ผลงานฉบับเต็ม

เรื่อง

ผลของการปรับ pH ดินต่อผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยปริมาณปูนจากวิธี Buffering และ Lime Incubation

Effects of Soil pH Adjustment on Maize Yield Using Lime Requirements Determined by Buffering and Lime Incubation Methods

โดย

มณฑาทิพย์ สงวนรักษ์

เอกสารประกอบการประเมินผลงานเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
ผู้เชี่ยวชาญด้านวางระบบการพัฒนาที่ดิน
(ตำแหน่ง นักวิชาการเกษตรเชี่ยวชาญ)
ตำแหน่งเลขที่ 636
สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4
กรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญตารางภาคผนวก	(7)
สารบัญภาพ	(8)
สารบัญภาพภาคผนวก	(9)
บทคัดย่อ	1
ABSTRACT	2
บทที่ 1 บทนำ	4
1.ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	4
2.วัตถุประสงค์การวิจัย	4
4.ขอบเขตการวิจัย	5
5.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	6
1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับดินกรด (ACID SOIL)	6
2. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการปรับปรุงดิน	8
3. การปรับปรุงดินกรดด้วยปูน (LIMING)	8
4. วิธีการคำนวณอัตราปูน	10
5. พืชข้าวโพด (MAIZE, ZEA MAYS L.)	12
6.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	16
3.1 พื้นที่ดำเนินการวิจัย	16
3.2 การสุ่มตัวอย่างดินและการวิเคราะห์ดินเบื้องต้น	16
3.3 วิธีการประเมินความต้องการปูน (LIME REQUIREMENT)	18
3.4 การออกแบบการทดลองภาคสนามและการจัดการแปลง	19
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	21
บทที่ 4 ผลการศึกษา	23
บทที่ 5 สรุปวิจารณ์ผลการทดลอง	64
บรรณานุกรม	70
ภาคผนวก	73

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดินก่อนเริ่มการทดลอง	23
2	ปริมาณปูนเพื่อยกระดับค่า pH ของดินโดยวิธีบัฟเฟอร์	24
3	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาว โดยวิธีบัฟเฟอร์ ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด	24
4	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธีบัฟเฟอร์ ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด	25
5	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางชีวะภาพของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธีบัฟเฟอร์ ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด	25
6	การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer	26
7	การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer	26
8	การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 110 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer	27
9	ผลผลิตและน้ำหนักของข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer	27
10	การวิเคราะห์ต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิของการปลูกข้าวโพดในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer	28
11	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์ โดยวิธี Buffer ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด	28
12	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด	29
13	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางชีวภาพของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด	29
14	การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer	30
15	การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer	30
16	การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 110 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer	31

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
17	ผลผลิตและน้ำหนักของข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer	31
18	การวิเคราะห์ต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิของการปลูกข้าวโพดในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer	32
19	ปริมาณความต้องการปูนเพื่อยกระดับค่า pH ดิน โดยวิธี Lime incubation	33
20	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาว โดยวิธี Lime incubation ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด	34
21	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Lime incubation ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด	35
22	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางชีวภาพของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Lime incubation ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด	35
23	การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Lime incubation	36
24	การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Lime incubation	37
25	การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 110 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Lime incubation	38
26	ผลผลิตและน้ำหนักของข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Lime incubation	39
27	การวิเคราะห์ต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิของการปลูกข้าวโพดในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Lime incubation	39
28	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์ โดยวิธี Lime incubation ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด	40
29	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Lime incubation ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด	41
30	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางชีวภาพของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Lime incubation ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด	42
31	การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Lime incubation	43
32	การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Lime incubation	44

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
33	การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 110 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Lime incubation	45
34	ผลผลิตและน้ำหนักของข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Lime incubation	46
35	การวิเคราะห์ต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิของการปลูกข้าวโพดในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Lime incubation	46
36	การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยปูนขาวระหว่างวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อสมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด	47
37	การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยปูนขาวระหว่างวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อสมบัติทางกายภาพของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด	48
38	การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยปูนขาวระหว่างวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อสมบัติทางชีวภาพของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด	49
39	การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน	50
40	การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน	51
41	การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 110 วัน	52
42	ผลผลิตและน้ำหนักของข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation	53
43	การวิเคราะห์ต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิของการปลูกข้าวโพดในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation	54
44	การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยโดโลไมท์ระหว่างวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อสมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด	55
45	การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยโดโลไมท์ระหว่างวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อสมบัติทางกายภาพของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด	56
46	การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยโดโลไมท์ระหว่างวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อสมบัติทางชีวภาพของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด	57
47	การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน	58

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
48	การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน	59
49	การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 110 วัน	60
50	ผลผลิตและน้ำหนักของข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation	61
51	การวิเคราะห์ต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิของการปลูกข้าวโพดในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation	61

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวก		หน้า
1	ข้อมูลค่า pH ของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน	74
2	ข้อมูลปริมาณอินทรียวัตถุของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน	75
3	ข้อมูลค่า CEC ของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน	76
4	ข้อมูลปริมาณแคลเซียมของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน	77
5	ข้อมูลปริมาณแมกนีเซียมของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน	78
6	ข้อมูลปริมาณโพแทสเซียมของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน	79
7	ข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัสของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน	80
8	ข้อมูลปริมาณอะลูมินัมของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน	81
9	ข้อมูลความหนาแน่นของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน	82
10	ข้อมูลความชื้นของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน	83
11	ข้อมูลปริมาณแบคทีเรียของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน	84
12	ข้อมูลปริมาณแอคติโนมัยซีสของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน	85
13	ข้อมูลปริมาณราทั้งหมดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน	86
14	ข้อมูลความสูงข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (30 วัน)	87
15	ข้อมูลจำนวนใบข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (30 วัน)	88
16	ข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (30 วัน)	89
17	ข้อมูลขนาดฝักข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (30 วัน)	90
18	ข้อมูลความสูงข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (90 วัน)	91
19	ข้อมูลจำนวนใบข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (90 วัน)	92
20	ข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (90 วัน)	93
21	ข้อมูลขนาดฝักข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (90 วัน)	94
22	ข้อมูลความสูงข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (110 วัน)	95
23	ข้อมูลจำนวนใบข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (110 วัน)	96
24	ข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (110 วัน)	97
25	ข้อมูลขนาดฝักข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (110 วัน)	98
26	ข้อมูลน้ำหนักสดข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน	99
27	ข้อมูลน้ำหนักผลผลิตข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน	100

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่า pH และอัตราการใส่ปูน ($CaCO_3$) โดยวิธี Lime incubation	33

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวก		หน้า
1	การเก็บตัวอย่างดิน	101
2	การไถเตรียมแปลง	102
3	การวัดแปลงเพื่อแบ่งตำรับการทดลอง	103
4	การแบ่งตำรับการทดลอง	104
5	การใส่ปูนตามที่กำหนดในตำรับการทดลอง	105
6	การหยอดปุ๋ย	106
7	การพ่นสารกำจัดศัตรูพืช	107
8	การวัดความสูงต้น	108
9	การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น	109

ผลของการปรับ pH ดินต่อผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยปริมาณปูน จากวิธี Buffering และ Lime Incubation

มณฑาทิพย์ สงวนรักษ์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการปรับค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ดินกรดด้วยวัสดุปูนระหว่างวิธีบัฟเฟอร์ (Buffering Method) และวิธีบ่มดินกับปูน (Lime Incubation Method) ต่อสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของดิน รวมถึงการเจริญเติบโต ผลผลิต และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ดำเนินการทดลองในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา บนกลุ่มชุดดินที่ 35 ชุดดินโคราชที่มีสภาวะเป็นกรด (pH 5.1) วางแผนการทดลองแบบ RCBD ประกอบด้วยการใช้ปูนขาวและโดโลไมท์ที่ระดับ pH เป้าหมายต่าง ๆ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ใส่ปูน

ผลการศึกษาพบว่า การจัดการดินด้วยวัสดุปูนทั้งสองวิธีสามารถยกระดับค่า pH ของดินและปริมาณธาตุอาหารหลัก (P, K) และธาตุอาหารรอง (Ca, Mg) ให้สูงขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยวิธีบัฟเฟอร์เพื่อยกระดับ pH เป็น 7.0 ต้องใช้ปูนขาว 1,778 กิโลกรัมต่อไร่ หรือโดโลไมท์ 2,485 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่วิธีบ่มดินกับปูนที่ระดับ pH 5.5–6.9 ใช้ปริมาณปูนน้อยกว่าในช่วง 188–994 กิโลกรัมต่อไร่ ในด้านสมบัติทางกายภาพ การใช้โดโลไมท์ด้วยวิธีบัฟเฟอร์ช่วยลดค่าความหนาแน่นรวมของดินลงได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) และในเชิงชีวภาพพบว่าการปรับปรุงดินส่งผลบวกต่อปริมาณจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียและราทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

สำหรับการเจริญเติบโตและผลผลิตพบว่า ข้าวโพดในดินที่ปรับปรุงแล้วมีแนวโน้มการเจริญเติบโตที่ดีกว่าชุดควบคุมในทุกช่วงอายุ โดยวิธีบัฟเฟอร์และวิธีบ่มดินกับปูนที่ระดับ pH 6.0–6.9 ให้ผลผลิตแห้งใกล้เคียงกันในช่วง 1,677–1,766 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าชุดควบคุมที่ให้ผลผลิตเพียง 947–962 กิโลกรัมต่อไร่ ในด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าการใช้วิธีบ่มดินกับปูนที่ระดับ pH 6.9 ให้ผลตอบแทนสูงสุด โดยมีกำไรสุทธิประมาณ 8,360–8,507 บาทต่อไร่ รองลงมาคือวิธีบัฟเฟอร์ที่มีกำไรสุทธิประมาณ 7,997–8,223 บาทต่อไร่ สรุปได้ว่าการปรับปรุงดินกรดด้วยวัสดุปูนมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและความคุ้มค่าเชิงพาณิชย์สำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ดินกรด

คำสำคัญ: ดินกรด, การปรับปรุงดินด้วยปูน, ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, วิธีบัฟเฟอร์, วิธีบ่มดินกับปูน

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3 กรมพัฒนาที่ดิน

Effects of Soil pH Adjustment on Maize Yield Using Lime Requirements Determined by Buffering and Lime Incubation Methods

Monthatip Sanguanrak

ABSTRACT

This research aimed to compare the effects of soil acidity (pH) adjustment using two different methods—the Buffering Method and the Lime Incubation Method—on the chemical, physical, and biological properties of soil, as well as the growth, yield, and economic viability of maize. The experiment was conducted in Nakhon Ratchasima Province on the Soil Group 35, Korat soil series, characterized by acidic conditions (pH 5.1). A Randomized Complete Block Design (RCBD) was employed, involving the application of hydrated lime and dolomite at various target pH levels, compared against an unlimed control.

The results indicated that soil management with both liming methods significantly increased soil pH, macronutrients (P, K), and secondary nutrients (Ca, Mg) compared to the control. To achieve a target pH of 7.0, the Buffering Method required 1,778 kg/rai of hydrated lime or 2,485 kg/rai of dolomite. In contrast, the Lime Incubation Method at target pH levels of 5.5–6.9 required lower quantities, ranging from 188 to 994 kg/rai. Regarding physical properties, the application of dolomite using the Buffering Method significantly reduced soil bulk density ($p < 0.01$). Biologically, soil amelioration had a significant positive impact on the total populations of bacteria and fungi ($p < 0.05$).

In terms of crop performance, maize grown in the amended soil exhibited better growth trends than the control across all growth stages. Both the Buffering Method and the Lime Incubation Method (at pH 6.0–6.9) produced comparable dry yields, ranging from 1,677 to 1,766 kg/rai, which were significantly higher than the control yield of 947–962 kg/rai. Economic analysis revealed that the Lime Incubation Method at pH 6.9 yielded the highest net profit, approximately 8,360–8,507 THB/rai, followed by the Buffering Method with a net profit of 7,997–8,223 THB/rai. In conclusion, adjusting acid soil with liming materials is essential for enhancing production efficiency and commercial viability for maize cultivation in acid soil areas.

Keywords: Acid soil, Liming, Maize, Buffering Method, Lime Incubation Method
Land Development Department Regional Office

บทที่ 1
บทนำ

1.ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (*Zea mays* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกข้าวโพดเพื่อเลี้ยงสัตว์และอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นอันดับ 2 รองจากภาคเหนือ โดยมีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 1,587,258 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2554) พื้นที่ดังกล่าวส่วนใหญ่มีปฏิกิริยา (pH) ดินเป็นกรดจัด (pH < 5.5) ซึ่งส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทำให้ธาตุอาหารหลักและรองถูกตรึง ไม่สามารถถูกพืชดูดซึมได้เต็มที่ และความเป็นพิษของอะลูมิเนียมและแมงกานีสในดินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้รากพืชไม่เจริญเติบโต ผลผลิตลดลง และการใช้ปุ๋ยเคมีไม่เกิดประโยชน์เต็มที่ (Sumner & Noble, 2003; กรมพัฒนาที่ดิน, 2563)

ปัญหาดังกล่าวทำให้เกษตรกรต้องใช้ปุ๋ยมากขึ้นเพื่อชดเชยธาตุอาหารที่ขาดไป ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น และผลผลิตต่ำกว่าศักยภาพที่ควรจะเป็น Caires และคณะ พบว่าผลผลิตข้าวโพดในพื้นที่ดินกรดจัดต่ำกว่าพื้นที่ดินที่ปรับค่า pH ด้วยปูนประมาณ 20–40% (FAO, 2019; Caires et al.,2011)

การปรับปรุงดินกรดด้วยปูน (liming) เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล และมีหลายวิธีในการคำนวณอัตราปูน เช่น Buffering Method และ Lime Incubation Method ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน งานวิจัยในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยยังขาดการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีทั้งสองอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีระบบรากตื้น ซึ่งทำให้เกษตรกรไม่สามารถกำหนดปริมาณปูนได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น การศึกษาผลของการปรับค่า pH ดินต่อผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้ปริมาณปูนจาก Buffering Method และ Lime Incubation Method จะช่วยให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับประสิทธิภาพของแต่ละวิธี และสามารถนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงดินและเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างยั่งยืน อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนและเพิ่มความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจให้กับเกษตรกร

2.วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เปรียบเทียบผลของการปรับค่า pH ดินกรดด้วยปูนจาก วิธี Buffering Method และ Lime Incubation Method ต่อสมบัติทางเคมี กายภาพและชีวภาพของดินในแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2.2 เพื่อประเมินว่าวิธีใดมีความคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพมากกว่ากันในแง่ของการเพิ่มผลผลิตและเหมาะสมกับการนำไปใช้ในภาคการเกษตรจริง

4.ขอบเขตการวิจัย

4.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

4.1.1 ศึกษาผลของการปรับค่า pH ดินกรดด้วยปูนที่คำนวณจาก 2 วิธี คือ

1. Buffering Method

2. Lime Incubation Method

4.1.2 เปรียบเทียบผลต่อสมบัติทางเคมีของดิน (pH, CEC, และปริมาณของธาตุอาหารหลัก)

4.1.3 วิเคราะห์ผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (เช่น ความสูงต้น จำนวนใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และผลผลิตเมล็ดแห้งต่อไร่)

4.1.4 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากการใช้ปูนตามวิธีที่แตกต่างกัน

4.2 ขอบเขตด้านพื้นที่

ดำเนินการวิจัยในพื้นที่ดินกรด จังหวัดนครราชสีมา

ระยะเวลาการดำเนินการ ระยะเวลา มกราคม - กันยายน พ.ศ. 2568

5.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

5.1 ผลสรุปจากการวิจัยจะช่วยให้เกษตรกรมีแนวทางที่ชัดเจนในการเลือกใช้วิธีการปรับปรุงดินที่เหมาะสมกับสภาพแปลงของตนเอง ไม่ว่าจะเป็นวิธีการที่แม่นยำแต่ใช้เวลา (Lime Incubation) หรือวิธีการที่รวดเร็ว (Buffering) เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด

5.2 การปรับปรุง pH ดินที่เหมาะสมจะช่วยรักษาสมดุลของธาตุอาหารในดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ในระยะยาว ส่งผลดีต่อความยั่งยืนของระบบการเกษตร

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรมสำหรับการวิจัยนี้ประกอบด้วย 4 ประเด็นดังต่อไปนี้ได้แก่ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับดินกรด (Acid Soil) การปรับปรุงดินกรดด้วยปูน (Liming) วิธีการคำนวณอัตราปูน และพืชข้าวโพด (Maize, Zea mays L.)

1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับดินกรด (Acid Soil)

1.1 ลักษณะสมบัติของดินกรดในประเทศไทย โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทยมีพื้นที่ดินกรดจัด (pH < 5.5) ประมาณ 17 ล้านไร่ โดยส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563) ดินกรดจัดมักมีลักษณะความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การชะล้างสูง และปัญหาความเป็นพิษของอะลูมิเนียม (Al^{3+}) ซึ่งส่งผลต่อระบบรากพืช ทำให้รากสั้นและไม่สามารถดูดซับธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Sumner & Noble, 2003) นอกจากนี้ดินกรดยังขาดธาตุอาหารรอง เช่น Ca และ Mg รวมถึงมีการตรึงฟอสฟอรัส (P-fixation) ทำให้ข้าวโพดและพืชไร่อื่น ๆ ให้ผลผลิตต่ำ

1.2 สาเหตุที่ทำให้ดินมีความเป็นกรด (การชะล้าง, การใช้ปุ๋ยเคมี, สภาพภูมิอากาศ) ดินกรดเกิดขึ้นจากหลายปัจจัยร่วมกัน ปัจจัยสำคัญประการแรกคือ การชะล้าง (Leaching) โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีปริมาณฝนตกสูง การชะล้างไอออนพื้นฐาน (base cations) เช่น Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} และ Na^{+}ออกจากชั้นดินบน ทำให้ความสามารถในการบัฟเฟอร์ค่า pH ของดินลดลง ส่งผลให้ค่า pH ของดินลดต่ำลงและเกิดความเป็นกรดมากขึ้น (Sumner & Noble, 2003) ปัจจัยที่สองคือ การใช้ปุ๋ยเคมี (Fertilizer Use) โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรียหรือแอมโมเนียมซัลเฟต (NH_4^{+}) จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีในดิน ทำให้ H^{+} เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป (Fageria & Baligar, 2008) ปัจจัยที่สามคือ สภาพภูมิอากาศและธรณีวิทยา (Climate and Geology) พื้นที่เขตร้อนและเขตอบอุ่นที่มีฝนตกชุกมีการชะล้างธาตุอาหารสูง และดินที่เกิดจากหินซิลิเกต เช่น หินควอตซ์ มักมีสมบัติกักเก็บธาตุอาหารต่ำ ส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดสูงตามธรรมชาติ (McLean, 1976) ความเป็นกรดของดินส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเจริญเติบโตของพืชอย่างชัดเจน ดินกรดจัดจะลดความพร้อมของธาตุอาหารหลัก ได้แก่ Ca, Mg, และ K และเพิ่มความเป็นพิษของอะลูมิเนียม (Al^{3+}) และแมงกานีส (Mn^{2+}) ซึ่งเป็นอันตรายต่อรากพืช นอกจากนี้ฟอสฟอรัสมักถูกตรึงในดินกรด ทำให้พืชไม่สามารถดูดซึมได้เพียงพอ (Caires et al., 2011) ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อพืชรวมถึงรากพืชไม่เจริญเติบโต แตกแขนงน้อย ทำให้การดูดซึมธาตุอาหารและน้ำลดลง พืชมีความสูงต้นน้อย ใบเหลืองและแสดงอาการขาดธาตุอาหาร ส่งผลให้ผลผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะพืชที่ต้องการค่า pH 5.5–7.0 เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง และถั่ว (FAO, 2019; กรมพัฒนาที่ดิน, 2563) นอกจากนี้ ดินกรดยังทำให้การใช้ปุ๋ยเคมีไม่เกิดประโยชน์เต็มที่ หากไม่ปรับปรุงดินด้วยปูนปรับสภาพ อาจส่งผลต่อความคุ้มค่าของการลงทุนและประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตร

1.3 ผลกระทบของดินกรดต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเจริญเติบโตของพืช ดินกรดมีผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเจริญเติบโตของพืชอย่างชัดเจน เนื่องจากค่า pH ต่ำทำให้ ธาตุอาหารสำคัญหลายชนิด เช่น แคลเซียม (Ca^{2+}), แมกนีเซียม(Mg^{2+}), และโพแทสเซียม (K^{+}) ถูกชะล้างออกจากดิน ทำให้ความสามารถในการบำรุงพืชลดลง นอกจากนี้ ดินกรดยังทำให้เกิดความเป็นพิษของอะลูมิเนียม (Al^{3+}) และแมงกานีส (Mn^{2+}) ที่สูงเกินไป ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของราก ลดการดูดซับน้ำและธาตุอาหาร ส่งผลให้พืชเติบโตช้าหรือหยุดเจริญเติบโต (Sumner & Noble, 2003; Fageria & Baligar, 2008) สำหรับพืชข้าวโพดที่ต้องการ pH 5.5–7.0 การปลูกในดินกรดจัดจะส่งผลให้รากไม่พัฒนาอย่างเต็มที่ แตกแขนงน้อย ทำให้การดูดซับธาตุอาหารหลักและน้ำลดลง ส่งผลให้ใบเหลือง ต้นเตี้ย และผลผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (FAO, 2019) นอกจากนี้ ดินกรดยังมีผลต่อการใช้ปุ๋ยเคมีเนื่องจากธาตุอาหารบางชนิด เช่น ฟอสฟอรัส มักถูกตรึงในดิน ทำให้พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้เต็มที่ การไม่ปรับปรุงดินกรดก่อนปลูกจึงอาจลดความคุ้มค่าการลงทุนและประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563)

1.4 ผลกระทบทางเศรษฐกิจจากการจัดการดินกรดที่ไม่เหมาะสมนอกจากผลกระทบต่อผลผลิตพืชโดยตรงแล้ว การจัดการดินกรดที่ไม่เหมาะสมยังส่งผลเสียต่อเศรษฐกิจของเกษตรกรและประเทศอย่างมีนัยสำคัญ การเพิ่มขึ้นของต้นทุนการผลิต: เกษตรกรในพื้นที่ดินกรดมักต้องใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่สูงขึ้นเพื่อชดเชยการสูญเสียธาตุอาหารในดิน (Fageria et al., 2007) แต่เนื่องจากดินกรดทำให้ธาตุอาหารถูกตรึง การใช้ปุ๋ยที่มากขึ้นจึงไม่ช่วยเพิ่มผลผลิตอย่างที่ควรจะเป็น ทำให้ต้นทุนต่อหน่วยผลผลิตสูงขึ้นและลดความสามารถในการแข่งขัน ผลตอบแทนทางการเกษตรต่ำ: ผลผลิตที่ลดลง 20–40% ในพื้นที่ดินกรด เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่ปรับปรุงแล้ว (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563) ส่งผลให้รายได้สุทธิของเกษตรกรลดลงอย่างมาก ความเสี่ยงต่อความยั่งยืนทางการเกษตร: การใช้ปุ๋ยเคมีเกินความจำเป็นและการไม่ปรับปรุงดินในระยะยาว จะทำให้ดินเสื่อมโทรมมากขึ้น ส่งผลต่อการลดลงของความหลากหลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ในดิน และทำให้เกิดปัญหาสภาพแวดล้อม เช่น การชะล้างปุ๋ยลงสู่แหล่งน้ำ (Sumner & Noble, 2003)

