใส่ในกระป๋องพลาสติกขนาด 100 มล. เติมน้ำ 40 มล. เขย่าให้เข้ากันโดยใช้เครื่องเขย่า (Shaker NO.8315) เขย่าติดต่อกันนาน 30 นาที (180 รอบต่อนาที) นำไปวัดค่าความนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง EC meter

ภาคผนวก 1.3 การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available phosphorus, P)

วิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินโดยใช้น้ำยาสกัด Bray II สกัดดินโดยชั่งดิน 2.5xx กรัม ใส่ Erlenmeyer flask ขนาด 125 มล. เติมน้ำยาสกัด Bray II ลงไป 25 มล. (อัตราส่วนดิน : น้ำยาสกัด = 1:10) เขย่าด้วยมือ เป็นเวลา 40 วินาทีและกรองทันทีด้วยกระดาษกรองเบอร์ 2 เก็บสารละลายที่ได้ (Aliquot) ไว้ สารละลายที่กรองได้ (extractant) ต้องใสไม่ขุ่น นำสารละลายที่ได้ (Aliquot) มา develop สี โดยปิเปตสารละลาย (Aliquot) ที่กรองได้ 1-10 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 25 มล. (ขึ้นอยู่กับปริมาณ P ใน aliquot ถ้า develop สี แล้วมีสีเข้มหรือจางเกินไปให้ลดหรือเพิ่มปริมาณ aliquot ตามความเหมาะสม) เติมน้ำกลั่นประมาณ 5 มล. แล้วเติมน้ำยา ascorbic acid 4 มล. เขย่าให้เข้ากัน เมื่อเกิดสีน้ำเงิน เติมน้ำเพื่อปรับให้ปริมาตรสุดท้ายของสารละลาย (final volume) เท่ากับ 25 มล. เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที จะได้สารละลายสีน้ำเงินที่คงที่นาน 24 ชม. วัดค่า % transmittance ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ wavelength 882 nm แล้วอ่านค่าความเข้มข้นของ P ในสารละลายจาก Standard curve การทำ Standard curve ของ P เตรียม Standard phosphorous 5 ml P/L โดยใช้ Standard phosphorous 100 ml P/L มาเจือจางลง 20 เท่า ปิเปต Standard phosphorous 5 ml P/L จำนวน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มล. ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 25 มล. เติมน้ำกลั่นลงไป 4 มล. และเติมน้ำกลั่นลงไปเพื่อปรับปริมาตรเป็น 25 มล. เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที (สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นของ P เท่ากับ 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 ml P/L)

ภาคผนวก 1.4 การวิเคราะห์เบสที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Potassium: K, Calcium: Ca และ Magnesium: Mg)

วิเคราะห์เบสที่แลกเปลี่ยนได้ (K^+ , Ca^{2+} และ Mg^{2+}) ในดิน โดยชั่งตัวอย่างดิน 2.50 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มล. เติมน้ำยาสกัด NH_4OAc ลงไป 25 มล. เขย่าติดต่อกันนาน 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาที (180 รอบต่อนาที) กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 2 สารละลายนี้ใช้วัด K^+ , Ca^{2+} และ Mg^{2+} โดยวิธี atomic absorption spectrophotometer ซึ่งสารละลายที่ได้ยังไม่สามารถวัดในวันนั้น ให้เก็บไว้ในตู้เย็น

ภาคผนวก 1.5 การวิเคราะห์จุลธาตุในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (Iron: Fe, Manganese: Mn, Copper: Cu และ Zinc: Zn)

วิเคราะห์จุลธาตุ (Fe, Mn, Cu, Zn) ในดินซึ่งตัวอย่างดิน 10 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มล. เติมน้ำยาสกัด DTPA ลงไป 20 มล. เขย่าติดต่อกันนาน 120 นาที (120 รอบต่อนาที) กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 2 สารละลายนี้ใช้วัด Fe, Mn, Cu และ Zn โดยวิธี atomic absorption spectrophotometer ซึ่งสารละลายที่ได้ยังไม่สามารถวัดในวันนั้น ให้เก็บไว้ในตู้เย็น

ภาคผนวก 1.6 ความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Soil acidity)

ชั่งดิน 5-10 กรัม ใส่ในขวดขนาด 125 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 1 N KCl ประมาณ 50 มิลลิลิตร ที่งัวข้ามคั้น กรองโดยใช้ Buchner funnel ล้างดินด้วย 1 N KCl 3-4 ครั้งปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตกับ 0.1 N NaOH คำนวณจากสูตร

ความเป็นกรดที่สกัดได้ = $[(A-B) \times N1 \times 100] / W$

เมื่อ A = ปริมาตรของ NaOH ที่ไทเทรต

B = Blank

N1 = ความเข้มข้นของ NaOH ที่ไทเทรต

W = น้ำหนักของดิน

ภาคผนวก 1.7 อะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Extract Al)

ชั่งดิน (ภาคตะกอน หรือดินตะกอน) 5.000 กรัม ใส่ในหลอด polyethylene ขนาด 100 มล. เติม 1N KCl 50 มล. ปิดจุกให้สนิท เขย่านาน 30 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 เตรียมชุด standard Al 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1 μg Al/ml. สำหรับสารละลายตัวอย่างดิน ตูตตัวอย่างละประมาณ 5 หรือ 10 มล. (ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ Al ที่คาดว่าจะมีในดิน) ใส่ใน volumetric flask ขนาด 25 มล. ปรับ pH สารละลายให้อยู่ประมาณ 2-3 โดยการเติม 1N HCl ประมาณ 1-2 มล. จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไป 5 มล. เติม ascorbic acid 0.5% ประมาณ 0.5 มล. นำ volumetric flask ที่มีสารละลายไปต้มใน water bath ที่อุณหภูมิ 80-90 °C นาน 30 นาที ยกกรองให้เย็น เมื่อสารละลายเย็นแล้วเติม aluminon-acetate buffer ลงไป 5 มล. เขย่าให้เข้ากัน ปรับปริมาตรเป็น 25 มล. ตั้งทิ้งไว้ 2 ชม. แล้ววัดด้วย spectrophotometer ที่ wavelength 530 nm เปรียบค่าจากสารละลายมาตรฐาน โดยคำนวณจากสูตร

$$\mu\text{g Al/g} = \mu\text{g Al/ml จาก standard curve} \times \frac{\text{final extraction volume}}{\text{wt. of soil}} \times \frac{\text{final volume}}{\text{aliquot}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก 1.8 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อดินโดยใช้วิธี Hydrometer method

อบตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 mm ใช้อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชม. หรือนำน้ำหนักที่ นำตัวอย่างดินที่ซั่งแล้วใส่ใน desiccator ทิ้งไว้จนตัวอย่างดินเย็น ต่อมานำตัวอย่างดินที่เย็นแล้วใส่ลงใน beaker ขนาด 600 ml 2 ใบๆ ละ 50 g (ถ้าเป็นดินเหนียวใช้ดิน 100 g) เติมน้ำกลั่น 100 ml ในตัวอย่างดิน คนให้ดินและน้ำเข้ากันดี เติมสารละลาย 30% H₂O₂ ลงไปช้าๆ ครั้งละ 5-10 mL ดินจะมีปฏิกิริยา (เกิดฟองแก๊ส) เติมน้ำจนสีจางลง และไม่แสดงปฏิกิริยาอีก ยกขึ้นตั้งบน hot plate ไล่ H₂O₂ ที่เหลืออยู่จนหมด (ประมาณไม่น้อยกว่า 1 ชม.) นำตัวอย่างดินใน beaker ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 °C จนแห้ง นำไปซั่งน้ำหนักของดินที่ไล่อินทรีย์วัตถุออกหมดแล้ว (เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณ) นำ beaker ที่ 2 เติมสารละลาย Calgon ลงไป 100 ml เติมน้ำกลั่น 100 ml ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที เป็นอย่างต่ำ เพื่อให้ของเหลวแทรกซึมเข้าไปในดินได้ทั่วถึง ถ่ายตัวอย่างดินทั้งหมดลงใน dispersion cup โดยใช้ป้ายาล้างจานจนไม่มีดินติดอยู่ที่ beaker กวนด้วยเครื่องกวนประมาณ 5 นาที (ไม่ควรกวนนานเกิน 5 นาที เพราะอาจทำให้อนุภาคดินขนาดใหญ่แตก อาจทำให้ผลวิเคราะห์เกิดความคลาดเคลื่อน) หรือกวนด้วยแท่งแก้วจนกระทั่งอนุภาคของดินที่จับกันอยู่ กระจายเป็นอนุภาคอิสระแต่ละอนุภาค แล้วถ่ายลงใน Bouyoucos jar ล้างดินใน dispersion cup ให้หมด ถ่ายลงใน Bouyoucos jar ค่อยๆ หย่อน Hydrometer ลงใน Bouyoucos jar เติมน้ำให้ถึงขีด 1,130 mL (ถ้าใช้ตัวอย่างดิน 100 g เติมน้ำถึงขีด 1,205 mL) เติมสารละลาย 5% Calgon 100 mL ลงใน Bouyoucos jar อีกใบ เติมน้ำ 100-200 ml ค่อยๆ หย่อน hydrometer ลงไป เติมน้ำจนถึงขีด 1,130 mL (ถ้าใช้ตัวอย่างดิน 100 g เติมน้ำถึงขีด 1,205 mL) ยก Hydrometer ออก กวนสารแขวนลอยตัวอย่างใน Bouyoucos jar ประมาณ 20-25 ครั้ง เมื่อถึงเวลา 40 วินาที บันทึกค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer ที่หย่อนลงไป วัดอุณหภูมิของสารแขวนลอยดิน บันทึกไว้ กวนสารละลาย Calgon เมื่อถึงเวลา 20 วินาที หย่อน Hydrometer ลงในสารละลาย และอ่านค่าของสารละลาย Calgon เมื่อถึงเวลา 40 วินาที บันทึกค่าที่อ่านได้อีกครั้ง วัดอุณหภูมิของสารละลาย Calgon บันทึกไว้ เมื่อเวลาครบ 2 ชั่วโมง ให้วัดค่าของสารแขวนลอยดิน อุณหภูมิ และวัดค่าของสารละลาย Calgon และอุณหภูมิ จดบันทึกไว้ ทำการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคดิน และนำไปเข้า Diagram สามเหลี่ยมเพื่อหาประเภทของเนื้อดิน ตามวิธีมาตรฐานในคู่มือการวิเคราะห์ดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า

ภาคผนวก 1.9 วิธีวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุของดิน (Organic matter, OM) โดยวิธี Loss of Ignition

อบ Crucible เปล่าที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปใส่ desiccator รอให้เย็นที่อุณหภูมิห้องซั่งน้ำหนัก Crucible เปล่า (B) ซั่งน้ำหนักตัวอย่างดิน 5.0000 กรัม ใส่ Crucible ด้วยเครื่องซั่ง 4 ตำแหน่ง แล้วนำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 4 ชั่วโมง นำออกจากเตารอบให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใน desiccators แล้วซั่งน้ำหนัก (A) นำไปเผาที่อุณหภูมิ 400 °C นาน 4 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเครื่อง muffle furnace นำออกจากเตาอบให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใน dessicator แล้วชั่งน้ำหนัก (C) นำข้อมูลมาคำนวณหาค่า OM โดยใช้สูตร $OM\% = ((A-B)-(C-B) \times 100)/A$

ภาคผนวก 1.10 วิธีวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน (Soil Bulk Density)

เก็บดินโดยใช้ undisturbed soil core โดยใช้กระบอกลโลหะเจาะลงไปดินตามความลึกที่ต้องการแล้วปาดหน้าดินทั้ง 2 ด้านให้เรียบ ชั่งน้ำหนักของกระบอกลที่ดินบรรจุอยู่ ($W_{sw}+W_a$) นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ (W_s+W_a) ชั่งน้ำหนักกระบอกลโลหะเปล่า (W_a) พร้อมด้วยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวกระบอกลแล้วคำนวณหาปริมาตรของกระบอกล (V_s) และคำนวณตามสูตร ความหนาแน่นรวม = $[(W_s+W_a)-W_a] / V_s$

ภาคผนวก 1.11 วิธีวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยโดยวิธีของ Viech

ชั่งดินกรดที่ต้องการจะหาความต้องการปุ๋ยลงในปีคเกอร์ ใบละ 20 กรัม เติมสารละลาย 0.005 N $Ca(OH)_2$ ลงในปีคเกอร์แต่ละใบโดยเติม 15 20 25 30 และ 35 ml ลงในปีคเกอร์แต่ละใบ จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้ของเหลวในปีคเกอร์มีปริมาตร 35 ml นำปีคเกอร์ทั้ง 5 ใบตั้งบน Hot plate จนดินในปีคเกอร์แห้งจึงยกลงและทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเติมน้ำกลั่น 20 ml ทิ้งให้ตกตะกอนและนำมาวัด pH จากนั้นนำค่า pH มาพล็อตกราฟ กราฟที่ได้จะเป็นกราฟปริมาณของ $Ca(OH)_2$ ที่ต้องใช้ในการทำให้ pH ของดินยกระดับตามค่าที่ต้องการซึ่งคำนวณได้จากตารางภาคผนวกที่ 1

