

ผลของสารปรับปรุงดินบางชนิดต่อสมบัติของดินและการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในดินกรดที่ดอนภาคใต้ของประเทศไทย

สร้อยญา คำอำภัย¹ ชัยรัตน์ นิลนนท์² และ จำเป็น อ่อนทอง³

Abstract

Dam-ampai, S., Nilnond, C. and Onthong, C.

Effect of some soil amendments on soil properties and plant growth in Southern Thailand acid upland soil

Songklanakarin J. Sci. Technol., 2007, 29(1) : 117-131

One of the major factors limiting plant growth is acid soil. In general lime is used for soil amendment in acid soil. However, It has been reported that gypsum or phosphogypsum can be used for ameliorating soil acidity. Pot experiment was conducted to study the effects of lime, phosphogypsum and kieserite on soil properties and plant growth in Kho Hong soil series (coarse loamy, kaolinitic, isohyperthermic, Typic Kandudults) which was considered as acid upland soil (pH 5.07). Sweet corn variety INSEE 2 was used as the test crop. The experiment was a completely randomized design with 4 replications and 19 treatments as follow : unamended, application of hydrated lime and dolomite to raise soil pH at 5.5, application of hydrated lime and dolomite combined with phosphogypsum at the rate that can supply calcium 0.25, 0.50, 0.75 and 1

Department of earth, Faculty of Natural Resource, Prince of Songkla University, Hat Yai, Sonkhla, 90112 Thailand.

¹นักศึกษาลัทธิสุตร วทม.สาขาการการจัดการทรัพยากรดิน ²Ph.D.(Soil Genesis Fertilizer) รองศาสตราจารย์ ³Ph.D.(Agricultural-Chemistry) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

Corresponding e-mail: chairat.n@psu.ac.th

รับต้นฉบับ 28 กันยายน 2548 รับลงพิมพ์ 20 มิถุนายน 2549

time of both limes, application of hydrated lime and dolomite combined with kieserite at the rate 0.25, 0.50, 0.75 and 1 times of sulfur requirement for corn (40 kg S ha⁻¹). The result showed that shoot and root dry weights of corn were increased when lime materials, phosphogypsum and kieserite were applied and the dry matter weights were increased according to the increasing of phosphogypsum and kieserite. The maximum shoot dry weight (18.98 g pot⁻¹) was obtained when 1 times of kieserite was supplied with dolomite and was significantly ($P < 0.01$) higher than those of the unamended treatment, only hydrated lime and dolomite treatments, which had dry weights of 12.64, 15.18 and 15.67 g pot⁻¹ respectively. Phosphorus and K uptake were not significantly different in all treatments and the lowest uptake of N, Ca, Mg and S was obtained in the unamended treatment. The maximum uptake of N (512.10 mg pot⁻¹) was found when 0.5 times of phosphogypsum was applied together with dolomite. Calcium and Mg uptake was likely to increase according to the increasing rate of soil amendment application. Highest uptake of Ca (42.51 mg pot⁻¹) was obtained when 0.75 times of phosphogypsum was applied together with dolomite and maximum uptake of Mg (54.12 mg pot⁻¹) was found when 1 times of kieserite was supplied with dolomite. Sulfur uptake was also increased when increasing the rate of phosphogypsum and kieserite application and maximum uptake of S (26.00 mg pot⁻¹) was obtained when 0.75 times of phosphogypsum was supplied with lime. Application of limes combined with phosphogypsum and kieserite could increase Ca, Mg and S and was significantly decrease exchangeable acidity and aluminum of soils. It was found that application of dolomite and phosphogypsum at the rate of 0.5 time of Ca in dolomite resulted in the minimum decrease of exchangeable aluminum (0.27 cmol(+) kg⁻¹).

Key words : lime, dolomite, phosphogypsum, kieserite, acid upland soils, plant growth

บทคัดย่อ

สร้อยัญญา คำอำภัย ชัยรัตน์ นิลนนท์ และจำเป็น อ่อนทอง

ผลของสารปรับปรุงดินบางชนิดต่อสมบัติของดินและการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในดินกรดที่ตอนภาคใต้ของประเทศไทย

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2550 29(1) : 117-131

ความเป็นกรดของดินเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่มีผลต่อการจำกัดการเจริญเติบโตของพืช การใส่ปูนเป็นวิธีที่นิยมโดยทั่วไปเพื่อเพิ่ม pH ดิน นอกจากนี้ยังมีการใช้วัสดุอื่น ๆ เช่น ยิปซัมเพื่อปรับปรุงดิน การทดลองนี้เป็นการศึกษาทดลองในเรือนกระจกเพื่อศึกษาสมบัติของดินกรดและการเจริญเติบโตของพืชจากการใช้สารปรับปรุงดินประเภทปูนร่วมกับฟอสฟอริซึมและคีเซอไรต์ในอัตราต่าง ๆ วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ มี 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 19 ตำรับทดลอง คือ ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน (control), ใส่ปูนขาว, ใส่ปูนโดโลไมต์ให้มี pH 5.5, ใส่ฟอสฟอริซึมร่วมกับปูนขาวให้มีแคลเซียมเป็น 0.25, 0.5, 0.75 และ 1 เท่าของแคลเซียมในปูนขาว ใส่ฟอสฟอริซึมร่วมกับปูนโดโลไมต์ให้มีแคลเซียมเป็น 0.25, 0.5, 0.75 และ 1 เท่าของแคลเซียมในปูนโดโลไมต์ ใส่ปูนขาวร่วมกับคีเซอไรต์โดยให้มีกำมะถันในปริมาณ 0.25, 0.5, 0.75 และ 1 เท่าของคำแนะนำ (40 kg S ha⁻¹) และใส่ปูนโดโลไมต์ร่วมกับคีเซอไรต์ในปริมาณ 0.25, 0.5, 0.75 และ 1 เท่าของคำแนะนำ ปลูกข้าวโพดหวานเป็นพืชทดสอบในดินกรดชุดดินคอลลินอส (coarse loamy, kaolinitic, isohyperthermic, Typic Kandiodults) ซึ่งเป็นดินกรด (pH 5.07) ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ผลการทดลองพบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินทุกตำรับทดลองให้น้ำหนักแห้งของต้นและรากข้าวโพดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) จากการที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณวัสดุปรับปรุงดินที่ใส่ โดยตำรับทดลองที่ใส่ปูนโดโลไมต์ร่วมกับคีเซอไรต์ตามคำแนะนำ ได้น้ำหนักแห้งต้นข้าวโพดสูงสุดคือ 18.98 g pot⁻¹ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินใส่ปูนขาวและปูนโดโลไมต์อย่างเดียวคือ 12.64, 15.18 และ 15.67 g pot⁻¹ ตามลำดับ การดูการใช้ฟอสฟอริซึมและโพแทสเซียมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนไนโตรเจน แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันนั้นในตำรับที่ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินข้าวโพดดูใช้ได้ต่ำสุด

โดยการดูใช้ในโตรเจนสูงสุดในตำรับทดลองที่ใส่โดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซัมที่ 0.5 เท่า คือ 512.10 mg pot⁻¹ ส่วนแคลเซียมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามฟอสฟอริบซัมที่ใส่ และสูงสุดในตำรับทดลองที่ใส่ปูนโดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซัม 0.75 เท่า คือ 42.51 mg pot⁻¹ สำหรับแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นตามปริมาณคีเซอไรต์ที่ใส่เพิ่ม ซึ่งการใส่ปูนโดโลไมต์ร่วมกับคีเซอไรต์ที่ 1 เท่าข้าวโพดดูใช้แมกนีเซียมได้สูงสุด คือ 54.12 mg pot⁻¹ เช่นเดียวกับการดูใช้กำมะถันที่เพิ่มขึ้นตามฟอสฟอริบซัมและคีเซอไรต์ที่ใส่เพิ่ม โดยการใส่ปูนขาวร่วมกับฟอสฟอริบซัม 0.75 เท่าข้าวโพดดูใช้กำมะถันสูงสุดคือ 26.00mg pot⁻¹ การใส่ปูนร่วมกับฟอสฟอริบซัมและคีเซอไรต์ทำให้อะลูมินัมในดินลดลงทุกตำรับทดลอง โดยการใส่ปูนโดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซัมที่ 0.5 เท่าทำให้อะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ ในดินต่ำสุดคือ 0.27 cmol(+)kg⁻¹

พื้นที่ทางการเกษตรในภาคใต้ส่วนใหญ่มีสภาพดินเป็นกรด ครอบคลุมพื้นที่ ประมาณ 27 ล้านไร่ (เจริญ และคณะ, 2540) หรือ 51% ของพื้นที่ภาคใต้ (เอิบ, 2533) ทั้งนี้เนื่องมาจากสภาพภูมิอากาศภาคใต้เป็นแบบร้อนชื้น ฝนตกชุกดินผ่านกระบวนการชะล้างมานาน ทำให้ธาตุอาหารที่มีประจุบวกที่เป็นต่าง ได้แก่ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม ถูกชะล้างหรือเคลื่อนย้ายออกไป ส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง การปรับปรุงดินกรดโดยการใส่ปูน (liming) เพื่อยกระดับความเป็นกรดเป็นต่างของดิน (soil pH) ให้สูงขึ้นจนถึงระดับที่ธาตุอาหารพืชในดินสามารถละลายออกมาในรูปที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้สูงสุดและลดความสามารถในการละลายของธาตุอาหารที่เป็นพิษต่อพืชเช่น อะลูมินัม เหล็ก และแมงกานีสได้ นอกจากนี้การใส่ปูนยังเป็นการเพิ่มธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมให้กับดินอีกทางหนึ่งคือ ปูนขาวให้แคลเซียม ส่วนปูนโดโลไมต์ให้ทั้งแคลเซียมและแมกนีเซียม อย่างไรก็ตามการใส่ปูนสามารถลดความเป็นกรดของดินได้เฉพาะในระดับชั้นไทรพรอนเท่านั้นเนื่องจากปูนไม่สามารถเคลื่อนที่ลงไปในดินชั้นล่างได้และการใส่ปูนในดินชั้นล่างนั้นทำได้ยากและค่าใช้จ่ายสูง (Farina *et al.*, 2000) ทั้งนี้ความเป็นกรดของดินชั้นล่างเป็นข้อจำกัดอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด เนื่องจากดินชั้นล่างส่วนใหญ่ขาดแคลเซียม และมีความเป็นพิษของอะลูมินัม รากพืชเจริญขยายได้น้อยเป็นสาเหตุให้พืชขาดน้ำและธาตุอาหาร

