สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

ประสิทธิภาพของปูนจากโรงงานกระดาษในการแก้ไขปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด

Efficiency of Lime from Pulp Factory in Amelioration of Acid Sulfate Soils

โดย

นายนพรัตน์ วิชชจุฑากุล

เสนอ

วน.
26184
เลขหมู่ 543
เลขทะเบียน 40029
วัน, เดือน, ปี 24 ก.ค. 2544

ภาควิชาปฐพีวิทยา
คณะเทคโนโลยีการเกษตร

.b.....
.i.....

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษ

ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

ประสิทธิภาพของปูนจากโรงงานกระดาษในการแก้ไขปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด

Efficiency of Lime from Pulp Factory in Amelioration of Acid Sulfate Soils

โดย

นายนพรัตน์ วิชชจุฑากุล

.....

(อาจารย์อนันต์ วิสัยเกษม)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(ผศ.ดร.อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น)

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

23 / 5 / 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รองหน้าอ.วรรณ.
ปกคุมหัวเรื่องมาเรียบร้อยดีแล้ว
12/01/2549 ฮิฮิ!
เปลี่ยนเร็วๆอย่างนี้!

คำนิยม

ขอขอบพระคุณบุคคลท่านต่างๆ ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจนทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอบพระคุณ อาจารย์อนันต์ วิสัยเกษม อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่กรุณาชี้แนะ และให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการทำปัญหาพิเศษเรื่องนี้ และขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำต่างๆ ในการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้

ขอขอบคุณ คุณนุจรี บุญแปลง และ คุณนารี พันธุ์จินดาวรรณ ที่คอยสอนและแนะนำในด้านการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ รวมถึง คุณสมจิตร มั่งนาค และ คุณทองม้วน สุนทรา ที่อำนวยความสะดวกในการเบิกและคืนอุปกรณ์ต่างๆ ขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาปฐพีวิทยา รุ่น 13 ทุกท่าน ขอบคุณ คุณพรพิมล กิริวรรณา คุณศักดิ์ชัย ปาคำดี และคุณคุณธน จิรธนโชติ ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

สุดท้ายกราบขอบพระคุณบุคคลพิเศษสองท่าน บิดาและมารดา ที่ให้ทุกๆอย่าง จนสามารถทำปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นพรัตน์ วิชชจุฑากุล

พฤษภาคม 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพของปูนจากโรงงานกระดาษในการแก้ไขปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด

Efficiency of Lime from Pulp Factory in Amelioration of Acid Sulfate Soils

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของปูนจากโรงงานกระดาษในการแก้ไขปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดในสภาพดินไร่ โดยเปรียบเทียบกับปูน $CaCO_3$ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อน โดยทำการทดลองในกระถาง วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 10 ตำรับการทดลอง ประกอบด้วยปูนจากโรงงานกระดาษและปูน $CaCO_3$ ในอัตรา 9200 , 9900 , 10500 , 11.100 กก./ไร่ โดยทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับควบคุมมีการใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ สำหรับตำรับที่มีการใส่ปูนจะทำการคลุกปูนและดินแล้วหมักไว้ในสภาพความชื้นที่ field capacity เป็นเวลา 1 เดือน แล้วจึงปลูก

ผลการทดลองพบว่า ปูนจากโรงงานกระดาษสามารถเพิ่ม pH ในดินเปรี้ยวจัดได้ใกล้เคียงกันปูน $CaCO_3$ โดยในตำรับที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษในอัตรา 11000 กก./ไร่ มีค่า pH 6.8 ส่วนในตำรับที่ใส่ปูน $CaCO_3$ ในอัตราเดียวกัน มีค่า pH 7.5 ส่วนประสิทธิภาพของปูนจากโรงงานกระดาษต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อน พบว่า ปริมาณผลผลิต ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมดในข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งใกล้เคียงกับการใส่ปูน $CaCO_3$ ดังนั้น ปูนจากโรงงานกระดาษจึงน่าจะนำมาใช้แก้ไขปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

สารบัญ	หน้า
สารบัญตาราง	a
สารบัญกราฟ	d
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	3
การตรวจเอกสาร	6
ผลการทดลอง	22
วิจารณ์ผลการทดลอง	49
สรุปผลการทดลอง	51
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงพื้นที่ดินเปรี้ยวของที่ราบภาคกลางตอนใต้ของประเทศไทย	14
2	อิทธิพลของอะลูมินัม (Al) และ pH ต่อการเจริญเติบโตของข้าวบาร์เลย์	16
3	สมบัติของปูนจากโรงงานกระดาษ และปูน $CaCO_3$	20
4	ความเป็นกรด-ด่างของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูกข้าวโพด	23
5	ค่าการนำไฟฟ้าของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูกข้าวโพด	25
6	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูกข้าวโพด	27
7	ปริมาณโพแทสเซียมของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูกข้าวโพด	29
8	ปริมาณแคลเซียมของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูกข้าวโพด	31
9	ปริมาณแมกนีเซียมของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูกข้าวโพด	33
10	น้ำหนักฝักสดของข้าวโพดฝักอ่อน	35
11	น้ำหนักต้นสดของข้าวโพดฝักอ่อน	36
12	น้ำหนักสดของต้นและฝักข้าวโพดฝักอ่อน	37
13	น้ำหนักแห้งของฝักข้าวโพดฝักอ่อน	39
14	น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดฝักอ่อน	40
15	น้ำหนักแห้งของต้นและฝักข้าวโพดฝักอ่อน	41
16	ปริมาณไนโตรเจนในข้าวโพดฝักอ่อน	43
17	ปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพดฝักอ่อน	44
18	ปริมาณโพแทสเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน	45
19	ปริมาณแคลเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน	47
20	ปริมาณแมกนีเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ หน้า

1	คุณสมบัติทางเคมีของดินในแต่ละ Treatment ที่มีการใส่ปูนก่อนปลูกข้าวโพดฝักอ่อน	55
2	คุณสมบัติทางเคมีของดินในแต่ละ Treatment หลังปลูกข้าวโพดฝักอ่อน	56
3	ผลของปูนทั้งสองชนิดต่อปริมาณผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อน	57
4	ผลของปูนทั้งสองชนิดต่อปริมาณธาตุอาหารข้าวโพดฝักอ่อน	58
5	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ความเป็นกรด-ด่างของดินก่อนปลูกข้าวโพดฝักอ่อน	59
6	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ความเป็นกรด-ด่างของดินหลังปลูกข้าวโพดฝักอ่อน	59
7	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าการนำไฟฟ้าของดินก่อนปลูกข้าวโพดฝักอ่อน	60
8	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าการนำไฟฟ้าของดินหลังปลูกข้าวโพดฝักอ่อน	60
9	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินก่อนปลูกข้าวโพดฝักอ่อน	61
10	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินหลังปลูกข้าวโพดฝักอ่อน	61
11	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณโพแทสเซียมของดินก่อนปลูกข้าวโพดฝักอ่อน	62
12	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณโพแทสเซียมของดินหลังปลูกข้าวโพดฝักอ่อน	62
13	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณแคลเซียมของดินก่อนปลูกข้าวโพดฝักอ่อน	63
14	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณแคลเซียมของดินหลังปลูกข้าวโพดฝักอ่อน	63
15	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณแมกนีเซียมของดินก่อนปลูกข้าวโพดฝักอ่อน	64
16	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณแมกนีเซียมของดินหลังปลูกข้าวโพดฝักอ่อน	64
17	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ น้ำหนักฝักสดของข้าวโพดฝักอ่อน	65
18	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ น้ำหนักฝักแห้งของข้าวโพดฝักอ่อน	65
19	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ น้ำหนักสดของต้นข้าวโพดฝักอ่อน	66
20	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดฝักอ่อน	66
21	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ น้ำหนักสดฝัก+ต้นของข้าวโพดฝักอ่อน	67
22	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ น้ำหนักแห้งฝัก+ต้นของข้าวโพดฝักอ่อน	67
23	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณไนโตรเจนในข้าวโพดฝักอ่อน	68
24	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพดฝักอ่อน	68
25	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณโพแทสเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน	69
26	แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณแคลเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

27 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณแมกนีเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญกราฟ

กราฟที่		หน้า
1	แสดงการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่างของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูก	23
2	แสดงการเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูก	25
3	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินก่อนปลูกและหลังปลูก	27
4	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโพแทสเซียมของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูก	29
5	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูก	31
6	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแมกนีเซียมของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูก	33
7	แสดงน้ำหนักฝักสดของข้าวโพดฝักอ่อน	35
8	แสดงน้ำหนักสดของต้นข้าวโพดฝักอ่อน	36
9	แสดงน้ำหนักสดรวมของต้นข้าวโพดฝักอ่อน	37
10	แสดงน้ำหนักแห้งของฝักข้าวโพดฝักอ่อน	39
11	แสดงน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดฝักอ่อน	40
12	แสดงน้ำหนักแห้งรวมของต้นข้าวโพดฝักอ่อน	41
13	แสดงปริมาณไนโตรเจนในข้าวโพดฝักอ่อน	43
14	แสดงปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพดฝักอ่อน	44
15	แสดงปริมาณโพแทสเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน	45
16	แสดงปริมาณแคลเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน	47
17	แสดงปริมาณแมกนีเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพของปูนจากโรงงานกระดาษในการแก้ไขปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด

Efficiency of Lime from Pulp Factory in Amelioration of Acid Sulfate Soils

คำนำ

ดินเปรี้ยวจัด (acid sulfate soil) นับว่าเป็นดินที่ก่อให้เกิดปัญหามากมายทางการเกษตร ซึ่งมีผลกระทบอย่างมากต่อสภาพเศรษฐกิจและสังคมของประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ดินดังกล่าว พบว่ามีพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดแพร่กระจายอยู่ตามบริเวณต่างๆ ของโลกประมาณ 78.1 ล้านไร่

พื้นที่ดินเปรี้ยวจัดของประเทศไทยมีทั้งหมดประมาณ 9.4 ล้านไร่ ส่วนใหญ่แพร่กระจายอยู่อย่างหนาแน่นแถบบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนใต้ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 5.6 ล้านไร่ ส่วนดินเปรี้ยวจัดในแถบบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศ และชายฝั่งทะเลตะวันออกของภาคใต้มีประมาณ 3.8 ล้านไร่ ดินเปรี้ยวจัดในบริเวณตอนใต้ของที่ราบลุ่มภาคกลางนั้นเป็นพื้นที่กว้างใหญ่ มีอาณาเขตติดต่อครอบคลุมพื้นที่หลายจังหวัด ได้แก่ จังหวัดปทุมธานี นครนายก ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี สระบุรี พระนครศรีอยุธยา นครปฐม และสุพรรณบุรี เมื่อพิจารณาสภาพพื้นที่บริเวณจังหวัดต่างๆ เหล่านี้พบว่าเป็นที่ราบลุ่มน้ำขังอยู่ตลอดช่วงฤดูฝน คุณสมบัติของดินเป็นดินเหนียวจัด และจากการสำรวจดินในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด พบว่าประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด เป็นพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดปานกลางถึงเปรี้ยวจัดรุนแรง ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้บริเวณพื้นที่ดังกล่าวให้ผลผลิตต่ำ ดังนั้นการแก้ไขปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดจึงจำเป็นต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วนและต่อเนื่อง

เมื่อพิจารณาถึงปัญหาอุปสรรคของดินเปรี้ยวจัดพบว่า ความเป็นกรดจัดอย่างรุนแรงของดินเป็นสาเหตุสำคัญที่จำกัดการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช เพราะทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารหลักของพืชลดลงหรือมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในระดับต่ำได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดความเป็นพิษอันเนื่องมาจากอะลูมินั่ม เหล็ก และแมงกานีส ละลายออกมามากจนถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่ปลูก อีกทั้งความเป็นกรดจัดยังมีผลทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินมีประโยชน์ลดลง การใส่ปูนเป็นวิธีแก้ไขปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง การศึกษานี้จะเป็นการศึกษาประสิทธิภาพของปูนจากโรงงานกระดาษ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ในการแก้ไขปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดในสภาพดินไร่ โดยเปรียบเทียบกับปูน $CaCO_3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของปูนจากโรงงานกระดาษและปูน$CaCO_3$ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในดินเปรี้ยวจัดในสภาพดินไร่
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของปูนจากโรงงานกระดาษและปูน$CaCO_3$ ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต (น้ำหนักแห้ง) และองค์ประกอบทางเคมีของพืชที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดในสภาพดินไร่
3. เพื่อหาแนวทางในการใช้ปูนจากโรงงานกระดาษแก้ไขปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์

1. ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินเปรี้ยวจัด
2. ปูนจากโรงงานกระดาษที่ได้จากขั้นตอนการผลิตน้ำยาเคมีกลับคืน
3. ปูน $CaCO_3$
4. กระถางปลูกต้นไม้
5. ข้าวโพดฝักอ่อน
6. ปุ๋ยเคมี
7. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ
8. เครื่องมือวิทยาศาสตร์สำหรับวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

2. วิธีการทดลอง

ทำการทดลองปลูกข้าวโพดฝักอ่อนในกระถางปลูกจำนวน 30 กระถาง ซึ่งทำการทดลอง 10 treatment , 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ CRD

1. ทำการเก็บดินที่มีความเป็นกรดจัด
2. บรรจุดินลงกระถาง 6 กิโลกรัม/กระถาง พร้อมกับคลุกเคล้าปูนโดยใช้ ปูน$CaCO_3$ และปูนจากโรงงานกระดาษ

   โดยการทดลองมี 10 treatment ดังนี้ คือ

   Treatment ที่ 1 control (ไม่ใส่ปูนและไม่ใส่ปุ๋ยเลย)

   Treatment ที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว

   Treatment ที่ 3 ใส่ปูนจากโรงงานกระดาษในอัตรา 9,200 กก./ไร่+ ปุ๋ยเคมี

   Treatment ที่ 4 ใส่ปูนจากโรงงานกระดาษในอัตรา 9,900 กก./ไร่+ ปุ๋ยเคมี

   Treatment ที่ 5 ใส่ปูนจากโรงงานกระดาษในอัตรา 10,500 กก./ไร่+ ปุ๋ยเคมี

   Treatment ที่ 6 ใส่ปูนจากโรงงานกระดาษในอัตรา 11,100 กก./ไร่+ ปุ๋ยเคมี

   Treatment ที่ 7 ใส่ปูน $CaCO_3$ ในอัตรา 9,200 กก./ไร่+ ปุ๋ยเคมี

   Treatment ที่ 8 ใส่ปูน $CaCO_3$ ในอัตรา 9,900 กก./ไร่+ ปุ๋ยเคมี

   Treatment ที่ 9 ใส่ปูน $CaCO_3$ ในอัตรา 10,500 กก./ไร่+ ปุ๋ยเคมี

   Treatment ที่ 10 ใส่ปูน $CaCO_3$ ในอัตรา 11,100 กก./ไร่+ ปุ๋ยเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใส่ปุ๋ยเคมี ใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก. ไร่ สำหรับ treatment ที่มีการใส่ปูนได้ทำการคลุกปูนและดินแล้วหมักไว้ในสภาพความชื้นที่ field capacity เป็นเวลา 1 เดือน จึงคลุกปุ๋ย

3. ปลูกข้าวโพดฝักอ่อน จำนวน 1 ต้น / กระถาง เมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตให้ผลผลิต (ประมาณ 50 วัน) ก็จะทำการเก็บผลผลิต
   - ชั่งน้ำหนักสด
   - ชั่งน้ำหนักแห้ง
   - ชั่งน้ำหนักฝักสด / ฝักแห้ง
4. ทำการวิเคราะห์พืช วิเคราะห์ดินหลังปลูกและดินก่อนปลูก
5. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ Analysis of Varian (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้ Duncan
6. เปรียบเทียบผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

3. การวิเคราะห์ดิน

1. ความเป็นกรดเป็นด่าง โดยใช้เครื่องวัด pH (pH Meter Model HI 8424) อัตราส่วนดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1

2. ค่าการนำไฟฟ้าของดิน วัดโดยเครื่อง EC (EC Meter Model HI 8733) อัตราส่วนดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1

3. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยใช้น้ำยาสกัด Bray II (0.1N HCl + 0.3N NH_4F) ใช้น้ำยาสกัดในอัตราส่วน 1:10 เขย่านาน 60 นาที และ develop สีโดยใช้ ascorbic acid เป็นตัว reducing agent แล้ววัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Spectrophotometer Model Sprctonic 21

4. ปริมาณโพแทสเซียม. แคลเซียม และแมกนีเซียม สกัดดินด้วย 1N NH_4OAc pH 7.0 และหาค่าโดยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer Model Hitachi Z8200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์พืช

1. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืช ย่อยสลายโดยวิธี Kjeldahl โดยใช้กรด H_2SO_4 เข้มข้น หาปริมาณไนโตรเจนด้วยการนำไปกลั่น โดยใช้ Boric indicator acid 4% เป็นตัวจับ NH_4OH แล้วไตเตรทด้วยกรด H_2SO_4

2. ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืชย่อยสลายโดยวิธี acid mixture digestion ใช้ mixed acid HNO_3 : H_2SO_4 : $HclO_4$ อัตราส่วน 10:1:2 และใช้สารละลาย Molybdate Vanadate เป็นตัว develop สี วัดหาค่า % Transmittance ที่ Wavelength 420 nm ด้วยเครื่อง Spectrophotometer Model Sprectonic 21

3. ปริมาณโพแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมดในพืช โดยย่อยสลายด้วยวิธี acid mixture digestion ใช้ mixed acid HNO_3 : H_2SO_4 : $HclO_4$ ในอัตรา 10:1:2 ในการ digestion และวัดปริมาณธาตุต่างๆ ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer Model Hitachi Z8200

สถานที่ทดลอง

ชั้น 5 (ตึกเจ้าคุณทหารฯ) ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถานที่ทำการวิเคราะห์ดินและพืช

ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาที่ทดลอง

พฤศจิกายน 2543 ถึง เมษายน 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

เมื่อพิจารณาถึงดินที่มีปัญหาทางการเกษตรเนื่องจากสมบัติของดินที่เป็นกรดประเทศไทยพบว่ามีดินที่มีลักษณะดังกล่าวอยู่ 3 ประเภท ได้แก่

1. ดินเปรี้ยวจัดหรือดินกรดกำมะถัน (acid sulfate soil) เป็นดินที่เกิดจากตะกอนน้ำทะเลหรือตะกอนน้ำกร่อย ที่มีสารประกอบของกำมะถันซึ่งจะเปลี่ยนเป็นกรดกำมะถันในชั้นหน้าตัดของดินทำให้เป็นดินที่มีความเป็นกรดสูง ความอุดมสมบูรณ์ต่ำมาก ขาดธาตุอาหารฟอสฟอรัสและไนโตรเจนอย่างรุนแรง มีสารพิษจากเหล็กและอะลูมินั่มมากจนเป็นอันตรายต่อพืช