ตารางภาคผนวกที่ 1 ปริมาณของ $Ca(OH)_2$ ที่ต้องใช้ในการทำให้ pH ของดินยกระดับตามค่าที่ต้องการ (สมการที่ได้จากกราฟ)

สวน ^{1/}	ชั้นดิน (ซม.)	สมการจากกราฟ
C	0-5	$y = 5.5972e^{0.0134x}$
	5-15	$y = 6.0427e^{0.0075x}$
	15-30	$y = 5.9833e^{0.008x}$
	30-50	$y = 5.7337e^{0.0092x}$
T	0-5	$y = 5.2002e^{0.0059x}$
	5-15	$y = 4.9157e^{0.011x}$
	15-30	$y = 5.2682e^{0.0139x}$
	30-50	$y = 5.2902e^{0.0104x}$

สวน C ต้องการปรับ pH เป็น 6.5 และสวน T ต้องการปรับ pH 5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และคำนวณความต้องการปูนของดินออกมาเป็น CaCO_3 /ไร่ ใช้ limeing factor = 1.5 จากนั้นคำนวณต่อโดยใช้ค่า CCE% ของโดโลไมท์ 103%

ภาคผนวก 2. การวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบพืช

1) นำตัวอย่างใบที่เก็บใส่ในถุงพลาสติก ใส่ในถังน้ำแข็งอยู่ด้านล่าง นำกลับมายังห้องปฏิบัติการ ล้างทำความสะอาดด้วยกรด 0.1 N HCl ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 70°C จนแห้ง

2) ทำการบดตัวอย่างใบทุเรียนด้วยเครื่องบด ให้มีขนาดผ่านตะแกรง 40 mesh (0.42 มม.)

3) เตรียมตัวอย่างใบที่บดโดยวิธี dry ashing นำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C 2 ชั่วโมง

4) เก็บตัวอย่างใส่ Desiccator รอจนเย็น ซึ่งตัวอย่าง 0.25xx กรัม ใส่ crucible

5) นำไปเผาที่อุณหภูมิ 550°C 6 ชั่วโมง ทิ้งไว้จนเย็นหนึ่งคืน

6) ปิเปต aqua regia (conc. HNO_3 ผสม conc. HCl อัตราส่วน 1:3) 10 มล. ทิ้งไว้ข้ามคืน

7) ปรับปริมาตรเป็น 25 มล. ใน volumetric flask (ก่อนปรับต้องปิเปตด้วย Yttrium 50 ppm 1 มล.)

8) กรองสารละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

9) ส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ธาตุอาหาร P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn และ B วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง ICP-OES (Allen, 1971)

10) นำตัวอย่างในข้อ 2 มาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.1 มม.

11) นำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C 2 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างใส่ Desiccator รอจนเย็น ซึ่งตัวอย่าง 0.1xx กรัม และส่งตัวอย่างเพื่อวัด N โดยใช้เครื่อง TruMac CNS-2000 (Leco)

ภาคผนวก 3. การวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบพืชผลงานตีพิมพ์ เรื่องผลของการเติมปูนโดโลไมท์ในดินบนต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินในชั้นดินลึกเขตตากพืชและนำชะดินในสวนทุเรียนภาคตะวันออกเฉียงใต้การจำลองสภาพในไลซิมิเตอร์

ผลของการเติมปูนโดโลไมท์ในดินบนต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินในชั้นดินลึกเขตรากพืช และน้ำชะดินในสวนทุเรียนภาคตะวันออกเฉียงใต้การจำลองสภาพในไลซิมิเตอร์

Effects of surface-applied lime (dolomite) on soil characteristics of soil profile and leachates under durian orchard soil in eastern Thailand using soil simulation in a lysimeter

อัศววัฒน์ วอเพ็ชร*, ณัฐพล ใจซื่อ, พัชรารัตน์ เทียมเก่า, นุกูล ถวิลถึง

Akarawhat Worphet*, Nattapon Jaisue, Pattarat Teamkao, Nukoon Tawinteung

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Department of Plant Production Technology, Faculty of Agriculture Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: akarawhat@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลการเติมปูนโดโลไมท์ ต่อสมบัติของดินและน้ำชะดินภายใต้การจำลองโดยใช้ไลซิมิเตอร์ เก็บดินจากสวนทุเรียนจำนวน 2 พื้นที่การศึกษา โดยเป็นดินต่างกัน คือ เนื้อละเอียด (SC) และดินเนื้อปานกลาง (SCL) บรรจุในไลซิมิเตอร์ ตามความลึก 0-5, 5-15, 15-30 และ 30-50 ซม. เติมปูนโดโลไมท์บนผิวดินในอัตรา 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เท่าของความต้องการปูน (LR) ชะดินด้วยน้ำประปา 10 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 10 วัน เก็บตัวอย่างดินและน้ำชะดินทุกครั้งเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมี จากผลการทดลองพบว่า การเติมโดโลไมท์ส่งผลต่อระดับความเป็นกรด-ด่างของดินที่เพิ่มขึ้น จาก 5.80 เป็น 6.13 และ จาก 4.91 เป็น 5.51 สำหรับในดินเนื้อละเอียด และดินเนื้อปานกลางตามลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินได้ 1.85 และ 2.6 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนการทดลอง โดยส่วนใหญ่สะสมอยู่ในชั้นบน (0-5 ซม.) การเติมปูนในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้มีปูน ไอออนของเกลือ และอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ถูกชะละลายไปกับน้ำและลงไปในชั้นดินลึกได้มากขึ้น

คำสำคัญ: การใส่ปูนในดินบน, ดินกรด, ปูนโดโลไมท์, สวนทุเรียน

Abstract

The purpose of the experiment was to investigate the effect of dolomite application on soil properties and leachate under lysimeter simulation. Soils with sandy clay (SC) and sandy clay loam (SCL) were collected from 2 durian orchards and packed in a lysimeter according to soil depth: 0-5, 5-15, 15-30, and 30-50 cm. Dolomite was applied to the soil surface at the rates of 0, 0.5, 1.0 and 1.5 fold of lime requirement (LR). Leach the soil 10 times with tap water at each 10-day interval. Soil samples and leachates were collected each time for chemical analysis. The result indicated that the application of dolomite raised the soil pH of SC soil from 5.80 to 6.13 and SCL soil from 4.91 to 5.51. The surface applied lime resulted in an increase in Ca and Mg of 1.85 and 2.6 times, respectively, with the majority of the increase accumulating on the topsoil (0-5 cm). The higher rate of applied dolomite resulted of lime, salt ions and exchangeable Al being leached into the soil's deeper layer by leachate.

