14837

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

การลดระดับความเป็นพิษของ Al ในดินกรดที่เสื่อมโทรมต่อการปลูกข้าวโพดหวาน และความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยพืชสดเป็นสารปรับปรุงดิน

Alleviation of Al Toxicity in the Deteriorated Acid Soils Grown with Sweet Corn and Relationships Due to Using Green Manures as Soil Amendment

โดย

นายบุญชัย จันฝาก

นายพงค์อมร วชิรมน

ผศ.ดร. สุนทร พูนพิพัฒน์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ.ดร. สุมิตรา ลัวโรดม)

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

24 เม.ย. 38

ปพ.
บA26ก
2538
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....9970?
วัน,เดือน,ปี.....

ปพ.
บ426ก
2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้าและเพื่อนผู้ร่วมงานในการทำปัญหาพิเศษเรื่อง " การลดระดับความเป็นพิษของ Al ในดินกรดที่เสื่อมโทรม ต่อการปลูกข้าวโพดหวาน และ ความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยพืชสดเป็นสารปรับปรุงดิน " ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนทร พูนพิพัฒน์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ แนะนำในการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ ความดีทั้งหมดที่ได้จากการทำปัญหาพิเศษทั้งหมดนี้ ขอมอบแด่บิดา และมารดา ผู้ให้กำเนิด ที่ให้โอกาส ให้กำลังทรัพย์ และ กำลังใจโดยตลอดมา

ขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ และคอยอบรมสั่งสอน ขอบคุณพี่นุจรี บุญแปลง และน้าสำราญ ผู้ที่คอยเอื้อเฟื้อคำแนะนำในการวิเคราะห์ดินและพืช

ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆและน้องๆสำหรับน้ำมิตร น้ำจิตและน้ำใจที่หลั่งไหลมาให้อย่างท่วมท้น

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าทั้งและเพื่อนสหายปัญหาพิเศษ ก็คงไม่ลืมที่จะขอบคุณตัวเองที่เสียสละและทุ่มเทให้กับงานเหมือนกับว่าเป็นที่สุด

นายบุญชัย จันฝาก

นายพงค์อมร วชิรมน

20 เมษายน 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ดินกรดเสื่อมโทรมภายในบริเวณที่ราบลุ่มเขตกรุงเทพมหานคร มักมีปัญหาหลายประการ เช่น มีระดับความเป็นกรดที่สูงและรุนแรง การสะสมสารพิษต่างๆ เช่น Al หรือ การขาดธาตุอาหารที่จำเป็นแก่พืช ซึ่งล้วนแต่เป็นปัญหาในการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรทั้งสิ้น ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองเพื่อลดปัญหาดังกล่าวโดยการปรับปรุงดินด้วยสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยพืชสด (โสน)

ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของปุ๋ยพืชสด (โสน) ในตำรับที่ใช้โสน 80 ก. กก.$^{-1}$ สามารถแก้ปัญหาต่างๆของดินกรดเสื่อมโทรมนี้ได้ใกล้เคียงกับการใส่ปูน ที่เรียกว่า ' Self– Liming." โดยสามารถยกระดับของ pH ให้สูงขึ้นได้มากกว่า 5.5 - 6.2 ช่วยเพิ่มระดับของ Ca และ Mg และ ช่วยลดระดับความเป็นพิษของ Al ให้อยู่ในระดับต่ำกว่า 0.68 cmolc kg-1 ซึ่งเป็นระดับที่ต้นข้าวโพดหวานเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ฉะนั้นปุ๋ยพืชสด (โสน) จึงเป็นสารปรับปรุงดินกรดเสื่อมโทรมได้เป็นอย่างดี และ ยังช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดหวาน โดยเฉพาะการเจริญเติบโตในส่วนของรากจะเจริญได้ดีมากโดยความยาวของรากและความยาวรากสัมพัทธ์จะมีค่าประมาณ 55.9 ซม. และ 84.4% ตามลำดับ ส่วนองค์ประกอบของธาตุอาหารพืชภายในส่วนลำต้นก็เพิ่มขึ้นทั้ง Ca และ Mg แต่ในขณะเดียวกันระดับ Al ในต้นข้าวโพดหวานลดลงต่ำกว่า 33.5 มก. กก$^{-1}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญ

	หน้า
คำนิยม	i
บทคัดย่อ	ii
สารบาญภาพ	iv
สารบาญรูป	v
สารบาญตาราง	vi
สารบาญภาคผนวก	vii
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์การทดลอง	20
วิธีการทดลอง	20
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	23
สรุปผลการทดลอง	33
เอกสารอ้างอิง	45
ภาคผนวก	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ตำรับการทดลองที่ 1 ปลูกข้าวโพดหวานในดินกรดเสื่อมโทรม ที่ยังไม่ได้ปรับปรุง (Control)	34
2	ตำรับการทดลองที่ 2 ปลูกข้าวโพดหวานในดินกรดเสื่อมโทรม ที่ใส่ปุ๋นเป็นสารปรับปรุงดิน	35
3	ตำรับการทดลองที่ 3 ปลูกข้าวโพดหวานในดินกรดเสื่อมโทรม ที่ได้รับการปรับปรุงโดยการใส่ปุ๋นและโสน 40 ก. กก$^{-1}$	36
4	ตำรับการทดลองที่ 4 ปลูกข้าวโพดหวานในดินกรดเสื่อมโทรม ที่ได้รับการปรับปรุงโดยการใส่ปุ๋นและโสน 80 ก. กก$^{-1}$	37
5	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตทางลำต้นของต้นข้าวโพดหวาน ในตำรับการทดลองที่ 1 และตำรับการทดลองที่ 2	38
6	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตทางลำต้นของต้นข้าวโพดหวาน ในตำรับการทดลองที่ 1 และตำรับการทดลองที่ 3	39
7	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตทางลำต้นของต้นข้าวโพดหวาน ในตำรับการทดลองที่ 1 และตำรับการทดลองที่ 4	40
8	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตทางลำต้นของต้นข้าวโพดหวาน ในตำรับการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ	41
9	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของรากข้าวโพดหวาน ในตำรับการทดลองที่ 1 และตำรับการทดลองที่ 2	42
10	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของรากข้าวโพดหวาน ในตำรับการทดลองที่ 1 และตำรับการทดลองที่ 3	43
11	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของรากข้าวโพดหวาน ในตำรับการทดลองที่ 1 และตำรับการทดลองที่ 4	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญรูป

รูปที่		หน้า
1	การสร้างน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพด และปริมาณ Ca ที่พบอยู่ภายในดิน	29
2	การสร้างน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพด และปริมาณ Mg ที่พบอยู่ภายในดิน	30
3	ความยาวรากสัมพัทธ์ และปริมาณ Al ที่พบภายในต้นข้าวโพด	31
4	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดิน กับปริมาณ Al ที่พบอยู่ในดิน	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงช่วงพิสัย (Range) ค่าเฉลี่ย (Mean) ของตัวอย่างชุดดินกรดที่เสื่อมโทรมก่อนเริ่มต้นการทดลอง	23
2	แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า pH, Exch.Ca, Mg และ Al ที่ได้รับอิทธิพลมาจากตำรับการทดลองต่างๆกัน 4 ตำรับในดินชุดรังสิต	24
3	อิทธิพลของสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยพืชสด (โสน) ในอัตราต่างๆ ต่อการสร้างน้ำหนักแห้งของต้น ราก และความสูงของต้นข้าวโพดที่ปลูกในระยะ 41 วันภายหลังปลูก	26
4	อิทธิพลของสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยพืชสด (โสน) ในอัตราต่างๆ ต่อการสร้างความยาวราก และความยาวรากสัมพัทธ์ของต้นข้าวโพดที่ปลูกในระยะ 41 วันภายหลังปลูก	27
5	อิทธิพลของสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยพืชสด (โสน) ในอัตราต่างๆ กันต่อการสร้างองค์ประกอบของ Ca, Mg และ Al ที่ปรากฏอยู่ภายในต้นข้าวโพด เมื่อระยะ 41 วันภายหลังปลูก	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดินในตำรับการทดลองต่างๆ	49
2	อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อการเปลี่ยนแปลงค่า Exch. Ca ของดินในตำรับการทดลองต่างๆ	50
3	อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อการเปลี่ยนแปลงค่า Exch. Mg ของดินในตำรับการทดลองต่างๆ	51
4	อิทธิพลของปริมาณ Ca ที่พบในดินต่อการสร้างน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพด	52
5	อิทธิพลของปริมาณ Mg ที่พบในดินต่อการสร้างน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพด	53
6	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับปริมาณ Exch. Al ในดิน	54
7	อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อการสร้างน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพด	55
8	อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อการสร้างน้ำหนักแห้งของรากข้าวโพด	56
9	อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อความสูงของต้นข้าวโพด	57
10	อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อความยาวรากของต้นข้าวโพด	58
11	อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Ca (%) ที่พบในพืช	59
12	อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Mg (%) ที่พบในพืช	60
13	อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Al (mg/kg) ที่พบในพืช	61
14	ความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างความยาวของรากข้าวโพด กับปริมาณ Al ที่พบในพืช	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดระดับความเป็นพิษของ Al ในดินกรดที่เสื่อมโทรมต่อการปลูกข้าวโพดหวาน และความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ของปุ๋ย พืชสดเป็นสารปรับปรุงดิน

คำนำ

ดินกรดที่เสื่อมโทรมที่พบกันอยู่ทั่วไปภายในเขตร้อนนั้นครอบคลุมทั้งสมบัติและรายละเอียดต่างๆอย่างมากมายมหาศาลไม่ว่าจะเป็นสภาพ pH ที่ต่ำ ระดับความเป็นกรดจัดที่รุนแรง รวมถึงการสะสมสารพิษต่างๆอยู่เป็นปริมาณที่มาก สิ่งหนึ่งของปรากฏการณ์ดังกล่าวที่พบเห็นกันอยู่ทั่วๆไปก็คือการเกิดผลของความเป็นพิษของ Al ขึ้นมาอย่างแท้จริงภายในดินกรดเสื่อมโทรมเหล่านี้ รวมถึงการเข้าไปยับยั้งหรือทำลายส่วนต่างๆของพืชที่ปลูกโดยเฉพาะรากพืชจะแสดงผลกระทบได้ง่ายกว่าการเจริญเติบโตในส่วนอื่นๆ เป็นต้น (Foy , 1974) เพราะฉะนั้นในทางปฏิบัติหลายๆครั้งจึงมีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ร่วมดังกล่าวระหว่างค่าอัตราการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกและดัชนีที่บ่งบอกถึงระดับความเป็นพิษของ Al ตามสภาพของที่ดินซึ่งแตกต่างกันออกไปอย่างมากในแต่ละบริเวณพื้นที่ (Bell and Edwards, 1991) เพราะฉะนั้นคุณสมบัติของดินทางเคมีที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายเช่นในส่วนของวัตภาคของแข็งแลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable phase) จึงถูกนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุด เพื่อประเมินถึงผลกระทบจากสภาพความเป็นพิษของ Al ที่เกิดขึ้นภายในดินกรดจัดและเสื่อมโทรมโดยตรง

ประกอบกับเมื่อเร็วๆนี้ Poolpipatana (1994) ได้เสนอแนวทางแบบใหม่ของการปรับปรุงพื้นที่ดินกรดจัดที่เสื่อมโทรมด้วยการใช้ประโยชน์จากสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยพืชสดที่ผ่านการคัดเลือกจากการทดลองในไร่นา และภาคสนามมาเป็นอย่างดี จากรายงานดังกล่าวระบุไว้อย่างชัดเจนถึงผลกระทบหรือข้อดีเด่นของวิธีการปรับปรุงดังกล่าวในแง่ที่การใช้โสนนั้นมีประสิทธิภาพที่คล้ายคลึงกับปูน หรือที่เรียกว่า " Self - liming " ในขณะเดียวกันสามารถเพิ่มผลผลิตของพืชที่ปลูกอยู่บนพื้นที่ดินดังกล่าวได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ผลประโยชน์ที่ดีเด่นเพิ่มเติมขึ้นมาอีกประการหนึ่งก็คือ สามารถเข้าไปช่วยลดระดับความเป็นพิษของ Al ที่สะสมอยู่ภายในดินอย่างได้ผล หรือเกิดขบวนการ " Al - detoxification " ขึ้นมาอย่างเหมาะสม คำตอบดังกล่าวได้ชี้ให้เห็นว่าการใช้สารอินทรียวัตถุประเภทโสนที่พบกันอยู่ทั่วไปตามธรรมชาตินั้น ดูน่าจะเป็นคำตอบที่ดีของการใช้ประโยชน์แก้ไขปรับปรุงพื้นที่ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดที่เสื่อมโทรมให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในประเด็นที่ช่วยลดระดับสารพิษทั้งมวลที่สะสมอยู่ภายในดินโดยตรง

เพราะฉะนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาทดลองครั้งนี้ก็เพื่อต้องการเรียนรู้และเข้าใจที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทางเคมี โดยเฉพาะด้าน exchangeable phase ที่อาจถูกเปลี่ยนแปลงไปโดยง่ายด้วยอิทธิพลของการใช้สารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยพืชสดเป็นประการสำคัญ นอกจากนี้ระดับความเป็นพิษของ Al ที่แสดงความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องโดยตรงกับการเจริญเติบโตของรากพืชที่ปลูกนั้นจะบ่งบอกถึงการเป็นดัชนีที่ดีสำหรับการประเมินทางชีวภาพ (bioassay) ได้หรือไม่ รวมถึง สารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยพืชสดดังกล่าวจะช่วยลดระดับความเป็นพิษของ Al ภายใต้สภาพสิ่งแวดล้อมของดินกรดที่เสื่อมโทรมได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อต้องการตรวจสอบลักษณะความแตกต่างทางเคมีของสมบัติดิน สามารถจะนำมาใช้ประโยชน์เพื่ออธิบายถึงผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในส่วนที่สัมพันธ์กับ การลดระดับความเป็นพิษของ Al โดยตรง
2. เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพที่ดีของการใช้สารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยพืชสด ซึ่งทำหน้าที่ต่อการควบคุมระดับความเป็นพิษของ Al ภายในโดยตรง
3. เพื่อศึกษาถึงสหสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างปัจจัยทางเคมีต่างๆซึ่งเกิดขึ้นภายในดินกรดเสื่อมโทรมขณะนั้นๆ กับระดับความสามารถในการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในแง่ของการศึกษาด้าน bioassay เป็นประการสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

1. บทบาทของอลูมินั่มในดิน

อลูมินั่มมีผลต่อธาตุอาหารบางชนิดของพืช และในดินที่มีอลูมินั่มปริมาณสูงอาจเป็นพิษต่อพืชได้โดยการขัดขวางการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตจนกระทั่งทำให้พืชตายได้ โดยเฉพาะในดินเปรี้ยว โดยปกติอลูมินั่มจะอยู่ในรูป soluble Al และ exchangeable Al^{3+} เมื่อ pH ของดินต่ำโดมีปฏิกิริยาดังต่อไปนี้

$$Al^{3+} + H_2O \Rightarrow AlOH^{2+} + H^+$$ (Frink and Peech, 1963)

exchangeable Al^{3+} ยังสามารถแลกเปลี่ยนกับ H^+ ที่ถูกดูดซับโดยอนุภาคดินทำให้ H^+ ถูกปลดปล่อยออกมาในสารละลายดินมากขึ้น มีผลให้ดินมีความเป็นกรดสูงขึ้น ประพิศและคณะ (2523) อ้างรายงานของ Coleman และคณะ (1959) ซึ่งรายงานว่าในดินเปรี้ยวนั้น exchange Al^{3+} เป็น major acidic cation ที่มีบทบาทต่อความเป็นกรดของดินโดยตรง Frink and peech (1963) อ้างรายงานของ Ragland และ Coleman ซึ่งรายงานว่าปฏิกิริยา hydrolysis ของอลูมินั่มของสารละลายที่มี clay อยู่ด้วย จะเกิดขึ้นในอัตราที่สูงกว่าปฏิกิริยา hydrolysis ของอลูมินั่มในสารละลายที่มีเกลือของอลูมินั่มในขณะที่ pH เท่ากัน ดังนั้นในสารละลายดินจะเกิดปฏิกิริยา hydrolysis ของอลูมินั่มสูงกว่าในสารละลายปกติ อลูมินั่มที่แลกเปลี่ยนได้จะอยู่ในรูป trivalant (Al^{3+}) ถ้ามีการยกระดับpH.ให้สูงขึ้น เช่น โดยการใส่ปูน soluble Al จะถูกตรึง (fixed) โดยจะตกตะกอนในรูปสารประกอบไฮดรอกไซด์ทั้งในรูป monomer $[Al(OH)_3]^+$ และ polymers เช่น $[Al_6(OH)_{12}]^{6+}$ ทับถมอยู่บนผิวของ clay อลูมินั่มที่ถูตรึงจะอยู่ในรูปที่มีประจุบวกเพียงหนึ่งประจุต่อหนึ่งอะตอม (Frink and Peech, 1963) การตรึงอลูมินั่ม (aluminium fixation) จะไม่เกี่ยวกับการที่ CEC ลดลง (Hutchison and Huntter, 1970) และจากการทดลองของ Frink และ Peech (1963) พบว่าการที่อลูมินั่มถูกตรึงโดย clay และอลูมินั่มที่ตกตะกอนในรูปไฮดรอกไซด์จะไม่มีผลทำให้ CEC ลดลงแต่อย่างใด

