950

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ภาควิชาปฐพีวิทยา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

เรื่อง

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์ความต้องการปูนของดิน

A Comparative Study of Lime Requirement Determination Method

โดย นายศิริชัย ทองวิกัย

ได้รับพิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการอาจารย์ที่ปรึกษา.....วันที่..15..เดือน..มี.ค..พ.ศ..34..

(ผศ. ดร. สุมิตรา ภู่วโรดม)

หัวหน้าภาควิชา.....วันที่..15..เดือน..มี.ค..พ.ศ..34..

(ผศ. ดร. สุมิตรา ภู่วโรดม)

.....

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

วันที่....เดือน.....พ.ศ....

ส.พ.
ศ 4527
2533

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14151

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์ความต้องการปูนของดิน

A Comparative Study of Lime Requirement Determination Method

T099590

โดย

นายคิริชัย ทองวิกัย

เสนอ

ปพ.
ศ452ก
2534

สาขาวิชา ปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 99590
วัน.เดือน.ปี 16 JUN 2535

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ.2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะเกษตรศาสตร์ ห้องสมุด
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์ความต้องการปูนของดิน

โดย : นายดิริชัย ทองวิกัย

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

สาขาวิชา : ปฐพีวิทยา

ประธานกรรมการอาจารย์ที่ปรึกษา : .....

(ผศ. ดร. สุมิตรา ภู่วโรดม)

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ความตจ้องการปูน 7 วิธี คือ $BaCl_2$-Triethanolamine method, $Ca(OH)_2$ Titration method, Soil pH-organic matter method, SMP-SB buffer solution method, SMP-DB buffer solution method และ Woodruff buffer solution method โดยเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐานของ Dunn กับชุดดิน 5 ชุด คือ ชุดดินอ่าวลึก, ชุดดินบ้านบึง, ชุดดินบางเขน, ชุดดินดอนเมืองและชุดดินมาบบอน ผลการศึกษาพบว่าวิธี SMP-SB buffer solution และ $BaCl_2$-Triethanolamine ให้ค่าความต้องการปูนที่ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงที่สุด ในขณะที่วิธี $Ca(OH)_2$ Titration และวิธี Woodruff buffer solution ให้ค่าที่ต่ำกว่าที่เป็นจริงมาก โดยเฉพาะวิธี Woodruff buffer solution ให้ค่าต่ำที่สุด ส่วนวิธี Soil pH-organic matter และวิธี SMP-DB buffer solution ให้ค่าความต้องการปูนที่สูงกว่าที่เป็นจริงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

Title : A Comparative Study of Lime Requirment Determation Method

By : Mr. Sirichai Thongwikai

Degree : Bachelor of Science (Agriculture)

Major Field : Soil Science

Chairman, Special Problem Advisor : .....

(Asst. Prof. Dr. Sumitra Poovarodom)

Laboratory experiment was carried out to evaluate 7 different lime requirement determination procedure 5 namely $BaCl_2$-Triethanolamine method, $Ca(OH)_2$ Titration method, Soil pH-organic matter method, SMP-SB buffer solution method, SMP-DB buffer solution method, Woodruff buffer solution method and Dunn's standard incubation method and on 5 acid soil series i.e. Ao Luck series, Ban Bung series, Bang Khen series, Don Muang series and Map Bon series. The result indicated that SMP-SB buffer solution method and $BaCl_2$-Triethanolamine method gave similar amount of lime requirement determined by Dunn's standard incubation method. In contrast, the $Ca(OH)_2$ titration and Woodruff buffer solution method detected smaller amount of lime requirement where as the Soil pH-organic matter method and SMP-DB buffer method indicated a much higher lime requirement than Dunn's standard incubation method.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. สุมิตรา ภู่วโรดม อาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำจนปัญหาพิเศษนี้สำเร็จได้ด้วยดี ตลอดจน ดร. เทียนชัย สุวรรรณเวช และอาจารย์อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้และเจ้าหน้าที่ห้องสมุด กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร ที่ให้ความสะดวกในการค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ

ขอขอบคุณ พี่ เพื่อน และน้อง ๆ นักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ที่ได้ช่วยเหลือและให้กำลังใจ ในการทดลองนี้ทุกท่าน

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนในการศึกษามาโดยตลอด และมีส่วนทำให้ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คิริชัย ทองวิกัย

เมษายน 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญตารางผนวก	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	22
ผลการทดลอง	32
วิจารณ์ผลการทดลอง	37
ข้อเสนอแนะ	38
สรุปผลการทดลอง	39
เอกสารอ้างอิง	41
ภาคผนวก	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 สถานที่เก็บตัวอย่างและคุณสมบัติทางเคมีบางอย่างของแต่ละชุดดิน 34

2 ค่าเฉลี่ยความต้องการปูนของแต่ละชุดดินโดยวิธีต่าง ๆ
(กิโลกรัม $CaCO_3$ / ดิน 1 ไร่ชั้นไถพรวน) 35

3 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยวิธีมาตราฐานของ Dunn กับค่าเฉลี่ยวิธีต่าง ๆ 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

1 Analysis of variance ของความต้องการปูนของดิน 52

2 ค่าเปรียบเทียบระหว่างความต้องการปูนของแต่ละชุดดินกับความต้องการปูนที่แท้จริง (กิโลกรัม $CaCO_3$ / ดิน 1 ไร่ชั้นไถพรวน) 53

3 ค่าเปรียบเทียบระหว่างความต้องการปูนของชุดดินต่าง ๆ (กิโลกรัม $CaCO_3$ / ดิน 1 ไร่ชั้นไถพรวน) 54

4 ค่าเปรียบเทียบระหว่างความต้องการปูนของดินโดยวิธีต่าง ๆ (กิโลกรัม $CaCO_3$ / ดิน 1 ไร่ชั้นไถพรวน) 55

5 ผลการ titrate ของสารละลาย $BaCl_2$-Triethanolamine 50 มิลลิลิตร ด้วย 0.2 N HCl ตามวิธี $BaCl_2$-Triethanolamine 56

6 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินอ่าวลึกเมื่อได้รับปูนในอัตราต่าง ๆ ตามวิธีมาตราฐานของ Dunn 57

7 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินบ้านบึงเมื่อได้รับปูนในอัตราต่าง ๆ ตามวิธีมาตราฐานของ Dunn 58

8 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินบางเรนเมื่อได้รับปูนในอัตราต่าง ๆ ตามวิธีมาตราฐานของ Dunn 59

9 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินดอนเมืองเมื่อได้รับปูนในอัตราต่าง ๆ ตามวิธีมาตราฐานของ Dunn 60

10 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินมาบบอนเมื่อได้รับปูนในอัตราต่าง ๆ ตามวิธีมาตราฐานของ Dunn 61

11 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินอ่าวลึกเมื่อได้รับ $Ca(OH)_2$ 0.04 N ในอัตราต่าง ๆ ตามวิธี $Ca(OH)_2$ Titration 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

12 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินบ้านบึงเมื่อได้รับ $Ca(OH)_2$ 0.04 N ในอัตราต่าง ๆ ตามวิธี $Ca(OH)_2$ Titration 63

13 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินบางเขนเมื่อได้รับ $Ca(OH)_2$ 0.04 N ในอัตราต่าง ๆ ตามวิธี $Ca(OH)_2$ Titration 64

14 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินดอนเมืองเมื่อได้รับ $Ca(OH)_2$ 0.04 N ในอัตราต่าง ๆ ตามวิธี $Ca(OH)_2$ Titration 65

15 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินมาบบอนเมื่อได้รับ $Ca(OH)_2$ 0.04 N ในอัตราต่าง ๆ ตามวิธี $Ca(OH)_2$ Titration 66

16 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของแต่ละชุดดินตามวิธีของ SMP-SB buffer solution 67

17 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของแต่ละชุดดินตามวิธีของ SMP-DB buffer solution 68

18 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของแต่ละชุดดินตามวิธีของ Woodruff buffer solution 69

19 ผลการหา titration curve ของ SMP-SB buffer solution โดยการ titrate ด้วย 0.2 N HCl 70

20 ผลการหา titration curve ของ SMP-DB buffer solution โดยการ titrate ด้วย 0.2 N HCl 71

21 ผลการหา titration curve ของ Woodruff buffer solution โดยการ titrate ด้วย 0.2 N HCl 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์ความต้องการปูนของดิน

A Comparative Study of Lime Requirment Determation Method

คำนำ

พื้นที่ที่ทำการเกษตรติดต่อกันเป็นเวลานาน โดยเฉพาะในเขตร้อนและชุ่มชื้น เช่น ในประเทศไทยนั้น มีผลทำให้ดินสูญเสียธาตุประจุบวกที่เป็นด่างไปมาก ดังนั้นขบวนการกำเนิดดินจึงเป็นไปอย่างรวดเร็ว ประกอบกับการถูกชะล้างด้วยน้ำลงสู่ดินชั้นล่างและการถูกพืชนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต จึงมีผลกระทบทำให้ดินส่วนใหญ่ของประเทศมีแนวโน้มที่จะแสดงปฏิกิริยาความเป็นกรดมากขึ้น หรือแม้กระทั่งผลตกค้างที่เป็นกรดจากการใส่ปุ๋ย ก็ทำให้ดินแสดงปฏิกิริยาความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ความเป็นกรดเป็นด่างของดินยังเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลทางอ้อมในด้านของความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช เช่น ความเป็นประโยชน์ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียมและแมกนีเซียมจะลดลง แต่พวกจุลธาตุ เช่น เหล็ก แมงกานีสและอลูมินัม จะละลายออกมาได้มากขึ้น จนอาจอยู่ในระดับที่เป็นพิษต่อพืชได้

ฉะนั้นการหาความต้องการปูนของดิน เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพดินนั้น ๆ จึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อที่จะสามารถปรับระดับความเป็นกรดของดินนั้น ให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกให้มากที่สุด โดยทั่วไปแล้วมักปรับ pH ของดินให้เป็นกรดเล็กน้อย หรือเป็นกลาง (คือช่วง pH ประมาณ 6.5-7.0) วิธีมาตรฐาน ในการประเมินความต้องการปูนของดิน คือ การใส่ปูนในอัตราต่าง ๆ ลงในดินและเก็บไว้ในสภาพอุณหภูมิและความชื้นที่คล้ายคลึง กับสภาพปกติของดินในไร่นานั้น ๆ จนถึงสมดุลย์ (ใช้เวลาประมาณ 1 เดือน) จากนั้นจึงนำมาประเมินหาความต้องการปูนของดินต่อไป แต่วิธีนี้ต้องเสียเวลานาน จึงทำให้มีผู้ศึกษาค้นคว้าหาวิธีใหม่ เพื่อให้ทราบความต้องการปูนของดินในเวลาสั้นและเชื่อถือได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบันได้มีวิธีการหาปริมาณความต้องการปูนของดิน ในห้องปฏิบัติการแบบรวดเร็ว (rapid determination of the lime requirement of soils) หลายวิธี แต่ทว่าค่าที่ได้จากวิธีต่าง ๆ นั้น แตกต่างกันไปและยังไม่เป็นที่ยุติว่าวิธีใดควรเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด กับทุกชุดดิน

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงได้ทำการศึกษาวิธีการบางประการ ในการหาปริมาณความต้องการปูนของดินกรดบางชนิด ที่ใช้ในทางการเกษตรกรรมของประเทศไทย เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมและเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาเกี่ยวกับการหาปริมาณความต้องการปูนของดิน ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ในการทดลอง

1. ศึกษาถึงความต้องการปูนที่แท้จริง (actual lime requirement) ของดินกรดทั้ง 5 ชุดดินในการทดลอง

2. เปรียบเทียบปริมาณความต้องการปูนของดินกรดทั้ง 5 ชุดดินนั้น เมื่อประเมินด้วยวิธีการต่าง ๆ และค่าสหสัมพันธ์ (linear correlation) ระหว่างค่าที่ประเมินไว้กับค่าความต้องการปูนที่แท้จริงของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

1. ความหมายของดินกรดและความสำคัญที่มีต่อพืช

ดินที่เป็นกรด หมายถึง ดินที่มี pH ต่ำกว่า 7.0 มีองค์ประกอบที่จะให้ความเป็นกรด คือ ประจุบวกไฮโดรเจนและประจุบวกอะลูมินัมในสารละลายดินซึ่งเรียกว่า active acidity และอีกส่วนหนึ่งได้แก่ ประจุบวกไฮโดรเจนและประจุบวกอะลูมินัมที่เกาะอยู่รอบคอลลอยด์ ตลอดจนสารประกอบอื่นใดที่สามารถเปลี่ยนแปลงทางเคมี ที่จะให้ประจุบวกไฮโดรเจนรวมกัน เรียกว่า potential acidity (Jenny, 1961) ปริมาณ potential acidity มีมากกว่า active acidity อาจจะมากกว่า 1,000 เท่าในดินทรายและ 50,000 ถึง 100,000 เท่าในดินเหนียวที่มีอินทรียวัตถุสูง ส่วนดินพรุจะมีค่ามากกว่านี้ (Brady, 1964) ในดินสภาพธรรมชาติจะมีการปรับสมดุลย์ระหว่าง active acidity กับ potential acidity ตลอดเวลา

ความเป็นกรดของดิน มีความสำคัญมากต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช และอิทธิพลของความเป็นกรดของดินที่มีต่อพืชนั้นเป็นอิทธิพลทางอ้อม กล่าวคือ จะมีผลทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชบางชนิดลดต่ำลง เช่น แคลเซียม แมกนีเซียมและโปแตสเซียม เนื่องจากเกิดการชะล้าง ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์จะลดลง เนื่องจากจะถูกตรึงอยู่ในรูปของสารประกอบของเหล็กและอลูมินัมโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อดินมี pH ต่ำกว่า 5.0 อนึ่งเมื่อดินมีความเป็นกรดสูง พวกจุลธาตุทั้งหลายยกเว้นโมลิบดินัมจะละลายออกมาได้มากจนอยู่ในระดับที่เป็นพิษต่อพืชได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันหรือลดผลเสียหายดังกล่าวการใส่ปูนแก่ดินจึงเป็นความจำเป็นโดยมากกระทำเมื่อดินมี pH ต่ำกว่า 6.5 (Bear, 1964; Black, 1960; Teuscher และ Adler, 1960) ซึ่งทั่วไปแล้วช่วงของ pH ที่เหมาะสมที่สุดกับการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชจะค่อนข้างแคบ คือมีประมาณ 0.5-1.5 หน่วย pH เท่านั้น (Bear, 1964; Britton, 1929) ในดินทั่วไปพืชจะสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วง pH 3.5-8.0 แต่ก็อาจมีพืชบางชนิดที่สามารถเจริญเติบโตได้นอกเหนือช่วง pH ดังกล่าว พวกที่เจริญเติบโตได้ในดินกรด (acid love)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีช่วง pH ที่เหมาะสมที่สุด (optimum range) ที่ 4.5-5.0 พวกพืชที่เจริญได้ดีในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกลางก็จะเจริญเติบโตได้ไม่ดีเมื่อ pH สูงกว่า 7.5

