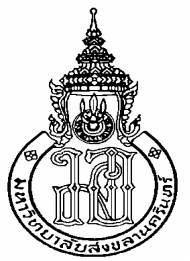


ระดับของแคลเซียมที่เหมาะสมต่อการเติบโตและคุณภาพผลผลิตของลองกอง

(*Aglaia dookkoo* Griff.)

Optimum of Calcium for Growth and Fruit Quality of Longkong

(*Aglaia dookkoo* Griff.)

บุญส่ง ไกรศรพรสรร

Boonsong Krisornpornsan

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาพืชศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Doctor of Philosophy in Plant Science

Prince of Songkla University

2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ระดับของแคลเซียมที่เหมาะสมต่อการเติบโตและคุณภาพผลผลิตของลองกอง (*Aglaia dookkoo* Griff.)

ผู้เขียน นายบุญส่ง ไกรศรพรสรรค์

สาขาวิชา พืชศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร. สายัณห์ สดุดี)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยรัตน์ นิลนนท์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมปอง เตชะโต)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์มงคล แซ่หลิม)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สายัณห์ สดุดี)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยรัตน์ นิลนนท์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำหรับการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์

.....

(ศาสตราจารย์ ดร. อมรรัตน์ พงศ์ดารา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ ระดับของแคลเซียมที่เหมาะสมต่อการเติบโตและคุณภาพผลผลิตของลองกอง (*Aglaia dookkoo* Griff.)

ผู้เขียน นายบุญส่ง ไกรศรพรสรรค์

สาขาวิชา พืชศาสตร์

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

แคลเซียมมีความสำคัญอย่างยิ่งกับคุณภาพผลไม้ ลองกองจัดเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในภาคใต้ของประเทศไทย แต่คุณภาพผลผลิตประสบปัญหาความไม่สม่ำเสมอ ซึ่งสาเหตุหนึ่งอาจเกิดจากการจัดการธาตุแคลเซียมที่ไม่เหมาะสม สำหรับความรู้เกี่ยวกับธาตุแคลเซียมที่มีต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตในลองกองยังมีน้อยมาก จึงได้ทำการทดลองขึ้นในโรงเรือนทดลอง ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี เพื่อศึกษาผลของยิปซัมต่อสมบัติทางเคมีดินในกระถาง (การทดลองที่ 1) ระดับพีเอชต่อปริมาณแคลเซียมในกระถาง (การทดลองที่ 2) และระดับแคลเซียมต่อการเติบโตของต้นกล้าลองกองในสภาพสารละลายธาตุอาหารพืช (การทดลองที่ 3) สำหรับการทดลองในสภาพสนามแบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ เก็บตัวอย่าง ณ พื้นที่ จังหวัดนราธิวาส ปัตตานี ยะลา สงขลา และสุราษฎร์ธานี เพื่อศึกษาเกี่ยวกับระดับของแคลเซียมในดินต่อคุณภาพผลผลิต (การทดลองที่ 4) และ ทดลอง ณ สวนลองกองของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ศึกษาเกี่ยวกับระดับของยิปซัมต่อคุณภาพผลผลิตลองกอง (การทดลองที่ 5) สามารถสรุปได้ว่า

ดินมีระดับแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 3.49±0.40 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ทำให้ลอง กองให้ผลผลิตสม่ำเสมอและคุณภาพผลผลิตดี การเจริญเติบโตของต้นกล้าลองกองที่ปลูกในสภาพสารละลายธาตุอาหารพืชสูตร Carpena (1983) ดีที่สุดเมื่อสารละลายธาตุอาหารพืชมีระดับแคลเซียม 1.50 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม หรือ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร แคลเซียมในเนื้อผลมีความสัมพันธ์ทางบวกกับไนโตรเจนในดิน ($r=0.466^{*}$) ฟอสฟอรัสในเปลือกผล ($r=0.574^{**}$) แคลเซียมในเปลือกผล ($r=0.440^{*}$) แคลเซียมในดิน ($r=0.430^{*}$) แมกนีเซียมในเปลือกผล ($r=0.505^{*}$) และ

แมกนีเซียมในดิน ($r=0.559^{**}$) แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับโพแทสเซียม ธาตุอาหารพืชต่าง ๆ ในส่วนของก้านช่อผลและใบไม่มีความสัมพันธ์กับแคลเซียมในเนื้อผล การใส่ยิปซัมในดินทำให้ผลผลิตของลองกองมีน้ำหนักต่อผล แรงตึงผิวเปลือก ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solids, TSS) และอัตราส่วน TSS:TA (Titratable Acidity) เพิ่มขึ้น สิ่งทดลองที่ทำให้ผลผลิตของลองกองมีค่า TSS และ TSS:TA มากที่สุด คือ ดินที่ได้รับยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม ธาตุแคลเซียมไม่มีสัมพันธ์โดยตรงกับความเป็นกรด-ด่างของดิน ยิปซัมทำให้ความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

Thesis Title	Optimum of Calcium for Growth and Fruit Quality of Longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.)
Author	Mr. Boonsong Krisornpornsan
Major Program	Plant Science
Academic Year	2010

ABSTRACT

Calcium is an essential element for fruit quality. Longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.) is an economically important fruit tree in southern Thailand, however fruit quality of Longkong varies greatly. The variation in fruit quality may be due to a lack of calcium in the plant feed used by gardeners in many locations. In depth understanding on the impact of calcium on growth and fruit quality of Longkong, however, has never been achieved. Therefore, both laboratory and field experiments were carried out in this study. Several greenhouse experiments at Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani Campus were carried out to evaluate the impact of gypsum ratio on chemical properties of soil using pot experiment (experiment 1), effect of the level of pH on calcium concentration in soil using pot experiment (experiment 2), and the role of calcium concentration ratio on growth of Longkong seedling using nutrient solution technique (experiment 3). Additionally, two field experiments were carried out. The first field experiment was carried out in order to detect the effect of calcium on fruit quality of Longkong by means of collecting information from five orchards located in Narathiwas, Pattani, Yala, Songkhla and Surat Thani provinces, Thailand (experiment 4). The second field experiment, a study of the effect of gypsum on fruit quality of Longkong was carried out during 2003-2007 in Kanchanadit district, Surat Thani province, Thailand (experiment 5).

Results showed that soil with 3.49±0.40 cmol (+).kg^{-1} of exchangeable calcium provided good sustainable production and fruit quality of longkong. It was also found that the best growth rate of longkong seedlings planted with Carpena (1983)'s nutrient solution reached a calcium concentration of 1.50 cmol (+).kg^{-1} or 300 mg/l. There were positive correlations between calcium concentration in the pulp of longkong fruit and nitrogen in soil ($r = 0.466^{*}$), phosphorus in peel ($r = 0.574^{**}$), calcium in peel ($r= 0.440^{*}$), calcium in soil ($r = 0.430^{*}$), magnesium in peel ($r = 0.505^{*}$) and magnesium in soil ($r = 0.559^{**}$). However, there were no correlations between calcium and potassium in soil, pulp, cluster, peel and leafs. There were also no correlations between nutrients in cluster and leafs with calcium concentration in pulp. An addition of gypsum into the soil resulted in an increasing of fresh fruit weight of longkong , texture, total soluble solids (TSS) and the ratio of TSS:TA. The field study also showed that the application of gypsum in proximity of Longkong shrubbery at the rate of 400 g/m^2 could provided the highest TSS value and TSS:TA ratio. The experiment also showed that calcium concentration had no impact on the pH of the soil, but gypsum slightly increased the pH value.

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		(3)
ABSTRACT		(5)
กิตติกรรมประกาศ		(7)
สารบัญ		(8)
รายการตาราง		(11)
รายการตารางภาคผนวก		(13)
รายการภาพ		(17)
รายการภาพผนวก		(21)
บทที่		
1	บทนำ	1
	1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
	1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	3
	1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	3
2	เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
	2.1 ข้อมูลทั่วไปของลองกอง	4
	2.2 การเติบโตและปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผล	5
	2.3 การให้ผลผลิตของลองกอง	10
	2.4 โภชนาการและสมบัติทางเคมีของผลผลิตลองกอง	10
	2.5 ผลของแคลเซียมต่อการสุก สมบัติทางเคมีและกายภาพของผลไม้	12
	2.6 ธาตุอาหารพืชและการจัดการ	15
	2.7 การกระจายของธาตุอาหารในแต่ละส่วนของไม้ผล	17
	2.8 บทบาทแคลเซียมในพืช	23
	2.9 สมบัติทางเคมีของแคลเซียม	23
	2.10 ปริมาณของแคลเซียมในดิน	24

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
2	เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)	
	2.11 ปริมาณของแคลเซียมในพืช	25
	2.12 ระดับของแคลเซียมที่เหมาะสมต่อไม้ผล	26
	2.13 ผลของแคลเซียมต่อคุณภาพของผลผลิต	26
	2.14 การขาดแคลเซียม	31
	2.15 พิษของแคลเซียม	34
	2.16 การนำแหล่งของแคลเซียมไปใช้กับไม้ผล	34
	2.17 การเคลื่อนที่และเคลื่อนย้ายของแคลเซียม	35
	2.18 สารละลายธาตุอาหารพืช	38
3	วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ	40
	3.1 ที่ตั้งและสภาพทั่วไปของพื้นที่แปลงทดลอง	40
	3.2 วิธีการวิจัย	44
4	ผล	52
	4.1 ผลของยิปซัมต่อสมบัติทางเคมีของดิน	52
	4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชของดินกับธาตุอาหารพืช	59
	4.3 ความสัมพันธ์ของระดับแคลเซียมกับการดูดธาตุอาหารของต้นกล้าลองกอง	64
	4.4 ความสัมพันธ์ของระดับแคลเซียมในแหล่งปลูกต่อธาตุอาหารพืชและคุณภาพผลผลิตของลองกอง	71
	4.5 ความสัมพันธ์ของยิปซัมกับสมบัติทางเคมีของดิน และธาตุอาหารพืชเมื่อเวลาต่าง ๆ	84
	4.6 ความสัมพันธ์ของยิปซัมกับการดูดธาตุอาหารพืชเมื่อต้นลองกองแตกยอดใหม่	118
	4.7 ความสัมพันธ์ของยิปซัมกับคุณภาพผลผลิตของลองกอง	124

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
4	ผล (ต่อ)	
	4.8 ความสัมพันธ์ธาตุอาหารพืชของลองกองระหว่างในเนื้อผลกับในก้านช่อผล เปลือกผล ใบ และดินรอบทรงพุ่ม	130
	4.9 ร้อยละของธาตุอาหารพืชในส่วนต่าง ๆ ของลองกอง	133
5	วิจารณ์ผล	137
	5.1 แคลเซียมในดินและการจัดการ	140
	5.2 การเติบโตและความเข้มข้นธาตุอาหารของต้นลองกอง	147
	5.3 คุณภาพผลผลิต	152
	5.4 ความสัมพันธ์ธาตุอาหารพืชของลองกองระหว่างในเนื้อผลกับในก้านช่อผล เปลือกผล ใบ และดินรอบทรงพุ่ม	156
	5.5 ความต้องการธาตุแคลเซียมกับผลผลิตลองกอง	160
	5.6 ข้อเสนอแนะแนวทางการศึกษาเกี่ยวกับธาตุอาหารพืชและการจัดการ	160
6	สรุป	163
	เอกสารอ้างอิง	165
	ภาคผนวก	205
	ประวัติผู้เขียน	241

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางอาหารที่วิเคราะห์จากเนื้อผลลองกองในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม	11
2	ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในผลของไม้ผลชนิดต่าง ๆ	21
3	ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในเปลือกผล กาก เมล็ดและน้ำคั่นของส้ม	22
4	ปริมาณแคลเซียมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของไม้ผลบางชนิด	16
5	ร้อยละลักษณะผิดปกติภายในผล จำนวนผลผลิตทั้งหมด และ ค่าเฉลี่ยขนาดของผลและความเข้มข้นของแคลเซียมในแอปเปิลสายพันธุ์ Braeburn ประเทศนิวซีแลนด์	27
6	ผลของการฉีดพ่น Ca ร่วมกับ B ต่อค่าเฉลี่ยของผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะของผลผลิตของมะเขือเทศ	28
7	ผลของการใช้ยิปซัมต่อการแพร่กระจายของรากพืชชนิดต่างๆตามระยะความลึกของดิน	29
8	องค์ประกอบสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้ศึกษาการปลูกในสารละลาย	39
9	ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนของรากใหม่ ลำต้นใหม่ และใบของต้นลองกองอายุ 6 เดือน	65
10	ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน (กรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนของรากใหม่ ลำต้นใหม่ และใบ ที่ปลูกในสารละลายที่ระดับแคลเซียมต่าง ๆ ระยะเวลา 75 วัน	66
11	ค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัส (กรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนของรากใหม่ ลำต้นใหม่ และใบ ที่ปลูกในสารละลายที่ระดับแคลเซียมต่าง ๆ ระยะเวลา 75 วัน	67

รายการตาราง (ต่อ)

บทที่		หน้า
12	ค่าเฉลี่ยของโพแทสเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนของรากใหม่ ลำต้นใหม่ และใบ ที่ปลูกในสารละลายที่ระดับแคลเซียมต่าง ๆ ระยะเวลา 75 วัน	68
13	ค่าเฉลี่ยของแคลเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนของรากใหม่ ลำต้นใหม่ และใบ ที่ปลูกในสารละลายที่ระดับแคลเซียมต่าง ๆ ระยะเวลา 75 วัน	69
14	ค่าเฉลี่ยของแมกนีเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนของรากใหม่ ลำต้นใหม่ และใบ ที่ปลูกในสารละลายที่ระดับแคลเซียมต่าง ๆ ระยะเวลา 75 วัน	70
15	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต่อต้น (มิลลิกรัม) ของรากและลำต้นเกิดใหม่เมื่อปลูกในสารละลายที่มีระดับแคลเซียมต่าง ๆ ระยะเวลา 75 วัน	71
16	ค่าเฉลี่ยของผลผลิตต่อต้น ร้อยละต้นที่ให้ผลผลิต และร้อยละผลผลิตที่เพิ่มของลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 และ 33 เดือน	129
17	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficients; r) ของธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของลองกองระหว่างเนื้อผลและก้านช่อผล เปลือกผล ใบ และดิน	132
18	ร้อยละความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในส่วนของราก เนื้อไม้ ใบ ก้านช่อผล เปลือกผล และเนื้อผลของลองกอง	134
19	ร้อยละของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในราก เนื้อไม้ ใบ ช่อก้านผล เปลือกผล และเนื้อผลของลองกอง	136

รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	ค่าเฉลี่ยของพีเอช อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินที่บ่มด้วยยิปซัม เป็นเวลา 35 วัน	205
2	ค่าเฉลี่ยของพีเอช อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน จากบ่มดิน ณ ระดับพีเอชต่าง ๆ เป็นเวลา 35 วัน	206
3	สมบัติทางเคมีของดินเมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ	207
4	ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ของใบลองกอง เมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ	208
5	ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ของก้านช่อผลลองกองเมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ	208
6	ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมของเปลือกผลลองกองเมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ	209
7	ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมของเนื้อผลของลองกองเมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ	210
8	ค่าเฉลี่ยของปริมาณ TSS, TA และ TSS:TA ของน้ำคั้นลองกอง และแรงตึงผิวเปลือกลองกอง เมื่อดินมีแคลเซียมต่างๆ	210
9	ค่าเฉลี่ยของพีเอช อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน	211
10	ค่าเฉลี่ยของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เมื่อใช้ยิปซัมต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน	212

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
11	ความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของราก เนื้อไม้ และใบของลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน	213
12	ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคลเซียม และแมกนีเซียมของราก เนื้อไม้ และใบของลองกอง เมื่อใช้ยิปซัอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน	214
13	ค่าเฉลี่ยของพีเอช อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ของดินรอบทรงพุ่มต้นลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน	215
14	ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมของใบลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน	216
15	ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ของก้านช่อผลลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน	216
16	ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมของเปลือกผลลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน	217
17	ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมของเนื้อผลลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน	217

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
18	ค่าเฉลี่ยของพีเอช อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินรอบทรงพุ่มต้นลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	218
19	ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมของใบลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	219
20	ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมของก้านช่อผลลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	219
21	ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมของเปลือกผลลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	220
22	ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ของเนื้อผลลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	220
23	ค่าเฉลี่ยของการสะสมธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในส่วนของกิ่งใหม่ที่แตกใหม่ในรอบปี เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	221
24	ค่าเฉลี่ยของการสะสมแคลเซียม และแมกนีเซียมในส่วนของกิ่งใหม่ที่แตกใหม่ในรอบปี เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	222
25	ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักต่อผล แรงตึงผิวเปลือก TSS, TA และ TSS:TA เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน	223

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
26	ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักต่อผล แรงตึงผิวเปลือก TSS, TA และ TSS:TA เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	224
27	ร้อยละเฉลี่ยน้ำหนักสดของเนื้อผล เปลือกผล ก้านช่อผล และเมล็ด จากพื้นที่ สุราษฎร์ธานี สงขลา ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส	225
28	ร้อยละเฉลี่ยความชื้นของเนื้อผล เปลือกผล ก้านช่อผล และเมล็ด จากพื้นที่ สุราษฎร์ธานี สงขลา ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส	225
29	สมบัติกายภาพและเคมีของดินสวนนายฤกษ์ จิตปฐมวณิชย์	226
30	สมบัติกายภาพและเคมีของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ของพื้นที่ตัวแทนสวนลองกอง	227
31	ระดับพีเอชของดิน	228
32	พิสัยของอินทรียวัตถุ ความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และด่างที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน	229
33	ค่าเฉลี่ย TSS TA และ TSS:TA ของน้ำคั้นจากผลลองกอง ค่าเฉลี่ยน้ำหนักผล ในระดับชั้นคุณภาพ A, B และC	230
34	ความเข้มข้นเฉลี่ย (กรัมต่อกิโลกรัม) ของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในใบของไม้ผลบางชนิด	231
35	ค่าอัตราส่วนของแคลเซียมในใบ: เนื้อผลกับน้ำหนักต่อผลของผลผลิตลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา12 และ 33 เดือน	232
36	ค่าอัตราส่วนของไนโตรเจน:แคลเซียม ในเปลือกกับแรงตึงผิวเปลือกของผลผลิตลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา12 และ 33 เดือน	232

รายการภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ค่าเฉลี่ยของพีเอช หลังจากบ่มดินด้วยยิปซัมเป็นเวลา 35 วัน	53
2	ค่าเฉลี่ยของอินทรียวัตถุ หลังจากบ่มดินด้วยยิปซัมเป็นเวลา 35 วัน	54
3	ค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ หลังจากบ่มดินด้วยยิปซัมเป็นเวลา 35 วัน	55
4	ค่าเฉลี่ยของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ หลังจากบ่มดินด้วยยิปซัมเป็นเวลา 35 วัน	56
5	ค่าเฉลี่ยของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ หลังจากบ่มดินด้วยยิปซัมเป็นเวลา 35 วัน	57
6	ค่าเฉลี่ยของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ หลังจากบ่มดินด้วยยิปซัมเป็นเวลา 35 วัน	58
7	ค่าเฉลี่ยของอินทรียวัตถุ หลังจากบ่มดิน ณ ระดับพีเอชต่าง ๆ เป็นเวลา 35 วัน	59
8	ค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ หลังจากบ่มดิน ณ ระดับพีเอชต่าง ๆ เป็นเวลา 35 วัน	60
9	ค่าเฉลี่ยของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ หลังจากบ่มดิน ณ ระดับพีเอชต่าง ๆ เป็นเวลา 35 วัน	61
10	ค่าเฉลี่ยของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ หลังจากบ่มดิน ณ ระดับพีเอชต่าง ๆ เป็นเวลา 35 วัน	62
11	ค่าเฉลี่ยของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ หลังจากบ่มดิน ณ ระดับพีเอชต่าง ๆ เป็นเวลา 35 วัน	63
12	ความเข้มข้นไนโตรเจนเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง เมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ	73
13	ความเข้มข้นฟอสฟอรัสเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง เมื่อดินที่มีแคลเซียมต่าง ๆ	75

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	ความเข้มข้นโพแทสเซียมเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง เมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ	77
15	ความเข้มข้นแคลเซียมเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง เมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ	79
16	ความเข้มข้นแมกนีเซียมเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง เมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ	81
17	ค่าเฉลี่ยของปริมาณ TSS (ก) TA (ข) TSS:TA (ค) และแรงตึงผิวเปลือกผลลองกอง (ง) เมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ	83
18	ค่าเฉลี่ยพีเอชดิน เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน	85
19	ค่าเฉลี่ยของอินทรียวัตถุ เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน	85
20	ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนของใบ (ก) เนื้อไม้ (ข) และราก (ค) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน	87
21	ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสของใบ (ก) เนื้อไม้ (ข) ราก (ง) และที่เป็นประโยชน์ในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน	89
22	ค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมของใบ (ก) เนื้อไม้ (ข) ราก (ง) และที่สกัดได้ในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน	91
23	ค่าเฉลี่ยแคลเซียมของใบ (ก) เนื้อไม้ (ข) ราก (ง) และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน	93
24	ค่าเฉลี่ยแมกนีเซียมของใบ (ก) เนื้อไม้ (ข) ราก (ค) และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (ง) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน	95
25	ค่าเฉลี่ยพีเอชของดิน เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน	96
26	ความเข้มข้นไนโตรเจนเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และอินทรียวัตถุเฉลี่ยในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน	98

รายการภาพ (ต่อ)

บทที่		หน้า
27	ความเข้มข้นฟอสฟอรัสเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน	100
28	ความเข้มข้นโพแทสเซียมเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน	102
29	ความเข้มข้นแคลเซียมเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน	104
30	ความเข้มข้นแมกนีเซียมเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน	106
31	พีเอชดินเฉลี่ย (pH) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	107
32	ความเข้มข้นไนโตรเจนเฉลี่ย ในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และอินทรียวัตถุเฉลี่ยในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	109
33	ความเข้มข้นฟอสฟอรัสเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และที่เป็นประโยชน์ในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	111
34	ความเข้มข้นโพแทสเซียมเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	113

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
35	ความเข้มข้นแคลเซียมเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	115
36	ความเข้มข้นแมกนีเซียมเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	117
37	ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนของใบ (ก) และก้านช่อใบ (ข) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	119
38	ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสของใบ (ก) และก้านช่อใบ (ข) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	120
39	ค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมของใบ (ก)และก้านช่อใบ (ข)เมื่อใช้ยิปซัมอัตรา ต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	121
40	ค่าเฉลี่ยแคลเซียมของใบ (ก) และก้านช่อใบ (ข) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	122
41	ค่าเฉลี่ยแมกนีเซียมของใบ (ก) และก้านช่อใบ (ข) เมื่อใช้ยิปซัมอัตรา ต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	123
42	ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดต่อผล (ก) แรงตึงผิวของเปลือกลองกอง (ข) TSS (ค) TA (ง) และ TSS:TA (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน	125
43	ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดต่อผล (ก) แรงตึงผิวของเปลือกลองกอง (ข) TSS) (ค) TA (ง) และ TSS:TA (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตรา ต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน	127
44	แผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรในการวิจัยทั้งหมด	139

รายการภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของกลางวันและกลางคืนภายใต้ทรงพุ่มของต้นลองกองตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2547ถึงเดือนพฤษภาคม 2548	233
2	อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในรอบวันภายใต้ทรงพุ่มของต้นลองกอง	233
3	ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเฉลี่ยของกลางวันและกลางคืนภายใต้ทรงพุ่มของต้นลองกองตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2547ถึงเดือนพฤษภาคม 2548	234
4	ความชื้นสัมพัทธ์อากาศในรอบวันภายใต้ทรงพุ่มของต้นลองกอง	234
5	อุณหภูมิเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของจังหวัดสุราษฎร์ธานี	235
6	จำนวนวันฝนตกของจังหวัดสุราษฎร์ธานี	236
7	ปริมาณน้ำฝนจังหวัดสุราษฎร์ธานี	236
8	ผังการทดลองในภาคสนาม (C= ควบคุม T2=ใส่ 400 กรัม $CaSO_4$ต่อตารางเมตร T3=ใส่ 800 กรัม $CaSO_4$ ต่อตารางเมตรT4=ใส่ 1200 กรัม $CaSO_4$ ต่อตารางเมตร)	237
9	แผนที่สวนและพื้นที่ที่ใช้ศึกษาในจังหวัดสุราษฎร์ธานี	238
10	อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในรอบวันภายในโรงเรือนที่ปลูกต้นกล้าลองกอง	239
11	ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยในรอบวันภายในโรงเรือนที่ปลูกต้นกล้าลองกอง	239
12	ความเข้มแสงเฉลี่ยในรอบวันภายในโรงเรือนที่ปลูกต้นกล้าลองกอง	240

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

การแข่งขันในตลาดของผลไม้เพื่อให้ผู้บริโภคเกิดความต้องการผลไม้นั้นโดยทั่วไปพบว่าเกิดการสร้างผลไม้ชนิดใหม่ สายพันธุ์ใหม่ และนำเทคโนโลยีใหม่มาทำให้มีผลผลิตในช่วงที่ต้องการเพื่อทำให้มีคุณภาพที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค ดังนั้นในปัจจุบันการทำให้ผลไม้มีคุณภาพดีจึงเป็นที่ต้องการของตลาด ปัจจัยที่ควบคุมการผลิตไม้ผล ได้แก่ น้ำ พันธุ์พืช ดิน ธาตุอาหารพืช แมลงและโรค การปฏิบัติและดูแลรักษา ฯลฯ ปัจจัยเหล่านี้ถ้าสามารถควบคุมหรือแก้ปัญหาได้ไม้ผลจะให้ผลผลิตสูงสุดและคุณภาพดี แต่การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของไม้ผลทำได้ยากเนื่องจาก 1) ไม่สามารถพยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผลผลิตและความต้องการของตลาด และ 2) ราคาผลผลิตไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับปริมาณและความต้องการของตลาด โดยปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อกำไร คือ ราคาผลผลิต ต้นทุนในการปลูกและการเก็บเกี่ยว และการตลาด ดังนั้นวิธีการทำให้ได้กำไรมากขึ้นจึงขึ้นอยู่ที่การเพิ่มผลผลิตหรือเพิ่มความต้องการของตลาด ความไม่สม่ำเสมอของผลผลิตเป็นอุปสรรคในการวางแผนการตลาด แม้ในปีที่ผลผลิตสูงเกษตรกรอาจยังคงได้รับรายได้ต่ำหากผลผลิตล้นตลาดและราคาต่ำ การจัดการดินและธาตุอาหารในดินอย่างเหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งโดยเฉพาะการจัดการดินให้พืชได้รับธาตุอาหารที่เพียงพอและสมดุลเพื่อให้มีผลผลิตสูงและคุณภาพดีอย่างต่อเนื่อง สำหรับการผลิตลองกองในปัจจุบันได้ขยายพื้นที่ปลูกกันมากในเขตภาคใต้ และภาคตะวันออก นอกจากนี้ยังขยายพื้นที่ปลูกในเขตภาคกลาง เหนือ และตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้พื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ฉะนั้นในอนาคตอาจจะทำให้ผลผลิตล้นตลาดและเกิดการแข่งขันกัน ดังนั้นสิ่งที่ควรจะต้องคิดในขณะนี้คือการปรับปรุงทางด้านคุณภาพผลผลิต เช่น รสชาติและกลิ่น ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของลองกอง การยืดอายุการเก็บรักษาและลดการแตกของผล ซึ่งเป็นปัญหาอย่างหนึ่งของการผลิตลองกอง สำหรับการผลิตไม้ผลในปัจจุบัน เช่น แอปเปิ้ล และท้อ ได้ทำการปรับปรุงทางด้านคุณภาพในเรื่องยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้นโดยการใช้ธาตุแคลเซียม (Garcia, 2003; Conway *et al*., 2002) ทั้งนี้เป็นเพราะว่าธาตุแคลเซียมเป็นองค์ประกอบของเซลล์และช่วยในการแบ่งเซลล์ ช่วย

เคลื่อนย้ายและเก็บรักษาคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ช่วยให้ละอองเกสรงอกและหลอดเรณูที่งอกแล้วยืดตัวได้ดี แคลเซียมยังมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเติบโตในส่วนปลายรากของพืช ซึ่งทำหน้าที่ในการดูดน้ำและอาหาร ควบคุมการเคลื่อนย้ายของสารชนิดต่าง ๆ ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ และควบคุมกระบวนการสุกของพืชผักและผลไม้รวมทั้งการผลัดใบในระยะเวลาที่เหมาะสมทำให้พืชดูดดึงไอออนต่าง ๆ เพิ่มขึ้น เช่น โพแทสเซียม และ ไนเตรต ฯลฯ (Paton, 2001; Neilsen, 2001; Robert, 2001; Hanson, 2001; มุกดา, 2544; Davidson *et al*., 2000; Glendinning, 2000; สัมฤทธิ์, 2538; Marschner,1995; สุมาลี, 2536; Tandon and Kimmo, 1993; ปรีดา และพิชิต, 2535; Reuter and Robinson,1986) นอกจากนี้ธาตุแคลเซียมเป็นธาตุอาหารพืชชนิดหนึ่งที่ไม้ผลต้องการเป็นปริมาณมาก โดยมีระดับความเข้มข้นในส่วนใบของพืชอยู่ระหว่าง 2.4-60.0 กรัมต่อกิโลกรัม (Reuter and Robinson, 1997) ดังนั้นทำให้นักวิชาการหลายท่านได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการขาดแคลเซียมต่อสรีรวิทยาต่าง ๆ ของพืช โดยเฉพาะ ได้แก่ เนื้อผลฟ่าม (Shear, 1971) การแตกของผล (Lim *et al*., 1999b; Vuthy, H. 1999; Sekse, 1998; Wills and Scott, 1981; Lidster *et al*., 1979) การเสื่อมสภาพในเนื้อผล (Glenn *et al*., 1988) ไส้ซึม (Perring, 1980; Bramlage *et al*., 1979) แผลที่ตกสะเก็ดบนผิวผล (Yuri, *et al*., 2002) จากเหตุผลข้างต้นการศึกษาของธาตุแคลเซียมของดินต่อการเติบโตและคุณภาพผลผลิตของลองกองอยู่ในวงจำกัด แต่มักจะเน้นไปในเรื่องการให้ปุ๋ย การจัดการและปฏิบัติดูแลรักษา และเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้นจึงได้มีความสนใจที่จะทำการศึกษาเกี่ยวกับระดับแคลเซียมที่เหมาะสมต่อการเติบโตและคุณภาพผลผลิตของลองกอง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อหาระดับแคลเซียมที่เหมาะสมต่อการเติบโตของต้นกล้าลองกองและคุณภาพผลผลิตของลองกอง
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของธาตุแคลเซียมกับธาตุอาหารพืชบางชนิด ในส่วนต่าง ๆ ของลองกอง
3. เพื่อศึกษาผลของยิปซัมต่อคุณภาพผลผลิตของลองกอง
4. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างพีเอช (pH) กับแคลเซียมในดิน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. ทราบลักษณะการสะสมและความสัมพันธ์ของธาตุแคลเซียมและธาตุอื่น ๆ ในดินไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของลองกอง

2. ผลของธาตุแคลเซียมต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของผลลองกอง

3. ทราบระดับความเข้มข้นของแคลเซียมที่ทำให้คุณภาพของลองกองดีที่สุด

4. แนวทางการจัดการธาตุแคลเซียมโดยการใช้ยิปซัมกับต้นลองกองให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตคุณภาพดี

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสมบัติเคมีและกายภาพบางประการของดิน ที่ปลูกลองกองทำการวิจัยในสวนลองกองของเกษตรกรในจังหวัดสุราษฎร์ธานี สงขลา ยะลา ปัตตานี และนราธิวาส ลักษณะการสะสมธาตุอาหาร (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม) และความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของต้นลองกอง ความสัมพันธ์ของแคลเซียมต่อคุณภาพของผลลองกอง ระดับแคลเซียมในสารละลายธาตุอาหารพืชกับการเจริญเติบโตของต้นกล้าลองกอง ระดับยิปซัมกับสมบัติทางเคมีของดิน ระดับพีเอชดินกับปริมาณแคลเซียมในดิน แนวทางจัดการธาตุแคลเซียมโดยใช้ยิปซัมเพื่อให้ต้นลองกองอยู่ในสภาพสมบูรณ์และให้ผลผลิตคุณภาพดี

บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของลองกอง

2.1.1 พื้นที่ปลูกลองกองในประเทศไทย

แหล่งปลูกดั้งเดิมของลองกอง คือ ทางภาคใต้ตอนล่างของประเทศไทย หมู่เกาะมลายู อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ (สมพร, 2535) ประเทศไทยได้ขยายพื้นที่ปลูกกันตั้งแต่เขตภาคใต้ตอนบน และภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี ระนอง จันทบุรี ตราด และระยอง ฯลฯ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันได้ขยายพื้นที่ปลูกลองกองไปสู่พื้นที่เขตภาคกลาง เหนือ และตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดกาญจนบุรี ศรีสะเกษ สุโขทัย และอุตรดิตถ์ ฯลฯ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548; กวิศร์และวันทนา, 2544) ด้วยเหตุผลที่ผลผลิตของลองกองเป็นที่ต้องการทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ และมีแนวโน้มว่าปริมาณความต้องการเพิ่มขึ้น จึงทำให้เพิ่มพื้นที่ปลูกอย่างรวดเร็วจากข้อมูลสถิติพื้นที่ปลูกในปี พ.ศ. 2535, 2538, 2541 และ 2552 คือ 92 639 , 160 804, 229 261 และ 462 974 ไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553; กวิศร์และวันทนา, 2544; ฝ่ายข้อมูลส่งเสริมการเกษตร,2537 และ 2540) สำหรับพื้นที่ที่ให้ผลผลิตแล้วในปี 2552 คือ 331 216 ไร่ อยู่ในภาคเหนือ กลางและใต้ ดังนี้ 4 754, 84 035 และ 242 427 ไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553)

2.2 การเติบโตและปัจจัยต่าง ๆที่มีผล

2.2.1 การเติบโตของลองกอง

การเติบโตของลองกอง จากระยะเวลาในการดูแลรักษาหลังจากปลูกจนถึงให้ผลผลิตนั้น ชูจิต (2536) รายงานว่าใช้เวลา 4-5 ปีในกิ่งพันธุ์เสียบยอด และ 7-9 ปีในการเพาะเมล็ด และลองกองจัดเป็นพืชพวก non-climacteric (สุรกิตติ, 2536) คือ ผลผลิตเมื่อเก็บเกี่ยวแล้วไม่สามารถบ่มให้สุกได้ ดังนั้นระยะเวลาที่ผลแก่ประมาณ 12-13 สัปดาห์หลังติดผล (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544 และ 2550) หรือ 13-14 สัปดาห์หลังติดผล (สมพร, 2535)