อลูมินั่มมีบทบาทสำคัญในดินเปรี้ยว คือ การเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสของพืชโดยเป็นตัวการสำคัญในการดูดยึดหรือตรึงฟอสฟอรัสในดิน (Juo and Fox, 1970; Parfitt, 1978)การดูดยึดฟอสเฟตจะเกิดขึ้นมากที่สุดเมื่อ pH ต่ำกว่า 4 เล็กน้อย (Parfitt,1978) โดย hydrate Al จะทำปฏิกิริยารวมตัวกับฟอสเฟต เป็นสารประกอบที่ละลายได้ยากและตกตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้พืชไม่สามารถดูดฟอสเฟตใช้เป็นประโยชน์ได้ (Haynes, 1982) เมื่อ pH ของดินต่ำอลูมินั่มในดินเปรี้ยวจะอยู่ในรูป exchangeable Al^{3+} และ soluble Al ซึ่งมีความสามารถในการดูดยึดฟอสเฟตได้สูง แต่เมื่อยกระดับ pH สูงขึ้น exchangeable Al^{3+} จะตกตะกอนโดยถูกเปลี่ยนไปเป็นรูป polymeric hydroxyl-Al cation (Oadees, 1975) ความสามารถในการละลาย (solubility) ของฟอสเฟตในดินเปรี้ยวจะต่ำที่สุดเมื่อ pH อยู่ในช่วง 5.5 - 6.5 ซึ่งช่วง pH จะใกล้เคียงกับช่วงที่อลูมินั่มมีความสามารถในการละลายได้ต่ำสุด (minimum solubility) ซึ่ง pH อยู่ในช่วง 5 - 7 ซึ่งในช่วงนี้ (hydroxyl Al) ซึ่งไม่ละลายจะตกตะกอน (Murrman and Peech, 1969), (Amarasiri and Olsen, 1973, Mokwunye, 1975) จะเป็นช่วงที่มีการตรึงฟอสเฟตได้อีก เมื่อ pH สูงขึ้นอยู่ในช่วงที่อลูมินั่มละลายได้ต่ำสุดนั้น soluble Al และ exchangeable Al^{3+} ซึ่งเป็นรูปสำคัญของอลูมินั่มในดินเปรี้ยวจะทำปฏิกิริยา hydrolysis แล้วเปลี่ยนรูปเป็น hydroxyl-Al ที่ไม่ละลาย ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารประกอบเชิงซ้อน (polynuclear complexes) หรือ polymers ซึ่งมีประจุบวกและมีพื้นผิวในการดูดยึด (adsorbing surface) มากจึงสามารถดูดยึดฟอสเฟตไว้มาก Blamey และคณะ (1983) รายงานว่าอลูมินั่มในรูป monomer มีแนวโน้มทำปฏิกิริยากับฟอสเฟต เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ละลายได้ (soluble complexes) และอลูมินั่มในรูป polymers มักจะตกตะกอนได้โดยฟอสเฟต โดยปกติแล้วการละลายน้ำของเกลืออลูมินั่มจะให้ monomers ต่างๆ ดังนี้

total soluble Al (Al_t) = $[Al^{3+}]+[Al(OH)^{2+}]+[Al(OH)^{0}_{3}]+[Al(0H)^{-}_{4}]+[Al(OH)^{2-}_{5}]$

ส่วนอลูมินั่มในรูป polymers ได้แก่ $[Al2(OH)_5]^{3+n}]$, $[Al_6(OH)_{15}]^{3+}$ และ $[Al_{13}(OH)_{32}]^{7+}$ เป็นต้น (Haynes,1982) แต่โดยทั่วไปแล้ว polymers ของอลูมินั่มในสารละลายจะมีอยู่ 2 รูป คือ ถ้าสัดส่วนของ OH/Al น้อยกว่า 2.0 ส่วนใหญ่จะมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า 50,000 และถ้าสัดส่วนของ OH/Al มากกว่า 2.0 polymers จะมีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่า 100,000 polymers ที่มีขนาดเล็กกว่าจะมีประจุมากกว่าและมีโครงสร้างแบบลูกโซ่(chain-like structure) polymers ที่มีสัดส่วน OH/Al มากกว่า 2.0 จะมีการเพิ่มขนาดอย่างรวดเร็วและมีโครงสร้างแบบวงกลม (cyclic structure) (Haynes, 1982)

เมื่อ pH สูงเกิน 6.5 ไปจนถึง 7.0 hydroxy-Al จะมีความสามารถละลายได้อีก และอยู่ในรูปสารประกอบอลูมินั่มที่มีประจุลบ โดย $Al(OH)_3$ ซึ่งเป็นกลางจะปล่อยโปรตอนออกมาทำให้กลายเป็น $Al(OH)^{-}_{4}$, $Al(OH)^{2-}_{5}$ และ $Al(OH)^{3-}_{5}$ ดังนั้นเมื่อ pH สูงขึ้นเกินกว่า 6.0 ฟอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ถูกดูดยึด (adsorbed phosphate) ไว้ที่ผิวของ hydroxy-Al จะถูกปลดปล่อยออกมา เนื่องจาก hydroxy-Al จะละสายได้เมื่อ pH เพิ่มขึ้น (Haynes, 1982)

ในดินเปรี้ยวนั้น นอกจากธาตุอลูมินั่มแล้ว (Fe^{3+}) ก็สามารถอยู่ในรูป polymers ได้ และสามารถเชื่อมกับ polymers ของอลูมินั่มโดยการเกาะกันทาง hydroxy groups เกิดเป็น copolymers ซึ่งจะเป็นการเพิ่มพื้นผิวในการดูดยึด (adsorbeding surface) มากขึ้นอีก นอกจาก copolymers ของอลูมินั่มและเหล็ก จะดูดยึดฟอสเฟตแล้ว copolymers ดังกล่าวยังสามารถทำ ปฏิกิริยากับ clay minerals ซึ่งสำคัญมากในดินทำให้คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของ soil colloids เปลี่ยนแปลงไป (Haynes, 1982)

นอกจากอลูมินั่มจะมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินแล้ว อลูมินั่มยังมีอิทธิพลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน (เกษมศรีและคณะ,2525) โดย polymers ของอลูมินั่ม copolymers ของอลูมินั่มกับเหล็ก จะทำปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ (organic acid) และอินทรีย์วัตถุในดินเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (complexs) ทำให้กรดอินทรีย์และอินทรีย์วัตถุในดินไม่เป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ดิน ซึ่งจ ะมีผลทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของพืช

ค่าที่ใช้วัดความเป็นกรดของดินคือ ค่าเปอร์เซนต์การอิ่มตัวด้วยอลูมินั่ม (% Al saturation) ซึ่งคำนวณจาก exchange Al (และ exchangeable H ถ้ามี) ต่อผลบวกของ exchangeable bases กับ exchangeable Al (และ exchangeable H ถ้ามี) ดังสูตรต่อไปนี้ (Abrun et al, 1975)

$$\% \text{ Al saturation} = \frac{\text{exchangeable Al exchangeable H}}{\text{exchangeable bases + exchangeable Al exchangeable H}} * 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.อิทธิพลของอลูมินั่มต่อการเจริญเติบโตของพืช

Conner and Sears (1922) เป็นกลุ่มแรกที่เสนอว่าอลูมินั่มเป็นปัจจัยลบที่สำคัญในดินเปรี้ยวจัด ทั้งนี้เนื่องจากอลูมินั่มละลายได้ในดินหรือระบบสารละลายที่มี pH ต่ำและปริมาณที่ละลายออกมานั้น ถ้าสูงเกินไปอาจเป็นพิษต่อพืชได้

2.1อิทธิพลทางอ้อม

อลูมินั่มมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยอลูมินั่มมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน และคุณสมบัติทางเคมีของดินดังกล่าวแล้ว นอกจากนี้ อลูมินั่มยังมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของดิน Perkins และ Kaihulla (1981) ศึกษาคุณสมบัติและลักษณะของดินในชั้นที่มีแร่ plinthite อยู่และรายงานว่า การที่รากพืชไม่สามรถเจริญเติบโตและชอนไชทะลุลงไปในชั้นดินที่มี plinthite อยู่นั้นเพราะมีเหล็กและอลูมินั่มเป็น cementing agent ทำให้เกิดชั้นดินแข็งเมื่อดินผ่านขบวนการแห้งสลับเปียก และในชั้นที่ดินมี plinthite อยู่จะมีความเป็นกรดสูงทำให้มี soluble Al อยู่มากซึ่งจะมีผลเป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของรากโดยตรง Vickers and Zak (1978) อ้างรายงานของ Doss and Lund (1975) ว่าอลูมินั่มมีผลทางอ้อมต่อการดึงดูดธาตุอาหารของรากพืช โดยการขัดขวางมิให้รากพืชชอนไชลงไปในดินชั้นล่าง (subsoil)

2.2 อิทธิพลทางตรง

อลูมินั่มมีผลทางตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช หรืออลูมินั่มเป็นพิษต่อพืชที่ดึงดูดอลูมินั่มเข้าไปในต้นนั้นเอง Ohki (1985) ได้ศึกษาผลของอลูมินั่มต่อการเจริญเติบโตของข้าวสาลีที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีอลูมินั่มความเข้มข้นต่างๆ กันหลายระดับ พบว่าอลูมินั่มมีผลทำให้น้ำหนักแห้งของส่วนต้น น้ำหนักแห้งของราก ความสูงของราก จำนวนหน่อและสัดส่วนของน้ำหนักแห้งของต้นต่อรากลดลง ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันกับงานทดลองของ Nelson (1983) ซึ่งศึกษาผลของอลูมินั่มต่อการเจริญเติบโตของข้าวโดยปลูกข้าวทดสอบในสารละลายธาตุอาหารที่มีอลูมินั่มละลายอยู่พบว่า อลูมินั่มมีผลทำให้ความสูง ความยาวของราก น้ำหนักแห้งและสัดส่วนของน้ำหนักแห้งของต้นต่อรากลดลง และอลูมินั่มยับยั้งการแตกกอของข้าวโดยสิ้นเชิง Howeler and Cadavid (1976) รายงานว่า ข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวที่มีการใส่ปูนเพื่อให้ดินมี Al-saturation หลายระดับ ข้าวจะแสดงอาการผิดปกติเนื่องจากพิษของอลูมินั่มแตกต่างกันคือ ที่ระดับ Al-saturation สูง ต้นข้าวที่ไม่ทนต่ออลูมินั่มจะมีต้นเตี้ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคระแกรน แตกกอน้อยมากใบล่างมีสีเหลือง ผลผลิตตกต่ำมาก ที่ระดับ Al-saturation ปานกลาง พันธุ์ที่ไม่ทนต่ออลูมินั่มจะมีต้นเตี้ยกว่าพันธุ์ที่ทนต่ออลูมินั่มและใบมีสีเขียวซีดหรือเหลือง ให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์ที่ทนต่ออลูมินั่ม ส่วนที่อัตราปูนสูงๆซึ่งอลูมินั่มที่แลกเปลี่ยนได้ถูกทำให้ เป็นกลาง (neutralization) ข้าวจะเจริญเป็นปกติ และระดับความทนต่ออลูมินั่มของแต่ละพันธุ์จะไม่มีผลต่อการให้ผลผลิตแต่อย่างใด

การที่อลูมินั่มเป็นพิษต่อพืชนั้นเนื่องจากสาเหตุสำคัญดังนี้คือ อลูมินั่มขัดขวางการดึงดูด (uptake) ธาตุอาหารพืชโดยตรง (Long and Foy, 1970; Lee, 1972; Vickers and Zak, 1978; Haynes, 1982; Wallace and Anderson, 1984) และอลูมินั่มมีผลขัดขวางการดึงดูดธาตุอาหารพืชทางอ้อม โดยขัดขวางรากพืชมิให้เจริญเติบโตผ่านลงไปในดินชั้นล่าง (Vickers and Zak, 1978; Perkins and Kaihulla, 1981) อีกประการหนึ่งคือ อลูมินั่มขัดขวางและยับยั้งการแบ่งเซลล์ (Munn and McCollum,1976; Kesser, 1977;Haynes, 1982) โดยเฉพาะการแบ่งเซลล์ของ apical meristem ของราก (Ohki, 1985) ซึ่งเป็นการขัดขวางการเจริญเติบโตของราก (Foy, 1974) โดยอลูมินั่มทำให้การเจริญของ main root axis ลดลง และยับยั้งการสร้าง lateral root (Haynes, 1982) นอกจากสาเหตุสำคัญสองประการดังกล่าว อลูมินั่มมีผลต่อการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารของพืช (Munn and McCollum,1976; Haynes, 1982; Wallace and anderson,1984) ซึ่ง Fageria and Carvaiho (1982) รายงานว่าอลูมินั่มมีผลทำให้ P-content ในใบพืชหลายชนิดที่ปลูกในดินกรดมีปริมาณลดลง เนื่องจากฟอสฟอรัสไม่ถูกเคลื่อนย้าย แต่จะสะสมอยู่ที่รากมากกว่าใบ (Howeler and Cardavid, 1976) จากการศึกษาของนักวิจัยหลายท่านเกี่ยวกับการขัดขวางหรือยับยั้งการดึงดูดธาตุอาหารและการขนส่งเคลื่อนย้ายธาตุอาหารของพืชโดยอลูมินั่มของพืชพบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วอลูมินั่มจะทำอันตรายต่อรากเป็นอันดับแรก (Wallace and Anderson, 1984) และอลูมินั่มรบกวนการดึงดูดธาตุอาหาร การขนส่งเคลื่อนย้ายธาตุอาหาร (Lee, 1984) การใช้ (utilization) ธาตุอาหารพวกแคลเซี่ยม ฟอสฟอรัสและโพแทสเซี่ยม รบกวนการดูดน้ำและรบ กวนกิจกรรมของเอนไซม์ในรากพืช (Foy และคณะ 1987) จากการทดลองของ Fageria and Carvalho (1982) พบว่าความเข้มข้นที่ระดับสูงของอลูมินั่มในสารละลายธาตุอาหาร จะมีผลขัดขวางการดึงดูดธาตุอาหารของข้าวที่ปลูกทดสอบในสารละลายนั้นโดยการขัดขวางนี้จะมีผลเด่นชัดกับการขัดขวางกับธาตุอาหารพวก macronutrients เรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อย Mg,Ca,P,K,N,S,Na ส่วนพวก micronutrients จะเป็นดังนี้ คือ Mn,Zn,Fe,B จากรายงานของ Haynes (1982) พบว่า อลูมินั่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขัดขวางการดึงดูดธาตุอาหารพวก P,Ca,Mg,K,Zn,Cu,Fe และ Mn และอลูมินั่มมีอิทธิพลต่อฟอสฟอรัสมากที่สุดจนเป็นการยากที่จะแยกผลจากพิษ ของอลูมินั่ม (Al toxicity) ออกจากการขาดธาตุฟอสฟอรัส (P deficiency) จากการศึกษาของ Naidoo และคณะ (1978) โดยใช้ electron microprobe analysis และเทคนิคการย้อมสีศึกษารากพืชที่ได้รับอิทธิพลจากอลูมินั่มพบว่า ฟอสฟอรัสและอลูมินั่มจะสะสมอยู่บริเวณเดียวกันสองแห่งในราก คือ แห่งแรกสะสมอยู่ในช่องว่างอิสระ (free space) ของราก และแห่งที่สองสะสมอยู่ภายในเซลล์ โดยเฉพาะนิวเคลียสของเซลล์ ดังนั้นการสะสม (accumulation) ฟอสเฟตไว้ภายในเนื้อเยื่อของรากและขัดขวางการเคลื่อนย้ายฟอสเฟตไปสู่ส่วนต้นของพืชจึงเป็นลักษณะสำคัญของพิษของอลูมินั่ม (Al toxicity) (Haynes, 1982) นอกจากนี้อลูมินั่มยังขัดขวางการทำงานของฟอสเฟตในเมตาบอลิซึ่มต่างๆ โดยเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับ DNA ในนิวเคลียส (Haynes,1982) ซึ่งมีผลยับยั้งการแบ่งเซลล์ โดยอลูมินั่มที่สะสมอยู่บริเวณนิวเคลียสของเซลล์รากพืชจะไปเกาะ (binding)กับฟอสเฟตของ DNA ทั้งสองสายทำให้ DNA นั้นยังคงสภาพเป็น double helix อยู่ ไม่มีการแยกตัวตามปกติเมื่อมีการแบ่งเซลล์ (Matsumoto,1977; Morimura and Matsumoto, 1978) ในทำนองเดียวกัน Wallace and Anderson (1984) รายงานว่า การที่อลูมินั่มขัดขวางการยืดของราก (root elonggation) โดยการยับยั้งการแบ่งเซลล์ของรากนั้น เนื่องจากอลูมินั่มขัดขวางมิให้ฟอสเฟตเข้าไปรวมตัวกับ DNA (DNA fraction) ทำให้ไม่สามารถที่จะสร้าง DNA ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากๆได้ จึงมีผลทำให้ทั้งอัตราการสร้าง DNA และ DNA template activity ลดลง โดยอลูมินั่มที่เกาะกับฟอสเฟตของ DNA จะป้องกันมิให้ double helix แยกตัวออกจากกันเพื่อจะเป็น template สำหรับการสร้าง DNA

ความเป็นพิษของอลูมินั่ม (Aluminum toxicity) ความเข้มข้นของอลูมินั่มในสารละลายดินมากกว่า 1 ส่วนในล้านส่วนขึ้นไป พบว่าเป็นเหตุให้ผลผลิตของพืชลดลง จากการศึกษาของ Abruna และคณะ ได้ทดลองกับยาสูบและ Villagarica ทดลองกับมันฝรั่ง (site by Sanchez, 1978) แสดงให้เห็นถึงพิษของอลูมินั่มที่มีผลกระทบกระเทือนต่อระบบรากพืช อาการของรากจะชงักการเจริญเติบโต และตายเป็นจุดๆ

Fageria and Cavalho (1982)ได้รวบรวมผลการทดลองและผลงานของนักวิจัยหลายท่านและสรุปว่า การที่อลูมินั่มทำให้การดึงดูดธาตุอาหารของพืชลดลงนั้นเกี่ยวข้องทั้งทางสัณฐานสรีระ และชีวะเคมีของพืช ซึ่งอลูมินั่มมีอิทธิพลดังต่อไปนี้

1.อลูมินั่มยับยั้งการเจริญเติบโตของรากทำให้การดึงดูดธาตุอาหารน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.อลูมินั่มทำให้การหายใจของเซลล์ลดลง จึงขัดขวางการดูดกินอิออนทุกชนิด

3.อลูมินั่มไปเพิ่มความข้นเหนียว (viscosity) ของโปรโตปลาสซึ่มในเซลล์ของรากพืช ทำให้ permeable ต่อเกลือทุกชนิดลดลง