1.5 การจัดการดินกรดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยการปรับปรุงดินกรดไม่ได้ช่วยเพียงแค่เพิ่มผลผลิต แต่ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ยให้คุ้มค่ามากขึ้น ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการเกษตรที่ยั่งยืนประสิทธิภาพการดูดซึมธาตุอาหาร: งานวิจัยของ Fageria & Baligar (2008) พบว่า การปรับ pH ดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม (pH 6.0–6.5) จะเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ของพืชได้ถึง 30–50% เมื่อเทียบกับการปลูกในดินกรดความพร้อมของธาตุอาหารรองและจุลธาตุ: นอกจากธาตุอาหารหลักแล้ว การใส่ปูนยังช่วยเพิ่มความพร้อมของธาตุอาหารรองที่จำเป็น เช่น แคลเซียมและแมกนีเซียม และช่วยลดความเป็นพิษของจุลธาตุบางชนิด เช่น แมงกานีสและเหล็ก ซึ่งอยู่ในรูปที่เข้มข้นเกินไปในดินกรด (Brady & Weil, 2017) การส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน: ค่า pH ที่เหมาะสมจะช่วยกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น แบคทีเรียที่ตรึงไนโตรเจนในดิน ซึ่งช่วยลดการพึ่งพาปุ๋ยเคมีและส่งเสริมความอุดมสมบูรณ์ของดินในระยะยาว (McLean, 1976)

2. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการปรับปรุงดิน

ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีสภาพเป็นกรด มีธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช จำเป็นต้องมีการปรับปรุงบำรุงดินที่เหมาะสม ควรจะพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

ความเป็นกรดด่างของดิน บ่งชี้ถึงสภาวาวะความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน ทั้งในรูปของธาตุอาหารที่มีอยู่เดิม และจากปุ๋ย ดินที่เป็นกรดจัด จะมีฟอสฟอรัส (P) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโมลิบดินัม (Mo) ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อย ควรปรับปรุงด้วยการใส่ปูนขาวหรือหินปูนบด ซึ่งช่วยลดความเป็นกรดของดินได้ ดินยิ่งเป็นกรดมากอาจมีอะลูมิเนียมละลายออกมามากจนเป็นพิษต่อพืชได้ อัตราการใช้ปูนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับเนื้อดิน (Texture) กล่าวคือ ดินเหนียวจะใช้ปูนมากกว่าดินทรายเพราะว่าดินเหนียวมีบัฟเฟอร์มากกว่าดินทราย ปูนขาวหรือ $Ca(OH)_2$ นอกจากจะช่วยลดความเป็นกรดของดินแล้วยังเป็นแหล่งธาตุอาหารแคลเซียม (Ca)

ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน อินทรียวัตถุในดินนอกจากจะเป็นแหล่งสำรองธาตุอาหารพืชแล้ว ยังมีผลให้คุณภาพดินทั้งทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมีดีขึ้น ทำให้มีการดูดซับและปลดปล่อยธาตุอาหารพืชได้ดี ช่วยต้านทานการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาของดินอย่างรวดเร็ว ช่วยลดความเป็นพิษของแร่ธาตุบางชนิด เช่น อลูมิเนียม (Al) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) ในกรณีดินที่เป็นกรดจัดข้อดีเหล่านี้จะช่วยให้การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) ดินที่มีค่า CEC สูงย่อมมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารไว้มากและปลดปล่อยได้มากและยาวนานกว่าดินที่มีค่า CEC ต่ำ ค่าของ CEC จะขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณแร่ดินเหนียว ในดินไร่โดยทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่า CEC ต่ำ เพราะเป็นดินทรายและมีอินทรียวัตถุต่ำ จึงมีการชะล้างสูง

ความชื้นในดิน ความชื้นในดินมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชไร่ ถ้าดินขาดน้ำในช่วงออกดอก ติดฝักและสร้างเมล็ดจะทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก การใช้ปุ๋ยและสารปรับปรุงจะได้ผลน้อยหารขาดน้ำในช่วงนี้

ปริมาณแร่ธาตุในดิน จะบอกถึงสภาวะของธาตุอาหารพืชในดินว่ามีอยู่เพียงพอหรือไม่ โดยมีสมมติฐานว่าปริมาณแร่ธาตุที่วิเคราะห์ได้มีปริมาณใกล้เคียงกับความสามารถของรากพืชที่จะดูดไปใช้ได้ ดังนั้นการประเมินว่าแร่ธาตุชนิดใดเพียงพอหรือไม่ ต้องดูความสัมพันธ์ระหว่างธาตุที่สกัดได้กับการดูดใช้และผลผลิตของพืช จึงกำหนดจุดวิกฤตของธาตุอาหารพืชในดินแต่ละชนิดได้ ค่าวิเคราะห์จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตเพื่อพิจารณาและประเมินความอุดมสมบูรณ์ของแต่ละธาตุ หรือเพื่อใช้ในการพิจารณาอัตราและวิธีการใช้ปุ๋ยตามลักษณะดินต่อไป (สมควร, 2551)

3. การปรับปรุงดินกรดด้วยปูน (Liming)

2.1 หลักการใส่ปูนเพื่อปรับปรุงดินกรด

การใส่วัสดุปูน เช่น ปูนขาว ($CaCO_3$) หรือโดโลไมท์ [$CaMg(CO_3)_2$] เป็นวิธีหลักในการปรับปรุงดินกรด โดยกลไกสำคัญคือการทำปฏิกิริยากับ H^+ และ Al^{3+} ในดิน ทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นและลด

ความเป็นพิษของอะลูมิเนียม (Fageria & Baligar, 2008) ผลจากการใส่ปูนยังช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารหลัก เช่น N, P, K รวมถึงธาตุรอง Ca และ Mg ส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงขึ้น กรมพัฒนาที่ดิน (2561) แนะนำการใส่ปูนในพื้นที่ดินกรดจัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าสามารถเพิ่มผลผลิตข้าว ข้าวโพด และมันสำปะหลังได้เฉลี่ย 20–40%

2.2 ประเภทของวัสดุปูน

วัสดุปูนเป็นวัสดุหลักที่ใช้ปรับปรุงดินกรดให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ประเภทที่นิยมใช้มีหลายชนิด แต่ละชนิดมีสมบัติทางเคมีและประสิทธิภาพในการปรับค่า pH ของดินแตกต่างกัน

1. ปูนขาว (Calcium hydroxide; $Ca(OH)_2$)

มีความเป็นด่างสูงและสามารถปรับ pH ของดินได้เร็วกว่า $CaCO_3$ แต่มีความรุนแรงมากกว่าในการทำลายรากพืชหากใช้เกินขนาด จึงเหมาะสำหรับการปรับปรุงดินในปริมาณจำกัดหรือผสมกับดินที่มีความเป็นกรดจัด

2. โดโลไมท์ (Calcium magnesium carbonate; $CaMg(CO_3)_2$)

เป็นปูนที่ให้ทั้ง Ca และ Mg แก่ดิน เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ดินมีการขาด Mg ร่วมด้วย การใช้โดโลไมท์ช่วยปรับค่า pH และเพิ่มธาตุรอง ทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้สมบูรณ์การเลือกใช้วัสดุปูนแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับ สมบัติของดิน, ความต้องการธาตุอาหารของพืช, และความเร็วในการปรับค่า pH โดยทั่วไป ปูนขาวเหมาะสำหรับเกษตรกรที่ต้องการปรับดินแบบมาตรฐาน ส่วนโดโลไมท์เหมาะกับดินที่ขาด Mg และ $Ca(OH)_2$ ใช้ในกรณีที่ต้องการปรับ pH อย่างรวดเร็ว (Fageria & Baligar, 2008; กรมพัฒนาที่ดิน, 2561)

2.2 กลไกการทำงานของปูนในการปรับปรุงดินกรด

รูปของแคลเซียมในดิน ที่อยู่ในรูปของส่วนประกอบของหินและแร่ แคลเซียมเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อพืชก็ต่อเมื่อหินและแร่สลายตัวพุพังและปลดปล่อยแคลเซียมออกสู่สารละลายดิน เมื่อปลดปล่อยออกมาแล้วแคลเซียมจะถูกดูดยึดไว้ที่ผิวของอนุภาคดิน และอยู่ในรูปของเกลือแคลเซียมอิส ระ เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) และแคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) เมื่อความชื้นเหมาะสมเกลือเหล่านี้จะละลายน้ำและแตกตัวให้แคลเซียมไอออนที่มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก (Ca^+) ซึ่งพืชสามารถดูดไปใช้ได้ ดังนั้นเมื่อใส่วัสดุปูน เช่น หินปูนบด ($CaCO_3$) ถูกใส่ลงในดิน จะทำปฏิกิริยากับน้ำและไฮโดรเจนไอออน (H^+) ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของความเป็นกรดในดิน โดยจะปล่อยไอออนที่มีฤทธิ์เป็นด่าง เช่น OH^- ออกมาเพื่อจับกับ H^+ ทำให้ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้น (Sumner & Noble, 2003) นอกจากนี้แคลเซียม (Ca^{2+}) จากปูนยังเข้าไปแทนที่อะลูมิเนียม (Al^{3+}) ที่เป็นพิษบนผิวอนุภาคดิน ทำให้ความเป็นพิษของอะลูมิเนียมลดลง (สมควร, 2551)

สมการการแตกตัวของแคลเซียมเป็นดังนี้

แคลเซียมคาร์บอเนต

$$CaCO_{3(S)} \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}$$

2.3 ประโยชน์ที่ได้จากการปรับปรุงดินด้วยปูน

2.3.1 เพิ่มความพร้อมของธาตุอาหาร: การเพิ่มค่า pH ของดินช่วยเพิ่มความพร้อมของธาตุอาหารหลัก เช่น ฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K) และธาตุอาหารรองที่จำเป็นอย่างแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ทำให้พืชดูดซึมไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Fageria & Baligar, 2008)

2.3.2 ลดความเป็นพิษ: การใส่ปูนช่วยลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียมและแมงกานีส ซึ่งเป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของรากพืช ทำให้รากพืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีขึ้น ส่งผลให้การดูดซับน้ำและธาตุอาหารดีขึ้น

2.3.3 เพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์: ค่า pH ที่เหมาะสมจะส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อดิน เช่น แบคทีเรียที่ช่วยตรึงไนโตรเจน (McLean, 1976)

2.4 ชนิดของวัสดุปูนและอัตราการใช้

ชนิดของวัสดุปูนที่นิยมใช้ ได้แก่ ปูนมาร์ล (marl), หินปูนบด (limestone), และปูนโดโลไมท์ (dolomite) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563) การเลือกใช้ปูนขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและระดับการขาดแคลนแคลเซียมและแมกนีเซียมในดิน โดยปูนโดโลไมท์มักถูกแนะนำสำหรับพืชที่ต้องการธาตุแมกนีเซียมสูง อัตราการใช้ปูนที่เหมาะสมควรคำนวณจากค่าความต้องการปูนของดิน (Lime Requirement) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ เพื่อป้องกันปัญหา "ดินเกินปูน" (overliming) ซึ่งอาจทำให้พืชขาดจุลธาตุบางชนิด เช่น สังกะสี (Zn) และแมงกานีส (Mn) (Brady & Weil, 2017)

สรุปการปรับปรุงดินกรดด้วยปูนเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีปัญหาดินกรด การใช้ปูนที่เหมาะสมไม่เพียงแค่เพิ่มค่า pH ของดิน แต่ยังช่วยแก้ไขปัญหาความเป็นพิษของอะลูมิเนียม และเพิ่มความพร้อมของธาตุอาหารที่จำเป็นให้กับพืชได้อย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตาม เพื่อให้การปรับปรุงดินเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ควรมีการวิเคราะห์ค่าความต้องการปูนของดินก่อนการใช้ และเลือกชนิดของปูนให้เหมาะสมกับพืชและสภาพดินในแต่ละพื้นที่

4. วิธีการคำนวณอัตราปูน

การคำนวณอัตราปูนไม่ได้ใช้สูตรตายตัว แต่เป็นการประเมินจากความต้องการปูนของดิน (Lime Requirement: LR) ซึ่งเป็นปริมาณปูนที่ต้องใช้เพื่อยกระดับค่า pH ของดินให้ถึงระดับที่ต้องการ โดยวิธีการหาค่า LR ที่แม่นยำที่สุดคือการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีหลายวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัย

3.1 การหาปริมาณปูนที่ควรใช้ (Lime Requirement; LR) มีหลายวิธี โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่

1. Buffering Method เป็นการใช้สารละลาย buffer (เช่น SMP buffer) ตรวจสอบค่าการต้านทานการเปลี่ยนแปลงของ pH ดิน และคำนวณปริมาณปูนที่เหมาะสม วิธีนี้ได้รับความนิยมเนื่องจากสะดวกและรวดเร็ว (Shoemaker, McLean, & Pratt, 1961) อย่างไรก็ตาม บางครั้งให้ผลไม่แม่นยำในดินเขตร้อนที่มีการชะล้างสูง (McLean, 1976)

เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยม เนื่องจากทำได้อย่างรวดเร็วและใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินจำนวนมากได้ วิธีนี้อาศัยการเติมสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่า pH คงที่ลงในตัวอย่างดิน แล้ววัดการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของสารละลายบัฟเฟอร์นั้น โดยค่า pH ที่ลดลงของสารละลายบัฟเฟอร์จะบ่งชี้ถึงปริมาณความเป็นกรดในดิน (exchangeable acidity) ซึ่งสามารถนำไปคำนวณย้อนกลับหาปริมาณปูนที่ต้องการได้ เช่น การศึกษาของพงศ์พันธุ์ และคณะ (2558) พบว่าค่าความต้องการปูนที่ได้จากวิธี Woodruff buffer มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับค่าที่ได้จากวิธี Lime Incubation Method

2. Lime Incubation Method เป็นการนำดินมาผสมกับปูนในอัตราต่าง ๆ จากนั้นปรับความชื้นและบ่มประมาณ 1-2 สัปดาห์ ก่อนวิเคราะห์ค่า pH ที่ได้ แล้วสร้างสมการเพื่อหาปริมาณปูนที่ทำให้ค่า pH อยู่ในระดับเหมาะสม (Adams & Evans, 1962) วิธีนี้ใช้เวลานานกว่าแต่ให้ผลใกล้เคียงความเป็นจริงในสภาพแวดล้อมของดินมากกว่า

เป็นวิธีการทดลองที่ให้ผลแม่นยำสูง แต่ใช้เวลานานกว่า วิธีนี้จะนำตัวอย่างดินมาบ่มกับวัสดุปูนในอัตราส่วนที่แตกต่างกันไปในช่วงเวลาหนึ่ง (เช่น 1-7 วัน หรือนานกว่านั้น) จากนั้นจึงวัดค่า pH ของดินในแต่ละอัตราส่วนที่เติมปูน แล้วนำผลที่ได้ไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปูนที่ใส่กับค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งทำให้สามารถกำหนดอัตราปูนที่ต้องการได้อย่างแม่นยำเพื่อยกระดับ pH ไปยังเป้าหมายที่ต้องการ (พงศ์พันธุ์ และคณะ, 2558)

3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการคำนวณอัตราปูน

นอกจากค่า pH เริ่มต้นของดินและ pH เป้าหมายแล้ว การคำนวณอัตราปูนยังต้องพิจารณาปัจจัยสำคัญอื่น ๆ ได้แก่:

3.2.1 ชนิดของดิน (Soil Texture): ดินเหนียว (clayey soil) ที่มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวและอินทรียวัตถุสูง จะมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) สูง ทำให้มีความสามารถในการบัฟเฟอร์สูงกว่าดินทราย จึงต้องการปริมาณปูนมากกว่าเพื่อให้ค่า pH เปลี่ยนแปลงไปในระดับเดียวกัน (ResearchGate, 2021)

3.2.2 ชนิดของวัสดุปูน (Liming Material): วัสดุปูนแต่ละชนิด เช่น ปูนขาว (CaO), หินปูนบด ($CaCO_3$), และปูนโดโลไมท์ ($CaMg(CO_3)_2$) มีค่าความสามารถในการปรับความเป็นกรด (Neutralizing Value) ที่แตกต่างกัน รวมถึงมีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในสัดส่วนที่ไม่เท่ากัน การเลือกใช้ปูนที่เหมาะสมกับชนิดพืชจึงมีความสำคัญ

สรุปการคำนวณอัตราปูนเพื่อการปรับปรุงดินกรดไม่ใช่การใช้สูตรสำเร็จ แต่เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยข้อมูลจากการวิเคราะห์ดินทางห้องปฏิบัติการ โดยเฉพาะค่าความต้องการปูนของดิน (Lime Requirement) ซึ่งเป็นค่าที่ช่วยให้เกษตรกรสามารถใส่ปูนในปริมาณที่เหมาะสมได้อย่างแม่นยำ ช่วยหลีกเลี่ยงปัญหาจากการใช้ปูนน้อยหรือมากเกินไป ซึ่งส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช และประสิทธิภาพของปุ๋ย นอกจากนี้ งานวิจัยยังชี้ให้เห็นว่าการเลือกชนิดของปูนและการนำไปใช้ (เช่น การผสมปูนลงในดิน) มีผลอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพในการปรับปรุงดิน

5. พืชข้าวโพด (Maize, Zea mays L.)

ข้าวโพด (Zea mays L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดชนิดหนึ่งของโลก เนื่องจากเป็นแหล่งอาหารทั้งของมนุษย์และสัตว์ และเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมหลายประเภท งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพืชข้าวโพดในด้านต่างๆ เช่น ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ความต้องการของสภาพแวดล้อม และบทบาททางเศรษฐกิจ โดยอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลวิชาการที่น่าเชื่อถือ

4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และสายพันธุ์

ข้าวโพด เป็นพืชตระกูลหญ้า (Poaceae) มีลำต้นตั้งตรงและมีระบบรากฝอยที่แข็งแรงในฐานะที่เป็นพืช C4 ข้าวโพดมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงสูงกว่าพืช C3 โดยเฉพาะในสภาพอากาศร้อนและมีแสงแดดจัด (Jones et al., 2013) สายพันธุ์ข้าวโพดสามารถแบ่งได้หลายประเภทตามลักษณะของเมล็ด เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Dent corn) ที่มีเมล็ดบุ๋มตรงกลาง ข้าวโพดหวาน (Sweet corn) ที่มีปริมาณน้ำตาลสูง และข้าวโพดข้าวเหนียว (Waxy corn) ที่มีเมล็ดเหนียวเมื่อนำไปปรุงอาหาร (Ritchie et al., 1993)

4.2 ความต้องการของสภาพแวดล้อม

การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมและธาตุอาหารในดินที่เหมาะสม:

4.2.1 อุณหภูมิ: ข้าวโพดต้องการอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตคือประมาณ 20-30°C หากอุณหภูมิต่ำกว่า 10°C หรือสูงกว่า 35°C เป็นเวลานานจะส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตและสร้างเมล็ด (Jones et al., 2013)

4.2.2 แสงแดด: ข้าวโพดต้องการแสงแดดจัดตลอดวันเพื่อการสังเคราะห์แสงที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้การปลูกข้าวโพดในพื้นที่ที่มีแสงแดดเพียงพอให้ผลผลิตสูง

4.2.3 น้ำ: ข้าวโพดต้องการน้ำในปริมาณมากตลอดฤดูปลูก โดยเฉพาะในช่วงที่ดอกตัวผู้และตัวเมียกำลังเจริญเติบโต การขาดน้ำในช่วงนี้จะทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก (Payne et al., 2014)

4.2.4 ดินและธาตุอาหาร: ข้าวโพดสามารถเจริญเติบโตได้ในดินหลายประเภท แต่จะให้ผลผลิตสูงสุดในดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำดีและอุดมสมบูรณ์ pH ของดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพดอยู่ระหว่าง 5.5-7.0 (Brady & Weil, 2017) ธาตุอาหารหลักที่จำเป็น ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) โดยเฉพาะไนโตรเจนมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของลำต้นและใบ

4.3 บทบาททางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม

ข้าวโพดมีบทบาทสำคัญในเศรษฐกิจโลก โดยสหรัฐอเมริกา จีน บราซิล และอาร์เจนตินาเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ที่สุด (FAOSTAT, 2021) การใช้ประโยชน์จากข้าวโพดมีหลากหลาย:

4.3.1 อาหารสัตว์: ประมาณ 60-70% ของผลผลิตข้าวโพดในโลกถูกนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยเฉพาะสำหรับปศุสัตว์และสัตว์ปีก (Jones et al., 2013)

4.3.2 อาหารมนุษย์: ใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น แป้งข้าวโพด น้ำมันข้าวโพด และไซรัป

4.3.3 พลังงานชีวภาพ: ข้าวโพดถูกนำไปใช้ในการผลิตเอทานอล ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพที่ใช้ในการผสมกับน้ำมันเบนซิน (Brady & Weil, 2017)

4.4 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย

ข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ มีพื้นที่ปลูกมากกว่า 7 ล้านไร่ และผลผลิตเฉลี่ย 700–800 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ข้าวโพดมีความต้องการธาตุอาหารสูง โดยเฉพาะ N และ P แต่จะตอบสนองได้ดีในดินที่มีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.5–7.0 (FAO, 2019) หากปลูกในดินกรดจัด ข้าวโพดจะมีการเจริญเติบโตชะงัก รากไม่พัฒนา และผลผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

4.4.1 ความต้องการธาตุอาหารและการตอบสนองต่อค่า pH ของดิน

ข้าวโพด (Zea mays L.) เป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารสูงและมีความไวต่อสภาพความเป็นกรด-ด่างของดิน โดยเฉพาะ ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), และโพแทสเซียม (K) ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นพืช ใบ และฝัก ไนโตรเจนช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของใบและความสูงต้น ฟอสฟอรัสจำเป็นต่อการพัฒนารากและการสังเคราะห์พลังงาน ส่วนโพแทสเซียมช่วยควบคุมสมดุลน้ำและความต้านทานต่อโรคและความเครียดข้าวโพดเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในดินที่มีค่า pH 5.5–7.0 เมื่อค่า pH ต่ำเกินไป (ดินกรดจัด) จะทำให้ธาตุอาหารสำคัญบางชนิดถูกตรึงในดิน ทำให้พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้เต็มที่ เช่น ฟอสฟอรัสจะถูกตรึงกับ Al^{3+} และ Fe^{2+} ในขณะที่ความเป็นพิษของอะลูมิเนียมและแมงกานีสเพิ่มขึ้น ทำให้รากพืชเจริญเติบโตช้าและดูดซึมธาตุอาหารได้ลดลง นอกจากนี้ ข้าวโพดยังตอบสนองต่อการปรับค่า pH ด้วยปูน โดยเมื่อค่า pH เพิ่มขึ้นสู่ช่วงเหมาะสม การดูดซับ Ca, Mg, N, P, K และธาตุรองอื่น ๆ จะดีขึ้นส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (FAO, 2019; Fageria & Baligar, 2008)