การใช้ยิปซัมเป็นวิธีที่ใช้ปรับปรุงดินกรดชั้นล่าง แต่การใส่ยิปซัมลงในดินอย่างเดียวนั้นไม่ทำให้ค่าความเป็นกรดต่างของดินกรดเพิ่มขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงมากนัก และไม่ทำให้ผลผลิตพืชเพิ่มขึ้น (เจริญ และคณะ, 2540) เนื่องจากธาตุอาหารพืชในดินอาจอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์กับพืช

ดังนั้นการใส่ปูนร่วมกับยิปซัมจึงเป็นแนวทางในการปรับปรุงดินกรดทั้งระดับดินบนและดินล่างได้อีกทางหนึ่ง (Ismail *et al.*, 1993; Farina and Channon, 1988; Farina *et al.*, 2000) วัสดุปูนเมื่อใส่ลงในดินกรดที่มีความชื้นจะสามารถลดความเป็นกรดในดินบน ทำให้ pH ของดินบนเพิ่มขึ้นเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (สุมาลี, 2536; เจริญ และคณะ, 2540) ขณะเดียวกันยิปซัมซึ่งละลายน้ำได้ง่ายนั้นแตกตัวให้ธาตุแคลเซียม และซัลเฟต โดยที่ซัลเฟตจะเคลื่อนที่จากดินบนสู่ดินล่างและทำปฏิกิริยากับอะลูมินัมอิสระในสารละลายดินเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนอะลูมินัมซัลเฟต (Al SO₄⁺) ซึ่งไม่เป็นพิษกับพืช ธาตุแมกนีเซียมในดินอาจลดลงได้เนื่องจากถูกแทนที่โดยแคลเซียมหากมีการใส่ปูนร่วมกับยิปซัมในอัตราที่ไม่เหมาะสม (Sumner, 1993) การใส่ปูนโดโลไมต์ซึ่งสามารถปรับปรุงดินกรดและมีแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบและหาได้ง่ายแทนปูนขาวใส่ร่วมกับยิปซัมอาจจะลดปัญหานี้ได้ และยังสามารถเพิ่มธาตุแมกนีเซียมและซัลเฟตซึ่งมักจะมีอยู่ในปริมาณไม่เพียงพอในดินกรด เป็นการทดแทนการใช้คีเซอไรต์ ที่ให้ธาตุแมกนีเซียม และกำมะถัน (27% MgO, 23% S) ซึ่งมีราคาแพงได้ นอกจากนี้การใช้สารปรับปรุงดินโดยเฉพาะวัสดุยิปซัมบางชนิดที่หาง่ายและมีราคาถูกในประเทศ เช่น ฟอสฟอริบซัม ก็อาจมีศักยภาพในการลดปัญหาดินกรดชั้นล่าง เพิ่มแคลเซียมและกำมะถันให้แก่ดินได้เช่นเดียวกันดังนั้นการศึกษาเพื่อคัดเลือกวัสดุปูนหรือสารปรับปรุงดินในอัตราที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของดินกรดที่ตอนภาคใต้ให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยและคุ้มค่างกับการลงทุนจึงมีความจำเป็น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติเคมีที่สำคัญของดินและการเจริญเติบโตของพืชจากการใช้สารปรับปรุงดินประเภท

ปุ๋ยร่วมกับการใช้ฟอสฟอริบซัมและคีเซอไรต์ในอัตราต่างๆ
กันในการปรับปรุงดินกรด

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ทำการทดลองในเรือนกระจก โดยใช้ดินชุดคองหงส์ (coarse loamy, kaolinitic, isohyperthermic, Typic Kandiuults) ที่สุ่มเก็บในระดับความลึก 0-15 ซม. จากแปลงปลูกยางพาราของเกษตรกรบ้านไร่ ต.บ้านพรุ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา ปลูกข้าวโพดหวานเป็นพืชทดสอบในดินที่มีการปรับปรุงโดยใช้วัสดุปุ๋ย 2 ชนิด คือ ปุ๋ยขี้วัว และปุ๋ยคอกไก่ มีค่า pH ดินประมาณ 5.5 ร่วมกับใช้ฟอสฟอริบซัม

และคีเซอไรต์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ ประกอบด้วย 19 กรรมวิธี 4 ซ้ำ คือ ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน (control) หรือชุดควบคุม, ใส่ปุ๋ยขี้วัว และปุ๋ยคอกไก่ให้มี pH 5.5, ใส่ฟอสฟอริบซัมร่วมกับปุ๋ยขี้วัวและปุ๋ยคอกไก่ให้มีแคลเซียมเป็น 0.25, 0.5, 0.75 และ 1 เท่าที่ได้จากปุ๋ยขี้วัวและปุ๋ยคอกไก่, ใส่ปุ๋ยขี้วัวและปุ๋ยคอกไกร่วมกับคีเซอไรต์ให้มีกำมะถันในปริมาณ 0.25, 0.5, 0.75 และ 1 เท่าของคำแนะนำโดยใช้ข้อมูลจากความต้องการกำมะถันของข้าวโพดในดินเนื้อหยาบคือ 40 กก.ต่อเฮกตาร์ (ชัยรัตน์และคณะ, 2538) (Table 1) สมบัติของดินและวัสดุปรับปรุงดินแสดงใน Table 2 และ 3

Table 1. Rate of soil amendments applied and nutrient adding in each treatment.

Treatment	Soil amendment (g / 5 kg soil)				Nutrient adding (g / 5 kg soil)		
	Ca(OH) ₂	Dolomite	Phosphogypsum	Kieserite	Calcium	Magnesium	Sulfur
Control	-	-	-	-	-	-	-
L	0.1203	-	-	-	0.0535	-	-
L+G0.25	0.1203	-	0.0625	-	0.0669	-	0.0087
L+G0.5	0.1203	-	0.1305	-	0.0803	-	0.0174
L+G0.75	0.1203	-	0.1957	-	0.0936	-	0.0261
L+G1	0.1203	-	0.2610	-	0.1070	-	0.0348
D	-	0.3580	-	-	0.0885	0.0409	-
D+G0.25	-	0.3580	0.1040	-	0.1069	0.0409	0.0139
D+G0.5	-	0.3580	0.2080	-	0.1283	0.0409	0.0278
D+G0.75	-	0.3580	0.3120	-	0.1492	0.0409	0.0417
D+G1	-	0.3580	0.4160	-	0.1711	0.0409	0.0555
L+K0.25	0.1203	-	-	0.0930	0.0535	0.0151	0.0214
L+K0.5	0.1203	-	-	0.1859	0.0535	0.0303	0.0428
L+K0.75	0.1203	-	-	0.2789	0.0535	0.0454	0.0641
L+K1	0.1203	-	-	0.3719	0.0535	0.0605	0.0855
D+K0.25	-	0.3580	-	0.0930	0.0885	0.0561	0.0214
D+K0.5	-	0.3580	-	0.1859	0.0885	0.0712	0.0428
D+K0.75	-	0.3580	-	0.2789	0.0885	0.0863	0.0641
D+K1	-	0.3580	-	0.3719	0.0885	0.1015	0.0855

เมื่อ L = ปุ๋ยขี้วัว

D = ปุ๋ยคอกไก่

G = ฟอสฟอริบซัม

K = คีเซอไรต์

Table 2. Some selected physical and chemical properties of soil used in the experiment.

pH	(1:5, soil:water)	5.07
Organic matter	(Walkley and Black)	1.04 %
Available P	(Bray II)	4.12 mg kg ⁻¹
Exch. Ca	(1 N NH ₄ OAc pH7)	0.20 cmol (+) kg ⁻¹
Exch. Mg	(1 N NH ₄ OAc pH7)	0.09 cmol (+) kg ⁻¹
Exch. K	(1 N NH ₄ OAc pH7)	0.02 cmol (+) kg ⁻¹
Exch. Na	(1 N NH ₄ OAc pH7)	0.04 cmol (+) kg ⁻¹
Extr. SO ₄ ²⁻	(0.01 M Ca(H ₂ PO ₄) ₂)	19.34 mg kg ⁻¹
Exch. Al	(1 N KCl)	0.48 cmol (+) kg ⁻¹
Exch. acidity	(1 N KCl)	0.83 cmol (+) kg ⁻¹
Texture	(Hydrometer)	Sandy loam

Table 3. Chemical composition of three soil amendments used in the experiment.