2. <u>ชนิดของแหล่งความเป็นกรดของดิน</u> (Chapman และ Kelley, 1930)

ในดินมีชนิดของความเป็นกรด 2 พวกใหญ่ คือ active acidity และ potential หรือ reserved acidity

Active acidity ได้แก่ ไฮโดรเจนไอออนที่อยู่ในสารละลายดินซึ่งจะปรับสมดุลย์กับ potential acidity ตลอดเวลา active acidity เป็นส่วนของกรดที่เข้าทำปฏิกิริยาทางเคมีในดินและเป็นค่าบ่งบอกระดับความเป็นกรดของดิน (Buckman และ Brady, 1959; McLean , 1982)

Potential acidity ได้แก่ exchangable H^+, Al^{+3} ที่เกาะรอบแร่ดินเหนียวไฮดรอกซิลไอออนที่แตกตัวได้ของแร่ออกไซด์ ไฮดรอกไซด์ (Jackson, 1964) กรดแร่ที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีจะเปลี่ยน oxidation state ของเหล็กในแร่ไพไรท์ (Moorman, 1963) ไนโตรเจนจากสารประกอบแอมโมเนียม (Mortensen, 1963; Mortensen และ Himes, 1964) ไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) กลุ่มคาร์บอกซิล (-COOH) ของ carboxylic-, alcoholic -, phenolic- และ enolic group ของสารอินทรีย์ (Gillam, 1940; Broadbent และ Bradford, 1952; Lewis และ Broadbent, 1961; Mortensen และ Himes, 1964 ; Schnitzer และ Skinner, 1963; Schnitzer และ Wright, 1960) และระบบสมดุลย์ระหว่างกาซคาร์บอนไดออกไซด์น้ำและสารคาร์บอเนต (Bradfield และ Allison, 1933)

3. <u>แหล่งของความเป็นกรด</u>

แหล่งของความเป็นกรดของดิน มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 Inorganic adsorbents ได้แก่ hydroxy aluminum หรือ hydroxy ion ที่ดูดยึดในระหว่างชั้นของแร่ซิลิเคต แร่ออกไซด์และ allophane (Jackson, 1964)

3.2 อินทรียวัตถุหรือฮิวมัสในดินอินทรียวัถุประกอบด้วย functional group ต่าง ๆ เช่น carboxyl group ของอินทรียวัถุจะแตกตัวให้ H^+ เมื่อ pH ของดินต่ำกว่า 7.0 (Broadbent และ Bradfield, 1952) นอกจากนั้นสารอินทรีย์เมื่ออยู่รวมกับสารประกอบของอะลูมินัมและของเหล็ก จะแสดงฤทธิ์ความเป็นกรดมากกว่าเมื่อมีแต่สารอินทรีย์อย่างเดียว (Yuan, 1963)

3.3 กรดที่เกิดโดยธรรมชาติและเกิดโดยการใช้สารเคมี กรดที่เกิดโดยธรรมชาติได้แก่ กรดอินทรีย์ซึ่งเกิดจากเศษซากพืชที่กำลังสลายตัว (Mortensen และ Himes, 1964) และกรดกำมะถันจากการออกซิไดซ์ของแร่เพล็กซัลไฟด์ (Beers, 1962; Moorman, 1963) ฝนกรดที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถันปนอยู่ (Gartrell และคณะ, 1963) ส่วนกรดที่เกิดขึ้นโดยการใช้สารเคมีจำพวกปุ๋ยที่ให้แอมโมเนียม ได้แก่ กรดไนตริค (Haylett และ Theron, 1955)

แหล่งของความเป็นกรด (potential acidity) เมื่อจัดตามระดับของความเป็นกรดโดยกำหนดค่า pH ของดินเป็นเกณฑ์ (Jackson, 1963)

1. ระดับกรดจัด (strong acids) เมื่อ pH ของดินมีค่า 4.2 ต่ำกว่าแหล่งของความเป็นกรดได้แก่กรดกำมะถันและ basic ferric sulfate

2. ระดับกรดอ่อน (weak acids) เมื่อ pH ของดินมีค่า 5.0 หรือ 5.2 และต่ำกว่าแหล่งของความเป็นกรด ส่วนใหญ่เป็นประจุบวกอะลูมินัมในน้ำและส่วนน้อยเป็น hydronium ion อาจจะมี carboxyl group ของอินทรียวัตถุบ้าง (ในบางกรณีอาจจะมี basic ferric sulfate และ basicaluminum sulfate)

3. ระดับกรดอ่อนมาก (very weak acids) เมื่อ pH ของดินมีค่าตั้งแต่ 5.2 ถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5 หรือ 7.0 แหล่งความเป็นกรดส่วนใหญ่เป็น carboxyl group ของอินทรียวัตถุและ hydroxy aluminum polymer ที่อยู่ตามขอบของผลึกแร่ดินเหนียวและอาจมีกรดคาร์บอนิคเป็นส่วนน้อย (บางกรณีอาจจะมี basic aluminum sulfate ด้วย)

4. ระดับกรดอ่อนมาก ๆ (very, very weak acids) เมื่อ pH ของดินอยู่ระหว่าง 6.5 หรือ 7.0 ถึง 9.5 แหล่งของความเป็นกรดส่วนใหญ่เป็น phenolic group ของอินทรียวัตถุส่วนน้อยเป็น hydroxy aluminum polymer ของผลึกแร่ซิลิเคตและอาจมีเกลือไบคาร์บอเนตของแคลเซียมและโซเดียมในสารละลายดินเป็นปริมาณที่น้อยมาก

5. ระดับกรดอ่อนที่สุด (extremely weak acids) เมื่อ pH ของดินสูงกว่า 9.5 แหล่งของความเป็นกรดส่วนใหญ่เป็น alcoholic group ของอินทรีย์วัตถุของ silicic acid และของ gypsite, $Al(OH)_3$

4. <u>การเกิดของดินกรด</u>

สาเหตุที่ทำให้เกิดดินกรดมีหลายประการเท่าที่รวบรวมได้ดังนี้

4.1 การเกิดเป็นดินกรดตามกระบวนการธรรมชาติ (natural soil acidification)

ส่วนใหญ่เป็นผลจากการแตกตัวของกรดอ่อนต่าง ๆ (dissociation of weak acids) อัตราการเกิดเป็นกรดสามารถวัดหาปริมาณได้ ซึ่งการผลิตโปรตอนจะมีอัตราจาก 7.2 ถึง 12.8 กิโลโมเลกุลของไฮโดรเจนอิออนต่อพื้นที่หนึ่งเฮคตาร์ต่อปี (7.2-12.8 kmole H^+ ha^{-1} yr^{-1}) สำหรับดินที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตมาก (calcareous soils) และในดินpodzol จะมีอัตราจาก 0.1 ถึง 0.7 กิโลโมลของไฮโดรเจนอิออนต่อพื้นที่หนึ่งเฮคตาร์ต่อปี (0.1-0.7 kmol H^+ $ha^{-1}yr^{-1}$) (Breeuwsma กับ de Vries, 1984) อย่างไรก็ตาม Edelman กับ de Smet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1951) รายงานว่า อัตราการเกิดโปรตอนที่ประเทศเนเธอร์แลนด์ มีอัตราอยู่ระหว่าง 8 ถึง 15 กิโลโมลของไฮโดรเจนอิออนต่อพื้นที่หนึ่งเฮคตาร์ต่อปี และยังได้กล่าวถึงความสำคัญของการผลิตไฮโดรเจนอิออนตามธรรมชาติกับการเป็นกรดของดิน การเกิดกรดตามธรรมชาตินั้นมีความสำคัญที่สุดในดินที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตมากและในขณะเดียวกัน การใช้ที่ดินจะเป็นสิ่งกำหนดความเป็นกรดของดินที่ไม่มีแคลเซียมคาร์บอเนต (Breeuwsme กับ de Vries, 1984)

ฉะนั้นจึงสามารถจำแนกลักษณะการเกิดกรดได้ดังนี้

4.1.1 ปฏิกิริยาเคมีขององค์ประกอบของดิน จำแนกได้ดังนี้

1. การเกิดกรดคาร์บอนิค

กรดคาร์บอนิคในดินเกิดจากการละลายของกาซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ กาซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากการหายใจของจุลินทรีย์ การย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน ปริมาณความเป็นกรดที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับปริมาณของกาซคาร์บอนไดออกไซด์และองค์ประกอบอื่น ๆ ของดินถ้าในดินเป็นระบบ CO_2-H_2O-$CaCO_3$ เมื่อความดันของกาซคาร์บอนไดออกไซด์ในดินเท่ากับ 1 บรรยากาศสารละลายดินของระบบนี้จะมี pH มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6.1 แต่เมื่อความดันของกาซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 0.03 บรรยากาศ สารละลายดินจะมี pH ประมาณ 8.4 (Ponnamperuma, 1967)

2. กรดไนตริค

กรดไนตริคเกิดจากขบวนการไนตริฟิเคชั่น (nitrificat ion) โดยที่จุลินทรีย์ Nitrosomonas และ Nitrobacter เปลี่ยนแอมโมเนียมให้เป็นกรดไนตรัสและกรดไนตริค แอมโมเนียมในดินเกิดจากการสลายตัวของสารอินทรีย์ไนโตรเจนในอินทรียวัตถุและ หรือจากการใช้ปุ๋ยยูเรียหรือปุ๋ยแอมโมเนียม ระดับปริมาณความเป็นกรดมากย่อมขึ้นกับปริมาณของแอมโมเนียมและปริมาณของจุลินทรีย์เหล่านี้ (Alexander, 1961) Pichot (1971) ทดลองใช้ปุ๋ยแอมโมเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซัลเฟตอัตรา 120 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ลงในแปลงทดลองปลูกข้าวโพดสลับกับข้าวหลังจากใส่ลงไปติดต่อกัน 5 ปี พบว่า pH ของดินลดลงจาก 5.2 เป็น 4.9

3. กรดกำมะถัน

กรดกำมะถันเกิดจากขบวนการออกซิเดชัน (oxidation) ของอินทรียวัตถุโดยจุลินทรีย์ดินพวก stric anaerobes เช่น Desulfovibrio และ Desulfotomaculum ช่วยออกซิไดซ์กำมะถันในอินทรียสารในดินบริเวณน้ำกร่อย เมื่อมีสารประกอบเหล็กเกิดเป็นแร่ไพไรท์ (เหล็กซัลไฟด์) และแร่กำมะถัน เมื่อดินบริเวณน้ำกร่อยมีการถ่ายเทอากาศดี สารประกอบไพไรท์จะถูกออกซิไดซ์ ให้สารประกอบใหม่โดยจุลินทรีย์พวก Thiobacillus thioxidans และ Thiobacillus ferrooxidans ได้กรดกำมะถันและจาโรไซท์ ทำให้ดินมี pH ต่ำกว่า 4.2 และปริมาณกรดกำมะถันอาจจะมากถึง 300 me/100 กรัมดิน (Coleman และ Thomas, 1967)

4. กรดอินทรีย์

กรดอินทรีย์เกิดจากการสลายตัวของเศษซากพืชหญ้าฟางและอินทรียวัตถุ กรดที่เกิดขึ้นได้แก่ carboxylic, formic, acetic, oxalic, butyric และกรดอื่น ๆ อีกกว่า 10 ชนิด (Stevenson, 1982) ในดินชั้นไถพรวนแถบรัฐโอไฮโอปริมาณกรดฟอร์มิคจะพบตั้งแต่ 0.51-0.87 me/100 กรัมดิน และกรดอะซิติคจะพบถึง 0.74-0.01 me/100 กรัมดิน แต่ถ้าดินมีความชื้นเพิ่มขึ้น 20 เปอร์เซนต์ ปริมาณกรดอะซิติคจะเพิ่มปริมาณขึ้นถึง 3.7×10^{-3} M - 5.0×10^{-3} M (Schwartz และคณะ, 1954) ในดินน้ำขังจะมีปริมาณกรดอินทรีย์มากกว่าดินที่อยู่ในสภาพดินไร่

4.1.2 การแลกเปลี่ยนประจุบวกระหว่างรากพืชกับดิน บนพื้นผิวรากมีประจุบวกประจุลบชนิดต่าง ๆ รวมทั้งประจุบวกไฮโดรเจนและประจุลบไฮดรอกซิลและรอบคอลลอยด์ก็มีประจุบวกและประจุลบเช่นกัน เมื่อรากพืชมาแตะกับดิน ประจุบวกไฮโดรเจนที่รากพืชจะเข้าแลกที่กับประจุบวกที่ผิว soil phase ของแร่ดินเหนียวหรือของฮิวมัสทำให้ดินมีความเป็นกรดมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (anthropogenic activitities) จากการศึกษาถึงความสำคัญ ปริมาณ และแหล่งที่มาต่าง ๆ ของโปรตอน (proton sources) ที่ทำให้เกิดการเป็นกรดขึ้นในดินสามารถจำแนกได้ดังนี้

4.2.1 การเกิดจากการใช้ที่ดิน (land use)

การใช้ดินในที่นี้ หมายถึงการทำลายพืชพรรณปกคลุมดินตามธรรมชาติ ซึ่งการกระทำเช่นนั้นเป็นการทำลายวงจรต่าง ๆ ของธาตุ (element cycles) และทำให้ดินเกิดเป็นกรดด้วยสาเหตุสองประการดังนี้

1. การชะล้างดินด้วยน้ำ เมื่อน้ำแทรกซึมผ่านดินจะชะล้างประจุบวกต่าง ๆ รวมทั้งพวกที่มีฤทธิ์เป็นด่างออกไปและให้ประจุบวกไฮโดรเจนแทนในตำแหน่งนั้น ๆ ทำให้เพิ่มปริมาณ potential acidity พร้อมกับลดความเป็นด่างของดินลง (Jackson, 1964) ในดิน peat podzols เขตตอนเหนือของ Wales ซึ่งมีฝนตกประมาณ 2,500 มิลลิเมตรต่อปี เป็นแถบที่มีการชะล้างสูง ดินชั้นบน (A_2) มี pH เพียง 3.9 ส่วนชั้นสะสม (B) pH สูง จะสูงขึ้นคือ 4.5 (Robinson และคณะ, 1949-1950)

2. การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหาร (mineralization) เป็นการดูดธาตุอาหารของพืชภายหลังพืชพรรณที่ขึ้นปกคลุมถูกทำลายไป การปฏิบัติเช่นนี้เป็นการสนับสนุนการผลิตโปรตอนจำนวนมาก เพราะว่าอิออนลบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหาร มีปริมาณเกินกว่าอิออนบวกที่อิออนลบได้แก่ไนเตรทและซัลเฟตเป็นต้น การเกิดกรดส่วนใหญ่ของดินจะขึ้นอยู่กับอัตราการเกิดไนตริฟิเคชั่น(nitrification) โดยทั่วไปแล้วไนตริฟิเคชั่นเกิดขึ้นเร็วแม้ว่าดินในป่าซึ่งเป็นกรด

4.2.2 ฝนกรด (acid rain) การเพิ่มกรดจากอากาศ ในอากาศมีกาซ $SO_4^=$, NO_3^- ซึ่งเกิดจากการออกซิเดชันตามธรรมชาติและการเผาไหม้เชื้อเพลิง ที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เมื่อกาซเหล่านี้รวมตัวกับไอน้ำจะตกลงมาพร้อมกับน้ำฝน ซึ่งมี pH ต่ำถึง 3.7-6.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Irving, 1983) ในบริเวณรอบโรงกลั่นน้ำมันแถบรัฐอินเดียนา มีกำมะถันในรูปของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ติดมากับน้ำฝนถึง 27.1 ปอนด์ต่อเอเคอร์ต่อปี (Bertramson และคณะ, 1950) บริเวณโรงงานอุตสาหกรรมแถบอ่าวซานฟรานซิสโกในสหรัฐอเมริกามี 1974-1975 มีสารประกอบกำมะถันที่ติดมากับน้ำฝนถึง 14.51 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี และสารประกอบไนเตรต 1.02 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี (McColl และ Bush, 1978)

5. <u>ปริมาณความต้องการปูนของดินกรด</u> (Lime requirement)

ปริมาณความต้องการปูนของดินกรด หมายถึง ปริมาณด่างที่พอเหมาะที่ใช้สะเทินกรดส่วนที่ไม่แตกตัวและแตกตัว (undissociate และ dissociate) ของกรดจากระดับตั้งแต่เริ่มเป็นกรดจนถึงจุดสะเทินหรือความเป็นกรดลดลง โดยทั่ว ๆ ไปเพื่อให้เหมาะสมกับการปลูกพืช ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาหนึ่งแล้วแต่ชนิดของด่าง (Seatz และ Peterson, 1964) โดยทั่วไปมักปรับระดับของ pH ตามความเหมาะสมของพืชที่ปลูก เช่น ที่ pH 6.5 หรือ 7.0 (McLean, 1973)

ในการทำปฏิกิริยาแก้ฤทธิ์ความเป็นกรดนั้น ประจุลบไฮดรอกซิลของด่างจะเข้าทำปฏิกิริยากับประจุบวกไฮโดรเจนหรือประจุบวกอะลูมินัมที่อยู่ในสารละลายดิน (active acidity) ทำให้ประจุบวกในสารละลายดินลดลง ประจุบวกไฮโดรเจนหรือประจุบวกอะลูมินัมจากส่วนที่แลกเปลี่ยนได้ (potential acidity) จะออกมาแทนที่ปฏิกิริยาจะดำเนินไปเรื่อย ๆ จนถึงจุดสมดุลย์ซึ่งจะใช้เวลา 1 เดือน (Dunn, 1943) หรือ 3 เดือน (Ross และคณะ, 1964; Rios และคณะ, 1968) ด่างที่ใช้ทางเกษตรเป็นพวกปูนซึ่งเป็นสารประกอบพวกออกไซด์ ไฮดรอกไซด์และคาร์บอเนตของแคลเซียมและแมกนีเซียมซึ่งจะทำปฏิกิริยาเร็ว หรือช้าขึ้นกับชนิดและขนาดของเม็ดปูน หินปูนแคลไซท์ ($CaCO_3$) จะทำปฏิกิริยารวดเร็วกว่าหินปูนโดโลไมท์ ($CaMg(CO_3)_2$) (Schollenberger และ Salter, 1943)

5.1 ค่าที่แท้จริงของปริมาณความต้องการปูนของดินตามสภาพไร่นา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าที่แท้จริงของปริมาณความต้องการปูนของดินตามสภาพไร่นา คือ ค่ารวมของปริมาณปูนที่ใส่ครั้งแรกและครั้งต่อ ๆ ไปจนกระทั่งถึงครั้งที่ใส่ปูนแล้วสามารถปรับระดับความเป็นกรดของดินได้ระดับตามที่ต้องการ ซึ่งการแก้ความเป็นกรดของดินตามที่ปฏิบัติจริงในไร่นาเริ่มต้นจากการตรวจสอบระดับความเป็นกรดของดินและหาค่าปริมาณความต้องการปูนในห้องปฏิบัติการ ใส่ปูนตามปริมาณที่ได้จากห้องปฏิบัติการ ผสมคลุกเคล้าปูนกับดิน (ซึ่งปฏิบัติได้เฉพาะกับดินชั้นบนเท่านั้น) ปล่อยให้ปูนทำปฏิกิริยากับกรดในดิน (ตามสภาพธรรมชาติ หรือสภาพดัดแปลง) เป็นระยะเวลาหนึ่ง เตรียมดินปลูกพืช หรือเริ่มหาค่าปริมาณความต้องการปูนในห้องปฏิบัติการ เมื่อดินยังมีระดับความเป็นกรดไม่เหมาะสมอยู่อีกก็ใส่ปูนและปฏิบัติเช่นนี้เรื่อยไปจนกว่าดินจะมีระดับความเป็นกรดตามความต้องการ

ฉะนั้น ค่าที่แท้จริงของปริมาณความต้องการปูนของดิน จึงมีความแปรปรวนไปตามปัจจัยที่เข้าทำปฏิกิริยา (ชนิดของแหล่งและปริมาณความเป็นกรด กับชนิด ขนาดและประมาณปูน) และปัจจัยที่สนับสนุนการทำปฏิกิริยา เช่น การผสมคลุกเคล้าปูนกับดิน ความชื้นในดินและอุณหภูมิของดิน การชะล้างและการเพิ่มกรดจากแหล่งอื่นๆ ฯลฯ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2523)

ชนิดและแหล่งของความเป็นกรดสามารถปลดปล่อย active acidity ช้าหรือเร็วต่างกัน (Coleman และ Thomas, 1976) เช่น ไฮโดรเจนไอออนจะทำปฏิกิริยาได้เร็วกว่าอะลูมินัมไอออน (Al^{+3}) และเร็วกว่าไฮดรอกซีอะลูมินัม [$Al(OH)^{+}_{2}$] (Coleman และ Thomas , 1967) และบางกรณีเช่นดินกรดจัดในขณะดินแห้ง แหล่งของความเป็นกรดของดินบน ได้แก่ ไฮโดรเจนไอออนและอะลูมินัมไอออนที่แลกเปลี่ยนได้และกรดกำมะถัน ซึ่งพร้อมที่จะให้ active H^{+} ทำปฏิกิริยากับปูนที่ใส่ลงไป แต่ในสภาพไร่นาดินล่างมีแหล่งของความเป็นกรดอื่น เช่น แร่ pyrite ซึ่งเมื่อถูกออกซิไดซ์ได้ กรดกำมะถันและ basic iron sulfate หรือ jarosite ซึ่งสามารถ hydrolyzed ให้ goethite และมีกรดเกิดขึ้น สามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาพร้อมกับความชื้นสู่ดินบนทำให้ดินเป็นกรดมากไป ดังนั้นปริมาณความต้องการปูนของดินแห้ง (ดินไร่) จึงมากกว่าดินที่มีน้ำขัง (ดินนา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปูนที่นำมาใช้มีหลายชนิด เช่น หินปูนบด เปลือกหอยบด หินปูนเผา เปลือกหอย

เผา ปูนขาว [$Ca(OH)_2$] หินโดโลไมซ์ ปูนมาร์ล (ดินเหนียวผสมกับ $CaCO_3$) ขี้เถ้า ฯลฯ หรือสารอื่นใด ที่สามารถแก้ความเป็นกรดของดินได้โดยไม่ทำให้ดินเสื่อม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2523) ปูนแต่ละชนิดมีสมบัติในการแก้ความเป็นกรดได้ช้าเร็วต่างกัน เช่น ปูนขาวแก้ความเป็นกรดได้รวดเร็วกว่าหินปูนบดและแม้จะเป็นชนิดเดียวกันแต่ขนาดอนุภาคของปูนต่างกัน ก็มีผลต่อการแก้ความเป็นกรดของดินต่างกันเช่นหินปูนบด ขนาดต่ำกว่า 80 mesh แก้ความเป็นกรดของดินได้ช้ากว่าหินปูนบดละเอียดกว่านี้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2523)

การคลุกเคล้าปูนให้เข้ากับดิน (เฉพาะดินบน) ถ้าหว่านปูนสม่ำเสมอทั้งพื้นที่แล้วไถพรวนคราดผสมปูนให้เข้ากับดินบนจะสามารถปรับความเป็นกรดของดินบนได้เท่านั้น แต่ความเป็นกรดของดินล่างจะยังคงเหมือนเดิมและถ้าหว่านปูนไม่สม่ำเสมอคือ เป็นแถบเป็นกระจุกและไถคราดไม่เพียงพอ จะมีปูนกองเป็นแถบ ๆ ดินบริเวณนี้จะมีปูนมากเกินไป และดินบริเวณที่ไม่มีปูนเลยจะยังคงระดับกรดเท่าเดิม เมื่อเก็บตัวอย่างดินภายหลังการใช้ปูนไปเพื่อหาค่าปริมาณความต้องการปูนใหม่อีกครั้งย่อม ได้ค่าที่ไม่ใช่ค่าที่แท้จริงคือจะน้อยเกินไปหรือมากเกินไปแล้วแต่กรณี (Buckman และ Brady, 1959)

ความชื้นในดินตามสภาพไร่นาแปรปรวนตลอดเวลา ดินแห้งน้ำในดินมีเพียงเยื่อใยบาง ๆ รอบอนุภาคคอลลอยด์ ในดินชื้นมีน้ำในดินมากน้ำจะเป็นตัวการช่วยให้ H^+, Al^{+3} ทำปฏิกิริยากับปูน ปฏิกิริยาเกิดขึ้นจึงเร็วกว่าดินแห้ง (Bradfield, 1941; Marion และคณะ 1985) ค่าปริมาณความต้องการปูนของดินที่แท้จริงจึงแตกต่างกันตามสภาพความชื้นของดินทั้ง ๆ ที่เป็นดินเดียวกัน (Arkley, 1963)

อุณหภูมิของดินในสภาพไร่นา มีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาของปูนกับแหล่งของความเป็นกรดของดินเพราะปูนที่ใส่ลงไปในดินบางส่วนจะถูกจุลินทรีย์ดินนำไปใช้ บางส่วนจะทำปฏิกิริยากับแหล่งของความเป็นกรดที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ Bradfield (1941) พบว่า $CaCO_3$ จะลดความเป็นกรดของดินได้ดีที่อุณหภูมิ 25 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาความต้องการปูนที่แท้จริงในไร่นา เป็นผลมาจากการใส่หินปูนลงในไร่นาเป็นระยะเวลาหนึ่ง แคลเซียมและแมกนีเซียมจะเข้าแทนที่ประจุบวกไฮโดรเจนและประจุบวกอะลูมินัม ประจุอะลูมินัมในสารละลายดินจะทำปฏิกิริยารวมตัวกับไฮดรอกซิลตกตะกอนลงไป ปูนจึงลดความเป็นพิษของอะลูมินัมพร้อมกับลดความเป็นกรดของดิน (Reeve และ Sumner, 1970; Farina และคณะ, 1980; Kennerh และ Kamprath, 1983)

5.2 ปริมาณความต้องการปูนของดินโดยวิธีในห้องปฏิบัติการ

วิธีหาปริมาณปูนเพื่อแก้ความเป็นกรดของดินมีหลายวิธี แต่ละวิธีล้วนมีหลักเกณฑ์เดียวกัน คือต้องทราบปริมาณ active acidity และ potential acidity ส่วนที่ต้องการปรับให้ได้ดินมี pH 6.5 หรือ 7.0 แล้วคำนวณออกมาเป็นปริมาณปูน วิธีต่าง ๆ รวบรวมได้ คือ

1. <u>วิธีการหมักปูนกับดิน</u> (Incubation) (จุรี, 2529) ทำโดยหมักปูนกับดินเข้าด้วยกันในสภาพดินชื้นทิ้งไว้ให้ปฏิกิริยาถึงสมดุลย์ ระยะเวลาที่ใช้ให้ปฏิกิริยาถึงสมดุลย์จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของปูนขนาดของอนุภาคปูน ปริมาณความชื้น อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก ระยะเวลาที่ใช้ในการหมักดินต่างกันไปตามสภาพความชื้นของดิน Dunn (1943) ทดลองหมักดินแฉะ (ดินนา) กับปูน $CaCO_3$ และ $Ca(OH)_2$ ในห้องปฏิบัติการพบว่าปฏิกิริยาถึงสมดุลย์ใน 1 เดือน แต่ในสภาพชื้น (ดินไร่) Moschler และคณะ (1962) ทดลองใส่หินปูนในรูปโดโลไมท์ดินเวอร์จิเนียในอัตรา 8 ตันต่อเอเคอร์พบว่าหลังจาก 5 ปีไปแล้วยังมีการ

วิธีหาปริมาณความต้องการปูนของดิน โดยวิธีหมักปูนกับดินมักใช้เป็นมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบกับวิธีวัดปริมาณความต้องการปูนของวิธีอื่น ๆ เพราะวิธีนี้เป็นวิธีที่มีสภาพความชื้นใกล้เคียงกับการใส่ปูนลงในดินในสภาพไร่นาตามธรรมชาติ ซึ่งต้องใช้เวลาหนึ่งที่ปล่อยให้ปูนทำปฏิกิริยากับแหล่งของความเป็นกรดจนปฏิกิริยาถึงสมดุลย์

2. <u>วิธีที่ใช้ด่าง</u> (Methods involving use of hydroxide) วิธีนี้ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การไตเตรทดินด้วยสารละลาย calcium hydroxide [$Ca(OH)_2$] เป็นวิธีที่เคยนิยมกันมากและแบ่งออกได้เป็นหลายวิธีคือ

2.1 Veitch lime water method (Truog, 1938) ซึ่งประกอบด้วยการไตเตรทดินด้วยสารละลาย $Ca(OH)_2$ มาตรฐาน โดยใช้ phenolphthalein เป็น indicator (end point เกิดเมื่อ pH 8.3) ผลที่ได้จากวิธีนี้คาดว่าอาจมากกว่าความต้องการปูนที่แท้จริงของดิน