2. ดินอินทรีย์ หรือโดยทั่วไป เรียกว่า ดินพรุ ในประเทศไทยมีดินที่เป็นดินอินทรีย์ทั้งหมดประมาณ 505.000 ไร่ ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของดินอินทรีย์ แพร่กระจายอยู่อย่างหนาแน่นบริเวณเขตติดต่อชายแดนไทยและมาเลเซีย ที่เหลือพบว่ามีอยู่ในจังหวัดอื่นๆ ของภาคใต้และภาคตะวันออก พื้นที่บริเวณพรุที่เป็นแหล่งดินอินทรีย์นั้นตามธรรมชาติเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำขังอยู่ตลอดปีเกิดจากการทับถมของพืชต่างๆ ที่เปื่อยผุพังเป็นชั้นหนาตั้งแต่ 40 เซนติเมตรไปจนถึงประมาณ 10 เมตร มีการสลายตัวอย่างช้าๆ ซึ่งการสลายตัวทำให้กรดอินทรีย์ถูกปลดปล่อยออกมาสะสมอยู่อย่างต่อเนื่อง ดินชนิดนี้มีปริมาณแร่ดินเหนียวต่ำ มีปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในปริมาณที่ต่ำมาก ดินอินทรีย์ที่พบในบริเวณที่ราบลุ่มตามชายทะเลจะมีดินที่เรียกว่าดินเปรี้ยวจัดแฝงเกิดขึ้นอยู่ชั้นล่าง ถ้ามีการระบายน้ำออกจากพื้นที่บริเวณพรุจนถึงระดับของดินเปรี้ยวจัดแฝงจะก่อให้เกิดปัญหาใหม่ตามมาคือเกิดกรดกำมะถันขึ้น ทำให้มีปัญหาซ้ำซ้อนทั้งเป็นดินเปรี้ยวจัดและดินอินทรีย์ ซึ่งจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงแก้ไขเพิ่มขึ้นอีก

3. ดินกรด เป็นดินเก่าอายุมากพบเกือบทั่วประเทศ จัดอยู่ใน Order Ultisols และ Order Oxisols ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 44 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งประเทศ (ประมาณ 228.098 ตารางกิโลเมตร หรือ 140 ล้านไร่) ซึ่งเป็นดินใน Order Ultisols จำนวน 226.918 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 139.9 ล้านไร่ และอยู่ใน Order Oxisols ประมาณ 1.180 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 737.500 ไร่ ดินกรดส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณภาคตะวันตกออกเฉียงเหนือ ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 64 ล้านไร่ ภาคใต้ประมาณ 25 ล้านไร่ ภาคเหนือและภาคตะวันตกประมาณ 18 ล้านไร่ ภาคกลางประมาณ 17 ล้านไร่ ภาคตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 7 ล้านไร่ ดินกรดเกิดขึ้นบริเวณพื้นที่เขตร้อนชื้นมีฝนชุก ดินผ่านขบวนการชะล้างหรือดินถูกใช้ประโยชน์มาเป็นเวลานาน ทำให้ธาตุประจุบวกที่เป็นด่างถูกชะล้างไปมาก ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ธาตุที่เป็นด่าง (base saturation) ต่ำ มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเนื่องจากแร่ดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุถูกชะล้างไปด้วย มีค่าความสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ต่ำ ทำให้ความอุดมสมบูรณ์โดยทั่วๆ ไปของดินต่ำถึงต่ำมาก นอกจากนี้ดินยังมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำอีกด้วย

เนื่องจากดินกรดทั้ง 3 ชนิด ดังกล่าวข้างต้นนี้ เป็นดินที่ใช้ทำประโยชน์ในทางการเกษตรอย่างกว้างขวาง ทั้งๆ ที่ดินมีคุณสมบัติเป็นกรดจัด มีปัญหาทางด้านเคมีและกายภาพทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง เพราะความเป็นกรดของดินซึ่งเป็นปัญหาหลักทำให้เกิดผลเสียทั้งทางตรงและทางอ้อมหลายๆ ด้าน การปรับปรุงดินดังกล่าวโดยเฉพาะในดินเปรี้ยวจัดต้องใช้ต้นทุนในการปรับปรุงสูงมากกว่าดินทั่วไป จึงทำให้รายได้หรือผลตอบแทนจากผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่ดังกล่าวลดลงหรือไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

ความหมายและสมบัติบางประการที่ใช้กำหนดความรุนแรงของดินเปรี้ยวจัด

ดินเปรี้ยวจัด ดินกรดจัด หรือดินกรดกำมะถัน (acid sulfate soil) คือดินที่มีหรือกำลังมีหรือได้เคยมีกรดกำมะถันอยู่ในชั้นหน้าตัดของดิน ซึ่งเป็นผลมาจากขบวนการสร้างดิน และปริมาณของกรดที่เกิดขึ้นนั้นมีมากพอที่จะมีผลต่อการควบคุมการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน โดยทั่วไปดินนี้จะมีจุดประสีเหลืองฟางข้าวของสารประกอบที่เรียกว่าจาโรไซท์ (jarosite) ในดินชั้นล่าง ดินนี้มี pH ที่ต่ำมากจนก่อให้เกิดปัญหาและเป็นอุปสรรคต่อการปลูกพืช

ดินเปรี้ยวจัดเป็นดินที่เกิดจากตะกอนของน้ำกร่อย (brackish water alluvium) และตะกอนน้ำทะเล (sea water alluvium) ซึ่งจะมีสารประกอบซัลไฟด์ในรูปของแร่ไพไรท์ สารนี้เมื่อถูกออกซิไดซ์จะให้สารประกอบสีเหลืองฟางข้าวที่เรียกว่า จาโรไซท์ (jarosite) ในหน้าตัดของดิน และมีกรดกำมะถันเกิดขึ้น ดินจะมีปฏิกิริยาเป็นกรดจัดมาก pH ของดินมีค่า 4.5-3.0 หรือต่ำกว่า เป็นผลทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ สามารถแบ่งดินเปรี้ยวจัดออกเป็น 3 ชนิด แยกตามสมบัติของดินอย่างกว้างๆ และได้ให้คำจำกัดความของดินเปรี้ยวจัดแต่ละชนิดไว้ดังต่อไปนี้

1. ดินเปรี้ยวจัดแฝง (potential acid sulfate soil) ได้แก่ดินที่มีศักยภาพที่จะเป็นดินเปรี้ยวจัด มีกำเนิดมาจากตะกอนน้ำทะเล ปริมาณซัลไฟด์โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือแร่ไพไรท์ (FeS_2) สูงประมาณ 1-2.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของตะกอนที่เป็นปูนและตะกอนแร่ต่างๆ ที่มีสมบัติเป็นด่างต่ำ ปัจจุบันดินนี้ยังคงอยู่ในสภาพขังน้ำหรือยังไม่ได้มีการระบายน้ำ ชั้นของดินบนยังมี pH เป็นกลางหรือด่าง (pH 7.0-8.0) ถ้าดินนี้ได้รับการระบายน้ำและมีการถ่ายเทอากาศเกิดขึ้นในชั้นของดิน จะทำให้ดินนี้กลายเป็นดินเปรี้ยวจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ดินเปรี้ยวจัดที่แท้จริง (actual acid sulfate soil) ได้แก่ดินเปรี้ยวจัดที่กำลังมีกรดกำมะถันเกิดขึ้นในดินหนึ่งชั้นหรือมากกว่าหนึ่งชั้น ประกอบด้วยสารประกอบซัลเฟตของอลูมินั่มและเหล็ก ซึ่งมีความเข้มข้นพอที่จะเป็นอุปสรรคต่อพืชที่ปลูกในสภาพไร่นาได้ นอกจากนี้พบว่ามีอลูมินั่มที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable aluminum) ในปริมาณที่สูง มี pH ต่ำกว่า 4.0 นอกจากนี้จะพบสารประกอบสีเหลืองฟางข้าวที่เรียกว่าจาโรไซท์ และบางครั้งอาจพบจุประสีขาวของอลูมินั่มซัลเฟตปะปนอยู่ด้วย

3. ดินเปรี้ยวจัดเทียม (para หรือ pseudo acid sulfate soil) ได้แก่ดินที่เคยมีกรดกำมะถันเกิดขึ้นแล้ว แต่ต่อมากรดดังกล่าวส่วนใหญ่ถูกชะล้างหายไป หรือถูกทำลายไป (อาจถูกสะเทินโดยสารประกอบคาร์บอเนต) จนมีปริมาณเหลืออยู่เพียงเล็กน้อย ไม่ถึงกับเป็นอันตรายหรือทำความเสียหายต่อพืชที่ปลูก ผลของการสะเทินของกรดโดยสารประกอบคาร์บอเนตที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ จะพบผลึกแร่ยิปซั่มที่มีลักษณะคล้ายผลึกแก้วเป็นรูปเข็มอยู่ในชั้นดิน ลักษณะของดินชนิดนี้ส่วนใหญ่จะคล้ายคลึงกับดินเปรี้ยวจัดชนิดที่ 2 แต่จะพบผลึกยิปซั่มเกิดขึ้นทั่วๆ ไปในดินชั้นล่าง ซึ่งสามารถเห็นได้อย่างชัดเจนและมักพบสารประกอบจาโรไซท์ที่เป็นจุดประสีเหลืองฟางข้าวควบคู่กันไปด้วย

ดินที่กำเนิดมาจากตะกอนของน้ำทะเลหรือน้ำกร่อยนั้น เมื่อได้รับการระบายน้ำและมีการถ่ายเทอากาศดีเกิดขึ้นก็จะกลายเป็นดินเปรี้ยวจัดถ้าดินนั้นเป็นดินเปรี้ยวจัดแฝง แต่ถ้าตะกอนมีปริมาณของไพไรท์น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ หรือมีปริมาณตะกอนพวกคาร์บอเนตและแร่บางอย่างที่มีคุณสมบัติเป็นด่างอยู่สูง ซึ่งหลังจากดินพวกนี้ได้รับการระบายน้ำและมีการถ่ายเทอากาศดีเกิดขึ้นกรดกำมะถันที่เกิดขึ้นจะถูกทำลายหมดไปและจะไม่เป็นดินเปรี้ยวจัด ดินประเภทนี้เรียกว่า non-acid marine soils

การเกิดและการแพร่กระจายของดินเปรี้ยวจัด

การกำเนิดของดินเปรี้ยวจัดประกอบด้วยขบวนการที่สำคัญคือกระบวนการเกิดวัตถุต้นกำเนิดดินเปรี้ยวจัด (geogenetic process) และกระบวนการเกิดชั้นดินเปรี้ยวจัด (pedogenetic process) กระบวนการเกิดวัตถุต้นกำเนิดดินเปรี้ยวจัดจะเกี่ยวข้องกับการเกิดไพไรท์ (pyrite) หรือการเกิดซัลไฟด์ ในขณะที่กระบวนการเกิดชั้นดินเปรี้ยวจะเกี่ยวข้องกับการออกซิไดซ์สารไพไรท์เกิดเป็นกรดกำมะถัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กระบวนการเกิดวัตถุต้นกำเนิดดินเปรี้ยวจัด (geogenetic process)

ขบวนการนี้เริ่มต้นด้วยการสะสมของตะกอนที่พัดพามาโดยแม่น้ำ และน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งเป็นอิทธิพลร่วมกันระหว่างน้ำทะเลกับน้ำจืด ก่อให้เกิดสภาพน้ำกร่อย ทำให้มีการตกตะกอนทับถมกันเกิดเป็นพื้นที่ดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ อนุภาคที่มาตกตะกอนทับถมกันได้แก่ ตะกอนทราย ทรายแป้งและตะกอนดินเหนียวรวมทั้งอินทรีย์วัตถุ ตะกอนที่พัดพามาทับถมนี้อาจจะมีตะกอนของสารประกอบซัลไฟด์โดยเฉพาะไพไรท์ (pyrite) รวมอยู่ด้วย เรียกว่า "primary pyrite" ซึ่งปกติจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อระยะเวลาผ่านไปชั้นของตะกอนก็จะเพิ่มความหนามากขึ้นทำให้พื้นผิวด้านบนของตะกอนอยู่สูงขึ้น หรืออาจจะเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางธรณีสัณฐานของผิวโลก ทำให้พื้นที่ชายฝั่งทะเลมีเพิ่มมากขึ้นจากการทับถมของตะกอนเป็นระยะเวลานาน ทำให้ผิวหน้าของตะกอนอยู่ไม่ต่ำจากระดับน้ำมากนักซึ่งยังอยู่ในสภาพน้ำขัง จะมีพืชน้ำบางชนิดที่ชอบขึ้นอยู่แถบพื้นที่ชายเลนซึ่งได้แก่ พืชพวกแสม โกงกาง เสม็ด และลำพู สามารถเจริญเติบโตบนตะกอนชายเลนนี้ได้ ต่อมาเมื่อพืชเหล่านี้ตายเน่าเปื่อยทับถมกัน ส่วนของเศษรากพืชเหล่านี้จะเป็นอาหารของพวกจุลินทรีย์ ซึ่งใช้อินทรีย์วัตถุเหล่านี้เป็นแหล่งให้พลังงานประกอบกับได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเล ซึ่งเป็นแหล่งของซัลเฟตที่ละลายอยู่ในน้ำทะเล และถ้าออกซิเจนมีอยู่จำนวนจำกัดหรือไม่มีเลย สารพวกคาร์บอเนตจะถูกกำจัดออกไปในรูปของไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) สารพวกไบคาร์บอเนตก็จะละลายน้ำสูญหายไปกับกระแสน้ำ ซึ่งสารพวกคาร์บอเนตจะถูกแยกตัวออกไปเนื่องจากได้รับอินทรีย์วัตถุจากพืชอย่างพอเพียง จึงเป็นการป้องกันการตกตะกอนของคาร์บอเนต ทำให้การเกิดตะกอนของไพไรท์ และมีการสะสมตัวอย่างช้าๆ และถ้าระยะเวลานานมากขึ้นปริมาณของไพไรท์ที่สะสมอาจสูงถึง 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับน้ำหนักของดิน ไพไรท์ที่เกิดใหม่นี้เรียกว่า "secondary pyrite" โดยมีปัจจัยที่สำคัญต่อการเกิดการสะสมของไพไรท์ไว้ดังนี้ คือ

1. สภาพที่มีการขังน้ำขาดออกซิเจน (anaerobic condition) จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสารประกอบซัลไฟด์ทั้งหมดเป็นไดซัลไฟด์ และ/หรือซัลไฟด์ถูกออกซิไดซ์เป็นธาตุซัลเฟอร์
2. ต้องมีแหล่งของซัลเฟตที่มีให้อย่างเพียงพอและต่อเนื่องในช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเกิดไพไรท์ โดยปกติในน้ำทะเลมีซัลเฟตอยู่มากมาย ทำให้ไม่เป็นอุปสรรคที่จำกัดในการเกิดไพไรท์
3. ต้องมีแร่เหล็กปรากฏอยู่ในตะกอนที่ทับถมเพียงพอที่จะทำปฏิกิริยากับกำมะถันหรือซัลไฟด์เกิดเป็นไพไรท์ ซึ่งตะกอนของแร่ต่างๆ ของประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไทยจะมีเหล็ก (iron oxide) เพียงพอที่จะทำปฏิกิริยาสำหรับการเกิดและสะสมไพไรท์

4. ต้องมีปริมาณของอินทรีย์วัตถุที่ย่อยสลายได้ง่ายและเพียงพอ โดยได้มาจากส่วนของพืชจากป่าชายเลน เช่น แสม โกงกาง และจาก เป็นต้น
5. ต้องมีแบคทีเรียที่สามารถรีดิวซ์ซัลเฟต (sulfate-reducing bacteria) ได้อย่างพอเพียงซึ่งได้แก่พวก *Desulfovibrio* และ *Desulfotomaculum sp.* ซึ่งปกติมีการดำรงชีวิตอยู่อย่างอิสระในน้ำทะเลทั่วๆ ไป

ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่เกิดขึ้นกับการสะสมไพไรท์ได้แก่ ปริมาณของสารคาร์บอเนตที่มีอยู่ในตะกอน กล่าวคือถ้ามีอิทธิพลของน้ำขึ้นและน้ำลงมาก จะทำให้มีการสูญเสียคาร์บอเนตออกไปในรูปของไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) นอกจากนั้นการสูญเสียไบคาร์บอเนตมีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดสภาพเป็นกรดอ่อนๆ เหมาะสมกับการเกิดไพไรท์ ไพไรท์ที่เกิดขึ้นโดยขบวนการเหล่านี้ จะเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดที่จะมีผลทำให้ดินที่เกิดเป็นดินเปรี้ยวจัด

ในกรณีที่ดินเปรี้ยวจัดหรือดินที่มีซัลเฟตเป็นปริมาณมากเกิดมีน้ำขังอยู่เป็นเวลานานอาจจะเกิดไพไรท์ขึ้นได้อีก ถ้ามีความเหมาะสมดังได้กล่าวมาแล้ว เรียกไพไรท์ที่เกิดใหม่ว่า "tertiary pyrite" โดยจะอยู่ในดินชั้นบนของดินนั้น

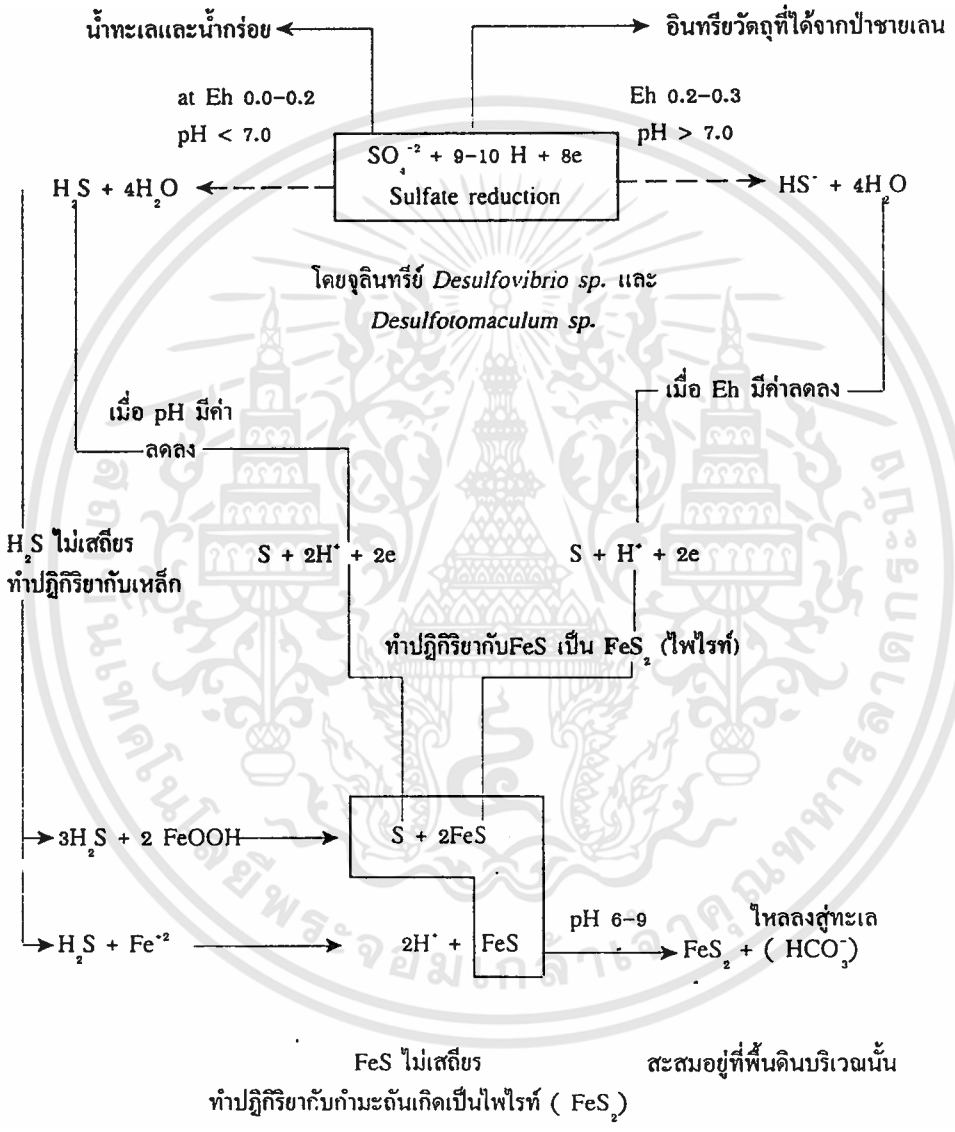
ความเหมาะสมหรือกลไกในการเกิดไพไรท์ (cubic FeS_2) มีดังต่อไปนี้