4.4.2 ปัญหาผลผลิตต่ำในพื้นที่ดินกรด

พื้นที่ดินกรัดจัดมีผลกระทบโดยตรงต่อผลผลิตพืช เนื่องจากดินมีค่า pH ต่ำกว่า 5.5 ทำให้ธาตุอาหารหลักและรองหลายชนิดถูกตรึงในดิน ไม่สามารถถูกพืชดูดซึมได้เต็มที่ นอกจากนี้ ความเป็นพิษของอะลูมิเนียม (Al^{3+}) และแมงกานีส (Mn^{2+}) เพิ่มขึ้น ส่งผลให้รากพืชไม่สามารถพัฒนาอย่างเต็มที่ การแตกแขนงของรากลดลง และความสามารถในการดูดซึมน้ำและธาตุอาหารลดลง (Sumner & Noble,

2003; Fageria & Baligar, 2008) ผลจากสมบัติเหล่านี้ ทำให้ พืชมีการเจริญเติบโตช้า ใบเหลือง ต้นเตี้ย และผลผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะพืชที่ต้องการค่า pH 5.5–7.0 เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง และถั่ว งานวิจัยในประเทศไทยพบว่า พื้นที่ดินกรดจัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือให้ผลผลิตข้าวโพดต่ำกว่าพื้นที่ดินที่ปรับค่า pH แล้วประมาณ 20–40% (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563; FAO, 2019) นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยเคมีในดินกรดจัดมักไม่เกิดประโยชน์เต็มที่ เพราะธาตุอาหารบางชนิดถูกตรึงอยู่ในดิน ทำให้เกษตรกรต้องใช้ปุ๋ยมากขึ้นเพื่อให้ได้ผลผลิตตามต้องการ ซึ่งส่งผลต่อ ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น และลดความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ (Caires et al., 2011)

สรุปข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความมั่นคงทางอาหารและพลังงานของโลก โดยมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ความสำเร็จในการเพาะปลูกข้าวโพดขึ้นอยู่กับการจัดการปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ น้ำ และธาตุอาหารในดินอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นแนวทางที่สำคัญในการเพิ่มผลผลิตและส่งเสริมความยั่งยืนทางการเกษตร

6.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มณฑาทิพย์ สงวนรักษ์ (2558) ศึกษาเรื่องความต้องการปูนในการปรับปรุงดินกรดโดยวิธี Buffering Method กับ Lime Incubation Method ในกลุ่มชุดดินที่ 40 ของชุดดินจักราช มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปริมาณความต้องการปูนที่ใช้ในการปรับปรุงดินกรดโดยวิธี Buffering Method กับ Lime Incubation Method และส่วนต่างของทั้งสองวิธี ในกลุ่มชุดดินที่ 40 ของชุดดินจักราช ในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ และทดลองหาปริมาณปูนที่ใช้ยกระดับ pH ของดินไปที่ระดับ pH ต่างๆ โดยวิธี Lime Incubation Method ผลการทดลองพบว่า ภาพรวมของ 4 จังหวัดตัวอย่างที่ศึกษาไม่มีความแตกต่างกัน ปริมาณปูนสำหรับยกระดับ pH ดินให้เป็น 5.5, 6.0, 6.5 และ 6.9 โดยวิธี Buffering Method คือ ที่ความลึก 0-20 เซนติเมตรอยู่ในช่วง 600-2280 กก.$CaCO_3$/ไร่ 20-40 และ 40-60 เซนติเมตรใช้ปริมาณปูนเท่ากัน คืออยู่ในช่วง 720-2400 กก. $CaCO_3$/ไร่ ปริมาณปูนโดยวิธี Lime Incubation Method ที่ความลึก 0-20 เซนติเมตร อยู่ในช่วง 500-6400 กก. $CaCO_3$/ไร่ 20-40 เซนติเมตร อยู่ในช่วง 700-7,200 กก.$CaCO_3$/ไร่ และ 40-60 เซนติเมตร อยู่ในช่วง 700-7200 กก. $CaCO_3$/ไร่ เมื่อหาส่วนต่างของปริมาณความต้องการปูนของทั้งสองวิธีพบว่า ปริมาณความต้องการปูนที่ได้จาก วิธี Buffering Method มีค่าน้อยกว่าวิธี Lime incubation Method (ยกเว้นที่ pH 5.5) ผลต่างของทั้งสองวิธีในการ ยกระดับ pH ไปที่ 6.0, 6.5 และ 6.9 ได้แก่ ที่ความลึก 0-20 เซนติเมตร อยู่ในช่วง 700-4120 กก.$CaCO_3$/ไร่ 20-40 เซนติเมตร อยู่ในช่วง 780-4800 กก.$CaCO_3$/ไร่ และ 40-60 เซนติเมตร อยู่ในช่วง 880-4,800 กก.$CaCO_3$/ไร่ ผลการทดลองหาปริมาณปูนเพื่อยกระดับ pH พบว่า ทุกตำรับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยตำรับที่ 1-4 ปริมาณปูนเฉลี่ยในการยกระดับ pH ที่ความลึก 0-60 เซนติเมตร ไปที่ 5.5 คือ 1,812.5 กก.$CaCO_3$/ไร่, pH 6.0 คือ 5,900 กก.$CaCO_3$/ไร่, pH 6.5 คือ 12,050 กก.$CaCO_3$/ไร่ และ pH 6.9 คือ 19,600 กก.$CaCO_3$/ไร่

Somnuk Sriswasdi, Viroj Lairungruang, and Punya Rattanapanya (2012) The effect of soil pH adjustment on maize yield in acid sulfate soils of Thailand. วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการปรับ pH ดินกรดจัด (acid sulfate soil) ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพด วิธีดำเนินการวิจัย ทำการทดลองในแปลงเกษตร โดยแบ่งแปลงทดลองออกเป็นหลายส่วนและปรับ pH ดินด้วยปูนในอัตราส่วนที่แตกต่างกันไป จากนั้นทำการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต รวมถึงวัดผลผลิตเมล็ดเมื่อเก็บเกี่ยว การศึกษาพบว่าการปรับ pH ดินกรดให้สูงขึ้นจาก 4.0 ไปสู่ช่วง 5.5–6.5 ช่วยลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียม (Al^{3+}) และเหล็ก (Fe^{2+}) อย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้ระบบรากข้าวโพดเจริญเติบโตได้ดีขึ้น และให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 30-40% เมื่อเทียบกับแปลงที่ไม่ได้ ปรับปรุงดิน

N. K. Fageria and V. C. Baligar (2008) Ameliorating soil acidity of tropical soils for sustainable crop production. วัตถุประสงค์เพื่อทบทวนและวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงดินกรดในเขตร้อน เพื่อเพิ่มผลผลิตพืชให้ยั่งยืน วิธีดำเนินการวิจัย เป็นการทบทวนวรรณกรรมจากงานวิจัยต่างๆ โดยรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบของ pH ดินต่อธาตุอาหารของพืช และประสิทธิภาพของวิธีการปรับปรุงดินต่างๆ สรุปผล การทบทวนวรรณกรรมสรุปว่าการปรับ pH ดินกรดให้เหมาะสมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมธาตุอาหารหลักได้ถึง 30-50% และลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียมและแมงกานีส ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จำกัดผลผลิตพืชในเขตร้อน เช่น ข้าวโพด

Viroj Lairungruang, Punya Rattanapanya, and Somnuk Sriswasdi (2013) Liming effects on soil properties and maize nutrient uptake in Ultisols. วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการใช้ปูนต่อสมบัติทางเคมีของดินประเภท Ultisols (ดินกรดจัดในเขตร้อน) และการดูดซึมธาตุอาหารของข้าวโพด วิธีดำเนินการวิจัย ทำการทดลองในแปลงปลูก โดยแบ่งแปลงและใส่ปูนโดโลไมท์ (Dolomite) ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน จากนั้นทำการปลูกข้าวโพดและวัดค่า pH ของดิน ปริมาณธาตุอาหารในดิน และการดูดซึมธาตุอาหารของพืช สรุปผล ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการใส่ปูนโดโลไมท์ช่วยเพิ่มค่า pH ของดิน ลดความเป็นพิษของ Al^{3+} และเพิ่มความเข้มข้นของธาตุแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ในดินอย่างชัดเจน ส่งผลให้ข้าวโพดสามารถดูดซึมธาตุอาหารได้ดีขึ้นและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Manichot, B., S. Sangsri, and W. Boonsompoom (2017) The effect of lime application rate and timing on corn yield on acidic soil. วัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราปูนและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการใส่ปูนเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวโพดในดินกรด วิธีดำเนินการวิจัยทำการทดลองในแปลงปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยใช้ปูนมาร์ล (marl) ในอัตราต่างๆ และกำหนดช่วงเวลาการใส่ปูนที่แตกต่างกันเพื่อเปรียบเทียบผลผลิตข้าวโพด สรุปผลผลการวิจัยชี้ว่าการใส่ปูนมาร์ลในปริมาณที่เหมาะสมและใส่ในช่วงเวลาที่ถูกต้องก่อนการเตรียมดินปลูก สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวโพดได้สูงสุด การใช้ปูนที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไปให้ผลผลิตที่ไม่ดีเท่าที่ควร แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการคำนวณอัตราปูนอย่างแม่นยำ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลองภาคสนาม (Field Experiment) โดยมุ่งเน้นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประเมินความต้องการปูน 2 รูปแบบ คือ Buffering Method และ Lime Incubation Method ต่อการปรับปรุงค่า pH ดินสมบัติทางเคมี กายภาพและชีวภาพของดิน และผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินกรด จ.นครราชสีมา โดยมีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้

3.1 พื้นที่ดำเนินการวิจัย

ที่ตั้ง: ดำเนินการวิจัยในพื้นที่ดินกรด หมู่ที่ 7 บ้านบึงทับช้าง ตำบลจอหอ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา พิกัด 48P x=191711 y=1667237 พบว่าพื้นที่ดังกล่าวและบริเวณใกล้เคียงมีทรัพยากรดินเป็นชุดดินโคราช จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 35

3.2 การสุ่มตัวอย่างดินและการวิเคราะห์ดินเบื้องต้น

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินจากแปลงทดลองก่อนเริ่มทำการทดลอง เพื่อประเมินสมบัติทางเคมี กายภาพและชีวภาพของดินเริ่มต้น โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.2.1 การสุ่มเก็บตัวอย่างดิน ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินแบบผสม (composite sample) จำนวน 10 จุด ในแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร โดยใช้พลั่ว นำตัวอย่างดินที่ได้มาผสมรวมกันให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำดินที่ได้มาผึ่งลมให้แห้ง บด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ก่อนนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และใช้สว่านเจาะดินเพื่อหาลักษณะของดินในแปลงนั้นๆ (Soil Characterization) มีรายละเอียดดังนี้

พื้นที่หมู่ 7 บ้านบึงทับช้าง ตำบลจอหอ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา พิกัด 48P x=191711 y=1667237 ทรัพยากรดินเป็นชุดดินโคราช จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 35 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ชุดดิน โคราช (Korat Series : Kt) กลุ่มชุดดินที่ 35

การจำแนกดิน (USDA) Fine-loamy, siliceous, isohyperthermic Typic (Oxyaquic) Kandiustults

สภาพพื้นที่ : ค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 0-1 %

ภูมิสัณฐาน : พื้นที่เกือบราบหรือที่เกือบราบ

วัตถุต้นกำเนิด : การผุพังสลายตัวอยู่กับที่ และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางไม่ไกลนักของหินตะกอนเนื้อหยาบ พวกหินทราย

การระบายน้ำ : ดีปานกลาง

การซึมผ่านได้ของน้ำ : ปานกลาง

การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน : ปานกลาง

ลักษณะสมบัติของดิน : เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินทรายปนดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลเข้ม หรือน้ำตาล ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเหลือง อาจพบสีเทาปนน้ำตาล สีเทาหรือสีเทาปนชมพูในดินล่างลึกลงไป พบจุดประสี น้ำตาลแก่หรือสีเหลืองปนแดง ภายในความลึกมากกว่า 100 ซม. จากผิวดิน พบก้อนเหล็กสะสมในดินล่าง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) ในดินบนและเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5-5.0) ในดินล่าง

ข้อจำกัด : เนื้อดินค่อนข้างเป็นทราย มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำสำหรับพืชในฤดูเพาะปลูกและเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลาย

ข้อเสนอแนะ : มีความเหมาะสมปานกลางสำหรับปลูกพืชไร่ เนื้อดินค่อนข้างเป็นทราย ควรมีการบริหารจัดการน้ำให้ดี เพื่อให้มีปริมาณน้ำที่เพียงพอกับความต้องการของพืชในช่วงฤดูแล้ง หรือฝนทิ้งช่วง และควรจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสมกับชนิดพืชที่ปลูก ใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และผลิตภัณฑ์เทคโนโลยีชีวภาพของกรมพัฒนาที่ดิน พร้อมทั้งปุ๋ยเคมี เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินให้ดีขึ้น และเพิ่มแร่ธาตุต่างๆ ให้แก่ดิน ใช้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อป้องกันการขาดแคลนน้ำและการชะล้างพังทลาย การเลือกระยะเวลาปลูกพืชที่เหมาะสม ไถพรวนแต่น้อยและการปลูกพืชแบบสลับ (intercropping) เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีทั้งในเชิงปริมาณ และคุณภาพ

ชุดดินโคราชที่พบในพื้นที่แปลงวิจัย มี 1 หน่วยแผนที่ดิน ได้แก่ หน่วยแผนที่ Kt-slA/d5,E0 คือ หน่วยแผนที่ชุดดินโคราช มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย ความลาดชัน 0-2 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึกมากไม่มีการกร่อน

3.2.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินเบื้องต้น

ค่า pH ดิน: วิเคราะห์ด้วยวิธี pH meter ในอัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1

อินทรียวัตถุ (Organic Matter, OM): วิเคราะห์ด้วยวิธี Walkley and Black

ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation Exchange Capacity, CEC): วิเคราะห์ด้วยวิธี Ammonium Acetate pH 7.0

ปริมาณธาตุอาหารหลักที่เป็นประโยชน์:

1) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P): วิเคราะห์ด้วยวิธี Bray II

2) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K): วิเคราะห์ด้วยวิธี Ammonium Acetate pH 7.0

ปริมาณธาตุอาหารรองและจุลธาตุที่แลกเปลี่ยนได้:

1) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca): วิเคราะห์ด้วยวิธี Ammonium Acetate pH 7.0

2) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg): วิเคราะห์ด้วยวิธี Ammonium Acetate pH 7.0

3) อะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Al^{3+}): วิเคราะห์ด้วยวิธี KCl Extraction

3.2.3 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1) Bulk density

2) ความชื้นในดิน (Soil Water Content)

3.2.4 การวิเคราะห์สมบัติทางชีวภาพของดิน

ทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางชีวภาพของดิน ได้แก่

1) ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด

2) ปริมาณแอคติโนมัยซีสทั้งหมด

3) ปริมาณราทั้งหมด

3.3 วิธีการประเมินความต้องการปูน (Lime Requirement)

ประเมินปริมาณปูนขาวที่ต้องการสำหรับการปรับปรุงดินตาม 2 วิธีหลัก ดังนี้

3.3.1 Buffering Method (วิธีการบัฟเฟอร์)

- นำตัวอย่างดินที่ผ่านการเตรียมแล้วมาทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อหาค่า Buffer pH ด้วยการเติมสารละลายบัฟเฟอร์ ได้แก่ Woodruff's buffer ลงในดิน
- วัดค่า pH ของสารละลายดิน-บัฟเฟอร์ (Buffer pH) โดยใช้ pH meter
- นำค่า Buffer pH ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับตารางมาตรฐาน (Lime Requirement Table) เพื่อหาปริมาณปูนขาวที่ต้องการ (L.R.)
- ผลการประเมิน จากการทดลองพบว่าดินตัวอย่างมีค่า Buffer pH เท่ากับ 5.1 ซึ่งเมื่ออ้างอิงจากตารางมาตรฐาน (สำนักวิทยาศาสตร์, 2548) พบว่าปริมาณปูนขาวที่ต้องการคือ 1,030 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งจะถูกใช้เป็นปริมาณปูนสำหรับ pH เป้าหมาย 5.9 ในวิธี Buffering Method

3.3.2 Lime Incubation Method (วิธีการบ่มดินกับปูน)

1) นำตัวอย่างดินแห้ง 20 กรัม มาใส่ในขวดรูปชมพู่แต่ละใบ แล้วเติมปูนขาว (Calcium Carbonate, $CaCO_3$ เกรดวิเคราะห์) ในปริมาณที่แตกต่างกัน (0, 0.001, 0.002, 0.003, 0.006, 0.009 กรัม)

2) เติมน้ำกลั่นลงในแต่ละขวด 50 มิลลิลิตร

3) เขย่าหรือคนสารละลายดินให้เข้ากัน จากนั้นบ่มดินที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4) หลังจากสิ้นสุดการบ่ม วัดค่า pH ของดินในแต่ละขวดด้วย pH meter

5) นำข้อมูลปริมาณปูนขาวที่เติมเทียบเท่า (กก./ไร่) และค่า pH ที่ได้หลังการบ่ม มา Plot กราฟความสัมพันธ์ เพื่อหาปริมาณปูนขาวที่ต้องการสำหรับ pH เป้าหมาย 5.5, 6.0, 6.5 และ 6.9

6) ทำเช่นเดียวกันตาม ข้อ 1) - ข้อ 5) แต่เปลี่ยนชนิดปูนเป็นโดโลไมท์ โดยคำนวณจากสูตร
ปริมาณปูนโดโลไมท์ = 1.09 *ปริมาณปูนขาว (จากกราฟ)
(สำนักวิทยาศาสตร์, 2548)

ผลการประเมิน (จากการประเมินกราฟ):

สำหรับ pH เป้าหมาย 5.5: **188 กิโลกรัมต่อไร่**
สำหรับ pH เป้าหมาย 6.0: **335 กิโลกรัมต่อไร่**
สำหรับ pH เป้าหมาย 6.5: **590 กิโลกรัมต่อไร่**
สำหรับ pH เป้าหมาย 6.9: **912 กิโลกรัมต่อไร่**

3.4 การออกแบบการทดลองภาคสนามและการจัดการแปลง

3.4.1 แผนการทดลอง: การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ดังนี้

สำหรับ Buffering Method ทำการทดลองใน 4 ซ้ำแยกต่างหาก โดยมีขนาดแปลง 4x4 เมตร เพื่อนำค่าเฉลี่ยของสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของดิน รวมทั้งการเจริญเติบโต ผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ มาพิจารณาร่วมกับวิธี Lime Incubation Method

สำหรับ Lime Incubation Method แบ่งเป็น 2 ชนิดปูน ได้แก่ ปูนขาว และโดโลไมท์ ประกอบด้วย 4 บล็อก (Block) และ 4 ซ้ำต่อวิธีทดลองในแต่ละบล็อก

3.4.2 ชุดการทดลอง (Treatment):

1) ปูนขาว

- Buffering Method:

T1: ปูนขาว 1,778 กก./ไร่ (pH เป้าหมาย 5.9) จำนวน 4 ซ้ำ
T2: ไม่ใส่ปูน (ควบคุม) จำนวน 4 ซ้ำ

- Lime Incubation Method: (จัดใน 4 บล็อก)

T3: ปูนขาว 188 กก./ไร่ (pH เป้าหมาย 5.5)
T4: ปูนขาว 335 กก./ไร่ (pH เป้าหมาย 6.0)
T5: ปูนขาว 590 กก./ไร่ (pH เป้าหมาย 6.5)
T6: ปูนขาว 912 กก./ไร่ (pH เป้าหมาย 6.5)

2) โดโลไมท์

- Buffering Method:

T7: โดโลไมท์ 2,485 กก./ไร่ (pH เป้าหมาย 5.9) จำนวน 4 ซ้ำ

- Lime Incubation Method: (จัดใน 4 บล็อก)

T8: โดโลไมท์ 205 กก./ไร่ (pH เป้าหมาย 5.5)

T9: โดโลไมท์ 365 กก./ไร่ (pH เป้าหมาย 6.0)

T10: โดโลไมท์ 643 กก./ไร่ (pH เป้าหมาย 6.5)

T11: โดโลไมท์ 994 กก./ไร่ (pH เป้าหมาย 6.5)

ขนาดแปลงย่อย: แต่ละแปลงย่อยมีขนาด 4x4 เมตร (16 ตารางเมตร)

3.4.3 การเตรียมดิน

1. การวิเคราะห์ดินและการจัดการปูน (Lime Application)

1.1 การวิเคราะห์ดินเริ่มต้น เก็บตัวอย่างดินจากแปลงทดลองและส่งไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อหาคุณสมบัติทางเคมีเบื้องต้น เช่น ค่า pH, ความเป็นกรด (Acidity), และปริมาณธาตุอาหาร

1.2 การคำนวณปริมาณปูน: คำนวณปริมาณปูนที่ต้องใช้สำหรับแต่ละทรีตเมนต์ (**Buffering Method** และ **Lime Incubation Method**) ตามผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

1.3 การใส่ปูน

1.3.1 ไถพรวนครั้งที่ 1 (หยาบ): ทำการไถพรวนดินในแปลงทดลองเพื่อพลิกหน้าดินและกำจัดวัชพืช

1.3.2 การหว่านปูน: หว่านปูนขาวปรับปรุงดินในปริมาณที่คำนวณไว้สำหรับแต่ละทรีตเมนต์ลงในแปลงย่อยที่กำหนด

1.3.3 การคลุกเคล้า: ทำการไถพรวนหรือตีดินซ้ำเพื่อให้ปูนผสมเข้ากับดินอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะในระดับความลึกที่รากพืชหลักจะเจริญเติบโต (ประมาณ 15 เซนติเมตร)

2. การเตรียมโครงสร้างดินและการปรับหน้าดิน

1. **การตากดิน** ควรปล่อยให้ดินถูกไถพรวนและคลุกเคล้าปูนแล้วตากแดดไว้ระยะหนึ่ง (เช่น 1-2 สัปดาห์) เพื่อช่วยฆ่าเชื้อโรคและวัชพืชในดิน และให้ปูนทำปฏิกิริยากับดินเพื่อปรับค่า pH

2. **การตีดิน/พรวนละเอียด** ใช้เครื่องตีดิน (Rotary Tiller) หรือจอบหมุนตีดินซ้ำอีกครั้ง เพื่อย่อยดินให้มีขนาดเล็กลงและแตกละเอียด ทำให้ดินร่วนซุย เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของรากพืชและการซึมผ่านของน้ำ

3. **การขึ้นแปลงและปรับหน้าดิน**

- การทำแปลง จัดแบ่งพื้นที่เป็นแปลงย่อยตามแผนการทดลอง (RCBD) โดยกำหนดขนาดแปลงที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พร้อมทำทางเดินและคันกั้นแปลงให้ชัดเจน

- การปรับหน้าดิน ปรับหน้าดินในแต่ละแปลงให้เรียบเสมอกัน เพื่อให้การให้น้ำมีความสม่ำเสมอเท่ากันในทุกตำรับการทดลอง และเตรียมพร้อมสำหรับการปลูก