4.อลูมินั่มไป block, neutralize หรือเปลี่ยน (reverse)พวกอิออนประจุลบในรู (pore) ของช่องว่างอิสระ (free space) ทำให้ความสามารถในการเกาะ (binding ability) กับแคลเซี่ยมของรูเหล่านั้นน้อยลง

5.อลูมินั่มไปแย่งที่ binding sites ทั่วๆไป ที่ผิวรากหรือใกล้ๆผิวราก ทำให้การดึงดูด K,Ca,Mg และ Fe ลดลง

6.การที่อลูมินั่มไปลดการดึงดูดแคลเซี่ยมนั้น มีสมมติฐานอธิบายไว้ว่า สัดส่วนของ mechanism ที่สะสม (accumulate) แคลเซี่ยมถูก inactivate โดยสิ้นเชิง

7.โดยทั่วๆไปแล้ว อลูมินั่มไปรบกวนการแบ่งเซลล์ของราก ลดการหายใจของราก รบกวนการทำหน้าที่ของเอนไซม์บางชนิดที่เกี่ยวข้องกับการสะสม polysaccharides ในผนังเซลล์ลดความแข็งแกร่งของผนังเซลล์โดยอลูมินั่มไปเกาะกับเพคติน และ การรบกวน การดึงดูด การขนส่ง และการใช้ธาตุอาหารหลายชนิด เช่น โพแทสเซี่ยม แคลเซี่ยมและแมกนีเซี่ยม

8.อลูมินั่มทำอันตรายต่อรากพืชโดยตรงและลดการดึงดูดแคลเซี่ยม

9.อลูมินั่มไปลด sugar content และเพิ่มสัดส่วนของ non-protein/protein และลด P content ในใบพืชหลายชนิดที่ปลูกในดินกรด

Van Breenmen (1976) กล่าวว่าอลูมินั่มเป็นสารที่สำคัญ ความสามารถในการละลายของอลูมินั่มขึ้นลงอยู่กับ pH ดินที่มี pH ไม่ต่ำจนส่งผลของความเป็นกรดให้เป็นอันตรายต่อต้นข้าวโดยตรง แต่ถ้าหากว่ามีปริมาณของอลูมินั่มที่ละลายได้สูงพอที่จะทำให้ข้าวชงักการเจริญเติบโตได้ เมื่อยกระดับ pH ของดินให้สูงขึ้นตั้งแต่ pH 4.4 ขึ้นไปแล้ว อันตรายจากความเป็นพิษของอลูมินั่มจะไม่เกิดขึ้น (สรสิทธิ์, 2520) Thawornwong and van Diest (1974) รายงานว่าอลูมินั่มที่มีความเข้มข้น 0.05 และ 0.2 ส่วนในล้านส่วน ในน้ำยาปลูกพืชจะยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว และอลูมินั่มที่มีความเข้มข้น 0.5 และ 2 ส่วนในล้านส่วน ในน้ำยาปลูกพืชจะยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่อายุน้อย อลูมินั่มจะทำให้เกิดการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของเซลล์ลดลง และอลูมินั่มยังมีผลต่อการทำงานของระบบเอนไซม์บางตัวในพืช โดยจะทำให้ระบบการทำงานของระบบนั้นๆผิดปกติ นอกจากนี้อลูมินั่มมีผลในการยับยั้งการดูดดึงธาตุอาหารที่สำคัญ ได้แก่ ธาตุฟอสฟอรัส (Clarkson, 1966,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rorison, 1973) ธาตุแคลเซี่ยม (Munns,1965, Clarkson and Sanderson, 1971) และธาตุโพแทส เซี่ยม (Clarkson and Sanderson, 1971) Wallace and Anderson (1984) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับความเป็นพิษของอลูมินั่มและการสร้าง DNA ในรากข้าวสาลี พบว่า อลูมินั่มจะยับยั้งการเจริญเติบโตของราก และยับยั้งการสร้าง DNA ในราก

อาการเป็นพิษของอลูมินั่มในข้าวเกิดขึ้นในใบล่างก่อน โดยปรากฏจุดสีส้มระหว่างเส้นใบโดยเฉพาะที่ปลายใบและขอบใบล่าง ต่อมาจะเปลี่ยนเป็นขีดสีน้ำตาล รากแคระแกรนมีสีน้ำตาล (Tanaka and Navasero, 1966a; Clarkson, 1969; IRRI, 1979; Buchholz and Foy, 1981) อาการเป็นพิษที่เกิดขึ้นที่ใบจะสังเกตุได้ภายใน 3 สัปดาห์หลังปลูกข้าวและมีผลต่อน้ำหนักแห้งและผลผลิตของพืช (IRRI,1979; Mugzira และคณะ,1980; Fageria, 1983)

ระดับความเป็นพิษของอลูมินั่มขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ระดับความเข้มข้นของอลูมินั่มในสารละลาย pH ของดิน และปริมาณฟอสฟอรัส กรณีความเป็นพิษของอลูมินั่ม มีรายงานแตกต่างกันออกไป Miyaka (1916)พบว่าความเข้มข้นของอลูมินั่มในสารละลายดิน 6.7 ส่วนในล้านส่วนจะเป็นพิษต่อกล้าข้าว Cate และ Sukhai (1964) พบว่าระดับวิกฤตของอลูมินั่มที่จะเป็นพิษต่อข้าวในสารละลายที่ใช้ปลูกพืชจะเท่ากับ 25 ส่วนในล้านส่วน ในกรณีที่ข้าวได้รับฟอสฟอรัสในระดับที่เพียงพอ แต่ถ้าข้าวขาดฟอสฟอรัสระดับวิกฤตที่จะเป็นพิษต่อข้าวเท่ากับ 15 ส่วนในล้านส่วน กรณีที่ข้าวได้รับฟอสฟอรัสในระดับที่สูงๆความเข้มข้นของอลูมินั่ม 40 ส่วนในล้านส่วน ไม่ก่อให้เกิดอาการเป็นพิษ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากอลูมินั่มอาจตกตะกอนร่วมกับธาตุฟอสฟอรัสในระบบรากแก้ว ทำให้ความเป็นพิษโดยตรงจากอลูมินั่มลดลง แต่อาจทำให้ข้าวขาดฟอสฟอรัสได้ (Wright, 1943; Tanaka and Navasero, 1966a) ดังนั้นถ้าพืชขาดฟอสฟอรัส อลูมินั่มในรูปที่ละลายน้ำได้ในความเข้มข้นที่ระดับปานกลางไม่สูงนักก็อาจเป็นพิษต่อข้าวได้ Nhung และ Ponnamperuma (1966) พบว่าความเข้มข้นของอลูมินั่มในสารละลายดิน 6.7 ส่วนในล้านส่วน ทำให้ข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดตายได้ Ponnamperuma (1972) รายงานว่าที่ดินมี pH เท่ากับ 3.5 อลูมินั่มที่ละลายได้สูงเกิน 69 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งอยู่ในระดับที่จะเป็นพิษต่อข้าวได้ ปริมาณของอลูมินั่มที่ละลายได้ในสารละลายดินจะลดลงเมื่อดินมีขังน้ำมากขึ้น เนื่องมาจากดินมี pH สูงขึ้น อาการเป็นพิษของอลูมินั่มต่อข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดในสภาพน้ำขังไม่น่าเกิดขึ้น (Tanaka and Navasero, 1966b) การเป็นพิษเนื่องจากอลูมินั่มอาจเกิดขึ้นในระยะแรกๆ ของการขังน้ำ (Bloomfield and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coulter, 1973; van Breemen and Pons, 1978) เนื่องจากอลูมินั่มที่แลกเปลี่ยนได้ถูกแทนที่ดังสมการ

$$2Al—Clay + 3Fe(OH)_2 \rightarrow 3Fe—Clay + 2Al(OH)_3$$

Osborne (1985)ได้กล่าวว่าอลูมินั่มที่สะกัดได้เป็นค่าปัจจัยหนึ่งที่ดีต่อการนำไปสู่การประเมินปูนที่ดินเปรี้ยวจัดจะได้รับ ซึ่งเชื่อมโยงไปสู่การประเมินระดับของปัญของปัญหาที่เกิดขึ้นในดินเปรี้ยวจัด โดยกำหนดให้ค่าของอลูมินั่มที่สกัดได้อยู่ในชั้นความรุนแรงของความเป็นกรดดังนี้

ชั้นความรุนแรงที่ I มีปริมาณอลูมินั่มที่สกัดได้น้อยกว่า 90 ส่วนในล้านส่วน

ชั้นความรุนแรงที่ II มีปริมาณอลูมินั่มที่สกัดได้น้อยกว่า 90–450 ส่วนในล้านส่วน

ชั้นความรุนแรงที่ III มีปริมาณอลูมินั่มที่สกัดได้น้อยกว่า 495–810 ส่วนในล้านส่วน

ชั้นความรุนแรงที่ IV มีปริมาณอลูมินั่มที่สกัดได้น้อยกว่า 810–1,170 ส่วนในล้านส่วน

ชั้นความรุนแรงที่ V มีปริมาณอลูมินั่มที่สกัดได้น้อยกว่า 1,170 ส่วนในล้านส่วน

ซึ่งดินเปรี้ยวจัดของประเทศไทยที่พบมีปริมาณอลูมินั่มที่แลกเปลี่ยนได้สูงสุดถึง 1,359 ส่วนในล้านส่วน (Attanandana, 1982)

ไพบูลย์ และลัดดาวรรณ (2530) ทดลองความเป็นพิษของอลูมินั่มในดินรังสิตกรดจัดโดยใส่อลูมินั่มลงไปในรูปของอลูมินั่มซัลเฟตในระดับ 0, 450, 900 และ 1,350 ส่วนในล้านส่วนให้แก่ดิน พบว่าการใส่อลูมินั่มลงไป 900 ส่วนในล้านส่วน ผลผลิตของข้าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญโดยที่ระดับของอลูมินั่มที่ 450 ส่วนในล้านส่วน ข้าวจะเริ่มแสดงผลในทางลบให้เห็นในระยะกำเนิดช่อดอก แต่ข้าวจะค่อยๆฟื้นตัวในเวลาต่อมา

3.ความทนต่ออลูมินั่มและการประเมินความทนต่ออลูมินั่มต่อพืชชนิดต่าง ๆ

พืชแต่ละชนิด แต่ละพันธุ์มีความทนต่ออลูมินั่มแตกต่างกัน ดังนั้นปริมาณอลูมินั่มในระดับที่จะเป็นพิษต่อพืชแตกต่างกัน เช่น Blaymer (1983) รายงานว่า อลูมินั่มในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 10 uM ขึ้นไป จะทำให้ความยาวของรากถั่วเหลืองลดลง Vickers และคณะ (1977) รายงานว่าอลูมินั่มในดิน 5 ส่วนในล้านส่วนขึ้นไป ทำให้น้ำหนักต้นและรากของ Milkvetch ลดลงถึง 30 เปอร์เซนต์ Long and Foy (1970) รายงานว่าระดับวิกฤต (critical level) ของอลูมินั่มต่อการเจริญเติบโตของฝ้ายในดินเหนียว Norfolk มีความเข้มข้น 0.10 meq ต่อดิน 100 กรัม Keser และคณะ (1977) รายงานว่า sugarbeet พันธุ์ที่ไม่ทนต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อลูมินั่มนั้นจะมีการเจริญเติบโตที่ผิดปกติอย่างรุนแรง เมื่อมีอลูมินั่มในสารละลายธาตุอาหารเพียง 4ส่วนในล้านส่วน Howeler and Cadavid (1976) รายงานว่า pearlmillet ไม่ได้รับอันตรายจากอลูมินั่มเลยเมื่อมีอลูมินั่มอยู่ 16 ส่วนในล้านส่วน ในสารละลายธาตุอาหาร ขณะเดียวกันข้าวโอ๊ต จะได้รับอันตรายอย่างรุนแรงจากอลูมินั่ม เมื่อมีอลูมินั่มในสารละลายธาตุอาหารเพียง 1 ส่วนในล้านส่วนเท่านั้น ส่วนระดับของอลูมินั่มที่จะเป็นพิษต่อข้าวนั้นมีรายงานต่างๆกันเช่น IRRI (1964) รายงานว่า soluble Al มากกว่า 200 ส่วนในล้านส่วนในสารละลายธาตุอาหารจะเป็นพิษต่อข้าว Coutler (1972) รายงานว่าความเข้มข้นของอลูมินั่ม 270 ส่วนในล้านส่วน จะเป็นพิษต่อข้าว และความเข้มข้น 27 ส่วนในล้านส่วนจะทำให้ข้าวชงักการเจริญเติบโต Howeler and Cadavid (1976) อ้างรายงานของ Colreman และคณะ (1958) ;Regland and Coleman (1959) ซึ่งรายงานว่า พืชอาจได้รับอันตรายจากพิษของอลูมินั่ม ถึงแม้จะมีอลูมินั่มเพียง 1–2 ส่วนในล้านส่วน ในสารละลายดิน มนูเวทย์และวิศิษฐ์(2523) อ้างรายงานของ Cate and Sukhai (1964) ;IRRI (1964) ; Tanaka and Navasero (1966) and Nhung and Ponnampperuma (1966) โดยทั่วไปแล้วอลูมินั่มจะเป็นพิษต่อข้าวเมื่อมีอลูมินั่มมากกว่า 25 ส่วนในล้านส่วน Al ในสารละลายธาตุอาหาร Fegeria and Carvalho (1982) รายงานว่าระดับวิกฤต (critical level) ของอลูมินั่มของข้าวแต่ละพันธุ์แตกต่างกัน โดยเขาใช้ความสัมพันธุ์ระหว่างความเข้มข้นของอลูมินั่มในส่วนต้นกับการใช้น้ำหนักแห้งของข้าวเป็น indicator ในการวัดระดับวิกฤตของอลูมินั่ม พบว่า ข้าวพันธุ์ IAC 1131 , Fernandes, Matao, IPEACO 562 and ITRAT 2มีระดับวิกฤตของอลูมินั่มเป็น 417,250,160,133 และ 100 ส่วนในล้านส่วนตามลำดับ Kamprath (1980) รายงานว่า ค่าวิกฤตของ Al-saturation ที่มีผลต่อพืช แตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของพืช จะเห็นว่าค่าวิกฤตส่วนใหญ่จะให้ผลผลิตต่ำกว่าร้อยละ 50 ของผลผลิตสูงสุดเมื่อ Al-saturation มีปริมาณระหว่าง 45-50 เปอร์เซนต์ และจะให้ผลผลิตมากกว่า 90 เปอร์เซนต์ ของผลผลิตสูงสุดเมื่อ Al-saturation อยู่ระหว่าง <7-<20 เปอร์เซนต์ ดังตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ค่าวิกฤตของ Al-saturation และ pH ของดินต่อผลผลิตของพืชชนิดต่างๆ (Kamprath, 1980)

แหล่งปลูก	ชนิดพืช	ระดับวิกฤติ (critical level)			
		ผลผลิตสูงสุด > 50%		ผลผลิตสูงสุด> 90%	
		pH	Al-saturation	pH	Al-saturation
บราซิล	ข้าวโพด	-	-	5.3 - 5.6	< 10
เปอร์โตริโก	ข้าวโพด	4.4	50	50	15
อเมริกา	ข้าวโพด	4.5	60	5.1	40
ฟิลิปปินส์	ข้าวโพด	4.4	46	5.1	20
บราซิล	ถั่วเหลือง	-	-	5.6	10
เปอร์โตริโก	ถั่วเหลือง	5.0	20	5.6	10
อเมริกา	ถั่วเหลือง	4.9	40	5.6	10
เปอร์โตริโก	อ้อย	4.4	50	5.0	10
อเมริกา	ฝ้าย	5.0	45	6.0	7
ยูกานดา	ฝ้าย	-	-	5.3	0

การประเมินความทนต่ออลูมินั่มของพันธุ์ข้าว Howeler and Cadavid (1976) รายงานว่าสามารถประเมินได้จากการปลูกข้าวทดสอบในดินเปรี้ยวที่มีอลูมินั่มปริมาณสูงและในสารอาหารที่มีอลูมินั่มละลายอยู่ แต่การปลูกทดสอบในสารละลายธาตุอาหารจะให้ผลแน่นอนกว่า เนื่องจากสามารถควบคุมปัจจัยอื่นๆ นอกเหนือไปจากอลูมินั่มได้ทั้งยังเป็นวิธีการที่สะดวก ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายอีกด้วย Howeler and Cadavid (1976) ได้ศึกษาวิธีการที่จะใช้ประเมินความทนต่ออลูมินั่มของพันธุ์ข้าว โดยการปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีอลูมินั่ม 3 และ 30 ส่วนในล้านส่วน โดยในสารละลายธาตุอาหารมีส่วนประกอบดังนี้ 40 ส่วนในล้านส่วน N, 4ส่วนในล้านส่วน P, 40 ส่วนในล้านส่วน K, 40 ส่วนในล้านส่วน Ca, 40 ส่วนในล้านส่วน Mg, 0.5 ส่วนในล้านส่วน Mn, 0.05 ส่วนในล้านส่วน Mo, 0.20 ส่วนในล้านส่วน B, 0.01 ส่วนในล้านส่วน Zn, 0.01 ส่วนในล้านส่วน Cu และ 2 ส่วนในล้านส่วน Fe เขารายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่า วิธีการนี้เหมาะสมสำหรับการคัดเลือกพันธุ์ข้าวให้ทนต่ออลูมินั่มได้ และเสนอว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 4 ส่วนในล้านส่วน เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารเพื่อศึกษาผลของอลูมินั่มต่อการเจริญเติบโตของข้าวทั้งนี้เพราะฟอสฟอรัสมีอิทธิพลต่อพิษของอลูมินั่มต่อข้าว และยังเสนอว่า ดรรชนี(indicator) ที่ดีที่สุดในการใช้ประเมินต่อการทนต่ออลูมินั่มคือความยาวสัมพัทธ์ของราก(. relative rootlength) ของข้าวที่มีอายุ 3 สัปดาห์ ที่คำนวณได้จากสัดส่วนความยาวของรากใน 30 ส่วนในล้านส่วน Al ต่อความยาวของรากในสารละลาย 3 ส่วนในล้านส่วน Al เขาไม่ได้ใช้ความยาวของรากในสารละลายที่ไม่มีอลูมินั่มอยู่เลย (0 ส่วนในล้านส่วน Al) ในการหาความยาวสัมพัทธ์ของราก เนื่องจากมีรายงานว่าอลูมินั่มที่มีความเข้มข้นต่ำ จะส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าว IRRI (1984) รายงานว่าสามารถคัดเลือกพันธุ์ข้าวให้ทนต่ออลูมินั่มได้ โดยปลูกข้าวทดสอบในสารละลายธาตุอาหารที่มีอลูมินั่มเข้มข้น 0 และ 30 ส่วนในล้านส่วน Al และใช้ความยาวสัมพัทธ์ของรากข้าวที่มีอายุ 2 สัปดาห์ เป็นดรรชนีในการวัดความทนต่ออลูมินั่มของข้าว Nelson (1983) ประเมินความทนต่ออลูมินั่มของข้าว โดยปลูกข้าวทดสอบในสารละลายธาตุอาหารที่มีอลูมินั่มเข้มข้น 0 และ 30 ส่วนในล้านส่วน Al และใช้ความยาวสัมพัทธ์ของรากข้าวที่มีอายุ 3 สัปดาห์ เป็นดรรชนีเช่นเดียวกัน IRRI (1984) ยังรายงานว่า สามารถจะคัดเลือกพันธุ์ข้าวให้ทนต่ออลูมินั่มโดยใช้เทคนิคการเลี้ยงเซลล์ในสารละลายธาตุอาหารที่มีอลูมินั่ม 0 และ 30 ส่วนในล้านส่วน ได้อีกตามลำดับ