ลองกองเป็นพืชที่การเติบโตตามธรรมชาติแตกต่างกันไปขึ้นกับพื้นที่ปลูก อย่างไรก็ตามสามารถแบ่งระยะการเติบโตของลองกองเมื่อผ่านระยะเยาวภาพ (juvenility) ไปแล้วเป็น 2 ระยะ (รวี, 2543) คือ 1) ระยะการเติบโตทางกิ่งใบ 2) ระยะการออกดอกติดผล สำหรับระยะการออกดอกติดผลนั้น จากการสังเกตในรอบปีสามารถแบ่งได้ดังนี้ 1) ระยะพักตัวเป็นระยะหลังการเก็บเกี่ยวที่ต้นลองกองทำการสะสมอาหารเพื่อสร้างใบใหม่อยู่ในช่วงเดือน ธันวาคม – มีนาคม 2) ระยะการเติบโตของดอก เป็นระยะที่มีการเปลี่ยนสภาพจากเซลล์บริเวณลำต้นและกิ่งก้านอยู่ในช่วง ต้นเดือนเมษายน – กลางเดือนมิถุนายน 3) ระยะการเติบโตของผลมีระยะเวลาอยู่ในช่วงเดือนเมษายน-เดือนสิงหาคม

สำหรับระยะการเติบโตทางกิ่งใบนั้น ต้นลองกองที่ยังไม่ให้ผลผลิตเติบโตทางกิ่งใบแตกต่างกับต้นที่ให้ผลผลิต โดย Lim and Yong (1996) และ กวิศร์และวันทนา (2544) สรุปไว้ดังนี้ ช่วงเวลาในการแตกช่อใบโดยต้นที่ให้ผลผลิตมี 1 ช่วง คือ ก่อนออกดอก (มกราคม) จนถึงดอกบาน (เมษายน) เท่านั้น แต่ต้นที่ยังไม่ให้ผลผลิตมี 2 ช่วง คือ ช่วงแรก (กุมภาพันธ์-เมษายน) และช่วงที่สอง (มิถุนายน-สิงหาคม) ดังนั้นในระยะการเติบโตทางกิ่งใบของลองกองที่มีอายุน้อยยังไม่ให้ผลแตกใบอ่อนประมาณ 2- 4 ครั้งต่อปี แต่เมื่อให้ผลแล้วให้ใบอ่อนปีละ 1 - 2 ครั้ง

สำหรับการเติบโตของรากนั้นพบว่าต้นลองกองที่ยังไม่ให้และที่ให้ผลผลิตพบมากในช่วงเดือนกรกฎาคม พฤศจิกายน และมีนาคม (Lim and Yong, 1996)

2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเติบโต

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบของการเติบโตในไม้ผลจะแตกต่างกัน เช่น มะละกอพันธุ์ Honey Gold มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของอากาศและดิน (Mitchell and Allan, 1998) กรณีรากของไม้ผลการเติบโตจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ ได้แก่ ความชื้นในดิน อุณหภูมิของดินและอากาศ การจัดการ (Lyr and Hoffman, 1967) นอกจากนี้ความหนาแน่นของรากมีส่วนสัมพันธ์กับการเติบโตของทรงพุ่มต้น (Kotur *et al*., 1997)

ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อการเติบโตและให้ผลผลิตของลองกอง โดยเฉพาะปัจจัยที่มีผลต่อระยะเริ่มเกิดตาดอกเป็นช่วงวิกฤตของการเกิดดอก ปัจจัยดังกล่าวมีดังนี้

2.2.2.1. ปัจจัยภายในต้น

พันธุ์ สมพร (2535) รายงานว่าแม้ลองกองมีสายพันธุ์เดียว แต่ละพื้นที่เติบโตแตกต่างกัน เกษตรกรจึงต้องรู้แบบแผนการแตกใบ การออกดอกและการเติบโตของลองกองที่ปลูกเพื่อให้สามารถจัดการต้นลองกองได้ในเวลาที่เหมาะสม

ความแข็งแรงของต้น เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสมบูรณ์ของต้นลองกอง ดัชนีที่นิยมใช้แสดงถึงความสมบูรณ์ของต้นที่ดีอย่างหนึ่ง คือ ปริมาณอาหารสะสมในต้นซึ่งมีความสัมพันธ์กับการออกดอกของต้นลองกอง (จำเป็น และคณะ, 2549ข) ได้ แก่ ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจน ความสัมพันธ์ของปริมาณอาหารสะสมทั้งสองนี้ต้องมีความสัมพันธ์กันทั้งในเรื่องช่วงเวลาของการสะสมและปริมาณที่สะสม Wareing and Phillips (1981) พบว่าโดยทั่วไปในขณะที่พืชเติบโตทางกิ่งใบสะสมไนโตรเจนมากกว่าคาร์โบไฮเดรต แต่ในระยะก่อนการออกดอกปริมาณการสะสมคาร์โบไฮเดรตสูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณการสะสมไนโตรเจนลดลง โดยคาร์โบไฮเดรตที่กล่าวถึงนี้คือคาร์โบไฮเดรตที่เป็นประโยชน์ หรือ คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่ได้เป็นโครงสร้าง (total nonstructural car-bohydrate, TNC) ดังนั้นการแตกช่อใบของลองกองจึงมีความสำคัญต่อการติดผลและการเติบโตของผลอย่างมาก

2.2.2.2.ปัจจัยภายนอก ในที่นี้กล่าวถึงสภาพแวดล้อมและการปฏิบัติภายในสวน

1. **ปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อม** สำหรับสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเติบโตและการให้ผลผลิตของลองกองนั้นได้มีนักวิชาการ (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544; มนตรี, 2536; ไสว , 2534) ทำการศึกษาและสรุปไว้ดังนี้

ช่วงแสง ลองกองเป็นพืชที่ไม่ไวแสงและไม่ชอบแสงจัดดังนั้นการจัดการสวนลองกองจำเป็นต้องสร้างร่มเงาเพราะถ้าแสงแดดจัดทำให้เกิดอาการใบไหม้

อุณหภูมิ ลองกองสามารถเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิเฉลี่ย 20-30 องศาเซลเซียสและชอบอากาศร้อนชื้น ฉะนั้นต้นลองกองไม่ชอบสภาพที่มีลมแรงเพราะลมสามารถพัดความชื้นออกจากสวนจึงควรปลูกไม้บังลมรอบ ๆ สวนลองกอง

ดิน จัดเป็นวัสดุพื้นฐานที่จำเป็นต่อการเติบโตของพืช เพราะมีปัจจัยหลายอย่างที่ควบคุมการเติบโตอยู่ครบถ้วน โดยปกติแล้วดินเป็นแหล่งของธาตุอาหารพืช น้ำและอากาศของพืช นอกจากนั้นยังเป็นตัวช่วยพยุงลำต้นพืชให้ตั้งตรงเพื่อรับพลังงานจากดวงอาทิตย์ พืชแต่ละชนิดสามารถขึ้นได้ดีบนดินที่มีลักษณะแตกต่างกัน สมบัติของดินที่เกี่ยวข้องกับการเติบโตของพืช ได้แก่ สมบัติทางกายภาพและเคมี ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535)

สมบัติทางกายภาพของดินที่สำคัญต่อการเติบโตของพืช ได้แก่ เนื้อดิน และโครงสร้างของดิน โดยเนื้อดินมีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำและธาตุอาหารพืช เช่น ดินทราย ดินทรายร่วน มีความสามารถในการอุ้มน้ำและธาตุอาหารพืชไว้ได้น้อย การระบายน้ำเร็วเกินไป ทำให้เกิดการชะละลายธาตุอาหารออกไปจากดินได้ง่าย สำหรับโครงสร้างของดินนั้น ดินที่ไม่มีโครงสร้างหรือโครงสร้างไม่ดีทำให้การระบายน้ำและอากาศภายในดินไม่สะดวก ซึ่งมีผลต่อการเติบโตของพืชโดยตรง นอกจากนี้ความแน่นทึบของดินยังเป็นอุปสรรคต่อการเติบโตของรากพืชที่จะชอนไชลงไปในดินอีกด้วย

สมบัติทางเคมีของดินที่สำคัญต่อการเติบโตของพืช ได้แก่

ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity, CEC) โดยดินที่มีค่า CEC สูง เป็นดินที่สามารถดูดธาตุอาหารพืชที่อยู่ในรูปของไอออนที่มีประจุไฟฟ้าบวกไว้ได้มากทำให้ธาตุอาหารสูญหายไปได้ยาก และเป็นดินที่อุ้มน้ำเอาไว้ได้มากกว่าดินที่มีค่า CEC ต่ำ

อินทรียวัตถุ (organic matter, OM) ในดินเป็นองค์ประกอบสำคัญของดินที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อสมบัติต่าง ๆ ของดินทั้งทางเคมี กายภาพ และชีวภาพ อันส่งผลกระทบต่อเนื่องถึงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความสามารถในการให้ผลผลิตของดิน รวมทั้งการพัฒนาระบบนิเวศน์ของแต่ละสภาพแวดล้อมโดยตรง

ปฏิกิริยาของดิน (soil reaction) หรือเรียกว่า พีเอช มีผลต่อกระบวนการทางเคมี

ชีววิทยาของดิน และอิทธิพลต่อการละลายของแร่ธาตุต่าง ๆ ในดิน ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช รวม ถึงกิจกรรมต่าง ๆ ของจุลินทรีย์ในดิน

ความเค็มของดิน (soil salinity) มีผลกระทบต่อการเติบโตและผลผลิตของพืช ทำให้พืชเกิดอาการขาดน้ำ และเกิดการสะสมไอออนที่เป็นพิษในพืชมากเกินไป นอกจากนี้ยังเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช สำหรับค่าที่บอกเกี่ยวกับระดับความเค็มในดิน คือ ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity, EC)

ดังนั้นชนิดของดิน มีความสำคัญต่อการผลิตแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ถ้าปลูกลองกองในพื้นที่สภาพภูมิอากาศไม่ค่อยเหมาะสมก็ควรเลือกปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง การระบายน้ำของดินดี เช่น ดินร่วนปนทราย สำหรับพื้นที่ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศเหมาะสมควรปลูกในดินร่วนหรือร่วนปนเหนียว การปลูกลองกองในดินทรายควรเพิ่มอินทรียวัตถุในดินมากเพื่อเป็นแหล่งดูดธาตุอาหาร เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น

อย่างไรก็ตามคุณภาพที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2535) อันเกี่ยวเนื่องกับความอุดมสมบูรณ์ของดินนั้นมีความสำคัญมาก หากมีคุณภาพต่ำก็จะกระทบต่อผลผลิตอย่างรุนแรง นอกจากนี้ปัญหาดังกล่าวยังมีลักษณะที่ค่อนข้างสลับซับซ้อน จำเป็นต้องประเมินด้วยวิธีการอันเหมาะสมว่าดินมีปัญหาเกี่ยวกับธาตุใดและปัญหานั้นมีความรุนแรงเพียงใด ทั้งนี้เพื่อจะได้กำหนดมาตรการเพื่อบำรุงดินอย่างเหมาะสมต่อไป

กรณีดินเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งเสริมให้พืชแสดงอาการผิดปกติและทำให้คุณภาพของผลผลิตลดลง เช่น ธาตุฟอสฟอรัสมีปริมาณสูงเกินไปมีผลชักนำให้พืชแสดงอาการขาดจุลธาตุอาหาร เช่น สังกะสีและทองแดงได้ง่าย (ยุทธนา และคณะ, 2545) และลักษณะการสะสมของฟอสฟอรัสเช่นนี้พบในไม้ผลชนิดอื่น เช่น ลิ้นจี่ (อรุณศิริ และคณะ, 2546) ทุเรียน (พรทิวา และสุมิตรา, 2545) ลำไย (ยุทธนา และคณะ, 2545) และมังคุด (ชัยรัตน์ และคณะ, 2538) ธาตุโพแทสเซียมเมื่อมีปริมาณมากเกินไปจะทำให้ปริมาณการดูดและบทบาททางสรีระของธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมลดลงได้ (จำเป็น และคณะ, 2548; ยงยุทธ, 2546) แต่การมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมากสามารถลดความรุนแรงของภาวะปฏิปักษ์ระหว่างฟอสฟอรัสกับสังกะสีลงไปได้ เนื่องจากโพแทสเซียมช่วยปลดปล่อยสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ออกมาจากดินจึงทำให้พืชไม่ขาดสังกะสี (Diliparthy *et al*., 1994)

ความชื้นของบรรยากาศและดิน จำเป็น (2536) รายงานว่าลองกองเป็นพืชที่ชอบอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงเพื่อช่วยในการออกดอกและติดผล คือ ร้อยละ 70-80 ปริมาณ

น้ำฝน 2000-3000 มิลลิเมตรต่อปี จำนวนวันที่ฝนตก 150-200 วันต่อปี ความชื้นในดินในระยะก่อนออกดอกต้องต่ำ เพราะน้ำในดินที่มากเกินไปจะไปช่วยเร่งให้ลองกองแตกใบอ่อนแทนการสร้างตาดอก

2. **ปัจจัยที่เกี่ยวกับการปฏิบัติภายในสวน** มีหลายปัจจัย เช่น

การให้ปุ๋ย กรมวิชาการเกษตร (2545) ให้ข้อสังเกตกับการให้ปุ๋ยแก่ต้นลองกองดังนี้ รูปของปุ๋ยและอัตราการใช้ขึ้นกับขนาดของต้น ความแข็งแรงของต้น ปริมาณต้นต่อพื้นที่ สภาพอากาศและชนิดของดิน ในประเทศไทยปกติจะให้ปุ๋ย 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกให้ 2-3 สัปดาห์หลังการติดผลเพื่อกระตุ้นการพัฒนาของผล และครั้งที่ 2 ให้ 2 สัปดาห์หลังการเก็บเกี่ยวเพื่อกระตุ้นการแตกใบอ่อน ปุ๋ยที่ใช้กันทั่วไปกับสวนลองกอง ทางดิน คือ 15-15-15, 16-16-16 และ 12-12-17 ทางใบ คือ 7-13-34+12.5Zn

การตัดแต่งกิ่ง กรมวิชาการเกษตร (2545) แนะนำให้ตัดแต่งกิ่งในระยะเยาว ภาพจะมุ่งไปทางแต่งกิ่งให้ได้ทรงพุ่มที่ดี แต่เมื่อลองกองตกผลแล้วจะทำการตัดแต่งกิ่งเป็นประจำทุกปีในช่วงหลังเก็บเกี่ยวโดยตัดกิ่งกระโดงและกิ่งที่เกิดภายในทรงพุ่มออก ทั้งนี้เพื่อกระตุ้นให้มีการแตกกิ่งก้านสาขามากขึ้น ป้องกันการฉีกขาดของกิ่ง

การให้น้ำ การให้น้ำอย่างเพียงพอและเหมาะสมทำให้ต้นลองกองเติบโตสม่ำเสมอ ซึ่งจากการแนะนำของกรมส่งเสริมการเกษตร (2550) ในช่วงการพัฒนาช่อดอก คือ ประมาณ 3.0-4.0 มิลลิเมตร หรือ 85-110 ลิตรต่อต้นต่อวัน เว้นแต่ในช่วงที่ต้องการกระตุ้นให้ลองกองออกดอกควรทำให้สวนแห้งด้วยการงดการให้น้ำ หากมีฝนตกน้ำขังต้องรีบระบายน้ำออก มิฉะนั้นจะเป็นการกระตุ้นให้พืชแตกใบใหม่ และเมื่อใบสลดหรือใบตกในเวลาเช้าและตลอดทั้งกลางวันและกลางคืนในเวลาต่อมาให้กระตุ้นการออกดอก โดยการให้น้ำปริมาณมากทันที คือ 30-35 มิลลิเมตรหรือ 850-1000 ลิตรต่อต้นต่อวัน (เพียง 1 ครั้ง)

การตัดราก การกระทำโดยวิธีนี้สามารถทำให้ต้นลองกองเกิดตาดอก (โนรี, 2546) เป็นเพราะว่าการทำให้มีปริมาณรากน้อยลงทำให้มีการดูดดึงธาตุอาหารลดลง การเติบโตทางกิ่งและใบลดลง พืชสะสมอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตมากขึ้น (โกเศส, 2538)

2.3 การให้ผลผลิตของลองกอง

ผลผลิตในรอบปีของลองกองที่ปลูกในประเทศไทย แต่ละพื้นที่มีช่วงเวลาการออกดอกและการเก็บเกี่ยวผลตามธรรมชาติแตกต่างกัน กล่าวคือ ฤดูกาลเก็บเกี่ยวของลองกองในภาคใต้ตอนล่างฝั่งตะวันตกอยู่ในช่วงเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน ลองกองเริ่มแทงช่อดอกในช่วงเดือนเมษายน-มิถุนายน (กวิศร์ และวันทนา, 2544) เนื่องจากการออกดอกของลองกองต้องการช่วงแล้งประมาณ 2-4 สัปดาห์ เพื่อให้ต้นสร้างตาดอก (กวิศร์ และวันทนา, 2544; สมพร, 2535) หลังจากนั้นหากมีฝนตกหรือได้รับน้ำเพียงพอตาดอกจะเจริญเติบโตเป็นช่อดอก และเป็นผลต่อไป นอกจากนี้ในช่วงเมษายน-มิถุนายนอยู่ในช่วงต้นฤดูฝนจึงทำให้ปริมาณน้ำ และความชื้นเหมาะสมในการพัฒนาดอกและผล ดังนั้นปัจจัยสภาพแวดล้อมน่าจะมีอิทธิพลต่อการสร้างอาหารเพื่อใช้พัฒนาผล (จำเป็น และคณะ, 2549ก) นอกจากนี้สภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในแต่ละช่วงเวลาของฤดูฝนและฤดูแล้งรวมทั้งช่วงอากาศหนาวเย็นที่เกิดในภาคต่าง ๆ ของประเทศไทยแตกต่างกันออกไป อันส่งผลกระทบให้เกิดการสร้างตาดอกของไม้ผลเขตร้อน (กวิศร์ และวันทนา, 2544) มีรายงานการศึกษาการพัฒนาผลของลองกองในพื้นที่แตกต่างกัน พบว่าลองกองใช้เวลาในการพัฒนาผลแตกต่างกันอยู่ในช่วง 12-16 สัปดาห์ (สุรกิตติ และคณะ, 2540; นพรัตน์, 2529; สุชัญญา, 2527)