เกิดรีดักชันของซัลเฟตเป็นซัลไฟด์ โดยกิจกรรมของแบคทีเรียพวก *Desulfovibrio* และ *Desulfotomaculum sp.* ในสภาพขาดออกซิเจน และการย่อยอินทรีย์สารที่มีอยู่ในดิน ทำให้เกิดธาตุกำมะถันและสารประกอบซัลไฟด์ขึ้นโดยเฉพาะก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เนื่องจากในตะกอนใต้น้ำจะมีเหล็กและสารประกอบพวกเหล็ก (Fe^{+2}, $Fe(OH)_3$, FeOOH) ซึ่งได้มาจากแร่เหล็กในดินอยู่เป็นจำนวนมากจึงทำปฏิกิริยากับกำมะถันและซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นเป็น FeS (monosulfide) และกลายเป็นแร่ไพไรท์ (FeS_2 . disulfide) ในที่สุด โดยเกิดออกซิเดชั่นบางส่วนแล้วตกตะกอนเป็นอนุภาคไพไรท์สะสมอยู่บริเวณนั้นโดยที่ตราบใดที่สภาพแวดล้อมเหมาะสม การเกิดไพไรท์ก็จะดำเนินต่อไปจนกระทั่งมีการยกระดับของพื้นผิวบนของตะกอนสูงพ้นน้ำหรือมีการระบายน้ำออกไป และมีการถ่ายเทอากาศเกิดขึ้นขบวนการนี้ก็จะหยุด พบว่าขบวนการเกิดไพไรท์ของดินเปรี้ยวจัด

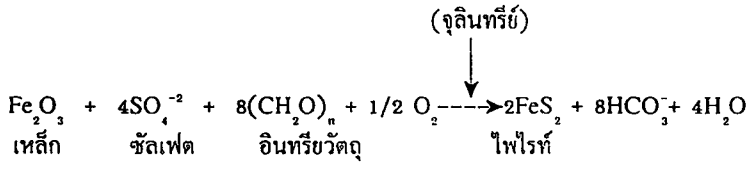
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในประเทศไทยเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 2,500-6,000 ปีมาแล้ว ปฏิกิริยารีดักชั่นของซัลเฟตมีอยู่หลายขบวนการดังสมการดังนี้

การเกิดและการสะสมไพไรท์



สามารถสรุปสมการต่าง ๆ เป็นสมการรวมได้ดังต่อไปนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยานี้เป็นขั้นตอนการเกิดรีดักชั่นของซัลเฟตทั้งหมดเป็นซัลไฟด์ โดยซัลไฟด์ที่ละลายน้ำได้จะทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับเฟอร์รัสไอออนหรือเฟอริกออกไซด์ ทำให้เกิดตะกอนสีดำของเฟอร์รัสซัลไฟด์ เมื่อมีตัวออกซิไดซ์ (oxidiants) เช่น ออกซิเจนหรือเฟอริกไอออน บางส่วนของซัลไฟด์ที่ละลายน้ำได้หรือซัลไฟด์ที่อยู่ในรูปของตะกอนก็จะถูกออกซิไดซ์เป็นธาตุกำมะถัน (S) และธาตุกำมะถันนี้จะเข้าทำปฏิกิริยากับ FeS เกิดเป็นไพไรท์ (FeS_2) ในที่สุด

2. กระบวนการสร้างดินทางปฐพีวิทยา (pedogenetic process)

ขบวนการนี้จะเริ่มเกิดขึ้น เมื่อสภาพแวดล้อมของดินเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นผลมาจากการที่น้ำไม่แช่ขังอยู่ในดินเป็นระยะถาวรอีกต่อไป มีช่วงแห้งเกิดขึ้นเป็นบางช่วงในรอบปี การเปลี่ยนแปลงทางธรณีสัณฐาน เช่น การถอยร่นของฝั่งทะเล (regression of shoreline) จะทำให้พื้นที่นั้นน้ำไม่ท่วมอย่างถาวรอีกต่อไป หรือเกิดจากการระบายน้ำออกไปโดยมนุษย์เพื่อใช้ในกิจการต่างๆ

การเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้ดินเริ่ม "สุก" (ripening) หรือ "แข็ง" หรือ "แปรสภาพ" การแปรสภาพของดินดังกล่าว ได้แก่ การแปรสภาพทางกายภาพ (physical ripening) ทางชีวะ (biological ripening) และทางเคมี (chemical ripening) ขบวนการทั้ง 3 ชนิดนี้อาจเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน หรือใกล้เคียงกันก็ได้แล้วแต่กรณี รายละเอียดของแต่ละขบวนการ อธิบายได้ดังนี้

- ขบวนการแปรสภาพทางกายภาพ (physical ripening) ได้แก่ ขบวนการที่ดินเริ่มแปรสภาพจากดินเลนเป็นดินที่มีความแข็งตัวขึ้น ขบวนการนี้เริ่มขึ้นเมื่อน้ำถูกระบายออกไป หรือเมื่อน้ำแห้งลง การแตกระแหงของดินในฤดูแล้งและการมีพืชพรรณขึ้นอยู่ จะเป็นการช่วยเร่งให้ดินสูญเสียน้ำและทำให้ดินแข็งตัวเร็วขึ้นเป็นทวีคูณ

- ขบวนการแปรสภาพทางเคมี (chemical ripening) ขบวนการนี้จะเริ่มต้นจากการที่สารไพไรท์ถูกออกซิไดซ์แล้วให้กรดกำมะถัน และเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่นๆ หรือทำให้เกิดสารประกอบต่างๆ เช่น สารประกอบจาโรไซท์ หรือเกิดจุดประสีสนิมเหล็ก หรือสีแดงขึ้น

ธาตุโพแทสเซียม (K^+) ที่เกิดมาจากการสลายตัวของแร่ดินเหนียวต่างๆ ที่มีอยู่ในตะกอนมีบทบาทสำคัญในการที่ทำให้ดินเกิดจุดประสีเหลืองฟางข้าว (jarosite) ซึ่งเป็นสารประกอบที่แสดงให้เห็นว่าขบวนการทางเคมีได้เกิดขึ้นจนเกือบสมบูรณ์แล้ว อย่างไรก็ตามสารประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาโรไซท์ดังกล่าวอาจจะแปรสภาพไปได้อีกโดยการทำปฏิกิริยากับน้ำ (hydrolysis) ซึ่งจะทำให้สารจาโรไซท์เปลี่ยนไปเป็นสารเกอร์ไทท์ (goethite) ที่มักจะเป็นจุดประสีน้ำตาลแดง

สรุปแล้ว ขบวนการนี้เป็นขบวนการแปรสภาพของสารไพไรท์ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อดินนั้นแห้ง หรือถูกอากาศ (oxidized) ปฏิกิริยาทางเคมีปลีกย่อยนอกเหนือไปจากที่กล่าวมาแล้วยังมีอีกมาก ขึ้นอยู่กับค่า pH และสารประกอบต่างๆ ที่มีอยู่ในดิน

- ขบวนการแปรสภาพทางชีวะ (biological ripening) ขบวนการนี้เป็นขบวนการส่งเสริมขบวนการแปรสภาพทางเคมีที่จะเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน ทั้งนี้โดยมีจุลินทรีย์ในดินเข้าร่วมปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ทำให้ขบวนการทางเคมีเกิดขึ้นอย่างรุนแรงและรวดเร็วยิ่งขึ้น

ด้วยเหตุที่การเกิดดินเปรี้ยวจัดเกี่ยวข้องกับการสะสมของตะกอนบริเวณปากอ่าว ดังนั้นดินเปรี้ยวจัดของประเทศไทยจึงพบมากบริเวณชายฝั่งทะเล แต่ในบางกรณีอาจพบห่างจากชายทะเลในปัจจุบันประมาณ 50-100 กิโลเมตรก็ได้ ถ้าหากพื้นที่นั้นเป็นตะกอนน้ำทะเลเก่า หรือเป็นดินดอนสามเหลี่ยม (delta) เช่น ในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง ในเขตจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปราจีนบุรี และนครนายก เป็นต้น

ในประเทศไทยมีดินเปรี้ยวจัดแพร่กระจายคิดเป็นพื้นที่ทั้งหมด 9.4 ล้านไร่ คิดเป็น 12 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดของโลกหรือคิดเป็นพื้นที่ 22.4 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดของทวีปเอเชีย โดยมีพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนใต้ ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 5.375.000 ไร่ หรือประมาณ 56 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่เป็นดินเปรี้ยวจัดของประเทศไทย พื้นที่ดินเปรี้ยวจัดที่เหลือจะอยู่บริเวณชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทย โดยเฉพาะบริเวณลุ่มแม่น้ำจันทบุรี และตามชายฝั่งทะเลด้านตะวันออก และตะวันตกของภาคใต้ เช่น บริเวณจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สงขลา นราธิวาส ปัตตานี เป็นต้น สำหรับพื้นที่ดินเปรี้ยวในภาคกลางส่วนใหญ่ใช้ในการปลูกข้าว ผลผลิตข้าวที่ได้อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ คือประมาณ 15-25 ถังต่อไร่ ปัจจุบันมีการใช้พื้นที่นาเปลี่ยนเป็นสวนส้มและมะม่วง ครอบคลุมพื้นที่ไม่น้อยกว่า 3 แสนไร่และกำลังมีการขยายตัวออกไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีผลตอบแทนการผลิตสูงกว่าข้าว นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนพื้นที่นาเป็นบ่อเลี้ยงปลาและเลี้ยงกุ้งเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในบริเวณที่มีคลองชลประทานและมีน้ำตลอดปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การแพร่กระจายของพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด

พื้นที่ดินเปรี้ยวของที่ราบภาคกลางตอนใต้ของประเทศไทย ปรากฏในตารางที่1

ตารางที่1 แสดงพื้นที่ดินเปรี้ยวของที่ราบภาคกลางตอนใต้ของประเทศไทย

ลำดับที่	ชุดดิน	สัญลักษณ์	pH	พื้นที่ (ไร่)
1	บางน้ำเปรี้ยว	Bp	4.0-6.0	224,250
2	ฉะเชิงเทรา			
	ดินเหนียว	Cc	4.5-5.5	872,920
	ดินเหนียวร่วนแป้ง	Cc-si	4.5-5.5	12,340
3	มหาโพธิ์	Ma	4.5-5.5	343,350
4	มหาโพธิ์เหนียวร่วนแป้ง overwash phase	Ma-si	4.5-5.5	48,300
5	อยุธยา	Ay	4.5-7.0	478,280
6	อยุธยา,overwash phase	Ay-r	4.5-7.0	10,500
7	อยุธยา/มหาโพธิ์	Ay/Ma	4.5-7.0	46,720
8	ท่าขวาง	Tp	4.5-5.5	2,620
9	เสนา	Se	4.5-5.0	923,840
10	รังสิต	Rs	4.0-5.0	1,126,390
11	รังสิต high phase	Rs-h	4.0-5.0	1,050
12	ธัญบุรี	Tan	4.0-5.0	165,740
13	เสนา/รังสิต	Se/Rs	4.5-5.0	81,640
14	ดอนเมือง	Dm	5.0-5.5	92,720
15	ชะอำ	Ca	3.0-4.5	35,070
16	รังสิตกรดจัด	Rs/a	3.5-4.5	320,250
17	องครักษ์	Ok	4.0-4.5	77,020
รวมทั้งหมด 17 ชุดดิน				4,863,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิพลของดินเปรี้ยวจัด

1. ผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช

1.1 ความเข้มข้นของสารพิษในดิน

ความเข้มข้นของประจุบวกที่มีในดินกรดส่วนใหญ่จะเป็นพวกไฮโดรเจน (H) อะลูมินัม (Al) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) และกำมะถัน (S) ความเข้มข้นของไฮโดรเจน (H) มีผลกระทบโดยตรงต่อส่วนประกอบต่างๆ ภายในดิน โดยเฉพาะแร่ธาตุ จุลินทรีย์ และระบบรากพืช ความเข้มข้นของไฮโดรเจน (H) สูงๆ ช่วยให้เกิดการสลายตัวของแร่เป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการปล่อยประจุบวกต่างๆ ออกมาอยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable form) มากตามไปด้วย ธาตุประจุบวกเหล่านี้ได้แก่ โพแทสเซียม (K) แมกนีเซียม (Mg) แคลเซียม (Ca) แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) และอะลูมินัม (Al) รวมทั้งเกลือคาร์บอเนต (Carbonate) ฟอสเฟต (Phosphate) และซัลเฟต (Sulfate) จะเพิ่มมากขึ้นด้วยเมื่อดินมี pH ต่ำลง

การปลดปล่อยอะลูมินัม (Al) ในรูปต่างๆ จากดินเหนียวเป็นผลโดยตรง จากการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่มีกรดแฝง (pH dependent) เพราะอะลูมินัม (Al) ถูกดูดซับด้วยแร่ดินเหนียวในรูปของ $Al(OH)^{2+}$ หรือ $Al(OH)_2^{+}$ จะถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในสารละลายดินได้มากขึ้นเมื่อดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น การที่สารละลายดินมีอะลูมินัม (Al) ซึ่งเป็นประจุบวกที่มีความสามารถในการรวมตัวกับธาตุประจุลบอื่นๆ ได้ง่ายนี้ จะส่งผลโดยตรงกับการดูดกินธาตุอาหารของพืช และถ้ามีมากพืชจะดูดธาตุนี้เข้าไปได้มาก ทำให้ความสมดุลของธาตุภายในพืชเสียไปจนพืชชะงักการเจริญเติบโตจนถึงอาจตายได้ตั้งแต่เริ่มปลูก จะเห็นได้ว่าผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชจากความเข้มข้นของอะลูมินัม (Al) ในสารละลายดินจะรุนแรงกว่าความเข้มข้นของไฮโดรเจน (H) (van Breemen and Ponds, 1978; Vacharotayan and Attanandana,1987) จากการทดลองของ Vlamis (1953) ซึ่งหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของบาร์เลย์ที่ปลูกในสารอาหารที่มีระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ต่างกัน 2 ระดับ และที่ระดับปฏิกิริยา (pH) เดียวกันแต่มีความเข้มข้นของอะลูมินัม (Al) ไม่เท่ากัน ดังตารางที่ 2 พบว่า ในสารอาหารที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง 4.2 ซึ่งมีความเข้มข้นของอะลูมินัมไอออน (Al^{3+}) ต่ำ (0.35 ppm.Al) สามารถให้ผลผลิตถึง 315 มิลลิกรัม ซึ่งใกล้เคียงกับสารอาหารที่มีปฏิกิริยา (pH) สูงกว่า คือ 5.8 ซึ่งมีระดับอลูมินัมใกล้เคียงกัน (0.30 ppm.Al) ที่ให้น้ำหนักแห้ง 353 มิลลิกรัม ในขณะที่ความเข้มข้นของอะลูมินัมไอออน (Al^{3+}) เพิ่มขึ้น (1.80 ppm.Al) ที่ระดับปฏิกิริยา (pH) 4.2 กลับให้ผลผลิตต่ำกว่ามาก ให้น้ำหนักแห้งเพียง 139 มิลลิกรัมเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2 อิทธิพลของอะลูมินัม (Al) และ pH ต่อการเจริญเติบโตของข้าวบาร์เลย์

PH	ความเข้มข้นของอะลูมินัม (ppm.Al)	น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัม)
4.2	1.80	139
4.2	0.35	315
5.8	0.30	353

นอกจากนี้ยังมีเหล็ก (Fe) และแมงกานีส (Mn) ที่จะเปลี่ยนรูปจาก Fe^{3+} และ Mn^{4+} เป็น Fe^{2-} และ Mn^{3-} ได้มากขึ้นเมื่อดินมีปฏิกิริยา (pH) ต่ำลงเช่นกัน ซึ่งทั้ง 2 รูปพืชสามารถดูดเข้าไปได้ง่ายกว่า 2 รูปแรก ดังนั้นถ้าในสารละลายดินมีธาตุทั้ง 2 มาก โอกาสที่พืชจะดูดไปได้ก็มากตามไปด้วย และนำไปสะสมไว้เกินความต้องการของพืช ก่อให้เกิดความเป็นพิษหรือส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชได้เช่นเดียวกับอะลูมินัม (Al) นอกจากนี้ในดินมีความเป็นกรดต่ำมากขึ้นและมีธาตุกำมะถันเป็นองค์ประกอบอยู่ในดินสูง โอกาสที่พืชจะได้รับอันตรายเนื่องมาจากกำมะถัน (S) ได้ในทำนองเดียวกัน

1.2 ระดับธาตุอาหารในดิน

อัตราการดูดกินธาตุอาหารของพืชแตกต่างไปตามระดับของปฏิกิริยา (pH) ของดินโดยเฉพาะดินที่มีกรดแฝง (pH dependent) โดยปกติธาตุที่มีประจุลบ (anion) ต่างๆ รวมทั้งไนเตรท (Nitrate) และฟอสเฟต (Phosphate) ถูกดูดกินได้ในอัตราที่สูงขึ้นในช่วงที่ดินมีปฏิกิริยา (pH) เป็นกรดเล็กน้อย ในกรณีของฟอสเฟต (Phosphate) pH จะเป็นตัวกำหนดสัดส่วนระหว่าง $H_2PO_4^-$ กับ HPO_4^{2-} ในสารละลายดิน

ส่วนอัตราการดูดกินธาตุอาหารพืชประเภทประจุบวกจะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อดินมีระดับปฏิกิริยา (pH) ที่เป็นกลางหรือสูงกว่าเล็กน้อย (Arnon et al, 1942) ในดินที่มีปฏิกิริยา (pH) ต่ำมาก (< 3.0) ผนังเซลล์ของพืชจะถูกทำลายเสียหายและมีการซาบซึมได้ง่ายขึ้น ผนังเซลล์ไม่สามารถควบคุมการไหลเข้าและออกของธาตุต่างๆ ที่บริเวณรากได้ ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อระดับธาตุอาหารภายในพืช เพราะจะไปทำให้เกิดสภาพขาดแคลนธาตุอาหารบางชนิดได้ โดยเฉพาะธาตุโพแทสเซียม (K) ทั้งนี้เพราะธาตุอาหารพืชสามารถซึมผ่านผนังเซลล์ออกมาในสารละลายดินได้ง่ายขึ้นนั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2. กระทบต่อจุลินทรีย์ในดิน