4.ปุ๋ยพืชสดที่เหมาะสมสำหรับการใช้ประโยชน์เพื่อเป็นสารปรับปรุงดิน

ทั้งพืชตระกูลถั่วและที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่วล้วนน่าจะเป็นปุ๋ยพืชสดที่ดีได้สำหรับในประเทศไทยพืชปุ๋ยสดประเภทพืชตระกูลถั่วสามารถจะพบเห็นได้ทั่วไป

4.1ประเภทของพืชปุ๋ยสด

พืชปุ๋ยสดที่เป็นพืชตระกูลถั่วจะมีความเกี่ยวข้องกับระดับความจุไนโตรเจน (2.5-4.5%ของซาก) สามารถเจริญเติบโตได้ดีบนดินที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ มี pH สูงหรือต่ำ และสามารถแก้ไขปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินจากดินที่มีปัญหาได้ (Sign et al.,1991)

เมื่อไม่นานมานี้ประเทศไทย มีการศึกษาปฏิบัติการทดลองอย่างมากในด้านพืชปุ๋ยสด (Thawornmas et al.,1977 ; Donsae et al.,1981 ; Sukthumrong et al., 1986) การแสดงออกของปุ๋ยพืชสดมีแนวโน้มเป็นลักษณะเฉพาะตัว การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ขนาดรูปร่าง การพัฒนาของระบบราก ความคงทนต่อความแห้งแล้งหรือความเป็นกรดและเป็นด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วในการย่อยสลายให้ธาตุอาหารแก่พืช (Chinapun , 1982) พืชปุ๋ยสดที่พบเห็นได้อย่างแพร่หลายในประเทศไทยได้แก่ ปอเทือง(Sunn hemp) ถั่วพุ่ม(cowpea) ถั่วมะแฮะ (pigeon pea) ถั่วสไตโล(stylo) กระถิน (leucaena) โสน (sesbania) เป็นต้น

ปอเทือง(sunn hemp)เป็นพืชปุ๋ยสดที่มีปมที่ราก สามารถเจริญเติบโตได้ในที่มีปริมาณฝนน้อยและมีขีดจำกัดทางด้านความชื้น มีความทนทานต่อความเค็มและความเป็นกรด (Sratongkam , 1976) Naklang et al.(1980) พบว่า ปอเทืองสามารถใช้เป็นพืชปุ๋ยสดเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว อย่างไรก็ตามมีแมลงศัตรูพืชจำนวนมากโดยเฉพาะจำพวกที่ชอบชอนไชฝักถั่ว เป็นสาเหตุให้สารลดลงของผลผลิตอย่างมาก (Phisikul et al.,1980) มีรายงานเกี่ยวกับถั่วพุ่ม(cowpea) ว่าไม่ใช่พืชที่พบมากในประเทศไทย พบเห็นในฤดูกาลสั้นๆ ทนต่อสภาพแห้งแล้งดีกว่า ถั่วเขียว (mungbean) (Phaseolus aureus) หรือถั่วเหลือง ในช่วงที่ไม่แน่นอนของลมมรสุมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะให้เมล็ดที่มีคุณภาพดีและให้คุณค่าทางอาหารและเป็นพืชปุ๋ยสดที่ดี โดยมีลักษณะการใช้น้ำมากในลักษณะของอินทรีย์วัตถุและผลิตภัณฑ์ไนโตรเจน (Wallis and Byth, 1988)

โสนอินเดีย (Sesbania species) เป็นพืชปุ๋ยสดที่ดี มีการเจริญเติบโตที่แข็งแรงมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพดินและสามารถที่จะเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินโดยการตรึงไนโตรเจนให้กับพืช (Evans and Rotar , 1987) โสนพอใจกับความชื้นในเขตร้อน หลายสายพันธุ์แสดงความต้านทานเป็นพิเศษต่อระดับน้ำในดินในส่วนที่แสดงถึงการเกิดปม สายพันธุ์ที่มีปมที่ลำต้น Sesbania rostrata สามารถใช้เป็นพืชปุ๋ยสดได้ดีก่อนการปลูกข้าว S. bispinosa ,และ S. sesban มีการเจริญเติบโตได้อย่างแพร่หลายมาก

โสนอินเดีย (Jacq) W.F.Wigh คือไม้ล้มลุกชนิดเตี้ยหรือไม้ยืนต้นที่มีอายุสั้น ที่สามารถสูงได้ถึง 4-5 เมตร เช่นเดียวกับ S. aculeata (โสนไต้หวัน) (willd) Poir และ S. cannabina (Retz.) Poir.,มีชื่อเรียกสามัญว่า Dhaincha (Duke,1981) Dhaincha จะมีลำต้นหนา ใหญ่ (35 ซ .ม.) ดอกสีเหลือง ฝักยาวถึง 25 ซ.ม.มีเมล็ดอิสระเจริญเติบโตขึ้นเองได้เป็นไม้ชนิดเตี้ยที่นำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่างเช่นนำมาทำเป็นเสา ใช้ประโยชน์จากเส้นใย ทำเป็นซากแห้งและพืชปุ๋ยสด สามารถปรับตัวให้เข้ากับพื้นที่เปียกแฉะและดินแข็งได้ มองเห็นเหมือนมีรากลอยอยู่เหนือน้ำ ไม่ทนต่อความแห้งแล้ง ต้องการให้มีฝนตกเป็นจำนวนมากในฤดูที่มีการเจริญเติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โสนอินเดีย (Sesbania bispinosa) สามารถเจริญเติบโตได้อย่างแพร่หลายในช่วงเวลาสั้นๆ ออกฝักก่อนหรือหลังข้าว พบเห็นได้ในกรุงเทพหรือพื้นที่ทางตะวันออกเฉียงเหนือ (Hongpan, 1962 ; Plangkool, 1980) เมล็ดจะถูกหว่านลงมาในช่วงมีมรสุม นาน 2-3 เดือนก่อนจะมีการปลูกข้าว ที่ขอนแก่นจะพบเห็นการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วซึ่งมีผลให้มีการสะสมไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้นจาก 80 kg ha-1 ใน 30 วัน และ 230 kg ha-1 ใน60วัน (Chandrapanya et al.,1982) Evans and Rotar (1987) รายงานว่าในช่วง 75 วันให้ผลผลิตเฉลี่ย 26 ตันของน้ำหนักสดต่อเฮกแตร์ เป็นผลผลิตที่มากกว่าพืชปุ๋ยสดชนิดอื่น เช่น ปอเทือง ถั่วเขียวหรือถั่วมะแฮะ ใบมีลักษณะแหลมความยาวเฉลี่ยเกิน 38 ซ.ม. มี20-50 ใบอ่อน ซึ่งยาว 1.2-1.5 ซ.ม. เมื่อใบอ่อนเน่าเปื่อยจะปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาถึง 50%ภายใน 4 สัปดาห์ (IRRI, 1985)

ในกลุ่มพืชตระกูลถั่วนี้ S. rostrata และ S. cannabina จะมีการขยายของลำต้นเป็นลักษณะเฉพาะตัวมีการสร้างปมที่ลำต้น มีการเจริญเร็วกว่าการเจริญของราก S. rostrata มีคุณสมบัติที่แสดงออกสองประการคือ มีการตรึงไนโตรเจนสูง(ประมาณ 200 kg N_2 ha^{-1} ใน 50 วัน) สามารถสร้างปมและตรึงไนโตรเจนร่วมกับในดินในอัตราสูง (200 kg N ha-1 ขึ้นไป) S. rostrata สามารถที่จะรับไนโตรเจนจากดินและอากาศเข้ามาเป็นองค์ประกอบ (Dreyfus et al.,1985) ลักษณะต้นของพืชตระกูลถั่วจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของดินฟ้าอากาศโดยเฉพาะอุณหภูมิและช่วงของแสง (Rinaudo et al.,1988) นอกจากจะเป็นพืชปุ๋ยสดแล้ว sesbania ยังจะใช้เป็นอาหารคนและม้าได้อีก ในประเทศไทย ดอกแค(Sesbania grandiflora) ถูกจัดเป็นพืชผัก (Arunin et al., 1988)

ปอเทืองเป็นพืชปุ๋ยสดที่ประสบความสำเร็จสูงที่สุด เนื่องด้วยมีระบบรากลึก แต่ก็ยังเติบโตได้ช้าในพื้นที่ดินกรด ศักยภาพของปอเทืองในนาข้าวมีข้อจำกัดเพราะไม่ทนต่อสภาพน้ำขังและต้องตัดทิ้งไปเพื่อป้องกันการบังแดด (Arunin et al.,1988) โดยส่วนใหญ่จะพบเห็นโสนในช่วงฤดูกาลที่มีน้ำเยอะและใช้เป็นพืชปุ๋ยสดได้ดีพอๆกับพืชที่ให้ใบเป็นปุ๋ยพืชสด

พืชที่ให้ใบเป็นปุ๋ยพืชสดได้ถูกนำมาใช้เป็นพืชปุ๋ยสดเป็นไปไม่ได้โดยเฉพาะพื้นที่ๆมีข้อจำกัดเกี่ยวกับน้ำ และก่อให้เกิดความเสียหายกับพืชหลัก ปอเทืองและโสนซึ่งใช้เก็บเกี่ยวเป็นอาหารได้เหล่านี้คือพืชปุ๋ยสดที่สำคัญ ปอเทืองได้รับความสนใจอย่างมากเกี่ยวกับพืชอาหารสัตว์ (Brewbaker , 1985 , 1987b) เป็นพืชที่นิยมนำไปทำเชื้อเพลิงและกล่องพัสดุ เริ่มมีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากเนื้อเยื่อซึ่งถูกใช้ดูแลรักษาพืชไร่พืชสวน เป็นพืชให้ร่มเงาและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
99707

บำรุงดิน ปอเทืองให้ผลิตผลได้มากกว่าไม้พุ่มเตี้ยตระกูลถั่วอื่นๆ และเปรียบได้กับพืชตระกูลถั่วที่ดีที่สุด 40-80 ton น.น. ha^{-1} เมื่อไม่มีการจำกัดความชื้น (Brewbaker, 1987a) ผลผลิตลดลง 20-50 ton ha-1 ในฤดูแล้ง ให้ผลผลิตดีที่สุดต่อวงจรเก็บเกี่ยว 2-4 เดือน ค่าความผันแปรของผลผลิตขึ้นอยู่กับปริมาณการตัด และความหนาแน่นของพืช

4.2 ความทนทานของโสนต่อสภาพที่ไม่ดี

4.2.1 สภาพน้ำขัง

โสนบางพันธุ์มีความสามารถที่จะเจริญอยู่ในสภาพน้ำท่วมขังได้ ในประเทศจีน โสนสามารถที่จะมีชีวิตอยู่ได้ 15-20 วันในน้ำที่มีความลึก 5-20 เซนติเมตร

ความทนของโสนในที่มีน้ำขังจะพัฒนาขึ้นหลังจากที่เมล็ดแตกหน่อ น้ำขังเพียงเล็กน้อยเพื่อช่วยในการเพาะตัวของโสน โดยไม่ต้องการให้มีน้ำขังเป็นเวลาหลายสัปดาห์ก่อนที่พืชจะมีความแข็งแรงพอที่จะยืนหยัดอยู่ในน้ำขังได้เนื่องจากการพัฒนาของ aerenchyma เซลล์ปากใบขยายใหญ่ขึ้น เพื่อหลบเลี่ยงการขาดออกซิเจนที่บริเวณ root zone

สำหรับการศึกษาลักษณะภายนอกและผลผลิตของโสน 4 สายพันธุ์ พบว่ามีความต้านทานน้ำขังเพิ่มขึ้น ดังนี้ S. rostrata > S. aculeata > S. cannabina > S. speciosa (Arunin et al., 1987)

4.2.2 ความทนเค็ม

โสนหลายสายพันธุ์มีความทนเค็มและสภาพเป็นด่าง ในอาฟริกา สายพันธุ์ของโสนถูกแยกออกตามลักษณะเฉพาะตัวตามระดับความทนเค็มของสิ่งแวดล้อม ความต้านทานเหล่านี้อาจจะขึ้นอยู่กับระดับความต้องการน้ำการปรับต่อช่วงฝนแล้งที่อาจจะเพิ่มความเค็มให้กับดิน หรือช่วงฤดูกาลที่น้ำระเหยออกจากผิวหน้าดิน (Evans and Rotar, 1987)

Singhabutra et al.(1987) ศึกษาผลกระทบจากความเค็มที่ระดับ 0.56, 1.89, 4.40, 5.64 และ6.18 dS m-1 กับสายพันธุ์ของโสนเมื่อมีความเค็มเพิ่มขึ้น ความสูงของพืช น้ำหนักสดและจำนวนรากลดลง ตามลำดับจาก S. speciosa > S. cannabina > S. rostrata > S. aculeata

4.2.3 สภาพทนกรด

พืชที่สามารถนำไปปลูกบนดินมีปัญหาจะมีความสำคัญที่มีความคงทนและบำรุงดิน ความสามารถของสายพันธุ์โสนที่สามารถเจริญเติบโตได้ในดินสภาพต่างๆ และสามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์ได้คล้ายกับพืชตระกูลถั่วทั่วๆไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โสนเป็นพืชที่ได้รับการยอมรับด้านความทนเค็มและทนต่อสภาพน้ำขัง บางพันธุ์เจริญได้ดีในดินกรด Sesbania cannabina หรือ S. bispinosa ในประเทศอินเดียสามารถบอกได้ว่ามีความทนต่อสภาพเป็นด่าง มีความต้านทานสภาพดินกรด พืชจะเจริญเติบโตขึ้นมาเป็นพืชปุ๋ยสดบนดินกรดที่ปลูกชาที่ Assam (Patel, 1966) มีรายงานว่า Sesbania sesban ประสบความสำเร็จในการปลูกบนดินกรดจัด (acid sulfate soils) ในประเทศเวียดนาม Tran phuoc Duong แห่ง Cantho Agricultural Colledge,Viet Nam ได้บันทึกไว้ที่มหาวิทยาลัยแห่งฮาวาย ในปี 1983 แสดงเป็นรูปสายพันธุ์ของโสนเจริญในดินที่มีความเข้มของอลูมินั่ม และที่ซึ่งมองเห็นโสนขึ้นได้ทั่วไปในช่วงหมดฤดูมรสุม (Evans and Rotar ,1987) ในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาถึงความต้านทานของโสนในดินกรด

ความต้านทานอย่างหลากหลายของโสนได้ถูกแสดงออกมาโดย Yost et al.(1985) ผู้ซึ่งได้ทดลองปลูกแคในที่ซึ่งมีความเสถียรของ pH ค่อยๆต่ำลงในฮาวายซึ่งเป็นไม้ล้มลุกจำพวกโสน (USDA PI 180050) มีความอ่อนไหวที่ pH ต่ำและเป็นกลุ่มเดียวกับที่มีค่า Mn ที่เป็นประโยชน์สูง ความเปลี่ยนแปลงที่ถูกพบจากความแตกต่างจากโสนสายพันธุ์อื่นอย่าง S. cannabina หรือ S. bispinosa (Evans, 1983) ถึงแม้จะรวมความได้ว่าการสะสมไนโตรเจนของ ดอกแค จะมีความเกี่ยวข้องกับพืชล้มลุกเพียงเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่ามีความต้านทานที่ pH ต่ำ เปรียบได้กับปอเทือง

กลุ่มของโสนที่ถูกนำมาทดลองเพื่อหาความตอบสนองต่อการใช้ปูนกับดินกรดสองชนิด (Evans,1986) แสดงการเจริญในกระถาง 28ใบ จะเห็นว่าช่วงการตอบสนองสำหรับ aluminous Ultisol pH 3.8-5.0 และ manganiferous Oxisol pH 5.2-6.0 ในสภาพที่ใช้ปูนจะมีผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เฉลี่ยประมาณ 80% ของการทดลองที่ไม่ใช้ปูน ในดินที่มี Mn มาก จะมีผลผลิตเพิ่มมากขึ้นอีกเป็นหลายเท่า ค่าความเปลี่ยนแปลงในดินที่มี Al มาก จะถูกลดลงอย่างมาก ผลการทดลองต่างๆบ่งบอกว่าการปลูกโสนในดินกรดจัดเป็นวิธีที่จะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์ในการทดลองสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนดังนี้

1. อุปกรณ์ในการเตรียมดินเพื่อปลูกข้าวโพด

ตัวอย่างดินชุดรังสิต

ปุ๋ยพืชสด ได้แก่โสน (sesbania) ที่เก็บเกี่ยวมาจากพืชในบริเวณที่ใกล้เคียงกับที่ทำการทดลอง

ปูนขาว ($Ca(OH)_2$)

เครื่องบดพืชขนาดใหญ่

กระถางและจานรองจำนวน 16 ชุด

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน (Sweet corn) Zea Mays L.var .sacchar ata Bailey.