2.4 โภชนาการและสมบัติทางเคมีของผลผลิตลองกอง

พืชสวนชนิดต่าง ๆ มีความสำคัญด้านโภชนาการเมื่อทานเข้าไปแล้วทำให้มีสุขภาพดีและได้รับโภชนาการด้วย ในส่วนของคุณภาพโภชนาการเป็นการรวมของวิตามินและแร่ธาตุ การกำหนดว่าผลไม้มีคุณภาพทางโภชนะ Mohammed และคณะ (1999) ศึกษาในมะเขือเทศสดว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solids: TSS) ปริมาณกรดทั้งหมด (acidity หรือ tritrable acidity, TA) และอัตราส่วนน้ำตาลต่อกรดมากกว่าร้อยละ 3 ร้อยละ 0.32 และ 10 ตามลำดับ สำหรับลองกอง เช่น กลุ่มเกษตรสัญจร (2531) ได้ศึกษาเกี่ยวกับสารอาหารในลองกอง โดยพบว่าในองค์ประกอบในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม ประกอบไปด้วยแคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็ก วิตามิน บี 1และ2 วิตามินซี และอื่น ๆ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางอาหารที่วิเคราะห์จากเนื้อผลลองกองในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ
พลังงาน (แคลอรี่)	57
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	15.2
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	19
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	25
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	27.5
เหล็ก (มิลลิกรัม)	1.1
วิตามิน บี 1 (มิลลิกรัม)	0.07
วิตามิน บี 2 (มิลลิกรัม)	0.04
วิตามิน ซี (มิลลิกรัม)	3.0
ไขมัน (มิลลิกรัม)	0.2
โปรตีน (มิลลิกรัม)	0.9
ไนอาซีน (มิลลิกรัม)	1.0

ที่มา: กลุ่มเกษตรสัญจร (2531)

สมบัติเคมีในน้ำคั้นลองกองที่เก็บเกี่ยวในระยะ 13-14 สัปดาห์หลังติดผล พบว่ามีค่าพีเอช 4.20 (อับดุลฮากีม, 2546) ปริมาณ TSS 18.05-19.10 องศาบริกซ์ (อับดุลฮากีม, 2546; พิรุณ, 2543) ร้อยละปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ คือ 15.66 และ 5.73 (นันทนาพรและพรพรรณ, 2545)

คุณค่าทางอาหารของพืช แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ที่ปลูก อายุของผล (Arthey, 1975) ลักษณะของดิน การใส่ปุ๋ย และการจัดการ (Hofman *et al*., 2002; Bramlage, 1993; Arthey, 1975)

2.5 ผลของแคลเซียมต่อการสุก สมบัติทางเคมีและกายภาพของผลไม้

2.5.1 การสุกของผลไม้

การสุกของผลไม้ หมายถึง กระบวนการที่เปลี่ยนรูปผลทางด้านคุณภาพ กลไกการสุกของผลมีประเด็นหลักที่ประกอบด้วยแหล่งพลังงานที่ได้จากการหายใจ การสังเคราะห์ชุดใหม่ของน้ำย่อย และการกระทำของน้ำย่อยในการชักนำให้ผลนุ่ม การเปลี่ยนแปลงเม็ดสี และคุณภาพของผล สำหรับการเปลี่ยนแปลงโดยทั่วไปในระหว่างกระบวนการสุกของผล คือ 1) การอ่อนตัวของเนื้อผล คือ การเปลี่ยนแปลงน้ำย่อยที่สลายผนังเซลล์ 2) การปรับเปลี่ยนที่ให้น้ำของสารที่สะสมในผล คือ นำไปสู่การสร้างน้ำตาล 3) การเปลี่ยนแปลงในเม็ดสีและกลิ่น การทำให้สารฝาดสลายไป (สัมฤทธิ์, 2544)

การสุกของผลไม้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด (White, 2002; สัมฤทธิ์, 2544; สุรกิตติ, 2536) คือ พวกที่มีกลไกแบบหายใจแล้วทำให้ผลสุก (climacteric fruit) คือ ขณะที่ผลไม้สุกมีสารเอธิลีน (ethylene) เกิดขึ้นและเพิ่มมากขึ้นเมื่อผลไม้ที่กำลังสุกนั้นเกิดกระบวนการหายใจ เช่น มะเขือเทศ อโวกาโด แอปเปิ้ล กล้วย และอื่น ๆ อีกพวกมีกลไกแบบหายใจแล้วไม่ทำให้ผลสุก (non-climacteric fruit) ซึ่งขณะที่สุกไม่เกิดสารเอธิลีน หรืออาจเกิดขึ้นบ้าง ดังนั้นจำเป็นต้องให้ผ่านระยะการสุกก่อนจึงเก็บเกี่ยวได้ เช่น สตรอเบอร์รี องุ่น ส้ม และอื่น ๆ ซึ่งลองกองจัดอยู่ในกลุ่มของผลไม้ที่หายใจแล้วไม่ทำให้ผลสุก (สุรกิตติ, 2536) ดังนั้นระยะที่คุณภาพที่ดีที่สุดในการบริโภค คือ เก็บเกี่ยวเมื่อผลแก่จัด เช่น สตรอเบอร์รี (ชูพงษ์, 2531) แต่หากต้องการเก็บรักษาได้ดีต้องเก็บเกี่ยวในขณะที่ผลเริ่มแก่ เช่น สตรอเบอร์รี (Woodward, 1972)

การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีภายในเนื้อผล จะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงรสชาติ เนื้อสัมผัสหรือแรงตึงผิวเปลือก สี และกลิ่น (White, 2002; Pardo *et al*., 2000) ของภายในเนื้อผลเมื่อผลไม้สุก ค่าที่เกี่ยวข้องกับรสชาติ คือ ปริมาณ TSS และ TA และอัตราส่วน TSS:TA (กวิศร์ และวันทนา, 2544; สุรกิตติ, 2536)

2.5.2 ปริมาณ TSS

ปริมาณ TSS คือ ค่าที่วัดได้ของความหวานผลไม้ โดยใช้ hand refractometor มี

หน่วย องศาบริกซ์ (degree Brix) (AOAC, 1990) ความหวานผลไม้เกิดจากกระบวนการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตแล้วให้น้ำตาลโมเลกุลเล็กออกมา ดังนั้นเมื่อผลไม้สุกปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น (จริงแท้, 2544; สายชล, 2536; Cheour *et al*., 1990; Woodward, 1972) จึงทำให้เนื้อผลไม้มีรสหวาน ชูพงษ์ (2531) รายงานว่าปริมาณน้ำตาลที่สะสมในผลของผลไม้ขึ้นอยู่กับ 1) อัตราการเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากใบ ซึ่งถูกควบคุมโดยอุณหภูมิและแสงแดด และ 2) อัตราการสูญเสียน้ำตาลโดยการหายใจ ซึ่งถูกควบคุมโดยอุณหภูมิ นอกจากนี้ Elliot และคณะ (1982) พบว่าการสังเคราะห์และเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตของพืชมีธาตุแคลเซียมเข้าไปเกี่ยวข้องด้วย คือ 1) แคลเซียมเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรต จากส่วนอื่น ๆ มาที่ผล 2) มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์เอนไซม์ amylase และ 3) ช่วยทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ amylase ในการย่อยคาร์โบไฮเดรตสูงอีกด้วย (ยงยุทธ, 2546) ดังนั้นการที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเมื่อให้แคลเซียมเกิดจากการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรต โดยกระบวนการไฮโดรไลซ์ได้น้ำตาล (ดนัย, 2534; สายชล, 2528)

2.5.3 ปริมาณ TA

ปริมาณ TA คือ ค่าที่ได้จากการไตเตรท (AOAC, 1990) กรดที่อยู่ในผลไม้เป็นกรดอินทรีย์ (Saradhuldhat and Paull, 2007; Ong *et al*., 2006; Vanida *et al*., 2006; Bartolomé *et al*., 1995; Chan Jr. *et al*., 1973) การที่กรดอินทรีย์ลดลงเมื่อผลไม้สุกเนื่องจากปริมาณกรดอินทรีย์เกี่ยวข้องในกระบวนการหายใจ โดยกรดอินทรีย์จะเป็นสารตั้งต้น (substrate) ของปฏิกิริยาในวงจรเครบส์ (Kreb's cycle) (สัมฤทธิ์, 2544; ศิวพร, 2539; Tucker, 1993; Cheour *et al*., 1990; ชูพงษ์, 2531) และกรดอินทรีย์ที่อยู่ในแวคิวโอลของเซลล์เกี่ยวข้องในกระบวนการหายใจภายในเซลล์เมื่อผลไม้สุกอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ปริมาณ TA ในผลไม้จึงลดลง (Tingwa and Young, 1974) ดังนั้นผลไม้สุกจึงมีปริมาณ TA ต่ำ สำหรับชนิดของกรดอินทรีย์ในเนื้อผลไม้มีอยู่หลายชนิด ดังเช่น กรด citric, malic (Saradhuldhat and Paull, 2007; Ong *et al*., 2006; Vanida *et al*., 2006; Bartolomé *et al*., 1995; Chan Jr. *et al*., 1973) oxalic, succinic (Ong *et al*., 2006) glycolic และ maleic (Vanida *et al*., 2006) สำหรับกรดอินทรีย์ที่มีปริมาณมากที่สุดในเนื้อผลของลองกอง คือ กรด maleic (Vanida *et al*., 2006)

2.5.4 **อัตราส่วน** TSS:TA

รสชาติของผลไม้กำลังสุกถูกกำหนดจากอัตราส่วนน้ำตาลต่อกรด (sugar/acid ratio) หรือ TSS:TA (กวิศร์ และวันทนา, 2546; Auerswald *et al*., 1999; สุรกิตติ, 2536) ในขณะที่รสชาติของผลไม้เป็นผลจากกระบวนการเกิดกลิ่นที่ระเหยออกมาภายในผลที่กำลังสุก และการแช่เปื่อย (maceration) (Alexander and Grierson, 2002) Mohammed และคณะ (1999) พบว่า รสชาติของมะเขือเทศผันแปรตามอัตราส่วนของปริมาณน้ำตาลต่อกรดในขณะเก็บเกี่ยว สายพันธุ์ของมะเขือเทศที่มีรสชาติดีที่สุดไม่จำเป็นต้องมีอัตราส่วนปริมาณน้ำตาลต่อกรด หรือปริมาณ TSS สูงสุดด้วย รสชาติของแตงเทศมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับพีเอชและปริมาณ TSS (Pardo *et al*., 2000)

2.5.5 **เนื้อสัมผัส**

เนื้อสัมผัสเป็นความสัมพันธ์ระหว่างการอ่อนนุ่มและเหนียวของผล การตรวจวัดเนื้อสัมผัสทำได้โดยประเมินจากมนุษย์และเครื่องมือ ซึ่งค่าของเนื้อสัมผัสที่นิยมนำมาใช้กันมาก คือ ความแน่นเนื้อ ค่านี้จะขึ้นอยู่กับโครงสร้างต่าง ๆ ในผล ปัจจัยที่ส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของผลไม้ก่อนเก็บเกี่ยว คือ ความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดิน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช (Sams, 1999) นอกจากนี้ภาวะเต่งและปริมาณน้ำในผล (Olmo *et al*., 2000) เกี่ยวข้องกับความแน่นเนื้อด้วย

เหตุผลที่ความแน่นเนื้อของผลไม้ลดลง เมื่อผลเติบโตเต็มที่นั้นเกิดจากน้ำย่อยเพกติเนสภายในผลเพิ่มขึ้นจึงย่อยผนังเซลล์ให้อ่อนนุ่มลง (สายชล, 2529; Pilnik and Voragen, 1970; Woodward, 1972) โดย Mohammed และคณะ (1999) พบว่าปริมาณเพกตินมีความสัมพันธ์กับค่าความแน่นเนื้อของมะเขือเทศ นอกจากนี้ยังพบว่าเกิดการลดลงของแคลเซียมเพคเตท และการแตกตัวของแคลเซียม cross-link ระหว่างเพคตินอีกด้วย (ดนัย, 2534; อรรณพ, 2532) ดังนั้นจึงนำค่าความแน่นเนื้อไปใช้บ่งบอกว่าผลโตเต็มที่แล้ว เช่น ส้ม (Olmo *et al*., 2000) และแตงเทศ (Miccolis and Saltveit, 1991)

Poovaiah (1993) และ Klein และคณะ (1990) พบว่าแคลเซียมจะลดการสลายตัวของมิดเดิ้ลลาเมลล่าในผนังเซลล์ทำให้โครงสร้างของผนังเซลล์แข็งแรง ส่งผลให้ความแน่นเนื้อของผลสูงขึ้น ดังนั้นความแน่นเนื้อของผลจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแคลเซียมในผลด้วย

(Beaver *et al*., 1994) นอกจากนี้แคลเซียมยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ พอลิกาแลกทูโรเนส (Rigney and Wills, 1981) และการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยผนังเซลล์ (Xie *et al*., 2003; Glenn *et al*., 1988)

ผิวเปลือกเมื่อได้รับแคลเซียมแล้วทำให้ผิวเปลือกแข็งแรงขึ้น เช่น มะเขือเทศ (Peet and Willits, 1995) แอปเปิ้ล (Glenn and Poovaiah, 1985) เชอร์รี่ (Christensen, 1996) ลองกอง (มงคล และคณะ, 2541; สุรกิตติ และคณะ, 2540) และอื่น ๆ เนื่องจากแคลเซียมมีบทบาทที่สำคัญกับภายในโครงสร้างผนังเซลล์ (Fry, 2004; White and Broadley, 2003; Glenn and Poovaiah, 1990) แต่เมื่อเปลือกมีแคลเซียมสูงแล้วจะไม่มีอิทธิพลกับแรงตึงผิวในทางตรงข้ามเมื่อมีแคลเซียมต่ำทำให้เนื้อกรอบและฉ่ำน้ำน้อย เช่น แอปเปิ้ล (Mignani and Bassi, 2005) เนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์พอลิกาแลกทูโรเนสที่ผนังเซลล์ผิวเปลือกจะถูกยับยั้ง (Marschner, 1995) ดังนั้นปริมาณแคลเซียมในผลแตกต่างกันไม่มีความสัมพันธ์กับความแน่นเนื้อหลังเก็บเกี่ยว การให้แคลเซียมก่อนและหลังเก็บเกี่ยวบางครั้งเพิ่มปริมาณแคลเซียมในผล และยืดอายุเก็บรักษา แต่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและความถี่ของการใช้แคลเซียม เช่น ในกีวี (Cooper *et al*., 2007)

2.5.6 น้ำหนักสด

น้ำหนักสดรวมช่อ น้ำหนักสดต่อผล ขนาดผล สิ่งเหล่านี้มักถูกนำไปใช้ในการพิจารณาซื้อของผู้บริโภคและการกำหนดระดับชั้นคุณภาพของผลไม้ Broom และคณะ (1998) พบว่าแคลเซียมมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักของผลแอปเปิ้ล Ernani และคณะ (2002) พบว่าขนาดของผลแอปเปิ้ลเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของแคลเซียมในใบต่อผลสูง นอกจากนี้แคลเซียมกับน้ำหนักผลแห้งเกี่ยวข้องกับอัตราส่วนใบต่อผล ปริมาณแสงแดดที่ผลและใบได้รับ (Thorp *et al*., 2003)

2.6 ธาตุอาหารพืชและการจัดการ

การควบคุมคุณภาพไม้ผลขึ้นอยู่กับธาตุอาหารพืชและการจัดการ (Hofman *et al*., 2002; Bramlage, 1993) ส่วนของต้นตอพืชมีความสำคัญต่อผลผลิต (Hofman *et al*., 2002) โดยเฉพาะธาตุอาหารพืชมีอิทธิพลมากต่อคุณภาพผลไม้ ในการจัดการนั้นให้ปรับสภาพต้นและ

ความเข้มข้นธาตุอาหารพืชให้เหมาะสม ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม เกี่ยวข้องกับเนื้อสัมผัส อย่างเช่น ในแอปเปิ้ลพบว่าลักษณะของเนื้อสัมผัสและการสุกมีแคลเซียมเข้าไปเกี่ยวข้อง (Abbott *et al*., 1989) สำหรับความแน่นเนื้อเยื่อผลไม้มักขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำแต่ยังขึ้นกับปริมาณของแคลเซียมด้วย (Watada *et al*., 1996) นอกจากนี้การให้แคลเซียมกับแตงหอม (musk lemon) ทำให้ปริมาณน้ำในแตงหอมลดลง (Borochov-Neori and Shomer, 2001) การปรับปรุงสมบัติทางเคมีในผลไม้ที่ระยะผลแก่ เช่น ปริมาณ TSS วิตามินซี ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และอัตราส่วนน้ำตาลต่อกรด ทำได้โดยการให้ปุ๋ยทางน้ำ เช่น มะเขือเทศ (Shi *et al*., 1999) มะนาว (Quaggio *et al*., 2002) การทดลองเกี่ยวกับธาตุโพแทสเซียมกับปริมาณ TSS วิตามินซี และอัตราส่วนน้ำตาลกับกรดในผลมะเขือเทศ เมื่อให้ปุ๋ยทางน้ำพบว่าในสิ่งทดลองที่มีโพแทสเซียมสูงมีอิทธิพลกับสมบัติดังกล่าว (Shi *et al*., 1999) ดังนั้นการให้ธาตุอาหารพืชมีผลกับคุณภาพของผลไม้