จุลินทรีย์ในดินเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณไปตามระดับ pH ของดิน โดยทั่วไปในช่วงปฏิกิริยา (pH) ต่ำกว่า 5.5 จุลินทรีย์ในดินจะเป็นพวก Fungi เสียส่วนมาก ซึ่งรวมทั้งบริเวณรอบๆ รากด้วย เมื่อดินมีปฏิกิริยา (pH) สูงขึ้นจุลินทรีย์ในดินจะเป็นพวกบัคเตรี(Bacteria) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ผลิตขบวนการเกิดไนโตรเจน (Nitrification) ของแอมโมเนียม (NH_4-N) และไนเตรท (NO_3-N) จากการกระทำของจุลินทรีย์พวก Nitrosomonas และ Nitrobacter โดยเฉพาะช่วงที่มีปฏิกิริยา (pH) เป็นกลาง ในดินกรดจัดขบวนการเกิดไนโตรเจนในรูปไนเตรท (NO_3-N) เกิดได้น้อยมาก เพราะจะมีการตรึงไนโตรเจนมากขึ้นจากการกระทำของจุลินทรีย์อิสระพวก Azotobacter , Chorococcum และ Bacillus amylobacter ส่วนในดินด่างก็เกิดการตรึงไนโตรเจนได้มากเช่นเดียวกันโดยการกระทำของจุลินทรีย์ชนิดที่ต้องพึ่งพาซึ่งกันและกันเช่น Rhizobium spc. ส่วนActinomycesที่จะเพิ่มปริมาณสูงขึ้นเมื่อดินมีปฏิกิริยา (pH) ต่ำกว่า 3.0 ก็จะทำให้ผนังเซลล์ของจุลินทรีย์เสียหายได้เช่นเดียวกับพืช

ปฏิกิริยาของปูน

สารประกอบพวกปูนเป็นพวกคาร์บอเนต ออกไซด์หรือไฮดรอกไซด์ของแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) สามารถใช้แก้ไขความเป็นกรดได้ เนื่องจากเมื่อแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) เข้าไปแทนที่ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ให้ออกจากอนุภาคดินเหนียวมาอยู่ในสารละลายดินแล้ว ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ดังกล่าวจะเข้าทำปฏิกิริยากับไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) หรือคาร์บอเนตไอออน (CO_3^{2-}) ทันที ซึ่งจะไม่แสดงความเป็นกรดอีกต่อไป ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40029

จากสมการจะเห็นได้ว่าเมื่อประจุบวกแคลเซียม (Ca^{2+}) จากปูนเข้าไปแทนที่ประจุบวกไอออน (H^+) จากอนุภาคดินเหนียวนั้น ไฮโดรเจนไอออน (H^+) จะสูญหายไป ส่วนดินเหนียวจะมีแคลเซียมในรูปแลกเปลี่ยนได้ (exchaneable Ca) มากขึ้น แคลเซียม (Ca) มีคุณสมบัติเป็นด่าง ดังนั้นจึงมีผลให้ pH ของดินสูงขึ้น

ดังนั้นการใส่ปูนเป็นวิธีแก้ไขปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง (van Breemen and Ponds, 1978; Vacharotayan and Attanandana, 1985; Uwaniyom and Chareonchamsatcheep, 1984)

การปรับปรุงดินนากรดจัดจะต้องทำให้มีการตรึงฟอสเฟตน้อยลงหรือลดความเป็นพิษของเหล็กและอลูมินั่มโดยวิธีการที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนการผลิตลงให้คุ้มกับผลผลิตที่ได้ (วิวัฒน์ และคณะ 2522)

ดินเปรี้ยวจัดหรือกรดจัดในประเทศไทยเป็นประเภท old (ride) cat clay อยู่ในฐานะที่ดีกว่าดินเปรี้ยวจัดจากประเทศเวียดนาม หรือฟิลิปปินส์ สามารถจะปรับปรุงให้เหมาะสมกับการปลูกข้าวให้ผลผลิตสูงขึ้นได้โดยไม่ต้องใช้วิธีการปรับปรุงอะไรเป็นพิเศษนอกจากการใช้ปูนและปุ๋ยโดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในอัตราที่เหมาะสม (Ponnamperuma, F.N. และคณะ,1972)

การปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด ขั้นแรกเราควรจะศึกษาระดับของ pyrite oxidation ของดินนั้นเสียก่อนว่าอยู่บริเวณไหนมีความลึกจากผิวดินเท่าไร ปริมาณปูนที่ใช้ปรับระดับความเป็นกรดของดินจะขึ้นอยู่กับความลึกของดินชั้นล่างที่มี pyrite เพื่อปรับปรุงดินกรดจัดให้มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น นอกจากจะใช้ปูนแล้วปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีความจำเป็นต้องใช้ร่วมกัน (Pons and Kevie, 1969)

สุจินต์ และคณะ (2507) รายงานว่าการใช้ปูนขาวอย่างเดียวในดินเปรี้ยวจัดผลผลิตเพิ่มขึ้น 27% แต่ถ้าใส่ปูนขาวร่วมกับปุ๋ยที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จะทำให้ผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้นอีกมาก

ดินกรดของประเทศไทยบริเวณที่ราบลุ่มกรุงเทพฯ ส่วนใหญ่เป็นดินกรดจัดที่เกิดขึ้นมานานและชั้นของ oxidation pyrite อยู่ค่อนข้างลึกสามารถปรับปรุงให้เป็นดินที่มีระดับการให้ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตสูงเท่าเทียมกับดินนาบริเวณอื่นๆ ของภาคกลางได้ โดยการใช้ปูนและปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสเฟตร่วมกันในเวลาและอัตราที่เหมาะสม (สรสิทธิ์ 2520)

จากการทดลองที่ศูนย์พัฒนาที่ดินปทุมธานี ปรากฏว่าในดินเปรี้ยวชุดรังสิต การใช้ปูนมาร์ลอัตรา 1 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 8 กก.N/ไร่ และ 4 กก.P_2O_5/ไร่ ให้ผลผลิตข้าว กข. 7 ต่อไร่สูงสุด (โครงการเร่งรัดพัฒนาดินเปรี้ยว 2522)

ดินชุดดินรังสิตเปรี้ยวจัด Wiklander et al. (1950) ได้ทดลองพบว่า oxidation ของสารประกอบ sulfide ใน gyttja soil (ดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูง) จะเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปูนประมาณ 80 ตันต่อเฮกต้า

Kivenen (1950) ได้ทดลองใส่ปูนในอัตรา 7, 14 และ 21 ตันต่อเฮกต้าในแปลงหญ้าพวก fodder crop พบว่า ผลผลิตแต่ละ treatment เท่ากันทุกปีโดยเฉลี่ยเป็นเวลา 10 ปี

Hart et al. (1965) ได้ปรับปรุงดินแถวป่าชายเลน พบว่า ถ้าล้างดินด้วยน้ำทะเลและใส่ปูน 1 ตันต่อเอเคอร์ จะให้ผลผลิตสูงกว่า 2,000 ปอนด์ต่อเอเคอร์

Pons and Van der kevie (1969) ศึกษาปริมาณปูนที่จะใช้ปรับปรุงความเป็นกรดของดินซึ่งจะขึ้นกับระดับความลึกของชั้น pyrite

เมื่อมีการใส่ปูนในระดับที่เหมาะสมจะทำให้พืช ได้รับประโยชน์ ดังนี้ (อภิรดี อิ่มเอิบ 2536)

1. เพิ่มแคลเซียมและแมกนีเซียมที่มากับปูนให้แก่พืช
2. ลดความเป็นพิษของธาตุที่ละลายได้ดีที่ pH ต่ำ เช่น เหล็ก อะลูมินัม ไฮโดรเจน และแมงกานีส
3. เพิ่มการละลายได้ของธาตุบางตัว เช่น ฟอสฟอรัส โมลิบดินัม และโพแทสเซียม
4. ช่วยทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์เป็นไปด้วยดีซึ่งมีผลโดยตรงต่อไนโตรเจน ฟอสฟอรัส กำมะถัน และจุลธาตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ช่วยในการต้านทานโรค
6. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดธาตุอาหารของรากพืช
7. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์

สมบัติของปูนจากโรงงานกระดาษ และปูน $CaCO_3$

ตารางที่3 สมบัติของปูนจากโรงงานกระดาษ และปูน $CaCO_3$

สมบัติของปูน	ปูนจากโรงงานกระดาษ	ปูน $CaCO_3$
pH	11	10.5
Ca (%)	35	38
Mg (%)	0.938	1.06
CCE (%)	95	99

ที่มา : จงรักษ์ และคณะ

ลักษณะของดินที่นำมาทดลอง

สมบัติของตัวอย่างดิน

Texture	clay
PH	2.88
Available P (Bray II , ppm)	2.42
Exchangeable K (ppm)	35.78
Exchangeable Mg (ppm)	279.46
Exchangeable Ca (ppm)	752.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>พืชที่ใช้ในการทดลอง</u> ข้าวโพดฝักอ่อน พันธุ์ G-5414 (CMS)

อายุเก็บเกี่ยว	48 วัน
จำนวนวันเก็บเกี่ยว	5-7 วัน
ความสูงต้น	160-180 เซนติเมตร
ผลผลิตทั้งเปลือก	1,800-2,600 กิโลกรัม/ไร่
ผลผลิตหลังปลอกเปลือก	290-400 กิโลกรัม/ไร่
สีของแกนหลังปลอกเปลือก	ครีม
การต้านทานโรค	ต้านทานโรคราน้ำค้าง
การตลาด	บรรจุกระป๋องและฝักสด
การดูแลปฏิบัติ	ไม่ต้องถอดยอดเกสร
ระดับพันธุ์	เตรียมเป็นพันธุ์การค้า
การปรับตัว	ทุกแหล่งปลูกในประเทศไทย

ที่มา : บริษัท โนวาร์ตีส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

1. สมบัติของปูน $CaCO_3$ กับปูนจากโรงงานกระดาษต่อสมบัติทางเคมีของดินที่ใช้ปลูกข้าวโพด

1.1 ความเป็นกรด-ด่าง

1.1.1 ความเป็นกรด-ด่างของดินก่อนปลูกข้าวโพด

ปูนทั้งสองชนิดใน Treatment ต่างๆ มีผลต่อความเป็นกรด-ด่างของดินตัวอย่าง (ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 และ กราฟที่ 1) โดยพบว่าในTreatmentที่10 ที่มีการใส่ปูน$CaCO_3$ในอัตรา 11,100 กก./ไร่ มี pH สูงที่สุด คือ 7.55 ส่วน Treatmentที่6 ที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษในอัตราสูงที่สุด (11,100 กก./ไร่) มี pH สูงที่สุด คือ 6.81

1.1.2 ความเป็นกรด-ด่างของดินหลังปลูกข้าวโพด

ปูนทั้งสองชนิดใน Treatment ต่างๆ มีผลต่อความเป็นกรด-ด่างของดินตัวอย่าง (ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 และ กราฟที่ 1) โดยพบว่าในTreatmentที่10 ที่มีการใส่ปูน$CaCO_3$ในอัตรา 11,100 กก./ไร่ มี pH สูงที่สุด คือ 7.48 ส่วน Treatmentที่6 ที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษในอัตราสูงที่สุด มี pH สูงที่สุด คือ 6.55 ส่วน Treatmentที่1 Control มี pH ที่ต่ำที่สุด

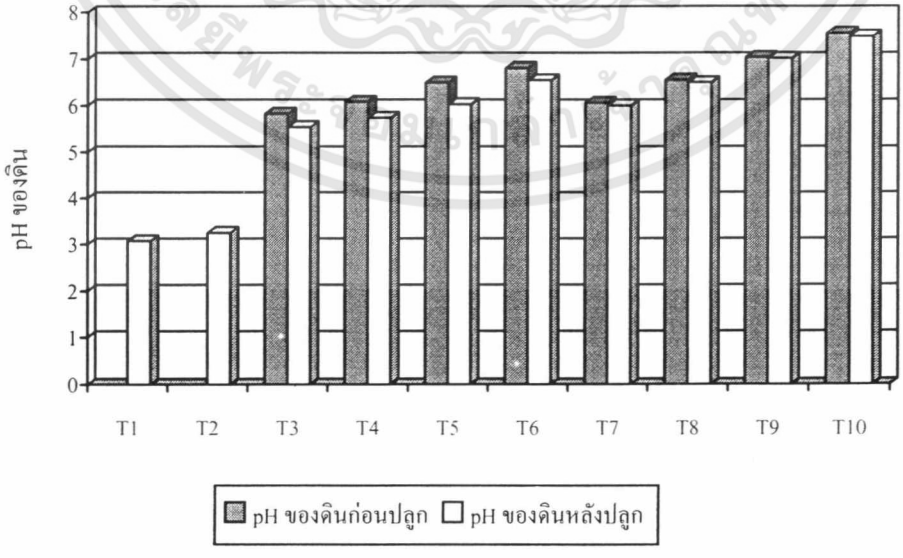
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4 ความเป็นกรด-ด่างของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูกข้าวโพด

Treatment	pH ของดินก่อนปลูก ดิน:น้ำ (1:1)*	pH ของดินหลังปลูก ดิน:น้ำ (1:1)*
1. Control	-	3.07 a
2. ปุ๋ยเคมี	-	3.25 b
3. ปูนโรงงานกระดาษ 9,200 กก./ไร่	5.83 a	5.54 c
4. ปูนโรงงานกระดาษ 9,900 กก./ไร่	6.08 b	5.74 d
5. ปูนโรงงานกระดาษ 10,500 กก./ไร่	6.50 c	6.03 e
6. ปูนโรงงานกระดาษ 11,100 กก./ไร่	6.81 d	6.55 f
7. ปูน$CaCO_3$ 9,200 กก./ไร่	6.06 b	6.00 e
8. ปูน$CaCO_3$ 9,900 กก./ไร่	6.56 c	6.50 f
9. ปูน$CaCO_3$ 10,500 กก./ไร่	7.03 e	7.01 g
10. ปูน$CaCO_3$ 11,100 กก./ไร่	7.55 f	7.48 h
CV	8.35%	24.83%

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- อักษรต่างกันในคอลัมน์หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (DMRT)



กราฟที่1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่างของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

1.2.1 ค่าการนำไฟฟ้าของดินก่อนปลูกข้าวโพด

ปูนทั้งสองชนิดใน Treatment ต่างๆ มีผลต่อค่าการนำไฟฟ้าของดินตัวอย่าง (ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5 และกราฟที่ 2) โดยพบว่าใน Treatment ที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษ Treatmentที่6 มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด คือ 2.86 mS/cm ส่วน Treatment ที่มีการใส่ปูน $CaCO_3$ Treatment ที่ 9 และ10 มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด คือ 2.70 และ 2.74 mS/cm. และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

1.2.2 ค่าการนำไฟฟ้าของดินหลังปลูกข้าวโพด

ปูนทั้งสองชนิดใน Treatment ต่างๆ มีผลต่อค่าการนำไฟฟ้าของดินตัวอย่าง (ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5 และ กราฟที่ 2) โดยพบว่าใน Treatment ที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษ Treatmentที่6 มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด คือ 2.73 mS/cm. ส่วน Treatment ที่มีการใส่ปูน $CaCO_3$ คือ Treatmentที่ 8 มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด คือ 2.58 mS/cm. แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

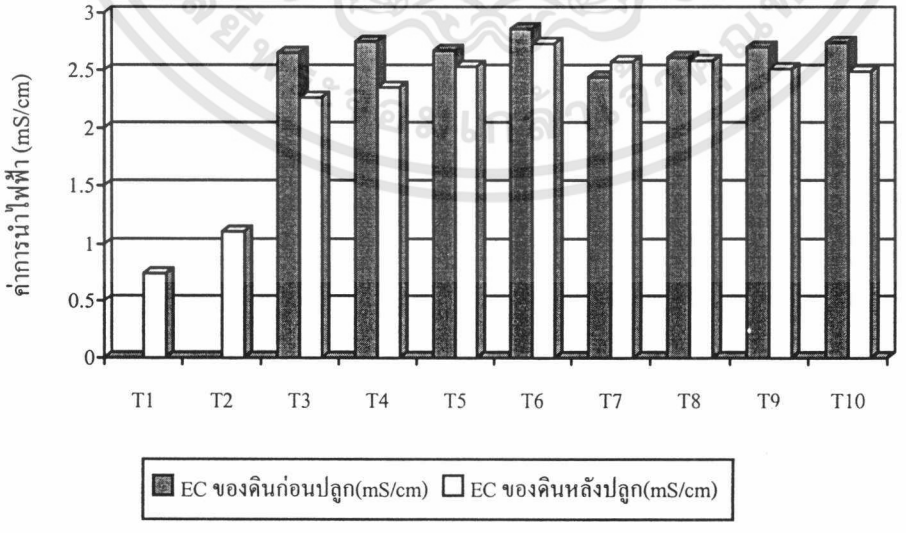
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่5 ค่าการนำไฟฟ้าของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูกข้าวโพด

Treatment	EC ของดินก่อนปลูก (mS/cm)*	EC ของดินหลังปลูก (mS/cm)*
1. Control	-	0.74 a
2. ปุ๋ยเคมี	-	1.11 b
3. ปูนโรงงานกระดาษ 9,200 กก./ไร่	2.65 b	2.26 c
4. ปูนโรงงานกระดาษ 9,900 กก./ไร่	2.75 bc	2.35 c
5. ปูนโรงงานกระดาษ 10,500 กก./ไร่	2.67 b	2.53 cd
6. ปูนโรงงานกระดาษ 11,100 กก./ไร่	2.86 c	2.73 d
7. ปูน$CaCO_3$ 9,200 กก./ไร่	2.44 a	2.57 cd
8. ปูน$CaCO_3$ 9,900 กก./ไร่	2.61 b	2.58 cd
9. ปูน$CaCO_3$ 10,500 กก./ไร่	2.70 bc	2.51 cd
10. ปูน$CaCO_3$ 11,100 กก./ไร่	2.74 bc	2.49 cd
CV	5.21%	30.94%

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- อักษรต่างกันในคอลัมน์หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (DMRT)



กราฟที่2 แสดงการเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

1.3.1 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินก่อนปลูกข้าวโพด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินก่อนปลูกข้าวโพด พบว่า ปูนทั้งสองชนิดที่ใส่ในแต่ละ Treatment มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินแต่ละ treatment อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังตารางที่ 6 และกราฟที่ 3) โดยใน Treatment ที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษ Treatment ที่ 6 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงสุด คือ 11.08 ppm. ส่วนใน Treatment ที่มีการใส่ปูน $CaCO_3$ Treatmentที่ 9 และ10 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงสุด คือ 11.08 และ 10.26 ppm.

1.3.2 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินหลังปลูกข้าวโพด

ผลของปูนทั้ง 2 ชนิดที่ใช้ปรับปรุงดินตัวอย่างในแต่ละ Treatment มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินแต่ละ Treatment อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังตารางที่ 6 และกราฟที่ 3) โดย Treatmentที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษ Treatmentที่6 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงสุด คือ 24.95 ppm. ส่วน Treatment ที่มีการใส่ปูน $CaCO_3$ Treatmentที่ 9 และ 10 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงสุด คือ 24.54 และ 24.42 ppm.