เครื่องชั่งแบบหยาบและแบบละเอียด เป็นต้น

2. อุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูลในกระถางคือ

ไม้บรรทัด

เครื่องชั่งแบบหยาบและแบบละเอียด

ถุงกระดาษขนาดเล็กและขนาดใหญ่ เป็นต้น

3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ผลทางเคมีทั่วๆไป ซึ่งส่วนใหญ่อาศัยจากอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลอง Randomized Completely Block Design (RCBD) โดยศึกษา 4 ตำรับการทดลองและวางตำรับทดลองละ 4 ซ้ำ (Replication) ดังต่อไปนี้

ตำรับที่ 1 (T1) คือดินกรดเสื่อมโทรมชุดรังสิตที่ยังไม่ได้รับการปรับปรุงใดๆ

ตำรับที่ 2 (T2) คือดินกรดเสื่อมโทรมชุดรังสิตที่ได้รับการใส่ปูนจนถึงจนถึงค่า LR

ตำรับที่ 3 (T3) คือดินกรดเสื่อมโทรมชุดรังสิตที่ได้รับการปรับปรุงโดยการใส่ปูนและโสนบด 40 กรัม

ตำรับที่ 4 (T4) คือดินกรดเสื่อมโทรมชุดรังสิตที่ได้รับการปรับปรุงโดยการใส่ปูนและโสนบด 80 กรัม

1.วิธีการเตรียมดิน

1.1วัด pH หาความต้องการปูนของดินชุดรังสิต

1.2ชั่งตัวอย่างดิน 2 กิโลกรัม ใส่ลงในกระถางทุกกระถาง

1.3ชั่งปูน 10.87 กรัม ใส่ลงในตำรับการทดลองที่ 2,3 และ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14637

1.4ชั่งโสนบด 40 กรัม ใส่ลงในตำรับการทดลองที่ 3

1.5ชั่งโสนบด 80 กรัม ใส่ลงในตำรับการทดลองที่ 4

1.6ใช้ช้อนพรวนดินพรวนในกระถางทุกกระถาง เพื่อให้เนื้อดิน,ปุน และโสนได้คลุกเคล้าเข้ากัน

1.7รดน้ำแก่ดินให้พอชื้นแล้วใช้แผ่นพลาสติกดำคลุม หมักทิ้งไว้ 14 วัน

2.วิธีการปลูกและดูแลรักษา

2.1ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานปลูกลงในกระถาง กระถางละ 3 เม็ด

2.2รดน้ำด้วยบัวรดน้ำทุกวัน วันละ 2 เวลา เช้า เย็น

2.3วันที่ในการปลูกจนถึงเก็บตัวอย่าง คือวันที่ 29 ธันวาคม 2537 ถึงวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2538 เป็นเวลา 41 วัน บนชั้นดาดฟ้าของตึกคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

3.วิธีการเก็บข้อมูลตัวอย่างพืช

3.1ถ่ายรูปเปรียบเทียบข้าวโพดที่ปลูกแต่ละตำรับ

3.2เก็บตัวอย่างข้าวโพดทั้งต้นและรากโดยใช้น้ำล้างรากออก

3.3วัดความยาวของรากข้าวโพดในแต่ละตำรับ

3.4วัดความยาวของลำต้นข้าวโพดในแต่ละตำรับ

3.5ชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและราก

3.6ถ่ายรูปเปรียบเทียบทั้งความยาวของลำต้นและความยาวของราก ของข้าวโพดในแต่ละตำรับ

3.7นำตัวอย่างของลำต้นและรากข้าวโพดเข้าตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส อบจนกระทั่งตัวอย่างพืชแห้ง

4.การเตรียมตัวอย่างพืชเพื่อทำการวิเคราะห์ทางเคมี

4.1ใช้เครื่องบดพืชทำการบดส่วนของลำต้นข้าวโพดในแต่ละตำรับให้ละเอียด

4.2เก็บตัวอย่างของพืชที่บดละเอียดแล้วเก็บในกระป๋องพลาสติกแล้วปิดฝาให้สนิท

5.การเก็บและเตรียมตัวอย่างดินหลังปลูกข้าวโพดแล้วมาทำการวิเคราะห์ทางเคมี

5.1เก็บตัวอย่างดินหลังปลูกข้าวโพดแต่ละตำรับไปทำการผึ่งลมให้แห้ง

5.2ใช้เครื่องบดดินบดดินในแต่ละตำรับให้ละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 ม.ม.

5.3เก็บตัวอย่างดินหลังปลูกในแต่ละตำรับ ที่ร่อนผ่านตะแกรงแล้วในขวดพลาสติกปิดฝาให้สนิท

6.การวิเคราะห์ทางเคมี

6.1การวิเคราะห์ทางเคมีของตัวอย่างดินหลังปลูกข้าวโพดในแต่ละตำรับ ปฏิบัติดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการของห้องสมุดเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ก.ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

ข.ปริมาณ Total exchange base เช่น Ca, Mg, Na และ K เป็นต้น

ค.ปริมาณอลูมินั่มที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable aluminum)

6.2การวิเคราะห์ทางเคมีของต้นข้าวโพด

ก.ปริมาณ Total Ca, Mg ภายในต้นข้าว

ข.ปริมาณ Al ที่พบภายในต้นข้าวโพด

7.ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มการเตรียมดินก่อนปลูกตั้งแต่วันที่ 2 ธันวาคม 2537 จนเสร็จสิ้นการวิเคราะห์ตั้งแต่วันที่ 15 มีนาคม 2538 รวมเป็นเวลา 104 วัน

8.สถานที่ทำการทดลอง

8.1ชั้นดาดฟ้าตึกคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

8.2ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

1.การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติในส่วนวัตภาคของแข็งในดินกรดเสื่อมโทรม ที่ได้รับการอิทธิพลมาจากการใช้สารปรับปรุงดิน ประเภทปุ๋ยพืชสด (โสน)

1.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของดิน

ตารางที่ 1 แสดงช่วงพิสัย (Range) ค่าเฉลี่ย (Mean) ของตัวอย่างชุดดินกรดเสื่อมโทรมก่อนเริ่มต้นการทดลอง

คุณสมบัติ	ช่วงพิสัย	ค่าเฉลี่ย
pH (1:1)	4.13 - 4.81	4.44
EC (dSm^{-1})	0.55 - 1.45	0.87
Exch. Ca[1/]	0.191 - 0.443	0.029
Exch. Mg[1/]	0.027 - 0.171	0.107
Exch. K[1/]	0.193 - 0.894	0.465
Exch. Na[1/]	0.397 - 1.235	0.548
Exch. Al[1/]	2.96 - 4.09	3.57
CEC[1/]	0.943 - 4.21	3.875

1/ หน่วย cmolc kg^{-1}

ผลที่พบอย่างชัดเจนก็คือ ชุดดินดังกล่าวมีค่าระดับ pH ก่อนเริ่มต้นทำการทดลองโดยเฉลี่ยต่ำมากประมาณ 4.4 การปรากฏตัวของสารชนิดต่างๆภายในดิน โดยผ่านการแสดงค่าออกมาเป็น EC อยู่ในช่วงต่ำอีกเช่นกัน ประมาณ 0.87 dSm^{-1} ลักษณะดินเกิดการขาดแคลน Ca, Mg อย่างชัดเจน โดยค่า Exch.Ca ปรากฏอยู่เพียง 0.029 cmolc kg^{-1} จึงน่าจะเกิดการขาดแคลน Ca อย่างต่อเนื่องสำหรับการปลูกพืช อิทธิพลของการสะสมสารพิษพวก Al ปรากฏอยู่ในระดับสูงถึง 3.51 cmolc kg^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Poolpipatana (1994) ที่ได้ยืนยันถึงอิทธิพลของของระดับความเป็นพิษของอลูมินั่ม ที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจนในดินกรดที่เสื่อมโทรมของเขตที่ลุ่มภาคกลาง และกรุงเทพมหานคร

1.2 คุณสมบัติที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในส่วนวัตภาคของแข็ง (Solid phase)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า pH, Exch. Ca, Mg และ Al ที่ได้รับอิทธิพลมาจากการทดลองต่างๆกัน 4 ตำรับ ในดินชุดรังสิต

ตำรับการทดลอง	pH(1:1)	Exch.Ca	Exch.Mg	Exch.Al
1. Control	4.44	0.29	0.10	3.51
2. Lime[1/]	6.43	1.11	0.70	1.00
3. GM 40[2/]	5.58	2.16	0.66	0.80
4. GM 80[2/]	6.28	2.51	1.03	0.68
LSD 0.05	1.62	1.84	0.67	2.24

1/ ปรับค่า pH ตาม Lime Requirement ที่อ้างถึง Poolpipatana (1994)

2/ ใช้โสนเป็นปุ๋ยพืชสดในอัตรา 40 และ 80 g kg^{-1} ตามลำดับ

1.2.1 pH (1:1) ของดิน

จากผลของตารางที่ 2 แสดงให้เห็นผลอย่างชัดเจนของอิทธิพลตำรับต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ซึ่งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95% ($P< 0.05$) โดยเฉพาะ ในตำรับของ control ค่า pHที่วัดได้อยู่ในระดับที่ต่ำมาก คือค่า 4.44 ซึ่งแสดงถึงความเป็นกรดจัดของบริเวณชุดดินที่ทำการศึกษา ส่วนการปรับปรุงดินกรดที่เสื่อมโทรมดังกล่าว ด้วยการใส่ปูนตามค่า Lime Requirement นั้น สามารถเทียบผลได้อย่างชัดเจนว่าสามารถยกระดับ pH ให้สูงขึ้นจนถึงระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกได้ ซึ่งการใส่ปูนนับเป็นวิธีการแบบเก่าของการปรับปรุงพื้นที่ดินแบบเดิมที่ปฏิบัติกันมา เป็นระยะเวลานานตามรายงานของ Evans (1986) กลุ่มของโสนที่ถูกนำมาทดลองในกระถาง 28 ใบ เพื่อหาความตอบสนองต่อการใช้ปูนกับดินกรดสองชนิด แสดงการเจริญในกระถาง 28 ใบ ซึ่งจะเห็นว่าช่วงการตอบสนองสำหรับ aluminum Ultisol pH 3.8-5.0 และ manganiferous Oxisol pH 5.2-6.0 ในสภาพใช้ปูนจะมีผลผลิตเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เฉลี่ยประมาณ 80% ของการทดลองที่ไม่ใช้ปูน

ส่วนการปรับปรุงดินด้วยวิธีการใช้ประโยชน์จากอินทรียวัตถุพวกปุ๋ยพืชสดโสนทั้ง2อัตรา คือ 40 (GM 40) และ 80 (GM 80) กรัม กก.$^{-1}$ นั้นก่อให้เกิดความแตกต่างต่อการยกระดับค่า pH ให้สูงขึ้นอย่างเห็นได้เด่นชัดโดยเฉพาะที่ระดับ GM 80 สามารถเพิ่มค่า pH ให้สูงขึ้นมากกว่า GM 40 เป็นประการสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามอิทธิพลของการใช้ประโยชน์จากโสนนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเหตุผลที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มระดับ pH ของดินเพราะฉะนั้นจึงแสดงบทบาทและอิทธิพลที่คล้ายคลึงกับการใส่ปูน หรือในบางครั้งเราเรียกอิทธิพลดังกล่าวว่าเป็น" Self-Limng " ดังสอดคล้องกับรายงานของ Poolpipatana (1994) ที่ศึกษาถึงผลประโยชน์ที่ดีของการใช้ปุ๋ยพืชสด (โสน) ต่อการช่วยยกระดับค่า pH ของดินกรดให้สูงขึ้นพร้อมทั้งส่งเสริมคุณสมบัติทางเคมีในประการอื่นๆเป็นเรื่องสำคัญ

1.2.2ระดับ Exch.Ca และ Mg ของดินจากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นอิทธิพลพบว่า มีนัยสำคัญอย่างเด่นชัดของการใช้สารปรับปรุงดิน (โสน) ต่อการเพิ่มขึ้นของ Exch.Ca และ Mg

ในตำรับที่ไม่ใส่ปูนระดับ Exch. Ca และ Mg ต่ำมากคือ 0.29,0.10 ตามลำดับ

ในตำรับที่ใส่ปูน ระดับ Exch.Ca และ Mg เพิ่มขึ้นเป็น 1.11,0.70 ตามลำดับ

ในตำรับที่ใส่โสนเป็นปุ๋ยพืชสด (สารปรับปรุงดิน) ช่วยเพิ่มระดับ Exch.Ca และ Mg อย่างมากมายคือ 2.51,1.03 ตามลำดับ ข้อเด่นจากการใช้สารอินทรีย์นอกเหนือจากการเพิ่ม pH ทำให้ระดับ Ca, Mg ภายในดินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การดึงดูดไปใช้ประโยชน์ โดยพืชและการสร้างน้ำหนักแห้งของต้นและรากพืชย่อมเพิ่มขึ้นตามลำดับ

1.2.3ระดับ Exchangeable Al ของดินผลการวิเคราะห์จากตารางที่2แสดงให้เห็นความเป็นพิษของAlในตำรับที่ไม่ได้ใส่สารปรับปรุงดินซึ่งมีระดับ 3.51 cmole kg^{-1}ซึ่งจะแสดงความเป็นพิษต่อต้นข้าวโพดอย่างชัดเจนทั้งการเจริญเติบโตทางลำต้นและการเจริญเติบโตทางรากส่วนในตำรับที่ได้รับการปรับปรุงโดยการใส่ปูนเพื่อยกระดับ pH ทำให้ระดับของ exchangeable Al ในดินลดลงเหลือ 1.00 cmolc kg^{-1} ส่วนในตำรับที่ดินเสื่อมโทรมได้รับการปรับปรุงโดยการใส่โสนเป็นปุ๋ยพืชสดทำให้สามารถลดระดับความเป็นพิษของอลูมินั่มอย่างเห็นได้ชัดโดยเฉพาะในตำรับที่ได้รับการปรับปรุงโดยการใส่โสน 80 ก. กก$^{-1}$ (GM 80) นั้นสามารถลดความเป็นพิษของ exchangeable Al ได้เป็นอย่างดีซึ่งมีระดับ exchangeable Al แค่ 0.68 cmolc kg^{-1} ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงดินกรดเสื่อมโทรมโดยการใส่ปุ๋ยพืชสด (โสน) นั้นมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญอย่างเด่นชัดต่อการลดระดับความเป็นพิษของอลูมินั่มในดินกรดเสื่อมโทรม

2.การเปลี่ยนในส่วนความเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดที่ปลูกในดินกรดเสื่อมโทรมซึ่งได้รับอิทธิพลมาจากการใช้ประโยชน์จากการปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยพืชสด (โสน)

2.1การสร้างน้ำหนักแห้งของต้น,รากและความสูงที่ระยะ41วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่3 อิทธิพลของสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยพืชสด(โสน) ในอัตราส่วนต่างๆกันต่อการสร้างน้ำหนักแห้งของต้น,รากและความสูงของต้นข้าวโพดที่ปลูกในระยะ41วันภายหลังปลูก

ตำรับ	น้ำหนักแห้งต้น (กรัม/กระถาง)	น้ำหนักแห้งราก (กรัม/กระถาง)	ความสูง (ซ.ม./กระถาง)
1.Control	0.38	0.49	13.2
2.Lime[1/]	2.89	2.86	21.8
3.GM40[2/]	5.30	4.13	22.1
4.GM80[2/]	9.02	8.43	31.8
LSD 0.05	6.11	5.79	13.89

1/ ปรับค่า pH ตาม lime Requirement ที่อ้างถึงโดย Poolpipatana (1994)

2/.ใช้โสนเป็นปุ๋ยพืชสดในอัตรา 40 และ 80 g kg^{-1} ตามลำดับ

จากตารางที่3ชี้ให้เห็นอย่างเด่นชัดถึงอิทธิพลของตำรับทดลองต่างๆต่อการควบคุมและการสร้างน้ำหนักแห้งของต้นและรากข้าวโพดตามช่วงอายุการปลูกที่41วันจะเกิดได้อย่างชัดเจนว่าอิทธิพลของตำรับทดลองล้วนควบคุมอย่างมีนัยสำคัญต่อการสร้างน้ำหนักแห้งของต้นและรากข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $P<0.03$ กล่าวคือ การไม่ใช้สารปรับปรุงดินใดๆ(ตำรับ control) การสร้างน้ำหนักแห้งที่รากเกิดขึ้นต่ำมากเพียง 0.38 และ 0.49 กรัม/กระถาง ตามลำดับ แต่เมื่อใส่ปูนและปรับค่าสภาพ pH ของดินกรดเสื่อมโทรมให้เหมาะสม สามารถสร้างน้ำหนักต้นและรากให้ขึ้นมาสู่ระดับใกล้เคียงกันประมาณ 2.89 และ 2.86 กรัม/กระถาง ตามลำดับ และเช่นเดียวกันการใช้โสนเป็นปุ๋ยพืชสดเพื่อเป็นสารปรับปรุงดินนั้น การสร้างน้ำหนักแห้งจากส่วนทั้งสองจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องอีกเช่นกัน โดยเฉพาะที่ระดับตำรับGM80 สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของน้ำหนักในส่วนต้นและรากให้เกิดขึ้นในระดับสูงสุดประมาณ 9.02 และ 8.43 กรัม