Keywords: Acid soil, Dolomite, Durian orchard, Surface-applied lime

คำนำ

ทุเรียนเป็นไม้ผลที่เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 5.5-6.5 (กรมวิชาการเกษตร, 2547) อย่างไรก็ตามกลับพบว่าดินในสวนทุเรียนในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 4.31-5.60 (สุมิตรา และคณะ, 2544) นอกจากนี้ Jaisue et al. (2021) ยังพบว่า 60-70% ของตัวอย่างดินในสวนทุเรียนเป็นดินกรดจัด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช และธาตุบางธาตุละลายออกมาจนอาจเป็นพิษต่อพืช การแก้ปัญหาความเป็นกรดทำได้โดยการเติมปูน ซึ่งนอกจากจะช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมีและกายภาพของดินแล้ว ยังสามารถเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งปูนโดโลไมท์ ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) ที่ให้ทั้งธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม จึงเหมาะสมอย่างมากกับดินกรดในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่มีการขาดทั้งแคลเซียมและแมกนีเซียม (สุมิตรา และคณะ, 2544; Jaisue et al., 2021) อัตราการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง ของดินจากการใส่ปูนขึ้นกับหลายปัจจัย โดยเนื้อดินนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญ เนื่องจากดินเนื้อละเอียดมีความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง ได้มากกว่าดินเนื้อหยาบ (เทียนชัย, 2539) Danilo et al. (2018) พบว่าการใส่แมกนีเซียมออกไซด์ในกลุ่มดินเนื้อละเอียด ระยะเวลา 24 ปีส่งผลให้มีการยกระดับความเป็นกรด-ด่าง ในดินช้ามาก โดยสามารถยกระดับได้เพียง 20% เมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปูน

ในสวนผลไม้ที่มีระบบรากลึก เกษตรกรนิยมใส่ปูนในบริเวณผิวดินรอบทรงพุ่มเพื่อยกระดับความเป็นกรด-ด่าง ในเขตรากพืชทั้งดินบนและดินล่าง ซึ่งระยะเวลาการเคลื่อนย้ายของปูนจากผิวดินลงไปยังดินล่างจะใช้เวลาค่อนข้างนาน ขึ้นกับหลายปัจจัย เช่นอัตราการเติมปูน (Danilo et al, 2018) ชนิดของปูน อัตราการซึมซาบน้ำ ความชื้นในชั้นดินบน จำนวนประจุบวกในดิน และช่องว่างในดิน (Doug and Anna, 2003) ดังนั้นอัตราการเคลื่อนย้ายของปูนจากผิวดินลงสู่ชั้นดินล่างในดินแต่ละชนิดจึงแตกต่างกัน Whitten et al. (2000) ศึกษาการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในอัตรา 2-15 ตันต่อเฮกตาร์ ในความลึก 0-40 ซม. พบว่าความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในระดับความลึก 20 ซม. และ 30 ซม. เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่ไม่ใส่ปูน อย่างไรก็ตามแคลเซียมคาร์บอเนตจะสะสมอยู่บนผิวดินเป็นส่วนใหญ่ และจะเคลื่อนย้ายลงสู่เขตรากพืชอย่างช้าๆ Guangdi et al. (2019) เปรียบเทียบการใส่ปูนและไม่ใส่ปูนเป็นระยะเวลา 18 ปี ในดินที่ปลูกไม้ยืนต้น พบว่าดินมีความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้นอย่างน้อย 0.09 หน่วยต่อปี ในระดับความลึก 10 ซม. และ 0.005 หน่วยต่อปี ในระดับความลึก 10-20 ซม. แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อดินที่มีระดับความลึกมากกว่า 30 ซม. Belkacem and Nys (1997) ศึกษาการเติมปูนในดิน acid brown soil พบว่าการใส่ CaCO_3 ร่วมกับ MgO ส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่าง ของดินเพิ่มขึ้นมากกว่าการใส่ CaCO_3 เพียงอย่างเดียว และพบปริมาณแคลเซียมสูงขึ้นในช่วง 6 ซม. และลดลงในชั้นดินที่ลึกลงไป การศึกษาเรื่องการเคลื่อนย้ายปูนไปยังเขตรากพืชในสวนผลไม้ ยังมีการศึกษาค่อนข้างน้อยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสวนทุเรียน ดังนั้นจุดประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือเพื่อศึกษาผลการเติมปูนโดโลไมท์ต่อการยกระดับความเป็นกรด-ด่าง (ตามความต้องการของเกษตรกร) และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินและน้ำชะดิน ทั้งดินบนและดินล่างในเขตรากของทุเรียนและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในกลุ่มดินเนื้อละเอียด และกลุ่มดินเนื้อปานกลาง ภายใต้การจำลองโดยใช้ไลซิมิเตอร์

อุปกรณ์และวิธีการ

แผนการทดลอง

จัดกลุ่มทดลองแบบ 2×4 Factorial in CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยปัจจัยที่ 1 คือกลุ่มเนื้อดิน 2 กลุ่ม คือกลุ่มดินเนื้อละเอียด (sandy clay) และกลุ่มดินเนื้อปานกลาง (sandy clay loam) ปัจจัยที่ 2 คืออัตราการเติมโดโลไมท์มี 4 อัตรา คือ 0.0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เท่าของความต้องการปูน (LR) โดยเฉลี่ยจากความต้องการปูนของทุกชั้นดิน (0-50 ซม.)

การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 60

สาขาพืช

ซึ่งในกลุ่มดินเนื้อละเอียด (SC) เดิมโตโลไมท์ในอัตรา 0.00, 0.95, 1.90 และ 2.58 กก./ตร.ม. (เกษตรกรต้องการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ไปที่ 6.5) กลุ่มดินเนื้อปานกลาง (SCL) เดิมโตโลไมท์ในอัตรา 0.00, 0.39, 0.78 และ 1.15 กก./ตร.ม. (เกษตรกรต้องการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ไปที่ 5.5) ดังนั้นจึงมีดำรับการทดลองทั้งหมด 8 ดำรับทดลอง

การเก็บดินจากสวนเกษตรกรและเตรียมปูนโดโลไมท์สำหรับการทดลอง

เก็บดินจากสวนทุเรียนของเกษตรกรในเขตภาคตะวันออก 2 สวน คือสวนที่มีดินเนื้อละเอียด (จังหวัดจันทบุรี) และสวนที่มีดินเนื้อปานกลาง (จังหวัดตราด) ทำการเก็บดินที่ 4 ระดับความลึก ได้แก่ 0-5, 5-15, 15-30 และ 30-50 ซม. ส่วนปูนโดโลไมท์ที่ใช้ในการทดลองมีการทำให้เป็นกลาง (CCE%) 110% มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์ (CaO) และแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) 31.1% และ 21.1% ตามลำดับ มีความเป็นกรด-ด่าง 9.8 มีความชื้น 0.08% และ 99% ผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช ดังนั้นจึงมีปูน 25% ที่สามารถทำปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็ว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