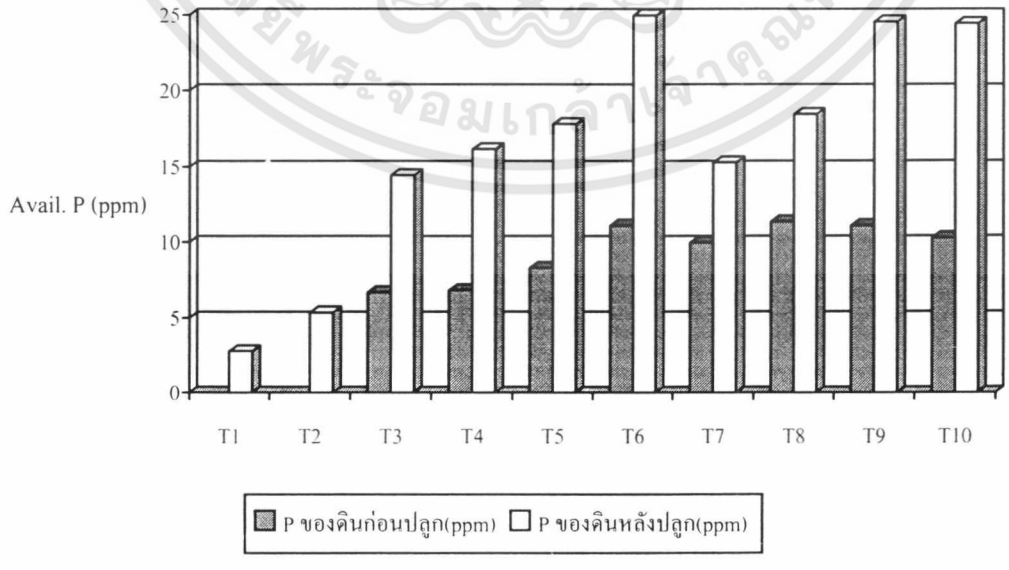
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่6 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูกข้าวโพด

Treatment	Avail. P ของดินก่อนปลูก (ppm)*	Avail. P ของดินหลังปลูก (ppm)*
1. Control	-	2.78 a
2. ปุ๋ยเคมี	-	5.34 a
3. ปูนโรงงานกระดาษ 9,200 กก./ไร่	6.68 a	14.43 b
4. ปูนโรงงานกระดาษ 9,900 กก./ไร่	6.82 a	16.15 b
5. ปูนโรงงานกระดาษ 10,500 กก./ไร่	8.29 ab	17.81 b
6. ปูนโรงงานกระดาษ 11,100 กก./ไร่	11.08 bc	24.95 c
7. ปูน$CaCO_3$ 9,200 กก./ไร่	9.96 bc	15.29 b
8. ปูน$CaCO_3$ 9,900 กก./ไร่	11.34 c	18.44 bc
9. ปูน$CaCO_3$ 10,500 กก./ไร่	11.08 bc	24.54 c
10. ปูน$CaCO_3$ 11,100 กก./ไร่	10.26 bc	24.42 c
CV	23.71%	49.64%

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- อักษรต่างกันในคอลัมน์หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (DMRT)



กราฟที่3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินก่อนปลูกและหลังปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 โพแทสเซียม

1.4.1 โพแทสเซียมของดินก่อนปลูกข้าวโพด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมของดินก่อนปลูกข้าวโพด พบว่า ปูนทั้งสองชนิดที่ใส่ในแต่ละ Treatment มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมในดินแต่ละ treatment อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังตารางที่ 7 และกราฟที่ 4) โดยใน Treatment ที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษ Treatment ที่ 6 มีปริมาณโพแทสเซียมสูงสุด คือ 0.27 me/100g. soil ส่วนใน Treatment ที่มีการใส่ปูน $CaCO_3$ Treatmentที่ 9 และ 10 มีปริมาณโพแทสเซียมสูงสุด คือ 0.26 และ 0.31 me/100g soil

1.4.2 โพแทสเซียมของดินหลังปลูกข้าวโพด

ผลของปูนทั้ง 2 ชนิดที่ใช้ปรับปรุงดินตัวอย่างในแต่ละTreatment มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมในดินแต่ละ Treatment อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังตารางที่ 7 และกราฟที่ 4) โดย Treatmentที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษ Treatmentที่3 มีปริมาณโพแทสเซียมน้อยสุด คือ 0.51 me/100g soil. Treatmentที่ 5 และ 6 มีปริมาณโพแทสเซียมมากที่สุดเท่ากัน คือ 0.54 me/100g soil. ส่วน Treatment ที่มีการใส่ปูน $CaCO_3$ Treatmentที่ 9 และ 10 มีปริมาณโพแทสเซียมสูงสุด คือ 0.59 และ 0.61 me/100g soil

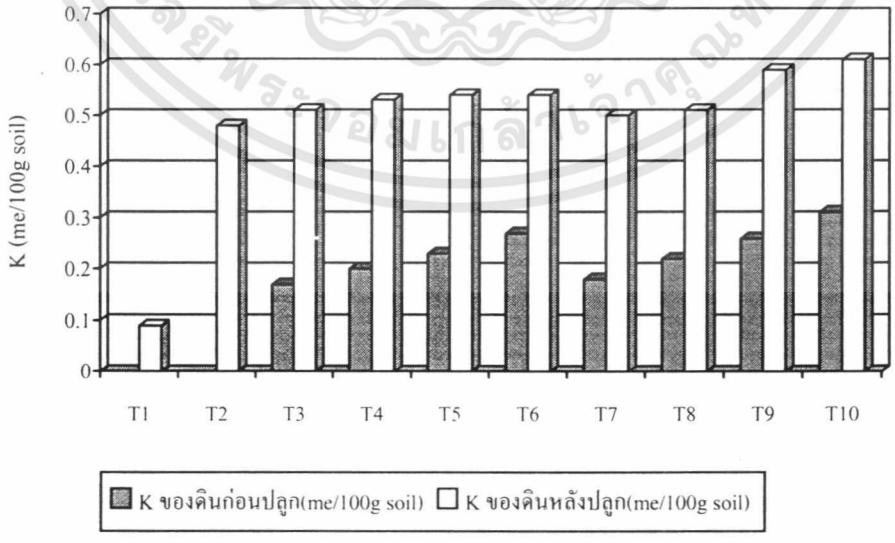
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่7 ปริมาณโพแทสเซียมของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูกข้าวโพด

Treatment	K ของดินก่อนปลูก (me/100g soil)*	K ของดินหลังปลูก (me/100g soil)*
1. Control	-	0.09 a
2. ปุ๋ยเคมี	-	0.48 b
3. ปูนโรงงานกระดาษ 9,200 กก./ไร่	0.17 a	0.51 bc
4. ปูนโรงงานกระดาษ 9,900 กก./ไร่	0.20 abc	0.53 c
5. ปูนโรงงานกระดาษ 10,500 กก./ไร่	0.23 c	0.54 c
6. ปูนโรงงานกระดาษ 11,100 กก./ไร่	0.27 d	0.54 c
7. ปูน$CaCO_3$ 9,200 กก./ไร่	0.18 ab	0.50 bc
8. ปูน$CaCO_3$ 9,900 กก./ไร่	0.22 bc	0.51 bc
9. ปูน$CaCO_3$ 10,500 กก./ไร่	0.26 d	0.59 d
10. ปูน$CaCO_3$ 11,100 กก./ไร่	0.31 d	0.61 d
CV	23.71%	29.04%

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- อักษรต่างกันในคอลัมน์หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (DMRT)



กราฟที่4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโพแทสเซียมของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 แคลเซียม

1.5.1 แคลเซียมของดินก่อนปลูกข้าวโพด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมของดินก่อนปลูกข้าวโพด พบว่า ปูนทั้งสองชนิดที่ใส่ในแต่ละTreatment มีผลต่อปริมาณแคลเซียมในดินแต่ละtreatment อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังตารางที่ 8 และกราฟที่ 5) โดยใน Treatment ที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษ Treatment ที่ 6 มีปริมาณแคลเซียมสูงสุด คือ 49.47 me/100g soil ส่วนใน Treatment ที่มีการใส่ปูน $CaCO_3$ Treatmentที่ 10 มีปริมาณแคลเซียมสูงสุด คือ 62.78 me/100g soil

1.5.2 แคลเซียมของดินหลังปลูกข้าวโพด

ผลของปูนทั้ง 2 ชนิดที่ใช้ปรับปรุงดินตัวอย่างในแต่ละTreatment มีผลต่อปริมาณแคลเซียมในดินแต่ละ Treatment อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังตารางที่ 8 และกราฟที่ 5) โดย Treatmentที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษ Treatmentที่5 และ6 มีปริมาณแคลเซียมสูงสุด คือ 48.99 และ 51.51 me/100g soil ส่วน Treatment ที่มีการใส่ปูน $CaCO_3$ Treatmentที่ 10 มีปริมาณแคลเซียมสูงสุด คือ 61.68 me/100g soil

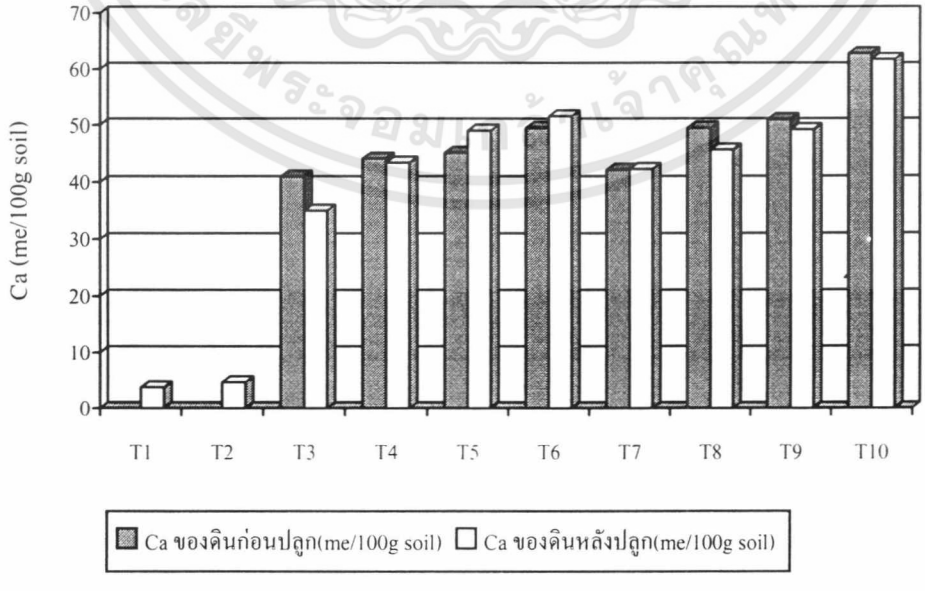
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่8 ปริมาณแคลเซียมของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูกข้าวโพด

Treatment	Ca ของดินก่อนปลูก (me/100g soil)*	Ca ของดินหลังปลูก (me/100g soil)*
1. Control	-	3.72 a
2. ปุ๋ยเคมี	-	4.66 a
3. ปูนโรงงานกระดาษ 9,200 กก./ไร่	40.97 a	34.97 b
4. ปูนโรงงานกระดาษ 9,900 กก./ไร่	44.13 a	43.42 bc
5. ปูนโรงงานกระดาษ 10,500 กก./ไร่	45.16 a	48.99 c
6. ปูนโรงงานกระดาษ 11,100 กก./ไร่	49.47 ab	51.51 c
7. ปูน$CaCO_3$ 9,200 กก./ไร่	42.13 a	42.26 bc
8. ปูน$CaCO_3$ 9,900 กก./ไร่	49.43 ab	45.66 c
9. ปูน$CaCO_3$ 10,500 กก./ไร่	50.94 ab	49.14 c
10. ปูน$CaCO_3$ 11,100 กก./ไร่	62.78 b	61.68 d
CV	19.26%	49.76%

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- อักษรต่างกันในคอลัมน์หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (DMRT)



กราฟที่5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 แมกนีเซียม

1.6.1 แมกนีเซียมของดินก่อนปลูกข้าวโพด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมของดินก่อนปลูกข้าวโพด พบว่า ปูนทั้งสองชนิดที่ใส่ในแต่ละTreatment มีผลต่อปริมาณแมกนีเซียมในดินแต่ละtreatment อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดัง ตารางที่ 9 และกราฟที่ 6) โดยใน Treatment ที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษ Treatment ที่ 6 มีปริมาณแมกนีเซียมสูงสุด คือ 6.15 me/100g soil ส่วนใน Treatment ที่มีการใส่ปูน $CaCO_3$ Treatmentที่ 10 มีปริมาณแมกนีเซียมสูงสุด คือ 62.78 me/100g soil

1.6.2 แมกนีเซียมของดินหลังปลูกข้าวโพด

หลังจากปลูกข้าวโพดแล้วนำดินหลังปลูกมาวิเคราะห์พบว่าใน treatment ที่มีการใส่ปูนและไม่ใส่ปูนนั้น มีปริมาณแมกนีเซียมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังตารางที่ 9 และกราฟที่ 6) โดยพบใน Treatment ที่ไม่มีการใส่ปูนจะมีปริมาณแมกนีเซียมน้อยกว่าใน Treatment ที่มีการใส่ปูนทั้ง 2 ชนิด ส่วนใน Treatment ที่มีการใส่ปูนนั้นมีปริมาณแมกนีเซียมไม่แตกต่างกันทางสถิติ

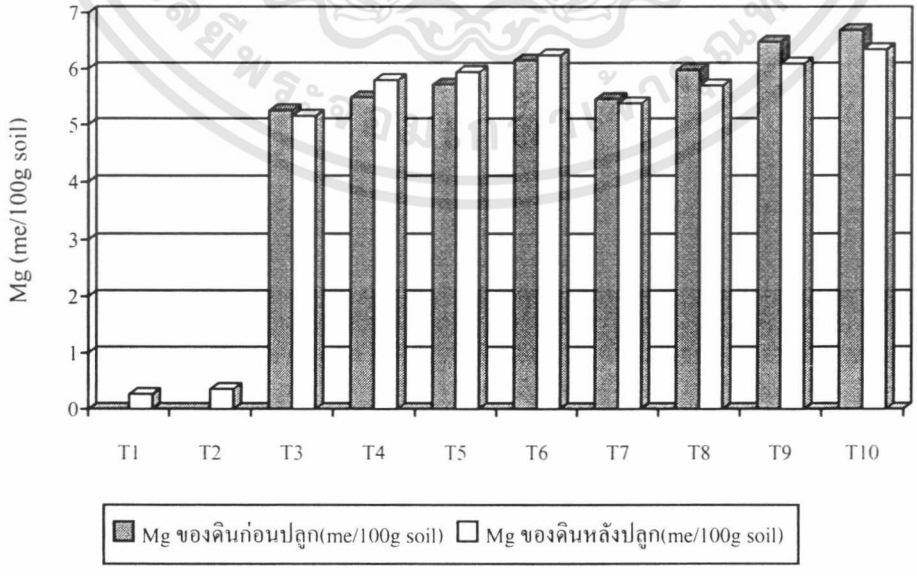
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่9 ปริมาณแมกนีเซียมของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูกข้าวโพด

Treatment	Mg ของดินก่อนปลูก (me/100g soil)*	Mg ของดินหลังปลูก (me/100g soil)*
1. Control	-	0.27 a
2. ปุ๋ยเคมี	-	0.36 a
3. ปูนโรงงานกระดาษ 9,200 กก./ไร่	5.25 a	5.15 b
4. ปูนโรงงานกระดาษ 9,900 กก./ไร่	5.49 a	5.80 b
5. ปูนโรงงานกระดาษ 10,500 กก./ไร่	5.72 ab	5.94 b
6. ปูนโรงงานกระดาษ 11,100 กก./ไร่	6.15 abc	6.24 b
7. ปูน$CaCO_3$ 9,200 กก./ไร่	5.46 a	5.38 b
8. ปูน$CaCO_3$ 9,900 กก./ไร่	5.98 abc	5.70 b
9. ปูน$CaCO_3$ 10,500 กก./ไร่	6.48 bc	6.09 b
10. ปูน$CaCO_3$ 11,100 กก./ไร่	6.69 c	6.34 b
CV	10.97%	49.76%

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- อักษรต่างกันในคอลัมน์หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (DMRT)



กราฟที่6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแมกนีเซียมของดินก่อนปลูกและดินหลังปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สมบัติของปูน $CaCO_3$ กับปูนจากโรงงานกระดาษต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อน

2.1 น้ำหนักสดของฝักข้าวโพดฝักอ่อน

สมบัติของปูนทั้งสองชนิดมีผลต่อน้ำหนักฝักสดของข้าวโพดฝักอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังตารางที่ 10 และกราฟที่ 7) โดย Treatment ที่มีน้ำหนักฝักสดข้าวโพดฝักอ่อนสูงสุด คือ Treatment ที่ 9 ซึ่งเป็น Treatment ที่มีการใส่ปูน $CaCO_3$ ในอัตรา 10,500 กก./ไร่ โดยมีน้ำหนัก 84.13 g. ส่วน Treatment ที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษนั้น Treatment ที่ 5 ซึ่งใส่ปูนในอัตราเดียวกันมีน้ำหนักฝักสดสูงสุด คือ 35.24 g. ส่วนใน Treatmentที่1 และ 2 นั้นไม่มีฝัก

2.2 น้ำหนักสดของต้นข้าวโพดฝักอ่อน

คุณสมบัติของปูนทั้งสองชนิดมีผลต่อน้ำหนักสดของต้นข้าวโพดฝักอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังตารางที่ 11 และกราฟที่ 8) โดย Treatment ที่มีน้ำหนักสดของต้นข้าวโพดฝักอ่อนสูงสุด คือ Treatment ที่ 9 ซึ่งเป็น Treatment ที่มีการใส่ปูน $CaCO_3$ ในอัตรา 10,500 กก./ไร่ โดยมีน้ำหนัก 167.15 g. ส่วน Treatment ที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษนั้น Treatment ที่ 5 และ 6 มีน้ำหนักสดของต้นข้าวโพดฝักอ่อนสูงสุด คือ 129.20 g. และ 131.55 g. ส่วนใน Treatment ที่ 1 นั้น ต้นข้าวโพดฝักอ่อนไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และใน Treatment ที่ 2 นั้น ต้นข้าวโพดมีการเจริญเติบโตน้อยมาก คือมีน้ำหนัก 12.50 g.

2.3 น้ำหนักสดของต้นรวมกับฝักของข้าวโพดฝักอ่อน

คุณสมบัติของปูนทั้งสองชนิดมีผลต่อน้ำหนักสดรวมของฝักและต้นข้าวโพดอ่อนอย่างมีนัยสำคัญ (ดังตารางที่ 12 และกราฟที่ 9) โดยใน Treatment ที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษนั้น Treatment ที่ 3 ซึ่งเป็น Treatment ที่ใส่ปูนจากโรงงานกระดาษในอัตราน้อยที่สุดนั้นมีน้ำหนักน้อยที่สุดคือ 144.17 g. ส่วนใน Treatment ที่ใส่ปูน$CaCO_3$นั้น ใน Treatment ที่ 9 ซึ่งมีการใส่ปูน $CaCO_3$ ในอัตรา10,500 กก./ไร่ จะมีน้ำหนักมากที่สุด คือ 251.13 g.