Faust (1989) และ Mengel และKirkby (1982) ได้สรุปเกี่ยวกับธาตุอาหารพืชว่าถ้าจัดการให้เหมาะสมได้สามารถทำให้ผลไม้มีคุณภาพดี รักษาคุณภาพได้นาน ให้ผลผลิตดี พร้อมทั้งทำให้พืชเจริญเติบโตทางลำต้นและรากดีด้วย นอกจากนี้นักวิชาการพบว่าธาตุอาหารพืชที่มีความสำคัญต่อคุณภาพผลไม้มาก คือ ธาตุแคลเซียม (Greene and Smith, 1980; Garcia, 2003; อักษร และคณะ, 2546; Kahu, 2002 ; Paliyath and Poovaiah, 1984; Bangerth, 1979)

ยงยุทธ (2546) สรุปปัจจัยที่เกี่ยวกับการขาดธาตุอาหารในพืช คือ ดินหรือวัสดุปลูกมีปริมาณธาตุอาหารน้อย ธาตุอาหารอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ธาตุอาหารอยู่ในสภาพไม่สมดุล และสมบัติทางกายภาพของดินไม่เหมาะสมกับการเติบโตของราก ดังนั้นแนวทางแก้ปัญหากรณีดินหรือวัสดุปลูกมีปริมาณธาตุอาหารต่ำ คือ การใส่ปุ๋ยเคมีและการจัดการที่ดี (Bramlage, 1993; Howeler, 1985) สำหรับการให้ปุ๋ยสามารถใช้วิธีใส่ทางดิน ให้ทางใบหรือให้ทางระบบชลประทาน ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยทางดิน คือ เรื่องสมดุลของธาตุอาหารในดิน เนื่องจากธาตุอาหารบางคู่มีสภาวะปฏิปักษ์ต่อกันในแง่ของการดูดที่รากพืช หรือการใช้ในเซลล์ภายหลังจากที่รากดูดไปแล้ว ดังนั้นปริมาณของธาตุใดธาตุหนึ่งที่ใส่ลงไปในดินจึงต้องไม่สูงเกินไปจนมีผลด้านลบต่อการดูดและใช้ธาตุอื่น ๆ เช่น ดินมีโพแทสเซียมสูงมากทำให้รากพืชดูดแคลเซียม แมกนีเซียมและแอมโมเนียมได้น้อยลง และธาตุที่มีสภาวะปฏิปักษ์ต่อกันในแง่การสะสมในใบ เช่น แคลเซียมกับไนโตรเจน แคลเซียมกับโพแทสเซียม โพแทสเซียมกับแมกนีเซียม และอื่น ๆ ส่วนธาตุที่ส่งเสริมกัน คือ ไนโตรเจนกับแมกนีเซียม (ยงยุทธ และคณะ, 2551)

Menzel และคณะ (1988) พบว่าขณะที่ลิ้นจี่กำลังออกดอกและติดผล ความ

เข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบลดลงอย่างมาก แม้ว่าได้ใส่ปุ๋ยในช่วงนั้นก็ตาม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าใบเป็นแหล่งจ่ายธาตุอาหารโดยตรงสำหรับเลี้ยงผล ดังนั้นการใส่ปุ๋ยจึงต้องทำล่วงหน้าเพื่อเสริมให้แหล่งจ่ายมีโอกาสสะสมธาตุเหล่านั้นไว้จนเพียงพอ (Menzel and Simpson, 1987) สำหรับธาตุอาหารอื่น ๆ เช่น แมกนีเซียม ทองแดง โบรอน และเหล็กนั้นแหล่งจ่ายก็มีส่วนรับภาระในการเลี้ยงดอกและผลอยู่มากพอสมควร ดังนั้นพืชควรได้รับปุ๋ยของธาตุเหล่านี้มาก่อน เช่น พรุนและฮาร์เซลนัท (Hanson and Breen, 1985; Shrestha *et al.*,1986) เนื่องจากทั้ง 4 ธาตุนี้มีข้อจำกัดในด้านการเคลื่อนย้าย ดังนั้นการใส่ปุ๋ยซึ่งมีธาตุดังกล่าวอย่างเพียงพอ เมื่อไม้ผลแตกใบชุดแรกหลังการเก็บเกี่ยว หรือใส่เพิ่มเติมอีกในช่วงหลังเมื่อความเข้มข้นในใบต่ำจึงมีความสำคัญมาก

ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นแคลเซียมในไม้ผล มีดังนี้ สมดุลของธาตุอาหารในดินและเทคโนโลยีการจัดการทางการเกษตร (Witney *et al.*, 1991) ชนิดต้นตอ (rootstock) (Fallahi *et al.*, 2001) กิ่งพันธุ์ (scion) (Wei-wei *et al.*, 2006; Buccheri and Di Vaio, 2004; Casero *et al.*, 2004; Dilmaghani *et al.*, 2004; Kadir, 2004; Lewis, 1980) วิธีการให้ปุ๋ย (Dolega and Link, 1998) ชนิดฮอร์โมน (Marcelle *et al.*, 1981) อัตราส่วนของ N:Ca และ K:Ca (Pacheco *et al.*, 2010) และ K:Ca:Mg (Lieten, 2006) ช่วงเวลาที่ให้แคลเซียม (Raese *et al.*, 1994) ชนิดของสารประกอบแคลเซียม (Silva *et al.*, 2006) ชนิดของปุ๋ย (Neilsen and Neilsen, 2006) และความถี่ในการให้แคลเซียม (Adama and El-Gizawy, 1988)

2.7 การกระจายของธาตุอาหารในแต่ละส่วนของไม้ผล

Proebsting และคณะ (1989) Levin (1980) และ Smith (1962) สรุปว่าส่วนของไม้ผลตั้งแต่ใบ ก้านใบ กิ่ง ลำต้น ดอก และผลมีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกัน ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของไม้ผลนั้นส่วนใหญ่ได้มาจากรากพืชที่ดูดมาจากดิน

การกระจายของธาตุอาหารระหว่างอวัยวะพืช

ธาตุอาหารซึ่งรากพืชดูดได้จากดินถูกนำไปใช้ในกระบวนเมแทบอลิซึม ธาตุเหล่า

นั้นสะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพืชเพื่อนำมาใช้ในการเติบโตขั้นต่อไป การศึกษาข้อมูลด้านการกระจายของธาตุอาหารในไม้ผลในเชิงปริมาณนั้นมีนักวิชาการได้ศึกษา โดยนำพืชทั้งต้นมาวิเคราะห์ทั้งปริมาณและความเข้มข้นของธาตุต่าง ๆ ในแต่ละส่วนน่าจะเป็นวิธีการที่ให้ข้อมูลอย่างชัดเจน (Golomb and Goldschmidt, 1987) Menzel และคณะ (1992) ได้ขุดต้นลิ้นจี่เมื่อเริ่มแทงช่อดอก (เดือนกรกฎาคม) นำแต่ละส่วนมาหาน้ำหนักแห้งแล้ววิเคราะห์ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ซัลเฟอร์ (กำมะถัน) คลอไรด์ แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส ทองแดง สังกะสี และโบรอน รวม 11 ธาตุ ซึ่งได้ข้อสรุปดังนี้ คือ น้ำหนักแห้งทั้งหมดของต้นลิ้นจี คิดเป็นส่วนเหนือดินประมาณร้อยละ 90 ซึ่งเป็นส่วนของใบ กิ่งเล็กและขนาดกลางถึงร้อยละ 65 ใบสะสมธาตุอาหารไว้มากที่สุด รองลงมา คือ กิ่งเล็ก และกิ่งใหญ่ ตามลำดับ ความเข้มข้นเฉลี่ยของธาตุอาหารพืชจากทุกส่วนของลิ้นจี เรียงจากมากไปน้อย คือ ไนโตรเจนมากที่สุด รองลงมา แคลเซียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส คลอไรด์ ซัลเฟอร์ แมงกานีส ทองแดง สังกะสี และโบรอน ตามลำดับ และเมื่อคิดเทียบความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในผลกับธาตุอาหารพืชก่อนออกดอก พบว่า ผลนำโพแทสเซียม ฟอสฟอรัส และสังกะสี ไปใช้ประมาณร้อยละ 66-100 ไนโตรเจน ทองแดง และโบรอน ร้อยละ 30-50 สำหรับแคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส และคลอไรด์นำไปใช้น้อยกว่าร้อยละ 25

ข้อมูลของ Menzel และคณะ (1992) ชี้ให้เห็นว่า ธาตุอาหารที่ใส่ให้ไม้ผลก่อนออกดอกจะสะสมไว้กับพืชแล้วถูกนำมาใช้เพื่อการออกดอกและติดผลในภายหลัง แม้ว่าไม้ผลสะสมธาตุอาหารไว้แต่ละส่วนในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ความเข้มข้นเกือบทุกธาตุในกิ่งเล็กมีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับความเข้มข้นของธาตุเหล่านั้นในใบ แต่ไม่มีสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ ในใบกับลำต้นและราก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าใบเป็นส่วนของพืชที่เหมาะสำหรับใช้วิเคราะห์มากกว่าส่วนอื่น ๆ โดยสอดคล้องกับการศึกษาทดลองในเสาวรส (Menzel *et al.*,1991) แต่อาจมีส่วนอื่นที่เหมาะสมกว่าใบ เช่น ในท้อ ใช้ดอกที่บาน (Igartua *et al.*, 2000)

แหล่งจ่ายและที่รับของธาตุอาหาร

แหล่งจ่าย

การศึกษาเกี่ยวกับการสะสมธาตุอาหารในแต่ละส่วนของไม้ผลพบว่ามีทั้งคล้ายและแตกต่างกันไป เช่น Camerson and Compton (1945) (อ้างโดย อรุณศิริ และคณะ, 2546) พบว่าส้มสะสมทุกธาตุไว้ในใบร้อยละ 30-50 ของทั้งหมด ไม้ผลชนิดอื่นที่สะสมธาตุอาหาร

คล้ายคลึงกับส้ม คือ แอปเปิ้ล (Manson and Whitfield, 1960) และมะม่วง (Eswara *et al*., 1983) ลิ้นจี่สะสมธาตุอาหารไว้ที่ใบ ก้าน กิ่งขนาดเล็กและกิ่งขนาดกลาง ร้อยละ 40-80, 5-15, 15-20 และ5-10 ตาม ลำดับ (Menzel *et al*.,1992) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ไม้ผลยืนต้นสะสมไว้ในส่วนต่าง ๆ จะเป็นอาหารสำรองเพื่อการบำรุงเลี้ยงพืชทั้งต้นให้ดำเนินไปตามปกติ แม้ว่าความเข้มข้นธาตุอาหารเหล่านั้นในดินเปลี่ยนแปลงไปก็จะไม่ส่งผลกระทบต่อพืชนั้นในทันที ในเรื่องนี้ Menzel *et al*.(1992) รายงานตัวอย่างให้เห็นอย่างชัดเจนว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบลิ้นจี่ซึ่งปลูกในดินเหนียวจัดมีความเข้มข้นค่อนข้างคงที่ต่อเนื่องกัน 3 ปี หลังจากงดปุ๋ยไนโตรเจน แม้ว่าในช่วงเวลาดังกล่าวลิ้นจี่จะแตกกิ่งก้านใบและผลิดอกออกผลตามปกติก็ตาม สำหรับธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมนั้นเมื่อใส่ปุ๋ยกับลิ้นจี่ซึ่งปลูกในอัฟริกาใต้ พบว่าเกิดการตอบสนองไม่มากนัก ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณสำรองของธาตุนี้ในพืชและในดินมีสูงมาก (Koen *et al.,* 1981)

แหล่งจ่ายธาตุอาหารของลิ้นจี่นั้น เนื่องจากใบและกิ่งก้านสะสมธาตุอาหารไว้ประมาณร้อยละ 75 ของทั้งหมด ส่วนดังกล่าวจึงเป็นแหล่งจ่ายที่สำคัญ อย่างไรก็ตามการจ่ายธาตุอาหารออกจากแหล่งจ่ายไปสู่ดอกและผลขึ้นอยู่กับความสามารถของการเคลื่อนย้าย ธาตุเหล่านั้นในพืชส่วนมาก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเคลื่อนย้ายจากเนื้อเยื่อแก่ไปยังเนื้อเยื่ออ่อนได้ง่ายทั้งในภาวะที่ขาดแคลนหรือมีธาตุเหล่านั้นเพียงพอ (ยงยุทธ, 2546; Smith, 1986) ในทางตรงข้ามการเคลื่อนย้ายของซัลเฟอร์ แมงกานีส ทองแดง สังกะสี และโบรอนขึ้นอยู่กับปริมาณที่สะสมอยู่ในพืช กล่าวคือการเคลื่อนย้ายของธาตุเหล่านี้จากเนื้อเยื่อแก่ไปยังเนื้อเยื่ออ่อนจะเกิดขึ้นเมื่อพืชได้รับจากดินอย่างเหลือเฟือ ดังนั้นเมื่อพืชแตกใบอ่อน แทงช่อดอก หรือติดผล จำเป็นต้องได้รับจากดินในขณะนั้นอย่างเพียงพออวัยวะใหม่จึงจะเติบโตตามปกติ แต่แมกนีเซียมนั้นเมื่อพืชได้รับจากดินน้อยลงจนถึงระดับขาดแคลน ธาตุนี้ในใบแก่จะเคลื่อนย้ายไปยังใบอ่อน ราก ใหม่และผล (Swietlik and Faust, 1984)

แหล่งรับ

ส่วนของผลจัดว่าเป็นแหล่งรับที่สำคัญที่สุด เช่น ผลลิ้นจี่รับธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมได้มาก ดังนั้นความเข้มข้นของธาตุทั้งสามในใบจึงลดลงรวดเร็วในช่วงที่ผลเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นที่ผลดก (Jackson, 2003; Palmer *et al*., 2003; Ferguson and Watkins, 1989) หากดินที่ปลูกเป็นดินทรายและไม่ใส่ปุ๋ยอย่างเพียงพอตั้งแต่ต้นแล้วธาตุทั้งสามในใบจะลดลงจนถึงระดับขาดแคลน แม้จะใส่ปุ๋ยเมื่อลิ้นจี่ออกดอกแล้วก็ไม่อาจยกระดับธาตุอาหาร

ในใบขึ้นสู่ระดับปกติได้ หากพิจารณาธาตุอื่น ๆ ด้วยจะเห็นได้ว่าปริมาณสำรองของธาตุอาหารเหล่านั้นในส่วนต่าง ๆ มีความสำคัญต่อการเจริญของผลอย่างยิ่ง เนื่องจากผลได้รับเอาร้อยละ 30-100 ของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ทองแดง สังกะสี และโบรอนที่เคยสะสมไว้ในต้นทั้งหมด (Menzel *et al*., 1988)

ดอกเป็นแหล่งรับธาตุอาหารที่สำคัญอีกส่วนหนึ่ง ดังนั้นการร่วงของดอกและผลอ่อนภายหลังการผสมเกสรจึงเป็นการสูญเสียธาตุอาหารมิใช่น้อย แอปเปิ้ลสูญเสียไนโตรเจนจากแหล่งจ่ายไปในส่วนนี้ร้อยละ 15-20 (Kramer and Kozlowski, 1979) ดอกและผลส้มอ่อนที่ร่วงจากต้นอายุ 16 ปี ได้นำเอาไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมออกไป 205, 16.5, 143, 37 และ 13.2 กรัมต่อต้น (Guardiola *et al*., 1984)

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบกับผลผลิต

การผลิตไม้ผลเพื่อการค้าให้ได้ผลดีนั้นธาตุอาหารเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เช่น ในการผลิตลิ้นจี่เมื่อขาดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี ทองแดง และโบรอน จะทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก (Menzel and Simpson, 1987) Menzel and Simpson (1990) ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับความเข้มข้นของฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ โบรอน แมงกานีส เหล็ก และทองแดงในใบลิ้นจี่

วิธีการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินและสถานภาพด้านธาตุอาหารของพืชที่ดีวิธีหนึ่ง คือ การวิเคราะห์พืช ซึ่งเนื้อเยื่อใบเป็นส่วนที่เหมาะสมแก่การวิเคราะห์ (Munson and Nelson, 1973; Leece, 1968) เนื่องจาก 1) เลือกเก็บตัวอย่างง่าย 2) ใบมีหน้าที่สำคัญเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชทั้งต้น และ 3) ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบลด ลงเมื่อดินสนองธาตุอาหารน้อย และเมื่อใบพืชขาดธาตุเหล่านั้นจะมีผลกระทบต่อการสังเคราะห์แสงและกระบวนการทางสรีรวิทยาอื่น ๆ ของพืชทันที

ความเข้มข้นธาตุอาหารที่ติดไปกับการเก็บเกี่ยว

สำหรับไม้ผลอาหารที่สะสมอยู่ในต้นมีความสำคัญสำหรับการออกดอกและผลที่กำลังเติบโต จากการศึกษาโดยใช้ N^{15} กับส้ม พบว่าร้อยละ 63-77 ของธาตุไนโตรเจนที่ต้นส้มใช้ในการเติบโตและออกดอกได้มาจากไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในต้น มีเพียงร้อยละ 23-27 เท่านั้นที่ได้มา