3. การเตรียมความพร้อมขั้นสุดท้าย

1. **การใส่ปุ๋ยรองพื้น** ก่อนปลูกพืช ให้ใส่ปุ๋ยรองพื้นตามอัตราแนะนำ (สูตร 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่) ในทุกตำรับการทดลอง (ปริมาณเท่ากัน) เพื่อให้ธาตุอาหารเริ่มต้นมีความสม่ำเสมอ
2. **การวัดค่า pH หลังปรับปรุง** ก่อนการปลูกจริง ควรมีการเก็บตัวอย่างดินจากแต่ละตำรับการทดลองมาวัดค่า pH ซ้ำอีกครั้ง เพื่อยืนยันว่าค่า pH ในแต่ละแปลงย่อยได้เปลี่ยนแปลงไปตามตำรับการทดลองที่กำหนดไว้หรือไม่

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5.1 ข้อมูลสมบัติทางเคมีของดินหลังการเพาะปลูก

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินจากแต่ละแปลงย่อยอีกครั้งหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด (ที่ระดับความลึก 0-15 ซม.) เพื่อนำมาวิเคราะห์ซ้ำในห้องปฏิบัติการสำหรับพารามิเตอร์ทั้งหมดเหมือนกับการวิเคราะห์ดินเบื้องต้น (pH, OM, CEC, P, K, Ca, Mg, Al^{3+})

3.5.2 ข้อมูลผลผลิตข้าวโพด

- ทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดจากพื้นที่เก็บเกี่ยวของแต่ละแปลงย่อย จำนวน 8 แปลงย่อย ขนาด 4*4 ม. เมื่อข้าวโพดสุกแก่เต็มที่
- นำผลผลิตที่ได้มาชั่งน้ำหนักดิบ (รวมความชื้น) บันทึกเป็นกิโลกรัมต่อแปลง
-แปลงน้ำหนักผลผลิตจากกิโลกรัมต่อแปลงย่อย (4x4 เมตร) เป็นกิโลกรัมต่อไร่ (กก./ไร่) เพื่อการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ทางสถิติ:

- นำข้อมูลผลผลิตข้าวโพด (กก./ไร่), ค่า pH ดินหลังเพาะปลูก และสมบัติทางเคมีของดินอื่นๆ ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ RCBD (สำหรับ Lime Incubation Method) และการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (สำหรับ Buffering Method)
- หากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จะทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) หรือ Least Significant Difference (LSD)] เพื่อหาความแตกต่างระหว่างวิธีทดลอง

การวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทน

- คำนวณต้นทุนรวมการผลิต (บาท/ไร่) ของแต่ละวิธีทดลอง
- คำนวณต้นทุนต่อผลผลิต (บาท/กก.)
- คำนวณรายได้ (บาท/ไร่) จากผลผลิตข้าวโพดที่ได้และราคาขาย (สมมติ/ราคาตลาดเฉลี่ย)
- คำนวณกำไรสุทธิ (บาท/ไร่)
- เปรียบเทียบประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจของแต่ละวิธี

บทที่ 4
ผลการศึกษา

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดินก่อนเริ่มการทดลอง

พารามิเตอร์	**ค่าเฉลี่ย**
pH (initial)	5.1
OM (%)	1.24
CEC (cmol/kg)	8.5
Ca mg/kg	420.80
P mg/kg	12.00
Al^{3+}(mg /kg)	103
Mg (mg/kg)	97.20
K mg/kg	175.90
Bulk density (g/cm^3)	1.47
Soil water content (cm^3/cm^3)	12.14
ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์	
- แบคทีเรียทั้งหมด	$3.1*10^5$
- แอคติโนมัยซีสทั้งหมด	$1.77*10^6$
- ราทั้งหมด	$6.2*10^4$

จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดินก่อนเริ่มการทดลอง สำหรับกลุ่มชุดดินที่ 39 ของชุดดินโคราช ในจังหวัดนครราชสีมา สามารถอธิบายได้ดังนี้

สมบัติทางเคมี ดินที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ได้ที่ระดับ 5.1 และมีปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ที่ร้อยละ 1.24 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) มีค่าเท่ากับ 8.5 cmol/kg เมื่อพิจารณาปริมาณธาตุอาหารและแร่ธาตุในดิน พบว่ามีปริมาณแคลเซียมและโพแทสเซียมอยู่ที่ 420.80 และ 175.90 mg/kg ตามลำดับ ขณะที่แมกนีเซียมและฟอสฟอรัสมีปริมาณรองลงมาคือ 97.20 และ 12.00 mg/kg นอกจากนี้ยังตรวจพบปริมาณอะลูมิเนียมสะสมอยู่ที่ 103 mg/kg

สมบัติทางกายภาพ ดินมีความหนาแน่นรวม (Bulk density) เท่ากับ 1.47 g/cm^3 และมีค่าความชื้นในดิน (Soil water content) อยู่ที่ร้อยละ 12.14 โดยปริมาตร

สมบัติทางชีวภาพจากการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์พื้นฐาน พบว่าจุลินทรีย์กลุ่มที่มีความหนาแน่นสูงสุดคือแอคติโนมัยซีส โดยมีปริมาณ $1.77*10^6$ CFU รองลงมาคือกลุ่มแบคทีเรียทั้งหมด $3.1*10^5$ CFU และกลุ่มราทั้งหมด $6.2*10^4$ CFU ตามลำดับ ซึ่งข้อมูลพื้นฐานดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงสภาวะแวดล้อมของดินที่มีข้อจำกัดทั้งในด้านความเป็นกรดและปริมาณธาตุอาหารหลักบางประการก่อนเข้าสู่กระบวนการทดลอง

วิธี Buffer ผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

จากการศึกษาปริมาณความต้องการปูนที่ใช้ในการปรับปรุงดินกรด พบว่า ปริมาณปูนที่ต้องในการยกระดับ pH ของดินให้เป็น 7 โดยวิธี Buffer ได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ปริมาณปูนเพื่อยกระดับค่า pH ของดินโดยวิธีบัฟเฟอร์

ระดับความลึก	pH ของดิน	ปริมาณปูนที่ใช้ยกระดับ pH (กก. CaO_3/ไร่)	ปริมาณโดโลไมท์ที่ใช้ยกระดับ pH (กก. $CaMg(CO_3)_2$/ไร่)
0-20	5.1	1,778	2,485

จากตารางที่ 2 ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร พบว่าดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ที่ 5.1 โดยในการยกระดับค่า pH ของดินให้สูงขึ้นนั้น เลือกใช้วัสดุปรับปรุงดินสองประเภท ได้แก่ การใช้ปูนขาวในอัตรา 1,778 กิโลกรัมต่อไร่ และโดโลไมท์ในอัตรา 2,485 กิโลกรัมต่อไร่

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธีบัฟเฟอร์ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

treatment	pH	OM	CEC	Ca	Mg	K	P	Al^{3+}
		%	cmol/kg	mg/kg				
Buffer	6.66	2.75	15.15	1,453	170	172	21	110
ควบคุม	5.05	2.47	11.98	905	75	84	8	16
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	1.58	1.19	0.64	0.27	0.47	2.18	10.15	0.64

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 3 ตำรับการทดลอง Buffer และ ควบคุม จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว มีค่า pH ของดิน คือ 6.66 และ 6.05 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณอินทรียวัตถุ คือ 2.75 และ 2.47 % ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน คือ 15.15 และ 11.98 cmol/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 1,453 และ 905 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 170 และ 75 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 172 และ 84 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ คือ 21 และ 8 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 110 และ 16 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธีบัฟเฟอร์ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

treatment	Bulk density	Water soil content
	g/cm^3	cm^3/cm^3
Buffer	1.30 B	14.1
ควบคุม	1.35 A	12.5
F-test	*	ns
%CV	1.07	0.04

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)
ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 ตำรับการทดลอง Buffer และ ควบคุม จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว มีค่า Bulk density คือ 1.30 และ 1.35 g/cm^3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีความชื้นในดิน คือ 14.1 และ 12.5 cm^3/cm^3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางชีวะภาพของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธีบัฟเฟอร์ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

treatment	ปริมาณแบคทีเรีย	ปริมาณแอคติโนมัยซีส	ปริมาณราทั้งหมด
		CFU/g	
Buffer	25.2*10^5	12.5*10^6 A	27.2*10^4
ควบคุม	18.8*10^5	8.9*10^6 B	20.8*10^4
F-test	ns	*	ns
%CV	0.21	0.16	0.29

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)
ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 5 ตำรับการทดลอง Buffer และ ควบคุม จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว มีปริมาณแบคทีเรียในดิน คือ 25.2*10^5 และ 18.8*10^5 CFU/g ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณแอคติโนมัยซีสในดิน คือ 12.5*10^6 และ 8.9*10^6 CFU/g มีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ และมีปริมาณราทั้งหมด คือ $27.2*10^4$ และ $20.8*10^4$ CFU/g ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 6 การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer

treatment	ความสูง	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ขนาดฝัก
	cm	ใบ	cm	
Buffer	51.2	8	1.48	5.4
ควบคุม	32.5	6	0.95	1.4
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	0.33	7.96	11.04	2.00

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 6 ตำรับการทดลอง Buffer และ ควบคุม จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว ที่อายุ 30 วัน มีความสูง คือ 51.2 และ 32.5 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบ คือ 8 และ 6 ใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 1.48 และ 0.95 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีขนาดฝัก คือ 5.4 และ 1.4 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 7 การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer

treatment	ความสูง	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ขนาดฝัก
	cm	ใบ	cm	
Buffer	153	12	2.08	6.1
ควบคุม	82	8	1.13	3.7
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	0.21	3.58	2.55	7.83

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 7 ตำรับการทดลอง Buffer และ ควบคุม จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว ที่อายุ 60 วัน มีความสูง คือ 153 และ 82 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบ คือ 12 และ 8 ใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 2.08 และ 1.13 cm

ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีขนาดฝัก คือ 6.10 และ 3.70 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 8 การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 110 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer

treatment	ความสูง	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ขนาดฝัก
	cm	ใบ	cm	
Buffer	197	14	2.43	12.0
ควบคุม	108	9	1.48	8.3
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	0.18	1.19	3.63	2.06

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 8 ตำรับการทดลอง Buffer และ ควบคุม จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว ที่อายุ 110 วัน มีความสูง คือ 197 และ 108 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบ คือ 14 และ 9 ใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 2.43 และ 1.48 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีขนาดฝัก คือ 12 และ 8.3 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ผลผลิตและน้ำหนักของข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer

treatment	น้ำหนักสด	น้ำหนักผลผลิต (ความชื้น 14 %)
	kg	
Buffer	1,916	1,714
ควบคุม	1,058	947
F-test	ns	ns
%CV	0.28	0.14

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 9 ตำรับการทดลอง Buffer และ ควบคุม จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว มีน้ำหนักสด คือ 1,916 และ 1,058 kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีน้ำหนักผลผลิต คือ 1,714 และ 947 kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิของการปลูกข้าวโพดในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer

treatment	น้ำหนักผลผลิต (ความชื้น 14 %)	ต้นทุน	ราคาตลาด	รายได้	กำไร
	kg	บาท			
Buffer	1,714	8,800	9.8	16,797	7,997
ควบคุม	947	8,800	9.8	9,281	481

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการปลูกข้าวโพดในดินที่ผ่านการปรับปรุง ด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer เปรียบเทียบกับชุดควบคุม สามารถอธิบายได้ดังนี้

ด้านผลผลิต การปรับปรุงดินด้วยวิธี Buffer ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (ความชื้น 14%) คือ 1,714 กิโลกรัม ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมที่ให้ผลผลิต 947 กิโลกรัม

ด้านต้นทุนและราคา ทั้งสองกรรมวิธีมีต้นทุนการผลิตคงที่ที่ 8,800 บาท และอ้างอิงราคาตลาดที่ 9.8 บาทต่อกิโลกรัมเท่ากัน

ด้านรายได้และผลกำไร วิธี Buffer สามารถสร้างรายได้รวม 16,797 บาท และมีกำไรสุทธิ 7,997 บาท ชุดควบคุมมีรายได้ คือ 9,281 บาท และมีกำไรสุทธิเพียง 481 บาท

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

treatment	pH	OM	CEC	Ca	Mg	K	P	Al^{3+}
		%	cmol/kg	mg/kg				
Buffer	6.66	2.7	16.2	1,652	173	172	24.7	15
ควบคุม	5.00	2.5	12.0	906	76	82	8.7	111
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	0.08	0.22	0.41	0.12	0.26	0.03	9.16	3.38

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 11 ตำรับการทดลอง Buffer และ ควบคุม จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่โดโลไมท์ มีค่า pH ของดิน คือ 6.66 และ 5.00 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณอินทรียวัตถุ คือ 2.7 และ 2.5 % ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน คือ 16.2 และ 12.0 cmol/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 1,652 และ 906 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 173 และ 76 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 172 และ 82 mg/kg ไม่

มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ คือ 24.7 และ 8.7 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 15 และ 111 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

treatment	Bulk density	Water soil content
	g/cm^3	cm^3/cm^3
Buffer	1.15 A	14.2
ควบคุม	1.36 B	12.4
F-test	**	ns
%CV	9.75	0.84

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)
ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
** = มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 12 ตำรับการทดลอง Buffer และ ควบคุม จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่โดโลไมท์ มีค่า Bulk density คือ 1.15 และ 1.36 g/cm^3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และมีความชื้นในดิน คือ 14.2 และ 12.4 cm^3/cm^3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางชีวภาพของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

treatment	ปริมาณแบคทีเรีย	ปริมาณแอคติโนมัยซีส	ปริมาณราทั้งหมด
		CFU/g	
Buffer	25.9*10^5	12.8*10^6	27.9*10^4
ควบคุม	19.5*10^5	9.2*10^6	21.5*10^4
F-test	ns	ns	ns
%CV	0.31	0.26	0.18

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 13 ตำรับการทดลอง Buffer และ ควบคุม จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่โดโลไมท์ มีปริมาณแบคทีเรียในดิน คือ 25.9*10^5 และ 19.5*10^5 CFU/g ไม่มีความ

แตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณแอคติโนมัยซีสในดิน คือ $12.8*10^6$ และ $9.2*10^6$ CFU/g ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีปริมาณราทั้งหมด คือ $27.9*10^4$ และ $21.5*10^4$ CFU/g ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 14 การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer

treatment	ความสูง	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ขนาดฝัก
	cm	ใบ	cm	
Buffer	123	10	2.30	3.83
ควบคุม	91	9	1.92	2.59
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	15.01	14.25	12.34	12.32

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 14 ตำรับการทดลอง Buffer และ ควบคุม จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่โดโลไมท์ ที่อายุ 30 วัน มีความสูง คือ 123 และ 91 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบ คือ 10 และ 9 ใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 2.30 และ 1.92 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีขนาดฝัก คือ 3.83 และ 2.59 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 15 การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer

treatment	ความสูง	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ขนาดฝัก
	cm	ใบ	cm	
Buffer	155	11	2.33	6.86 A
ควบคุม	125	10	2.08	5.54 B
F-test	ns	ns	ns	**
%CV	13.09	13.21	14.18	5.08

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 15 ตำรับการทดลอง Buffer และ ควบคุม จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมี หลังจากการใส่โดโลไมท์ ที่อายุ 60 วัน มีความสูง คือ 155 และ 125 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบ คือ 11 และ 10 ใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 2.33 และ 2.08 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีขนาดฝัก คือ 6.86 และ 5.54 cm มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 16 การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 110 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer

treatment	ความสูง	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ขนาดฝัก
	cm	ใบ	cm	
Buffer	160	11	1.96	12.25
ควบคุม	131	10	1.91	11.58
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	14.26	12.91	19.57	11.86

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 16 ตำรับการทดลอง Buffer และ ควบคุม จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมี หลังจากการใส่โดโลไมท์ ที่อายุ 110 วัน มีความสูง คือ 160 และ 131 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบ คือ 11 และ 10 ใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 1.96 และ 1.91 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีขนาดฝัก คือ 12.25 และ 11.58 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 17 ผลผลิตและน้ำหนักของข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer

treatment	น้ำหนักสด	น้ำหนักผลผลิต (ความชื้น 14 %)
	kg	
Buffer	1,939	1,737
ควบคุม	1,071	962
F-test	ns	ns
%CV	0.22	0.45

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 17 ตำรับการทดลอง Buffer และ ควบคุม จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมี หลังจากการใส่โดโลไมท์ มีน้ำหนักสด คือ 1,939 และ 1,071 kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีน้ำหนักผลผลิต คือ 1,737 และ 962 kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์ต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิของการปลูกข้าวโพดในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer

treatment	น้ำหนักผลผลิต (ความชื้น 14 %)	ต้นทุน	ราคาตลาด	รายได้	กำไร
	kg	บาท			
Buffer	1,737	8,800	9.8	17,023	8,223
ควบคุม	962	8,800	9.8	9,428	628

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการปลูกข้าวโพดในดินที่ผ่านการปรับปรุง ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer เปรียบเทียบกับชุดควบคุม สามารถอธิบายได้ดังนี้

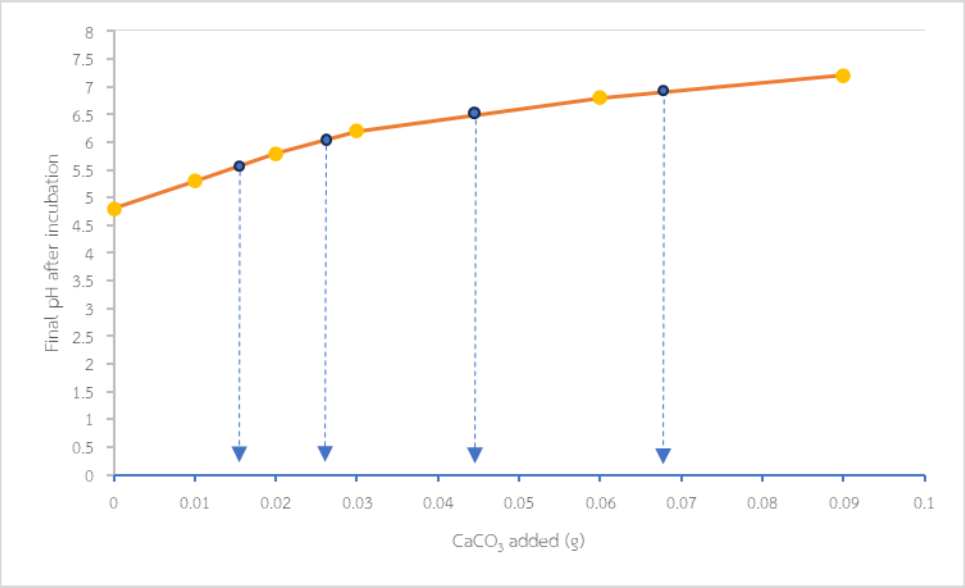
ด้านผลผลิต การปรับปรุงดินด้วยวิธี Buffer ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (ความชื้น 14%) คือ 1,737 กิโลกรัม ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมที่ให้ผลผลิต 962 กิโลกรัม

ด้านต้นทุนและราคา ทั้งสองกรรมวิธีมีต้นทุนการผลิตคงที่ที่ 8,800 บาท และอ้างอิงราคาตลาดที่ 9.8 บาทต่อกิโลกรัมเท่ากัน

ด้านรายได้และผลกำไร วิธี Buffer สามารถสร้างรายได้รวม 17,023 บาท และมีกำไรสุทธิ 8,223 บาท ชุดควบคุมมีรายได้ คือ 9,428 บาท และมีกำไรสุทธิเพียง 628 บาท

วิธี Incubation ผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

จากการศึกษาความต้องการปูนเพื่อใช้ในการยกระดับ pH ของดินให้เป็น 5.5, 6.0, 6.5 และ 6.9 โดยวิธี Lime incubation ได้ผลดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่า pH และอัตราการใส่ปูน ($CaCO_3$) โดยวิธี Lime incubation

ตารางที่ 19 ปริมาณความต้องการปูนเพื่อยกระดับค่า pH ดิน โดยวิธี Lime incubation

ปูน	ปริมาณปูนที่ใช้ยกระดับ pH (กก./ไร่)			
	5.5	6.0	6.5	6.9
ปูนขาว	188	335	590	912
โดโลไมท์	205	365	643	994

จากตารางที่ 19 จะเห็นได้ว่า ปริมาณปูนที่ใช้ในการยกระดับ pH ของดินให้เป็น 5.5, 6.0, 6.5 และ 6.9 คือ 188, 335, 590 และ 912 กก. CaO_3/ไร่ และ 205, 365, 643 และ 994 กก. CaO_3/ไร่ ตามลำดับ

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Lime incubation ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

treatment	pH	OM	CEC	Ca	Mg	K	P	Al^{3+}
		%	cmol/kg	mg/kg				
ควบคุม	5.02	2.48	12.04	905	75.33	84	8	110.33
pH 5.5	5.55	2.35	12.98	1,011	102.33	110	11.67	70.67
pH 6.0	6.08	2.62	14.45	1,306	136.00	143.67	15.33	38.33
pH 6.5	6.47	2.71	14.88	1,410	158.33	161.67	18.67	22.67
pH 6.9	6.92	2.78	15.42	1,501	182.33	184	22	10.33
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	0.77	0.27	0.30	0.23	0.36	1.86	11.41	0.63

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 20 ตำรับการทดลอง ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว มีค่า pH ของดิน คือ 5.02, 5.55, 6.08, 6.47 และ 6.92 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณอินทรียวัตถุ คือ 2.48, 2.35, 2.62, 2.71 และ 2.78 % ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน คือ 12.04, 12.98, 14.45, 14.88 และ 15.42 cmol/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 905, 1,011, 1,306, 1,410 และ 1,501 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 75.33, 102.33, 136.00, 158.33 และ 182.33 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 84, 110, 143.67, 161.67 และ 184 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ คือ 8, 11.67, 15.33, 18.67 และ 22 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 110.33, 70.67, 38.33, 22.67 และ 10.33 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Lime incubation ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

treatment	Bulk density	Water soil content
	g/cm^3	cm^3/cm^3
ควบคุม	1.36	12.48
pH 5.5	1.32	13.48
pH 6.0	1.31	13.75
pH 6.5	1.30	13.98
pH 6.9	1.30	14.22
F-test	ns	ns
%CV	0.34	0.20

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 21 ตำรับการทดลอง ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่า ผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว มีค่า Bulk density คือ 1.36, 1.32, 1.31, 1.30 และ 1.30 g/cm^3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีความชื้นในดิน คือ 12.48, 13.48, 13.75, 13.98 และ 14.22 cm^3/cm^3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางชีวภาพของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Lime incubation ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

treatment	ปริมาณแบคทีเรีย	ปริมาณแอคติโนมัยซีส	ปริมาณราทั้งหมด
		CFU/g	
ควบคุม	18.78*10^5 E	8.92*10^6	20.78*10^4 E
pH 5.5	21.45*10^5 D	10.04*10^6	23.45*10^4 D
pH 6.0	23.72*10^5 C	11.68*10^6	25.72*10^4 C
pH 6.5	24.81*10^5 B	12.25*10^6	26.81*10^4 B
pH 6.9	25.48*10^5 A	12.76*10^6	27.48*10^4 A
F-test	*	ns	*
%CV	0.19	0.47	0.17