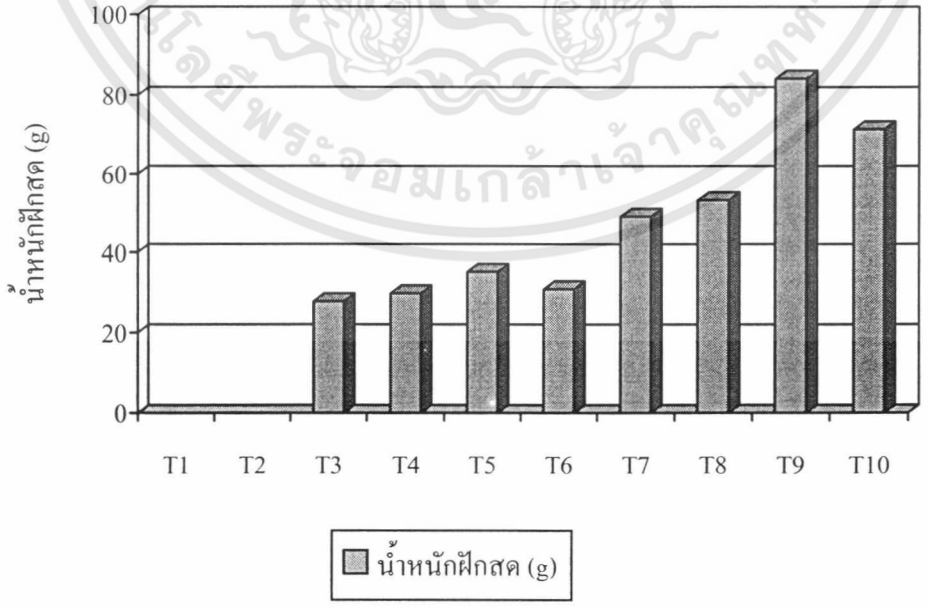
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่10 น้ำหนักฝักสดของข้าวโพดฝักอ่อน

Treatment	น้ำหนักฝักสด (g)*
1. Control	-
2. ปุ๋ยเคมี	-
3. ปูนโรงงานกระดาษ 9,200 กก./ไร่	27.82 ab
4. ปูนโรงงานกระดาษ 9,900 กก./ไร่	29.80 abc
5. ปูนโรงงานกระดาษ 10,500 กก./ไร่	35.24 abc
6. ปูนโรงงานกระดาษ 11,100 กก./ไร่	30.92 abc
7. ปูนCaCO3 9,200 กก./ไร่	49.13 bcd
8. ปูนCaCO3 9,900 กก./ไร่	53.38 bcd
9. ปูนCaCO3 10,500 กก./ไร่	84.13 d
10. ปูนCaCO3 11,100 กก./ไร่	71.34 cd
CV	66.13%

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- อักษรต่างกันในคอลัมน์หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (DMRT)



กราฟที่7 แสดงน้ำหนักฝักสดของข้าวโพดฝักอ่อน

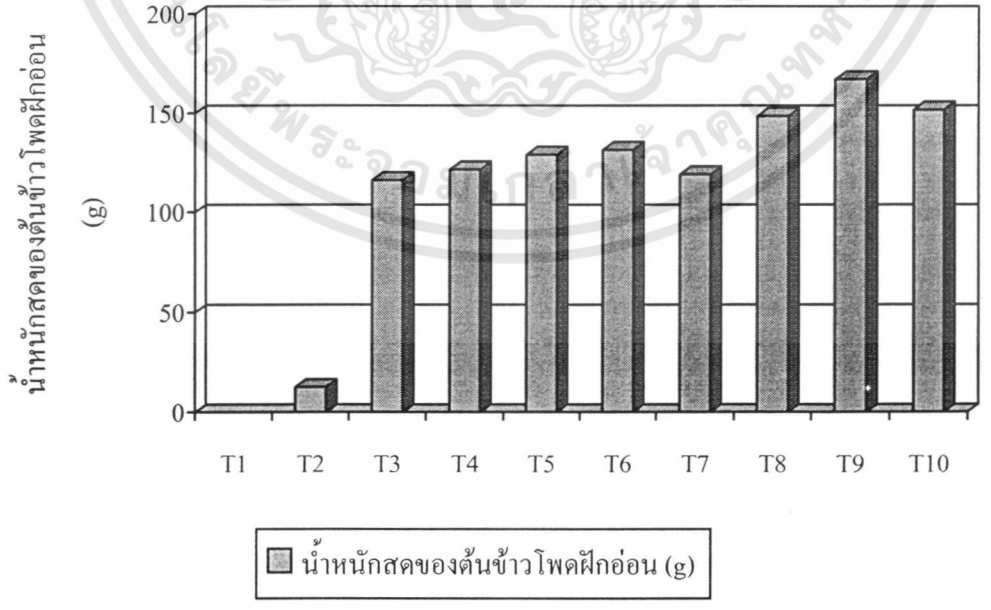
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่11 น้ำหนักต้นสดของข้าวโพดฝักอ่อน

Treatment	น้ำหนักต้นสด (g)*
1. Control	-
2. ปุ๋ยเคมี	12.50 a
3. ปูนโรงงานกระดาษ 9,200 กก./ไร่	116.35 b
4. ปูนโรงงานกระดาษ 9,900 กก./ไร่	121.89 b
5. ปูนโรงงานกระดาษ 10,500 กก./ไร่	129.20 bc
6. ปูนโรงงานกระดาษ 11,100 กก./ไร่	131.55 bc
7. ปูนCaCO3 9,200 กก./ไร่	119.48 b
8. ปูนCaCO3 9,900 กก./ไร่	148.71 bc
9. ปูนCaCO3 10,500 กก./ไร่	167.15 c
10. ปูนCaCO3 11,100 กก./ไร่	151.79 bc
CV	33.10%

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- อักษรต่างกันในคอลัมน์หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (DMRT)



กราฟที่8 แสดงน้ำหนักสดของต้นข้าวโพดฝักอ่อน

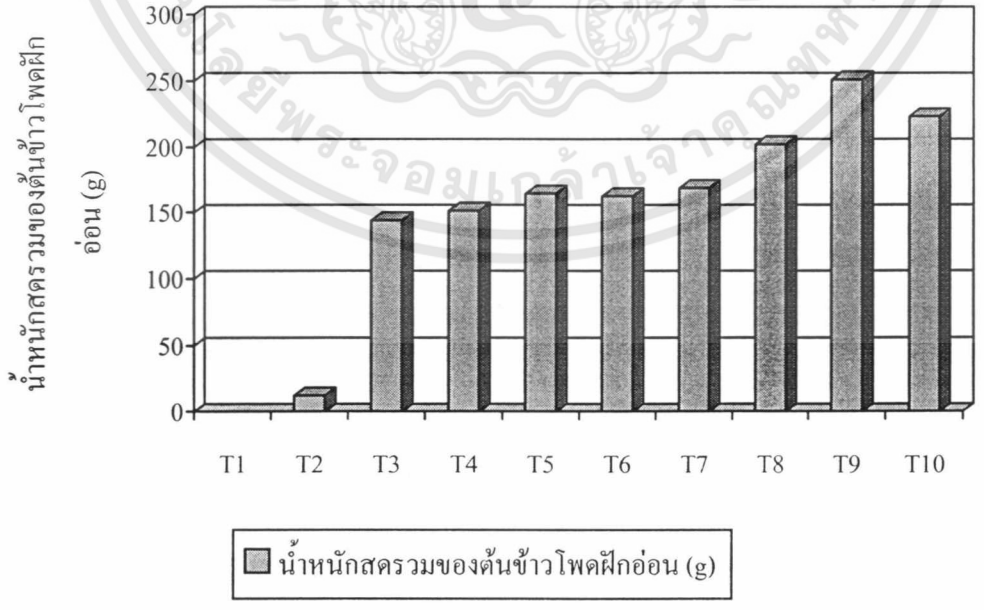
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่12 น้ำหนักสดของต้นและฝักข้าวโพดฝักอ่อน

Treatment	น้ำหนักสดของต้นและฝัก (g)*
1. Control	-
2. ปุ๋ยเคมี	12.50 a
3. ปูนโรงงานกระดาษ 9,200 กก./ไร่	144.17 b
4. ปูนโรงงานกระดาษ 9,900 กก./ไร่	151.68 bc
5. ปูนโรงงานกระดาษ 10,500 กก./ไร่	164.54 bc
6. ปูนโรงงานกระดาษ 11,100 กก./ไร่	162.47 bc
7. ปูนCaCO3 9,200 กก./ไร่	168.61 bc
8. ปูนCaCO3 9,900 กก./ไร่	202.10 bcd
9. ปูนCaCO3 10,500 กก./ไร่	251.29 d
10. ปูนCaCO3 11,100 กก./ไร่	223.13 cd
CV	38.78%

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- อักษรต่างกันในคอลัมน์หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (DMRT)



กราฟที่9 แสดงน้ำหนักสดรวมของต้นข้าวโพดฝักอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 น้ำหนักแห้งของฝักข้าวโพดฝักอ่อน

คุณสมบัติของปูนทั้งสองชนิดมีผลต่อน้ำหนักแห้งของฝักข้าวโพดฝักอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังตารางที่ 13 และกราฟที่ 10) โดย Treatment ที่มีน้ำหนักแห้งของฝักข้าวโพดฝักอ่อนสูงสุด คือ Treatment ที่ 9 ซึ่งเป็น Treatment ที่มีการใส่ปูน $CaCO_3$ ในอัตรา 10,500 กก./ไร่ โดยมีน้ำหนัก 10.65 g. ส่วนสำหรับ Treatment ที่มีการใส่ปูนจากโรงการดาษนั้น ไม่ความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนใน Treatment ที่ 1 และ 2 นั้นไม่มีฝัก

2.5 น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดฝักอ่อน

คุณสมบัติของปูนทั้งสองชนิดมีผลต่อน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดฝักอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังตารางที่ 14 และกราฟที่ 11) โดย Treatment ที่มีน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดฝักอ่อนสูงสุด คือ Treatment ที่ 9 ซึ่งเป็น Treatment ที่มีการใส่ปูน $CaCO_3$ ในอัตรา 10,500 กก./ไร่ โดยมีน้ำหนัก 84.13 g. ส่วน Treatment ที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษนั้น Treatment ที่ 5 และ 6 มีน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดฝักอ่อนสูงสุด คือ 28.80 g. และ 28.52 g. ส่วนใน Treatment ที่ 1 นั้น ต้นข้าวโพดฝักอ่อนไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และใน Treatment ที่ 2 นั้น ต้นข้าวโพดมีการเจริญเติบโตน้อยมาก คือมีน้ำหนัก 2.09 g.

2.6 น้ำหนักแห้งของต้นรวมกับฝักข้าวโพดฝักอ่อน

คุณสมบัติของปูนทั้งสองชนิดมีผลต่อน้ำหนักแห้งรวมของฝักและต้นข้าวโพดอ่อนอย่างมีนัยสำคัญ (ดังตารางที่ 15 และกราฟที่ 12) โดยใน Treatment ที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษนั้น Treatment ที่ 5 และ 6 มีน้ำหนักแห้งของต้นรวมกับฝักไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 32.49 และ 33.57g. ส่วนใน Treatment ที่ใส่ปูน$CaCO_3$นั้น ใน Treatment ที่ 9 ซึ่งมีการใส่ปูน $CaCO_3$ ในอัตรา10,500 กก./ไร่ จะมีน้ำหนักมากที่สุด คือ 48.73 g.

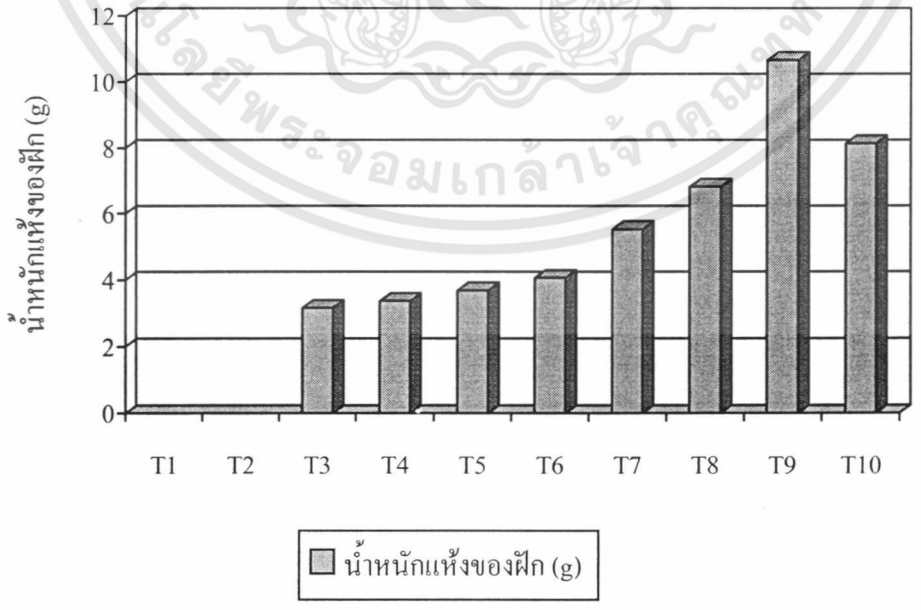
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่13 น้ำหนักแห้งของฝักข้าวโพดฝักอ่อน

Treatment	น้ำหนักแห้งของฝัก (g)*
1. Control	-
2. ปุ๋ยเคมี	-
3. ปูนโรงงานกระดาษ 9,200 กก./ไร่	3.16 ab
4. ปูนโรงงานกระดาษ 9,900 กก./ไร่	3.36 ab
5. ปูนโรงงานกระดาษ 10,500 กก./ไร่	3.69 ab
6. ปูนโรงงานกระดาษ 11,100 กก./ไร่	4.06 ab
7. ปูนCaCO3 9,200 กก./ไร่	5.54 abc
8. ปูนCaCO3 9,900 กก./ไร่	6.82 bc
9. ปูนCaCO3 10,500 กก./ไร่	10.65 c
10. ปูนCaCO3 11,100 กก./ไร่	8.12 bc
CV	73.59%

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- อักษรต่างกันในคอลัมน์หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (DMRT)



กราฟที่10 แสดงน้ำหนักแห้งของฝักข้าวโพดฝักอ่อน

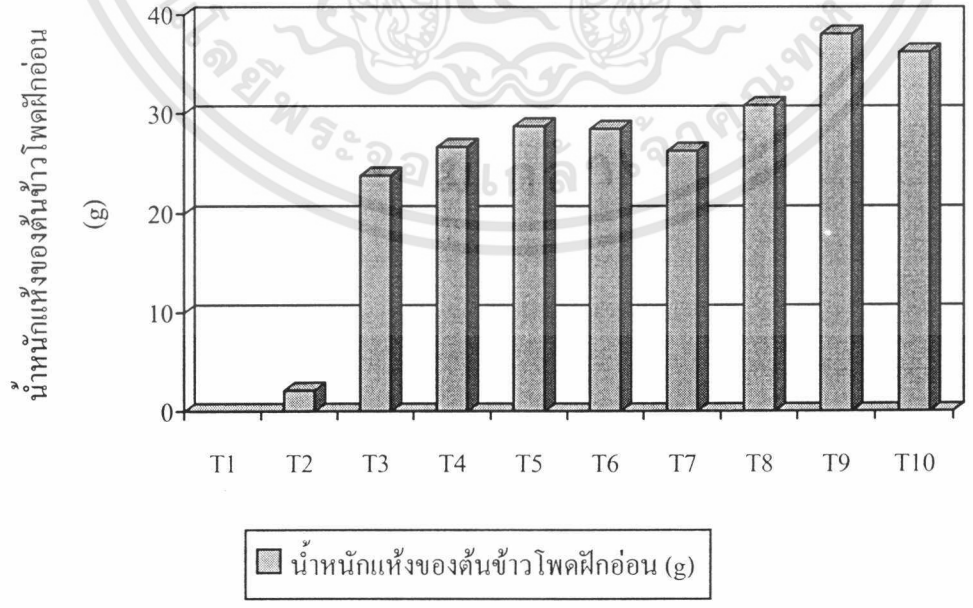
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่14 น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดฝักอ่อน

Treatment	น้ำหนักแห้งของต้น (g)*
1. Control	-
2. ปุ๋ยเคมี	2.09 a
3. ปูนโรงงานกระดาษ 9,200 กก./ไร่	23.85 b
4. ปูนโรงงานกระดาษ 9,900 กก./ไร่	26.70 bc
5. ปูนโรงงานกระดาษ 10,500 กก./ไร่	28.80 bcd
6. ปูนโรงงานกระดาษ 11,100 กก./ไร่	28.52 bcd
7. ปูนCaCO3 9,200 กก./ไร่	26.31 bc
8. ปูนCaCO3 9,900 กก./ไร่	30.83 bcd
9. ปูนCaCO3 10,500 กก./ไร่	38.08 d
10. ปูนCaCO3 11,100 กก./ไร่	36.22 cd
CV	35.57%

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- อักษรต่างกันในคอลัมน์หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (DMRT)



กราฟที่11 แสดงน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดฝักอ่อน

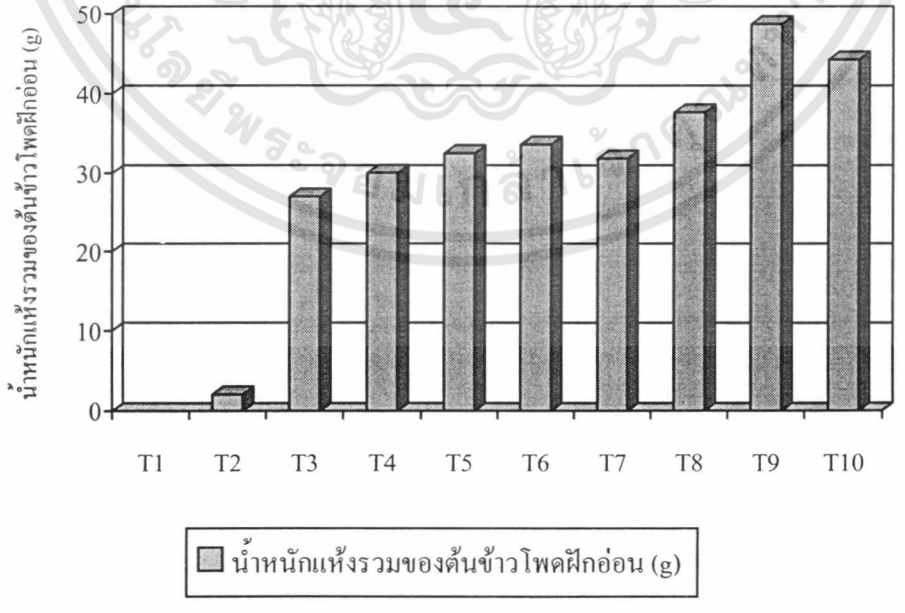
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่15 น้ำหนักแห้งของต้นและฝักข้าวโพดฝักอ่อน

Treatment	น้ำหนักแห้งของต้นและฝัก (g)*
1. Control	-
2. ปุ๋ยเคมี	2.09 a
3. ปูนโรงงานกระดาษ 9,200 กก./ไร่	27.02 b
4. ปูนโรงงานกระดาษ 9,900 กก./ไร่	30.06 b
5. ปูนโรงงานกระดาษ 10,500 กก./ไร่	32.49 bc
6. ปูนโรงงานกระดาษ 11,100 กก./ไร่	33.57 bc
7. ปูนCaCO3 9,200 กก./ไร่	31.86 bc
8. ปูนCaCO3 9,900 กก./ไร่	37.64 bcd
9. ปูนCaCO3 10,500 กก./ไร่	48.73 d
10. ปูนCaCO3 11,100 กก./ไร่	44.35 cd
CV	38.65%

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- อักษรต่างกันในคอลัมน์หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (DMRT)



กราฟที่12 แสดงน้ำหนักแห้งรวมของต้นข้าวโพดฝักอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สมบัติของปูน $CaCO_3$ กับปูนจากโรงงานกระดาษต่อปริมาณธาตุอาหารในข้าวโพดฝักอ่อน

3.1 ปริมาณไนโตรเจนในข้าวโพดฝักอ่อน

คุณสมบัติของปูนทั้งสองชนิดนั้นมีผลต่อไนโตรเจนในพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังตารางที่ 16 และกราฟที่ 13) โดยใน Treatment ที่ไม่ใส่ปูน คือ Treatment ที่ 2 นั้น มีปริมาณไนโตรเจนน้อยที่สุด วิเคราะห์ได้ 0.60 % ส่วน Treatment ที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษ Treamentที่ 3 มีปริมาณไนโตรเจนน้อยที่สุด วิเคราะห์ได้ 0.71 %