อิทธิพลของการเพิ่มระดับความเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดที่ปลูกที่ มาจากการใช้ปุ๋ยพืชสดพวกโสนมาเป็นสารปรับปรุงดินกรดที่เสื่อมโทรมนั้นคงมาจากการเพิ่มขึ้นของปัจจัยส่วนแรกที่เกี่ยวข้องกับการยกระดับค่า pH ของดินโดยตรง หรือเป็นผลทางอ้อมมาจากการเพิ่มขึ้นของระดับ Exch Ca และ Mg สำหรับส่วนวัตภาคของแข็งก็เป็นไปได้ยิ่งเป็นไปตามผลของตารางที่ 2 เป็นประการสำคัญ นอกจากนี้ยังอาจเป็นไปได้ที่อิทธิพลของสารปรับปรุงดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังกล่าวยังช่วยลดระดับสารพิษที่เกิดขึ้นทั้งมวลในดินกรดจัดเสื่อมโทรมอีกด้วยโดยเฉพาะในรูปของ Exch.Al ย่อมลดลงตามลำดับจนอยู่ในระดับที่ไม่แสดงความเป็นพิษต่อทั้งส่วนต้นและรากที่ปลูกอยู่ภายในดินโดยตรง รายงานผลดังกล่าวสามารถสอดคล้องตรงกับคำกล่าวของ Poolpipatana (1994) ที่กล่าวว่าประโยชน์ที่ดีของการใช้โสนเพื่อเป็นสารปรับปรุงดินนั้นก็คือการช่วยลดระดับความเป็นพิษของ Al ที่เรียกว่า Al detoxification โดยตรง

2.2การสร้างความยาวรากและความยาวรากสัมพัทธ์ (Relative Root Length; RRL) ของต้นข้าวโพดที่ระยะ41วัน

ตารางที่ 4 อิทธิพลของสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยพืชสด(โสน)ในอัตราส่วนต่างๆกันต่อการสร้างความยาวรากและความยาวรากสัมพัทธ์ของต้นข้าวโพดที่ปลูกภายในระยะ 41 วันภายหลังปลูก

ตำรับ	ความยาวราก (ซม./กระถาง)	ความยาวรากสัมพัทธ์ (%)
1. Control	19.65	28.68
2. Lime 1/	39.35	54.44
3. GM 40 2/	46.47	67.98
4. GM 80 2/	55.90	84.45
LSD 0.05	27.35	

1/ ปรับค่า pH ตาม Lime Requirement ที่อ้างถึงโดย Podpipodana (1994)

2/ ใช้โสนเป็นปุ๋ยพืชสดในอัตรา 40 และ 80 g kg^{-1}

จากตารางที่ 4 ชี้ให้เห็นอย่างเด่นชัดของตำรับการทดลองต่างๆ ต่อการเจริญของรากข้าวโพดทั้งความยาวรากและความยาวรากสัมพัทธ์ของรากข้าวโพดที่ปลูกตามช่วงอายุที่ปลูก 41 วัน จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าอิทธิพลของตำรับทดลองล้วนควบคุมอย่างมีนัยสำคัญต่อความยาวของรากของรากข้าวโพดพบว่ามีช่วงสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $P<0.05$ กล่าวคือ การไม่ใส่สารปรับปรุงดินใดๆ (ตำรับ Control) ความยาวรากและความยาวรากสัมพัทธ์ต่ำมากเป็น 19.65 ซม./กระถาง และ 28.68% ตามลำดับ แต่เมื่อใส่ปูนและปรับสภาพค่า pH ของดินกรดเสื่อมโทรมให้เหมาะสม สามารถยกระดับการเจริญของรากเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวรากเพิ่มเป็น 39.35 ซม./กระถาง และความยาวสัมพัทธ์เป็น 54.44% และเช่นเดียวกับการใช้โสนเป็นปุ๋ยพืชสดเพื่อเป็นสารปรับปรุงดินนั้นการเจริญในส่วนของรากข้าวโพดจะเจริญขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะในตำรับ GM80 สามารถเพิ่มการเจริญของรากข้าวโพดให้สูงสุดโดยความยาวของรากเป็น 55.90 ซม./กระถาง และความยาวสัมพัทธ์เป็น 84.45% อลูมินั่มมีผลทางตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะการเจริญเติบโตในส่วนของราก นั่นคือ อลูมินั่มขัดขวางการดูด(uptake) ธาตุอาหารพืชโดยตรง(Long and Fog, 1970; Lee, 1972; Vieters and Zak, 1978; Haynes, 1982, Wallace and Anderson, 1984) และอลูมินั่มมีผลขัดขวางการดึงดูดธาตุอาหารพืชทางอ้อม โดยขัดขวางรากพืชไม่ให้เจริญเติบโตผ่านลงไปในดินชั้นล่าง(Vickers and Zak, 1978; Perkins and Kaihulla, 1981) อีกประการหนึ่งคือ อลูมินั่มขัดขวางและยับยั้งการแบ่งเซลล์(Munn and McCollum, 1976; Kesser, 1977; Hayness, 1982) โดยเฉพาะการแบ่งเซลล์ของ apical merristem ของราก(Ohki, 1985) ซึ่งเป็นการขัดขวางการเจริญเติบโตของราก(Foy, 1974) โดยอลูมินั่มทำให้การเจริญเติบโตของ main root axis ลดลง และยับยั้งการสร้าง lateral root(Haynes, 1982)

2.3 องค์ประกอบของ Ca, Mg และ Al ภายในต้นข้าวโพดที่ได้รับอิทธิพลของตำรับทดลองต่างๆ กัน

ตารางที่ 5 อิทธิพลของสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยพืชสด (โสน) ในอัตราต่างๆ กันต่อการสร้างองค์ประกอบของ Ca, Mg และ Al ที่ปรากฏอยู่ภายในต้นข้าวโพดเมื่อระยะ 41 วันภายหลังปลูก

ตำรับ	องค์ประกอบธาตุอาหารในต้นข้าวโพด		
	Ca (%)	Mg(%)	Al(mg/kg)
1. Control	0.051	0.131	132.50
2. Lime 1/	0.146	0.201	83.75
3. GM 40 2/	0.165	0.272	71.75
4. GM 802/	0.204	0.284	33.50
LSD 0.05	0.109	0.135	77.57

1/ ปรับค่า pH ตาม Lime Requirement ที่อ้างถึงโดย Poolpipatana (1994)

2/ ใช้โสนเป็นปุ๋ยพืชสดในอัตรา 40 และ 80 g kg^{-1}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5 ผลของตำรับทดลองชี้ให้เห็นอย่างเด่นชัดถึง

ก. อิทธิพลของการเพิ่มของ Ca ที่เป็นองค์ประกอบในต้นข้าวโพดในตำรับดินกรดเสื่อมโทรมที่ไม่ได้รับการปรับปรุงใดๆ จะมี Ca อยู่ 0.051% ในตำรับที่มีการใส่ปูนเพื่อยกระดับ pH ทำให้ระดับของ Ca เพิ่มเป็น 0.146% และในตำรับที่ดินได้รับการปรับปรุงโดยปุ๋ยพืชสดระดับของ Ca ก็ยิ่งเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในตำรับที่ใส่โสน 80 ก. กก$^{-1}$ (GM 80) ระดับของ Ca เป็น 0.240% ส่วนระดับของ Mg ก็เปลี่ยนแปลงในลักษณะคล้ายกันกับ Ca คือในตำรับที่ไม่ได้ใส่สารปรับปรุงดิน ในตำรับที่ใส่ปูน ในตำรับที่ใส่สารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยพืชสด(โสน) ในอัตราส่วน 40 ก. กก$^{-1}$ (40 GM) และ 80 ก. กก$^{-1}$ (GM80) จะมีระดับของ Mg เป็น 0.131, 0.201, 0.272 และ 0.284% ตามลำดับ

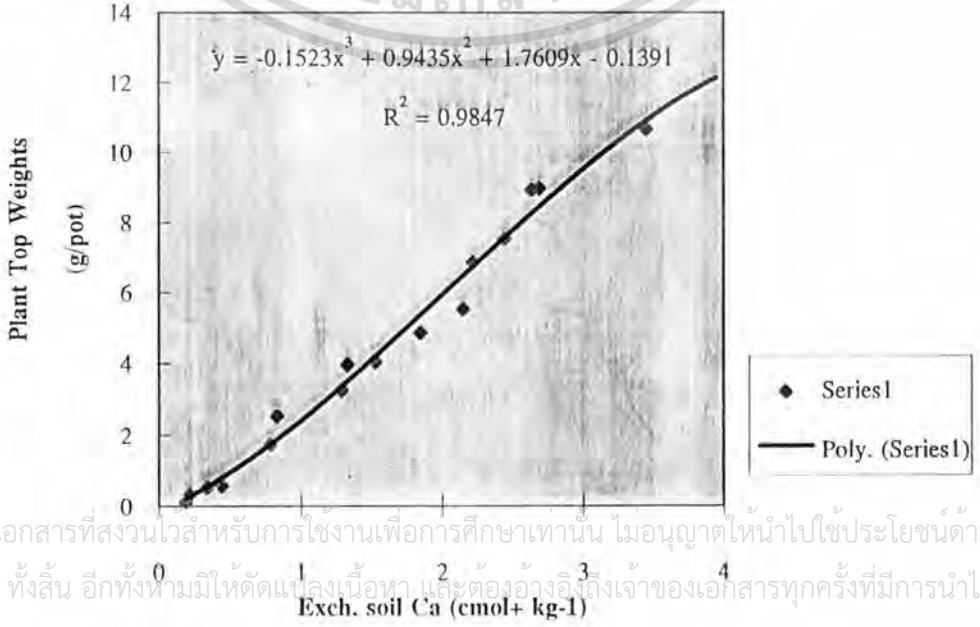
ข. การลดระดับของสารพิษ Al ภายในต้นข้าวโพดตามอิทธิพลของสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยพืชสด(โสน) ในตำรับที่ใส่โสน 40 ก. กก$^{-1}$ (GM40) มีค่าลดลงจากตำรับที่ไม่ใส่สารปรับปรุงดินจาก 132.5 mg/kg เป็น 71.75 mg/kg ส่วนในตำรับที่โสน 80 ก. กก$^{-1}$ (GM80) ยิ่งลดระดับสารพิษของ Al เหลือแค่ 33.50 mg/kg

ค. การลดระดับความเป็นพิษของ Al ล้วนสัมพันธ์โดยตรงกับการสะสม Ca และ Mg ภายในต้นข้าวโพดเป็นประการสำคัญ ซึ่ง Ca และ Mg นอกจากเพิ่มมาจากปูนที่ใส่ลงไปแล้วยังได้มาจากส่วนของปุ๋ยพืชสด (โสน) ที่ย่อยสลายและปลดปล่อยออกมาด้วย

3. ความสัมพันธ์ร่วมกันขององค์ประกอบทางดิน และการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดที่ได้รับอิทธิพลมาจากตำรับของการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยพืชสดโสนเพื่อเป็นสารปรับปรุงดินโดยตรง

3.1 การสร้างน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพด และปริมาณ Ca ที่พบอยู่ภายในดิน

(รูปที่ 1) **Relationship of Plant Top Weights and Exch. Soil Ca with various treatments**

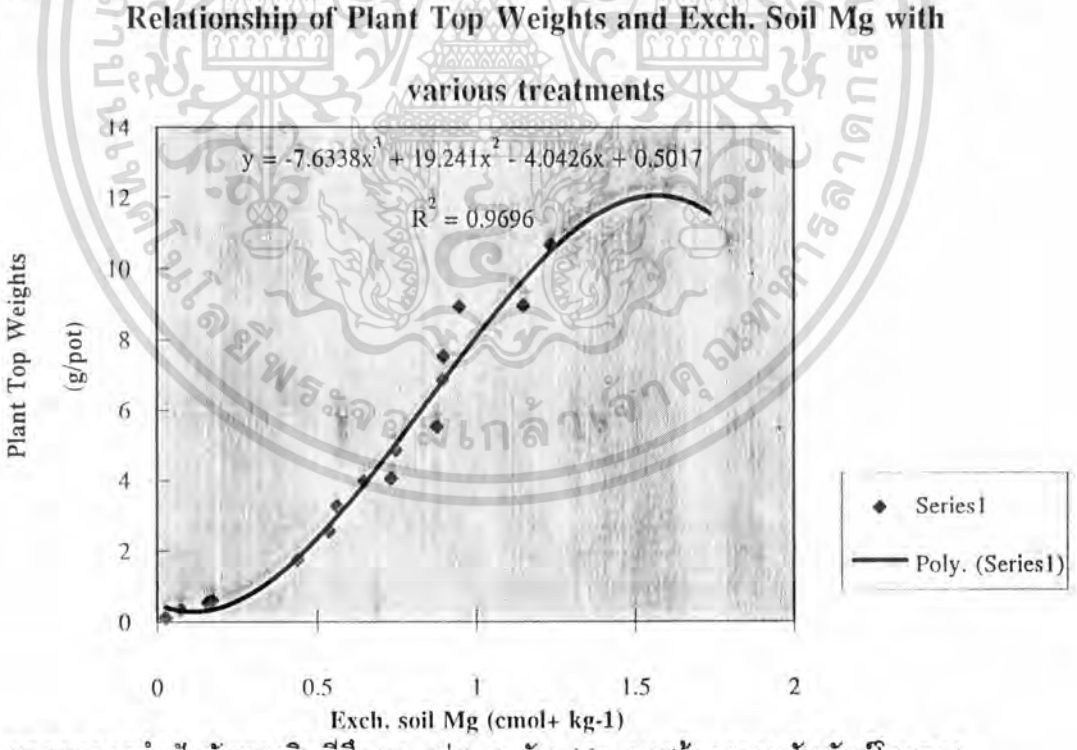


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการนำปัจจัยทางดินที่ศึกษา เช่น ระดับ Ca มาสร้างความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการเพิ่มขึ้นของการสร้างน้ำหนักแห้งในส่วนยอดได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนแล้วในรูปที่ 1 กล่าวคือ รูปความสัมพันธ์ดังกล่าวสอดคล้องและเป็นไปตามความสัมพันธ์ของ Polynomial relationship คือ Y= -0.1523x3 +0.09435x2 +1.7609x-0.1391, และให้ค่า R=0.9847 ยิ่งแสดงว่าข้อมูลดังกล่าวแสดงสหสัมพันธ์ในทางมากและแสดงความนัยสำคัญทางสถิติที่สำคัญยิ่ง

อิทธิพลของการใช้ตำรับการทดลองที่สนใจในการศึกษาครั้งนี้คือตำรับของ ปุ๋ยพืชสดโสนในอัตรา 40 และ 80 n. กก$^{-1}$ นั้นล้วนเป็นอัตราที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงและยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินกรดที่เสื่อมโทรมอย่างแท้จริง การใช้ปุ๋ยพืชสดนอกจากจะช่วยทำให้ค่า pHของดินเพิ่มขึ้นแล้ว ระดับ Exchangeable Ca ยังเพิ่มจำนวนสูงขึ้นอีกด้วย และในที่สุดจะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการดูดน้ำไปสะสมในส่วนของต้นข้าวโพด และยกระดับการสร้างน้ำหนักแห้งของต้นให้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ผลประโยชน์ที่ดีดังกล่าวสามารถสรุปออกมาให้เห็นได้อย่างชัดเจนตามการทำนายความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ตามสมการที่กล่าวมาแล้วในรูปที่ 1 เป็นประการสำคัญ

3.2 การสร้างน้ำหนักแห้งของต้นขาวโพด และปริมาณ Mg ที่พบอยู่ภายในดิน (รูปที่2)



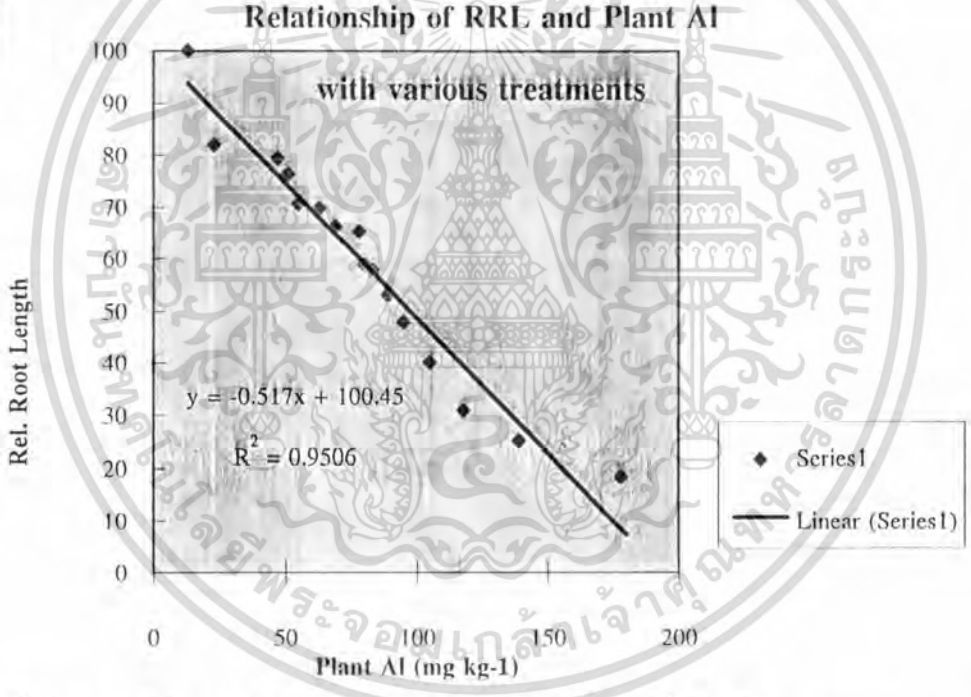
ผลจากการนำปัจจัยทางดินที่ศึกษา เช่น ระดับ Mg มาสร้างความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการเพิ่มขึ้นของการสร้างน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดแสดงไว้อย่างชัดเจนแล้วในรูปที่ 2 กล่าวคือ รูปความสัมพันธ์ดังกล่าวสอดคล้องและเป็นไปตามความสัมพันธ์ของ Polynomial relationship คือ Y= -7.6338x3 +19.241x2 -4.0426x + 0.5017 และให้ค่า R = 0.9696** ยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงว่าข้อมูลดังกล่าวแสดงสหสัมพันธ์ในทางมาก และแสดงความนัยสำคัญทางสถิติที่สำคัญยิ่ง