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)
ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 22 ตำรับการทดลอง ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่า ผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว มีปริมาณแบคทีเรียในดิน คือ $18.78*10^5$, $21.45*10^5$, $23.72*10^5$, $24.81*10^5$ และ $25.48*10^5$ CFU/g มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีปริมาณแอคติโนมัยซีสในดิน คือ $8.92*10^6$, $10.04*10^6$, $11.68*10^6$, $12.25*10^6$ และ $12.76*10^6$ CFU/g ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีปริมาณราทั้งหมด คือ $20.78*10^4$, $23.45*10^4$, $25.72*10^4$, $26.81*10^4$ และ $27.48*10^4$ CFU/g มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 23 การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Lime incubation

treatment	ความสูง	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ขนาดฝัก
	cm	ใบ	cm	
ควบคุม	32.45	6	0.97	1.37
pH 5.5	46.24	7	1.33	2.57
pH 6.0	51.78	8	1.4	4.7
pH 6.5	49.62	7.67	1.4	5.2
pH 6.9	52.07	8	1.47	5.63
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	0.28	3.52	2.78	6.31

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 23 ตำรับการทดลอง ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่า ผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว ที่อายุ 30 วัน มีความสูง คือ 32.45, 46.24, 51.78, 49.62 และ 52.07 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบ คือ 6, 7, 8, 8 และ 8 ใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 0.97, 1.33, 1.40, 1.40 และ 1.47 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีขนาดฝัก คือ 1.37, 2.57, 4.70, 5.20 และ 5.63 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 24 การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Lime incubation

treatment	ความสูง	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ขนาดฝัก
	cm	ใบ	cm	
ควบคุม	82.17	7.67	1.13	3.73
pH 5.5	142.33	11.67	2	4.83
pH 6.0	152.73	12.33	2.1	5.5
pH 6.5	150.5	12	2.07	5.93
pH 6.9	154.13	12.67	2.13	6.2
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	0.13	3.03	1.94	7.48

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 24 ตำรับการทดลอง ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว ที่อายุ 60 วัน มีความสูง คือ 82.17, 142.33, 152.73, 150.5 และ 154.13 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบ คือ 8, 12, 12, 12 และ 13 ใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 1.13, 2.00, 2.10, 2.07 และ 2.13 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีขนาดฝัก คือ 3.73, 4.83, 5.50, 5.93 และ 6.20 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามลำดับ

ตารางที่ 25 การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 110 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Lime incubation

treatment	ความสูง	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ขนาดฝัก
	cm	ใบ	cm	
ควบคุม	108.43	9	1.43	8.27
pH 5.5	185.43	14	2.33	10.5
pH 6.0	197.8	14	2.43	11.63
pH 6.5	194.23	14	2.4	12
pH 6.9	198.73	14.33	2.47	11.87
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	0.11	1.98	1.54	3.29

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 25 ตำรับการทดลอง ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว ที่อายุ 110 วัน มีความสูง คือ 108.43, 185.43, 197.8, 194.23 และ 198.73 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบ คือ 9, 14, 14, 14 และ 14 ใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 1.43, 2.33, 2.43, 2.40 และ 2.47 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีขนาดฝัก คือ 8.27, 10.50, 11.63, 12.00 และ 11.87 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 26 ผลผลิตและน้ำหนักของข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Lime incubation

treatment	น้ำหนักสด	น้ำหนักผลผลิต (ความชื้น 14 %)
	kg	
ควบคุม	1,058	947
pH 5.5	1,645	1,471
pH 6.0	1,947	1,739
pH 6.5	1,875	1,677
pH 6.9	1,956	1,751
F-test	ns	ns
%CV	0.22	0.38

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 26 ตำรับการทดลอง ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว มีน้ำหนักสด คือ 1,058, 1,645, 1,947, 1,875 และ 1,956 kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีน้ำหนักผลผลิต คือ 947, 1,471, 1,739, 1,677 และ 1,751 kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 27 การวิเคราะห์ต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิของการปลูกข้าวโพดในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Lime incubation

treatment	น้ำหนักผลผลิต (ความชื้น 14 %)	ต้นทุน	ราคาตลาด	รายได้	กำไร
	kg	บาท			
ควบคุม	947	8,800	9.8	9,281	481
pH 5.5	1,471	8,800	9.8	14,416	5,616
pH 6.0	1,739	8,800	9.8	17,042	8,242
pH 6.5	1,677	8,800	9.8	16,435	7,635
pH 6.9	1,751	8,800	9.8	17,160	8,360

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการปลูกข้าวโพดในดินที่ผ่านการปรับปรุง ด้วยปูนขาวโดยวิธี Lime incubation เปรียบเทียบชุดควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 สามารถอธิบายได้ดังนี้

ด้านผลผลิต การปรับปรุงดินด้วยวิธี Lime incubation ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (ความชื้น 14%) คือ 947, 1,471, 1,739, 1,677 และ 1,751 กิโลกรัม ตามลำดับ

ด้านต้นทุนและราคา ทั้งห้ากรรมวิธีมีต้นทุนการผลิตคงที่ที่ 8,800 บาท และอ้างอิงราคาตลาดที่ 9.8 บาทต่อกิโลกรัมเท่ากัน

ด้านรายได้และผลกำไร วิธี Lime incubation สามารถสร้างรายได้รวม 9,281, 14,416, 17,042, 16,435 และ 17,160 บาท และมีกำไรสุทธิ 481, 5,616, 8,242, 7,635 และ 8,360 บาท ตามลำดับ

ตารางที่ 28 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Lime incubation ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

treatment	pH	OM	CEC	Ca	Mg	K	P	Al3+
		%	cmol/kg	mg/kg				
ควบคุม	5.02	2.48	12.04	906	76.33	82	8.67	111.33
pH 5.5	5.54	2.63	13.46	1,210	104.33	108	12.33	72
pH 6.0	6.08	2.62	14.95	1,440	138.33	142	16	37.67
pH 6.5	6.50	2.71	15.83	1,605	161.00	159	17.67	17.67
pH 6.9	6.92	2.78	16.55	1,697	185.33	184	24.33	11.67
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	0.11	0.23	0.43	0.16	0.19	0.19	14.68	3.98

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 28 ตำรับการทดลอง ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่โดโลไมท์ มีค่า pH ของดิน คือ 5.02, 5.54, 6.08, 6.50 และ 6.92 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณอินทรียวัตถุ คือ 2.48, 2.63, 2.62, 2.71 และ 2.78 % ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน คือ 12.04, 13.46, 14.95, 15.83 และ 16.55 cmol/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 906, 1,210, 1,440, 1,605 และ 1,697 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 76.33, 104.33, 138.33, 161.00 และ 185.33 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 82, 108, 142, 159 และ 184 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ คือ 8.67, 12.33, 16, 17.67 และ 24.33 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 111.33, 72, 37.67, 17.67 และ 11.67 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 29 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Lime incubation ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

treatment	Bulk density	Water soil content
	g/cm^3	cm^3/cm^3
ควบคุม	1.36	12.38
pH 5.5	1.32	13.58
pH 6.0	1.31	13.92
pH 6.5	1.30	14.14
pH 6.9	1.30	14.46
F-test	ns	ns
%CV	0.43	0.25

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 29 ตำรับการทดลอง ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่า ผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่โดโลไมท์ มีค่า Bulk density คือ 1.36, 1.32, 1.31, 1.30 และ 1.30 g/cm^3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมี ความชื้นในดิน คือ 12.38, 13.58, 13.92, 14.14 และ 14.46 cm^3/cm^3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 30 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางชีวภาพของดินหลังการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Lime incubation ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

treatment	ปริมาณแบคทีเรีย	ปริมาณแอคติโนมัยซีส	ปริมาณราทั้งหมด
		CFU/g	
ควบคุม	$19.48*10^5$ E	$9.22*10^6$	$21.48*10^4$ E
pH 5.5	$22.15*10^5$ D	$10.34*10^6$	$24.15*10^4$ D
pH 6.0	$24.42*10^5$ C	$11.98*10^6$	$26.42*10^4$ C
pH 6.5	$25.51*10^5$ B	$12.55*10^6$	$27.51*10^4$ B
pH 6.9	$26.18*10^5$ A	$13.06*10^6$	$28.18*10^4$ A
F-test	*	ns	*
%CV	0.18	0.46	0.17

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 30 ตำรับการทดลอง ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่โดโลไมท์ มีปริมาณแบคทีเรียในดิน คือ $19.48*10^5$, $22.15*10^5$, $24.42*10^5$, $25.51*10^5$ และ $26.18*10^5$ CFU/g มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีปริมาณแอคติโนมัยซีสในดิน คือ $9.22*10^6$, $10.34*10^6$, $11.98*10^6$, $12.55*10^6$และ $13.06*10^6$ CFU/g ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีปริมาณราทั้งหมด คือ $21.48*10^4$, $24.15*10^4$, $26.42*10^4$, $27.51*10^4$ และ $28.18*10^4$ CFU/g มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 31 การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Lime incubation

treatment	ความสูง	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ขนาดฝัก
	cm	ใบ	cm	
ควบคุม	90.67	8.67	1.92 C	2.59
pH 5.5	115.67	10	2.37 AB	2.52
pH 6.0	137.67	10.67	2.6 A	3.64
pH 6.5	136.33	10	2.55 AB	3.37
pH 6.9	113.67	9.67	2.26 B	2.2
F-test	ns	ns	*	ns
%CV	13.16	9.95	7.65	13.13

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 31 ตำรับการทดลอง ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่โดโลไมท์ ที่อายุ 30 วัน มีความสูง คือ 90.67, 115.67, 137.67, 136.33 และ 113.67 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบ คือ 9, 10, 11, 10 และ 10 ใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 1.92, 2.37, 2.60, 2.55 และ 2.26 cm มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดฝัก คือ 2.59, 2.52, 3.64, 3.37 และ 2.20 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 32 การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Lime incubation

treatment	ความสูง	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ขนาดฝัก
	cm	ใบ	cm	
ควบคุม	124.33	9	2.08	5.54
pH 5.5	145.67	10	2.19	5.6
pH 6.0	169.67	10.67	2.28	6.67
pH 6.5	162	10.67	2.19	6.37
pH 6.9	148	11	2.13	5.22
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	11.28	8.15	8.12	6.28

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 32 ตำรับการทดลอง ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่โดโลไมท์ ที่อายุ 60 วัน มีความสูง คือ 124.33, 145.67, 169.67, 162 และ 148 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบ คือ 9, 10, 11, 11 และ 11 ใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 2.08, 2.19, 2.28, 2.19 และ 2.13 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีขนาดฝัก คือ 5.54, 5.60, 6.67, 6.37 และ 5.22 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามลำดับ

ตารางที่ 33 การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 110 วัน ในดินที่ได้รับการปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์ โดยวิธี Lime incubation

treatment	ความสูง	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ขนาดฝัก
	cm	ใบ	cm	
ควบคุม	131.33	9	1.91	11.58
pH 5.5	149	10	1.87	11.22
pH 6.0	176.67	11	2.3	13.41
pH 6.5	167.33	10.67	2.03	12.61
pH 6.9	153.33	11	1.74	10.52
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	11.15	6.96	8.49	10.11

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 33 ตำรับการทดลอง ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่า ผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่โดโลไมท์ ที่อายุ 110 วัน มีความสูง คือ 131.33, 149, 176.67, 167.33 และ 153.33 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบ คือ 9, 10, 11, 11 และ 11 ใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 1.91, 1.87, 2.30, 2.03 และ 1.74 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีขนาดฝัก คือ 11.58, 11.22, 13.41, 12.61 และ 10.52 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 34 ผลผลิตและน้ำหนักของข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Lime incubation

treatment	น้ำหนักสด	น้ำหนักผลผลิต (ความชื้น 14 %)
	kg	
ควบคุม	1,071	962
pH 5.5	1,658	1,486
pH 6.0	1,960	1,754
pH 6.5	1,889	1,692
pH 6.9	1,970	1,766
F-test	ns	ns
%CV	0.23	0.38

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 34 ตำรับการทดลอง ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่โดโลไมท์ มีน้ำหนักสด คือ 1,071, 1,658, 1,960, 1,889 และ 1,970 kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีน้ำหนักผลผลิต คือ 962, 1,486, 1,754, 1,692 และ 1,766 kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 35 การวิเคราะห์ต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิของการปลูกข้าวโพดในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Lime incubation

treatment	น้ำหนักผลผลิต (ความชื้น 14 %)	ต้นทุน	ราคาตลาด	รายได้	กำไร
	kg	บาท			
ควบคุม	962	8,800	9.8	9,428	628
pH 5.5	1,486	8,800	9.8	14,563	5,763
pH 6.0	1,754	8,800	9.8	17,189	8,389
pH 6.5	1,692	8,800	9.8	16,582	7,782
pH 6.9	1,766	8,800	9.8	17,307	8,507

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการปลูกข้าวโพดในดินที่ผ่านการปรับปรุง ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Lime incubation เปรียบเทียบชุดควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 สามารถอธิบายได้ดังนี้

ด้านผลผลิต การปรับปรุงดินด้วยวิธี Lime incubation ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (ความชื้น 14%) คือ 962, 1,486, 1,754, 1,692 และ 1,766 กิโลกรัม ตามลำดับ

ด้านต้นทุนและราคา ทั้งห้ากรรมวิธีมีต้นทุนการผลิตคงที่ที่ 8,800 บาท และอ้างอิงราคาตลาดที่ 9.8 บาทต่อกิโลกรัมเท่ากัน

ด้านรายได้และผลกำไร วิธี Lime incubation สามารถสร้างรายได้รวม 9,428, 14,563, 17,189, 16,582 และ 17,307 บาท และมีกำไรสุทธิ 628, 5,763, 8,389, 7,782 และ 8,507 บาท ตามลำดับ

ตารางที่ 36 การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยปูนขาวระหว่างวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อสมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด

treatment	pH	OM	CEC	Ca	Mg	K	P	Al^{3+}
		%	cmol/kg	mg/kg				
Buffer	6.69	2.75	15.15	1,455	170.4	172.77	20.33 AB	16.32
ควบคุม	5.02	2.48	12.04	905	75.33	84	8 E	110.33
pH 5.5	5.55	2.35	12.98	1,011	102.33	110	11.67 D	70.67
pH 6.0	6.08	2.62	14.45	1,306	136.00	143.67	15.33 C	38.33
pH 6.5	6.47	2.71	14.88	1,410	158.33	161.67	18.67 B	22.67
pH 6.9	6.92	2.78	15.42	1,501	182.33	184	22 A	10.33
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
%CV	0.71	0.25	0.27	0.2	0.3	1.69	10.14	0.64

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)
ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 36 ตำรับการทดลอง Buffer, ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว มีค่า pH ของดิน คือ 6.69, 5.02, 5.55, 6.08, 6.47 และ 6.92 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณอินทรียวัตถุ คือ 2.75, 2.48, 2.35, 2.62, 2.71 และ 2.78 % ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน คือ 15.15, 12.04, 12.98, 14.45, 14.88 และ 15.42 cmol/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 1,455, 905, 1,011, 1,306, 1,410 และ 1,501 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 170.4, 75.33, 102.33, 136.00, 158.33 และ 182.33 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 172.77, 84, 110, 143.67, 161.67 และ 184 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ คือ 20.33, 8, 11.67, 15.33, 18.67 และ 22 mg/kg มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีปริมาณอะลูมิเนียม

ที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 16.32, 110.33, 70.67, 38.33, 22.67 และ 10.33 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 37 การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยปูนขาวระหว่างวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อสมบัติทางกายภาพของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด

treatment	Bulk density	Water soil content
	g/cm^3	cm^3/cm^3
Buffer	1.30	14.10
ควบคุม	1.36	12.48
pH 5.5	1.32	13.48
pH 6.0	1.31	13.75
pH 6.5	1.30	13.98
pH 6.9	1.30	14.22
F-test	ns	ns
%CV	0.31	0.18

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 37 ตำรับการทดลอง Buffer, ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว มีค่า Bulk density คือ 1.30, 1.36, 1.32, 1.31, 1.30 และ 1.30 g/cm^3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีความชื้นในดิน คือ 14.1, 12.48, 13.48, 13.75, 13.98 และ 14.22 cm^3/cm^3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 38 การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยปูนขาวระหว่างวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อสมบัติทางชีวภาพของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด

treatment	ปริมาณแบคทีเรีย	ปริมาณแอคติโนมัยซีส	ปริมาณราทั้งหมด
		CFU/g	
Buffer	$25.15*10^5$ B	$12.51*10^6$	$27.17*10^4$ B
ควบคุม	$18.78*10^5$ F	$8.92*10^6$	$20.78*10^4$ F
pH 5.5	$21.45*10^5$ E	$10.04*10^6$	$23.45*10^4$ E
pH 6.0	$23.72*10^5$ D	$11.68*10^6$	$25.72*10^4$ D
pH 6.5	$24.81*10^5$ C	$12.25*10^6$	$26.81*10^4$ C
pH 6.9	$25.48*10^5$ A	$12.76*10^6$	$27.48*10^4$ A
F-test	**	ns	*
%CV	0.17	0.42	0.19

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 38 ตำรับการทดลอง Buffer, ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว มีปริมาณแบคทีเรียในดิน คือ $25.15*10^5$, $18.78*10^5$, $21.45*10^5$, $23.72*10^5$, $24.81*10^5$ และ $25.48*10^5$ CFU/g มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ มีปริมาณแอคติโนมัยซีสในดิน คือ $12.51*10^6$, $8.92*10^6$, $10.04*10^6$, $11.68*10^6$, $12.25*10^6$ และ $12.76*10^6$ CFU/g ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีปริมาณราทั้งหมด คือ $27.17*10^4$, $20.78*10^4$, $23.45*10^4$, $25.72*10^4$, $26.81*10^4$ และ $27.48*10^4$ CFU/g มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 39 การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน

treatment	ความสูง	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ขนาดฝัก
	cm	ใบ	cm	
Buffer	51.17	8	1.40	5.40
ควบคุม	32.45	6	0.97	1.37
pH 5.5	46.24	7	1.33	2.57
pH 6.0	51.78	8	1.4	4.7
pH 6.5	49.62	8	1.4	5.2
pH 6.9	52.07	8	1.47	5.63
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	0.25	3.17	2.63	5.46

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 39 ตำรับการทดลอง Buffer, ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว ที่อายุ 30 วัน มีความสูง คือ 51.17, 32.45, 46.24, 51.78, 49.62 และ 52.07 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบ คือ 8, 6, 7, 8, 8 และ 8 ใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 1.40, 0.97, 1.33, 1.40, 1.40 และ 1.47 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีขนาดฝัก คือ 5.40, 1.37, 2.57, 4.70, 5.20 และ 5.63 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 40 การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน

treatment	ความสูง	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ขนาดฝัก
	cm	ใบ	cm	
Buffer	152.45	12	2.07	6.1
ควบคุม	82.17	8	1.13	3.73
pH 5.5	142.33	12	2.00	4.83
pH 6.0	152.73	12	2.10	5.5
pH 6.5	150.5	12	2.07	5.93
pH 6.9	154.13	13	2.13	6.2
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	0.12	3.07	1.91	6.83

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 40 ตำรับการทดลอง Buffer, ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว ที่อายุ 60 วัน มีความสูง คือ 152.45, 82.17, 142.33, 152.73, 150.5 และ 154.13 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบ คือ 12, 8, 12, 12, 12 และ 13 ใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 2.07, 1.13, 2.00, 2.10, 2.07 และ 2.13 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีขนาดฝัก คือ 6.10, 3.73, 4.83, 5.50, 5.93 และ 6.20 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 41 การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 110 วัน

treatment	ความสูง	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ขนาดฝัก
	cm	ใบ	cm	
Buffer	196.48	14	2.43	11.97
ควบคุม	108.43	9	1.43	8.27
pH 5.5	185.43	14	2.33	10.5
pH 6.0	197.8	14	2.43	11.63
pH 6.5	194.23	14	2.4	12
pH 6.9	198.73	14	2.47	11.87
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	0.1	1.8	1.41	2.92

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 41 ตำรับการทดลอง Buffer, ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว ที่อายุ 110 วัน มีความสูง คือ 196.48, 108.43, 185.43, 197.8, 194.23 และ 198.73 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบ คือ 14, 9, 14, 14, 14 และ 14 ใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 2.43, 1.43, 2.33, 2.43, 2.40 และ 2.47 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีขนาดฝัก คือ 11.97, 8.27, 10.50, 11.63, 12.00 และ 11.87 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 42 ผลผลิตและน้ำหนักของข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation

treatment	น้ำหนักสด	น้ำหนักผลผลิต (ความชื้น 14 %)
	kg	
Buffer	1,916	1,714
ควบคุม	1,058	947
pH 5.5	1,645	1,471
pH 6.0	1,947	1,739
pH 6.5	1,875	1,677
pH 6.9	1,956	1,751
F-test	ns	ns
%CV	0.2	0.36

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 42 ตำรับการทดลอง Buffer, ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่ปูนขาว มีน้ำหนักสด คือ 1,916, 1,058, 1,645, 1,947, 1,875 และ 1,956 kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีน้ำหนักผลผลิต คือ 1,714, 947, 1,471, 1,739, 1,677 และ 1,751 kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 43 การวิเคราะห์ต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิของการปลูกข้าวโพดในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation

treatment	น้ำหนักผลผลิต (ความชื้น 14 %)	ต้นทุน	ราคาตลาด	รายได้	กำไร
	kg	บาท			
Buffer	1,714	8,800	9.8	16,797	7,997
ควบคุม	947	8,800	9.8	9,281	481
pH 5.5	1,471	8,800	9.8	14,416	5,616
pH 6.0	1,739	8,800	9.8	17,042	8,242
pH 6.5	1,677	8,800	9.8	16,435	7,635
pH 6.9	1,751	8,800	9.8	17,160	8,360

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการปลูกข้าวโพดในดินที่ผ่านการปรับปรุง ด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer เปรียบเทียบกับโดยวิธี Lime incubation เปรียบเทียบชุดควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 สามารถอธิบายได้ดังนี้

ด้านผลผลิต การปรับปรุงดินด้วยวิธี Buffer เปรียบเทียบกับโดยวิธี Lime incubation ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (ความชื้น 14%) คือ 1,714, 947, 1,471, 1,739, 1,677 และ 1,751 กิโลกรัม ตามลำดับ

ด้านต้นทุนและราคา ทั้งห้ากรรมวิธีมีต้นทุนการผลิตคงที่ที่ 8,800 บาท และอ้างอิงราคาตลาดที่ 9.8 บาทต่อกิโลกรัมเท่ากัน

ด้านรายได้และผลกำไร วิธี Buffer เปรียบเทียบกับโดยวิธี Lime incubation สามารถสร้างรายได้รวม 16,797, 9,281, 14,416, 17,042, 16,435 และ 17,160 บาท และมีกำไรสุทธิ 7,997, 481, 5,616, 8,242, 7,635 และ 8,360 บาท ตามลำดับ