Element	Soil amendment		
	Ca(OH) ₂	CaMg(CO ₃) ₂	Phosphogypsum
Ca (%)	44.47	23.82	20.50
Mg (%)	0.21	11.43	<0.01
P (%)	<0.10	0.18	<0.10
S (%)	0.14	<0.10	13.35
Fe (mg kg ⁻¹)	568.22	1860.87	58.09
Mn (mg kg ⁻¹)	139.43	372.53	7.32
Cu (mg kg ⁻¹)	4.05	11.32	3.20
Zn (mg kg ⁻¹)	15.88	27.84	2.71

นำดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องตา 0.5 ซม. จำนวน 5 กก. บรรจุลงดำพลาสติก ใส่วัสดุปุ๋ย ฟอสฟอไรต์ และซีซีโอไรต์ ตามตำรับการทดลองคลุกเคล้าให้เข้ากันปล่อยให้เย็น 5 ชม. ให้กระแทกพื้นจำนวน 6 ครั้ง เติมน้ำจนได้ความชื้นในดินที่ระดับความชื้นสนาม ปล่อยให้สารปรับปรุงดินทำปฏิกิริยากับดินเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ใส่ธาตุอาหารพื้นฐาน (basal nutrient) โดยพิจารณาจากค่าวิเคราะห์ดินและความต้องการธาตุอาหารของข้าวโพดจากข้อมูลที่ได้มีการศึกษาปลูกข้าวโพดในดินชุดเนื้อหยาบ (ซัยรัตน์และคณะ, 2538) ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับดินชุดคอกหงส์ที่ใช้ทดลอง (Table 4) ปลูกข้าวโพดหวานกระถางละ 4 เมล็ด หลังข้าวโพดเจริญเติบโตได้ 7 วัน ถอนให้เหลือกระถางละ 2 ต้น ตลอดจนการทดลองให้รดน้ำข้าวโพดที่ระดับ 80-100 % ความชื้นสนาม เมื่อข้าวโพดอายุ 40 วันหลังออก ตัดต้นเพื่อเก็บส่วนเหนือดินและราก นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 °Cจนน้ำหนักแห้งคงที่ บันทึกน้ำหนักแห้งของต้น น้ำหนักแห้งของราก นำตัวอย่างพืช และดินวิเคราะห์ธาตุอาหาร เพื่อศึกษาความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้

การวิเคราะห์ดิน

เนื้อดิน วิเคราะห์โดยวิธี hydrometer (วรรณภา, 2538) pH ดิน (ดิน:น้ำ = 1:5) โดยใช้ pH meter อินทรีย์วัตถุวิเคราะห์โดยวิธี Walkley and Black แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม ที่แลกเปลี่ยนได้ โดยสกัดดินด้วย 1N NH₄OAc pH 7 วัดโพแทสเซียมและโซเดียม ด้วยเครื่อง flame photometer สำหรับแคลเซียม

Table 4. Forms and rates of nutrient elements used as basal application for all treatments.

Element	Form	Rate of application (kg element/ha)
N	Urea	400
P	NaH ₂ PO ₄ · 2H ₂ O	250
K	KCl	200
Zn	ZnCl ₂	6
Cu	CuCl ₂ · 2H ₂ O	4
Mn	MnCl ₂ · 4H ₂ O	5
B	H ₃ BO ₃	2
Mo	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0.4

และแมกนีเซียมวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง atomic absorptions pectrophotometer ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) ด้วยวิธี Bray II หากำมะถันที่สกัดได้ด้วย 0.01 M Ca(H₂PO₄)₂ แล้ววัดด้วย UV-visible spectrophotometer ความเป็นกรดและอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ด้วย 1 N KCl เป็นสารสกัด และใช้ NaOH ไทเทรตสารสกัดหาค่าความเป็นกรด และหาปริมาณอะลูมิเนียมโดยวิธี NaF complexation- titration โดยไทเทรตกับ HCl (จำเป็น, 2545)

การวิเคราะห์พืช

หาไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี Kjeldahl ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและกำมะถันโดยการย่อยตัวอย่างพืชในกรดผสมไนตริกและเปอร์คลอริก (3 :1;V/V) แล้วหาฟอสฟอรัสทั้งหมดโดยวิธี yellow molybdovanadophosphoric acid สำหรับโพแทสเซียมหาด้วย flame photometer ส่วนแคลเซียมและแมกนีเซียม นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer และกำมะถันด้วย UV-visible spectrophotometer (จำเป็น, 2545)

ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตของข้าวโพด

จากการทดลองพบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดิน ปุ๋ยขาว ปุ๋ยโดโลไมต์เพื่อให้ pH ดิน เป็น 5.5 อย่างเดียวและใส่ร่วมกับฟอสฟอไรต์ และซีซีโอไรต์ทุกตำรับทดลอง ทำให้น้ำ

หนักแห้งของต้นและรากข้าวโพดสูงกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินหรือชุดควบคุม (control) ในสภาวะที่ได้รับธาตุอาหารพื้นฐาน (basal nutrients) เหมือนกัน (Figure- 1) การใส่ปูนโดโลไมต์ร่วมกับคิเซอไรต์อัตรา 1 เท่าของคำแนะนำที่ให้กำมะถัน (D+K1) ให้น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดสูงสุดคือ 18.98 กรัม/กระถาง ในขณะที่การใส่ปูนโดโลไมต์ร่วมกับคิเซอไรต์อัตรา 0.5 เท่าของคำแนะนำให้น้ำหนักแห้งของต้นและรากข้าวโพดต่ำสุดคือ 12.64 และ 1.65 กรัม/กระถางตามลำดับ

การใส่ปูนขาวและปูนโดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซัมโดยให้มีแคลเซียมในอัตรา 0.25, 0.5, 0.75 และ 1 เท่าที่ได้จากวัสดุปูน (L+G0.25, L+G0.5, L+G0.75, L+G1 และ D+G0.25, D+G0.5, D+G0.75, D+G1) นั้นพบว่า น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดเพิ่มขึ้นตามปริมาณของฟอสฟอริบซัมที่ใส่และเริ่มลดลงเล็กน้อยเมื่อให้ในระดับ 1 เท่า ของแคลเซียม

ที่ได้จากปูนขาวและปูนโดโลไมต์ โดยที่น้ำหนักแห้งต้นข้าวโพดมีค่าระหว่าง 15.79-17.12 กรัม/กระถางในตำรับทดลองที่ใส่ปูนขาวร่วมกับฟอสฟอริบซัม และ 16.36-17.26 กรัม/กระถางในตำรับทดลองที่ใส่ปูนโดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซัม ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อใส่ปูนขาวและปูนโดโลไมต์อย่างเตียวคือ 15.18 และ 15.67 กรัม/กระถางตามลำดับ (Figure 1) (a) และ (b)

สำหรับการใส่ปูนขาวและปูนโดโลไมต์ร่วมกับคิเซอไรต์โดยให้มีกำมะถันในอัตรา 0.25, 0.5, 0.75 และ 1 เท่าของคำแนะนำ (L+K0.25, L+K0.5, L+K0.75 L+K1 และ D+K0.25, D+K0.5, D+K0.75, D+K1) นั้นพบว่าน้ำหนักแห้งต้นข้าวโพดเพิ่มขึ้นตามปริมาณคิเซอไรต์ที่ใส่ มีค่าระหว่าง 16.60-17.89 กรัม/กระถาง ในตำรับที่ใส่ร่วมกับปูนขาว และมีค่า 16.83-18.98 กรัม/กระถางในตำรับที่ใส่ร่วมกับปูนโดโลไมต์ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อใส่ปูนขาว และปูนโดโลไมต์อย่างเตียวดัง Figure 1 (c) และ(d)

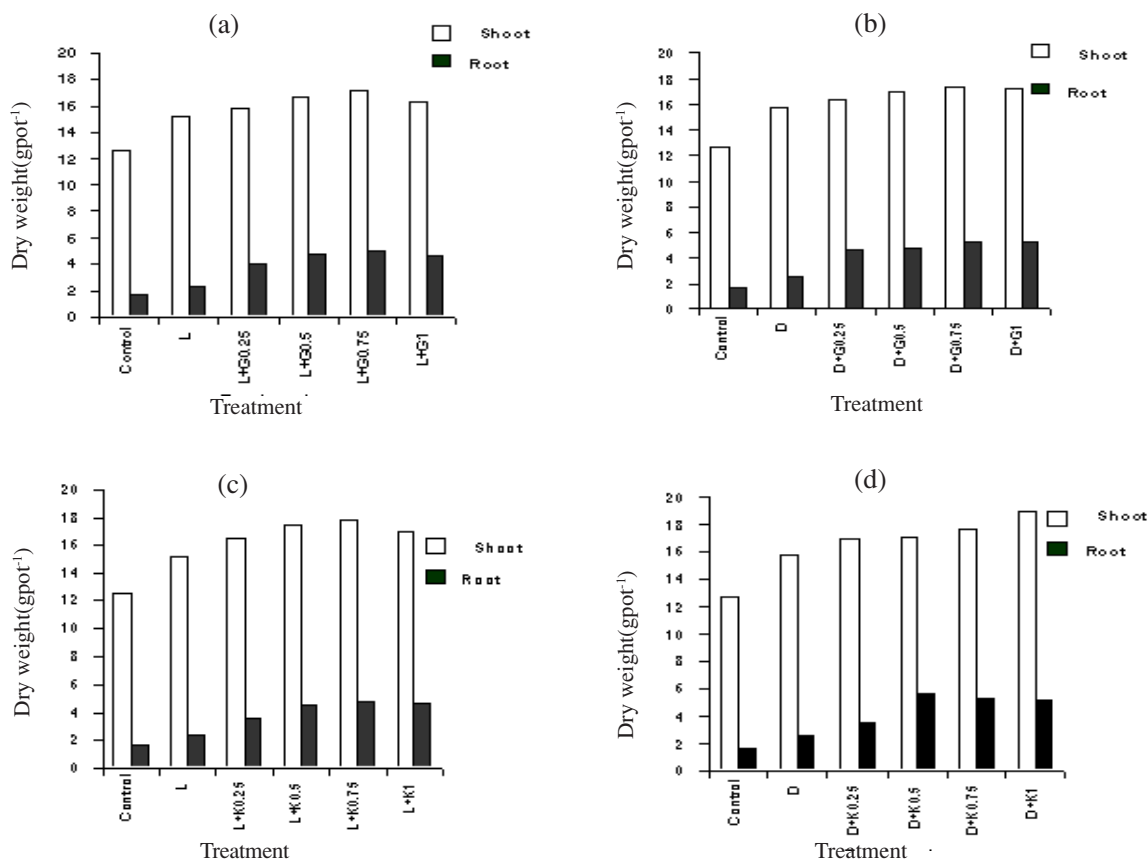


Figure 1. Mean values of shoot and root dry weight of corn influenced by lime,phosphogypsum and kieserite treatments.