อิทธิพลของการใช้ตำรับการทดลองที่สนใจในการศึกษาครั้งนี้ คือ ตำรับของปุ๋ยพืชสด(โสน) ในอัตรา 40 และ80 n. nn^{-1} นั้นล้วนเป็นอัตราที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงและเพิ่มระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินกรดที่เสื่อมโทรมอย่างแท้จริง การใช้ปุ๋ยพืชสดนอกจากจะช่วยทำให้ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นแล้วระดับ Exchangeable Mg ยังเพิ่มจำนวนสูงขึ้นด้วย และในที่สุดจะกระตุ้นให้รากพืชมีความสามารถในการดูดน้ำและธาตุอาหารอื่นๆ ได้ดีขึ้น แล้วส่งผลไปสู่การสร้างน้ำหนักแห้งของลำต้นให้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากรูปที่ 2 จะแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ระดับของ Mg ที่ 1-1.5 cmolc kg^{-1} จะส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโตสูงสุด แต่หากระดับของ Mg สูงกว่า 1.5 cmolc kg^{-1} จะทำให้เกิดความเป็นพิษของ Mg ได้

3.3 ความยาวรากสัมพัทธ์ และปริมาณ Al ที่พบภายในต้นข้าวโพด (รูปที่ 3)



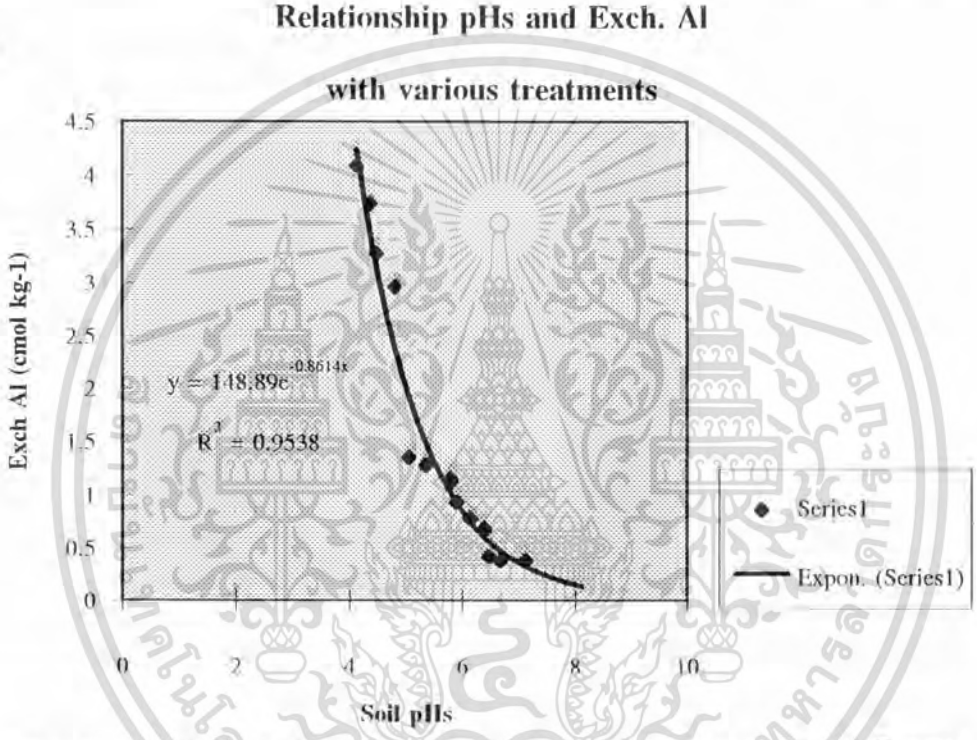
เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างปัจจัยทั้งสองที่ศึกษาคือ RRL และปริมาณ Al ที่พบอยู่ภายในต้นข้าวโพดเมื่อปลูกได้อายุเท่ากับ 41 วัน นั้นจะพบว่า ลักษณะของความสัมพันธ์ดังกล่าวเกิดขึ้นในรูปแบบของ Simpleliniear regnession กล่าวคือ Y= -0.517x + 100.45 และได้ค่า R2 =0.9506 ที่แสดงผลสำคัญทางนัยสถิติเป็นอย่างยิ่ง กล่าวคือ เมื่อระดับ Al ปรากฏอยู่ในระดับที่สูงภายในต้นพืช ผลกระทบของ Alจะส่งผลต่อการควบคุมความยาวของราก โดยทำให้ราก หรือ RRL เกิดสั้นลง ซึ่งแสดงถึงปัจจัย Al สามารถเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโต และความยาวของรากอย่างแท้จริง แต่เมื่อใดระดับ Al ถูกทำให้ลดต่ำลงด้วยอิทธิพลของการใช้สารอินทรียวัตถุประเภทปุ๋ยพืชสด(โสน) มาช่วยแก้ไข และยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับความเป็นพิษ ของ Al ให้เกิดขึ้นได้ในระดับที่ต่ำแล้ว เราจะเห็นผลได้อย่างชัดว่า Al จะผ่อนคลายความเป็นพิษลง และในขณะเดียวกันรากของต้นข้าวโพดจะแตกขยายตัวออกไปได้มากรวมถึงการสร้างความยาวของราก หรือ RRL จะเป็นไปอย่างปกติโดยปราศจากอิทธิพลความเป็นพิษของ Al ทั้งมวล เพราะฉะนั้นผลประโยชน์ของการใช้ปุ๋ยพืชสดจึงควรตระหนักในบทบาททางด้านการช่วยลดระดับความเป็นพิษของ Al ซึ่งเป็นปัจจัยที่ชัดเจนมากในสภาพของดินกรดที่เสื่อมโทรม

3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินกับปริมาณ Al ที่พบอยู่ในดิน

(รูปที่4)



ผลจากการนำปัจจัยทางดินมาศึกษาเช่น ระดับ Al มาสร้างความสัมพันธ์โดยตรงกับความเป็นกรดด่าง (pH) ของดิน อัตราการลดระดับลงของ Al ภายในดินกรดเสื่อมโทรมสามารถลดลงได้โดยการยกระดับ pH ให้สูงขึ้น ได้แสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนแล้วในรูปที่ 4 กล่าวคือ รูปความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นความสัมพันธ์ของ Parabola curve คือ $Y=148.89^{e-0.8614*}$ R2=0.9538** ยิ่งแสดงว่าข้อมูลดังกล่าวแสดงสหสัมพันธ์ในทางบวก และแสดงตามนัยสำคัญทางสถิติสำคัญยิ่ง

จากรูปที่ 4 จะเห็นความสำคัญในทางลดลงของระดับอลูมินั่ม อย่างเด่นชัดเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของ pH ฉะนั้นความเป็นพิษและความรุนแรงของอลูมินั่มสามารถลดลงได้โดยการเพิ่มระดับของ pH ขึ้น จากรูปจะอยู่ในช่วง pH 5.8-6.5 จะลดระดับของ AL ลงเป็น 0.5 cmolc kg^{-1} ซึ่งเป็นระดับของ Al ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผล

ดินกรดเสื่อมโทรมภายในบริเวณที่ราบลุ่มของเขตกรุงเทพมหานคร ส่วนใหญ่ค่อนข้างเต็มไปด้วยปัญหาหลายประการ นับตั้งแต่การปรากฏระดับความเป็นกรดที่สูงมาก (ค่า pH ต่ำ) การสะสมสารพิษทั้งมวล เช่น Al เป็นต้น หรืออาจขาดแคลนธาตุอาหารหลักบางประเภท เช่น Ca และ Mg เป็นประการสำคัญ ดังนั้นจึงกำหนดการทดลองในกระถางขึ้นมาเพื่อทำการปลูกข้าวโพดหวาน ลงไปในตัวอย่างดินที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขสถาพเสื่อมโทรมตามตำรับของการใส่ปูน และเพื่อเปรียบเทียบกับอิทธิพลของสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยพืชสด (โสน) จำนวน 40 และ 80 กรัม กก.$^{-1}$ ตามลำดับ

ผลการทดลองชี้บ่งอย่างเด่นชัดว่า อิทธิพลของปุ๋ยพืชสด (โสน) ในตำรับดังกล่าวมีคุณค่าใกล้เคียงกับการใส่ปูน ที่เรียกว่า " Self-Liming " กล่าวคือ ช่วยยกระดับ pH ให้สูงขึ้นมากกว่า 5.5 - 6.2 สามารถยกระดับปริมาณ Exchangeable Ca และ Mg ให้เพิ่มขึ้นสู่ระดับ 2.5 และ 1.03 cmolc kg-1 ตามลำดับ และในขณะเดียวกันช่วยลดระดับ Exchangeable Al ที่แสดงความเป็นพิษให้ลดต่ำลงจนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 0.68 cmolc kg^{-1} ซึ่งถือได้ว่าไม่แสดงความเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดหวานที่ปลูก

นอกจากนี้อิทธิพลของสารปรับปรุงดินดังกล่าวยังแสดงหน้าที่และบทบาทที่สำคัญในการช่วยยกระดับการสร้างน้ำหนักแห้งของต้น, ราก และ ความสูงของต้น ประการสำคัญที่สุดก็คือ ช่วยเพิ่มความยาวราก และ ความยาวรากสัมพัทธ์ (RRL) ให้เกิดขึ้นสูงสุดประมาณ 55.9 ซม. และ 84.4% ตามลำดับ องค์ประกอบของธาตุอาหารพืชภายในลำต้นที่สำคัญเพิ่มขึ้นทั้ง Ca และ Mg แต่ในขณะเดียวกันช่วยลดระดับ Al ภายในต้นพืชให้อยู่ต่ำกว่า 33.5 มก. กก.$^{-1}$ ซึ่งบ่งบอกถึงการลดระดับความเป็นพิษของ Al ให้เกิดขึ้นได้ต่ำสุดด้วยอิทธิพลของสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยพืชสด (โสน)

เมื่อคำนึงถึงการสร้างความสัมพันธ์ร่วมกับองค์ประกอบต่างๆของต้นพืชและอัตราการสร้างความเจริญเติบโต ย่อมชี้บ่งอย่างแน่ชัดว่า อิทธิพลของปุ๋ยพืชสด (โสน)ช่วยทำให้ต้นข้าวโพดเกิดการดึงดูดและสะสมธาตุ Ca เพิ่มขึ้นตามความหมายของ Polynomal relationship คือ Y= -0.1523 X3 +0.09435 X2 +1.7609 X ; R2 = 0.9847** นอกจากนี้อิทธิพลของสารปรับปรุงดิน (โสน) ดังกล่าวยังสามารถช่วยลดระดับความเป็นพิษของ Al ที่จะเกิดขึ้นกับรากได้ ตามความหมายของสมการ Simple Linear Regression. กล่าวคือ Y = -0.517 X + 100 +5 และให้ค่า R2 = 0.9506** เป็นอย่างต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 1 ตำรับการทดลองที่ 1 ปลูกข้าวโพดหวานในดินกรดเสื่อมโทรมที่ยังไม่ได้ปรับปรุง (Control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2 ตำรับการทดลองที่ 2 ปลูกข้าวโพดหวานในดินกรดเสื่อมโทรมที่ใส่ปูนเป็นสารปรับปรุงดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3 ตำรับการทดลองที่ 3 ปลูกข้าวโพดหวานในดินกรดเสื่อมโทรมที่ได้รับการปรับปรุงโดยการใส่ปูนและโสน 40 ก. กก.$^{-1}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4 ตำรับการทดลองที่ 4 ปลูกข้าวโพดหวานในดินกรดเสื่อมโทรมที่ได้รับการปรับปรุงโดยการใส่ปูนและโสน 80 ก. กก.$^{-1}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตทางลำต้นของต้นข้าวโพดหวานในตำรับการทดลองที่ 1 และตำรับการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตทางลำต้นของต้นข้าวโพดหวานนตำรับการทดลองที่ 1 และตำรับการทดลองที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

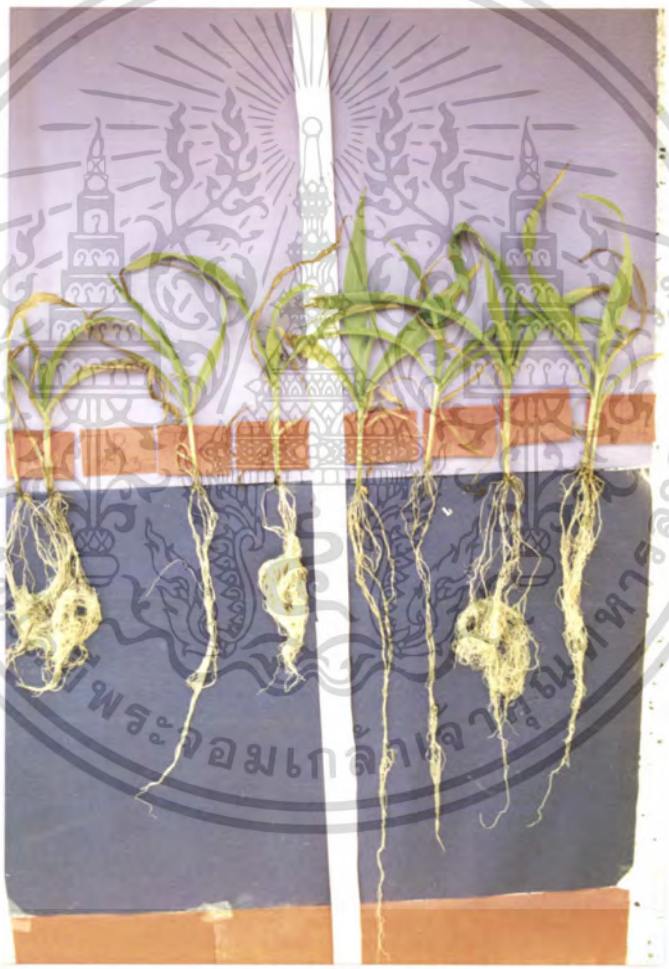
ภาพที่ 7 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตทางลำต้นของต้นข้าวโพดหวานใน ตำรับการทดลองที่ 1 และตำรับการทดลองที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 8 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตทางลำต้นของต้นข้าวโพดหวานในตำรับการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 9 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของรากข้าวโพดหวานในตำรับการทดลองที่ 1 และตำรับการทดลองที่ 2

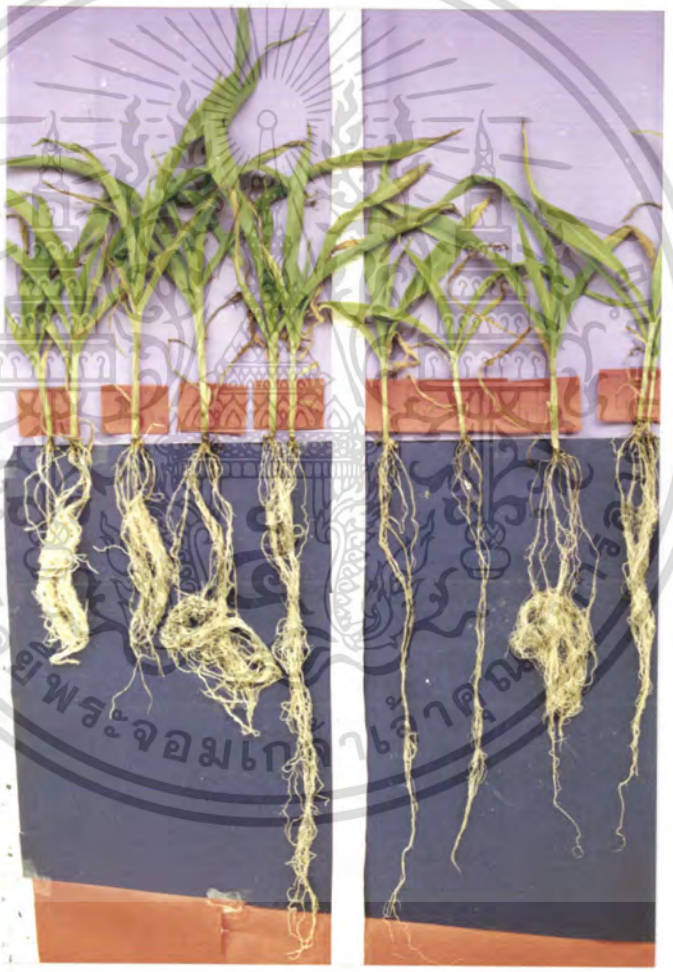


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 10 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของรากข้าวโพดหวานในตำรับการทดลองที่ 1 และตำรับการทดลองที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 11 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของรากข้าวโพดหวานในตำรับการทดลองที่ 1 และตำรับการทดลองที่ 4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เกษมศรี ซับซ้อน,นิลประไพ จันทรภาพ,มนูเวทย์ และ วิศิษย์ โชลิตกุล.2525.ผลของการใส่ปูนหินฟอสเฟตบดและไม่ร่วมกับการขังน้ำที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินเปรี้ยว.วารสารดินและปุ๋ย 4:194-219.

ประพิศ แสงทอง,นิลประไพ จันทรภาพ,มนูเวทย์ ศรีแสน และ วิศิษฐ์ โชลิตกุล.2523.การศึกษาอลูมินั่มในดินเปรี้ยว.วารสารดินและปุ๋ย 2:261-273.

มนูเวทย์ ศรีแสน และ วิศิษฐ์ โชลิตกุล.2523.ดินนาเปรี้ยวในที่ราบลุ่มกรุงเทพฯ.31น (โรเนียว)

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน.2520.ดินกรดจัดของประเทศไทย โครงการวิจัย และแนะนำทางเทคโนโลยีทางดินและปุ๋ย.ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์.77น

Amarasiri, S.L. and S.R. Olsen. 1973. Liming as related to solubility of P ans plant growth in ann acid tropical soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37:-721.

Blamey,F.P.C.,D.G.Edwards and C.J.Asher.1983.Effect of Aluminum,OH:Al and P:Al molar ratio,and inic strength on soybean root elongation in solution culture.Soil Sei.136:197-207.

Foy,C.D.1974.Effect of aluminum on plant growth,pp.601-642.In E.W.carson (ed.).The plant root and Its enviroments.Univ.Press of Virginia,Charlottesville,Virginia.

Foy,C.D. and C.Brown.1964.Toxic factors acid soils.II.Differential aluminum tolerance of plant species. Soil Sci.Soc.Am.Proc.28:27-32.

Frink,C.R. and M.Peech.1963.Hydrolysis and exchange reactions of the aluminum ion in hectorite and montmorillonite suspention.Soil Sci.Soc.Am.Proc.27:527-594.