ตารางที่ 44 การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยโดโลไมท์ระหว่างวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อสมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด

treatment	pH	OM	CEC	Ca	Mg	K	P	Al3+
		%	cmol/kg	mg/kg				
Buffer	6.71	2.74	16.19	1,652	173.30	172	24.67	14.5
ควบคุม	5.02	2.48	12.04	906	76.33	82	8.67	111.33
pH 5.5	5.54	2.63	13.46	1,210	104.33	108	12.33	72
pH 6.0	6.08	2.62	14.95	1,440	138.33	142	16	37.67
pH 6.5	6.50	2.71	15.83	1,605	161.00	159	17.67	17.67
pH 6.9	6.92	2.78	16.55	1,697	185.33	184	24.33	11.67
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	0.1	0.21	0.41	0.14	0.21	0.17	12.93	4.09

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)
ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 44 ตำรับการทดลอง Buffer, ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่โดโลไมท์ มีค่า pH ของดิน คือ 6.71, 5.02, 5.54, 6.08, 6.50 และ 6.92 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณอินทรียวัตถุ คือ 2.74, 2.48, 2.63, 2.62, 2.71 และ 2.78 % ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน คือ 16.19, 12.04, 13.46, 14.95, 15.83 และ 16.55 cmol/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 1,652, 906, 1,210, 1,440, 1,605 และ 1,697 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 173.30, 76.33, 104.33, 138.33, 161.00 และ 185.33 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 172, 82, 108, 142, 159 และ 184 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ คือ 24.67, 8.67, 12.33, 16, 17.67 และ 24.33 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 14.5, 111.33, 72, 37.67, 17.67 และ 11.67 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามลำดับ

ตารางที่ 45 การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยโดโลไมท์ระหว่างวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อสมบัติทางกายภาพของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด

treatment	Bulk density	Water soil content
	g/cm^3	cm^3/cm^3
Buffer	1.20 B	14.30
ควบคุม	1.36 A	12.38
pH 5.5	1.32 AB	13.58
pH 6.0	1.31 AB	13.92
pH 6.5	1.30 AB	14.14
pH 6.9	1.30 AB	14.46
F-test	**	ns
%CV	5.38	0.24

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)
ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
** = มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 45 ตำรับการทดลอง Buffer, ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่โดโลไมท์ มีค่า Bulk density คือ 1.20, 1.36, 1.32, 1.31, 1.30 และ 1.30 g/cm^3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และมี ความชื้นในดิน คือ 14.30, 12.38, 13.58, 13.92, 14.14 และ 14.46 cm^3/cm^3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 46 การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยโดโลไมท์ระหว่างวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อสมบัติทางชีวภาพของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด

treatment	ปริมาณแบคทีเรีย	ปริมาณแอคติโนมัยซีส	ปริมาณราทั้งหมด
		CFU/g	
Buffer	$25.85*10^5$ B	$12.83*10^6$	$27.85*10^4$ B
ควบคุม	$19.48*10^5$ F	$9.22*10^6$	$21.48*10^4$ F
pH 5.5	$22.15*10^5$ E	$10.34*10^6$	$24.15*10^4$ E
pH 6.0	$24.42*10^5$ D	$11.98*10^6$	$26.42*10^4$ D
pH 6.5	$25.51*10^5$ C	$12.55*10^6$	$27.51*10^4$ C
pH 6.9	$26.18*10^5$ A	$13.06*10^6$	$28.18*10^4$ A
F-test	**	ns	**
%CV	0.17	0.4	0.16

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 46 ตำรับการทดลอง Buffer, ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่โดโลไมท์ มีปริมาณแบคทีเรียในดิน คือ $25.85*10^5$, $19.48*10^5$, $22.15*10^5$, $24.42*10^5$, $25.51*10^5$ และ $26.18*10^5$ CFU/g มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ มีปริมาณแอคติโนมัยซีสในดิน คือ $12.83*10^6$, $9.22*10^6$, $10.34*10^6$, $11.98*10^6$, $12.55*10^6$และ $13.06*10^6$ CFU/g ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีปริมาณราทั้งหมด คือ $27.85*10^4$, $21.48*10^4$, $24.15*10^4$, $26.42*10^4$, $27.51*10^4$ และ $28.18*10^4$ CFU/g มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 47 การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน

treatment	ความสูง	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ขนาดฝัก
	cm	ใบ	cm	
Buffer	123	10	2.30	3.83
ควบคุม	90.67	9	1.92	2.59
pH 5.5	115.67	10	2.37	2.52
pH 6.0	137.67	11	2.60	3.64
pH 6.5	136.33	10	2.55	3.37
pH 6.9	113.67	10	2.26	2.20
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	15.54	10.17	9.8	11.93

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 47 ตำรับการทดลอง Buffer, ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่โดโลไมท์ ที่อายุ 30 วัน มีความสูง คือ 123, 90.67, 115.67, 137.67, 136.33 และ 113.67 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบ คือ 10, 9, 10, 11, 10 และ 10 ใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 2.30, 1.92, 2.37, 2.60, 2.55 และ 2.26 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีขนาดฝัก คือ 3.83, 2.59, 2.52, 3.64, 3.37 และ 2.20 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 48 การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน

treatment	ความสูง	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ขนาดฝัก
	cm	ใบ	cm	
Buffer	154.67	11	2.33	6.86
ควบคุม	124.33	9	2.08	5.54
pH 5.5	145.67	10	2.19	5.6
pH 6.0	169.67	11	2.28	6.67
pH 6.5	162	11	2.19	6.37
pH 6.9	148	11	2.13	5.22
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	11.34	8.55	11.99	5.66

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 48 ตำรับการทดลอง Buffer, ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่โดโลไมท์ ที่อายุ 60 วัน มีความสูง คือ 154.67, 124.33, 145.67, 169.67, 162 และ 148 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบ คือ 11, 9, 10, 11, 11 และ 11 ใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 2.33, 2.08, 2.19, 2.28, 2.19 และ 2.13 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีขนาดฝัก คือ 6.86, 5.54, 5.60, 6.67, 6.37 และ 5.22 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 49 การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงค่า pH ดินด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 110 วัน

treatment	ความสูง	จำนวนใบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ขนาดฝัก
	cm	ใบ	cm	
Buffer	160.33	11	1.96	12.25
ควบคุม	131.33	9	1.91	11.58
pH 5.5	149	10	1.87	11.22
pH 6.0	176.67	11	2.3	13.41
pH 6.5	167.33	11	2.03	12.61
pH 6.9	153.33	11	1.74	10.52
F-test	ns	ns	ns	ns
%CV	11.36	6.96	12.23	10.01

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 49 ตำรับการทดลอง Buffer, ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่โดโลไมท์ ที่อายุ 110 วัน มีความสูง คือ 160.33, 131.33, 149, 176.67, 167.33 และ 153.33 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบ คือ 11, 9, 10, 11, 11 และ 11 ใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 1.96, 1.91, 1.87, 2.30, 2.03 และ 1.74 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีขนาดฝัก คือ 12.25, 11.58, 11.22, 13.41, 12.61 และ 10.52 cm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 50 ผลผลิตและน้ำหนักของข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยปูนขาวโดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation

treatment	น้ำหนักสด	น้ำหนักผลผลิต (ความชื้น 14 %)
	kg	
Buffer	1,939	1,737
ควบคุม	1,071	962
pH 5.5	1,658	1,486
pH 6.0	1,960	1,754
pH 6.5	1,889	1,692
pH 6.9	1,970	1,766
F-test	ns	ns
%CV	0.2	0.34

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference Test (LSD)
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 50 ตำรับการทดลอง Buffer, ควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังจากการใส่โดโลไมท์ มีน้ำหนักสด คือ 1,939, 1,071, 1,658, 1,960, 1,889 และ 1,970 kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีน้ำหนักผลผลิต คือ 1,737, 962, 1,486, 1,754, 1,692 และ 1,766 kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 51 การวิเคราะห์ต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิของการปลูกข้าวโพดในดินที่ปรับปรุงค่า pH ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer และวิธี Lime Incubation

treatment	น้ำหนักผลผลิต (ความชื้น 14 %)	ต้นทุน	ราคาตลาด	รายได้	กำไร
	kg	บาท			
Buffer	1,737	8,800	9.8	17,023	8,223
ควบคุม	962	8,800	9.8	9,428	628
pH 5.5	1,486	8,800	9.8	14,563	5,763
pH 6.0	1,754	8,800	9.8	17,189	8,389
pH 6.5	1,692	8,800	9.8	16,582	7,782
pH 6.9	1,766	8,800	9.8	17,307	8,507

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการปลูกข้าวโพดในดินที่ผ่านการปรับปรุง ด้วยโดโลไมท์โดยวิธี Buffer เปรียบเทียบกับโดยวิธี Lime incubation คือ ชุดควบคุม, pH5.5, pH 6.0, pH 6.5 และ pH 6.9 สามารถอธิบายได้ดังนี้

ด้านผลผลิต การปรับปรุงดินด้วยวิธี Buffer เปรียบเทียบกับวิธี Lime incubation ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (ความชื้น 14%) คือ 1,737, 962, 1,486, 1,754, 1,692 และ 1,766 กิโลกรัม ตามลำดับ

ด้านต้นทุนและราคา ทั้งหกกรรมวิธีมีต้นทุนการผลิตคงที่ที่ 8,800 บาท และอ้างอิงราคาตลาดที่ 9.8 บาทต่อกิโลกรัมเท่ากัน

ด้านรายได้และผลกำไร วิธี Buffer เปรียบเทียบกับวิธี Lime incubation สามารถสร้างรายได้รวม 17,023, 9,428, 14,563, 17,189, 16,582 และ 17,307 บาท และมีกำไรสุทธิ 8,223, 628, 5,763, 8,389, 7,782 และ 8,507 บาท ตามลำดับ

จากการทดลองสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

ผลการศึกษาการปรับปรุงดินกรดและประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของข้าวโพดโดยใช้วิธี Buffer เปรียบเทียบกับวิธี Lime incubation สามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1. ลักษณะสมบัติของดินก่อนการทดลอง

จากการวิเคราะห์สมบัติพื้นฐานของดินก่อนเริ่มการทดลอง พบว่าดินมีสภาวะเป็นกรดโดยมีค่า pH อยู่ที่ 5.1 มีปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ร้อยละ 1.24 และมีค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) 8.5 cmol/kg มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 420.80 mg/kg ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 175.90 mg/kg ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 97.20 mg/kg และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 12.00 mg/kg อะลูมิเนียมสะสม 103 mg/kg ด้านกายภาพดินมีความหนาแน่นรวม 1.47 g/cm³ Soil water content 12.14 cm^3/cm^3 และในเชิงชีวภาพพบว่าจุลินทรีย์กลุ่มที่มีความหนาแน่นสูงสุดคือแอคติโนมัยซีส โดยมีปริมาณ $1.77*10^6$ CFU รองลงมาคือกลุ่มแบคทีเรียทั้งหมด $3.1*10^5$ CFU และกลุ่มราทั้งหมด $6.2*10^4$ CFU ตามลำดับ

2. ปริมาณความต้องการปูนเพื่อปรับปรุงค่า pH ของดิน

วิธี Buffer: เพื่อยกระดับค่า pH ให้เป็น 7.0 ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ต้องใช้ปูนขาว 1,778 กก./ไร่ หรือโดโลไมท์ 2,485 กก./ไร่

วิธี Lime Incubation: การยกระดับ pH สู่ระดับ 5.5, 6.0, 6.5 และ 6.9 จำเป็นต้องใช้ปริมาณปูนเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยหากใช้ปูนขาวจะใช้ในช่วง 188–912 กก./ไร่ และหากใช้โดโลไมท์จะใช้ในช่วง 205–994 กก./ไร่

3. ผลของการปรับปรุงดินต่อสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ

สมบัติทางเคมี

ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด พบว่าการใช้ปูนขาวและโดโลไมท์ทั้งสองวิธีสามารถยกระดับค่า pH ของดินและปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ให้สูงขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติกลับพบว่าค่า pH ปริมาณอินทรียวัตถุ ค่า CEC และปริมาณธาตุอาหาร (Ca, Mg, K, P) ในเกือบทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นปริมาณฟอสฟอรัสในกรณีเปรียบเทียบ

การใช้ปูนขาว ซึ่งพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยวิธี Buffer ให้ค่าฟอสฟอรัสใกล้เคียงกับระดับ pH 6.9

สมบัติทางกายภาพ

การใส่วัสดุปรับปรุงดินช่วยลดค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density) ของดินลง โดยเฉพาะการใช้โดโลไมท์วิธี Buffer ซึ่งให้ค่า Bulk density ต่ำที่สุดที่ 1.15 g/cm³ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม สำหรับค่าความชื้นในดินไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรณี

สมบัติทางชีวภาพ

การปรับปรุงดินส่งผลเชิงบวกต่อปริมาณจุลินทรีย์ โดยวิธี Lime incubation พบว่าปริมาณแบคทีเรียและราทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตามระดับ pH ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่วิธี Buffer พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณแอคติโนมัยซีสเมื่อใช้ปูนขาว และเมื่อเปรียบเทียบภาพรวมพบว่าการปรับปรุงดินที่ระดับ pH สูงๆ (วิธี Buffer และ pH 6.9) ส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

4. การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพด

จากการติดตามการเจริญเติบโตที่อายุ 30, 60 และ 110 วัน พบว่าต้นข้าวโพดในดินที่ผ่านการปรับปรุงดินมีแนวโน้มความสูง จำนวนใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากกว่าชุดควบคุมในทุกช่วงอายุ อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ทางสถิติส่วนใหญ่ระบุว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นขนาดฝักที่อายุ 60 วัน ในตำรับที่ใช้โดโลไมท์วิธี Buffer ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในด้านผลผลิต น้ำหนักผลผลิตแห้ง (ความชื้น 14%) ของทุกตำรับที่ปรับปรุงดินมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมอย่างชัดเจน โดยวิธี Buffer และวิธี Lime incubation ที่ระดับ pH 6.0–6.9 ให้ผลผลิตใกล้เคียงกันในช่วง 1,677–1,766 กิโลกรัม ขณะที่ชุดควบคุมให้ผลผลิตเพียง 947–962 กิโลกรัม

5. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

การปรับปรุงดินส่งผลให้กำไรสุทธิเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่มีกำไรเพียง 481–628 บาท โดยการใช้วิธี Lime incubation ที่ระดับ pH 6.9 ให้ผลตอบแทนสูงสุด คือมีกำไรสุทธิประมาณ 8,360–8,507 บาท รองลงมาคือการใช้วิธี Buffer ซึ่งมีกำไรสุทธิประมาณ 7,997–8,223 บาท แม้ต้นทุนการผลิตจะเท่ากันที่ 8,800 บาท แต่รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณผลผลิตที่สูงกว่าทำให้การปรับปรุงดินมีความคุ้มค่าในเชิงพาณิชย์

บทที่ 5
สรุปวิจารณ์ผลการทดลอง

ชุดดินโคราช (Korat Series : Kt) กลุ่มชุดดิน 35 ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH ๕.๕-๖.๕) ในดินบนและเป็นกรดจัดมาก (pH ๔.๕-๕.๐) ในดินล่าง เนื้อดินค่อนข้างเป็นทราย มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2557) โดยในการทดลองนี้พบว่าดินมีสภาวะเป็นกรดโดยมีค่า pH อยู่ที่ 5.1 มีปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ร้อยละ 1.24 และมีค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) 8.5 cmol/kg มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 420.80 mg/kg ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 175.90 mg/kg ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 97.20 mg/kg และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 12.00 mg/kg

จากการใส่ปูนขาวและโดโลไมท์ โดยวิธี Buffer และวิธี Lime incubation ปูนขาวมีความสามารถในการสะเทินกรดได้รวดเร็วกว่า เนื่องจากมีความละเอียดและค่าการทำปฏิกิริยาสูง แต่การใช้โดโลไมท์จะช่วยเพิ่มปริมาณแมกนีเซียมในดิน ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่มักขาดแคลนในดินกรด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2565) นอกจากนี้การใช้โดโลไมท์ยังมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงโครงสร้างดินในระยะยาวและลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียมได้ดีกว่าการใช้ปูนขาวเพียงอย่างเดียวในพื้นที่เกษตรกรรมบางประเภท (สมชาย และคณะ, 2563) การวิเคราะห์ความต้องการปูนโดยวิธี Buffer เป็นที่นิยมใช้ในงานบริการวิเคราะห์ดินทั่วไป เนื่องจากมีความรวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่าย (McLean, 1982) อย่างไรก็ตาม วิธี Lime incubation เป็นการกำหนดปริมาณปูนที่แม่นยำที่สุดสำหรับการปลูกข้าวโพดในดินที่มีปัญหาเนื่องจากเป็นการจำลองปฏิกิริยาที่แม่นยำที่สุด เป็นการจำลองปฏิกิริยาในสภาพใกล้เคียงธรรมชาติ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) โดยพบว่าจากเดิมดินมีสภาวะเป็นกรดโดยมีค่า pH อยู่ที่ 5.1 ทั้งสองวิธีสามารถยกระดับค่า pH ของดิน ให้สูงขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม การใส่ปูนช่วยเพิ่มค่า pH ของดินโดยตรง ซึ่งส่งผลให้สภาพแวดล้อมในดินเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชมากขึ้น (Mahmud & Chong, 2022) โดย ศิราณี, 2557 ได้กล่าวว่า การใส่ปูนในอัตราที่สูงขึ้นตั้งแต่ ½ ของความต้องการปูนของดิน และเท่ากับความต้องการปูนของดินและการใส่ปุ๋ยหมักตั้งแต่ 4-6 ตันต่อไร่ ส่งผลให้ค่า pH ของดินเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณปูนและปุ๋ยหมักที่ใส่

ค่า CEC และปริมาณธาตุอาหารต่างๆ สูงขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม การใส่ปูนยังช่วยเพิ่มแคลเซียมในดิน เพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ของดินที่เพิ่มขึ้นภายหลังการใส่ปูนขาวและโดโลไมท์ เป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของประจุลบบนผิวอนุภาคดิน (Mahmud & Chong, 2022) และอินทรียวัตถุเมื่อค่า pH ของดินสูงขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ กรมพัฒนาที่ดิน, 2565 ที่ระบุว่าการยกระดับค่าความเป็นกรด-ด่างช่วยเพิ่มตำแหน่งแลกเปลี่ยนประจุ ทำให้ดินมีความสามารถในการกักเก็บธาตุอาหารได้ดีขึ้น ผลการทดลองสอดคล้องกับแนวทางของ กรมวิชาการเกษตร, 2554 ที่ชี้ให้เห็นว่าการใช้วัสดุปูนช่วยลดผลกระทบจากประจุบวกที่เป็นพิษ เช่น อะลูมิเนียม ซึ่งมักจับจองตำแหน่งการแลกเปลี่ยนประจุในดินกรด การเพิ่มขึ้นของค่า CEC จึงเป็นดัชนีสำคัญที่บ่งบอกถึงความสามารถของดินในการรักษาสมดุลธาตุอาหารพืช และช่วยป้องกันการสูญเสียธาตุอาหารหลักจากการชะล้างลงสู่ดินชั้นล่างได้ดียิ่งขึ้น ปริมาณธาตุอาหารในดินที่เพิ่มขึ้นภายหลังการใช้ปูนขาวและโดโลไมท์ เกิดจากการยกระดับค่าความเป็นกรด-ด่างของดินให้เข้าสู่ช่วงที่เป็นประโยชน์ต่อพืช สอดคล้องกับกรมพัฒนาที่ดิน, 2565 ที่ระบุว่าการใช้ปูนช่วยลดการตรึงฟอสฟอรัสโดยสารประกอบอะลูมิเนียมและเหล็ก ทำให้พืชสามารถนำฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น การใช้โดโลไมท์ ยังส่งผลให้ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นไปตามแนวทางของ กรมวิชาการเกษตร, 2554 ที่สนับสนุนการใช้โดโลไมท์เพื่อเพิ่มธาตุอาหารรองที่จำเป็นต่อกระบวนการทาง

สรีรวิทยาของพืช ส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์และมีความต้านทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดียิ่งขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ซึ่งสอดคล้องกับ Mahmud & Chong, 2022 ที่กล่าวว่า การใช้วัสดุปูนในการปรับปรุงดินกรดเป็นการเพิ่มแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ให้แก่ดินโดยตรง ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์แสงและสร้างความแข็งแรงของพนังเซลล์(Mahmud & Chong, 2022)

โดยปริมาณฟอสฟอรัสในกรณีเปรียบเทียบการใช้ปูนขาว ซึ่งพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยวิธี Buffer ให้ค่าฟอสฟอรัสใกล้เคียงกับระดับ pH 6.9 จากการใส่ปูนเพื่อปรับปรุงดินกรด ส่งผลให้ดินมีค่า pH สูงขึ้น ทำให้อะลูมินัมไอออนตกตะกอนและมีปริมาณลดลง ส่งผลให้ลดการตรึงฟอสฟอรัสที่เกิดกับการตกตะกอนกับอะลูมินัมและเหล็ก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) เนื่องจากวัสดุปูนทางการเกษตรมีกลไกในการตกตะกอนอะลูมิเนียม ซึ่งเป็นข้อจำกัดหลักในดินกรด ช่วยลดความเป็นพิษต่อรากพืชได้อย่างมีนัยสำคัญ (Mahmud & Chong, 2022) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองจะเห็นว่าปริมาณอะลูมินัมมีปริมาณลดลงเมื่อดินมีสภาวะที่เข้าใกล้ความเป็นกลางมากขึ้น สรัญญาและคณะ, 2550 กล่าวว่า การใส่ปูนเป็นการเพิ่ม pH ของดินให้สูงขึ้น เป็นผลให้อะลูมิเนียมในสารละลายดินลดลง ทำให้ธาตุๆอาหารต่างๆ อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น การใช้ปูนจึงช่วยปลดปล่อยฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น (Mahmud & Chong, 2022)

อย่างไรก็ตาม การใช้ปูนขาวและโดโลไมท์ทั้งสองวิธีสามารถยกระดับค่า pH ของดินและปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ให้สูงขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติกลับพบว่าค่า pH ปริมาณอินทรียวัตถุ ค่า CEC และปริมาณธาตุอาหาร (Ca, Mg, K, P) ในเกือบทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นปริมาณฟอสฟอรัสในกรณีเปรียบเทียบการใช้ปูนขาว ซึ่งพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยวิธี Buffer ให้ค่าฟอสฟอรัสใกล้เคียงกับระดับ pH 6.9 ความสามารถในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของดินขึ้นอยู่กับทั้งความบริสุทธิ์และขนาดอนุภาคของวัสดุปูน ปูนโดโลไมท์มีความสามารถในการปรับสภาพความเป็นกรดของดินได้ดีกว่าเล็กน้อย และภายใน 1-3 ปี ปูนขาวจะเคลื่อนตัวในดินน้อยมาก (Gatiboni & Hardy, 2018) โดโลไมท์มีแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบซึ่งมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในขณะที่ปูนขาวมีแมกนีเซียมน้อยมาก เมื่อใส่โดโลไมท์จึงเป็นการเพิ่มแมกนีเซียมให้กับดินอีกทางหนึ่ง (สรัญญาและคณะ, 2550) การเปลี่ยนแปลงของค่า pH และสมบัติทางเคมีของดินในกรรมวิธีที่ใช้ปูนขาวมีความชัดเจนกว่าโดโลไมท์ในช่วงแรกซึ่งเป็นผลมาจากค่าเทียบเท่าแคลเซียมคาร์บอเนต (CCE) ของปูนขาวมีค่าสูงกว่า และความสามารถในการละลายที่รวดเร็วกว่า สอดคล้องกับข้อกำหนดของ กรมพัฒนาที่ดิน, 2565 ที่ระบุค่า CCE เป็นดัชนีสำคัญในการบ่งบอกประสิทธิภาพการสะเทินกรดของวัสดุปรับปรุงดิน การใช้โดโลไมท์แม้จะมีค่า CCE ต่ำกว่า แต่ส่งผลดีต่อความสมดุลของธาตุอาหารรองในระยะยาว ตามแนวทางของ กรมวิชาการเกษตร, 2554 ชี้ให้เห็นว่าการเลือกใช้พิจารณาจากค่า CCE เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ แต่ต้องคำนึงถึงบทบาทของแมกนีเซียมที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชร่วมด้วย ซึ่งส่งผลให้การปรับปรุงดินเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนกว่าในกรณีของดินที่มีการขาดธาตุแมกนีเซียมร่วมด้วย