การดูดใช้ธาตุอาหารของพืช

การดูดใช้ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมของข้าวโพดใน
ทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 5) โดยที่
ข้าวโพดดูดใช้ฟอสฟอรัสสูงสุดในตำรับที่ใส่ปุ๋ยขาวร่วมกับ
ฟอสฟอริบซัมที่ระดับ L+G0.5 คือ 53.70mg pot⁻¹ และ
โพแทสเซียมสูงสุดในตำรับที่ใส่ปุ๋ยโดโลไมต์ร่วมกับซีเซอ-
ไรต์ที่ระดับ D+K1 คือ 323.41 mg pot⁻¹ ส่วนการดูดใช้
ไนโตรเจน แคลเซียม แมกนีเซียมและกำมะถันนั้นพบว่าใน
ตำรับทดลองที่ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินมีการดูดใช้ต่ำสุดคือ
392.34, 19.05, 14.32 และ 11.79 mg pot⁻¹ ตามลำดับโดย
การดูดใช้ในโตรเจนสูงสุดในกรรมวิธีที่ใส่โดโลไมต์ร่วมกับ
ฟอสฟอริบซัมที่ 0.5 เท่า (D+G0.5) คือ 512.10 mg pot⁻¹

การดูดใช้แคลเซียมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณ
ฟอสฟอริบซัมที่ใส่ ซึ่งมีค่าระหว่าง 37.26-39.95 mg pot⁻¹
เมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยขาว และมีค่าระหว่าง 35.54-42.51 mg
pot⁻¹ เมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยโดโลไมต์ โดยตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ย
โดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซัมที่ระดับ D+G 0.75 มีการดูด
ใช้แคลเซียมสูงสุด คือ 42.51 mg pot⁻¹

สำหรับการดูดใช้แมกนีเซียมและกำมะถันนั้น มี
ปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณซีเซอไรต์ที่ใส่เพิ่ม โดยที่การใส่
ปุ๋ยขาวร่วมกับซีเซอไรต์ ข้าวโพดดูดใช้แมกนีเซียมและ
กำมะถัน มีค่าระหว่าง 26.80-37.83 และ 19.26-23.52 mg
pot⁻¹ ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยโดโลไมต์ร่วมกับซีเซอไรต์ ข้าว
โพดดูดใช้แมกนีเซียมและกำมะถัน มีค่าระหว่าง 39.45-
54.12 – 18.35-25.22mg pot⁻¹ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยโด-
โลไมต์ร่วมกับซีเซอไรต์ที่ระดับD+K1 ทำให้ข้าวโพดดูดใช้
แมกนีเซียมสูงสุด คือ 54.12 mg pot⁻¹ และการใส่ปุ๋ยขาว
ร่วมกับฟอสฟอริบซัมที่ระดับ L+G0.75 ข้าวโพดดูดใช้กำ-
มะถันสูงสุดคือ 26.00 mg pot⁻¹

สมบัติของดินหลังการปลูกพืช

ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH)

การใส่ปุ๋ยขาวและปุ๋ยโดโลไมต์อย่างเดียว (L และ D)
และใส่ร่วมกับฟอสฟอริบซัมและซีเซอไรต์ทุกอัตรา(L+G, D+
G, L+K และ D+K) ทำให้ pH ดินก่อนปลูกสูงขึ้นจากเดิม
5.07เป็น 5.63 ในตำรับที่ใส่ปุ๋ยขาว และ 5.60 ในตำรับที่

Table 5. Mean values of nutrient uptake by corn after 40 day of planting.

Treatment	Nitrogen	Phosphorus	Potassium	Calcium	Magnesium	Sulfur
	mg pot ⁻¹	mg pot ⁻¹	mg pot ⁻¹	mg pot ⁻¹	mg pot ⁻¹	mg pot ⁻¹
Control	392.34 d	37.06	262.02	19.05 h	14.32 i	11.79 f
L	446.64 abcd	41.50	282.97	29.09 efg	18.97 hi	16.63 def
L+G0.25	428.59 bcd	36.25	309.96	38.38 abcd	20.36 h	19.63 bcde
L+G0.5	475.47 abc	53.70	274.42	37.56 abcde	21.47 gh	21.08 abcd
L+G0.75	470.11 abc	46.72	263.37	37.26 abcdef	20.95 gh	26.00 a
L+G1	465.61 abc	43.75	237.76	39.95 abc	20.71 h	24.62 ab
D	442.11 abcd	43.11	293.81	29.88 efg	29.53 ef	15.06 ef
D+G0.25	412.50 cd	38.67	273.79	35.54 abcdefg	32.02 def	21.08 abcd
D+G0.5	512.10 a	46.45	318.58	36.73 abcdef	32.77 def	25.32 a
D+G0.75	458.21 abcd	50.36	286.49	42.51 a	35.30 de	24.68 ab
D+G1	462.27 abcd	48.89	287.27	40.80 ab	33.39 cde	24.22 ab
L+K0.25	484.09 abc	47.40	277.69	33.74 bcdefg	26.80 fg	19.26 bcde
L+K0.5	457.61 abcd	43.21	297.57	30.88 defg	30.72 ef	21.92 abcd
L+K0.75	465.12 abc	44.48	294.86	27.30 g	30.69 ef	21.30 abcd
L+K1	476.56 abc	45.95	306.83	28.90 fg	37.83 cd	23.52 abc
D+K0.25	433.70 bcd	42.47	235.41	32.38 bcdefg	39.45 c	18.35 cde
D+K0.5	464.90 abc	45.10	261.75	31.57 cdefg	40.63 c	21.44 abcd
D+K0.75	498.75 ab	47.10	303.77	33.49 bcdefg	47.37 b	21.81 abcd
D+K1	498.12 ab	48.57	323.41	36.61 abcdef	54.12 a	25.22 a
F-test	*	ns	ns	**	**	**
%CV.	9.35	18.46	15.21	11.42	9.64	11.70

Mean values in the same column followed by a common letter are not significant by different at the 1 % level of probability by DMRT.

Table 6. Soil pH measured before and after planting, and other soil chemical properties measured after planting

Treatment	pH before planting	1 : 5	pH after planting	1 : 5	Exch. Acidity cmol(+) kg ⁻¹	Exch. Al cmol(+) kg ⁻¹	Exch. Ca cmol(+) kg ⁻¹	Exch. Mg cmol(+) kg ⁻¹	Exch. K cmol(+) kg ⁻¹	Avai. P mg kg ⁻¹	Extr-SO ₄ ⁻² -S mg kg ⁻¹
Control	5.24 e	4.77 c	0.77 a	0.51 a	0.09 k	0.06 hi	0.0375 cd	87.43	25.94 f		
L	5.63 d	4.97 ab	0.72 ab	0.41 b	0.20 hij	0.06 hi	0.0400 bcd	89.17	32.50 def		
L+G0.25	5.84 bc	5.08 ab	0.64 bcde	0.35 bc	0.21 fghi	0.05 i	0.0325 d	91.87	52.75 abcde		
L+G0.5	5.94 ab	5.06 ab	0.65 bcde	0.34 bc	0.23 defg	0.05 i	0.0450 abcd	88.82	39.62 cdef		
L+G0.75	5.85 abc	5.03 ab	0.69 abc	0.37 bc	0.24 bcde	0.05 i	0.0450 abcd	90.95	46.38 bcdef		
L+G1	5.86 abc	4.98 ab	0.67 abcd	0.36 bc	0.25 bcde	0.06 hi	0.0450 abcd	91.37	43.11 bcdef		
D	5.60 d	5.05 ab	0.61 cde	0.33 bc	0.22 efgh	0.11 def	0.0450 abcd	85.12 f	26.19 f		
D+G0.25	5.86 abc	5.12 a	0.61 cde	0.29 c	0.23 defg	0.10 efgh	0.0450 abcd	95.41	38.75 cdef		
D+G0.5	6.00 a	4.92 bc	0.59 de	0.27 c	0.25 bc	0.12 de	0.0525 abc	94.35	45.84 bcdef		
D+G0.75	5.85 bc	5.04 ab	0.64 bcde	0.30 bc	0.26 ab	0.10 efgh	0.0450 abcd	90.98	46.77 bcdef		
D+G1	5.80 bc	5.01 ab	0.64 bcde	0.28 c	0.28 a	0.10 efgh	0.0525 abc	94.84	52.95 abcde		
L+K0.25	5.86 abc	5.01 ab	0.67 abcd	0.35 bc	0.21 ghij	0.08 gh	0.0525 abc	89.3	46.40 bcdef		
L+K0.5	5.73 cd	5.06 ab	0.63 bcde	0.32 bc	0.20 hij	0.09 fg	0.0475 abcd	86.67	28.68 ef		
L+K0.75	5.82 bc	4.99 ab	0.65 bcde	0.34 bc	0.19 ij	0.10 efgh	0.0475 abcd	90.39	27.79 ef		
L+K1	5.66 d	5.00 ab	0.67 abcd	0.37 bc	0.19 ij	0.13 cd	0.0550 ab	91.92	56.55 abcd		
D+K0.25	5.88 ab	5.06 ab	0.62 bcde	0.33 bc	0.21 ghij	0.12 cde	0.0600 a	88.04	29.39 ef		
D+K0.5	5.85 bc	5.06 ab	0.57 de	0.30 bc	0.24 bcde	0.15 bc	0.0575 a	92.47	62.96 abc		
D+K0.75	5.89 ab	4.96 ab	0.62 bcde	0.31 bc	0.23 cdef	0.17 ab	0.0500 ab	82.88	67.55 ab		
D+K1	5.91 ab	5.09 ab	0.57 de	0.29 c	0.22 efgh	0.18 a	0.0500 ab	91.36	76.75 a		
F-Test	**	**	**	**	**	**	**	ns	**	**	**
%CV	1.20	2.22	7.28	16.05	5.24	12.00	14.29	6.21	26.00		

Values in the same column followed by a common letter are not significant by different at the 1%(**) and 5%(*) level of probability by DMRT.

ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (Table 6) ส่วนดาร์บทดลองที่ใส่ปุ๋ยขี้วัวร่วมกับฟอสฟอริบซัม และใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับฟอสฟอริบซัมอัตราต่างๆนั้น มี pH ดิน 5.84-5.94 และ 5.85-6.00 ตามลำดับ ขณะที่ดาร์บทดลองที่ใส่ปุ๋ยขี้วัวร่วมกับคิเซอไรต์และใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับคิเซอไรต์นั้น pH ดินเป็น 5.66-5.86 และ 5.85-5.91ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) กับชุดควบคุมที่ pH เป็น 5.24 เมื่อปลูกข้าวโพดจนอายุเก็บเกี่ยว 40 วันหลังงอกพบว่า pH ดินลดลงทุกดาร์บทดลอง โดยชุดควบคุม มี pH ดินต่ำสุดคือ 4.77 และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับดาร์บทดลองที่ใส่ปุ๋ยขี้วัวและปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียวและใส่ร่วมกับฟอสฟอริบซัมและคิเซอไรต์ ซึ่ง pH ดินอยู่ระหว่าง 4.96-5.12 และในดาร์บทดลองที่ D+G0.25 pH ดินหลังปลูกสูงสุดคือ 5.12

ความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้(exch. acidity)ของดิน
 ในดาร์บทดลองที่ใส่ปุ๋ยขี้วัวและปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับฟอสฟอริบซัมและคิเซอไรต์อัตราต่างๆ (L+G, D+G, L+K และD+K) ความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ของดินมีค่าระหว่าง 0.56-0.69 cmol(+)kg⁻¹ ซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.01)เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และใส่ปุ๋ยขี้วัวอย่างเดียว ซึ่งมีค่า exch. acidity 0.77 และ 0.72 cmol(+) kg⁻¹ ตามลำดับ โดยดาร์บทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับฟอสฟอริบซัมให้มีแคลเซียมเป็น 0.75 เท่าของปุ๋ยอินทรีย์ (D+G0.75)ค่า exch. acidity ในดินต่ำสุด คือ 0.56 cmol(+) kg⁻¹ (Table 6)

อะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน(exch. Al)
 ในดาร์บทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยขี้วัวและปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว(L และ D) และใส่ร่วมกับฟอสฟอริบซัมและคิเซอไรต์อัตราต่างๆอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินมีค่าระหว่าง 0.27 - 0.41 cmol(+)kg⁻¹ซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.01) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งมีค่า 0.51 cmol(+)kg⁻¹ โดยดาร์บทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับฟอสฟอริบซัมให้มีแคลเซียมเป็น 0.5 เท่าของปุ๋ยอินทรีย์ (D+G0.5) ปริมาณ exch. acidity ในดินต่ำสุด คือ 0.27 cmol(+)kg⁻¹ (Table 6) เมื่อเปรียบเทียบ exch. Al ในดินในดาร์บที่ใส่ปุ๋ยขี้วัวร่วมกับฟอสฟอริบซัมอัตราต่างๆนั้นพบว่าไม่แตกต่างกันทาง

สฤติซึ่งมีค่าระหว่าง $0.34-0.37 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสฤติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับใส่ปุ๋นขาวอย่างเดี่ยวที่มีค่าเท่ากับ $0.41 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ ส่วนการใส่ปุ๋นโดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซั่มนั้น exch. Al ในดินในตำรับ D+G0.25, D+G0.50 และ D+G1 มีค่า เป็น 0.29, 0.27 และ $0.28 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ ตามลำดับและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสฤติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับใส่ปุ๋นโดโลไมต์อย่างเดี่ยวและใส่ปุ๋นโดโลไมต์ที่ D+G0.75 ซึ่งมีค่า 0.33 และ $0.30 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ ตามลำดับ (Table 6) สำหรับตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋นขาว ร่วมกับซีเซอไรต์อัตราต่างๆนั้น พบว่า exch. Al ในดินไม่แตกต่างกันทางสฤติซึ่งมีค่าระหว่าง $0.32-0.37 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสฤติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับใส่ปุ๋นขาวอย่างเดี่ยว ส่วนตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋นโดโลไมต์ร่วมกับซีเซอไรต์นั้น exch. Al ในดิน มีค่าระหว่าง $0.29-0.33 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ โดยที่ตำรับทดลอง D+K1 มี exch. Al ในดินต่ำกว่าอัตราอื่นคือ $0.29 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสฤติเมื่อเปรียบเทียบกับ D+K0.25, D+K0.5, D+K0.75 และที่ใส่ปุ๋นโดโลไมต์อย่างเดี่ยว (Table 6)

แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. Ca)

ในดินหลังปลูกข้าวโพดแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นตามปริมาณฟอสฟอริบซั่มที่ใส่ร่วมกับปุ๋นขาวและปุ๋นโดโลไมต์ ซึ่งมีค่าระหว่าง $0.21-0.28 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสฤติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งมีค่า exch. Ca ในดินต่ำสุดคือ $0.09 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ การใส่ปุ๋นโดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซั่มที่ระดับ D+G1 มีค่า exch. Ca ในดินสูงสุดคือ $0.28 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ สำหรับการใส่ปุ๋นขาวและปุ๋นโดโลไมต์ร่วมกับซีเซอไรต์อัตราต่างๆนั้น exch. Ca ในดินอยู่ระหว่าง $0.19-0.24 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ (Table 6)เมื่อเปรียบเทียบกับ exch. Ca ในตำรับที่ใส่ปุ๋นขาวร่วมกับฟอสฟอริบซั่มอัตราต่างๆนั้นพบว่า exch. Ca ในดินเพิ่มขึ้นตามปริมาณฟอสฟอริบซั่มมีค่าระหว่าง $0.21-0.25 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสฤติ ($P<0.01$) กับใส่ปุ๋นขาวอย่างเดี่ยวที่มีค่าเท่ากับ $0.20 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ โดยตำรับทดลอง L+G1 มี exch. Ca ในดินสูงกว่าอัตราอื่น คือ $0.25 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ ส่วนการใส่ปุ๋นโดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซั่มนั้น exch. Ca ในดินเพิ่มขึ้นตามปริมาณฟอสฟอริบซั่ม

ซึ่งมีค่าระหว่าง $0.23-0.28 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสฤติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับใส่ปุ๋นโดโลไมต์อย่างเดี่ยวที่มีค่าเท่ากับ $0.22 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ โดยตำรับทดลอง D+G1 exch. Ca ในดินสูงสุด คือ $0.28 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ (Table 6) สำหรับตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋นขาวร่วมกับซีเซอไรต์อัตราต่างๆนั้นพบว่า exch. Ca ในดินมีค่าระหว่าง $0.19-0.21 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ และตำรับทดลอง L+K0.75 และ L+K1 มี exch. Ca ในดินเท่ากัน คือ $0.19 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ ส่วนตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋นโดโลไมต์ร่วมกับซีเซอไรต์นั้น exch. Ca ในดิน มีค่าระหว่าง $0.21-0.24 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ โดยที่ตำรับทดลอง D+K0.5 มี exch. Ca ในดินสูงกว่าอัตราอื่นคือ $0.24 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสฤติเมื่อเปรียบเทียบกับ D+K0.25, D+K0.5, D+K0.75 และที่ใส่ปุ๋นโดโลไมต์อย่างเดี่ยว (Table 6)

แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. Mg)

ในดินหลังปลูกข้าวโพดในตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋นขาวร่วมกับฟอสฟอริบซั่มในอัตราต่างๆ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่า $0.05-0.06 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ ในขณะที่ใส่ปุ๋นโดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซั่มมีค่า $0.10-0.12 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสฤติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งมีค่าเป็น $0.06 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ (Table 6) สำหรับการใส่ปุ๋นขาวร่วมกับซีเซอไรต์นั้นปริมาณ exch. Mg ในดินเพิ่มขึ้นตามปริมาณซีเซอไรต์ คือ $0.08-0.13 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสฤติ ($P<0.01$)เมื่อเปรียบเทียบกับใส่ปุ๋นขาวอย่างเดี่ยวคือ $0.06 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ ส่วนการใส่ปุ๋นโดโลไมต์ร่วมกับซีเซอไรต์ ปริมาณ exch. Mg ในดินเพิ่มขึ้นตามปริมาณซีเซอไรต์มีค่า $0.12-0.18 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ ลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสฤติ ($P<0.01$)เมื่อเปรียบเทียบกับใส่ปุ๋นโดโลไมต์อย่างเดี่ยว คือ $0.11 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ โดยตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋นโดโลไมต์ร่วมกับซีเซอไรต์ให้มีค่าตามคำแนะนำ (D+K1) มีปริมาณ exch. Mg ในดินสูงสุดคือ $0.18 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ (Table 6)

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. K)

ในดินหลังปลูกข้าวโพด แต่ละตำรับทดลองโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าระหว่าง $0.03-0.06 \text{ cmol}$