การเตรียมไลซิมิเตอร์และการชะดิน

ไลซิมิเตอร์ทำจากท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 ซม. ความยาว 50 ซม. เคลือบผิวภายในด้วยทราย ปิดด้านล่างของท่อ โดยใช้แผ่นอะคริลิกเจาะรูโดยเว้นระยะห่างแต่ละรู 2 ซม. รองพื้นด้านล่างโดยใช้ตาข่ายพลาสติกและผ้าขาวบาง บรรจุดินในแต่ละชั้นให้มีความหนาแน่นใกล้เคียงกับสภาพจริงในสวนทุเรียน โดยใส่ดินเรียงตามความลึกจากด้านล่างคือ 30-50, 15-30, 5-15 และ 0-5 ซม. ไล่อากาศออกจากดินโดยให้น้ำซึมผ่านดินในไลซิมิเตอร์จากด้านล่าง และเติมโตโลไมท์โดยใส่ให้กระจายทั่วบริเวณผิวหน้าดินของไลซิมิเตอร์ หลังจากนั้นทำการชะดินด้วยน้ำประปา ซึ่งคำนวณตามปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระยะ 10 ปี (พ.ศ.-ต.ศ.) ของแต่ละพื้นที่ ตามวิธีของ Belkacem and Nys (1997) สำหรับดินเนื้อละเอียด (SC) คือ 27.8 มม. และดินเนื้อปานกลาง (SCL) คือ 17.9 มม. ตามลำดับ (กรมอุตุวิทยามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2563) ดังนั้นในแต่ละครั้งจึงชะดินด้วยน้ำประปา 1.4 ลิตร สำหรับดินเนื้อละเอียด (SC) และ 0.9 ลิตร สำหรับดินเนื้อปานกลาง (SCL) โดยคำนวณจากพื้นที่หน้าตัดของไลซิมิเตอร์ (0.049 ตร.ม.)

การเก็บตัวอย่างดินและน้ำชะดินจากไลซิมิเตอร์

เก็บตัวอย่างดินในไลซิมิเตอร์และน้ำชะดินทุกๆ 10 วัน จำนวน 10 ครั้ง รวมระยะเวลาทั้งหมด 100 วัน เก็บตัวอย่างดินโดยใช้หลอดเจาะดินที่ความลึก 0-5, 5-15, 15-30 และ 30-50 ซม. หลังจากเก็บตัวอย่างดิน นำท่อ PVC ขนาดเท่ากับหลอดเจาะดินที่เคลือบด้วยทรายมาใส่แทนช่องว่างที่เก็บตัวอย่างดิน เพื่อรักษาความหนาแน่นของดินไว้ หลังจากการเก็บตัวอย่างดินในแต่ละครั้ง ทำการชะดินและเก็บตัวอย่างน้ำชะดินในวันถัดไป กรองตัวอย่างน้ำชะดินด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 หลังจากสิ้นสุดการทดลองเก็บตัวอย่างดินทั้งหมดโดยแยกแต่ละชั้นดิน เพื่อวิเคราะห์ดินหลังการทดลอง

การวิเคราะห์ดินและน้ำชะดิน

ดินจากสวนทุเรียนเกษตรกรทำการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน (soil core method) อัตราการซึมผ่านน้ำของดินโดยใช้ double ring infiltrometer (ธนพจน์, 2560) วิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยของดินโดยใช้วิธีของ Vietch (Blair and Prince, 1920) และวิเคราะห์สมบัติดินทางเคมีในแต่ละชั้นดินคือ ความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า สภาพกรดของดิน (Soil acidity) อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เบสที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K, Ca, Mg) และจุลธาตุที่สกัดได้ (Extractable Fe, Mn, Zn, Cu) วิเคราะห์น้ำชะดินคือ ความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และเบสที่ละลายน้ำได้

(Water soluble Ca, Mg) ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน (2547) ข้อมูลที่ได้ ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดย ANOVA วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลโดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบข้อมูลดินก่อนและหลังการทดลอง โดย paired sample t-test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สมบัติของดินก่อนการทดลอง

ดินเป็นกรดปานกลางถึงกรดจัดมาก อินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วงสูงถึงสูงมาก ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก แคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ในระดับต่ำ จุลธาตุอยู่ในระดับเกินพอ ยกเว้นสังกะสีอยู่ในระดับเหมาะสม ส่วนอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำมาก ความหนาแน่นรวมของดิน (Bd) อยู่ในช่วงที่ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตต่อรากพืช เนื่องจากมี Bd ต่ำกว่า 1.58 และ 1.75 กรัม/ลบ.ซม. ในดินเนื้อละเอียด (SC) และเนื้อปานกลาง (SCL) ตามลำดับ (USDA, 1987) และอัตราการซึมผ่านของน้ำ (infiltration rate) ทั้งสองเนื้อดินอยู่ในช่วงปานกลาง ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Selected physico-chemical properties of soils

Soil	depth	pH	EC	OM	P ¹	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Al	SA ²	Bd	IR ³
Texture	(cm)	(1:1)	(dS/m)	(%)	←----- (mg/kg) -----→								(cmol/kg)	(g/cm ³)	(cm/hr)	
sandy clay	0-5	5.93	0.29	3.22	190	206	814	56.8	82.5	24.3	0.95	7.2	78.1	0.25	1.64	10
	5-15	5.93	0.29	3.14	340	184	829	70.6	98.2	34.0	0.95	6.1	108	0.21	1.51	
	15-30	5.88	0.33	3.01	187	190	728	84.8	85.4	20.9	0.64	4.4	109	0.22	1.38	
	30-50	5.47	0.15	2.78	232	144	526	68.1	93.0	26.2	1.10	5.7	98.2	0.24	1.43	
sandy clay loam	0-5	4.99	0.33	4.32	22.1	104	313	52.8	69.3	16.1	1.04	4.5	0.73	0.67	1.57	8.61
	5-15	4.90	0.32	3.74	21.9	83.7	317	48.5	81.3	29.6	0.86	4.5	0.73	0.83	1.73	
	15-30	4.87	0.18	3.62	22.5	65.3	207	36.1	84.6	23.8	0.69	3.0	0.73	0.75	1.57	
	30-50	4.86	0.99	3.64	27.3	48.3	239	33.1	93.8	8.49	0.94	4.8	0.87	0.62	1.84	