2.2 Dunn's method (Peech, 1945) ซึ่งประกอบด้วยการไตเตรทดินด้วยสารละลาย $Ca(OH)_2$ มาตรฐานจนถึง end point โดยทิ้งไว้ 4 วัน แล้วใช้ pH meter วัด pH ของสารผสมระหว่างดินกับการละลายมาตรฐานนี้ วิธีนี้ได้ความต้องการปูนของดินที่ต่ำกว่าความเป็นจริง จึงจำเป็นต้องใช้ liming factor คูณกับผลที่ได้เสียก่อนจึงจะได้ผลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

2.3 Hardy and Lewis'method (Peech และ Bradfield, 1948) ซึ่งประกอบด้วยการไตเตรทดินด้วย $Ca(OH)_2$ โดยใส่ calcium chloride ($CaCl_2$) ลงไปก่อนเพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้นจนกระทั่ง pH 7.0 วิธีนี้ได้ความต้องการปูนต่ำกว่าวิธีมาตรฐานเมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน

วิธีที่ใช้ด่างนี้สามารถทราบความต้องการปูนของดินได้จากจำนวน $Ca(OH)_2$ ที่ใช้ในการไตเตรทดินจนถึง end point หรือจนถึง pH 7.0 โดยนำมาคำนวณเทียบเป็นกิโลกรัมของ $Ca(OH)_2$ ต่อดิน 1 ไร่ เสียก่อนโดยกำหนดให้ดิน 1 ไร่ ชั้นไถพรวนหนัก 384,000 กิโลกรัม (คณะอาจารย์แผนกวิชาปฐพีวิทยา, 2510)

3. <u>การวัดระดับของไฮโดรเจนไอออนที่อาจแลกเปลี่ยนได้ในดิน</u> (determination of exchangeable hydrogen in soil) (สมศักดิ์, 2511) วิธีต่าง ๆ ที่จัดอยู่ในประเภทนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วยการสกัดไฮโดรเจนไอออนที่อาจแลกเปลี่ยนได้ออกจากดิน โดยการชะล้างดินด้วยสารละลายของเกลือบางชนิด เกลือที่ใช้เตรียมสารละลายเพื่อชะล้างดินนี้มีหลายชนิดและความเข้มข้นก็ต่างกันด้วย เมื่อความเข้มข้นของเกลือในสารละลายที่ใช้ชะล้างดินเท่า ๆ กัน จำนวนไฮโดรเจนไอออนที่สกัดได้จากการชะล้างดินนั้น ๆ อาจแตกต่างกัน แล้วแต่ชนิดของเกลือที่ใช้สกัด อาทิ สารละลายของ calcium carbonate สกัดไฮโดรเจนไอออนได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ สารละลายของ calcium acetate, calcium chloride และ sodium chloride ตามลำดับ เป็นต้น ในกรณีที่ใช้เกลือชนิดเดียวกันแต่ความเข้มข้นต่างกัน จำนวนไฮโดรเจนไอออนที่สกัดได้ก็อาจต่างกันซึ่งอาจอธิบายได้โดย law of mass action ซึ่งกล่าวถึงแรงดึงดูดระหว่างสารต่าง ๆ ว่าสารที่มีมวลมากย่อมมีแรงดึงดูดมากกว่าสารที่มีมวลน้อยเมื่อสารละลายของเกลือที่ใช้มีความเข้มข้นมาก ก็มีมวลหรือเนื้อของเกลือนั้นมากกว่าและมีแรงดึงดูดให้ไฮโดรเจนไอออนที่อาจแลกเปลี่ยนได้ของดิน ให้ออกมาอยู่ในสารละลายได้สูงกว่าสารละลายของเกลือที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า นอกจากนี้ไฮโดรเจนไอออนที่อาจแลกเปลี่ยนได้นั้นอาจถูกดูดซับอยู่บนผิวของอนุภาคดินเหนียวของดินในลักษณะต่าง ๆ อาทิในบางกรณีอาจถูกดูดซับโดย ionic bond เช่น ในกรณีของแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 และในบางกรณีก็อาจถูกดูดซับโดย oxygen atom ของ hydroxyl group เช่น ในกรณีของแร่ดินเหนียวประเภท 1:1 เป็นต้น ลักษณะการดูดซับของไฮโดรเจนไอออนที่อาจแลกเปลี่ยนได้นี้ มีบทบาทสำคัญในการควบคุมระดับการแยกตัวของไฮโดรเจนไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ออกจากผิวของอนุภาคของแร่ดินเหนียว ดังนั้นจำนวนไฮโดรเจนไอออนที่สกัดได้จากดินจึงขึ้นอยู่กับ pH ของสารผสมระหว่างดินกับสารละลายที่ใช้ชะล้างดินอีกด้วย วิธีต่าง ๆ ที่ใช้วัดไฮโดรเจนไอออนที่ถูกดูดซับเป็นหลักมีดังนี้

3.1 Normal ammonium acetate method วิธีนี้ใช้สารละลาย ammonium acetate (NH_4OAc) เข้มข้น 1 N และมี pH 7.0 เป็นสารละลายสกัดไฮโดรเจนไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ออกจากดิน แล้ววัดจำนวนไฮโดรเจนไอออนที่สกัดออกมาได้โดยการไตเตรทด้วยด่างมาตรฐาน แต่เนื่องจาก NH_4OAc เป็น buffer อย่างแรงที่ pH 7.0 จึงสกัดไฮโดรเจนไอออนที่อาจแลกเปลี่ยนได้ออกจากดินได้มากและได้ค่าความต้องการปูนของดิน ใกล้เคียงกับวิธีการไตเตรทดินด้วย NH_4OH จนถึง pH 8.3 (Peech และ Bradfield, 1948)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 Mehlich method (Mehlich, 1983) วิธีนี้ใช้สารละลายของ barium chloride ($BaCl_2$) และ triethanolamine ผสมกันเพื่อให้สารผสมมีความเข้มข้น 0.5 N $BaCl_2$ และ 0.2 N triethanolamine และมี pH 8.2 ไล่ที่ไฮโดรเจนไอออนที่อาจแลกเปลี่ยนได้ในดินแล้ววัด pH ของสารละลายนี้อีกครั้งหนึ่งหลังจากคลุกเคล้ากับดินอย่างทั่วถึงแล้ว จำนวนไฮโดรเจนไอออนที่ถูกดูดซับในดินอาจทราบได้โดยการนำค่า pH ที่ลดลงนำไปเปรียบเทียบกับ titration curve ที่ได้จากการไตเตรทน้ำยาสกัดด้วยกรดมาตรฐาน

3.3 Hopkins'method (Peech และ Bradfield, 1948; Truog, 1938) วิธีนี้ใช้สารละลาย potassium nitrate (KNO_3) สกัดไฮโดรเจนไอออนที่อาจแลกเปลี่ยนได้ออกจากดิน วิธีนี้มักให้ความต้องการปูนของดินต่ำกว่าความเป็นจริง เพราะว่าสารละลาย KNO_3 เป็นเกลือของกรดแก่ จึงแทนที่ไฮโดรเจนไอออนที่อาจแลกเปลี่ยนได้ในดินได้น้อยกว่าที่ควร

3.4 Jones'method (Peech และ Bradfield, 1948) วิธีนี้ใช้สารละลาย calcium acetate $Ca(OAc)_2$ สกัดไฮโดรเจนไอออนที่อาจแลกเปลี่ยนได้ออกมาจากดินเป็นวิธีที่เคยนิยมกันมากในประเทศสหรัฐอเมริกา แต่ก็ให้ผลต่ำกับดินที่เป็นกรดมาก ๆ เพราะว่า $Ca(OAc)_2$ เป็นสารละลาย buffer อย่างแรงที่ pH ต่ำมาก ๆ เมื่อนำมาใช้วัดความต้องการปูนของดินนั้นจำเป็นต้องใช้ที่ pH สูงประมาณ 7.0 ขึ้นไปจึงทำให้ความสามารถในการเป็นสารละลาย buffer ลดลงและเข้าแทนที่ไฮโดรเจนไอออนที่อาจแลกเปลี่ยนได้ในดินน้อยกว่าความเป็นจริง

3.5 Bradfield and Allison's method (Peech และ Bradfield, 1948) วิธีนี้ใช้สารละลาย 1 N ammonium chloride (NH_4Cl) และสารละลาย 0.01 N ammonium hydroxide (NH_4OH) ผสมกันและมี pH 7.0 เป็นสารละลายสกัดไฮโดรเจนไอออนที่อาจแลกเปลี่ยนได้ออกจากดินซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับวิธี ammonium acetate ที่กล่าวในข้อ 3.1 (Chapman และ Kelley, 1930; Peech, 1945; Schollenberger และ Dreibelbis, 1930) เพราะว่าสารละลาย buffer ดังกล่าวเป็น buffer อย่างแรงที่ pH 7.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

99590

จากปริมาณไฮโดรเจนที่อาจแลกเปลี่ยนได้ในดินที่ได้จากวิธีเหล่านี้ สามารถนำมาคำนวณหาความต้องการปูนของดินได้จากสูตร

L.R. = 1920 A

เมื่อ L.R. = ความต้องการปูนของดินเป็น กิโลกรัม $CaCO_3$ ต่อดิน 1 ไร่ชั้นไถพรวน ซึ่งกำหนดให้มีน้ำหนักเป็น 384,000 กิโลกรัม (คณะอาจารย์แผนกวิชาปฐพีวิทยา, 2510)

A = จำนวน milliequivalent ของไฮโดรเจน ที่อาจแลกเปลี่ยนได้ในดิน 10 กรัม

4. <u>วิธีการบัฟเฟอร์</u> (Buffer method) หลักการของวิธีนี้คือ ใช้สารละลาย buffer ที่ทราบ pH แล้วผสมคลุกเคล้ากับดินให้ทั่วแล้ววัด pH ของสารผสมของดินและสารละลาย buffer นั้นนำ pH ของสารละลาย buffer ที่ลดลงไปเปรียบเทียบหาจำนวนไฮโดรเจนไอออนที่อาจแลกเปลี่ยนได้ในดินจาก titration curve ของสารละลาย buffer นั้น กับกรดมาตรฐาน สารละลาย buffer นี้จะต้องมีสมบัติในการทำให้ pH ของสารผสมของดินและสารละลาย buffer นั้นลดลงอย่างเป็นสัดส่วนกับปริมาณของไฮโดรเจนที่อาจแลกเปลี่ยนได้ในดินนั้น ๆ วิธีการที่ใช้หลักนี้มีดังนี้

4.1 Brown's pH method (Brown, 1943) วิธีนี้ใช้ neutral normal ammonium acetate เป็นสารละลาย buffer มี pH 7.0 วัด pH ของสารผสมของดินและสารละลาย buffer ด้วย pH meter วิธีนี้เป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวางและเป็นวิธีที่ปฏิบัติได้ง่ายที่สุด แต่ความต้องการปูนของดินที่ได้มักเป็นค่าโดยประมาณ

4.2 Woodruff's buffer method (Woodruff, 1947-1948) วิธีนี้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลาย buffer ที่มี paranitrophenol, magnesium oxide และ calcium acetate ผสมกับน้ำเป็นสารละลาย buffer มี pH 7.0 วิธีนี้ใช้ได้ดีกับดินเนื้อละเอียดและกับดิน ในมลรัฐมิสซูรี่ (Missouri) ประเทศสหรัฐอเมริกา แต่สำหรับดินในมลรัฐโอไฮโอ (Ohio) ประเทศสหรัฐอเมริกา ให้ผลได้เพียงครึ่งหนึ่งของความต้องการปูนจริง ๆ ของดิน (Pratt และ Bair, 1962; Schollenberger และ Dreibelbis, 1930)

4.3 Shoemaker, McLean and Pratt's method (Shoemaker, McLean และ Pratt, 1961) วิธีนี้ใช้สารละลาย buffer ที่มี paranitrophenol, calcium acetate, calcium chloride และ triethanolamine ผสมกับน้ำเป็นสารละลาย buffer มี pH 7.5 เป็นวิธีที่ดัดแปลงจากวิธี Woodruff ในข้อ 4.2 เมื่อใช้กับดินในมลรัฐโอไฮโอ สหรัฐอเมริกา (Pratt และ Bair, 1962) ให้ค่าความต้องการปูนของดินได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง และน่าเชื่อถือดีกว่าวิธีของ Woodruff buffer solution เมื่อใช้กับดินในมลรัฐโอไฮโอ สหรัฐอเมริกา

4.4 Pratt and Bair'smethod (Pratt และ Bair, 1962) วิธีนี้ใช้สารละลาย buffer ที่มีสารประกอบเป็นสารละลาย buffer เหมือนวิธี Shoemaker et.al. ในข้อ 4.3 แต่วิธีปฏิบัติต่างกันใช้ได้ดีกับ mineral soils เท่านั้น สำหรับ organic soils วิธีนี้ให้ผลได้ที่ต่ำกว่าความเป็นจริง

5. วิธีการใช้คุณสมบัติเฉพาะทางเคมีของดิน เป็นวิธีการโดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางเคมี เพื่อคำนวณหาปริมาณความต้องการปูน คือ

5.1 Method using the relationship between the soil pH and the percent base satuvation of the soil (Lathwell และ Peech, 1964) วิธีนี้อาศัยความจริงที่ว่าสำหรับดินกลุ่มหนึ่ง ๆ นั้น ความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับเปอร์เซนต์การอิ่มตัวด้วยด่างของดินมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรง ภายในช่วง pH 4.5-6.5 และการเพิ่มของดินภายในช่วงนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสัดส่วนกับจำนวนปูนที่ใส่เพิ่มให้แก่ดิน การที่จะใช้วิธีนี้ได้จะต้องทราบเปอร์เซนต์การอิ่มตัวด้วยด่างที่แน่นอน ในขณะที่ดินนั้นมี pH 7.0 และจะต้องทราบความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (C.E.C.) ของดินและเปอร์เซนต์การอิ่มตัวด้วยด่างในสภาพปกติตามธรรมชาติของดินนั้นอีกด้วย สูตรในการคำนวณความต้องการปูนของดินโดยวิธีมีดังนี้

$$L.R. = \frac{C.E.C. (\% BS_1 - \% BS_2) \times 1000}{100}$$

เมื่อ L.R. = ความต้องการปูนของดิน (ปอนด์ $CaCO_3$ ต่อดิน 1 เอเคอร์)

C.E.C. = ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (me ต่อดิน 100 กรัม)

$\% BS_1$ = เปอร์เซนต์การอิ่มตัวด้วยด่างของดินเมื่อ pH เท่ากับ 7.0

$\% BS_2$ = เปอร์เซนต์การอิ่มตัวด้วยด่างของดินเมื่อมี pH ตามปกติในธรรมชาติ

5.2 Soil pH-organic matter method เป็นการคำนวณหาความต้องการปูนจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์วัตถุ และ pH ของดิน (Keeney และ Corey, 1963) โดยวิธีมีดังนี้

$$L.R. = 1.6 (7.0-\text{soil pH}) (\% \text{ organic matter})$$

เมื่อ L.R. = ความต้องการปูนของดิน (me ต่อดิน 100 กรัม)