(+)kg⁻¹ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าดินก่อนปลูกคือ 0.09 cmol(+)kg⁻¹ โดยตำรับทดลองที่ใส่ปูนขาวร่วมกับฟอสฟอริบซัมในอัตรา 0.25 เท่าของแคลเซียมจากปูนขาว (L+G0.25) มีปริมาณ exch. K ในดินหลังปลูกต่ำสุดคือ 0.03 cmol(+)kg⁻¹ และตำรับทดลองใส่ปูนโดโลไมต์ร่วมกับคีเซอไรต์ 0.25 เท่าของคำแนะนำ มีปริมาณ exch. K ในดินหลังปลูกสูงสุดคือ 0.06 cmol(+)kg⁻¹ (Table 6)

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P)

ในดินหลังปลูกข้าวโพดทุกตำรับทดลองฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างทางสถิติ ตำรับทดลองที่ใส่ปูนขาวและปูนโดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซัมอัตราต่างๆ ปริมาณ avai. P ในดินมีค่า 88.82-91.87 และ 85.12-95.41 mg kg⁻¹ ตามลำดับ สำหรับตำรับทดลองที่ใส่ปูนขาวและปูนโดโลไมต์ร่วมกับปุ๋ยคีเซอไรต์ในอัตราต่างๆนั้น ปริมาณ avai. P ในดินมีค่า 86.67-91.92 และ 82.88-92.47 mg kg⁻¹ ตามลำดับ (Table 6)

กำมะถันที่สกัดได้ (extr.SO₄²⁻-S)

ในดินหลังปลูกข้าวโพดกำมะถันที่สกัดได้มีค่าต่ำสุดในชุดควบคุม คือ 25.94 mg kg⁻¹ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเปรียบเทียบกับใส่วัสดุปรับปรุงดิน ในตำรับทดลองที่ใส่ปูนขาวอย่างเดียวมี ปริมาณ extr.SO₄²⁻-S ในดิน 32.50 mg kg⁻¹ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) เมื่อใส่ร่วมกับฟอสฟอริบซัมอัตราต่างๆ ซึ่งปริมาณ extr.SO₄²⁻-S ในดินมีค่า 39.52-52.75 mg kg⁻¹ ส่วนตำรับทดลองที่ใส่ปูนขาวร่วมกับคีเซอไรต์อัตราต่างๆ ปริมาณ extr.SO₄²⁻-S ในดินมีค่า 27.79-56.55 mg kg⁻¹ สำหรับการใส่ปูนโดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซัม และใส่ร่วมกับคีเซอไรต์อัตราต่างๆกันนั้น ปริมาณ extr.SO₄²⁻-S ในดินเพิ่มขึ้นตามปริมาณฟอสฟอริบซัมและคีเซอไรต์ที่ใส่เพิ่ม คือ 38.75-52.95 mg kg⁻¹ และ 29.39-76.75 mg kg⁻¹ ตามลำดับ โดยตำรับทดลองที่ใส่ปูนโดโลไมต์ร่วมกับคีเซอไรต์ให้มีปริมาณกำมะถันเท่ากับคำแนะนำ (D+K1) มีปริมาณ extr.SO₄²⁻-S ในดินสูงสุดคือ 76.75 mg kg⁻¹ (Table 6)

วิจารณ์ผลการทดลอง

การใส่ปูนขาวและปูนโดโลไมต์เพื่อปรับ pH ดิน จาก 5.07 ให้สูงขึ้นเป็น 5.5 ทำให้น้ำหนักต้นและรากของข้าวโพดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ในสภาวะที่ได้รับธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารเสริมในปริมาณที่เท่ากัน (Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของชัยรัตน์และวิเชียร (2539) และ Maneepong และคณะ (1998) ที่ศึกษาในดินชุดเดียวกันซึ่งแสดงให้เห็นว่าพีซีมีการตอบสนองต่อการใส่ปูนในดินชุดคอกหงส์ อันเนื่องจาก pH ของดินที่สูงขึ้น สามารถลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียมในดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใส่ปูนขาวและปูนโดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซัม (L+G,D+G) และคีเซอไรต์ (L+K,D+K) อัตราต่างๆ นอกจากทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้นแล้วยังเป็นการเพิ่มแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันให้กับดิน ส่งผลให้กรดที่แลกเปลี่ยนได้และอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินลดลง เช่นเดียวกับที่ประไพ และคณะ (2536) และสุนทร และ เวทย์,(2536) รายงานว่าการลด activity ของอะลูมิเนียมในสารละลายดินเป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของ pH, แคลเซียม และแมกนีเซียมในดิน นอกจากนี้เมื่อใส่วัสดุปูนลงในดินในดินในสภาพที่มีความชื้น จะแตกตัวให้ OH⁻ หรือ CO₃²⁻ ทำปฏิกิริยากับ H⁺ ในสารละลายดินกรด ส่วน Ca²⁺ หรือ Mg²⁺ จะเข้าไปแทนที่พวก potential acidity ทั้ง Al³⁺ และ H⁺ เพื่อให้ออกมาทำปฏิกิริยากับ OH⁻ ทำให้ปริมาณของ H⁺ และ Al³⁺ ลดลงส่งผลให้ pH ของดินเพิ่มขึ้น (สุมาลี, 2536; เจริญ และคณะ, 2540) การใส่ฟอสฟอริบซัมและคีเซอไรต์ร่วมกับการใส่ปูนยังมีผลให้กรดที่แลกเปลี่ยนได้และอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินลดลง เนื่องจากทั้งฟอสฟอริบซัมและคีเซอไรต์สามารถละลายน้ำได้ง่ายทำให้ซัลเฟต (SO₄²⁻) ที่ได้จากฟอสฟอริบซัม (CaSO₄·2H₂O) และคีเซอไรต์ (MgSO₄) จะทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมอิสระในสารละลายดินเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนอะลูมิเนียมซัลเฟต (AlSO₄⁺) (Summner, 1993) ซึ่ง pH ดินจะมีความสัมพันธ์ทางลบกับปริมาณกรดและอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินโดยมีค่า R²=0.1362** (exch. acidity) และ R²=0.1382** (exch. Al) (Figure 2)

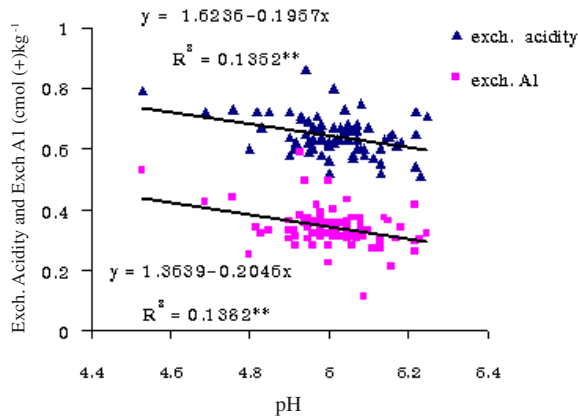


Figure 2. Relationship between soil pH and exch. acidity and exch. aluminum.

[Color figure can be viewed in the electronic version]

นอกจากนี้ความเป็นกรดและอะลูมิเนียมในดินยังมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชโดยเฉพาะฟอสฟอรัส ในสภาพดินเป็นกรดโดยเฉพาะชุดควบคุมซึ่งมี pH ดินก่อนปลูก 5.07 และหลังปลูกพืช 4.71 ซึ่งถือว่าเป็นกรดจัดมากและมี exch. Al ในดินสูงคือ 0.51 cmol(+) kg⁻¹ จะส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินและการดูดใช้ฟอสฟอรัสของพืชแม้จะใส่ฟอสฟอรัสให้เพียงพอกับความต้องการของพืช แต่ถ้ามีปริมาณอะลูมิเนียมสูงก็ทำให้พืชขาดฟอสฟอรัสได้เนื่องจากอะลูมิเนียมจะรวมตัวกับฟอสฟอรัสเป็นอะลูมิเนียมฟอสเฟตตกตะกอนหรือถูกยึดไว้ในดินอย่างแข็งแรง (von Uexkull, 1986) นอกจากนี้อะลูมิเนียมอิสระในดินพืชจะจับกับฟอสฟอรัสในกรดนิวคลีอิก ยับยั้งการแบ่งเซลล์มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ phosphokinase และ ATPase (เจริญและคณะ, 2540) จึงส่งผลให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดในชุดควบคุมต่ำสุด ในทางกลับกันเมื่อปรับปรุงดินโดยการใส่ปูนและใส่ปูนร่วมกับฟอสฟอริบซัมทำให้ pH ของดินก่อนปลูกพืชสูงขึ้นในระดับที่เหมาะสมคือ 5.5-6.0 และส่งผลให้ปริมาณอะลูมิเนียมในดินลดลงฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์กับพืชมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น พืชจึงดูดใช้ฟอสฟอรัสได้มากกว่าในชุดควบคุม โดยเฉพาะในตำรับทดลองที่ใส่ปูนโดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซัม ให้มีแคลเซียมเป็น 0.75 เท่าของปูนโดโลไมต์ (D+G0.75) ข้าวโพดสามารถดูดใช้ฟอสฟอรัสสูงสุดคือ 50.36 mg pot⁻¹ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน มีแนวโน้มความสัมพันธ์ทางลบกับปริมาณ exch. Al ในดิน โดยมีค่า R²=0.13** (avai.P) (Figure 3)

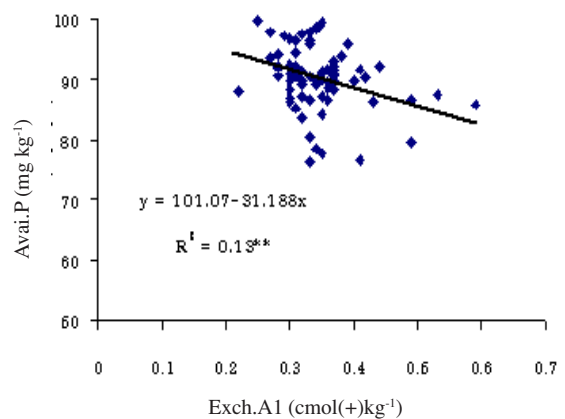


Figure 3. Relationship between soil exch. aluminum and available phosphorus.

อะลูมิเนียมในดินยังมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตทางรากของพืชจะเห็นได้จากน้ำหนักแห้งของรากในตำรับทดลองที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินเพิ่มขึ้นจาก 1.65 กรัม/กระถาง ในชุดควบคุมเป็น 2.31 กรัม/กระถางเมื่อใส่ปูนขาว และ 2.57 กรัม/กระถางเมื่อใส่ปูนโดโลไมต์ ส่วนการใส่ปูนขาวและปูนโดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซัมมีค่าระหว่าง 3.98-4.92 และ 4.62-5.25 กรัม/กระถางตามลำดับ สำหรับการใส่ปูนขาวและปูนโดโลไมต์ร่วมกับซีซีเอโรไต์นั้นมีค่าระหว่าง 3.61-4.75 และ 3.57-5.62 กรัม/กระถาง ซึ่งสอดคล้องกับ Pavan และ Bingham (1982) ได้รายงานไว้ว่าในสารละลายที่มีอะลูมิเนียมสูงทำให้การเจริญเติบโตทางรากของกาแฟลดลง โดยอาการเป็นพิษเกิดขึ้นที่ราก รากจะหนา อ้วนสั้น และมีปริมาณน้อย พืชจึงดูดธาตุอาหารต่างๆ ได้น้อยลง เช่นเดียวกับที่ Alva และคณะ (1987) ได้รายงานถึงการเจริญเติบโตของราก และต้น รวมทั้งการติดปมของถั่วเหลืองลดลงเมื่ออะลูมิเนียมในสารละลายเพิ่มขึ้นในสภาวะที่ได้รับไนโตรเจนเพียงพอการใส่วัสดุปรับปรุงดินประเภทปูนและใส่ปูนร่วมกับฟอสฟอริบซัมและซีซีเอโรไต์จะทำให้อะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินลดลง ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญทางการเจริญของรากพืช นอกจากอะลูมิเนียมที่ลดลงในดินทำให้รากพืชเจริญดีแล้ว แคลเซียมที่ได้จากวัสดุปูนหรือฟอสฟอริบซัมยังมีส่วนสำคัญต่อการเจริญของรากพืช คือแคลเซียมจะช่วยให้เนื้อเยื่อเจริญแบ่งเซลล์ให้มวลราก ทำให้การเจริญของรากดีขึ้นในตำรับทดลองที่ใส่ปูน จึงส่งผลให้ข้าวโพดสามารถดูดใช้ธาตุอาหารต่างๆ ได้มากขึ้น นอกจากนั้นบทบาทของ

แคลเซียมยังมีผลต่อการเจริญทางยอดของพืชโดยเฉพาะในข้าวโพดถ้าขาดแคลเซียมจะทำให้ใบยอดใหม่ไม่คลี่ สีซีด และมีเมือกเหนียว (Havlin et al., 1999) ซึ่งปรากฏในชุดควบคุมที่ต้นกล้าอายุ 10 วันหลังปลูกใบยอดไม่คลี่ และมีเมือกเหนียว ทำให้ข้าวโพดเจริญเติบโตได้ไม่ดีเท่ากับตำรับทดลองอื่นที่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Maneepong และคณะ (1998) ที่ปรับปรุงดินกรดชุดคอกหงส์โดยการใส่ปูนขาวร่วมกับยิปซัมสามารถเพิ่มปริมาณแคลเซียมและกำมะถันให้กับดินถึงระดับความลึก 60 ซม. และลดอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งดินบนและดินล่าง ทำให้รากพืชสามารถแพร่กระจายลงไปได้ลึกกว่าปกติ ส่งผลให้ข้าวโพดเจริญเติบโตดีกว่าการใส่ปูนหรือยิปซัมอย่างเดียว เช่นเดียวกับกับรายงานของ Noble และคณะ (1988) ที่ลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียมในสารละลายโดยใช้ยิปซัมทำให้อะลูมิเนียมในสารละลายดินตกตะกอนกับซัลเฟตอยู่ในรูปของอะลูมิเนียมซัลเฟต (AlSO₄⁺) ส่งผลให้ความยาวของรากแก้วเหลืองเพิ่มมากขึ้น

ธาตุอาหารพืชในดินที่ได้จากวัสดุปรับปรุงดินเช่น แคลเซียมที่ได้จากปูนขาว ปูนโดโลไมต์ ฟอสฟอริบซัม แมกนีเซียมจากปูนโดโลไมต์ คีเซอไรต์ และ กำมะถันจากฟอสฟอริบซัม คีเซอไรต์ ทำให้ข้าวโพดสามารถดูดใช้ธาตุอาหารดังกล่าวและธาตุอื่น ๆ ได้มากขึ้นส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชเพิ่มขึ้นด้วย โดยที่น้ำหนักแห้งของข้าวโพดเพิ่มขึ้นตามปริมาณฟอสฟอริบซัมและคีเซอไรต์ที่ใส่ทั้งกรรมวิธีที่ใส่รวม

กับปูนขาวและปูนโดโลไมต์ โดยเฉพาะกรรมวิธีที่ใส่ปูนโดโลไมต์ร่วมกับคีเซอไรต์อัตรา 1 เท่าของคำแนะนำที่ให้กำมะถัน (D+G1) ให้น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดสูงสุดคือ 18.98 กรัม/กระถางและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเปรียบเทียบกับไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน และใส่ปูนขาวหรือปูนโดโลไมต์อย่างเดียวเนื่องจากข้าวโพดได้รับแคลเซียมจากโดโลไมต์และกำมะถันจากคีเซอไรต์ ซึ่งมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต นอกจากนี้แคลเซียมที่ได้จากปูนจะแทนที่ไฮโดรเจนไอออนและอะลูมิเนียมไอออนให้ออกมาทำปฏิกิริยากับ CO₃²⁻ และ SO₄²⁻ จากคีเซอไรต์ ทำให้ความเป็นกรดและอะลูมิเนียมรูปที่เป็นพิษกับพืชลดลง ข้าวโพดสามารถดูดใช้ธาตุอาหารต่าง ๆ ได้เต็มที่ ซึ่งแคลเซียมและซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นในดินมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินโดยมีค่า R² = 0.3234** (Ca) และ R² = 0.106** (SO₄²⁻) (Figure 4)

ความเหมาะสมของการใช้สารปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ

จากการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของข้าวโพดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ระหว่างตำรับทดลองที่ใส่ปูนขาวร่วมกับฟอสฟอริบซัม และปูนโดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซมนั้นพบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของการใส่ปูนโดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซัมเฉลี่ย (53.12%) สูงกว่าใส่ปูนขาวร่วมกับฟอสฟอริบซัมเฉลี่ย (47.44%) และสูงกว่าการใส่ปูนขาวและปูนโดโลไมต์อย่างเดียวคือ 22.41 และ

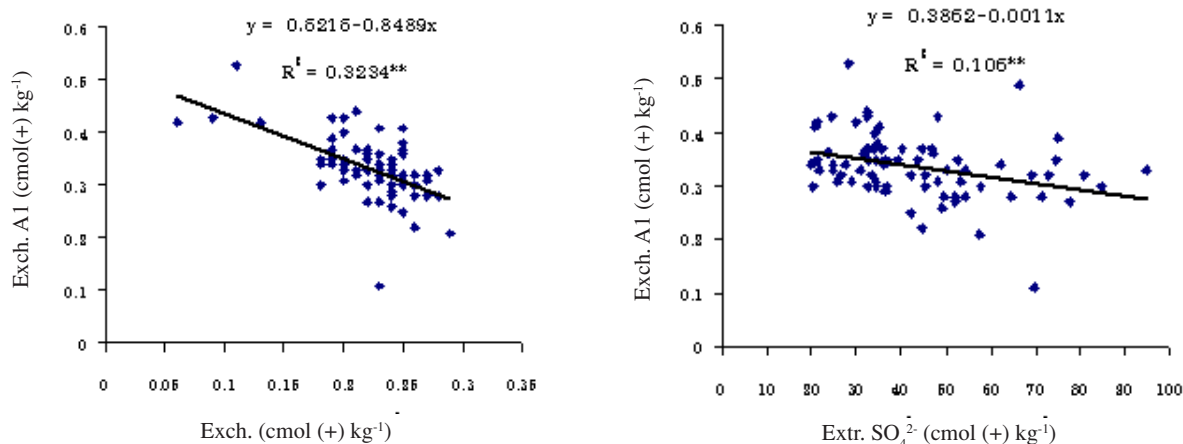


Figure 4. Relationship between exch. aluminum and exch. calcium and extr. sulfate.