จากดิน (นันทรัตน์, 2544) หรือแม้แต่ไม้ดอกอาหารที่สะสมอยู่ในต้นก็มีความสำคัญเพราะว่าในการให้ปุ๋ยไนโตรเจนโดยใช้ N^{15} เพื่อให้ต้นกุหลาบออกดอก โดย Cabrera และคณะ (1995) ยังพบว่าต้นกุหลาบนำไนโตรเจนจากปุ๋ยมาใช้เพียงร้อยละ 16-36 เท่านั้น

การสูญเสียธาตุอาหารไปกับผลผลิต โดยเฉพาะในส่วนผลที่เก็บเกี่ยวเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดสูตรปุ๋ยสำหรับไม้ผล (นันทรัตน์, 2544) จึงได้มีนักวิชาการหาค่าธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิตของไม้ผล ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในผลของไม้ผลชนิดต่าง ๆ

ชนิดไม้ผล	กรัมต่อกิโลกรัมผลสด			$N:P_2O_5:K_2O$	ที่มา
	N	P_2O_5	K_2O		
ส้ม (แมนดาริน), ฟลอริดา	1.53	0.38	2.46	4:1:6.5	Koo (2008)
ส้มโชกุน(ผลสุก)	1.30	0.69	2.34	1.9:1:3.4	นันทรัตน์ (2544)
ลิ้นจี่(ฮงฮวย)	2.37	0.74	3.06	3.2:1:4.1	นันทรัตน์ (2544)
ลำไย	3.71	0.96	4.50	3.9:1:4.7	ยุทธนาและคณะ (2544)
อโวกาโด	2.60	1.05	4.70	2.5:1:4.5	Salazar-Garcfa (2001)
มังคุด	1.40	1.31	4.36	1.1:1:3.3	ปัญจพร (2544)
มะม่วง	5.78	2.0	6.70	2.89:1:3.35	นันทกร (2544)

สำหรับความเมข้นของธาตุอาหารเมื่อแยกผลผลิตออกเป็นส่วน ๆ ดังเช่น ผล การศึกษาส่วนต่าง ๆ ของผลส้ม สรุปได้ว่าเกือบทุกส่วนของผลผลิตธาตุโพแทสเซียมมากที่สุด รองลงมาคือไนโตรเจน ส่วนธาตุฟอสฟอรัสมีปริมาณต่ำที่สุดในทุกส่วนของผล (นันทรัตน์, 2544) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในเปลือกผล กาก เมล็ด และน้ำคั่นของส้ม

ส่วนของผล	ธาตุอาหาร(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
เปลือก	506.7	142.1	757.4
กาก	332.8	64.6	404.5
เมล็ด	217.8	21.3	152.4
น้ำคั้น	243.3	77.0	617.0

ที่มา: นันทรัตน์ (2544)

ผลลิ้นจี่ประกอบไปด้วยเปลือกร้อยละ 7.7 เนื้อร้อยละ 77.3 และเมล็ดร้อยละ 15 ของน้ำหนักผลสด Singh (1952) (อ้างโดย อรุณศิริ และคณะ, 2546) พบว่าการกระจายของธาตุต่าง ๆ ในผลลิ้นจี่ มีดังนี้ ร้อยละ40-50 ของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และคลอไรด์อยู่ในเนื้อผล ร้อยละ 50-60 ของแคลเซียม และแมกนีเซียมอยู่ในเปลือกผล ร้อยละ 37 ของไนโตรเจนอยู่ในเมล็ด ส่วนธาตุอื่น ๆ มีอยู่ในเมล็ดร้อยละ 7-25 เท่านั้น

จากการประมวลข้อมูลธาตุอาหารพืชต่าง ๆ ในลิ้นจี่ที่สูญเสียไปเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต 100 กิโลกรัม เรียงจากมากไปหาน้อย ดังนี้ คือ โพแทสเซียม 240-320 กรัม รองลงมาไนโตรเจน 90-250 กรัม ฟอสฟอรัส 35-50 กรัม แคลเซียม 20-60 กรัม คลอไรด์ 2.0-2.5 กรัม โซเดียม 1.0-1.4 กรัม เหล็ก 0.6-1.3 กรัม สังกะสี 0.7-1.0 กรัม ทองแดง 0.5-1.0 กรัม แมงกานีส 0.4-0.7 กรัม และโบรอน 0.3-0.7 กรัม ตามลำดับ (Menzel and Simpson, 1987)

Menzel and Simpson (1987) รายงานแนวโน้มของการสะสมธาตุต่าง ๆ ในแต่ละช่วงของการเติบโตของผลว่า ในช่วง 4-6 สัปดาห์หลังจากเริ่มติดผลการสะสมธาตุอาหารเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และอัตราการสะสมจะเพิ่มสูงขึ้นหลังจากติดผลแล้ว 7-8 สัปดาห์ แนวโน้มดังกล่าวแตกต่างจากไม้ผลชนิดอื่น เช่น พีแคน ซึ่งสะสมธาตุอาหารอย่างช้า ๆ ในช่วง 10 สัปดาห์แรกหลังจากดอกบาน เมื่อเมล็ดเริ่มสร้างเอ็นโดสเปิม อัตราการสะสมธาตุอาหารในผลสูงจนถึงเมล็ดแก่ (Diver and Smith, 1984)

2.8 บทบาทแคลเซียมในพืช

แคลเซียมจำเป็นสำหรับการเติบโตของพืช (Fageria *et al*., 2011) นักวิชาการได้ศึกษาและสรุปเกี่ยวกับบทบาทของธาตุแคลเซียม คือ เกี่ยวข้องกับการพัฒนาของเนื้อไม้พืช จึงมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเติบโตในส่วนปลายรากของพืชซึ่งทำหน้าที่ในการดูดน้ำและอาหาร การเกิดปมของพืชตระกูลถั่ว ตลอดจนการงอกของเมล็ดและการเติบโตของอับละอองเกสรตัวผู้ นอกจากนี้ยังควบคุมการเคลื่อนย้ายของสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ เกิดการรวมตัวกับโมเลกุลของอินทรียสาร เช่น เพกติน กลายเป็นแคลเซียมเพกเตต ซึ่งทำหน้าที่ในการแบ่งเซลล์และการยืดขยายตัวของเซลล์ และควบคุมการสุกของพืชผักและผลไม้ รวมทั้งการผลัดใบในระยะเวลาที่เหมาะสม ทำให้พืชดูดดึงไอออนต่าง ๆ เพิ่มขึ้น เช่น โพแทสเซียม และไนเตรต ฯลฯ ดังนั้นโดยทั่วไปแคลเซียมเกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ของพืช เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ เป็นส่วนหนึ่งภายในเซลล์ และเกี่ยวข้องกับยีน นอกจากนี้เป็นธาตุที่ไรโซเบียมมีความต้องการที่รากพืชตระกูลถั่ว (Hanson, 2001; Neilsen, 2001; Paton, 2001; Robert, 2001; Davidson *et al*., 2000; Reuter and Robinson,1997; Marschner,1995; สัมฤทธิ์, 2538; สุมาลี, 2536; ปรีดา และพิชิต, 2535; Reuter and Robinson,1986)

2.9 สมบัติทางเคมีของแคลเซียม

แคลเซียมเป็นไดเวเลนซ์แคตไอออนที่มีสมบัติเหมาะสม สำหรับการเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของสรีระสำคัญต่าง ๆ Hanson (1984) และ Leshem (1992) อธิบายบทบาทของแคลเซียม คือ 1) โปรตีนในเซลล์จับกับ Ca^{2+} ได้พอดีเมื่อเข้ารวมกับโปรตีนแล้วมีแนวโน้มที่จะช่วยให้โปรตีนนั้นมีเสถียรภาพไม่ถูกทำลายเนื่องจากความร้อน และไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์โดยง่าย 2) ขนาดของอะตอมพอดีกับร่องหรือแอ่งบนผิวโมเลกุลขนาดใหญ่หรือระหว่างโมเลกุลขนาดใหญ่ จึงทำหน้าที่เชื่อมโยงภายในเยื่อได้ดีกว่าแมกนีเซียม และ 3) Ca^{2+}เข้าจับกับลิแกนด์ต่าง ๆ ได้ดีกว่า Mg^{2+} ดังนั้นเพื่อปกป้องให้ Mg^{2+} สามารถทำหน้าที่ในไซโตพลาซึมได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องมีกลไกสูบแคลเซียมออกจากไซโตพลาซึมให้เหลือพอประมาณ

2.10 ปริมาณของแคลเซียมในดิน

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2535) ได้สรุปว่าเมื่อหินและแร่เกิดการสลายตัวและผุพังแล้วรวมตัวกับอินทรียสารจนพัฒนาตัวกลายเป็นดิน โดยทั่วไปหินที่พบมากที่สุดคือ หินอัคนี ส่วนหินตะกอนและหินแปรมีอยู่น้อย จากการวิเคราะห์ตัวอย่างหินดังกล่าวซึ่งเป็นวัตถุให้ต้นกำเนิดดินพบว่าประกอบไปด้วยธาตุที่ซ้ำกัน แต่มีธาตุอยู่เพียง 8 ธาตุที่มีอยู่ชนิดละมากกว่าร้อยละ 10 คือ ออกซิเจน ซิลิกอน อะลูมินัม เหล็ก แคลเซียม โซเดียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียม ถึงแม้ว่าพืชจะดูดดึงธาตุต่าง ๆ ในโลกนี้เข้าไปใช้มากกว่า 90 ชนิด แต่ที่ถูกจัดให้เป็นธาตุที่จำเป็นต่อพืชมีเพียง 16 ธาตุ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม ซัลเฟอร์ แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส โบรอน ทองแดง สังกะสี โมลิบดินัม และคลอรีน สามธาตุแรกได้จากน้ำและอากาศ ธาตุอื่น ๆ พืชได้จากดิน (Rosen, 2002; Fageria,1984; Epstein,1972)

ธาตุแคลเซียมโดยธรรมชาติในเปลือกโลกพบเฉลี่ยประมาณร้อยละ 3.46 (ปรีดาและพิชิต, 2535) ดินในพื้นที่เขตร้อนโดยทั่วไปมีปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ (Brady and Weil, 2002; Havlin *et al*., 1999) สัมฤทธิ์ (2538) สุมาลี (2536) Tisdale *et al*. (1993) และคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2535) ได้อธิบายเกี่ยวกับปริมาณแคลเซียมจากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้ ดินในเขตร้อนชื้นมีแคลเซียมในสารละลายดินอยู่ในช่วง 30-300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ppm) ส่วนดินที่มีฝนชุกจะมีแคลเซียมในสารละลายดินในช่วง 8-45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นค่าเฉลี่ยที่ใช้ทั่วไป คือ 33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ระดับแคลเซียมในสารละลายดินที่ถือว่าเพียงพอสำหรับข้าวโพด คือ 15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับประเทศไทยมีแคลเซียมในสารละลายดินค่อนข้างต่ำ คือ 3-45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เฉลี่ยทั้งประเทศประมาณ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ความเข้มข้นระดับนี้เพียงพอที่จะปลูกพืชหลายชนิดรวมทั้งพืชตระกูลถั่ว ซึ่งต้องการแคลเซียมสูงกว่าพืชชนิดอื่น ๆ หากพิจารณาระดับแคลเซียมในดินในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ ซึ่งพืชใช้ประโยชน์ได้ดี และพบแคลเซียมมากที่สุดในดินนาภาคกลาง [2400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือ 12 เซนติโมล (+)ต่อกิโลกรัม (cmol(+)/Kg)] และต่ำสุดในภาคใต้ (684 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือ 3.42 เซนติโมล (+)ต่อกิโลกรัม) ส่วนปริมาณแคลเซียมในดินไร่ โดยทั่วไปเฉลี่ยต่ำกว่าที่พบในดินนา ซึ่งค่าวิกฤตแคลเซียมในดินไร่ที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดไว้ คือ 1.50 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม (นวลจันทร์และคณะ, 2546) ยกเว้นในดินที่มีสภาพเป็นด่าง ดังนั้นโดยทั่วไปแล้วดินที่ใช้เพาะปลูกมักไม่พบปัญหาของการขาดธาตุนี้ ยกเว้นดินที่มีปัญหา เช่น ดินกรดจัด ดินทราย และดินที่ผ่านการกักกร่อน

อย่างไรก็ตามในดินก็จะมีปริมาณธาตุแคลเซียมแตกต่างกันไปตามชนิดของดิน วัตถุต้นกำเนิดดิน ระยะเวลาในการผุกร่อน และการถูกชะละลาย

สุมาลี (2536) Tisdale และคณะ (1993) และ ปรีดา และพิชิต (2535) ได้อธิบายถึงปัจจัยที่มีผลกับความเป็นประโยชน์ของแคลเซียมต่อพืช คือ ปริมาณของแคลเซียมในดิน พีเอชของดิน ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ร้อยละแคลเซียมที่อิ่มตัว ชนิดของสารคอลลอยด์ดิน และอัตราส่วนระหว่างแคลเซียมกับธาตุประจุบวกชนิดอื่น ๆ

2.11 ปริมาณของแคลเซียมในพืช

พืชดูดดึงแคลเซียมจากสารละลายดินไปใช้ในรูป Ca^{2+} โดยเข้าสู่ทางรากด้วยกระบวนการไหลของมวลสาร และแลกเปลี่ยนกับราก (สุมาลี, 2536) สำหรับความเข้มข้นของแคลเซียมในพืชแตกต่างกันตามสภาพการปลูก พันธุ์พืชและอวัยวะซึ่งแปรผันอยู่ในช่วง 1.0 ถึงมากกว่า 50.0 กรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง (ยงยุทธ, 2546) และปริมาณแคลเซียมในใบโดยทั่วไปเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.5-10.0 กรัมต่อกิโลกรัม (Reuter and Robson, 1986) พืชที่ต้องการแคลเซียมสูงได้แก่ พืชตระกูลถั่ว รองลงมาเป็นพวกพืชผักและไม้ผล เช่น มะเขือเทศ เชอร์รี่ และพริกไทย (ปรีดา และพิชิต, 2535) สำหรับปริมาณแคลเซียมในพืชแต่ละชนิดเป็นดังนี้ ส้มทั้งใบและ ผลพบว่าแคลเซียมมีแนวโน้มที่จะเป็นธาตุอาหารที่ส้มดูดดึงขึ้นมาใช้ประโยชน์ในปริมาณมากเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาคือโพแทสเซียม ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ตามลำดับ (นันทรัตน์, 2544) ใบมังคุดเมื่ออายุมากขึ้นความเข้มข้นของแคลเซียมเพิ่มขึ้น (เนาวรัตน์, 2548) เช่นเดียวกับผลมะเขือเทศปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้นตามอายุผล (Adama and El-Gizawy, 1988) ในกรณีของแอปเปิ้ลช่วงแรกที่ผลกำลังเติบโตต้องการแคลเซียมสูง และช่วงที่ผลขยายตัวเร็วเป็นช่วงที่ต้องการแคลเซียมต่ำ แคลเซียมสะสมเพิ่มขึ้นในก้านใบเมื่อผลเติบโตขึ้น และระยะที่เหมาะในการดูดใช้แคลเซียมของผล คือ 4-5 สัปดาห์หลังดอกบาน (Wei-wei *et al.*,2006)

2.12 ระดับของธาตุแคลเซียมที่เหมาะสมต่อไม้ผล

ระดับของแคลเซียมในใบที่พอเหมาะแก่การเจริญเติบโตของไม้ผล ได้แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 4 การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุแคลเซียมที่สะสมอยู่ในส่วนใบของไม้ผลในระยะเวลาที่เหมาะสมสามารถนำมาใช้ตรวจสอบว่าพืชขาดแคลเซียมหรือไม่ อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับส่วนของพืชที่นำมาวิเคราะห์ อายุของพืช รวมทั้งสายพันธุ์ ฯลฯ (ปรีดา และพิชิต, 2535) สำหรับระดับของแคลเซียมของส่วนเหนือดินที่ถือว่าเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ 5.0 กรัมต่อกิโลกรัม (Marschner, 1995) และในแต่ละปีไม้ผลมีความต้องการแคลเซียมในปริมาณ 40-80 กิโลกรัมต่อไร่ (250-500 กิโลกรัม Ca ต่อเฮกแตร์) (Gypsum Co. , 2003b)

ตารางที่ 4 ปริมาณแคลเซียมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของไม้ผลบางชนิด

ชนิดไม้ผล	ส่วนของพืช	ปริมาณแคลเซียม(กรัมต่อกิโลกรัม)		
		ต่ำ	พอเหมาะ	สูง
มะม่วง	ใบ	-	20.0-50.0	-
มักคะเดเมีย	ใบ	<4.0	7.0-8.0	>9.0
ส้ม	ใบ	<8.0	8.0-25.0	>30.0
สับปะรด	ใบ	<2.1	2.2-4.0	>4.0
กล้วย	ใบอ่อน	<6.0	6.0-9.0	>12.5

ที่มา: Reuter และ Robson (1986)

2.13 ผลของแคลเซียมต่อคุณภาพของผลผลิต

การศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพของผลผลิตกับธาตุแคลเซียมนั้น Greene and Smith (1980) ได้ฉีดพ่น $CaCl_2$ 31.7, 42.3 และ 52.8 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี ที่ละลายในปริมาตร 234 ลิตรต่อเฮกแตร์ และใช้ $CaCl_2$ 31.7 และ 42.3 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี ที่ละลายในปริมาตร 93.5