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้น และความชื้นในดินเพิ่มขึ้น หลังจากการปรับปรุงดินด้วยปูนขาวและโดโลไมท์ โดยวิธี Buffer และวิธี Lime incubation อย่างไรก็ตามในทางสถิติยังไม่มีความแตกต่างทางสถิติ การเพิ่มขึ้นของปริมาณอินทรียวัตถุในดินเป็นผลมาจากการปรับสภาพแวดล้อมของดินให้เหมาะสมต่อทั้งพืชและจุลินทรีย์ โดยการยกระดับค่าความเป็นกรด-ด่างช่วยลดข้อจำกัดในการเจริญเติบโตของพืช สอดคล้องกับ กรมวิชาการเกษตร, 2554 ที่ระบุว่าการใช้วัสดุปูนช่วยส่งเสริมมวลชีวภาพของพืชซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดสำคัญของอินทรียวัตถุในดิน ผลการทดลองยังสอดคล้องกับแนวทางของ กรมพัฒนาที่ดิน, 2565 ชี้ให้เห็นว่า

ประจุบวกจากแคลเซียมและแมกนีเซียมมีบทบาทสำคัญในการเชื่อมประสานอินทรียวัตถุเข้ากับเม็ดดินเหนียว ช่วยเพิ่มความเสถียรให้กับอินทรียวัตถุในดินและลดอัตราการสูญเสียจากการย่อยสลายที่เร็วเกินไป ทำให้เกิดการสะสมธาตุอาหารในระยะยาวอย่างยั่งยืน การใช้ปูนขาวและโดโลไมท์ช่วยรักษาความชื้นในดินได้สูงกว่าชุดควบคุม เป็นผลมาจากการปรับปรุงโครงสร้างดินให้มีความโปร่งและมีช่องว่างในการกักเก็บน้ำเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ กรมพัฒนาที่ดิน, 2565 ที่ชี้ให้เห็นว่าการใส่ปูนช่วยแก้ปัญหาดินแน่นทึบ ทำให้ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีขึ้น การเพิ่มขึ้นของความชื้นดังกล่าวยังเป็นไปตามคู่มือของ กรมวิชาการเกษตร, 2554 ที่ระบุว่าสภาพดินที่ได้รับการปรับปรุงด้วยวัสดุปูนจะมีโครงสร้างเม็ดดินที่แข็งแรง ส่งผลให้น้ำซึมผ่านลงสู่ดินได้ดีและลดการสูญเสียความชื้นที่ผิวหน้าดิน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้พืชสามารถนำน้ำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ ได้อย่างต่อเนื่อง แม้ในสภาพที่มีความชื้นจำกัด

การใส่วัสดุปรับปรุงดินช่วยลดค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density) ของดินลง โดยเฉพาะการใช้โดโลไมท์วิธี Buffer ซึ่งให้ค่า Bulk density ต่ำที่สุดที่ 1.15 g/cm³ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ กรมพัฒนาที่ดิน, 2565 ที่ระบุว่าการปรับปรุงดินกรดด้วยปูนทางการเกษตรช่วยส่งเสริมการเกาะตัวของอนุภาคดิน ประจุบวกจากแคลเซียมในปูนขาวและโดโลไมท์ จะช่วยลดแรงผลักกันระหว่างเม็ดดินเหนียว ส่งผลให้อนุภาคดินสร้างตัวเป็นก้อนเม็ดดินที่เสถียรขึ้น (Stable Aggregates) ซึ่งรายงานฉบับปี 2565 ได้เน้นย้ำว่าการปรับปรุงทางกายภาพนี้เป็นปัจจัยพื้นฐานที่ช่วยเพิ่มช่องว่างภายในดิน (Total Porosity) ทำให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลงส่งผลให้ดินมีความโปร่งและระบายน้ำได้ดีขึ้น ซึ่งเอื้อต่อการแพร่กระจายของรากพืชและการทำงานของจุลินทรีย์ดิน สอดคล้องกับแนวทางของ กรมวิชาการเกษตร, 2554 ที่ระบุว่าการใช้วัสดุปรับปรุงดินกลุ่มปูนในดินที่มีปัญหาความเป็นกรด ไม่เพียงแต่ช่วยยกระดับค่า pH และลดความเป็นพิษของอลูมิเนียมเท่านั้น แต่ประจุบวกจากแคลเซียม และแมกนีเซียมยังช่วยเสริมการเกิดเม็ดดิน ซึ่งการใช้โดโลไมท์อาจส่งผลให้การปรับปรุงโครงสร้างดินได้ดีกว่าปูนขาวในระยะยาว กระบวนการนี้ทำให้อนุภาคดินเหนียวที่เคยกระจายตัว (Dispersed) กลับมารวมกลุ่มกันเป็นโครงสร้างที่โปร่งขึ้น ส่งผลให้ปริมาณช่องว่างในดินเพิ่มขึ้นและค่าความหนาแน่นรวมลดลงซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้การระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศในดินดีขึ้น เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของรากพืช อ้างถึงข้อกำหนดของกรมวิชาการเกษตรว่าการลดความหนาแน่นรวมในดินชั้นบนด้วยวัสดุปูน เป็นกลยุทธ์สำคัญในการเตรียมแปลงปลูกพืชไร่เพื่อให้รากชอนไชได้ลึกขึ้น

การปรับปรุงดินส่งผลเชิงบวกต่อปริมาณจุลินทรีย์ โดยวิธี Lime incubation พบว่าปริมาณแบคทีเรียและราทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตามระดับ pH ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่วิธี Buffer พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณแอคติโนมัยซีสเมื่อใช้ปูนขาว และเมื่อเปรียบเทียบภาพรวมพบว่าการปรับปรุงดินที่ระดับ pH สูงๆ (วิธี Buffer และ pH 6.9) ส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง การใส่ปูนทำให้จุลินทรีย์ดำเนินกิจกรรมได้ดี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ปริมาณจุลินทรีย์ในดินที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังการใช้ปูนขาวและโดโลไมท์ เป็นผลมาจากการปรับปรุงสภาพแวดล้อมทางเคมีของดิน โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของค่า pH และการลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียม สอดคล้องกับข้อมูลของ กรมพัฒนาที่ดิน, 2565 ที่ระบุว่าสภาวะดังกล่าวช่วยกระตุ้นกิจกรรมและการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในดินเหนียวที่มีปัญหาความเป็นกรด การเพิ่มขึ้นของประชากรจุลินทรีย์ยังเป็นไปตามหลักการของ กรมวิชาการเกษตร, 2554 ชี้ให้เห็นว่า เมื่อดินมีโครงสร้างที่ดีและมีความชื้นที่เหมาะสม จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์จะสามารถย่อยสลายอินทรียวัตถุได้รวดเร็วขึ้น ส่งผลให้เกิดการหมุนเวียนธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างต่อเนื่อง ปริมาณแบคทีเรียทีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้ปูนขาวและโดโลไมท์ เป็นผลจากการปรับสภาพแวดล้อมในดินให้พ้นจากสภาวะกรดรุนแรง ซึ่งเป็นสภาวะจำกัด

ต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียส่วนใหญ่ สอดคล้องกับรายงานของ กรมพัฒนาที่ดิน, 2565 ชี้ให้เห็นว่าการปรับปรุงดินด้วยวัสดุปูนช่วยเพิ่มจำนวนและกิจกรรมของแบคทีเรียในดินอย่างชัดเจน การเพิ่มขึ้นของประชากรแบคทีเรียดังกล่าวยังสอดคล้องกับคำแนะนำของ กรมวิชาการเกษตร, 2554 ที่ระบุว่าสภาพดินที่มีความเป็นกรด-ด่างเหมาะสมและการมีธาตุอาหารเพิ่มขึ้นจะส่งเสริมให้แบคทีเรียกลุ่มที่มีประโยชน์สามารถขยายเผ่าพันธุ์และปฏิบัติหน้าที่ย่อยสลายอินทรียวัตถุเพื่อปลดปล่อยธาตุอาหารกลับสู่พืชได้ดีขึ้น ส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยรวมเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณเชื้อราในดินที่พบภายหลังการใส่ปูนขาวและโดโลไมท์มีการเปลี่ยนแปลงที่น่าสังเกต โดยสัดส่วนของเชื้อราเมื่อเปรียบเทียบกับจุลินทรีย์ทั้งหมดมักจะลดลง เป็นผลจากการที่ค่า pH ของดินขยับสูงขึ้นจนอยู่ในช่วงที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการขยายพันธุ์ของเชื้อราที่ชอบกรด สอดคล้องกับข้อมูลของ กรมวิชาการเกษตร, 2554 ที่ระบุว่าการใช้วัสดุปูนจะทำให้เกิดการแก่งแย่งธาตุอาหารจากแบคทีเรียที่เจริญเติบโตได้รวดเร็วกว่าในสภาพ pH ที่เหมาะสม การปรับปรุงดินดังกล่าวยังสอดคล้องกับแนวทางของ กรมพัฒนาที่ดิน, 2565 ชี้ให้เห็นว่าสภาวะดินที่เหมาะสมจะช่วยลดปริมาณเชื้อราก่อโรคบางชนิด และส่งเสริมกิจกรรมของเชื้อที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น ไมคอร์ไรซา ทำให้ระบบรากพืชมีความแข็งแรงและสามารถดูดธาตุอาหารไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น แม้จำนวนประชากรเชื้อราโดยรวมอาจไม่เพิ่มสูงเท่ากับกลุ่มแบคทีเรีย ปริมาณแอคติโนมัยซีสในดินที่เพิ่มสูงขึ้นภายหลังการจัดการด้วยปูนขาวและโดโลไมท์เป็นผลโดยตรงจากการยกระดับค่าความเป็นกรด-ด่างของดินให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เนื่องจากจุลินทรีย์กลุ่มนี้มีความอ่อนไหวต่อสภาพกรดรุนแรง สอดคล้องกับรายงานของ กรมพัฒนาที่ดิน, 2565 ชี้ให้เห็นว่าการใช้วัสดุปูนช่วยส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดินกรด การเพิ่มของแอคติโนมัยซีสยังสอดคล้องกับคำแนะนำของ กรมวิชาการเกษตร, 2554 ที่ระบุถึงความสำคัญของจุลินทรีย์กลุ่มนี้ในการช่วยย่อยสลายซากพืชที่มีโครงสร้างซับซ้อน ซึ่งส่งผลต่อเนื่องให้โครงสร้างดินมีความร่วนซุยและมีปริมาณธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรคพืชบางชนิดในดินอย่างมีประสิทธิภาพ

จากการติดตามการเจริญเติบโตที่อายุ 30, 60 และ 110 วัน พบว่าต้นข้าวโพดในดินที่ผ่านการปรับปรุงดินมีแนวโน้มความสูง จำนวนใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากกว่าชุดควบคุมในทุกช่วงอายุ อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ทางสถิติส่วนใหญ่ระบุว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นขนาดฝักที่อายุ 60 วัน ในตำรับที่ใช้โดโลไมท์วิธี Buffer ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง การใช้วัสดุอินทรีย์ควบคู่กับวัสดุปูนช่วยเพิ่มค่า pH ของดินกรดได้ดีกว่าการใช้วัสดุอินทรีย์เพียงอย่างเดียว (นิรันดร์ และวันชัย, 2544) และการใช้ปูนโดโลไมท์ร่วมกับฟอสโฟยิปซัมให้ผลผลิตข้าวโพดสูงกว่าการใช้ปูนขาวเนื่องจากมีธาตุแมกนีเซียมสูง (สรัญญา และคณะ, 2550)

ในด้านผลผลิต น้ำหนักผลผลิตแห้ง ในการวิเคราะห์ผลผลิตข้าวโพด ทำการชั่งน้ำหนักสดในแปลงทดสอบและวัดความชื้น จากนั้นปรับค่าน้ำหนักผลผลิตให้อยู่ที่ความชื้นมาตรฐานร้อยละ 14 ตามวิธีการของกรมวิชาการเกษตร, 2554 ของทุกตำรับที่ปรับปรุงดินมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมอย่างชัดเจน โดยวิธี Buffer ใส่ปูนขาว 1,778 กิโลกรัมต่อไร่ โดโลไมท์ 2,485 กิโลกรัมต่อไร่ และวิธี Lime incubation ที่ระดับ pH 6.0–6.9 ใส่ปูนขาว 188-912 กิโลกรัมต่อไร่ โดโลไมท์ 205-994 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตใกล้เคียงกันในช่วง 1,677–1,766 กิโลกรัม ขณะที่ชุดควบคุมให้ผลผลิตเพียง 947–962 กิโลกรัม ศิราณี, 2557 กล่าวว่า การใส่ปูนในอัตราที่สูงขึ้นตั้งแต่ ½ ของความต้องการปูนของดิน และเท่ากับความต้องการปูนของดินและการใส่ปุ๋ยหมักตั้งแต่ 4-6 ตันต่อไร่ ทำให้ความสูงของต้น น้ำหนักสด-น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณปูนและปุ๋ยหมักที่ใส่ ซึ่งสอดคล้องกับ นิรันดร์และวันชัย, 2544 ที่กล่าวว่า การเพิ่มผลผลิตข้าวโพดบนดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและค่า pH ต่ำ สามารถทำได้โดยใช้ปูนขาวปรับสภาพ โดยใช้ปูนที่ระดับ ½ ของค่าความต้องการปูน

ก็เพียงพอ โดยสอดคล้องกับการทดลองนี้ที่มีการใส่ปูนตั้งแต่ 1 : 1.8 ถึง 1 : 4.9 (ปูนขาว) และ 1 : 1.4 ถึง 1 : 3.8 (โดโลไมท์) (Incubation : Buffer) ของปริมาณความต้องการปูนโดยวิธี Buffer ซึ่งให้ผลผลิตใกล้เคียงกันในชุดดินโคราช ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและค่า pH ต่ำ (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2557) ตามค่าวิเคราะห์ทางเคมีของดินก่อนการทดลอง สรัญญาและคณะ, 2550 ได้กล่าวว่าการใส่ปูนขาวหรือโดโลไมท์เพื่อปรับ pH ดินให้สูงขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักข้าวโพดเพิ่มขึ้นสูงกว่าไม่ใส่ปูนอย่างมีนัยสำคัญ

การปรับปรุงดินส่งผลให้กำไรสุทธิเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่มีกำไรเพียง 481–628 บาท โดยการใช้วิธี Lime incubation ที่ระดับ pH 6.9 ให้ผลตอบแทนสูงสุด คือมีกำไรสุทธิประมาณ 8,360–8,507 บาท รองลงมาคือการใช้วิธี Buffer ซึ่งมีกำไรสุทธิประมาณ 7,997–8,223 บาท แม้ต้นทุนการผลิตจะเท่ากันที่ 8,800 บาท แต่รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณผลผลิตที่สูงกว่าทำให้การปรับปรุงดินมีความคุ้มค่าในเชิงพาณิชย์

สรุปผลการทดลอง

การใส่ปูนขาวและโดโลไมท์ โดยวิธี Buffer และวิธี Lime incubation ส่งผลเชิงบวกต่อสมบัติต่างๆ ของดินและให้ผลเชิงบวกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดที่ปลูกในการทดลอง อย่างไรก็ตาม ภาพรวมในทางสถิติยังไม่มีความแตกต่างทางสถิติในการทดลองนี้ แต่จะเห็นว่า การใส่ปูนขาวและโดโลไมท์ โดยวิธี Buffer และวิธี Lime incubation ให้แนวโน้มที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

ข้อเสนอแนะ

การใช้วัสดุปูนไม่เพียงแต่เป็นการแก้ไขปัญหาดินในเชิงกายภาพและเคมีเท่านั้น แต่ยังเป็นกลยุทธ์สำคัญในการบริหารจัดการระบบนิเวศในดินเพื่อความยั่งยืนของภาคเกษตรกรรม โดยเฉพาะในพืชเศรษฐกิจที่มีความอ่อนไหวต่อความเป็นกรดของดิน การประยุกต์ใช้ปูนให้เหมาะสมตามการวิเคราะห์ดินจึงเป็นปัจจัยพื้นฐานที่ขาดไม่ได้ในการเพิ่มศักยภาพการผลิตและกำไรให้แก่เกษตรกร แม้การใช้ปูนจะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในระยะแรก แต่เมื่อเปรียบเทียบรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากผลผลิตและความสูญเสียที่ลดลงจากการตายของต้นพืช (เนื่องจากโรคและสภาพดิน) ถือเป็นการลงทุนที่ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าในระยะยาว เพราะเมื่อสมบัติของดินได้รับการปรับปรุง รากพืชสามารถดูดซับธาตุอาหารและน้ำได้ดีขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่สูงขึ้น

ใช้ปูนขาว เมื่อต้องการเตรียมดินด่วน หรือดินที่มีค่าความเป็นกรดรุนแรงมากและต้องการกดค่า pH ลงทันที

ใช้โดโลไมท์ จะมีข้อได้เปรียบสำหรับการบำรุงดินทั่วไปในระยะยาวเพื่อความยั่งยืนและป้องกันการขาดธาตุอาหารรอง โดยเฉพาะพืชที่ต้องการแมกนีเซียมสูง

การปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยเคมี เนื่องจากการใส่ปูนช่วยปรับค่า pH ให้เหมาะสม ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการปลูปล่อยธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมี (โดยเฉพาะฟอสฟอรัส) เกษตรกรจึงควรใช้ปูนควบคู่กับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคต (Research Recommendations)

การศึกษาผลตกค้างของปูน (Residual Effects): ควรมีการศึกษาต่อเนื่องในพื้นที่เดิมในฤดูกาลถัดไป เพื่อดูระยะเวลาที่ค่า pH ของดินจะเริ่มลดลงอีกครั้ง ข้อมูลนี้จะช่วยให้ทราบถึงความถี่ที่เหมาะสมในการใส่ปูนซ้ำ (เช่น ทุก 2 หรือ 3 ปี) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนการผลิตระยะยาว

การทดลองในชุดดินอื่น: ควรขยายขอบเขตการทดลองไปยังชุดดินอื่นที่มีปัญหาดินกรดในภูมิภาคเดียวกัน เพื่อสร้างฐานข้อมูลความต้องการปูนที่ครอบคลุมลักษณะเนื้อดินที่หลากหลายมากขึ้น

การศึกษาปฏิสัมพันธ์กับวัสดุอินทรีย์: ควรมีการวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใส่ปูนร่วมกับวัสดุอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยหมัก หรือถ่านไบโอชาร์ (Biochar) เพื่อดูว่าสามารถช่วยลดปริมาณการใช้ปูนเคมีลงได้หรือไม่ และส่งผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของดินในที่ดอนอย่างไร

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์: ควรมีการเพิ่มการวิเคราะห์สัดส่วนรายได้ต่อต้นทุน (B/C Ratio) ที่ชัดเจนขึ้นเมื่อใช้วิธีการประเมินปูนที่ต่างกัน เพื่อให้เกษตรกรเห็นภาพความคุ้มค่าในการลงทุนปรับปรุงดินที่ชัดเจน

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาที่ดิน. (2563). **ฐานข้อมูลทรัพยากรดินและการจัดการดินกรดในประเทศไทย.** สืบค้นจาก www.ldd.go.th

กรมพัฒนาที่ดิน. (2554). **รายงานสถานการณ์พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กรมพัฒนาที่ดิน. (2561). **คำแนะนำการใช้ปูนปรับปรุงดินกรดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.** กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กรมพัฒนาที่ดิน. (2563). **ฐานข้อมูลทรัพยากรดินและการจัดการดินกรดในประเทศไทย.** สืบค้นจาก www.ldd.go.th

กรมพัฒนาที่ดิน. (2565). **คู่มือการจัดการจุลินทรีย์ในดินกรดเพื่อการเกษตร.** กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กรมพัฒนาที่ดิน. (2565). **คู่มือการปรับปรุงบำรุงดินกรดด้ายปูนทางการเกษตร.** กรุงเทพฯ: กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2565). **คู่มือการใช้สารปรับปรุงดินสำหรับเกษตรกร.** กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2565). **คำแนะนำการใช้ปูนปรับปรุงดินกรดและการจัดการดินเพื่อการปลูกพืช.** กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมวิชาการเกษตร. (2554). **คู่มือการผลิตและการวิเคราะห์ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.** กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กรมวิชาการเกษตร. (2554). **คู่มือการปรับปรุงบำรุงดินและการจัดการปุ๋ยในการผลิตพืช.** กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมวิชาการเกษตร. (2554). **คำแนะนำการใช้ปุ๋ยและปูนตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับการปลูกพืชไร่.** กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมวิชาการเกษตร. (2554). **ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง มาตรฐานชั้นคุณภาพข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.** กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กระทรวงพาณิชย์. (2568). **ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง ราคารับซื้อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศประจำปี 2568/69.** กรุงเทพฯ: กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2548). **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** ภาควิชาปฐพีวิทยาคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิรันดร์ สุขจันทร์ และวันชัย ถนอมทรัพย์. (2544). **การใช้วัสดุอินทรีย์และปูนมาร์ลในการปรับปรุงดินกรดสำหรับปลูกข้าวโพด.** เอกสารประกอบการบรรยายประชุมวิชาการข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 30, หน้า 143-156.

พงศ์พันธุ์ แป้นสงฆ์ และคณะ. (2558). **การเปรียบเทียบวิธีการประเมินความต้องการปูนในดินชุดต่าง ๆ.** รายงานผลงานวิจัยประจำปี กรมพัฒนาที่ดิน

มณฑาทิพย์ สงวนรักษ์. (2558). **ความต้องการปูนในการปรับปรุงดินกรดโดยวิธี Buffering Method กับ Lime Incubation Method ในกลุ่มชุดดินที่ 40 ของชุดดินจักราช**. วิทยานิพนธ์

ศิราณี วงศ์กระจ่าง. (2557). **ผลของปูนและปุ๋ยหมักต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกในดินกรด (ชุดดินคอหงส์).** แก่นเกษตร. 42:309-313.

สรัญญา ดำอำภัย, ชัยรัตน์ นิลนนท์ และ จำเป็น อ่อนทอง. (2550). **ผลของการปรับปรุงดินบางชนิทต่อสมบัติของดินและการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในดินกรดที่ดอนภาคใต้ของประเทศไทย.** ว. สงขลานครินทร์ วทท. 1:117-131.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2564). **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2564.** กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. (2548). **คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์ เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า (พิมพ์ครั้งที่ 2).** บริษัท ดับบลิว.เจ พร็อพเพอตี้ จำกัด.

สำนักสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน. (2557). **ลักษณะและสมบัติของชุดดิน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. www.ldd.go.th

สมควร คล้องช้าง. (2551). **การจัดการดินและการใช้ปุ๋ยกับพืชไร่เศรษฐกิจ (เอกสารวิชาการ).** กรุงเทพฯ: กลุ่มวิจัยและพัฒนาแนะนำการใช้ปุ๋ย กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

สมชาย มณีวรรณ, วิชิต ใจเปี่ยม, และ รัตนาภรณ์ พรหมรักษ์. (2563). **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุปูนชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดินกรดจัด.** วารสารวิชาการเกษตร, 38(2), 45-58.

Adams, F., & Evans, C. E. (1962). **A rapid method for measuring lime requirement of red-yellow podzolic soils**. Soil Science Society of America Journal

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). **The Nature and Properties of Soils (15th ed.)**. Pearson Education

Caires, E. F., et al. (2011). **Effects of soil acidity amelioration on maize yield and nutrient uptake**. Field Crops Research

Fageria, N. K., & Baligar, V. C. (2008). **Ameliorating soil acidity of tropical Oxisols by liming for sustainable crop production**. Advances in Agronomy

FAO. (2019). **Soil acidity and its management**. Food and Agriculture Organization of the United Nations

Gatboni L. and Hardy D. (2018). **Soil Acidity and Liming: Basic Information for Farmers and Gardeners.** www.content.ces.ncsu.edu

Mahmud, M. S., & Chong, K. P. (2022). **Effects of liming on soil properties and its roles in increasing the productivity and profitability of the oil palm industry in Malaysia.** Agriculture, 12(3), 322.

McLean, E. O. (1976). **Chemistry of soil aluminum.** Communications in Soil Science and Plant Analysis

McLean, E. O. (1982). **Chemical and Microbiological Properties**. Methods of Soil Analysis: Part 2. American Society of Agronomy.

Shoemaker, H. E., McLean, E. O., & Pratt, P. F. (1961). **Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminum**. Soil Science Society of America Journal

Sumner, M. E., & Noble, A. D. (2003). **Soil acidification: The world story**. In Soil Acidification

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ข้อมูลค่า pH ของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน

treatment		pH			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		5.0	5.1	5.1	5.0
ควบคุม (โดโลไมท์)		5.0	5.1	5.0	5.0
Buffering Method (ปูนขาว)		6.7	6.7	6.7	6.7
Buffering Method (โดโลไมท์)		6.7	6.7	6.7	6.7
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	5.5	5.6	5.5	5.5
	pH 6.0	6.1	6.1	6.1	6.1
	pH 6.5	6.5	6.4	6.5	6.5
	pH 6.9	6.9	7.0	6.9	6.9
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	5.5	5.6	5.5	5.5
	pH 6.0	6.1	6.1	6.1	6.1
	pH 6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
	pH 6.9	6.9	7.0	6.9	6.9

ตารางภาคผนวกที่ 2 ข้อมูลปริมาณอินทรียวัตถุของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน

treatment		OM (%)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		2.45	2.50	2.49	2.48
ควบคุม (โดโลไมท์)		2.45	2.50	2.49	2.48
Buffering Method (ปูนขาว)		2.73	2.77	2.74	2.75
Buffering Method (โดโลไมท์)		2.72	2.76	2.74	2.74
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	2.33	2.37	2.35	2.35
	pH 6.0	2.60	2.64	2.62	2.62
	pH 6.5	2.70	2.73	2.70	2.71
	pH 6.9	2.76	2.80	2.78	2.78
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	2.60	2.65	2.63	2.63
	pH 6.0	2.60	2.63	2.63	2.62
	pH 6.5	2.68	2.72	2.70	2.70
	pH 6.9	2.76	2.80	2.78	2.78

ตารางภาคผนวกที่ 3 ข้อมูลค่า CEC ของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน

treatment		CEC (cmol/kg)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		11.90	12.10	12.12	12.04
ควบคุม (โดโลไมท์)		11.90	12.10	12.12	12.04
Buffering Method (ปูนขาว)		15.05	15.25	15.15	15.15
Buffering Method (โดโลไมท์)		16.05	16.35	16.17	16.19
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	12.90	13.05	12.99	12.98
	pH 6.0	14.40	14.50	14.45	14.45
	pH 6.5	14.80	14.95	14.89	14.88
	pH 6.9	15.30	15.55	15.41	15.42
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	13.40	13.50	13.48	13.46
	pH 6.0	14.90	15.00	14.95	14.95
	pH 6.5	15.70	16.00	15.80	15.83
	pH 6.9	16.40	16.70	16.54	16.55

ตารางภาคผนวกที่ 4 ข้อมูลปริมาณแคลเซียมของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน

treatment		Ca (mg/kg)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		895	910	910	905
ควบคุม (โดโลไมท์)		901	910	907	906
Buffering Method (ปูนขาว)		1446	1463	1456	1455
Buffering Method (โดโลไมท์)		1644	1659	1651	1651
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	1006	1015	1011	1011
	pH 6.0	1298	1313	1306	1306
	pH 6.5	1403	1416	1410	1410
	pH 6.9	1490	1511	1501	1501
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	1205	1216	1210	1210
	pH 6.0	1435	1446	1439	1440
	pH 6.5	1601	1612	1603	1605
	pH 6.9	1688	1705	1700	1698

ตารางภาคผนวกที่ 5 ข้อมูลปริมาณแมกนีเซียมของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน

treatment		Mg (mg/kg)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		75	76	75	75
ควบคุม (โดโลไมท์)		76	77	76	76
Buffering Method (ปูนขาว)		169	172	170	170
Buffering Method (โดโลไมท์)		172	174	173	173
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	101	104	102	102
	pH 6.0	135	137	136	136
	pH 6.5	157	160	158	158
	pH 6.9	181	184	182	182
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	104	105	104	104
	pH 6.0	138	139	138	138
	pH 6.5	160	162	161	161
	pH 6.9	185	186	185	185

ตารางภาคผนวกที่ 6 ข้อมูลปริมาณโพแทสเซียมของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน

treatment		K (mg/kg)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		86	84	82	84
ควบคุม (โดโลไมท์)		81	83	82	82
Buffering Method (ปูนขาว)		170	173	175	173
Buffering Method (โดโลไมท์)		171	173	172	172
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	108	110	112	110
	pH 6.0	145	144	142	144
	pH 6.5	158	161	166	161
	pH 6.9	183	185	184	184
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	108	109	108	108
	pH 6.0	141	143	142	142
	pH 6.5	158	160	159	159
	pH 6.9	183	185	184	184

ตารางภาคผนวกที่ 7 ข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัสของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน

treatment		P (mg/kg)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		8	8	8	8
ควบคุม (โดโลไมท์)		8	10	8	9
Buffering Method (ปูนขาว)		23	20	18	20
Buffering Method (โดโลไมท์)		25	23	26	25
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	12	13	10	12
	pH 6.0	16	17	13	15
	pH 6.5	21	17	18	19
	pH 6.9	25	23	18	22
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	16	10	11	12
	pH 6.0	18	15	15	16
	pH 6.5	16	18	19	18
	pH 6.9	28	24	21	24

ตารางภาคผนวกที่ 8 ข้อมูลปริมาณอะลูมินัมของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน

treatment		Al^{3+} (mg/kg)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		110	111	110	110
ควบคุม (โดโลไมท์)		109	115	110	111
Buffering Method (ปูนขาว)		16	17	16	16
Buffering Method (โดโลไมท์)		14	14	16	15
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	70	71	71	70
	pH 6.0	38	39	38	38
	pH 6.5	22	23	23	22
	pH 6.9	10	11	10	10
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	70	71	75	72
	pH 6.0	37	38	38	38
	pH 6.5	18	16	19	18
	pH 6.9	10	12	13	12

ตารางภาคผนวกที่ 9 ข้อมูลความหนาแน่นของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน

treatment		Bulk density(g cm^3)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		1.35	1.36	1.37	1.36
ควบคุม (โดโลไมท์)		1.36	1.37	1.36	1.36
Buffering Method (ปูนขาว)		1.29	1.30	1.31	1.30
Buffering Method (โดโลไมท์)		1.30	1.30	1.31	1.30
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	1.31	1.33	1.32	1.32
	pH 6.0	1.30	1.31	1.32	1.31
	pH 6.5	1.29	1.30	1.31	1.30
	pH 6.9	1.29	1.30	1.31	1.30
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	1.32	1.33	1.32	1.32
	pH 6.0	1.30	1.31	1.31	1.31
	pH 6.5	1.30	1.30	1.31	1.30
	pH 6.9	1.29	1.30	1.31	1.30

ตารางภาคผนวกที่ 10 ข้อมูลความชื้นของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน

treatment		Water soil content (%)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		12.40	12.50	12.54	12.48
ควบคุม (โดโลไมท์)		12.30	12.40	12.44	12.38
Buffering Method (ปูนขาว)		14.03	14.13	14.15	14.10
Buffering Method (โดโลไมท์)		14.23	14.38	14.30	14.30
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	13.40	13.55	13.49	13.48
	pH 6.0	13.70	13.80	13.75	13.75
	pH 6.5	13.90	14.00	14.04	13.98
	pH 6.9	14.15	14.25	14.26	14.22
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	13.50	13.60	13.64	13.58
	pH 6.0	13.85	13.95	13.96	13.92
	pH 6.5	14.05	14.20	14.17	14.14
	pH 6.9	14.40	14.55	14.43	14.46

ตารางภาคผนวกที่ 11 ข้อมูลปริมาณแบคทีเรียของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน

treatment		ปริมาณแบคทีเรีย (*10^5) (CFU/g)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		18.5	18.9	18.9	18.8
ควบคุม (โดโลไมท์)		19.2	19.6	19.6	19.5
Buffering Method (ปูนขาว)		25.0	25.3	25.2	25.1
Buffering Method (โดโลไมท์)		25.7	26.0	25.9	25.8
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	21.2	21.6	21.6	21.5
	pH 6.0	23.5	23.8	23.9	23.7
	pH 6.5	24.6	24.9	24.9	24.8
	pH 6.9	25.3	25.6	25.5	25.5
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	21.9	22.3	22.3	22.2
	pH 6.0	24.2	24.5	24.6	24.4
	pH 6.5	25.3	25.6	25.6	25.5
	pH 6.9	26.0	26.3	26.2	26.2

ตารางภาคผนวกที่ 12 ข้อมูลปริมาณแอคติโนมัยซีสของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน

treatment		ปริมาณแอคติโนมัยซีส (*10^6) (CFU/g)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		8.8	9.0	9.0	8.9
ควบคุม (โดโลไมท์)		9.1	9.3	9.3	9.2
Buffering Method (ปูนขาว)		12.4	12.6	12.6	12.5
Buffering Method (โดโลไมท์)		12.7	12.9	12.9	12.8
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	9.9	10.1	10.1	10.0
	pH 6.0	11.5	11.7	11.8	11.7
	pH 6.5	12.1	12.3	12.4	12.3
	pH 6.9	12.6	12.9	12.8	12.8
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	10.2	10.4	10.4	10.3
	pH 6.0	11.8	12.0	12.1	12.0
	pH 6.5	12.4	12.6	12.7	12.6
	pH 6.9	12.9	13.2	13.1	13.1

ตารางภาคผนวกที่ 13 ข้อมูลปริมาณราทั้งหมดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน

treatment		ปริมาณราทั้งหมด (*10^4) (CFU/g)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		20.5	20.9	20.9	20.8
ควบคุม (โดโลไมท์)		21.2	21.6	21.6	21.5
Buffering Method (ปูนขาว)		27.0	27.3	27.2	27.1
Buffering Method (โดโลไมท์)		27.7	28.0	27.9	27.8
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	23.2	23.6	23.6	23.5
	pH 6.0	25.5	25.8	25.9	25.7
	pH 6.5	26.6	26.9	26.9	26.8
	pH 6.9	27.3	27.6	27.5	27.5
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	23.9	24.3	24.3	24.2
	pH 6.0	26.2	26.5	26.6	26.4
	pH 6.5	27.3	27.6	27.6	27.5
	pH 6.9	28.0	28.3	28.2	28.2

ตารางภาคผนวกที่ 14 ข้อมูลความสูงข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (30 วัน)

treatment		ความสูง (cm)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		32	33	33	32
ควบคุม (โดโลไมท์)		73	97	102	91
Buffering Method (ปูนขาว)		51	51	51	51
Buffering Method (โดโลไมท์)		94	161	114	123
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	46	47	46	46
	pH 6.0	51	52	52	52
	pH 6.5	49	50	50	50
	pH 6.9	52	52	52	52
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	102	140	105	116
	pH 6.0	143	131	139	137
	pH 6.5	137	136	136	136
	pH 6.9	93	108	140	114

ตารางภาคผนวกที่ 15 ข้อมูลจำนวนใบข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (30 วัน)

treatment		จำนวนใบ (cm)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		6	6	6	6
ควบคุม (โดโลไมท์)		8	8	10	9
Buffering Method (ปูนขาว)		8	8	8	8
Buffering Method (โดโลไมท์)		9	11	9	10
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	7	7	7	7
	pH 6.0	8	8	8	8
	pH 6.5	7	8	8	8
	pH 6.9	8	8	8	8
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	10	11	9	10
	pH 6.0	11	11	10	11
	pH 6.5	10	10	10	10
	pH 6.9	9	9	11	10

ตารางภาคผนวกที่ 16 ข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (30 วัน)

treatment		เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		0.90	0.95	0.97	0.94
ควบคุม (โดโลไมท์)		1.51	2.08	2.17	1.92
Buffering Method (ปูนขาว)		1.40	1.44	1.43	1.42
Buffering Method (โดโลไมท์)		2.09	2.77	2.03	2.30
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	1.30	1.35	1.34	1.33
	pH 6.0	1.40	1.44	1.42	1.42
	pH 6.5	1.37	1.40	1.40	1.39
	pH 6.9	1.43	1.47	1.45	1.45
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	2.16	2.57	2.39	2.38
	pH 6.0	2.55	2.50	2.75	2.60
	pH 6.5	2.41	2.71	2.53	2.55
	pH 6.9	1.86	2.31	2.61	2.26

ตารางภาคผนวกที่ 17 ข้อมูลขนาดฝักข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (30 วัน)

treatment		ขนาดฝัก (cm)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		1.20	1.60	1.30	1.37
ควบคุม (โดโลไมท์)		2.74	2.56	2.46	2.59
Buffering Method (ปูนขาว)		5.28	5.53	5.40	5.40
Buffering Method (โดโลไมท์)		3.23	4.39	3.86	3.83
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	2.10	2.50	3.10	2.57
	pH 6.0	4.30	5.10	4.70	4.70
	pH 6.5	5.05	5.30	5.19	5.18
	pH 6.9	5.50	5.75	5.61	5.62
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	1.93	3.13	2.51	2.52
	pH 6.0	3.58	3.65	3.69	3.64
	pH 6.5	3.35	3.44	3.31	3.37
	pH 6.9	1.47	2.92	2.22	2.20

ตารางภาคผนวกที่ 18 ข้อมูลความสูงข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (90 วัน)

treatment		ความสูง (cm)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		82	82	82	82
ควบคุม (โดโลไมท์)		114	115	144	125
Buffering Method (ปูนขาว)		152	153	152	152
Buffering Method (โดโลไมท์)		137	180	147	155
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	142	143	142	142
	pH 6.0	152	153	153	153
	pH 6.5	150	151	150	150
	pH 6.9	154	155	154	154
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	141	169	127	145
	pH 6.0	168	169	172	169
	pH 6.5	160	168	158	162
	pH 6.9	126	143	175	148

ตารางภาคผนวกที่ 19 ข้อมูลจำนวนใบข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (90 วัน)

treatment		จำนวนใบ (cm)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		7	8	8	7
ควบคุม (โดโลไมท์)		9	8	10	9
Buffering Method (ปูนขาว)		12	13	12	12
Buffering Method (โดโลไมท์)		11	12	10	11
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	11	12	12	12
	pH 6.0	12	13	12	12
	pH 6.5	12	12	12	12
	pH 6.9	12	13	13	13
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	10	11	9	10
	pH 6.0	10	11	11	11
	pH 6.5	10	11	11	11
	pH 6.9	10	11	12	11

ตารางภาคผนวกที่ 20 ข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (90 วัน)

treatment		เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		1.08	1.15	1.13	1.12
ควบคุม (โดโลไมท์)		2.08	1.99	2.17	2.08
Buffering Method (ปูนขาว)		2.05	2.11	2.09	2.08
Buffering Method (โดโลไมท์)		2.92	2.11	1.95	2.33
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	1.95	2.00	1.99	1.98
	pH 6.0	2.05	2.12	2.10	2.09
	pH 6.5	2.01	2.06	2.05	2.04
	pH 6.9	2.08	2.16	2.12	2.12
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	2.38	2.05	2.15	2.19
	pH 6.0	2.40	2.29	2.15	2.28
	pH 6.5	2.08	2.03	2.46	2.19
	pH 6.9	2.14	1.82	2.43	2.13

ตารางภาคผนวกที่ 21 ข้อมูลขนาดฝักข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (90 วัน)

treatment		ขนาดฝัก (cm)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		3.60	3.40	4.20	3.73
ควบคุม (โดโลไมท์)		5.58	5.50	5.54	5.54
Buffering Method (ปูนขาว)		5.75	6.45	6.00	6.07
Buffering Method (โดโลไมท์)		6.35	7.36	6.86	6.86
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	4.70	4.95	4.81	4.82
	pH 6.0	4.80	5.55	6.10	5.48
	pH 6.5	5.90	6.20	5.70	5.93
	pH 6.9	5.60	6.70	6.30	6.20
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	4.96	6.23	5.60	5.60
	pH 6.0	6.62	6.72	6.67	6.67
	pH 6.5	6.31	6.43	6.37	6.37
	pH 6.9	4.47	5.96	5.22	5.22

ตารางภาคผนวกที่ 22 ข้อมูลความสูงข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (110 วัน)

treatment		ความสูง (cm)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		108	109	109	108
ควบคุม (โดโลไมท์)		117	119	158	131
Buffering Method (ปูนขาว)		196	197	196	196
Buffering Method (โดโลไมท์)		146	184	151	160
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	185	186	185	185
	pH 6.0	197	198	198	198
	pH 6.5	194	195	194	194
	pH 6.9	198	199	199	199
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	143	171	133	149
	pH 6.0	169	173	188	177
	pH 6.5	158	177	167	167
	pH 6.9	133	144	183	153

ตารางภาคผนวกที่ 23 ข้อมูลจำนวนใบข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (110 วัน)

treatment		จำนวนใบ (cm)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		9	9	9	9
ควบคุม (โดโลไมท์)		9	8	10	9
Buffering Method (ปูนขาว)		14	14	14	14
Buffering Method (โดโลไมท์)		11	11	10	10
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	14	14	14	14
	pH 6.0	14	14	14	14
	pH 6.5	14	14	14	14
	pH 6.9	14	15	14	14
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	9	11	10	10
	pH 6.0	11	11	11	11
	pH 6.5	11	10	11	10
	pH 6.9	11	11	11	11

ตารางภาคผนวกที่ 24 ข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (110 วัน)

treatment		เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		1.38	1.45	1.43	1.42
ควบคุม (โดโลไมท์)		1.77	1.69	2.28	1.91
Buffering Method (ปูนขาว)		2.40	2.46	2.43	2.43
Buffering Method (โดโลไมท์)		1.85	2.37	1.65	1.96
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	2.28	2.35	2.33	2.32
	pH 6.0	2.40	2.48	2.44	2.44
	pH 6.5	2.35	2.42	2.39	2.39
	pH 6.9	2.44	2.50	2.47	2.47
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	1.82	1.98	1.81	1.87
	pH 6.0	2.24	2.15	2.51	2.30
	pH 6.5	1.79	2.17	2.14	2.03
	pH 6.9	1.65	1.65	1.92	1.74

ตารางภาคผนวกที่ 25 ข้อมูลขนาดฝักข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน (110 วัน)

treatment		ขนาดฝัก (cm)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		8.10	8.35	8.27	8.24
ควบคุม (โดโลไมท์)		10.63	10.62	13.48	11.58
Buffering Method (ปูนขาว)		11.85	12.35	11.60	11.93
Buffering Method (โดโลไมท์)		11.64	13.56	11.56	12.25
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	10.60	10.80	10.10	10.50
	pH 6.0	11.20	12.30	11.40	11.63
	pH 6.5	11.60	12.30	12.10	12.00
	pH 6.9	12.10	12.40	11.10	11.87
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	10.55	11.57	11.55	11.22
	pH 6.0	12.77	12.73	14.74	13.41
	pH 6.5	11.43	14.72	11.68	12.61
	pH 6.9	8.79	11.12	11.64	10.52

ตารางภาคผนวกที่ 26 ข้อมูลน้ำหนักสดข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน

treatment		น้ำหนักสด (kg)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		1046	1065	1064	1058
ควบคุม (โดโลไมท์)		1059	1078	1077	1071
Buffering Method (ปูนขาว)		1905	1929	1914	1916
Buffering Method (โดโลไมท์)		1928	1950	1939	1939
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	1633	1658	1643	1645
	pH 6.0	1936	1955	1949	1947
	pH 6.5	1865	1885	1876	1876
	pH 6.9	1945	1972	1952	1956
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	1646	1671	1656	1658
	pH 6.0	1949	1968	1962	1960
	pH 6.5	1878	1898	1889	1889
	pH 6.9	1958	1985	1965	1969

ตารางภาคผนวกที่ 27 ข้อมูลน้ำหนักผลผลิตข้าวโพดของดินหลังการปรับปรุงด้วยปูน

treatment		น้ำหนักผลผลิต (kg)			
		R1	R2	R3	R4
ควบคุม (ปูนขาว)		802	821	820	814
ควบคุม (โดโลไมท์)		815	834	833	827
Buffering Method (ปูนขาว)		1461	1491	1470	1474
Buffering Method (โดโลไมท์)		1481	1510	1491	1494
Lime Incubation Method (ปูนขาว)	pH 5.5	1250	1275	1269	1265
	pH 6.0	1482	1509	1495	1495
	pH 6.5	1431	1456	1440	1442
	pH 6.9	1491	1526	1500	1505
Lime Incubation Method (โดโลไมท์)	pH 5.5	1263	1288	1282	1278
	pH 6.0	1495	1522	1508	1508
	pH 6.5	1444	1469	1453	1455
	pH 6.9	1504	1539	1513	1518

ภาพภาคผนวกที่ 1 การเก็บตัวอย่างดิน

ภาพภาคผนวกที่ 2 การไถเตรียมแปลง

ภาพภาคผนวกที่ 3 การวัดแปลงเพื่อแบ่งตำรับการทดลอง

ภาพภาคผนวกที่ 4 การแบ่งตำรับการทดลอง

ภาพภาคผนวกที่ 5 การใส่ปูนตามที่กำหนดในตำรับการทดลอง

ภาพภาคผนวกที่ 6 การหยอดปุ๋ย

ภาพภาคผนวกที่ 7 การพ่นสารกำจัดศัตรูพืช

ภาพภาคผนวกที่ 8 การวัดความสูงต้น

ภาพภาคผนวกที่ 9 การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น

ภาพภาคผนวกที่ 9 ผลผลิตข้าวโพด