3.2 ปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพดฝักอ่อน

คุณสมบัติของปูนทั้งสองชนิดมีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพดฝักอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังตารางที่ 17 และกราฟที่ 14) โดย Treatment ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพดฝักอ่อนน้อยที่สุด คือ Treatment ที่ 2 ซึ่งเป็น Treatment ที่ไม่มีการใส่ปูน ทำการวิเคราะห์ได้ 0.5% ส่วน Treatment ที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษนั้น Treatment ที่ 6 ซึ่งที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษในอัตรามากที่สุดนั้น มีปริมาณฟอสฟอรัสมากถึง 0.13% ส่วนใน Treatment ที่มีการใส่ปูน $CaCO_3$ นั้น Treatment ที่ 9 มีปริมาณฟอสฟอรัสมากที่สุด ทำการวิเคราะห์ได้ 0.14%

3.3 ปริมาณโพแทสเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน

คุณสมบัติของปูนทั้งสองชนิดมีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมในข้าวโพดอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังตารางที่ 18 และกราฟที่ 15) โดยใน Treatment ที่ 2 เป็น Treatment ที่ไม่มีการใส่ปูนนั้น มีปริมาณโพแทสเซียมน้อยที่สุด วิเคราะห์ได้ 0.21% ส่วนใน Treatment ที่ใส่ปูนทั้งสองชนิดนั้น พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าตั้งแต่ 1.95-2.38 %

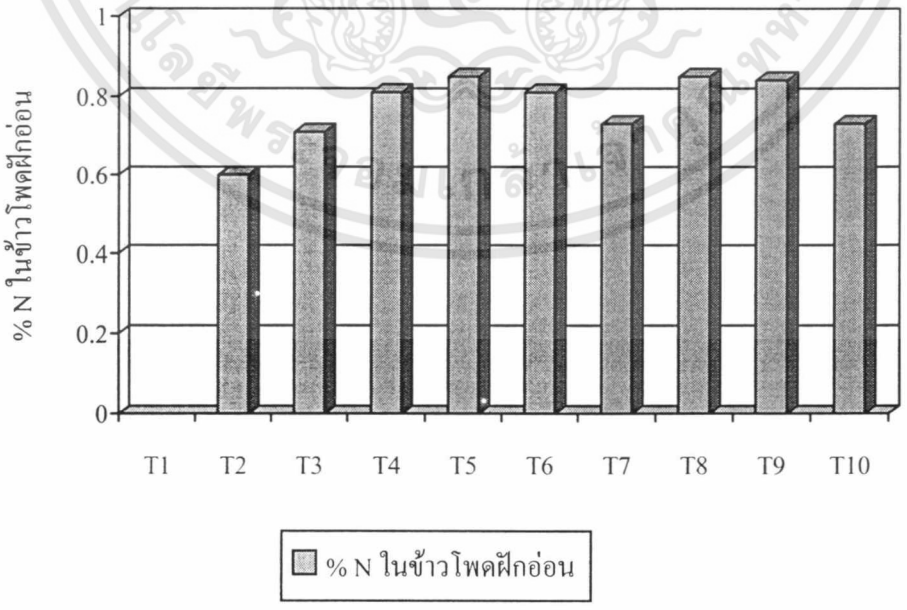
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่16 ปริมาณไนโตรเจนในข้าวโพดฝักอ่อน

Treatment	N ในข้าวโพดฝักอ่อน (%)*
1. Control	-
2. ปุ๋ยเคมี	0.60 a
3. ปูนโรงงานกระดาษ 9,200 กก./ไร่	0.71 ab
4. ปูนโรงงานกระดาษ 9,900 กก./ไร่	0.81 b
5. ปูนโรงงานกระดาษ 10,500 กก./ไร่	0.85 b
6. ปูนโรงงานกระดาษ 11,100 กก./ไร่	0.81 b
7. ปูนCaCO3 9,200 กก./ไร่	0.73 ab
8. ปูนCaCO3 9,900 กก./ไร่	0.85 b
9. ปูนCaCO3 10,500 กก./ไร่	0.84 b
10. ปูนCaCO3 11,100 กก./ไร่	0.73 ab
CV	12.77%

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- อักษรต่างกันในคอลัมน์หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (DMRT)



กราฟที่13 แสดงปริมาณไนโตรเจนในข้าวโพดฝักอ่อน

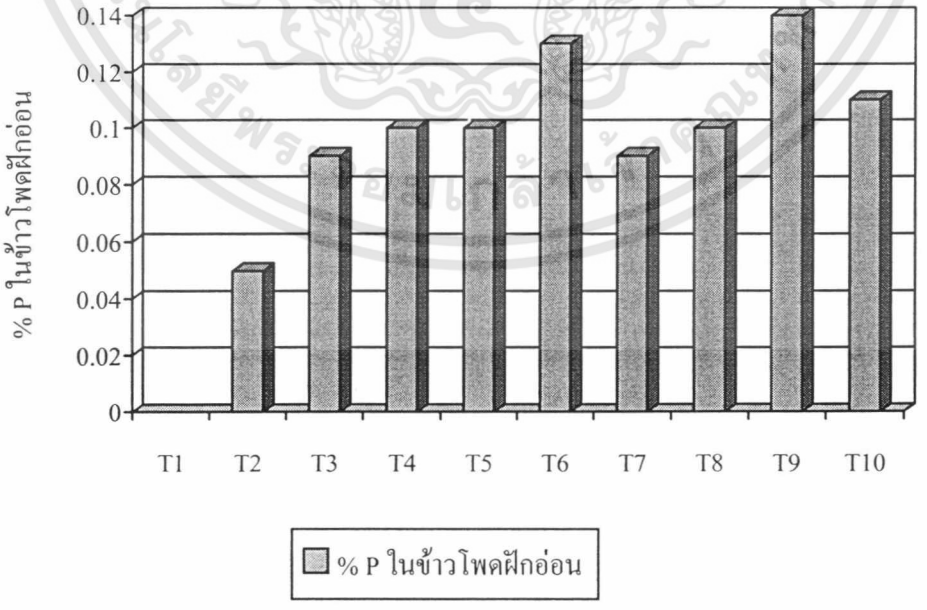
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่17 ปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพดฝักอ่อน

Treatment	P ในข้าวโพดฝักอ่อน (%)*
1. Control	-
2. ปุ๋ยเคมี	0.05 a
3. ปูนโรงงานกระดาษ 9,200 กก./ไร	0.09 b
4. ปูนโรงงานกระดาษ 9,900 กก./ไร่	0.10 b
5. ปูนโรงงานกระดาษ 10,500 กก./ไร่	0.10 b
6. ปูนโรงงานกระดาษ 11,100 กก./ไร่	0.13 c
7. ปูนCaCO3 9,200 กก./ไร่	0.09 b
8. ปูนCaCO3 9,900 กก./ไร่	0.10 b
9. ปูนCaCO3 10,500 กก./ไร่	0.14 d
10. ปูนCaCO3 11,100 กก./ไร่	0.11 bc
CV	22.98%

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- อักษรต่างกันในคอลัมน์หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (DMRT)



กราฟที่14 แสดงปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพดฝักอ่อน

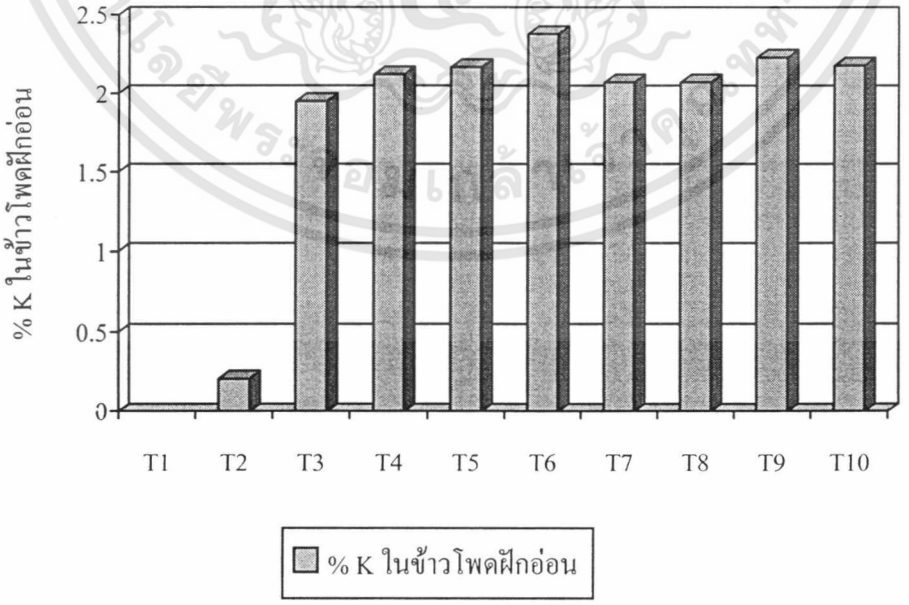
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่18 ปริมาณโพแทสเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน

Treatment	K ในข้าวโพดฝักอ่อน (%)*
1. Control	-
2. ปุ๋ยเคมี	0.21 a
3. ปูนโรงงานกระดาษ 9,200 กก./ไร่	1.95 b
4. ปูนโรงงานกระดาษ 9,900 กก./ไร่	2.12 b
5. ปูนโรงงานกระดาษ 10,500 กก./ไร่	2.17 b
6. ปูนโรงงานกระดาษ 11,100 กก./ไร่	2.38 b
7. ปูนCaCO3 9,200 กก./ไร่	2.07 b
8. ปูนCaCO3 9,900 กก./ไร่	2.07 b
9. ปูนCaCO3 10,500 กก./ไร่	2.23 b
10. ปูนCaCO3 11,100 กก./ไร่	2.18 b
CV	28.55%

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- อักษรต่างกันในคอลัมน์หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (DMRT)



กราฟที่15 แสดงปริมาณโพแทสเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ปริมาณแคลเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน

สมบัติของปูนทั้งสองชนิดนั้นมีผลต่อปริมาณแคลเซียมในพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังตารางที่ 19 และกราฟที่ 16) โดยใน Treatment ที่ไม่ใส่ปูน คือ Treatment ที่ 2 นั้น มีปริมาณแคลเซียมน้อยที่สุด วิเคราะห์ได้ 0.40 % ส่วน Treatment ที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษ Treamentที่ 3 มีปริมาณแคลเซียมน้อยที่สุด วิเคราะห์ได้ 1.83 % ส่วน Treatment ที่ปริมาณแคลเซียมมากที่สุดคือTreatmentที่ 10 ซึ่งมีการใส่ปูน $CaCO_3$ ในอัตราที่สูงที่สุด วิเคราะห์ได้ 3.26%

3.5 ปริมาณแมกนีเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน

คุณสมบัติของปูนทั้งสองชนิดมีผลต่อปริมาณแมกนีเซียมในข้าวโพดฝักอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังตารางที่ 20 และกราฟที่ 17) โดย Treatment ที่มีปริมาณแมกนีเซียมในข้าวโพดฝักอ่อนน้อยที่สุด คือ Treatment ที่ 2 ซึ่งเป็น Treatment ที่ไม่มีการใส่ปูน ทำการวิเคราะห์ได้ 0.03% ส่วน Treatment ที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษนั้น Treatment ที่ 6 ซึ่งที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษในอัตรามากที่สุดนั้น มีปริมาณแมกนีเซียมมากถึง 0.12%

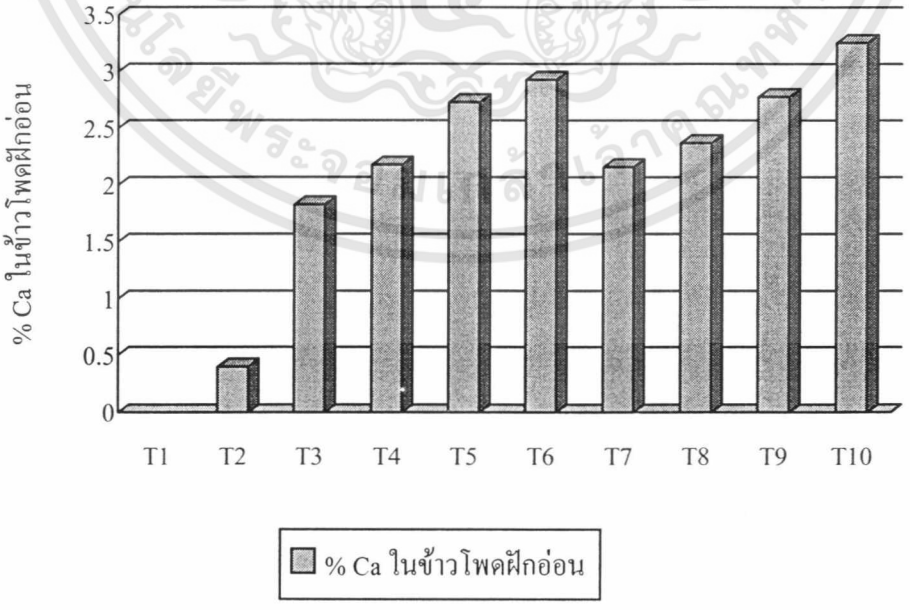
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่19 ปริมาณแคลเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน

Treatment	Ca ในข้าวโพดฝักอ่อน (%)*
1. Control	-
2. ปุ๋ยเคมี	0.40 a
3. ปูนโรงงานกระดาษ 9,200 กก./ไร่	1.83 b
4. ปูนโรงงานกระดาษ 9,900 กก./ไร่	2.18 bc
5. ปูนโรงงานกระดาษ 10,500 กก./ไร่	2.73 cd
6. ปูนโรงงานกระดาษ 11,100 กก./ไร่	2.93 cd
7. ปูนCaCO3 9,200 กก./ไร่	2.16 bc
8. ปูนCaCO3 9,900 กก./ไร่	2.37 bc
9. ปูนCaCO3 10,500 กก./ไร่	2.78 cd
10. ปูนCaCO3 11,100 กก./ไร่	3.26 d
CV	34.31%

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- อักษรต่างกันในคอลัมน์หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (DMRT)



กราฟที่16 แสดงปริมาณแคลเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน

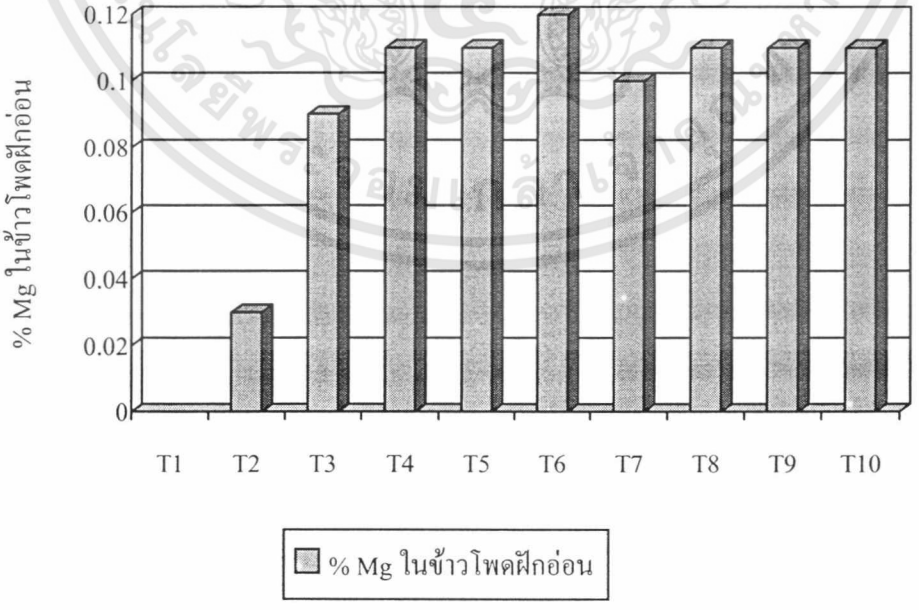
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่20 ปริมาณแมกนีเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน

Treatment	Mg ในข้าวโพดฝักอ่อน (%)*
1. Control	-
2. ปุ๋ยเคมี	0.03 a
3. ปูนโรงงานกระดาษ 9,200 กก./ไร่	0.09 b
4. ปูนโรงงานกระดาษ 9,900 กก./ไร่	0.11 bc
5. ปูนโรงงานกระดาษ 10,500 กก./ไร่	0.11 bc
6. ปูนโรงงานกระดาษ 11,100 กก./ไร่	0.12 c
7. ปูนCaCO3 9,200 กก./ไร่	0.10 bc
8. ปูนCaCO3 9,900 กก./ไร่	0.11 bc
9. ปูนCaCO3 10,500 กก./ไร่	0.11 bc
10. ปูนCaCO3 11,100 กก./ไร่	0.11 bc
CV	23.44%

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- อักษรต่างกันในคอลัมน์หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (DMRT)



กราฟที่17 แสดงปริมาณแมกนีเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลของปูนทั้งสองชนิดที่มีต่อคุณสมบัติของดิน

ความเป็นกรด-ด่างของดินสามารถปรับได้ด้วยปูนทั้งสองชนิด โดยดินก่อนปลูกและหลังปลูกใน Treatment ที่มีการใส่ปูนนั้น มีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่ค่อยแตกต่างกัน โดยดินก่อนปลูกอาจจะมีค่า pH สูงกว่าดินหลังปลูกเล็กน้อย

ค่าการนำไฟฟ้าของดินก่อนปลูกและหลังปลูก พบว่าไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก แต่สำหรับดินใน Treatmentที่ไม่มีการใส่ปูนเลยนั้น จะมีค่าการนำไฟฟ้าน้อยมากเมื่อเทียบกับดินใน Treatmentที่มีการใส่ปูน

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งดินก่อนปลูกและหลังปลูกนั้น มีความแตกต่างกันอาจเนื่องมาจากการใส่ปุ๋ยเคมีในระหว่างการปลูกจึงทำให้ดินหลังปลูกมีปริมาณสูงกว่าดินก่อนปลูก แต่การเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งดินก่อนปลูกและหลังปลูกจะเห็นได้ว่ามีการเพิ่มขึ้นตาม pH ของแต่ละ Treatment ส่วนในTreatment ที่ไม่มีการใส่ปูนนั้นมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับ Treatment ที่มีการใส่ปูน

การใส่ปูนทั้งสองชนิดนั้นทำให้ปริมาณโพแทสเซียมมีปริมาณสูงขึ้นตาม pH ของดิน ส่วนในดินหลังปลูกที่ทำการวิเคราะห์นั้นพบว่ามีปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่าในดินก่อนปลูก อาจเนื่องมาจากการใส่ปุ๋ยเคมีลงในดินระหว่างการปลูกและสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดินดีขึ้น ส่วนใน Treatment Control นั้นมีปริมาณโพแทสเซียมนั้นน้อยมากเมื่อเทียบกับ Treatment อื่นๆ

ปริมาณธาตุอาหารรอง เช่นแคลเซียมและแมกนีเซียมนั้น จะมีปริมาณที่สูงขึ้นตามอัตราที่ใส่ลงในดิน โดยใน Treatment ที่มีการใส่ปูน $CaCO_3$ จะมีปริมาณสูงกว่าใน Treatment ที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลของปูนทั้งสองชนิดที่มีต่อผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อน

จะเห็นว่าดินตัวอย่างที่นำมาทดลองนั้น ไม่มีความเหมาะสมต่อการปลูกพืชหากยังไม่ได้มีการปรับปรุง โดยจะเห็นได้จากการทดลองใน Treatment ที่ 1 และ 2 ซึ่งใน Treatmentที่ 1 พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และใน Treatmentที่ 2 การเจริญเติบโตของพืชน้อยมาก ส่วนใน Treatment ที่มีการใส่ปูน การเจริญเติบโตของพืชเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปูนและค่า pH จะเห็นว่าใน Treatmentที่มีการใส่ปูนทั้งสองชนิดจะมีอัตราการเจริญเติบโตของพืชใกล้เคียงกัน โดยใน Treatmentที่มีการใส่ปูน $CaCO_3$ จะมีอัตราการเจริญเติบโตของพืชที่สูงกว่าใน Treatmentที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