หรือ $L.R. = 8 \times 10^{-7} (7.0-\text{soil pH}) (\% \text{ organic matter}) \times$ น้ำหนักดินต่อไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ L.R. = ความต้องการปูนของดิน (กิโลกรัมของ $CaCO_3$ ต่อดิน 1 ไร่ชั้นไถพรวน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อุปกรณ์และวิธีการ

ก. อุปกรณ์การทดลอง

1. ตัวอย่างดินที่เป็นกรด จำนวน 5 ชุดดิน คือ

(1) ชุดดินอ่าวลึก (Ak)

(2) ชุดดินบ้านบึง (Bbg)

(3) ชุดดินบางเขน (Bn)

(4) ชุดดินคอนเมือง (Dm)

(5) ชุดดินมาบบอน (Mb)

2. สารเคมีชนิดต่าง ๆ (reagents) ได้แก่ แคลเซียมไฮดรอกไซด์บริสุทธิ์ [$Ca(OH)_2$] สารเคมีที่ใช้เตรียมน้ำยาบัฟเฟอร์ชนิดต่าง ๆ และสารเคมีที่ใช้เตรียมน้ำยาหาปริมาณความเป็นกรดทั้งหมด

3. pH meter ประกอบด้วย combined glass and calomel electrode

4. เครื่องใช้และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องชั่ง เครื่องแก้วต่าง ๆ ขวดพลาสติก เป็นต้น

ข. วิธีการทดลอง

1. แผนการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองนี้เป็นการทดลองประเภท factorial โดยมีแผนการทดลองแบบ radomized complete block design และมีวิธีวัดความต้องการปูน เป็น factor A (6 วิธี) และชนิดของชุดดินเป็น factor B (ดิน 5 ชุด) รวมทั้งสิ้น 30 ตำรับการทดลองและได้ดำเนินการทดลองเป็นจำนวน 4 ซ้ำ

2. ตัวอย่างดิน

ดินตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองนี้ แต่ละตัวอย่างเป็น composite sample ของดินในเนื้อที่ต่าง ๆ ทั้ง 5 ชุดดิน โดยทำการเก็บตัวอย่างดินจากจุดต่าง ๆ หลาย ๆ จุด บนนื้นที่ทั้งหมด นับตั้งแต่ผิวดิน (0-8 นิ้ว) แล้วทำการผสมดินที่ได้จากจุดต่าง ๆ เข้าด้วยกันจนได้ตัวอย่างดินชนิดละ 10 กิโลกรัมโดยประมาณ จากนั้นจึงนำตัวอย่างดินไปผึ่งให้แห้งในร่ม (air dry) ใช้เวลาประมาณ 15 วัน แล้วจึงบดเพื่อให้ผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร (และ 0.5 มิลลิเมตรเพื่อการวิเคราะห์บางอย่างต่อไป) จากนั้นจึงคลุกเคล้าดินที่ร่อนผ่านตะแกรงแล้วนี้ให้เข้ากันอย่างทั่วถึงก่อนบรรจุเก็บลงในภาชนะพลาสติกไว้ เพื่อนำไปทำการหาความต้องการปูนของดิน ต่อไป

3. วิธีวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

(1) pH วัด pH ด้วยเครื่อง pH meter ที่ประกอบด้วย combined glass and calomol electrode โดยมีอัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1

(2) อินทรียวัตถุ (Walkley and Black, 1934)

(3) Cation exchange capacity (Chapman, 1965)

(4) Exchange acidity (Potassium Chloride Method)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) Exchange Al^{+s} (Potassium Chloride Method)

(6) Exchange H^{+} (Potassium Chloride Method)

4. วิธีหาปริมาณความต้องการปูน

(1) Mehlich method ($BaCl_2$-Triethanolamine method) (Peech, 1965; Mehlich, 1983) มีวิธีการดังต่อไปนี้ คือ

ส่วนประกอบของ $BaCl_2$-Triethanolamine solution ในปริมาณ 1 ลิตรคือ

1) Barium chloride	($BaCl_2.2H_2O$)	61	กรัม
2) Triethanolamine 2 N	[$(CH_2CH_2OH)_3$]	27	กรัม
3) HCl 6 N		4	มิลลิลิตร

(ปรับ pH ให้เป็น 8.2 ด้วย HCl หรือ Triethanolamine)

ส่วนประกอบของ mixed indicator มีดังนี้

bromeresol green 0.22 กรัม และ methyl red 0.075 กรัม ละลายใน ethanol 95 เปอร์เซนต์ จำนวน 96 มิลลิลิตร กับ 0.1 N NaOH จำนวน 3.5 มิลลิลิตร

ชั่งตัวอย่างดิน 10 กรัมเติมน้ำยา $BaCl_2$-Triethanolamine 100 มิลลิลิตร เขย่า 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ค้างคืนวันต่อมาเขย่า 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษ Whatman No. 42 แล้ว pipet จำนวน 50 มิลลิลิตร ใส่ใน flask เติม mixed indicator ทำการ titrate ด้วย 0.2 N HCl จนได้ end point สีชมพู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณปริมาณความต้องการปูนของดินที่ได้จากสูตร ดังนี้ คือ

$$L.R. = N\ (B-S)\ 5000$$

เมื่อ L.R. = ปริมาณความต้องการปูน (ปอนด์ $CaCO_3$/เอเคอร์)

N = Normality ของกรดเกลือ

B = ปริมาณกรดที่ใช้ในการ titrate กับน้ำยา $BaCl_2$-Triethanolamine ปริมาณ 50 มิลลิลิตร

S = ปริมาณกรดที่ใช้ในการ titrate กับตัวอย่างดิน

กำหนดให้ 1 กิโลกรัม เท่ากับ 2.24 ปอนด์และ ดิน 1 เอเคอร์ เท่ากับ 2×10^6 ปอนด์ โดย 80 เปอร์เซนต์ของจำนวนปูนที่ประเมินได้โดยวิธีนี้ จะพอดียกระดับ pH ให้เหมาะสมกับการเจริญเติมโตของพืช (Peech, 1965)

(2) $Ca(OH)_2$ Titration method (Chernov, 1964) มีวิธีการดังต่อไปนี้

เตรียมสารละลายอิ่มตัวของ $Ca(OH)_2$ 0.04 N โดยใช้ $Ca(OH)_2$ 10 กรัม ในน้ำกลั่น 4 ลิตร เขย่าเป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง แล้วจึงตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 2 วัน ในระหว่างที่ตั้งทิ้งไว้นี้เขย่าอีก 3 ครั้ง ๆ ละ 30 นาที จากนั้นปล่อยให้ตกตะกอนโดยทิ้งไว้ประมาณ 4-5 ชั่วโมง ทำการ siphon เอาสารละลายข้างบนออกจากภาชนะปิดฝาไว้ นำสารละลายนี้หาความเข้มข้นโดยการ titrate ด้วย 0.1 N HCl และ mixed indicator

ชั่งตัวอย่างดิน 10 กรัมเติมสารละลายอิ่มตัวของ $Ca(OH)_2$ 0.04 N ในอัตรา 0,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การนำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10, 20, 30, 40 และ 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ เติมน้ำเพื่อให้ได้สัดส่วนของดินต่อน้ำเป็น 1:5 เขย่า 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ 4 วัน เขย่าอีก 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง วัด pH

ดังนั้นปริมาณความต้องการปูนของดินคือค่าความสัมพันธ์ระหว่าง pH ของดินกับปริมาณ $Ca(OH)_2$ 0.04 N ที่ใช้ในการ titrate

(3) Soil pH-organic matter method (Keeney และ Correy, 1963)

การหาค่าความสัมพันธ์ของ pH และปริมาณอินทรียวัตถุของตัวอย่างดิน โดย Walkey and Black titration method เพื่อประเมินความต้องการปูนของดิน ดังสูตรต่อไปนี้ คือ

L.R. (me $CaCO_3$/100 gm. soil) = 1.6 (7.0-soil pH) (%organic matter)

หรือ L.R. (tons/rai) = $8x10^{-7}$ x $384x10^3$ (7.0-soil pH) (%organic matter)

(4) SMP-SB buffer solution method (Shoemaker, Mclean and Pratt -single buffer) (Shoemaker และคณะ, 1961) มีวิธีการดังต่อไปนี้

ส่วนประกอบของ SMP-SB ในปริมาตร 1 ลิตร คือ

1) Calcium acetate	$[Ca(CH_3COO)_2]$	2.0	กรัม
2) Calcium chloride	$(CaCl_2.2H_2O)$	53.1	กรัม
3) Para-nitrophenol		1.8	กรัม
4) Potassium chromate	(K_2CrO_4)	3.0	กรัม
5) Triethanolamine	$[(CH_2CH_2OH)_3]$	2.5	มิลลิลิตร

(ปรับ pH ของสารละลายให้เป็น 7.5 ด้วย NaOH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่งตัวอย่างดิน 10 กรัม ลงใน beaker ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร คนดินและน้ำให้เข้ากัน แล้วเติมน้ำยา SMP-SB 20 มิลลิลิตร พร้อมกับคนเป็นระยะ ๆ ทิ้งไว้ 30 นาที วัด pH จากนั้นทำ titration curve โดยใช้น้ำยา SMP-SB 10 มิลลิลิตร titrate กับ 0.2 N HCl

ดังนั้นการประเมินความต้องการปูนโดย SMP-SB นี้คือ ปริมาณ pH ของสารละลาย buffer ของดินที่ลดลงจาก pH มาตรฐาน ที่เป็นสัดส่วนกับปริมาณกรดที่ใช้ titrate หรือคำนวณจากสูตรได้ คือ

$$L.R. = 1920 \times 2A$$

เมื่อ L.R. = ความต้องการปูนของดิน (กิโลกรัม $CaCO_3$/ไร่)
(โดย ดิน 1 ไร่ชั้นไถพรวนหนัก 384×10^3 กิโลกรัม)

A = จำนวน milliequivalent ของ 0.2 N HCl มาตรฐานที่ทำให้สารละลาย buffer มี pH เปลี่ยนไปเท่ากับที่ทำให้ดินเปลี่ยน

(5) SMP-DB buffer solution method (Shoemaker, McLean and Pratt -double buffer) (McLean และคณะ, 1978) มีวิธีการดังต่อไปนี้

เตรียมสารละลาย SMP-DB โดยปรับ pH จาก 7.5 เป็น 6.0 โดยนำเอาน้ำยา SMP-SB 20 มิลลิลิตร กับ 0.1 N HCl เพื่อปรับ pH จากนั้นจดปริมาณ 0.1 N HCl ที่ใช้

ชั่งดินตัวอย่าง 10 กรัม ลงใน beaker ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร คนดินและน้ำให้เข้ากัน แล้วเติมน้ำยา SMP-SB 20 มิลลิลิตร พร้อมกับคนเป็นระยะทิ้งไว้ 30 นาที วัด pH_1 เสร็จแล้วใส่ 0.1 N HCl ในปริมาณเท่ากันกับที่ใช้เปลี่ยนน้ำยา SMP-SB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก pH 7.5 เป็น 6.0 คนเป็นระยะทิ้งไว้อีก 30 นาที วัด pH_2

ปริมาณความต้องการปูนโดยวิธีนี้ คือ ปริมาณ pH ของน้ำยาผสมดินที่ลดลงจาก pH มาตรฐานทั้งสองรวมกัน ดังสูตรคำนวณดังนี้

$$L.R. = 1.69\ (20D) - 0.86$$

เมื่อ $$D = \Delta pH_2 \times \frac{\Delta d^\circ_2}{\Delta pH^\circ_2} + [(\Delta pH_1 \times \frac{\Delta d^\circ_1}{\Delta pH^\circ_1} - \Delta pH_2 \times \frac{\Delta d^\circ_2}{\Delta pH^\circ_2}) \times (\frac{7.0 - pH_2}{pH_1 - pH_2})]$$

$L.R.$ = ความต้องการปูนของดิน (me $CaCO_3$/100 gm. soil)

pH_1 = pH ของดินตัวอย่างในน้ำยาบัฟเฟอร์ pH 7.5

pH_2 = pH ของดินตัวอย่างในน้ำยาบัฟเฟอร์ pH 6.0

ΔpH_1 = $7.5 - pH_1$

ΔpH_2 = $6.0 - pH_2$

$\Delta d^\circ_1/\Delta pH^\circ_2$ = ค่าที่เปลี่ยนแปลงไปของ acidity/Unit ของน้ำยา 10 มิลลิลิตร pH 7.5 โดยวิธี titrate

$\Delta d^\circ_2/\Delta pH^\circ_2$ = ค่าที่เปลี่ยนแปลงไปของ acidity/Unit ของน้ำยา 10 มิลลิลิตร pH 6.0 โดยวิธี titrate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.0 = ค่า pH ของดินที่ต้องการยกระดับหลังการใส่ปูนแล้ว

(6) Woodruff buffer solution method (Woodruff's buffer method) (Woodruff, 1947-1948) มีวิธีการดังต่อไปนี้

ส่วนประกอบของ Woodruff ในปริมาตร 1 ลิตร คือ

1) Calcium acetrate	$[Ca(CH_3COO)_2]$	40.0	กรัม
2) Magnesium oxide	(MgO)	0.62	กรัม
3) Para-nitrophenol		8.0	กรัม

(ปรับ pH ของสารละลายให้เป็น 7.0 ด้วย สารละลาย HCl หรือ MgO)

ชั่งตัวอย่างดิน 10 กรัม ลงใน beaker ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร คนดินและน้ำให้เข้ากัน แล้วเติมน้ำใน Woodruff 20 มิลลิลิตร พร้อมกับคนเป็นระยะ ทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นทำ titration curve โดยน้ำยา Woodruff 10 มิลลิลิตร ด้วยการ titrate ด้วย 0.2 N HCl

ดังนั้นปริมาณความต้องการปูนของดิน คือ ปริมาณ pH ของน้ำยา ผสมดินที่ลดลง จาก pH มาตรฐาน (pH) ที่เป็นสัดส่วนกับปริมาณกรดที่ใช้ titrate หรือคำนวณได้ดังนี้

L.R. = 1920 x 2A

เมื่อ L.R. = ความต้องการของดิน (กิโลกรัม $CaCO_3$/ไร่)
(โดยดิน 1 ไร่ชั้นไถพรวน = 384×10^3 กิโลกรัม)

A = จำนวน milliequivalent ของ 0.2 N HCl มาตรฐานที่ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้สารละลาย buffer มี pH เปลี่ยนไปเท่ากับที่ทำให้ดินเปลี่ยน

(7) วิธีมาตรฐานของ Dunn (Dunn's standard incubation method) (Dunn, 1943) วิธีนี้เป็นวิธีมาตรฐานของการทดลองนี้ คือ