¹P = available P (Bray II), ²SA = Soil acidity, ³IR = Soil infiltration rate

ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อสมบัติของดิน

ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) การเติมโดโลไมท์ส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่าง ของดินเนื้อละเอียด (SC) สูงกว่าดินเนื้อปานกลาง (SCL) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เพราะเติมปูนในดินเนื้อละเอียดมากกว่าดินเนื้อปานกลาง เนื่องจากเป้าหมายของการยกระดับความเป็นกรด-ด่าง ต่างกัน โดยดินเนื้อละเอียด (SC) มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างเพิ่มจาก 5.80 เป็น 6.13 ในขณะที่ดินเนื้อปานกลาง (SCL) เพิ่มจาก 4.91 เป็น 5.51 (Table 2) ส่วนอัตราการเติมโดโลไมท์พบว่าส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นสูงสุดใน 1.5 LR (เพิ่ม 0.63 หน่วยเทียบกับ 0.0 LR) (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบความเป็นกรด-ด่าง ตามระดับความลึกและเป้าหมายที่เกษตรกรต้องการปรับ พบว่าในดินเนื้อละเอียด (SC) การเติมปุ๋ยทุกอัตราส่งผลให้ดินมีความเป็นกรด-ด่าง ที่ระดับความลึก 0-5 ซม. สูงกว่าเป้าหมายที่เกษตรกรต้องการคือ 6.5 อย่างไรก็ตามในระดับความลึกมากกว่า 5 ซม. ความเป็นกรด-ด่าง มีค่าลดลงยกเว้นใน 1.5 LR ที่ยังสูงกว่า 6.5 (Fig. 1A) ส่วนในดินเนื้อปานกลาง (SCL) พบในทำนองเดียวกันคือที่ระดับ 0-5 ซม. การเติมปุ๋ยทุกอัตราส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่าง สูงกว่าเป้าหมายที่เกษตรกรต้องการคือ 5.5 และลดลงในชั้นดินลึกลงไป การใส่ปุ๋ยที่ 1 LR

สามารถยกระดับความเป็นกรด-ด่าง ได้ 5.5 ในขณะที่การเติมปูนในอัตรา 1.5 LR จะยกระดับได้มากกว่าเกิน 5.5 ขึ้นไป (Fig. 1D) สอดคล้องกับการศึกษาของ Belkacem and Nys (1997) ที่พบว่าหลังเติมปูนในระยะเริ่มต้นส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในชั้นดินบนมากกว่าชั้นดินล่าง

ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ดินในสวนทุเรียนทั้ง 2 สวนมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำมาก จึงไม่มีปัญหาเกี่ยวกับความเค็ม หรือการสะสมเกลือเนื่องจากการใส่ปุ๋ย อย่างไรก็ตามพบว่าการเติมปูนในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้ มีค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) แต่ยังคงไม่ได้ส่งผลกระทบต่อพืช (Table 2)

Table 2 Effect of dolomite application to chemical properties of soils and leachates

Soil / Leachate		Soil properties					Leachate			
Parameters		pH	EC	Ca	Mg	Al	pH	EC	Ca	Mg
(Unit)		(1:1)	dS/m	<----- mg/kg ----->			dS/m <--- mg/kg --->			
Soil texture	- sandy clay (SC)	6.13 ^{4/}	0.147 ^B	1,266 ^A	170 ^A	97.0 ^A	6.34 ^A	1.39 ^A	14.32 ^A	0.602 ^A
	- sandy clay loam (SCL)	5.51 ^B	0.171 ^A	519 ^B	117 ^B	1.1 ^B	5.87 ^B	0.821 ^B	7.75 ^B	0.295 ^B
Rate of dolomite	0.0 LR	5.47 ^D	0.139 ^C	666 ^D	104 ^C	49.7 ^{AB}	5.78 ^C	1.00 ^B	9.37 ^B	0.332 ^C
	0.5 LR	5.81 ^C	0.154 ^B	827 ^C	138 ^B	63.1 ^A	6.01 ^B	1.18 ^A	11.9 ^A	0.481 ^{AB}
	1.0 LR	5.90 ^B	0.170 ^A	973 ^B	167 ^A	38.3 ^B	6.27 ^A	1.04 ^B	10.2 ^B	0.457 ^B
	1.5 LR	6.10 ^A	0.175 ^A	1105 ^A	164 ^A	45.0 ^B	6.36 ^A	1.18 ^A	12.7 ^A	0.525 ^A
F-test	- Soil texture	** ^{1/}	**	**	**	**	**	**	**	**
	- Rate of dolomite	**	**	**	**	** ^{2/}	**	**	**	**
	- Soil texture x rate of LR	ns ^{3/}	*	ns	ns	*	**	ns	ns	ns
CV (%)		7.0	34.5	48.4	58.0	53.2	6.08	25.8	43.4	32.0

**^{1/} and **^{2/} significant differences at $p < 0.01$ and < 0.05 , ns = nonsignificant differences, ^{4/} means followed by same letter are not significantly differently by DMRT

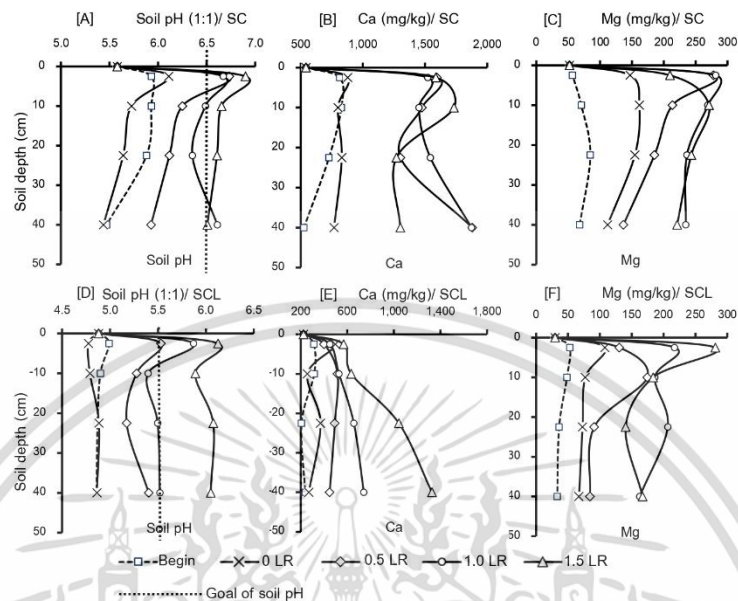


Fig. 1 Effect of dolomite to soil pH ([A] = SC [D] = SCL) Ca ([B] = SC [E] = SCL) and Mg ([C] = SC [F] = SCL)