จากการศึกษาอิทธิพลของปูนจากโรงงานกระดาษและปูน $CaCO_3$ ในการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดในสภาพดินไร่ต่อ pH ของดิน พบว่าปูนจากโรงงานกระดาษสามารถยกระดับ pH ของดินเปรี้ยวจัดได้ใกล้เคียงกับปูน $CaCO_3$ สังเกตุได้จากระดับ pH และปริมาณธาตุอาหารในดินที่สูงขึ้น โดยใน Treatmentที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษในอัตราที่เท่ากับปูน $CaCO_3$ คือ 11,100 กก./ไร่ สามารถยกระดับ pH สูงถึง 6.8 ส่วนTreatmentที่มีการใส่ปูน $CaCO_3$ อัตรา 11,100 กก./ไร่ มีระดับ pH อยู่ที่ 7.5 สำหรับปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นตามค่า pH และอัตราการใส่ปูน ซึ่ง Treatmentที่มีการใส่ปูนของทั้งสองชนิดมีปริมาณธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน

ผลของปูนทั้งสองชนิดมีผลต่อผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อน โดยพบว่าปริมาณน้ำหนักฝักสดและฝักแห้งของข้าวโพดฝักอ่อน เพิ่มขึ้นตามอัตราของปูนที่ใส่ โดยใน Treatmentที่มีน้ำหนักฝักสดและฝักแห้งมากที่สุดคือ Treatmentที่ 9 ที่มีการใส่ปูน $CaCO_3$ ในอัตรา 10,500 กก./ไร่ ฝักสดชั่งได้ 84.13 g. และฝักแห้งชั่งได้ 10.65 g. และ Treatmentที่มีน้ำหนักฝักสดและฝักแห้งน้อยที่สุดคือ Treatmentที่ 3 ที่มีการใส่ปูนจากโรงงานกระดาษในอัตราที่เท่ากับปูน $CaCO_3$ ในอัตรา 9,200 กก./ไร่ ฝักสดชั่งได้ 27.83 g. และฝักแห้งชั่งได้ 3.16 g. ส่วนใน Treatmentที่ 2 ที่ไม่มีการใส่ปูนยังไม่มีการเจริญเติบโตของฝัก

การใส่ปูนจากโรงงานกระดาษมีผลทำให้ข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดในสภาพดินไร่สามารถเจริญเติบโต พืชสามารถใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมจากดินได้ในปริมาณที่มากขึ้นและใกล้เคียงกับการใส่ปูน $CaCO_3$ ซึ่งปูนจากโรงงานกระดาษเป็นวัสดุเหลือจากขั้นตอนการผลิตน้ำยาสำหรับใช้ในการทำกระดาษนั้นกลับคืน แล้วก็ไม่ได้ใช้ประโยชน์ใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

โครงการเร่งรัดพัฒนาดินเปรี้ยว 2522 การทดลองหาอัตราปูนมาร์ล อัตราและชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสเฟตในดินเปรี้ยวชุดรังสิต รายงานประจำปี 2522 ฝ่ายปรับปรุงบำรุงดิน กองบริรักษ์ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน หน้า 29-30

จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข รณรงค์ สูยะนันทน์ และสรสิทธิ์ วัชโรทยาน ประสิทธิภาพของปูนจากโรงงานกระดาษในการแก้ไขปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด. วารสารดินและปุ๋ย 10 : 2538 : 212-218

วิวัฒน์ อิงคะประดิษฐ์ ชยงค์ นามาเมือง นิพรรณศรี โคมทองและจันทนา สุดโต 2522 ผลตอบสนองต่อปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (16-20-0) อัตราส่วนต่างๆ ของพันธุ์ข้าวแนะนำไวต่อช่วงแสงและไม่ไวต่อช่วงแสงในดินนาที่เป็นกรดจัด รายงานผลการทดลองปุ๋ยข้าว 2522 งานทดลองปุ๋ยข้าวกองการข้าว กรมวิชาการเกษตร หน้า 205-218

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน 2520 ดินกรดจัดของประเทศไทย โครงการวิจัยดินและปุ๋ย ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุจินต์ สุทธนี และคณะ 2507 ผลการใช้ปูนขาวต่อผลผลิตของข้าวในนาที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดสูง รายงานการวิจัยของกองวิทยาการ กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

อภิรดี อิ่มเอิบ 2536 ความเป็นประโยชน์ได้ของธาตุอาหารต่อพืชหลังการใส่ปูนในดินกรด วารสารพัฒนาที่ดิน ปีที่ 31 ฉบับ 341 ตุลาคม 2536

Hart, M. G. R. A. J. Carpenter, and J. W. O. Jeffery. 1965. Problems in reclaiming saline.

Kivenen. E. 1950. Trans. Int. Conger. Soil Sci., 4 th 1950 Vol. 2, pp. 269-262

Ponnamperuma F. N., Tasnee Attanandana and Gora Beye. 1972. Amelioration of three acid sulfate soil of lowland rice. Acid Sulfate Soil, proc. of int. symp. 13-20 August 1972, Wageningen.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pons. L. J. and W. Van der kevie. 1969 Acid sulphate soil in Thailand; Studies on the morphorlogy, genesis and agriculture potential of soil with cat clay. Soil Survey Report No. 81-1969.

Uwaniyom, J. and C. Charoenchamratcheep. 1984. Liming of acid sulfate soil in the Bangkok Plain. FFTC Book Series No. 27, Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region. Taiwan, Rapublic of China.

Vacharotayan. S., and T. Attanandana. 1985. Potential productivity in Thailand, pp. 589-606. *In* S. Vacharotayan, S. Panichpong, S. Aksornkoae, I. Kheoruenromne, A. Sudhipakarn and S. Tirakanant (eds.). Proceedings of the International Seminar on Environmental Factors in Agricultural Production, Thailand.

Vacharotayan. S.. and T. Attanandana. 1987. Present status of agricultural production in International Seminar on the Impact of Agricultural Production on the Environment. 17-20 December 1987. Chaing Mai. Thailand.

Wiklander L., G. Hallgen, and E. Jonsson, 1950. Studies on gyttja soil. III. Rate of sulfur oxidation. Ann. Roy. Agric. Coll. Sweden 17, 425-440

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ผลการวิเคราะห์ดินทางเคมี

ตารางที่1 คุณสมบัติทางเคมีของดินในแต่ละ Treatment ที่มีการใส่ปูนก่อนปลูกข้าวโพดฝักอ่อน

Treatment	Rep	EC (1:1)	pHดิน:น้ำ	me/100g. Soil			Avail. P
		mS/cm	(1:1)	K	Ca	Mg	(ppm)
3	1	2.67	5.85	0.16	58.33	4.99	4.85
3	2	2.67	5.71	0.19	37.56	4.94	6.65
3	3	2.62	5.93	0.17	27.01	5.83	8.53
4	1	2.88	6.02	0.19	39.69	5.09	6.09
4	2	2.74	6.14	0.22	45.65	5.56	6.81
4	3	2.64	6.08	0.20	47.05	5.83	7.55
5	1	2.66	6.56	0.24	43.96	5.22	11.06
5	2	2.58	6.44	0.22	42.14	5.63	5.93
5	3	2.78	6.49	0.22	49.38	6.31	7.88
6	1	2.84	6.75	0.28	46.32	5.82	8.36
6	2	2.96	6.83	0.27	52.41	6.00	11.53
6	3	2.78	6.85	0.26	49.68	6.64	13.36
7	1	2.49	6.10	0.19	44.03	5.06	9.54
7	2	2.32	6.01	0.19	31.67	5.54	9.87
7	3	2.51	6.07	0.18	50.70	5.77	10.48
8	1	2.54	6.56	0.22	43.22	5.45	11.03
8	2	2.68	6.55	0.22	56.76	6.09	10.58
8	3	2.62	6.58	0.22	48.30	6.39	12.41
9	1	2.75	7.10	0.26	46.66	6.29	11.21
9	2	2.64	7.03	0.27	57.06	6.83	11.14
9	3	2.70	6.96	0.26	49.10	6.33	10.89
10	1	2.63	7.53	0.36	59.45	6.25	11.16
10	2	2.87	7.50	0.29	61.26	7.67	9.44
10	3	2.73	7.61	0.27	67.64	6.14	10.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2 คุณสมบัติทางเคมีของดินในแต่ละ Treatment หลังปลูกข้าวโพดฝักอ่อน

Treatment	Rep	EC (1:1)	pHดิน:น้ำ	me/100g. Soil			Avail. P
		mS/cm	(1:1)	K	Ca	Mg	(ppm)
1	1	0.79	3.19	0.08	4.78	0.27	2.72
1	2	0.76	2.92	0.10	3.27	0.27	2.66
1	3	0.68	3.09	0.09	3.11	0.28	2.95
2	1	1.09	3.22	0.48	4.49	0.32	5.56
2	2	0.80	3.27	0.47	4.62	0.39	5.33
2	3	1.45	3.25	0.47	4.88	0.37	5.12
3	1	2.56	5.53	0.54	35.66	5.50	17.25
3	2	1.88	5.68	0.48	31.86	4.60	12.34
3	3	2.34	5.42	0.49	37.38	5.36	13.71
4	1	2.30	5.73	0.58	39.33	4.97	16.55
4	2	2.47	5.61	0.50	48.18	6.52	9.10
4	3	2.29	5.89	0.50	42.74	5.90	22.79
5	1	2.30	5.99	0.58	39.21	4.75	21.91
5	2	2.45	6.04	0.54	50.70	5.51	16.62
5	3	2.85	6.07	0.50	57.07	7.57	14.89
6	1	2.59	6.61	0.53	51.79	6.28	24.19
6	2	2.76	6.55	0.55	41.15	6.44	23.45
6	3	2.85	6.48	0.55	61.60	5.99	27.22
7	1	2.63	6.01	0.50	41.97	5.93	15.50
7	2	2.49	5.97	0.49	47.57	4.74	12.76
7	3	2.58	6.02	0.52	37.25	5.46	17.61
8	1	2.53	6.51	0.54	44.64	5.68	21.41
8	2	2.61	6.46	0.51	44.96	5.45	13.77
8	3	2.61	6.53	0.52	47.37	5.97	20.15
9	1	2.47	7.11	0.57	45.67	5.35	29.99
9	2	2.42	6.99	0.57	48.42	6.65	22.76
9	3	2.64	6.92	0.62	53.33	6.28	20.87
10	1	2.59	7.52	0.59	63.86	5.31	27.69
10	2	2.49	7.46	0.65	63.38	6.33	30.08
10	3	2.38	7.47	0.61	57.80	7.37	15.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตารางที่3</u> ผลของปูนทั้งสองชนิดต่อปริมาณผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อน

Treatment	Rep	น้ำหนักฝักสด (g)	น้ำหนักฝักแห้ง (g)	น้ำหนักต้นสด (g)	น้ำหนักต้นแห้ง (g)	น้ำหนักฝัก+ต้นสด (g)	น้ำหนักฝัก+ต้นแห้ง (g)
2	1	-	-	-	-	-	-
2	2	-	-	21.30	3.51	21.30	3.51
2	3	-	-	3.69	0.67	3.69	0.67
3	1	23.94	2.56	86.61	17.35	110.55	19.91
3	2	10.16	1.18	142.11	28.67	152.27	29.85
3	3	49.36	5.75	120.32	25.54	169.68	31.29
4	1	18.27	3.75	103.31	23.71	121.58	27.46
4	2	44.51	0.13	150.90	27.86	195.41	27.99
4	3	26.61	6.19	111.45	28.53	138.06	34.72
5	1	36.72	2.10	119.79	34.23	156.51	36.33
5	2	19.10	5.51	133.19	21.52	152.29	27.03
5	3	50.19	3.45	134.62	30.66	184.81	34.11
6	1	34.71	4.21	157.43	22.47	192.14	26.68
6	2	7.57	1.87	100.68	35.43	108.25	37.30
6	3	50.48	6.09	136.55	30.65	187.03	36.74
7	1	18.46	0.87	97.47	20.69	115.93	21.56
7	2	55.13	6.85	126.77	28.13	181.90	34.98
7	3	73.81	8.91	134.19	30.12	208.00	39.03
8	1	54.00	6.81	163.06	34.55	217.06	41.36
8	2	62.57	7.58	154.33	31.30	216.90	38.88
8	3	43.58	6.06	128.75	26.63	172.33	32.69
9	1	86.66	10.39	135.72	30.50	222.38	40.89
9	2	54.29	6.30	177.86	39.13	232.15	45.43
9	3	111.45	15.26	187.88	44.61	299.33	59.87
10	1	37.01	2.94	126.12	29.31	163.13	32.25
10	2	93.59	10.94	163.14	39.12	256.73	50.06
10	3	83.42	10.49	166.12	40.24	249.54	50.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตารางที่4</u> ผลของปูนทั้งสองชนิดต่อปริมาณธาตุอาหารข้าวโพดฝักอ่อน

Treatment	Rep	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
2	1	-	-	-	-	-
2	2	0.61	0.05	0.21	0.31	0.03
2	3	0.59	0.05	0 20	0.48	0.03
3	1	0.76	0.11	1.91	2.27	0.11
3	2	0.54	0.08	2.03	1.29	0.08
3	3	0.82	0.09	1.91	1.92	0.09
4	1	0.76	0.13	2.25	1.91	0.12
4	2	0.84	0.09	2.14	2.48	0.10
4	3	0.83	0.09	1.96	2.15	0.11
5	1	0.74	0.11	2.49	3.19	0.12
5	2	0.90	0.11	2.38	2.57	0.10
5	3	0.91	0.09	1.64	2.44	0.11
6	1	0.78	0.13	2.43	3.06	0.11
6	2	0.91	0.12	2.54	2.94	0.12
6	3	0.74	0.14	2.17	2.78	0.12
7	1	0.74	0.11	2.14	1.91	0.10
7	2	0.70	0.09	2.12	2.46	0.10
7	3	0.76	0.08	1.95	2.10	0.10
8	1	0.82	0.10	2.23	2.81	0.09
8	2	0.86	0.11	1.98	2.20	0.12
8	3	0.88	0.10	1.98	2.09	0.12
9	1	0.81	0.14	2.57	3.20	0.12
9	2	0.81	0.14	2.13	2.18	0.09
9	3	0.89	0.13	1.98	2.97	0.11
10	1	0.83	0.11	2.16	3.37	0.11
10	2	0.70	0.11	2.28	2.42	0.11
10	3	0.66	0.11	2.09	3.99	0.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. <u>การวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

<u>ตารางที่5</u> แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ความเป็นกรด-ด่างของดินก่อนปลูกข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	df	SS	MS	F
Treatment	7	6.821	0.974	236.950*
Error	16	0.066	0.004	
Total	23	6.887		
CV	8.35%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

<u>ตารางที่6</u> แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ความเป็นกรด-ด่างของดินหลังปลูกข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	df	SS	MS	F
Treatment	9	58.267	6.474	872.918*
Error	20	0.148	0.007	
Total	29	58.416		
CV	24.83%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่7 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าการนำไฟฟ้าของดินก่อนปลูกข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	df	SS	MS	F
Treatment	7	0.315	0.045	5.342*
Error	16	0.135	0.008	
Total	23	0.449		
CV	5.21%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ตารางที่8 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าการนำไฟฟ้าของดินหลังปลูกข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	df	SS	MS	F
Treatment	9	12.551	1.395	37.725*
Error	20	0.739	0.04	
Total	29	13.290		
CV	30.94%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่9 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินก่อนปลูกข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	df	SS	MS	F
Treatment	7	77.377	11.054	4.671*
Error	16	37.865	2.367	
Total	23	115.242		
CV	23.71%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ตารางที่10 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินหลังปลูกข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	df	SS	MS	F
Treatment	9	1568.984	174.332	9.793*
Error	20	356.041	17.802	
Total	29	1925.024		
CV	49.64%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่11 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณโพแทสเซียมของดินก่อนปลูกข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	df	SS	MS	F
Treatment	7	0.043	0.006	16.557*
Error	16	0.006	0.0004	
Total	23	0.049		
CV	20.06%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ตารางที่12 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณโพแทสเซียมของดินหลังปลูกข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	df	SS	MS	F
Treatment	9	0.574	0.063	103.361*
Error	20	0.012	0.0006	
Total	29	0.586		
CV	10.04%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่13 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณแคลเซียมของดินก่อนปลูกข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	df	SS	MS	F
Treatment	7	1014.562	144.937	2.412*
Error	16	961.622	60.101	
Total	23	1976.184		
CV	19.26%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ตารางที่14 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณแคลเซียมของดินหลังปลูกข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	df	SS	MS	F
Treatment	9	10159.450	1128.828	41.708*
Error	20	541.303	27.065	
Total	29	10700.753		
CV	49.76%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่15 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณแมกนีเซียมของดินก่อนปลูกข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	df	SS	MS	F
Treatment	7	5.525	0.789	3.066*
Error	16	4.119	0.257	
Total	23	9.644		
CV	10.97%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ตารางที่16 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณแมกนีเซียมของดินหลังปลูกข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	df	SS	MS	F
Treatment	9	149.451	16.606	33.465*
Error	20	9.924	0.496	
Total	29	159.375		
CV	49.59%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่17 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ น้ำหนักฝักสดของข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	df	SS	MS	F
Treatment	8	13418.578	1677.322	3.652*
Error	17	7808.126	459.302	
Total	25	21226.703		
CV	66.13%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ตารางที่18 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ น้ำหนักฝักแห้งของข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	df	SS	MS	F
Treatment	8	210.412	26.301	2.775*
Error	17	161.101	9.477	
Total	25	371.513		
CV	73.59%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่19 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ น้ำหนักสดของต้นข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	df	SS	MS	F
Treatment	8	34970.271	4371.284	8.530*
Error	17	8711.507	512.442	
Total	25	43681.778		
CV	33.10%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ตารางที่20 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	df	SS	MS	F
Treatment	8	1948.024	243.503	8.077*
Error	17	512.487	30.146	
Total	25	2460.511		
CV	35.57%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่21 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ น้ำหนักสดฝัก+ต้นของข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	df	SS	MS	F
Treatment	8	84269.054	10533.632	7.214*
Error	17	24823.175	1460.187	
Total	25	109092.23		
CV	38.78%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ตารางที่22 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ น้ำหนักแห้งฝัก+ต้นของข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	df	SS	MS	F
Treatment	8	3242.732	405.341	8.055*
Error	17	855.488	50.323	
Total	25	4098.220		
CV	38.65%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่23 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณไนโตรเจนในข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	df	SS	MS	F
Treatment	8	0.141	0.018	2.837*
Error	17	0.105	0.006	
Total	25	0.246		
CV	12.77%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ตารางที่24 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณฟอสฟอรัสของต้นข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	Df	SS	MS	F
Treatment	8	0.012	0.001	9.682*
Error	17	0.003	0.0001	
Total	25	0.014		
CV	22.98%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่25 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณโพแทสเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	Df	SS	MS	F
Treatment	8	7.286	0.911	18.833*
Error	17	0.822	0.048	
Total	25	8.108		
CV	28.55%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ตารางที่26 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณแคลเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	Df	SS	MS	F
Treatment	8	13.146	1.643	8.434*
Error	17	3.312	0.195	
Total	25	16.458		
CV	34.31%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่27 แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณแมกนีเซียมในข้าวโพดฝักอ่อน

ANALYSIS OF VARIANCE

S.V.	Df	SS	MS	F
Treatment	8	0.012	0.001	12.819*
Error	17	0.002	0.0001	
Total	25	0.014		
CV	23.44%			

* = SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

ns = NON SIGNIFICANT AT 95% LEVEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้