$Ca(OH)_2$ ในปริมาณที่ equivalent กับปริมาณ$CaCO_3$ โดยที่มี neutratizing power 135.54 เปอร์เซนต์

ชั่งตัวอย่างดิน 200 กรัม ลงในขวดพลาสติก ใส่ $Ca(OH)_2$ ลงในอัตรา 0, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, และ 7 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ทำการคลุกเคล้าดินกับ $Ca(OH)_2$ ให้ทั่วถึงกันเติมน้ำกลั่นเพื่อให้ชุ่ม (moisture equivalent) จากนั้นทำการปิดปากขวดพลาสติกให้สนิท (มิให้อากาศผ่านเข้าหรือออกได้) เก็บไว้ในอุณหภูมิปกติจากนั้นนำออกมาวัด pH เป็นครั้งคราวจนกระทั่ง pH ของดินนั้นไม่เปลี่ยนแปลงอีก (ใช้เวลาประมาณ 3 เดือน) แล้วจึงนำดินตัวอย่างนั้นมาทำให้อยู่ในสภาพ air dry และบดผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร แล้วจึงวัด pH โดยใช้อัตราดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1

ดังนั้นความต้องการปูนของดิน คือ ความสัมพันธ์ระหว่าง pH ของดิน กับปริมาณอัตราส่วนต่าง ๆ ของปูน ที่ใช้ incubate ดินนั้น

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้แผนการทดลองแบบ completely randomized design โดยใช้ analysis of variance technique ในการเปรียบ ความต้องการปูนที่วัดได้โดยวิธีต่าง ๆ และในการเปรียบเทียบความต้องการปูนของดินชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองนี้ นอกจากนี้ยังได้หาค่าสหสัมพันธ์ (linear correlation) ระหว่างความต้องการปูนที่ได้จากวิธีต่าง ๆ กับวิธีที่ได้จากวิธีมาตรฐาน และได้หา linear regression equation โดยใช้ความต้องการปูนที่ได้มาจากวิธีมาตรฐานเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

deperdent variable (y) และความต้องการปูนที่ได้จากวิธีอื่น ๆ แต่ละวิธีเป็น independent variable (x) อีกด้วย

6. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

7. ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองเริ่มตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน 2533 สิ้นสุดเดือน เมษายน 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

1. คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการศึกษา

คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 1 ดินที่ศึกษาส่วนใหญ่มีค่า pH ต่ำกว่า 5.0 ยกเว้นดินชุดมาบบอนซึ่งมี pH 5.7 โดยมีค่าอินทรียวัตถุตั้งแต่ 0.44-2.61 % และ C.E.C. ตั้งแต่ 0.89-28.5 me/ดิน 100 กรัม

2. ความต้องการปูนของดินแต่ละชุด

ความต้องการปูนของดินทั้ง 5 ชุด ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ดินชุดอ่าวลึก มีค่าความต้องการปูนเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 1,409 กิโลกรัม $CaCO_3$/ไร่ รองลงมาได้แก่ ดินชุดบ้านบึง, ดินชุดดอนเมือง, ดินชุดบางเขนและดินชุดมาบบอนซึ่งต้องการปูนเฉลี่ยดังนี้ 985, 943, 580 และ 336 กิโลกรัม $CaCO_3$/ไร่ ตามลำดับ

3. ความต้องการปูนของดินที่วิเคราะห์โดยวิธีต่าง ๆ

ค่าเฉลี่ยความต้องการปูนของดินทั้ง 5 ชุด ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 พบว่า ค่าเฉลี่ยความต้องการปูนของดินทั้ง 5 ชุด ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีมาตราฐานของ Dunn มีค่าเท่ากับ 727 กิโลกรัม $CaCO_3$/ไร่ วิธีที่ให้ผลใกล้เคียงกับวิธีมาตราฐานของ Dunn ได้แก่วิธี $BaCl_2$-Triethanolamine และวิธี SMP-SB buffer solution ซึ่งให้ค่าเฉลี่ยความต้องการปูนเท่ากับ 710 และ 730 กิโลกรัม $CaCO_3$/ไร่ ตามลำดับ ส่วนวิธี $Ca(OH)_2$ Titration และวิธี Woodurff buffer solution ให้ค่าเฉลี่ยความต้องการปูน 613 และ 530 กิโลกรัม $CaCO_3$/ไร่ โดยวิธี Woodurff buffer solution ให้ค่าความต้องการปูนต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวิธี Soil pH-organic matter และวิธี SMP-DB buffer solution ให้ได้ค่าความต้องการสูงกว่าวิธี Dunn คือ 949 และ 1,695 กิโลกรัม $CaCO_3$/ไร่ โดยเฉพาะวิธี SMP-DB buffer solution ให้ค่าสูงกว่าวิธี Dunn ถึง 2.3 เท่า

เมื่อพิจารณาวิธีวิเคราะห์กับดินแต่ละชุดจะพบว่า วิธี Woodurff buffer solution ให้ค่าความต้องการปูนต่ำสุดและวิธี SMP-DB buffer solution ให้ค่าความต้องการปูนสูงสุดในดินทุกชุดที่ทำการศึกษา ส่วนวิธีที่ให้ค่าใกล้เคียงกับวิธีมาตราฐานของ Dunn ที่สุดได้แก่ วิธี SMP-SB buffer solution โดยวิธี $BaCl_2$-Triethanolamine นั้นให้ค่าใกล้เคียงรองจากวิธี SMP-SB buffer solution ในดินทุกชุด โดยเฉพาะวิธี $Ca(OH)_2$ Titration ให้ค่าใกล้เคียงกับวิธีมาตราฐานของ Dunn ในดินชุดมาบบอนส่วนในดินชุดอื่น ๆ ให้ค่าต่ำกว่าความต้องการปูนที่แท้จริงประมาณ 23.2, 16.7, 16.2 และ 15.6 % ของชุดดินบางเขน, ชุดดินอ่าวลึก, ชุดดินบ้านบึงและชุดดินดอนเมืองตามลำดับ

สำหรับวิธี Soil-pH organic matter ให้ค่าความต้องการปูนสูงกว่าวิธีมาตราฐานของ Dunn ในดินชุดบางเขนและดินชุดอ่าวลึก สำหรับดินชุดอื่นให้ค่าต่ำกว่าความต้องการที่แท้จริง

4. <u>ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีวิเคราะห์ต่าง ๆ กับวิธีมาตรฐานของ Dunn</u>

ค่าสหสัมพันธ์จากตารางที่ 3 พบว่า ทุกวิธีที่ใช้ทดสอบความต้องการปูนมีค่าสหสัมพันธ์กับวิธีมาตรฐานของ Dunn ยกเว้นวิธี Soil pH-organic matter ที่ไม่ให้ค่าสหสัมพันธ์ (r = 0.761) กับมาตรฐานของ Dunn และผลจากการศึกษาพบว่าวิธี Woodruff buffer solution มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด (r = 0.997) รองลงมาคือวิธี $Ca(OH)_2$ Titration (r = 0.992) ส่วนวิธี $BaCl_2$-Triethanolamine และ SMP-SB buffer solution ให้ค่าสหสัมพันธ์กับวิธีมาตรฐานของ Dunn ต่ำที่สุด (r = 0.925)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 สถานที่เก็บตัวอย่างและคุณสมบัติทางเคมีบางอย่างของแต่ละชุดดิน

Location of soil sample	Soil series (in map)	pH	OM. (%)	C.E.C. (me / 100 g. soil)	Echangeable acidity (me / 100 g. soil)	Echangeable Al (me / 100 g. soil)	Echangeable H (me / 100 g. soil)
บริเวณรอบนอกของแปลงยางพารา (ถ.ระยอง-จันทบุรี ห่างจาก อ.เมืองระยอง 10 กิโลเมตร จ.ระยอง)	อ่าวลึก (Ak)	4.5	1.85	2.09	12.55	9.72	2.83
แปลงดินนาดอน (ก่อนถึง อ.เมืองระยอง 15 กิโลเมตร ออกไปทาง จ.จันทบุรี) อ.เมือง จ.ระยอง	บ้านบึง(Bbg)	4.4	0.55	3.07	4.34	1.95	2.39
แปลงทดลองของสถานีทดลองข้าวบางเขน (ในบริเวณเกษตรกลาง) อ.บางเขน จ.กรุงเทพมหานคร	บางเขน(Bn)	4.8	2.61	28.51	4.83	2.24	2.59
ต.เสม็ดใต้ อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา	ดอนเมือง(Dm)	4.6	1.10	14.61	6.77	2.73	4.04
แปลงปลูกอ้อย ต.หนองปลาไหล อ.บางละมุง จ.ชลบุรี	มาบบอน(Mb)	5.7	0.78	0.89	1.94	1.46	0.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยความต้องการปูนของแต่ละชุดดินโดยวิธีต่าง ๆ
(กิโลกรัม $CaCO_3$ / ดิน 1 ไร่ชั้นไถพรวน)

Method	Ak	Bbg	Bn	Dm	Mb	Average
$BaCl_2$-Triethanolamine	1,344	480	672	864	192	710
$Ca(OH)_2$ Titration	1,000	440	599	760	265	613
Soil pH-organic matter	1,421	439	1,764	811	311	949
SMP-SB buffer solution	1,075	538	806	960	269	730
SMP-DB buffer solution	2,863	1,329	1,701	1,613	971	1,695
Woodruff buffer solution	960	307	576	691	115	530
Dunn's standard incubation	1,200	525	780	900	230	727
Average	1,409	580	985	943	336	851

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยวิธีมาตราฐานของ Dunn กับค่าเฉลี่ยวิธีต่าง ๆ

Method	Linear correlation (r)
$BaCl_2$-Triethanolamine	0.997 **
$Ca(OH)_2$ Titration	0.992 **
Soil pH-organic matter	0.985 **
SMP-SB buffer solution	0.985 **
SMP-DB buffer solution	0.716 ns
Woodruff buffer solution	0.925 *
d.f.	3.000
$r_{.05}$	0.878
$r_{.01}$	0.959

หมายเหตุ

* แตกต่างทางสถิติด้วยระดับความเชื่อมั่น 95 %

** แตกต่างทางสถิติด้วยระดับความเชื่อมั่น 99 %

ns ไม่แตกต่างทางสถิติด้วยระดับความเชื่อมั่น 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาวิเคราะห์ lime requirement ของชุดดินต่าง ๆ พบว่าวิธี SMP-SB buffer solution ให้ค่า lime requirement ใกล้เคียงกับที่เป็นจริงมากกว่าวิธีอื่น ๆ และเหมาะสมสำหรับการประเมิน lime requirement ของชุดดินบางเชน แม้ว่าจะต่างกันการศึกษาของ สมศักดิ์ (2511) ที่พบว่าวิธี $Ca(OH)_2$ Titration เหมาะกับชุดดินบางเชน, รังสิต ส่วนวิธี Woodurff buffer solution พบว่าให้ค่า lime requirement ต่ำกว่าวิธีอื่น ๆ ในทุกชุดดิน ซึ่งต่างจากแสงจันทร์ (2516) ที่พบว่า ชุดดินองครักษ์และบางเชนให้lime requirement สูงกว่าวิธี Soil pH-organic matter และจากการวิเคราะห์พบว่า วิธี SMP-SB buffer solution กับวิธี $BaCl_2$-Triethanolamine ประเมิน lime requirement ได้สูงกว่าวิธี $Ca(OH)_2$ Titration ในดินองครักษ์, บางเชน, ท่าใหม่, (แสงจันทร์, 2516) แต่จากการศึกษาพบว่าเพียงชุดดินมาบบอนเท่านั้นที่วิธี $Ca(OH)_2$ Titration ให้ lime requirement ต่ำกว่าวิธี $BaCl_2$-Triethanolamine

อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่าดินแต่ละชุดมีความต้องการปูนเพื่อแก้ความเป็นกรดไม่เท่ากัน สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าลักษณะทางเคมีของแต่ละชุดดินมีความแตกต่างกัน เช่น C.E.C., pH, active และ potential acidity (อื่น ๆ) แต่ในกรณีที่ทราบค่า C.E.C. และเปอร์เซนต์อินทรียวัตถุหรือเปอร์เซ็นต์การอิ่มตัวด้วยด่าง การวัด pH ของดินจึงมีผลทำให้การประเมินประมาณปูนที่ต้องการจะใช้ยกระดับ pH ของดินนั้นให้สูงขึ้นมายัง pH ที่จุดหนึ่งจุดใดได้ (Keeney และ Correy, 1963; Lathwell และ Peech, 1965)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาวัดความต้องการปูนของดินกรดต่าง ๆ นี้ ควรที่จะมีการใช้ชนิดของชุดดินให้มีมากชุดขึ้น เพื่อสามารถเป็นตัวแทนที่ดีของการทดสอบดินกรดและใช้ในการพิจารณาเลือกใช้วิธีในการวัดหาความต้องการปูนของดิน ให้เหมาะสมและแม่นยำ มากขึ้น

2. ในการใช้วิธีวัดความต้องการปูนของดินโดยวิธีอื่น ๆ นอกจากวิธีมาตราฐานของแล้ว Dunn บางวิธีอาจจำเป็นต้องใช้ liming factor คูณกับผลที่ได้จากวิธีนั้น ๆ ก่อน เช่น วิธี Woodruff buffer solution มี liming factor ประมาณ 1.5 และวิธี SMP-SB buffer solution มี liming factor ประมาณ 2.0 ส่วนวิธีอื่นไม่จำเป็นต้องใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

1. ความต้องการปูนของชุดดินต่าง ๆ

ดินกรดที่ใช้ในการศึกษาทั้ง 6 ชุดดินนี้ ปรากฏผลว่าชุดดินอ่าวลึกมีความต้องการปูนสูงสุดและความต้องการปูนในอันดับรองลงไปได้แก่ ชุดดินดอนเมือง, ชุดดินบางเขน, ชุดดินบ้านบึง, และชุดดินมาบบอน ต้องการปูนน้อยที่สุดตามลำดับ

2. วิธีที่เหมาะสมสำหรับใช้วัดความต้องการปูนของชุดดินต่าง ๆ

2.1 ชุดดินอ่าวลึก ควรใช้วิธี $BaCl_2$-Triethanolamine หรือ วิธี SMP-SB buffer solution ส่วนวิธี Soil pH-Oeganic Matter และวิธีอื่น ๆ ให้ค่าความต้องการปูนต่ำกว่าวิธีมาตรฐานแท้จริงที่ให้ค่าความต้องการปูนสูงมากกว่าค่าที่แท้จริง

2.2 ชุดดินบ้านบึง ควรใช้วิธี SMP-SB buffer solution รองลงมาคือวิธี $BaCl_2$-Triethanolamine , วิธี $Ca(OH)_2$ Titration และวิธี Soil pH-organic matter ส่วนวิธี Woodruff buffer solution ให้ค่าที่ต่ำกว่าวิธีมาตรฐานมากและวิธี SMP-SB buffer solution ให้ค่าที่สูงกว่าวิธีมาตรฐานมาก