แคลเซียมและแมกนีเซียม การเติมโดโลไมท์ส่งผลให้ดินมีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นประมาณ 1.85 และ 2.6 เท่าเมื่อเทียบกับดินก่อนการเติมปูน โดยในดินเนื้อละเอียด (SC) พบปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ในระดับที่เหมาะสม (1,266 และ 170 มล./กก.) แต่กลับพบในระดับต่ำ (519 และ 117 มล./กก.) ในดินเนื้อปานกลาง (SCL) (Table 2) การเติมปูนทุกอัตราในดินเนื้อดินทั้ง 2 ชนิดส่งผลให้มีแคลเซียมและแมกนีเซียมสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ตั้งแต่ดินบนถึงดินล่าง อย่างไรก็ตามพบว่าทั้งแคลเซียมและแมกนีเซียมส่วนใหญ่สะสมอยู่บนผิวดิน (0-5 ซม.) ตั้งแต่การชะดินครั้งที่ 2 ถึงครั้งที่ 10 (Figs. 1B, 1C, 1E และ 1F) ซึ่งให้ผลคล้ายกับงานทดลองของ Belkacem and Nys (1997) ที่พบว่า การเติมปูน CaCO_3 ส่งผลให้แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงขึ้นในช่วง 6 ซม. และลดลงในชั้นดินที่ลึกลงไป Robert et al. (2015) พบว่าโดโลไมท์ที่ไม่ละลายจะตกค้างบนดินได้นานมากกว่า 15 ปี และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินในดินลึกได้มากกว่า 20 ปี

อะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ ดินในสวนทุเรียนทั้ง 2 สวนพบปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับต่ำมาก โดยในดินเนื้อปานกลาง (SCL) ที่พบเพียง 0.73-0.87 มก./กก. เท่านั้น (Table 1) ซึ่งแตกต่างจากดินเนื้อละเอียด (SC) อย่างชัดเจน ดังนั้นความแตกต่างของอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้น่าจะเกิดจากสมบัติพื้นฐานของดินเป็นหลักมากกว่าเกิดจากผลของการเติมปูน อย่างไรก็ตามพบว่า การเติมปูนส่งผลให้อะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงตามอัตราปุ๋ยที่ใส่เพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Syed-Omer et al. (1991) ที่พบว่า การเติมโดโลไมท์ส่งผลให้อะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงจาก 39.6 เป็น 26.4 เซนติโมล/กก.

ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อน้ำชะดิน

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) การเติมโดโลไมท์ส่งผลให้น้ำชะดินจากดินเนื้อละเอียด (SC) มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าดินเนื้อปานกลาง (SCL) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) คล้ายกับความเป็นกรด-ด่าง ของดิน และพบว่ามีการปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างเนื้อดินและอัตราการเติมโดโลไมท์ นอกจากนี้ยังพบว่าเติมโดโลไมท์ในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำชะดินสูงขึ้นจนถึงระดับกรดเล็กน้อย (6.3–6.4) โดยเฉพาะการเติมปูนในอัตรา 1.0 LR และ 1.5 LR แสดงว่ามีบางส่วนของถูกชะไปกับน้ำลงไปในชั้นดินลึกได้ (Table 2) สอดคล้องกับการศึกษาของ Ahmad et al. (2013) ซึ่งเก็บน้ำชะดิน 101 วัน พบว่าความเป็นกรด-ด่าง จากการเติมปูนเพิ่มจาก 5.65 เป็น 6.39

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำชะดิน (EC) การเติมโดโลไมท์ส่งผลให้น้ำชะดินของดินเนื้อละเอียด (SC) สูงกว่าดินเนื้อปานกลาง (SCL) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และพบว่ามีการเติมปูนในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้มีค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 2) แสดงว่ามีเกลือถูกชะมาพร้อมกับน้ำชะดินมากขึ้น แต่ยังคงอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม (1.00–1.18 เดซิซีเมน/ม.) ทั้งนี้อาจเกิดจากการบรรจุดินในไลซิมิเตอร์มีความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้การเก็บตัวอย่างดินแต่ละครั้งทำให้เกิดช่องว่างที่น้ำชะผ่านได้ถึงแม้จะใส่ท่อ PVC เข้าไปแทนที่หลอดเจาะดินแล้วก็ตาม อย่างไรก็ตามในสภาพดินในสวนทุเรียนการชะละลายเกิดได้น้อยกว่าในไลซิมิเตอร์

แคลเซียมและแมกนีเซียม การเติมโดโลไมท์ส่งผลให้น้ำชะดินมีแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินเนื้อละเอียด (SC) สูงกว่าดินเนื้อปานกลาง (SCL) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 2) สาเหตุที่สำคัญน่าจะเกิดจากการเติมปูนในดินเนื้อละเอียด (SC) มีปริมาณสูงกว่าดินเนื้อปานกลาง (SCL) ดังที่กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้ยังพบว่ามีการเติมปูนในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้มีแคลเซียมและแมกนีเซียมในน้ำชะดินสูงขึ้น มีโอกาสสะสมในเขตรากของพืชในชั้นดินลึก หรือไม่ก็อาจถูกชะละลายโดยเขตรากของพืชได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Syed-Omer et al. (1991) พบว่าการเติมปูนโดโลไมท์ ส่งผลให้มีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในน้ำชะดินสูงกว่าการไม่เติมปูน 10% และ 110% ตามลำดับ

ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อสมบัติดินก่อนและหลังการทดลอง

การเติมโดโลไมท์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินทั้งก่อนและหลังการทดลองเป็นไปในลักษณะเดียวกันทั้งดินเนื้อละเอียด (SC) และดินเนื้อปานกลาง (SCL) (Table 3) โดยพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่สกัดได้รวมถึงจุลธาตุ (Fe Mn และ Cu) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$, $p < 0.01$) ทั้งนี้อาจเกิดจากการชะดินติดต่อกันถึง 10 ครั้ง ส่งผลให้ธาตุอาหารเหล่านี้ถูกชะละลายไปด้วย ส่วนสภาพกรดของดิน (soil acidity) พบว่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) หลังจากการเติมปูน ตรงข้ามปริมาณเบสที่แลกเปลี่ยนได้