ลิตรต่อเฮกแตร์ สามารถลดการเกิดอาการ cork spot ของผลแอปเปิ้ลพันธุ์ York Imperial ลงได้ต่ำกว่าร้อยละ 37 จากที่พบในต้นที่ไม่ได้ฉีดพ่น $CaCl_2$ ใน Estonia Kahu (2002) ได้ศึกษาการฉีดพ่น $CaCl_2$ และ $Ca(NO_3)_2$ ร่วมกันกับแอปเปิ้ลสายพันธุ์ต่าง ๆ เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้ฉีดพ่น พบว่าผลแอปเปิ้ลที่ฉีดพ่นให้คุณภาพและอายุการเก็บรักษาดีกว่าผลแอปเปิ้ลที่ไม่ได้ฉีดพ่น และ Ernani และคณะ (2002) ได้ศึกษาการใช้ $CaCl_2$ อัตรา 0.5 % ฉีดพ่นแอปเปิ้ลสายพันธุ์ Gala ทางตอนใต้ของบราซิล พบว่า ผลของแอปเปิ้ลมีขนาดใหญ่ขึ้นและอัตราส่วนของใบต่อผลมีค่าสูงขึ้นด้วย Garcia (2003) ได้ศึกษาอิทธิพลของการฉีดพ่นสารแคลเซียมคลอไรด์กับคุณภาพของแอปเปิ้ลสายพันธุ์ Golden Delicious พบว่า การเกิดรอยบุ๋มที่ผลลดลง ปริมาณแคลเซียมที่เปลือกเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับต้นที่ไม่ได้ฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ Broom (2003) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแคลเซียมกับลักษณะผิดปกติภายในผล จำนวนผลผลิตทั้งหมด และค่าเฉลี่ยขนาดของผล แอปเปิ้ลสายพันธุ์ Braeburn ที่ระยะเก็บเกี่ยวในประเทศนิวซีแลนด์ สรุปว่าเมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมในผลเพิ่มขึ้นร้อยละลักษณะผิดปกติภายในผลลดลง ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ร้อยละลักษณะผิดปกติภายในผล จำนวนผลผลิตทั้งหมด และ ค่าเฉลี่ยขนาดของผล และความเข้มข้นของแคลเซียมในแอปเปิ้ลสายพันธุ์ Braeburn ประเทศนิวซีแลนด์

ต้นที่	ลักษณะผิดปกติภายในผล(%)	จำนวนผลผลิตทั้งหมด	ค่าเฉลี่ยขนาดของผล (มิลลิเมตร)	ความเข้มข้นของแคลเซียม (มิลลิกรัมต่อ100 กรัม น้ำหนักสด)
1	44.6	359	190.82	2.99
2	24.5	309	192.94	3.25
3	24.0	404	169.26	3.41
4	23.0	321	171.25	3.66
5	15.0	313	178.73	3.50
6	10.5	497	164.24	3.94

ที่มา : Broom (2003)

สำหรับส้มเขียวหวานนั่น อักษร และคณะ (2546) ที่จังหวัดแพร่และน่าน โดยการใส่ยิบซัมอัตรา 1.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี พบว่า ก่อให้เกิดประโยชน์ทางด้านการปรับปรุงสภาพของดินและธาตุอาหารของส้มเขียวหวาน ทำให้ได้ผลผลิตมีคุณภาพ เปลือกหนาปานกลาง ปอกง่าย

รสชาติ หวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย อร่อย และไม่เฝื่อน ปริมาณน้ำมีมากและกากส้มน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้ใส่ยิปซัม นอกจากนี้ Vuthy (1999) ได้ศึกษาผลของการใช้ Ca 5.5 % และ B 0.5 % ในอัตรา 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน โดยฉีดพ่นต้นมะเขือเทศ 4 สายพันธุ์ คือ CH 154 ศรีดาทิพย์ P502 และ UC 82 หลังจากปลูกไปแล้ว 35 วัน ทุก ๆ สัปดาห์จนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า ผลผลิต น้ำหนักผลต่อต้น จำนวนผลต่อต้น ความแน่นเนื้อ ความหนาของผิวผลเพิ่มขึ้นกว่ามะเขือเทศที่ไม่ได้ฉีดพ่น ดังตารางที่ 6 และ Summer (1993) (อ้างโดย บริษัทปุ๋ยแห่งชาติ, 2546) ได้ศึกษาผลของการใช้ยิปซัมกับการแพร่กระจายของรากพืชชนิดต่าง ๆ พบว่า ข้าวโพดในระดับความลึก 0-30 ซม. การกระจายของรากในแปลงใส่ยิปซัมมีค่าต่ำกว่าแปลงที่ไม่ได้ใส่ แต่แอปเปิ้ลและหญ้าอัลฟัลฟาทุกระดับความลึกในแปลงที่ใส่ยิปซัมให้ความหนาแน่นของรากและความยาวรากมากกว่าแปลงที่ไม่ได้ใส่ยิปซัมดังตารางที่ 7

ตารางที่ 6 ผลของการฉีดพ่นแคลเซียมร่วมกับโบรอนต่อค่าเฉลี่ยของผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะของผลผลิตของมะเขือเทศ

สิ่งทดลอง	น้ำหนักต่อต้น (กิโลกรัม)	จำนวนผลต่อต้น (ผล)	ผลผลิต (ตันต่อเฮกตาร์)	ความกว้างผล (มิลลิเมตร)	ความยาวผล (มิลลิเมตร)	ร้อยละการติดผล (%)	ความแน่นเนื้อ (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	ความหนาเปลือก (มิลลิเมตร)	TSS (องศาบริกซ์)
ไม่ฉีดพ่น	1.32	63.6	34.0	39.89	48.74	60.1	2.67	5.62	5.7
ฉีดพ่น	1.48	67.1	38.1	37.99	47.09	59.3	2.97	5.83	5.6

ที่มา : Vuthy (1999)

ตารางที่ 7 ผลของการใช้ยิปซัมต่อการแพร่กระจายของรากพืชชนิดต่าง ๆ ตามระยะความลึกของดิน

ความลึกของดิน (ซม.)	ข้าวโพด (บราซิล)		แอปเปิ้ล (บราซิล)		อัลฟัลฟา (จอร์เจีย)	
	การแพร่กระจายของราก (%)		ความหนาแน่นของราก (ซม./กรัม)		ความยาวราก (เมตร/เมตร^3)	
	แปลงควบคุม	ใส่ยิปซัม	แปลงควบคุม	ใส่ยิปซัม	แปลงควบคุม	ใส่ยิปซัม
0-15	53	34	50	119	375	439
15-30	27	25	60	104	40	94
30-45	10	12	18	89	11	96
45-60	8	19	18	89	52	112
60-75	2	10	18	89	4	28

ที่มา : บริษัทปุ๋ยแห่งชาติ (2546)

2.14 การขาดแคลเซียม

2.14.1 สาเหตุของการขาดธาตุอาหารในพืช

การขาดธาตุอาหารในพืชนั้นมีหลายสาเหตุด้วยกัน ซึ่งยงยุทธ (2546) ได้สรุปไว้ดังนี้ 1) ธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินหรือวัสดุปลูกมีปริมาณน้อย 2) ธาตุอาหารอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ 3) ธาตุอาหารชนิดหนึ่งที่มีมากส่งผลให้ปริมาณการดูดธาตุอาหารอีกชนิดหนึ่งลดลงได้ 4) สมบัติทางกายภาพของดินไม่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของราก

2.14.2 สาเหตุของการขาดแคลเซียม

สำหรับสภาพแวดล้อมที่ส่งผลให้พืชเกิดอาการขาดธาตุแคลเซียม เช่น พีเอชดินต่ำมาก (Brady and Weil, 2002; ถาวร, 2541; Havlin *et al.,* 1999) การให้ปุ๋ยไนโตรเจน (จำเป็น และคณะ, 2548; ยงยุทธ, 2546; Magdoff and Amadon, 1980; Kanwar, 1976) หรือโพแทสเซียมมากเกินไป (จำเป็น และคณะ, 2548; ยงยุทธ, 2546) ความชื้นสัมพัทธ์สูง (ยงยุทธ, 2546; Lim *et al*., 1999a; Tromp, 1980) วัสดุปลูกมีความเข้มข้นแคลเซียมไม่เพียงพอ (ยงยุทธ, 2546; สุมาลี, 2536; Tisdale *et al*.,1993; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535; ปรีดา และพิชิต, 2535) กรณีดินที่มีความเป็นกรด-ด่างสูง ด้วยสาเหตุของแคลเซียมคาร์บอเนตในวัสดุปลูกอาจทำให้เกิดปัญหาความสมดุลระหว่างแคลเซียมกับธาตุอื่น ๆ เช่น ไนโตรเจน โพแทสเซียม และแมกนีเซียม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535)

2.14.3 อาการขาดธาตุแคลเซียมในพืช

เมื่อธาตุอาหารชนิดใดชนิดหนึ่งมีไม่เพียงพอแก่ความต้องการของพืช ในขั้นแรกจะมีผลกระทบต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยธาตุชนิดนั้นทำให้การเกิดปฏิกิริยาลดลง เมื่อกระบวนการดังกล่าวดำเนินต่อไประยะหนึ่ง พืชปรากฏอาการขาดธาตุอาหารสำหรับอาการขาดธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิด ในแต่ละธาตุมีลักษณะต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับหน้าที่ของธาตุอาหารนั้นและความสามารถในการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารในท่อลำเลียงมีผลกระทบทำให้การเติบโตของพืชลดลง ผลผลิตพืชจึงลดลงด้วย ตามปกติพืชขาดธาตุอาหารพืช

มักแสดงอาการผิดปกติออกทางใบ ราก เนื้อเยื่อ หรือผลผลิต สำหรับแคลเซียมได้มีรายงานแสดงอาการขาดจากนักวิชาการมากมาย (Longstroth, 2002; Hydroponics Thai, 2001; Marschner, 1995; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535; ปรีดา และพิชิต, 2535; สุมาลี, 2535; Reuter and Robinson, 1986)

สมบุญ (2538) ได้สรุปถึงเหตุผลในการแสดงอาการที่บริเวณปลายยอด และปลายรากไม่เจริญ เมื่อพืชขาดแคลเซียม เนื่องจากเนื้อเยื่อไม่สร้างผนังเซลล์ทำให้เซลล์ไม่แบ่งตัว ลำต้น ยอด และก้านใบเปราะหักง่าย เซลล์ไม่ขยายตัว ส่วนอาการใบเหลืองในบริเวณใบอ่อน และใบอ่อนมักบิดเบี้ยวเสียรูปทรง เกิดลักษณะงอคล้ายตะขอ ที่ส่วนปลายยอด ปลายรากไม่เจริญ ลำต้นแคระแกร็น เป็นเพราะแคลเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ยาก อาการขาดธาตุแคลเซียมจึงเกิดที่บริเวณใบอ่อนก่อน ปรีดา และพิชิต (2535) รายงานว่าเมื่อเซลล์แตกจากสาเหตุขาดแคลเซียมทำให้เชื้อโรคเข้าทำลายง่าย จึงทำให้เกิดโรคก้นเน่าในมะเขือเทศ โรคไส้ดำในเซอรี่ สำหรับอวัยวะที่คายน้ำน้อย เช่น ผล แต่อัตราการเติบโตสูงมักมีความเสี่ยงต่อการขาดแคลเซียมหรือมีแคลเซียมในอวัยวะนั้นต่ำกว่าระดับวิกฤต หรือมีธาตุนี้ไม่เพียงพอสำหรับคงสภาพที่ดีของเนื้อเยื่อไว้ได้ เป็นเหตุให้พืชแสดงอาการขาดแคลเซียมที่ผล เช่น ก้นผลมะเขือเทศเน่า (blossom end rot) (Borkowski, 1984) ผิวผลแอปเปิ้ลมีรอยบุ๋ม (bitter pit) (Porro *et al*., 2006 ; Yuri *et al*., 2002) เกิด vitrescence กับผลแตงเทศ (Jean-Baptiste *et al*., 1999) ผลแตกในเชอร์รี (Sekse, 1998) หรืออวัยวะอื่น ๆ เช่น ไส้ไหม้ของสับปะรด (Napier and Combrink, 2006) ไส้เน่าของผลเชอร์รีและหัวกะหล่ำ (ยงยุทธ, 2546) ปลายใบไหม้ของต้น fennel (van Wijk and Broek, 2000) และสตรอเบอร์รี (Coosemans, 1989)

สำหรับผลสดหากมีแคลเซียมน้อยเกินไปจะเข้าสู่สภาพเสื่อมตามอายุรวดเร็วและเชื้อราเข้าทำลายง่าย ความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวจึงมีสูง หากสามารถเพิ่มแคลเซียมในผลได้แม้เพียงเล็กน้อยก็จะช่วยยืดเวลาการเก็บได้นานขึ้น (ยงยุทธ, 2546) He และคณะ (1999) ได้ศึกษาการขาดธาตุแคลเซียมเป็นระยะเวลาหนึ่งต่อการเติบโตและความเข้มข้นของธาตุอาหาร ในน้ำเยื่อก้านใบของมะเขือเทศ พบว่า หลังจากที่งดการให้แคลเซียมแก่พืชเป็นเวลา 10 วัน ใบที่อยู่ด้านบนจะแสดงอาการขาดธาตุอาหารซึ่งทำให้ผลผลิตเชิงพาณิชย์ลดลง และพบอาการก้นผลเน่า นอกจากนี้ยังพบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมในน้ำเยื่อก้านใบมะเขือเทศลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่ความเข้มข้นของธาตุอื่นไม่ได้รับผลกระทบจากการขาดธาตุแคลเซียมชั่วคราวแต่อย่างใด

การเกิดปฏิปักษ์ระหว่างแคลเซียมกับธาตุต่าง ๆ เช่น โพแทสเซียม แมกนีเซียม สังกะสี และแมงกานีส สาเหตุของการเกิดปฏิปักษ์มีนักวิชาการ (สมพร และคณะ, 2551; ยงยุทธ,

2546; สุมาลี, 2536; Kabata-Pendias and Pendias, 1992) ให้เหตุผลดังนี้ 1) พืชจะดูดแคลเซียมได้ช้ากว่าโพแทสเซียม แมกนีเซียมและแมงกานีส เมื่อเกิดการแข่งขันระหว่างธาตุทำให้พืชขาดแคลเซียมได้ และ 2) การยับยั้งการดูดดึง เช่น สังกะสีมีความสามารถในการยับยั้งการดูดดึงแคลเซียม

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิปักษ์มีดังนี้ ปริมาณแคลเซียมในใบยาสูบลดลงเมื่อให้ปุ๋ยไนโตรเจนทั้งรูปแอมโมเนียมและยูเรีย (Dekock, 1971) และกรณียาสูบเมื่อให้ไนเตรตต่อเนื่องทำให้การดูด Ca^{2+} (ในส่วนเหนือดิน) ดีกว่าการให้แบบสลับกับไม่ให้ (Coic *et al*., 1971) อัตราส่วนของโพแทสเซียมต่อแคลเซียมมีผลต่อการดูดฟอสเฟตและซัลเฟตของต้นกล้าข้าวบาร์เลย์ (Gunar *et al*., 1971) โดยทดลองปลูกข้าวบาร์เลย์ให้ได้รับสารเคมีเป็นระยะสั้น ๆ (30 และ 120 นาที) ปรากฏว่าแคลเซียมในรูปของแคลเซียมคลอไรด์ช่วยส่งเสริมการดูดโพแทสเซียม แต่เมื่อให้ในรูปแคลเซียมซัลเฟต ปรากฏว่าเกิดการยับยั้งการดูดโพแทสเซียมที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการเพิ่มการดูดคลอไรด์ทั้งโซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมซัลเฟต มีผลในการขัดขวางการดูดโพแทสเซียม (Marschner and Ossenberg-Neuhaus, 1971) การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมในข้าวสาลีที่ปลูกบนดิน พีเอช 7.5-8.4 ในอัตราที่สูงในระยะ boot stage มีผลให้ดูดแคลเซียมและแมกนีเซียมลดลงอย่างชัดเจน (Khanna and Parkash, 1969)

2.14.4 ความสัมพันธ์ระหว่างการขาดธาตุแคลเซียมกับการเปลี่ยนแปลงภายในของพืชบางชนิด

ธาตุแคลเซียมมีบทบาทสำคัญ ดังกล่าวข้างต้น ในพืชหลายชนิดเมื่อได้รับธาตุแคลเซียมไม่เพียงพอ จึงมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงกระบวนต่าง ๆ ภายในพืชนำไปสู่อาการผิดปกติต่าง ๆ ดังนี้

การปลูกนาซิสซัส พันธุ์ Garden Giant ในสารละลายที่ขาดธาตุแคลเซียมพบว่าการเจริญเติบโตของรากหยุดชะงัก ปลายรากมีสีน้ำตาลและเปื่อย (Ruamrungsri *et al*., 1996) ไอริส ที่ขาดแคลเซียม พบว่าข้อบนสุดของก้านดอกอ่อนแอทำให้เกิดอาการโค่นล้มของลำต้นเทียม (Doss *et al*., 1979) ส่วนอาการขาดธาตุแคลเซียมในต้นทิวลิป ทำให้ต้นฉ่ำน้ำ เปราะ โค่นล้มง่าย ใต้ใบเป็นสีม่วง และดอกฝ่อ (Nelson and Niedziela, 1998) ในคาร์เนชั่น เมื่อขาดแคลเซียม ต้นมีความอ่อนแอและเกิดอาการใบเหลืองเล็กน้อยที่บริเวณยอดอ่อน (Medina, 1992)