2.3 ชุดดินบางเขน ควรใช้วิธี SMP-SB buffer solution ส่วนวิธีต่าง ๆ ให้ค่าที่ต่ำกว่าวิธีมาตรฐานมากยกเว้นวิธี SMP-DB buffer solution และวิธี Soil pH-organic matter ที่ให้ค่าที่สูงกว่าวิธีมาตรฐานมาก

2.4 ชุดดินดอนเมือง ควรใช้วิธี $BaCl_2$-Triethanolamine รองลงมาคือ วิธี SMP-SB buffer solution และวิธี Soil pH-organic matter ส่วนวิธีอื่น ๆ ให้ค่าต่ำกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีมาตรฐานมากโดยเฉพาะวิธี Woodruff buffer solution ยกเว้น วิธี SMP-DB buffer solution ที่ให้ค่าสูงกว่าวิธีมาตรฐาน

2.5 ชุดดินมาบบอน ควรใช้วิธี $Ca(OH)_2$ Titration รองลงมาคือวิธี SMP-SB buffer solution และวิธี $BaCl_2$-Triethanolamine ส่วนวิธีอื่นให้ค่าต่ำกว่าวิธีมาตรฐานมาก ยกเว้นวิธี SMP-DB buffer solution ที่ให้ค่าสูงกว่าวิธีมาตรฐาน

3. <u>วิธีที่เหมาะสมสำหรับใช้วัดความต้องการปูนของดินทั้ง 5 ชุด</u>

วิธี SMP-SB buffer solution ซึ่งง่ายและสะดวกต่อการนำมาใช้ในการปฏิบัติต่อการงานมาก ส่วนวิธีที่เหมาะสมรองลงมาคือวิธี $BaCl_2$-Triethanolamine ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ค่าใกล้เคียงกับวิธีแรกมากส่วนวิธี $Ca(OH)_2$ Titration และวิธีที่ง่ายในการปฏิบัติการที่สุดคือ วิธี Woodruff buffer solution ส่วนวิธี Soil pH-organic matter และวิธี SMP-DB buffer solution ให้ค่าความต้องการปูนมากกว่าความเป็นจริงมาก ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

คณะอาจารย์แผนกวิชาปฐพีวิทยา. 2510. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** แผนกวิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 426 น.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2523. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 673 น.

จุรี ถนัดค้า. 2529. วิธีการเตรียมตัวอย่างดินที่เหมาะสมต่อการประเมินค่าปริมาณความต้องการปูนของดินโดยวิธีใช้น้ำยา Woodruff. **วิทยานิพนธ์สำหรับประกอบการศึกษาขั้นปริญญาโท, คณะเกษตร,** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 124 น.

สมศักดิ์ สังขกุล. 2511. การศึกษาเปรียบเทียบวิธีวัดความต้องการปูนของดินบางวิธีเพื่อใช้กับดินบางชนิดของประเทศไทย. **วิทยานิพนธ์สำหรับประกอบการศึกษาขั้นปริญญาโท,** คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 40 น.

แสงจันทร์ ศรีสายเชื้อ. 2516. การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการใช้ Buffer Solutions และวิธีการอื่นในการวิเคราะห์ดินเพื่อหาปริมาณความต้องการปูนของดินกรดบางชนิดในประเทศไทย. **วิทยานิพนธ์สำหรับประกอบการศึกษาขั้นปริญญาโท,** คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 70 น.

Alexander, M. 1961. **Introduction to Microbiology.** John Wiley and Sons, Inc., New York., New York. 631 p.

Arkley, R.J. 1963. Calculation of carbonate and water movement in soil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

from climate data. **Soil Sci.** 96:239-248.

Bear, F.E. 1964. **Chemistry of the soil.** Reinhold Publishing Corp. New York. 515 p.

Bertramson, B.R., M. Fried and S.L. Tisdale. 1950. Sulfur studies of Indiana soils and crops. **Soil Sci.** 70:27-42.

Black, C.A. 1960. **Soil-Plant relationships.** John Wiley and sons, Inc. New York. 332 p.

Bradfield, R. 1941. Calcium in the soil : I Physicochemical relations. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 6:8-15.

Bradfield, R. and W.H. Allison. 1933. Criteria of base saturation in soil. Trans. Second Comn. Internatl. **Soil Sci.** A:63-69.

Brady, N.C. 1964. The soil reaction; soil acidity and alkalinity, pp. 355-374. In H.O. Buckman and N.C. Brady (ed s.). **The Nature and Properties of Soils.** 6th. ed., the Macmillan Co., New York.

Breeuwsma, A and W. de Vries. 1984. The relative importance of natural of H^+ in soil acidification. **Netherlands Jour. Agri. Sci.** 32:161-163.

Britton, T.S. 1929. **Hydrogen ions.** Chapman & Hall. LTD. London 515 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Broadbent, F.E. and G.R. Bradford. 1952. Cation-exchange groupings in the soil organic reaction. Soil Sci. 74:447-457.

Brown, ID. 1943. A rapid method of determining exchangeable hydrogen and exchangeable base of soil. Soil Sci. 56:353-357.

Buckman, H.O. and N.C. Brady. 1959. The soil acidity and alkalinity. pp. 355-374. In H.O. Buckman and N.C. Brady (eds.). The Nature and Properties of Soils. 7th. ed., the Macmillan Company, New York.

Chapman, H.D. 1965. Cation-exchange capacity, pp. 905-913. In C.A. Black (ed.). Methods of Soil Analysis. Part II Amer. Soc. of Agron, Inc., Madison, Wisconsin.

Chapman, H.D. and W.P. Kelley. 1930. The determination of the replace able bases and the base exchange capacity of soils. Soil Sci. 30: 391-406.

Chernov, V.A. 1964. The nature of soil acidity. (English Transl. jur-nished by Dr. H. Jenny, Univ. Califor., Berkeley., additional ediling by D.T. Kubacy). Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Wisconsin : 178.

Coleman, N.T. and G.W. Thomas. 1967. The basic chemistry of soil acidity , pp. 1-41. In R.W. Pearson and F. Adams (eds.). Soil Acidity and Liming. Amer. Soc. of Agron., Madison, Wisconsin.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dunn, L.E. 1943. Lime requirement determination of soils by mean of titration curve. **Soil Sci.** 56:341-351.

Edelman, C.H. and L.A.H. de Smet. 1951. Over de ontkalking van de Dollandklei (Dutch., english summary : **Dcalcification of Dollard clay**) Boor en Spade 4:104-114 Veenman, Wageningen.

Farina, M.P., M.E. Sumner, C.O. Plank and W.S. Letzch. 1980. Exchangeable aluminium and pH as indicators of lime requirement for corn. **Soil Soc. Am. J.** 44:1036-1041.

Gillam, W.S. 1940. A study on the chemical nature of humic acid. **Soil Sci.** 49:433-453.

Haylett, D.G. and J.J. Theron. 1955. **Studies on the fertilzation of a grassley.** Union of South Africa, Dept. Agr. Sci. Bul. 351. 14 p.

Irving, P.M. 1983. Acidic precipitation effects on crops : a review and analysis of research. **J. Environ. Qual.** 12:442-453.

Jackson, M.L. 1963. Aluminum bonding in soils : A unifying principle in soil science. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** 27:1-10.

Jackson, M.L. 1964. Chemical composition of soils, pp. 71-141. In F.E. Bear (ed.). **Chemistry of the Soil.** 2nd. ed., Reinhold Publ. Corp., New York.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jenny, H. 1961. Refflection on the soil acidity merry-go-round. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25:428-432.

Keeney, D.R., and R.B. Correy. 1963. Factors affecting the lime requirement of Wisconsin soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27:277-280.

Kenneth, M.O. and E.J. Kamprath. 1983. Soil Acidity and liming : I. Effect of the extracting solution cation and pH on the removal of aluminum from acid soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 47:686-689.

Lathwell, D.J. and M. Peech, 1964. Interpretation of chemical soil tests. Cornell University Agricultural Experiment Station Bullet in . 995.

Lewis, T.E. and F.E. Broadbent. 1961. Soil organic matter-metal complex: 4 Nature and properties of exchange sites. Soil Sci. 91:393-399.

Marion, G.M., W.H. Schlesinger and P.J. Fonteyn. 1985. A regional model for soil $CaCO_3$ (Caliche) deposition in southwestern deserts. Soil Sci. 139:468-481.

McLean, E.O., D.J. Eckert, G.Y. Reddy and J.F. Trierweiler. 1978. An improved SMP soil lime requirement method incorporating double-buffer and quick test features. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42:311-316.

McColl, J.G. and D.S. Bush. 1978. Precipitation and throughfall chemis-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

try in the San Francisco Bay area. J. Environ. Qual. 7:352-359.

McLean, E.O. 1973. Testing soils for pH and lime, pp. 85-94. In L.M. Walsh and J.D. Bedon. Soil Testing and Plant Analysis. Soil Sci. Soc. of Am., Inc., Madison, Wisconsin, USA.

McLean, E.O. 1982. Soil pH and lime requiremet, pp. 199-224. In A.L. Page (ed.). Method of Soil Analysis. Part II Amer. Soc. of Agron, Inc., Macison, Wisconsin.

Mehlieh, A. 1983. Use of triethanolamine acetate-barium bydroxide buffer for determination of some base exchange properties and lime requiremet of soils. Soil Sci. Amer. Proc. 3:162-166.

Moorman, F.R. 1963. Acid sulfate soils (cat-clays) of the tropic. Soil Sci. 95:271-275.

Mortensen, J.L. 1963. Complexing of metals by soil organic matter. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27:179-186.

Mortensen, J.L. and F.L. Himes. 1964. Soil organic matter, pp. 206-241. In F.E. Bear (ed.). Chemistry of the Soil. 2nd. ed., Reinhold Publ. Corp., New York.

Moschler, W.W., R.K. Stivers, D.L. Hallock, R.D. Sears, H.M. Camper, M.J .Rogers, G.D. Jones, M.T. Carter and F.S. MeClaugherty. 1962. Lime

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

effects of soil reaction and base content of eleven soil types in Virginia. Virginia Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 139 p.

Peech, M. 1945. Determination of exchangeable cations and exchange capacity of soils-rapid micromethods utilizing centrifuge and spectrophotometer. Soil Sci. 59:25-38.

Peech, M. 1965. Exchange acidity, pp. 905-913. In C.A. Black (ed.). Method of Soil Analysis. Part II Amer. Soc. of Agron, Inc., Madison , Wisconsin.

Peech, M., and R. Bradfield. 1948. Chemical method for estimating lime needs of sils. Soil Sci. 65:35-55.

Pichot, J. 1971. Etude l evolution du sol en presence de fumres organiques on minerales. Cited by Sanchez, P.A. 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics. John Wiley and Sons, Inc., New York. 498 p.

Ponnamperuma, F.N. 1967. A theoretical study of aqueous carbonate equilibria. Soil Sci. 103:90-99.

Pratt, P.F. and F.L. Bair. 1961. Buffer methods for estimating lime and sulfur applications for pH control of soils. Soil Sci. 91:329-332.

Reeve, N.G. and M.E. Sumner. 1970. Lime reqirments of Natal Oxisols

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

based on exchangeable aluminum. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34:595-598.

Rios, V., J.A. Martini and R. Tejeira. 1968. Effect of liming on acidity and content of extractable aluminum and iron in Panama soils. Turialba. 18:139-146 (Abstr. in Soil and Fertilizer. 1969:32)

Robinson, G.W., D.O. Hughes and E. Roberts. 1949-1950. Podzolic soils of Wales. J. of Soil Sci. 1:50-62.

Ross, G.J., K. Lawton and B.G. Eilis. 1964. Lime requirement related to physical and chemical properties of nine Michingan soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28:209-212.

Schnitzer, M. and S.I.M. Skinner. 1963. Organo-metallic interactions in soils : I Reactions between a number of metal ions and the organic matter of a Podzol Bh horizon. Soil Sci. 96:86-93.

Schnitzer, M. and J.R. Wright. 1960. Nitric acid oxidation of the organic matter of a Podzol. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 24:273-277.

Schollenberger, C.J. and F.R. Dreibelbis. 1930. Analytical methods in base exchange investigations on soils. Soil Sci. 30:161-173.

Schollenberger, C.J. and R.M. Salter. 1943. A chart for evaluating agriculture limestone. Amer. Soc. Agron. 35:955-966.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schwartz, S.M., J.E. Varner and W.P. Martin. 1954. Separation of organic acids from several dormant and incubated Ohio soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 18:174-177.

Seatz, L.F. and H.B. Peterson. 1964. Acid, alkaline, saline and sodic soils, pp. 292-319. In F.E. Bear (ed.) . Chemistry of the Soil. 2nd . ed., Reinhold. Publ. Corp., New York. 515 p.

Shoemaker, H.E., E.O. McLean and P.F. Pratt. 1961. Buffer methods for determining lime requirement of soils with apperciable amounts of extractable aluminum. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25:274-277.

Stevenson, F.J. 1982. Humus chemistry ; genesis, composition, reactions. John Wiley and Sons, Inc., New York. 443 p.

Teuscher, H., and R. Adler. 1960. The soil and its fertility. Reinhold Publishing Corp. New York. 446 p.

Truog, E. 1938. Soil acidity and liming. Soil and Men. U.S. Dept. agron. Year book. 563-580.

Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of the Degtijareff method for detremining soil organic matter and a proposed modification of chromic acid titration method. Soil Sci. 37:29-38.

Woodruff, C.M. 1947. Determination of the exchangeable hydrogen and lime

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

requirement of the soil means of the glass electrode and a buffer solution. **Soil Sci Soc. Amer. Proc.** 12:141-142.

Woodruff, C.M. 1948. Testing soils for lime requirement by means of a buffered solution and the glass electrode. **Soil Sci.** 66:53-63.