27.73 % ตามลำดับ (Table 7) โดยเฉพาะตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินโดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซัมที่ 0.75 เท่า เเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเป็น 57.14% ซึ่งสูงกว่าเมื่อใส่ปุ๋ยอินโดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซัมที่ 0.75 คือ 54.34% เนื่องจากปุ๋ยอินโดโลไมต์มีแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบซึ่งมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในขณะที่ปุ๋ยอินโดโลไมต์มีแมกนีเซียมน้อยมากเมื่อใส่ปุ๋ยอินโดโลไมต์จึงเป็นการเพิ่มแมกนีเซียมให้กับดินอีกทางหนึ่งซึ่งดินชุดคองหงส์ที่ใช้ในการทดลองนี้มีแมกนีเซียมต่ำอยู่แล้ว (0.09 เซนติโมล/กก.) นอกจากนี้ปริมาณฟอสฟอริบซัมในตำรับทดลองที่ใส่ร่วมกับปุ๋ยอินโดโลไมต์สูงกว่าที่ใส่ร่วมกับปุ๋ยอินโดโลไมต์ ทำให้ข้าวโพดได้รับแคลเซียม และแมกนีเซียมมากกว่า (Table 1) ส่งผลให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดเพิ่มขึ้นด้วย

สำหรับการเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของข้าวโพดและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมระหว่างตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยร่วมกับฟอสฟอริบซัมเปรียบเทียบกับใส่ปุ๋ยร่วมกับซีเซโรไรต์นั้นค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของข้าวโพด และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยทั้งปุ๋ยอินโดโลไมต์และปุ๋ยอินโดโลไมต์ร่วมกับซีเซโรไรต์สูงกว่าเมื่อใส่ร่วมกับฟอสฟอริบซัมทั้งที่ใส่ซัลเฟตเหมือนกัน ทั้งนี้เนื่องจากในซีเซโรไรต์มีปริมาณแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบซึ่งฟอสฟอริบซัมมีน้อยมากจึงทำให้ข้าวโพดมีการดูดใช้แมกนีเซียมมากขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ

ชุดควบคุมในตำรับที่ใส่ปุ๋ยอินโดโลไมต์ร่วมกับซีเซโรไรต์ที่ให้ค่าเฉลี่ยตามคำแนะนำมีค่าสูงสุดถึง 68.84% ภายใต้สภาวะที่มีอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินใกล้เคียงกับตำรับทดลองอื่น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลของแมกนีเซียมที่ข้าวโพดได้รับจากปุ๋ยอินโดโลไมต์ และซีเซโรไรต์ในปริมาณที่สูงกว่าตำรับทดลองอื่น (Table 1) อย่างไรก็ตามการเลือกใช้วัสดุปรับปรุงดินนอกจากพิจารณาถึงธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นในดินและสามารถปรับปรุงดินด้วยแล้วยังต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นด้วย จะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยอินโดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซัมที่ให้แคลเซียมเป็น 0.75 เท่าของแคลเซียมที่ได้จากปุ๋ยดังกล่าว (L+G0.75 และ D+G0.75) ที่ทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของข้าวโพดเพิ่มขึ้นมากกว่า 50 % และค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการใช้ปุ๋ยร่วมกับซีเซโรไรต์ (Table 7)

สรุปผลการทดลอง

ปัจจัยสำคัญที่จำกัดการเจริญเติบโตของพืชในดินกรดที่ตอนคือความเป็นกรดของดิน ความเป็นพิษของอะลูมิเนียม และความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ โดยเฉพาะมีแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันต่ำ เมื่อใส่วัสดุปุ๋ยเป็นการเพิ่ม pH ของดินให้สูงขึ้น เป็นผลให้อะลูมิเนียมในสารละลายดินลดลง ทำให้ธาตุอาหารต่าง ๆ อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น การใส่วัสดุปรับปรุงดินที่ใหธาตุอาหารกับพืชโดยตรง เช่น ปุ๋ยอินโดโลไมต์ ให้แคลเซียม

Table 7. Mean value of dry weight, dry weight increments from the control and cost of soil amendment in each treatment.

Treatment	Dry weight g pot ⁻¹	Dry weight increments from the control (%)	Cost (Bath rai ⁻¹)
Control	14.28	-	-
L	17.48	22.41	11.26
D	18.24	27.73	35.74
L+G (average all)	21.06	47.44	31.53
L+G0.75	22.04	54.34	35.68
D+G (average all)	21.87	53.12	68.19
D+G 0.75	22.44	57.14	74.68
L+K (average all)	21.59	51.16	127.28
L+K0.75	22.63	58.47	150.49
D+K (average all)	22.51	57.65	151.77
D+K1	24.11	68.84	221.40

และแมกนีเซียม ฟอสฟอริบซัม ให้แคลเซียมและกำมะถัน ส่วนคีเซอไรต์ให้แมกนีเซียมและกำมะถัน ทำให้ข้าวโพดสามารถดูดธาตุอาหารดังกล่าวไปใช้ได้ ข้าวโพดตอบสนองต่อการใส่วัสดุปรับปรุงดินทั้ง ปูนขาว ปูนโดโลไมต์ฟอสฟอริบซัม และคีเซอไรต์ โดยน้ำหนักแห้งของข้าวโพดเพิ่มขึ้นสูงกว่าไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินทุกตำรับการทดลอง การใส่ปูนขาวหรือปูนโดโลไมต์เพื่อปรับ pH ดินให้สูงขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดเพิ่มขึ้นสูงกว่าไม่ใส่ปูนอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อใส่ปูนทั้งสองชนิดร่วมกับการใส่ฟอสฟอริบซัม และคีเซอไรต์ ทำให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดเพิ่มขึ้นตามปริมาณฟอสฟอริบซัม และคีเซอไรต์ที่ใส่ ปูนโดโลไมต์ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ทดแทนการใช้โดยเฉพาะการใส่ปูนโดโลไมต์ร่วมกับคีเซอไรต์ตามคำแนะนำหรือให้มีกำมะถัน 40 กก./เฮกตาร์ (D+K1) ทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดดีที่สุด แต่ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงสุดเช่นกัน อย่างไรก็ตามยังมีทางเลือกอื่นที่สามารถใช้วัสดุปรับปรุงดินที่ราคาต่ำกว่าคีเซอไรต์และให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน รวมทั้งเป็นการเพิ่มธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันให้กับดิน ได้แก่ การใส่ปูนขาวหรือปูนโดโลไมต์ร่วมกับฟอสฟอริบซัมที่ให้แคลเซียมเป็น 0.75 เท่าของแคลเซียมที่ได้จากปูนดังกล่าว (L+G0.75 และ D+G0.75) ที่ทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของข้าวโพดเพิ่มขึ้นมากกว่า 50% อีกทั้งยังลดปริมาณกรดและอลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

เอกสารอ้างอิง

- เจริญ เจริญจำรัสชีพ, กำชัย กาญจนธนเศรษฐ์ และเมธิศศิริวงศ์. 2540. การจัดการดินกรดในประเทศไทย กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.
- จำเป็น อ่อนทอง. 2545. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ชัยรัตน์ นิลนนท์, วิเชียร จากุพจน์, วรณา เลี้ยววาริณ และสุภาณี ยงค์. 2538. สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูกมังคุดบางชนิดในภาคใต้. ว.สงขลานครินทร์. 17 (4): 381-393.
- ชัยรัตน์ นิลนนท์ และวิเชียร จากุพจน์. 2539. การประเมินความอุดมสมบูรณ์และความต้องการธาตุอาหารของพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วในชุดดินคอกหงส์. ว.สงขลานครินทร์. 18 (1): 35-42.

- ประไพ ชัยโรจน์, บุญเลิศ บุญยงค์, นงลักษณ์ วิบูลสุข, Ishida, H. และ Wada, H. 2536. การปรับปรุงดินทรายที่เป็นกรดด้วยวัสดุอินทรีย์. การสัมมนาเรื่องการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อความยั่งยืนของการเกษตรและสิ่งแวดล้อมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ณ ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จ.ขอนแก่น, 13-15 มกราคม 2536.
- วรรณมา เลี้ยววาริณ. 2538. คู่มือการวิเคราะห์ดินและปุ๋ย. หน่วยปฏิบัติการวิเคราะห์กลางคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สุนทร พูนพิพัฒน์ และ เอ็น วี เวย์. 2536. อิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อการลดสภาพความเป็นพิษ ของอลูมิเนียม และพาราเมเตอร์ต่างๆ สำหรับการเจริญเติบโตของข้าวที่ปลูกอยู่ในดินกรดจัด. ว. สงขลานครินทร์. 15(2) : 197-217.
- สุมาลี สุทธิประดิษฐ์. 2536. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.สงขลา.
- เอิบ เขียวรื่นรม. 2533. ดินของประเทศไทย. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- Alva, A.K., Edwards, D.G., Asher, C.J. and Suthipradit, S. 1987. Effect of acid soil in fertility factors on growth and nodulation of soybean. *Agro. J.* 79 : 302-306.
- Farina, M.P.W. and Channon, P. 1988. Acid-sub soil amelioration : II Gypsum effects on growth and sub-soil chemical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52 : 175-180.
- Farina, M.P.W., Channon, P. and Thibaud, G.R. 2000. A comparison of strategies for ameliorating sub-soil acidity : I Long-term growth effect. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64 : 646-651.
- Ismail, H., Shamsuddin, J. and Syed Omar, S.R. 1993. Alleviation of soil acidity in Ultisol and Oxisol for corn growth. *Plant and Soil.* 151 : 55-65.
- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdal, S.L. and Nelson, W.L. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers : An introduction to nutrient management.* Sixth edition. Prentice Hall, New Jersey.
- Maneepong, S., Nilnond, C., Onthong, J., Roland, P. and Didier, B. 1998. Effect of lime on alleviation of upland acid soil infertility in southern Thailand. *Proceeding of 16th World Congress of Soil Science, Montpellier, France 20-26 August 1998.*

- Noble, A.D., Sumner M.E. and Alva, A.K. 1988. The pH dependency of aluminum phytotoxicity alleviation by calcium sulfate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52 : 1398-1402.
- Pavan, M.A., Bingham, F.T. 1982. Toxicity of aluminum to coffee seeding grown in nutrient Solution. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46 : 993-997.
- Sumner, M.E. 1993. Gypsum and acid soils. *Advance in Agronomy.* 51:1-32.
- Von Uexkull, H. R.1986. Efficient fertilizer use in acid upland soils of the humid tropics. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bull.* 10.