Haynes, R.J. 1982. Effects of liming on phosphate avilability in acid soil. Plant and Soil 68:289-308.

Howeler, R.H. and L.F. Cadavid. 1976. Screening of rice cultivars for tolerance to Al-toxicity in nutrien solution as compared with a field screening method. agron. J. 68:551-555.

Hutchinson, F.E. and A.S. Huntre. 1970. Exchangeable aluminum leves in two soil as related to lime treatment and growth of six crop species. Agron. J. 62:702-704.

IRRI. 1964. Annual Report for 1964. International Rice Reseach Institute, Los Banos, Philippines. 335 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-------. 1984. Annual Report for 1984. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. 145 p.

Jou, A.S.R. and R.L. Fox. 1977. Phosphate sorption characteristics of some benchmark of West Africa. Soil Sci. 124:370-376.

Lee,C.R. 1972. Interrelationships of aluminum and manganese on the potato plant. Agron. J. 64:546-549.

Long, F.L. and C.D. Foy. 1970. Plant varieties as indicators of aluminum toxicity in the A2 horizon of Norfolk soil. Agron. J. 62:679-681.

Mkwunye, U. 1975. The influence of pH on the adsorption of phosphate by soils from the Guinea and Sudan savanah zones of Nigeria. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39:1100-1102.

Munn, D.A. and R.E. McCollum. 1976. Solution culture evaluation of sweet potato cultivar tolerance to aluminum. Agron. J. 68:989-991.

Murrman, R.P. and M.Peech. 1969. Effects of pH on labile and soluble phosphate in soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 33:205-210.

Naidoo, C.S; J. McD. Stewart and R.J. Lewis. 1978. Accumualation Sites of Al in snapbean and cotton roots. Agron. J. 70:489-492.

Nelson, L.E. 1983. Tolerances of 20 rice cutivars to exsess Al and Mn. Agron. J. 75:134-138.

Oades, M. 1979. Intraction of metal ion specie with clays, pp. 6.1-6.34. In D.E. Yates (ed.). Colloids in Soil-Principles and Practices. Poyal Australian Chemical Institute, Victoria,Australia.

Ohki, K. 1985. Aluminum toxicity effects on growth and nutrient composition in wheat. Agron. J. 77:951-956.

Parfitt, R.L. 1978. Anion adsorption by soils and soil meterials. Adv. Agron. 30:1-50.

Parkins, H.F. and E. Kaihulla. 1981. Some characteristics of plinthite inhibiting plant growth. Agron. J. 73:671-673.

Poolpipatana, S. 1994b. Application of SOILSOLN computer program to predct chemical characteristica and fertility constrainis of some acid sulfate soil. Songklanakarin J. Sci. Technol. (in Press).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

----------. 1994c. Mineralogical and chemical properties of two acid sulfate soil as affected by lime and green manure application. Soil Sci. Plant Nutr. (Japan). (in press).

Vickers, J. C.; J.M. Zak and S.O. Odurukwe. 1977. effects of pH and Al on the growth and chemical composition of cicer milkveth. Agron. J. 69:511-513.

Vickers, J.C. and J.M. Zak. 1978. Effects of pH,P and Al on the growth and chemical composition pf grownvetch. Agro. J.70:748-751.

Wallace, S.U. and I.C. Anderson. 1984. Aluminum toxicty and DNA synthesis in wheat roots. Agron. J.76:5-8.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดิน ในตำรับการทดลองต่างๆ

Trts.	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Total	Average	
1. CTR	4.48	4.81	4.37	4.13	17.79	4.4475	
2. LIME	5.79	6.13	6.68	7.12	25.72	6.43	
3. GM40	5.35	5.04	5.78	6.15	22.32	5.58	
4. GM80	6.39	5.9	6.39	6.47	25.15	6.2875	
Total	22.01	21.88	23.22	23.87	90.98	5.68625	
Average	5.5025	5.47	5.805	5.9675	5.68625		
Total SS=	12.83539						
Trt SS =	3.280608						
Rek SS=	0.231642						
Error SS=	9.323137						
SOV	SS	df	MS	F-calc.	F- 0.05	F- 0.01	
Total	12.83539	15	0.855692	0.826034	0.51	0.56	
Trt	3.280608	3	1.093536	1.055635	0.86	0.99	
Block	0.231642	3	0.077214	0.074538	0.86	0.99	
Error	9.323137	9	1.035904				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 2 อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อการเปลี่ยนแปลงค่า EXCH. CA ของดินใน ตำรับการทดลองต่างๆ

Trts.	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Total	Average		
1. CTR	0.221	0.339	0.443	0.191	1.194	0.2985		
2. LIME	1.525	1.329	0.786	0.832	4.472	1.118		
3. GM40	1.285	2.691	2.221	2.443	8.64	2.16		
4. GM80	2.149	2.638	3.447	1.845	10.079	2.51975		
Total	5.18	6.997	6.897	5.311	24.385	1.524063		
Average	1.295	1.74925	1.72425	1.32775	1.524063			
Total SS=	16.31039							
Trt SS =	4.0836							
Bck SS=	0.24239							
Error SS=	11.9844							
SOV	SS	df	MS	F-calc.	F- 0.05	F- 0.01		
Total	16.31039	15	1.087359	0.816581	0.51	0.56		
Trt	4.0836	3	1.3612	1.022229	0.86	0.99		
Block	0.24239	3	0.080797	0.060676	0.86	0.99		
Error	11.9844	9	1.3316					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อการเปลี่ยนแปลงค่า Exch. Mg ของดินในตำรับการทดลองต่างๆ

Trts.	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Total	Average
1. CTR	0.159	0.027	0.171	0.074	0.431	0.10775
2. LIME	0.895	0.732	0.648	0.563	2.838	0.7095
3. GM40	0.746	0.948	0.538	0.439	2.671	0.66775
4. GM80	0.876	1.235	1.148	0.896	4.155	1.03875
Total	2.676	2.942	2.505	1.972	10.095	0.630938
Average	0.669	0.7355	0.62625	0.493	0.630938	

Total SS=	2.256897
Trt SS =	0.596751
Bck SS=	0.041908
Error SS=	1.618238

SOV	SS	df	MS	F-calc.	F- 0.05	F- 0.01
Total	2.256897	15	0.15046	0.836798	0.51	0.56
Trt	0.596751	3	0.198917	1.106298	0.86	0.99
Block	0.041908	3	0.013969	0.077691	0.86	0.99
Error	1.618238	9	0.179804			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 อิทธิพลของปริมาณ Ca ที่พบในดินต่อการสร้างน้ำหนักแห้งของต้นข้าว

Trts.		Soil Ca (cmolc/kg)	X=(seq.) Soil Ca (cmolc/kg)	Y=Pt Top wt (g/pot)	Y=(seq.) Y=Pt Top wt (g/pot)				
1. CTR	Rep 1	0.221	0.191	0.12	0.12				
	Rep 2	0.339	0.221	0.53	0.32				
	Rep 3	0.443	0.339	0.32	0.53				
	Rep 4	0.191	0.443	0.58	0.58				
2. LIME	Rep 1	1.525	0.786	4.05	1.74				
	Rep 2	1.329	0.832	1.74	2.54				
	Rep 3	0.786	1.285	3.26	3.26				
	Rep 4	0.832	1.329	2.54	3.97				
3. GM40	Rep 1	1.285	1.525	4.86	4.05				
	Rep 2	2.691	1.845	6.86	4.86				
	Rep 3	2.221	2.149	5.53	5.53				
	Rep 4	2.443	2.221	3.97	6.86				
4. GM80	Rep 1	2.149	2.443	10.65	7.53				
	Rep 2	2.638	2.638	8.93	8.93				
	Rep 3	3.447	2.691	7.53	8.97				
	Rep 4	1.845	3.447	8.97	10.65				
Total		24.385	24.385	70.44	70.44				
Average		1.524063	1.5240625	4.4025	4.4025				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 อิทธิพลของปริมาณ Mg ที่พบในดินต่อการสร้างน้ำหนักแห้งของต้นข้าว

Trts.		Soil Mg (cmolc/kg)	X=(seq.) Soil Mg (cmolc/kg)	Y=Pt Top wt (g/pot)	Y=(seq.) Y=Pt Top wt (g/pot)
1. CTR	Rep 1	0.159	0.027	0.12	0.12
	Rep 2	0.027	0.074	0.53	0.32
	Rep 3	0.171	0.159	0.32	0.53
	Rep 4	0.074	0.171	0.58	0.58
2. LIME	Rep 1	0.895	0.439	4.05	1.74
	Rep 2	0.732	0.538	1.74	2.54
	Rep 3	0.648	0.563	3.26	3.26
	Rep 4	0.563	0.648	2.54	3.97
3. GM40	Rep 1	0.746	0.732	4.86	4.05
	Rep 2	0.948	0.746	6.86	4.86
	Rep 3	0.538	0.876	5.53	5.53
	Rep 4	0.439	0.895	3.97	6.86
4. GM80	Rep 1	0.876	0.896	10.65	7.53
	Rep 2	1.235	0.948	8.93	8.93
	Rep 3	1.148	1.148	7.53	8.97
	Rep 4	0.896	1.235	8.97	10.65
Total		10.095	10.095	70.44	70.44
Average		0.630938	0.6309375	4.4025	4.4025

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับปริมาณ Exch. Al ในดิน

Trts.	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Total	Average
1. CTR	3.74	2.96	3.28	4.09	14.07	3.5175
2. LIME	1.28	1.13	0.68	0.93	4.02	1.005
3. GM40	1.35	0.78	0.38	0.69	3.2	0.8
4. GM80	0.78	0.42	0.38	1.15	2.73	0.6825
Total	7.15	5.29	4.72	6.86	24.02	1.50125
Average	1.7875	1.3225	1.18	1.715	1.50125	

Total SS=	25.3028
Trt SS =	7.298175
Bck SS=	0.350375
Error SS=	17.65425

SOV	SS	df	MS	F-calc.	F- 0.05	F- 0.01
Total	25.3028	15	1.686853	0.859945	0.51	0.56
Trt	7.298175	3	2.432725	1.240184	0.86	0.99
Block	0.350375	3	0.116792	0.059539	0.86	0.99
Error	17.65425	9	1.961583			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7 อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อการสร้างน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพด

Trts.	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Total	Average
1. CTR	0.12	0.53	0.32	0.58	1.55	0.3875
2. LIME	4.05	1.74	3.26	2.54	11.59	2.8975
3. GM40	4.86	6.86	5.53	3.97	21.22	5.305
4. GM80	10.65	8.93	7.53	8.97	36.08	9.02
Total	19.68	18.06	16.64	16.06	70.44	4.4025
Average	4.92	4.515	4.16	4.015	4.4025	

Total SS=	186.1136
Trt SS =	54.02808
Bck SS=	0.652567
Error SS=	131.433

SOV	SS	df	MS	F-calc.	F- 0.05	F- 0.01
Total	186.1136	15	12.40757	0.849621	0.51	0.56
Trt	54.02808	3	18.00936	1.233209	0.86	0.99
Block	0.652567	3	0.217522	0.014895	0.86	0.99
Error	131.433	9	14.60366			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 8 อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อการสร้างน้ำหนักแห้งของรากข้าวโพด

Trts.	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Total	Average
1. CTR	0.38	0.32	0.88	0.41	1.99	0.4975
2. LIME	3.19	1.21	2.62	4.43	11.45	2.8625
3. GM40	3.16	4.23	5.98	3.17	16.54	4.135
4. GM80	8.85	10.5	6.53	7.87	33.75	8.4375
Total	15.58	16.26	16.01	15.88	63.73	3.983125
Average	3.895	4.065	4.0025	3.97	3.983125	

Total SS=	162.4665
Trt SS =	44.35987
Bck SS=	0.020023
Error SS=	118.0866

SOV	SS	df	MS	F-calc.	F- 0.05	F- 0.01
Total	162.4665	15	10.8311	0.825495	0.51	0.56
Trt	44.35987	3	14.78662	1.126966	0.86	0.99
Block	0.020023	3	0.006674	0.000509	0.86	0.99
Error	118.0866	9	13.12073			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 9 อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อความสูงของต้นข้าวโพด

Trts.	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Total	Average
1. CTR	13.2	17.9	9.3	12.6	53	13.25
2. LIME	26.7	22.9	19.3	18.5	87.4	21.85
3. GM40	23.7	20.9	25.6	18.4	88.6	22.15
4. GM80	37.5	29.8	34.2	25.8	127.3	31.825
Total	101.1	91.5	88.4	75.3	356.3	22.26875
Average	25.275	22.875	22.1	18.825	22.26875	

Total SS=	938.2127
Trt SS =	230.4656
Bck SS=	28.39063
Error SS=	679.3564

SOV	SS	df	MS	F-calc.	F- 0.05	F- 0.01
Total	938.2127	15	62.54751	0.828619	0.51	0.56
Trt	230.4656	3	76.82188	1.017723	0.86	0.99
Block	28.39063	3	9.463542	0.125371	0.86	0.99
Error	679.3564	9	75.48405			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 10 อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อความยาวรากของต้นข้าวโพด

Trts.	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Total	Average
1. CTR	21.2	27.5	17.3	12.6	78.6	19.65
2. LIME	36.4	47.8	32.9	40.3	157.4	39.35
3. GM40	44.7	56.2	45.4	39.6	185.9	46.475
4. GM80	68.5	54.4	48.4	52.3	223.6	55.9
Total	170.8	185.9	144	144.8	645.5	40.34375
Average	42.7	46.475	36	36.2	40.34375	

Total SS=	3683.69
Trt SS =	945.0773
Bck SS=	105.5773
Error SS=	2633.035

SOV	SS	df	MS	F-calc.	F- 0.05	F- 0.01
Total	3683.69	15	245.5793	0.839417	0.51	0.56
Trt	945.0773	3	315.0258	1.076792	0.86	0.99
Block	105.5773	3	35.19243	0.120292	0.86	0.99
Error	2633.035	9	292.5595			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 11 อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Ca (%) ที่พบในพืช

Trts.	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Total	Average
1. CTR	0.057	0.043	0.071	0.034	0.205	0.05125
2. LIME	0.159	0.117	0.185	0.123	0.584	0.146
3. GM40	0.149	0.185	0.159	0.167	0.66	0.165
4. GM80	0.205	0.184	0.235	0.192	0.816	0.204
Total	0.57	0.529	0.65	0.516	2.265	0.141563
Average	0.1425	0.13225	0.1625	0.129	0.141563	
Total SS=	0.060316					
Trt SS =	0.016832					
Bck SS=	0.000912					
Error SS=	0.042572					

SOV	SS	df	MS	F-calc.	F- 0.05	F- 0.01
Total	0.060316	15	0.004021	0.850071	0.51	0.56
Trt	0.016832	3	0.005611	1.186107	0.86	0.99
Block	0.000912	3	0.000304	0.064248	0.86	0.99
Error	0.042572	9	0.00473			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 12 อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Mg (%) ที่พบในพืช

Trts.	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Total	Average	
1. CTR	0.125	0.148	0.115	0.137	0.525	0.13125	
2. LIME	0.258	0.207	0.186	0.154	0.805	0.20125	
3. GM40	0.263	0.249	0.335	0.244	1.091	0.27275	
4. GM80	0.33	0.227	0.256	0.325	1.138	0.2845	
Total	0.976	0.831	0.892	0.86	3.559	0.222438	
Average	0.244	0.20775	0.223	0.215	0.222438		
Total SS=	0.085455						
Trt SS =	0.020196						
Bck SS=	0.000982						
Error SS=	0.064277						
SOV	SS	df	MS	F-calc.	F- 0.05	F- 0.01	
Total	0.085455	15	0.005697	0.797688	0.51	0.56	
Trt	0.020196	3	0.006732	0.94262	0.86	0.99	
Block	0.000982	3	0.000327	0.04582	0.86	0.99	
Error	0.064277	9	0.007142				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 13 อิทธิพลของสารปรับปรุงดินต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Al (mg/kg) ที่พบในพืช

Trts.	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Total	Average
1. CTR	118	139	95	178	530	132.5
2. LIME	83	105	78	69	335	83.75
3. GM40	80	55	89	63	287	71.75
4. GM80	23	47	51	13	134	33.5
Total	304	346	313	323	1286	80.375
Average	76	86.5	78.25	80.75	80.375	

Total SS=	27918.67
Trt SS =	6666.75
Bck SS=	81.75
Error SS=	21170.17

SOV	SS	df	MS	F-calc.	F- 0.05	F- 0.01
Total	27918.67	15	1861.244	0.791264	0.51	0.56
Trt	6666.75	3	2222.25	0.944737	0.86	0.99
Block	81.75	3	27.25	0.011585	0.86	0.99
Error	21170.17	9	2352.241			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 14 ความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างความยาวของรากข้าวโพด กับปริมาณ Al ที่พบในพืช

Trts.		Plant Al (mg/kg)	X=(seq.) Plant Al (mg/kg)	Y=Rt lgt	Y=Rt lgt (seqence)	Y=RRL (seqence)
1. CTR	Rep 1	118	178	21.2	12.6	18.39416
	Rep 2	139	139	27.5	17.3	25.25547
	Rep 3	95	118	17.3	21.2	30.94891
	Rep 4	178	105	12.6	27.5	40.14599
2. LIME	Rep 1	83	95	36.4	32.9	48.0292
	Rep 2	105	89	47.8	36.4	53.13869
	Rep 3	78	83	32.9	39.6	57.81022
	Rep 4	69	80	40.3	40.3	58.83212
3. GM40	Rep 1	80	78	44.7	44.7	65.25547
	Rep 2	55	69	56.2	45.4	66.27737
	Rep 3	89	63	45.4	47.8	69.78102
	Rep 4	63	55	39.6	48.4	70.65693
4. GM80	Rep 1	23	51	68.5	52.3	76.35036
	Rep 2	47	47	54.4	54.4	79.41606
	Rep 3	51	23	48.4	56.2	82.0438
	Rep 4	13	13	52.3	68.5	100
Total		1286	1286	645.5	645.5	942.3358
Average		80.375	80.375	40.34375	40.34375	58.89599
Max					68.5	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้