Yunn, 1963. Some relationships among hydrogen, aluminum and pH in solution and soil system. **Soil Sci.** 95:155-163.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 Analysis of variance ของความต้องการปูนของดิน

Source	d.f.	S.S.	M.S.	F
Replication	3	6,248.6	2,082.9	1.000 ns
Treatment	34	42,968,606.2	1,263,782.5	606.754 **
Method (A)	6	18,644,196.1	3,107,366.0	1,491.877 **
Soil (B)	4	18,946,974.6	4,736,743.6	2,274.157 **
Interaction (A x B)	24	5,377,435.6	224,059.8	107.573 **
Experimental error	102	212,451.4	2,082.9	
Total	139	43,187,306.2	310,700.0	

Grand Mean = 850.61

C.V. = 5.37 %

หมายเหตุ

** แตกต่างทางสถิติด้วยระดับความเชื่อมั่น 99 %

ns ไม่แตกต่างทางสถิติด้วยระดับความเชื่อมั่น 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าเปรียบเทียบระหว่างความต้องการปูนของแต่ละชุดดินกับความต้องการปูนที่แท้จริง (กิโลกรัม $CaCO_3$ / ดิน 1 ไร่ชั้นไถพรวน)

Soil series	Actual	Treat 1	Treat 2	Treat 3	Treat 4	Treat 5	Treat 6
Ak	1,200	160	1,000	1,344	1,075	1,421	2,863
		- 240	- 200	+ 144	- 125	+ 221	+ 1,663
Bbg	525	307	440	480	538	439	1,329
		- 218	- 85	- 45	+ 13	- 86	+ 804
Bn	780	576	599	672	806	1,764	1,701
		- 204	- 181	- 108	+ 26	+ 984	+ 921
Dm	900	691	760	864	960	811	1,613
		- 209	- 140	- 36	+ 60	- 89	+ 713
Mb	230	115	265	192	267	311	971
		- 115	+ 35	- 38	+ 38	+ 81	+ 741

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตารางภาคผนวกที่ 3</u> ค่าเปรียบเทียบระหว่างความต้องการปูนของชุดดินต่าง ๆ

(กิโลกรัม $CaCO_3$ / ดิน 1 ไร่ชั้นไถพรวน)

Soil series	Lime requirement
Ak	1,409 ** A
Bn	985 ** B
Dm	943 ** C
Bbg	580 ** D
Mb	336 ** E

หมายเหตุ

** อักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติด้วยระดับความเชื่อมั่น 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่าเปรียบเทียบระหว่างความต้องการปูนของดินโดยวิธีต่าง ๆ (กิโลกรัม $CaCO_3$ / ดิน 1 ไร่ชั้นไถพรวน)

Method	lime requirement
SMP-DB buffer solution	1,695 ** A
Soil pH-organic matter	949 ** B
SMP-SB buffer solution	730 ** C
Dunn's standard incubation	727 ** D
$BaCl_2$-Triethanolamine	710 ** E
$Ca(OH)_2$ Titration	613 ** F
Woodruff buffer solution	530 ** G

หมายเหตุ

** อักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติด้วยระดับความเชื่อมั่น 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 ผลการ titrate ของสารละลาย $BaCl_2$-Triethanolamine 50 มิลลิลิตร ด้วย 0.2 N HCl ตามวิธี $BaCl_2$-Triethanolamine

Samples	Rep.I	Rep.II	Rep.III	Rep.IV	Average
Ak	35.9	36.0	36.0	36.1	36.0
Bbg	40.7	40.6	40.5	40.2	40.5
Bn	39.5	39.3	39.7	39.5	39.5
Dm	38.4	38.4	38.6	38.6	38.5
Mb	42.0	42.0	42.1	41.9	42.0
Blank	42.9	43.2	43.1	42.8	43.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตารางภาคผนวกที่ 6</u> ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินอ่าวลึกเมื่อได้รับปูนในอัตราต่าง ๆ ตามวิธีมาตราฐานของ Dunn

Rate of $Ca(OH)_2$ in Tons $CaCO_3$ incubation / rai	pH				
	Ak_1	Ak_2	Ak_3	Ak_4	Average
0	4.49	4.50	4.48	4.49	4.49
0.5	5.63	5.66	5.64	5.67	5.65
1.0	6.75	6.73	6.75	6.77	6.75
2.0	7.65	7.65	7.64	7.66	7.65
3.0	7.68	7.67	7.66	7.63	7.66
4.0	8.31	8.29	8.32	8.32	8.31
5.0	8.46	8.46	8.44	8.48	8.46
6.0	8.54	8.54	8.53	8.55	8.54
7.0	8.59	8.59	8.57	8.57	8.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินบ้านบึงเมื่อได้รับปูนในอัตราต่าง ๆ ตามวิธีมาตราฐานของ Dunn

Rate of $Ca(OH)_2$ in Tons $CaCO_3$ incubation / rai	pH				
	Bbg_1	Bbg_2	Bbg_3	Bbg_4	Average
0	4.33	4.35	4.33	4.35	4.34
0.5	5.62	5.61	5.63	5.62	5.62
1.0	6.73	6.73	6.75	6.75	6.74
2.0	7.56	7.56	7.58	7.54	7.56
3.0	7.67	7.65	7.69	7.66	7.67
4.0	7.81	7.80	7.79	7.80	7.80
5.0	7.89	7.87	7.88	7.88	7.88
6.0	7.96	7.96	7.95	7.97	7.96
7.0	8.04	8.08	8.07	8.05	8.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 8 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินบางเขนเมื่อได้รับปูนในอัตราต่าง ๆ ตามวิธีมาตราฐานของ Dunn

Rate of $Ca(OH)_2$ in Tons $CaCO_3$ incubation / rai	pH				
	Bn_1	Bn_2	Bn_3	Bn_4	Average
0	4.60	4.60	4.61	4.59	4.60
0.5	6.26	6.24	6.26	6.28	6.26
1.0	7.24	7.23	7.24	7.25	7.24
2.0	7.68	7.70	7.67	7.67	7.68
3.0	7.81	7.82	7.79	7.78	7.80
4.0	7.95	7.98	7.95	7.96	7.96
5.0	8.05	8.07	8.09	8.07	8.07
6.0	8.10	8.12	8.13	8.13	8.12
7.0	8.18	8.20	8.17	8.17	8.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 9 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินดอนเมืองเมื่อได้รับปูนในอัตราต่าง ๆ ตามวิธีมาตราฐานของ Dunn

Rate of $Ca(OH)_2$ in Tons $CaCO_3$ incubation / rai	pH				
	Dm_1	Dm_2	Dm_3	Dm_4	Average
0	4.45	4.44	4.46	4.45	4.45
0.5	5.09	5.11	5.09	5.11	5.10
1.0	7.11	7.13	7.11	7.13	7.12
2.0	7.76	7.75	7.77	7.76	7.76
3.0	8.05	8.04	8.08	8.07	8.06
4.0	8.20	8.19	8.22	8.19	8.20
5.0	8.30	8.27	8.27	8.28	8.28
6.0	8.36	8.36	8.37	8.35	8.36
7.0	8.45	8.45	8.44	8.46	8.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 10 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินมาบบอนเมื่อได้รับปูนในอัตราต่าง ๆ ตามวิธีมาตราฐานของ Dunn

Rate of $Ca(OH)_2$ in Tons $CaCO_3$ incubation / rai	pH				
	Mb_1	Mb_2	Mb_3	Mb_4	Average
0	5.47	5.48	5.52	5.53	5.50
0.5	7.30	7.33	7.33	7.32	7.32
1.0	7.50	7.51	7.54	7.53	7.52
2.0	7.65	7.64	7.63	7.63	7.64
3.0	7.72	7.72	7.74	7.70	7.72
4.0	7.80	7.81	7.79	7.80	7.80
5.0	7.85	7.87	7.86	7.86	7.86
6.0	7.90	7.93	7.93	7.92	7.92
7.0	8.00	8.00	7.99	8.01	8.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 11 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินอ่าวลึกเมื่อได้รับ $Ca(OH)_2$ 0.04 N ในอัตราต่าง ๆ ตามวิธี $Ca(OH)_2$ Titration

0.04 N $Ca(OH)_2$ (ml.)	me of $Ca(OH)_2$ / 100 gm. soil	pH				
		Ak_1	Ak_2	Ak_3	Ak_4	Average
0	0	4.46	4.46	4.48	4.48	4.47
10	4	7.05	7.06	7.07	7.06	7.06
20	8	7.40	7.40	7.41	7.39	7.40
30	12	7.54	7.53	7.53	7.52	7.53
40	16	7.68	7.67	7.65	7.68	7.67
50	20	7.86	7.88	7.86	7.88	7.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 12 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินบ้านบึงเมื่อได้รับ $Ca(OH)_2$ 0.04 N ในอัตราต่าง ๆ ตามวิธี $Ca(OH)_2$ Titration

0.04 N $Ca(OH)_2$ (ml.)	me of $Ca(OH)_2$ / 100 gm. soil	pH				
		Bbg_1	Bbg_2	Bbg_3	Bbg_4	Average
0	0	4.57	4.56	4.58	4.57	4.57
10	4	7.46	7.46	7.48	7.48	7.47
20	8	8.03	8.06	8.06	8.05	8.05
30	12	8.28	8.29	8.31	8.32	8.30
40	16	8.40	8.44	8.42	8.42	8.42
50	20	8.50	8.50	8.52	8.48	8.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 13 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินบางเขนเมื่อได้รับ $Ca(OH)_2$ 0.04 N ในอัตราต่าง ๆ ตามวิธี $Ca(OH)_2$ Titration

0.04 N $Ca(OH)_2$ (ml.)	me of $Ca(OH)_2$ / 100 gm. soil	pH				
		Bn_1	Bn_2	Bn_3	Bn_4	Average
0	0	4.58	4.59	4.58	4.57	4.58
10	4	7.46	7.48	7.48	7.46	7.47
20	8	7.86	7.87	7.88	7.86	7.87
30	12	8.01	7.98	7.99	8.02	8.00
40	16	8.10	8.11	8.09	8.10	8.10
50	20	8.52	8.54	8.53	8.55	8.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 14 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินดอนเมืองเมื่อได้รับ $Ca(OH)_2$ 0.04 N ในอัตราต่าง ๆ ตามวิธี $Ca(OH)_2$ Titration

0.04 N $Ca(OH)_2$ (ml.)	me of $Ca(OH)_2$ / 100 gm. soil	pH				
		Dm_1	Dm_2	Dm_3	Dm_4	Average
0	0	4.60	4.60	4.61	4.59	4.60
10	4	7.65	7.67	7.68	7.68	7.67
20	8	8.07	8.06	8.08	8.07	8.07
30	12	8.30	8.34	8.34	8.34	8.33
40	16	8.49	8.51	8.48	8.52	8.50
50	20	8.66	8.65	8.69	8.68	8.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 15 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของชุดดินมาบบอนเมื่อได้รับ $Ca(OH)_2$ 0.04 N ในอัตราต่าง ๆ ตามวิธี $Ca(OH)_2$ Titration

0.04 N $Ca(OH)_2$ (ml.)	me of $Ca(OH)_2$ / 100 gm. soil	pH				
		Mb_1	Mb_2	Mb_3	Mb_4	Average
0	0	4.62	4.62	4.64	4.64	4.63
10	4	7.77	7.77	7.76	7.78	7.77
20	8	8.12	8.13	8.13	8.14	8.13
30	12	8.33	8.33	8.31	8.35	8.33
40	16	8.55	8.56	8.59	8.58	8.57
50	20	8.83	8.83	8.82	8.84	8.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 16 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของแต่ละชุดดินตามวิธีของ SMP-SB buffer solution

Soil series	pH				
	Rep.$_1$	Rep.$_2$	Rep.$_3$	Rep.$_4$	Average
Ak	5.49	5.50	5.50	5.51	5.50
Bbg	6.71	6.68	6.70	6.71	6.70
Bn	6.02	6.01	6.02	6.03	6.02
Dm	5.70	5.71	5.69	5.70	5.70
Mb	7.02	7.02	7.00	6.99	7.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตารางภาคผนวกที่ 17</u> ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของแต่ละชุดดินตามวิธีของ SMP-DB buffer solution

Soil series	pH				
	Rep.$_1$	Rep.$_2$	Rep.$_3$	Rep.$_4$	Average
Ak	4.61	4.60	4.60	4.59	4.60
Bbg	5.10	5.17	5.14	5.19	5.15
Bn	4.80	4.80	4.81	4.79	4.80
Dm	4.68	4.71	4.69	4.72	4.70
Mb	5.83	5.82	5.80	5.83	5.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 18 ค่าการเปลี่ยนแปลง pH ของแต่ละชุดดินตามวิธีของ Woodruff buffer solution

Soil series	pH				
	Rep.$_1$	Rep.$_2$	Rep.$_3$	Rep.$_4$	Average
Ak	6.46	6.46	6.45	6.43	6.45
Bbg	6.70	6.71	6.70	6.69	6.70
Bn	6.66	6.68	6.64	6.62	6.65
Dm	6.60	6.59	6.61	6.60	6.60
Mb	6.92	6.91	6.90	6.91	6.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 19 ผลการหา titration curve ของ SMP-SB buffer solution โดยการ titrate ด้วย 0.2 N HCl

0.2 N HCl (ml.)	pH				
	Rep.$_1$	Rep.$_2$	Rep.$_3$	Rep.$_4$	Average
0	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50
1.0	6.13	6.14	6.16	6.17	6.15
2.0	5.81	5.84	5.83	5.80	5.82
3.0	3.53	3.55	3.57	3.55	3.55
4.0	4.81	4.82	4.85	4.84	4.83
5.0	2.45	2.46	2.43	2.46	2.45
6.0	1.91	1.90	1.89	1.90	1.90
7.0	1.48	1.49	1.52	1.51	1.50
8.0	1.22	1.25	1.23	1.22	1.23
9.0	1.12	1.14	1.13	1.13	1.13
10.0	1.02	0.99	1.02	1.01	1.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 20 ผลการหา titration curve ของ SMP-DB buffer solution โดยการ titrate ด้วย 0.2 N HCl

0.2 N HCl (ml.)	pH				
	$Rep._1$	$Rep._2$	$Rep._3$	$Rep._4$	Average
0	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
1.0	5.48	5.49	5.51	5.49	5.49
2.0	4.99	5.00	5.01	5.00	5.00
3.0	4.53	4.53	4.54	4.52	4.53
4.0	4.21	4.20	4.21	4.18	4.20
5.0	3.77	3.76	3.77	3.78	3.77
6.0	3.46	3.46	3.44	3.44	3.45
7.0	3.04	3.06	3.06	3.04	3.05
8.0	2.71	2.70	2.70	2.69	2.70
9.0	2.42	2.39	2.39	2.40	2.40
10.0	2.20	2.20	2.21	1.19	2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 21 ผลการหา titration curve ของ Woodruff buffer solution โดยการ titrate ด้วย 0.2 N HCl

0.2 N HCl (ml.)	pH				
	Rep.$_1$	Rep.$_2$	Rep.$_3$	Rep.$_4$	Average
0	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
1.0	6.54	6.57	6.55	6.54	6.55
2.0	6.50	6.48	6.45	6.45	6.47
3.0	5.70	5.71	5.70	5.69	5.70
4.0	5.48	5.51	5.49	5.52	5.50
5.0	5.13	5.10	5.09	5.12	5.11
6.0	4.83	4.83	4.84	4.82	4.83
7.0	4.54	4.55	4.57	4.58	4.56
8.0	4.40	4.40	4.39	4.41	4.40
9.0	4.32	4.37	4.35	4.36	4.35
10.0	4.26	4.24	4.24	4.26	4.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้