Table 3 A comparisons of soil properties before and after the experiment

Soil texture		OM	P ^{5/}	K	Fe	Mn	Cu	Zn	SA ^{6/}
		(%)	<----- (mg/kg) ----->						
sandy clay	Before	3.03 ^{A4/}	237 ^A	180 ^A	89.7 ^A	25.2 ^A	0.908 ^A	5.85	0.223 ^A
	After	2.67 ^B	153 ^B	145 ^B	46.5 ^B	8.60 ^B	0.607 ^B	4.44	0.102 ^B
F-test (SC)		**1/	*2/	**	**	**	**	ns ^{3/}	**
sandy clay	Before	3.83 ^A	23.4 ^A	71.2 ^A	82.2 ^A	20.0 ^A	0.881 ^A	4.18	0.718 ^A
	loam	After	3.31 ^B	7.93 ^B	37.8 ^B	44.3 ^B	6.51 ^B	0.548 ^B	2.77
F-test (SCL)		**	**	**	**	**	**	ns	**

**1/ and *2/ significant differences at $p < 0.01$ and < 0.05 , ^{3/}ns = nonsignificant differences, ^{4/}means followed by same letter are not significantly differently by Pair sample T-test, ^{5/}P = available P, ^{6/}SA = Soil acidity

สรุป

ดินในสวนทุเรียนเป็นดินกรดปานกลางถึงกรดจัดมาก มีแคลเซียมและแมกนีเซียมต่ำมาก การเติมโดโลไมท์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง ความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มจาก 5.80 เป็น 6.13 ในดินเนื้อละเอียด (SC) และเพิ่มจาก 4.91 เป็น 5.51 ในดินเนื้อปานกลาง (SCL) การเติมปุ๋ยในอัตรา 1 LR ส่งผลให้ดินมีความเป็นกรด-ด่าง ในระดับเป้าหมายที่เกษตรกรต้องการตลอดความลึก (0-50 ซม.) แต่ถ้าเติม 1.5 LR พบว่าดินมีความเป็นกรด-ด่าง สูงกว่าระดับที่เกษตรกรต้องการแต่ยังไม่อยู่ในสภาพเกินปุ๋ย ผลของการเติมปุ๋ยส่งผลให้ดินมีแคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นประมาณ 1.85 และ 2.6 เท่า ซึ่งส่วนใหญ่สะสมอยู่บนชั้นผิวดิน (0-5 ซม.) อย่างไรก็ตามในดินเนื้อปานกลาง (SCL) ยังพบปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในระดับต่ำ การเติมปุ๋ยในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้มีปุ๋ย รวมถึงแคลเซียมและแมกนีเซียม ไอออนของเกลือ และอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ ถูกชะละลายไปกับน้ำและลงไปในชั้นดินลึกได้มากขึ้น หลังการทดลองพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่สกัดได้ และจุลธาตุลดลงอย่างชัดเจน เช่นเดียวกับความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ของดินซึ่งตรงข้ามกับปริมาณเบสที่แลกเปลี่ยนได้ (แคลเซียมและแมกนีเซียม) ที่พบว่าเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยเกษตร (องค์กรมหาชน) ที่ทำการสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย และขอบคุณบริษัทเว้งกรุ๊ปไฮโดรจังก์ท ที่สนับสนุนปุ๋ยโดโลไมท์เพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจการรับรองมาตรฐานสินค้า. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2544. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2547. เอกสารวิชาการ ทุเรียน. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2563. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 10 ปี. กรมอุตุนิยมวิทยา. กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เทียนชัย สุวรรณเวช. 2539. เคมีของดิน. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

- ธนพจน์ จิรธนาณรงค์. 2560. การศึกษาปริมาณน้ำฝนวิกฤตเพื่อการเตือนภัยลาดดินพิบัติ: กรณีศึกษา ต.คลองทราย อ.นาทวี จ.สงขลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2563. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กรุงเทพฯ.
- สุมิตรา ภู่วโรดม, นุกุล ถวิลถึง, สมพิศ ไม้เรียง, พิมล เกษสยาม, จิรพงษ์ ประสิทธิ์เชตร. 2544. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการความต้องการธาตุอาหารและการแนะนำปุ๋ยในทุเรียน. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย .กรุงเทพฯ.
- Ahmad, W., Singh, B., Dijkstra, F. A., Dalal, R.C. 2013. Inorganic and organic carbon dynamics in a limed acid soil are mediated by plants. *Soil Biol. Biochem.* 57: 549–555.
- Belkacem, C., Nys, C. 1997. Effects of liming and gypsum regimes on chemical characteristics of an acid forest soil and its leachates. *Ann. For. Sci.* 54: 169–180.
- Danilo, S.R., Tales, T., Renan, G., Mohsin, Z., Gustavo, B2018. Residual effect of surface-applied lime on soil acidity properties in a longterm experiment under no-till in a Southern Brazilian sandy Ultisol. *Geoderma.* 313: 7–16.
- Doug, C.E., Anna, M.R., 2003. *Handbook of Soil Acidity*. CRC Press. Florida, FL, USA.
- Guangdi, D.L, Mark, C., Keith, R.H., Chris, J.L., Graeme, J.P., Brian, R.C. 2019. Long-term surface application of lime ameliorates subsurface soil acidity in the mixed farming zone of south-eastern Australia. *Geoderma.* 338 : 236–246.
- Jaisue, N., Tawinteung, N., Worphet, A., Khurnpoon, L. 2021. Distribution and management of total and available sulfur under Durian orchard soils in the Eastern Thailand. *IJAT.* 17: 1767–1778.
- Robert, P.L., Scott, W.B., Stephen, B.H., Thomas, J.H., Bryan, R.S., David, R.D. 2015. Long-term of forest liming on soil, soil leachate, and foliage chemistry in Northern Pennsylvania. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 79: 1223–1236.
- Syed-Omar, S.R., Zulkili, H.S., Zuraidah, J.Y., Wynne, J.C., Elkan, G.H. 1991. Use of lime, gypsum and their combinations of improve nodulation and yield of groundnut in an acidic soil. Springer. Dordrecht, the Netherlands
- USDA. 1987. *Soil Mechanics Level I. Module 3 – USDA Textural Soil Classification*. Soil Conservation Service. Oklahoma, OK, USA.
- Whitten, M.G., Wong, M.T., Rate, A.W. 2000. Amelioration of subsurface acidity in the south-west of Western Australia: Downward movement and mass balance of surface incorporated lime after 2–15 years. *Aust. J. Soil Res.* 38: 711–728.

Thailand. On 2nd International Symposium on Durian and Other Tropical Fruits: Recent Trends in Sustainable Agricultural Innovation Technology for Delivering Durian and Others Tropical Fruits to Global Market. ISODOTF 2021. Sumatera Barat, Indonesia.

ทุนสนับสนุนการทำงานวิจัย (2565) โครงการการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ดินและพืชด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ ในการแปรรูปเพื่อแนะนำการใส่ปุ๋ยอย่างแม่นยำในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพของทุเรียนหมอนทอง (ปีที่ 2) (PRP6505030920) สังกัดสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้