2.14.5 ความสามารถของพืชในการใช้ประโยชน์แคลเซียมจากดิน

พืชมีความสามารถใช้ประโยชน์แคลเซียมจากดินได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยในรากของพืช คือ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของราก ระบบรากของพืช พันธุกรรมของพืช ความหนาแน่นของประชากรและระยะปลูก และอายุพืช (สุมาลี, 2536) ปัจจัยสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะแสง (Xiloyannis *et al*., 2003) นอกจากนี้การจัดการสวน เช่น ให้ปุ๋ยไนโตเจน (Levin, 1980; Magdoff and Amadon, 1980; Kanwar, 1976) การใส่ปุ๋ยคอก (Olsen *et al*., 1970; Vitosh *et al*., 1973) ดังนั้นเมื่อเพิ่มแคลเซียมในดินควรพิจารณาปัจจัยดังกล่าวข้างต้นร่วมด้วยเพื่อให้พืชใช้ประโยชน์แคลเซียมจากดินได้อย่างเต็มที่ โดยไม่ทำให้พืชแสดงอาการขาดแคลเซียมอีกต่อไป

2.15 พิษของแคลเซียม

ในเรื่องพิษของแคลเซียมยังไม่ปรากฏให้เห็นมากนักในปัจจุบันเนื่องจาก พืชมีกลไกที่สามารถควบคุมให้มีแคลเซียมในไซโตพลาซึมอยู่ในระดับต่ำได้ (Hanson, 1984) เพียงแต่มีรายงานเกี่ยวกับการพบผลึกของแคลเซียมออกซาเลตภายในเนื้อของมะเขือเทศ ซึ่งถูกเรียกว่า Gold speckles (Den Kreij *et al*., 1992; Den Outer and van Veenendaal, 1988)

2.16 การนำแหล่งของแคลเซียมไปใช้กับไม้ผล

การเลือกใช้แหล่งของแคลเซียมนั้นขึ้นอยู่กับสมบัติของดิน เช่น ดินที่เป็นกรดแหล่งของแคลเซียมที่นิยมใช้ทั่ว ๆ ไป คือ แคลไซต์ โดโลไมต์ หรือปูนเผาอื่น ๆ สำหรับดินที่เป็นด่างหรือไม่ต้องการยกระดับพีเอชของดิน นิยมใช้ ยิปซัม (Kangueehi, 2008; Glendinning, 2000; มุกดา, 2540; สุมาลี, 2536)

ปริมาณของยิปซัมที่แนะนำให้ใช้กับไม้ผลในประเทศไทย เช่น ส้ม 1.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี (อักษร และคณะ, 2546) ไม้ผลอื่น ๆ ที่มีอายุ 1-5 ปี ใช้ปริมาณ 50-80 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และอายุมากกว่า 5 ปี ใช้ปริมาณ 80-120 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี โดยให้หว่านรอบโคนต้นตามแนวรอบทรงพุ่ม (บริษัท ดี เค ที จำกัด, 2546) ประเทศนิวซีแลนด์ได้แนะนำการใช้ปริมาณยิปซัม ดังนี้ คือ อโวกาโด 32-160 กิโลกรัมต่อไร่ต่อ 2 ปี (200-1000 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อ 2 ปี) (Gypsum Co. , 2003a) สำหรับดินเหนียวให้ใช้ 320-640 กิโลกรัมต่อไร่ (2000-4000 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์) (Gypsum Co. 2003b) Webster (1990) แนะนำให้ใช้ยิปซัมโรยบนผิวดินรอบ ๆ ต้นแอปเปิ้ล 12 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี การใช้ยิปซัมกับสตอเบอร์รี่มีคำแนะนำให้ใส่ 1000-1500 กิโลกรัมของยิปซัมต่อเฮกแตร์ (www. strawberry-plants.com, 2003) สำหรับแคลเซียมที่ให้ในรูปของ $CaCl_2$ และ $Ca(OH)_2$ นิยมใช้โดยการฉีดพ่น เช่น Aksoy และ Anac (1994) ใช้ $CaCl_2$ 1 % ฉีดพ่นมะเดื่อสามารถลดอาการแตกของผลได้ ในประเทศแคนาดาแนะนำการลดอาการแตกและเพิ่มของแข็งที่ละลายได้ในเชอรี่ด้วยการฉีดพ่น $CaCl_2$ 0.35 % น้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 4 สัปดาห์ก่อนทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต (Meheriuk *et al*., 1991) แต่ในออสเตรเรียแนะนำให้ใช้ $Ca(OH)_2$ 0.7 % น้ำหนักต่อปริมาตร หรือ 30 กรัมต่อลิตรฉีดพ่นเชอรี่ในสัปดาห์ที่ 3 และ 6 หลังจากออกดอก (Brown *et al*., 1996) ส่วนแอปเปิ้ลให้ใช้ $CaCl_2$ 9.6 กรัมต่อลิตรฉีดพ่นทุกสัปดาห์จนถึงช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตเพื่อลดอาการของ stem-end splitting (Andrews *et al*., 1999) สำหรับการเพิ่มคุณภาพและลดอาการผลแตกของลองกองด้วยฉีดพ่นสารประกอบแคลเซียมพบว่าเมื่อใช้ Ca-EDTA 0.5 % สามารถเพิ่มคุณภาพผลผลิตของลองกองได้ (มงคล และคณะ, 2541) และฉีดพ่น $CaCl_2$ 4 % ร่วมกับ GA_3 40 ppm สามารถลดอาการแตกของผลลองกองได้ (Lim *et al*., 1998)

2.17 การเคลื่อนที่และเคลื่อนย้ายของแคลเซียม

ปกติรากพืชมีปฏิสัมพันธ์กับธาตุอาหารโดยการดูดใช้น้ำและธาตุอาหารจากดินหรือสารละลายเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมด้วยกระบวนการไหลของมวลสาร แลกเปลี่ยน และกระบวนการแพร่ (Nelisen and Nelisen, 2003; Taiz and Zeiger, 1998; Marschner, 1995; สุมาลี, 2536; Proebsting *et al*., 1989; Levin, 1980) และธาตุอาหารเหล่านั้นเมื่อถูกใบนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงแล้วถูกจัดสรรไปสะสมในส่วนต่าง ๆ ของ

พืช เช่น ลำต้น กิ่ง และใบ เพื่อนำไปใช้ในการเติบโตต่อไป โดยมีปริมาณที่สะสมในแต่ละส่วนแตกต่างกัน (Smith, 1962) สำหรับการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารทั่วไปนั้นมี 2 แบบ คือ การเคลื่อนย้ายจากภายนอกเข้าสู่ภายในและการเคลื่อนย้ายภายใน (ที่สะสม) ของพืชเอง สำหรับในที่นี้จะกล่าวเกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายธาตุแคลเซียม

2.17.1 การเคลื่อนย้ายจากภายนอกเข้าสู่ภายใน

การเคลื่อนย้ายของแหล่งแคลเซียมในดินซึ่งอยู่ในรูป Ca^{2+} เริ่มเข้าสู่พืชทางรากโดยกระบวนการไหลของมวลสาร (Jackson, 2003) ซึ่งดินต้องมีความชื้นและออกซิเจนเพียงพอและมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ (Ernani *et al*., 2002; Faust, 1989; Shear, 1980; Tromp, 1980) จากนั้นรากทำหน้าที่เก็บธาตุอาหาร (แคลเซียม) น้ำ และสังเคราะห์สารประกอบที่จำเป็นขึ้นมาเพื่อส่งให้ต้นไม้ใช้ดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ (Faust, 1989) โดยรากที่ดูดดึงแคลเซียมได้ดี คือ รากเกิดขึ้นใหม่ สีขาว และยังไม่เปลี่ยนเป็นเนื้อไม้ (Jackson, 2003; Faust, 1989; Kirkby, 1979) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการดูดใช้น้ำและธาตุอาหารของพืช คือ สมบัติการดูดใช้ธาตุอาหาร (ความชื้น อุณหภูมิ แสง) อัตราการเจริญเติบโต และความต้องการธาตุอาหารของพืช โดยเฉพาะธาตุแคลเซียม ตำแหน่งของรากและระยะทางมีบทบาทมาก เพราะว่าการดูดดึงลดลงถ้าแคลเซียมไอออนอยู่ห่างจากปลายรากมาก (Saure, 2005; ยงยุทธ, 2546; Lim *et al*., 1999a; Marschner, 1995; Tromp, 1980; Kirkby, 1979)

2.17.2 การเคลื่อนย้ายภายใน

กรณีการเคลื่อนย้ายแคลเซียมภายในพืช พบว่าแคลเซียมเคลื่อนย้ายได้น้อยมากหรือเกือบไม่เคลื่อนย้ายเลย โดยการเคลื่อนย้ายของแคลเซียมจะมีเพียงทิศทางเดียว คือ เคลื่อนย้ายสู่ส่วนบนเกือบทั้งสิ้น ดังนั้นแคลเซียมจึงเคลื่อนย้ายจากรากไปยังบริเวณส่วนที่เกิดขึ้นใหม่และเนื้อเยื่อที่ยังอ่อนเท่านั้น (Marschner, 1995)

การเคลื่อนย้ายธาตุแคลเซียมจากรากสู่ส่วนต่าง ๆ ของลำต้นผ่านทางท่อน้ำ จึงเกี่ยวข้องกับกระบวนการคายน้ำของพืช (Dichio *et al*., 2003; Jackson, 2003; Aloni, 1987, 2001; Vang-Peterson, 1980, Ferguson, 1980; Hanger, 1979) ส่วนทางท่ออาหารธาตุ

แคลเซียมเคลื่อนย้ายได้ต่ำมาก (Saure, 2005; Xiloyannis *et al*., 2001; Zocchi and Mignami, 1995; Clark and Smith, 1991; Mengel and Kirkby, 1982; Ferguson,1980; Hanger, 1979)

สำหรับข้อสันนิษฐานที่ว่าแคลเซียมเคลื่อนย้ายทางท่อน้ำมีผลงานทดลองที่สนับสนุนมากมาย (Saure, 2005; Mulholland *et al*., 2000; Volz *et al*., 1996a,b; Marschner, 1995; Jones and Samuelson, 1983; Armstrong and Kirkby, 1979; Stebbins and Deway, 1972) การเคลื่อนย้ายของแคลเซียมภายในท่อน้ำนี้เกิดจากการเคลื่อนย้ายโดยวิธีการแลกเปลี่ยนประจุ (Hanger, 1979) กระบวนการแลกเปลี่ยนประจุนี้จะเกิดบริเวณผนังของท่อน้ำที่มีประจุลบอยู่ และประจุลบนั้นอาจจะได้จากองค์ประกอบของสารเพกตินในส่วนของผนังท่อน้ำ การแลกเปลี่ยนประจุขึ้นอยู่กับความจุของประจุลบบนผนังของท่อน้ำ การคายน้ำของพืช ตำแหน่งการแลกเปลี่ยน ความเร็วของน้ำในท่อน้ำ และความเข้มข้นและจำนวนของแคลเซียมที่ถูกขับออกจากระบบหรือนำไปใช้ในกิจกรรมเมแทบอลิซึมของเซลล์บริเวณเนื้อเยื่อเจริญ (Saure, 2005)

สำหรับในส่วนของการเคลื่อนย้ายแคลเซียมลงสู่ส่วนล่างของพืชนั้นเกิดขึ้นได้น้อยมาก เนื่องมาจากแคลเซียมเคลื่อนย้ายทางท่ออาหารได้น้อยมากนั่นเอง (Saure, 2005; Xiloyannis *et al*., 2001; Zocchi and Mignami, 1995; Clark and Smith, 1991; Mengel and Kirkby, 1982; Ferguson,1980; Hanger, 1979) จากการที่น้ำเลี้ยงภายในท่ออาหารมีปริมาณแคลเซียมน้อยมากนี้ส่งผลให้ส่วนของพืชที่ได้รับแร่ธาตุอาหารจากน้ำเลี้ยงภายในท่ออาหารเป็นส่วนใหญ่ซึ่งได้แก่ผลและเนื้อเยื่อสะสมอาหารอื่น ๆ มีปริมาณของแคลเซียมในระดับต่ำเป็นผลให้ส่วนของพืชเหล่านั้นมีโอกาสที่จะแสดงอาการขาดแคลเซียมได้โดยง่าย (Mengel and Kirkby, 1982) การขาดแคลเซียมในเนื้อเยื่อของผลไม้หรือเนื้อเยื่อสะสมอาหารต่าง ๆ นี้ จะมีผลให้เนื้อเยื่อดังกล่าวเกิดความผิดปกติทางสรีรวิทยาขึ้นได้ Shear (1975) จำแนกความผิดปกติดังกล่าวออกไว้มากถึง 35 ชนิด ได้แก่ อาการจุดสีน้ำตาลบริเวณผิวผลในแอปเปิ้ล อาการเนื้อสีดำในขึ้นฉ่าย ฝรั่ง และอาการก้นผลเน่าในมะเขือเทศ ความผิดปกติทางสรีรวิทยาเหล่านี้เป็นอาการที่เกิดขึ้นเนื่องจากการขาดแคลเซียมอย่างรุนแรง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วสาเหตุของการขาดมิได้มาจากการที่ในดินมีปริมาณแคลเซียมไม่เพียงพอเพราะปกติในดินมักจะมีปริมาณแคลเซียมอยู่มากพอ แต่การขาดแคลเซียมส่วนใหญ่จะสืบเนื่องมาจากการที่แคลเซียมเคลื่อนย้ายไปยังผลหรือเนื้อเยื่อสะสมอาหารต่าง ๆ ในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของเนื้อเยื่อเหล่านั้น (Mengel and Kiekby,1982) ดังนั้นการเคลื่อนย้ายไปสู่ขั้นตอนสุดท้าย คือ การเกิดอวัยวะต่าง ๆ และเนื้อเยื่อของพืช เช่น ผล (Jackson, 2003) จึงจำเป็นต้องสะสมธาตุแคลเซียมและธาตุอื่น ๆ เป็นปริมาณมากไว้ในช่วงแรกที่พัฒนาผล (จำเป็น และคณะ, 2548; Palmer *et al*., 2003; Ferguson and Watkins, 1989) หรือ

เนื้อเยื่อเหล่านั้นมีหน้าที่ในการปรับการเพิ่มหรือลดความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมให้สอดคล้องกับสภาพที่พืชได้รับขณะนั้น (Saure, 2005; Marschner, 1995)

การเคลื่อนย้ายของแคลเซียมไปยังผลหรือเนื้อเยื่อสะสมอาหารอื่น ๆ นั้น นอกจากแรงดันจากการคายน้ำแล้วยังมีปัจจัยอื่นอีก ได้แก่ สภาพแวดล้อมภายนอก เช่น ความชื้นในบริเวณรอบผลหรือเนื้อเยื่อสะสมอาหารในผลของพืชที่ฝังอยู่ใต้ดิน (Hanger,1979) ระยะการพัฒนาการของผล (Wilkinson,1968; Hanger, 1979; Ferguson and Watkins,1981) และสารออกซินจากใบที่ทำการควบคุมการไหลของแคลเซียม (Aloni, 1987, 2001; Evans and Kiss, 1990)

2.18 สารละลายธาตุอาหารพืช

สารละลายธาตุอาหารพืชถูกนำมาใช้ศึกษาว่าธาตุใดเป็นธาตุอาหารพืชที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืชไม่น้อยกว่า 140 ปี (Fageria *et al*., 2011; ดิเรก, 2546) Fageria และคณะ (2011) ได้สรุปเกี่ยวกับการนำสารละลายธาตุอาหารพืชไปศึกษาเรื่องที่เกี่ยวข้องกับพืช คือ การดูดดึงหรือการเคลื่อนย้ายของไอออนในพืช และการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากสารละลายธาตุอาหารพืชอยู่ในสภาพสารละลาย การเปลี่ยนความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชสามารถทำได้ง่าย และปัจจัยสภาพแวดล้อมควบคุมได้ง่าย สำหรับองค์ประกอบธาตุอาหารพืชที่นิยมใช้ในการศึกษาการปลูกพืชในสารละลาย มีดังในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 องค์ประกอบสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้ศึกษาการปลูกพืชในสารละลาย

ธาตุอาหารพืช	Hoagland and Arnon (1950)	Johnson *et al.* (1957)	Andrew *et al*. (1973)	Clark (1975)	Yoshida (1976)	Carpena (1983) (de Varrennes *et al*., 2005)
NO_3^- (mM)	14.0	14.0	2.00	7.26	2.21	11.40
NH_4^+ (mM)	1.0	2.0	-	0.90	0.64	7.21
P (mM)	1.0	2.0	0.07	0.07	0.29	0.60
K (mM)	6.0	6.0	1.10	1.80	1.02	2.60
Ca (mM)	4.0	4.0	1.00	2.60	1.00	5.00
Mg (mM)	2.0	1.0	0.50	0.60	1.64	1.20
S (mM)	2.0	1.0	1.50	0.50	-	4.62
Na (mM)	-	-	-	-	-	0.90
Mn (μM)	9.1	5.0	4.60	7.00	9.00	6.90
Zn (μM)	0.8	2.0	0.80	2.00	0.15	3.80
Cu (μM)	0.3	0.5	0.30	0.50	0.16	3.90
B (μM)	46.3	25.0	46.30	19.00	18.50	41.80
Mo (μM)	0.1	0.1	0.10	0.60	0.50	1.00
Fe (μM)	32.0	40.0	17.90	38.00	36.00	20.00
Cl (μM)	-	50.0	-	-		1300

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษา ระดับของแคลเซียมที่เหมาะสมต่อการเติบโตและคุณภาพผลผลิตของลองกองแบ่งงานออกเป็น การสำรวจพื้นที่ที่ปลูกลองกองและทดลองระดับของแคลเซียมโดยทำทั้งในสภาพพื้นที่ที่ปลูกลองกองและในโรงเรือน มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ที่ตั้งและสภาพทั่วไปของพื้นที่แปลงทดลอง

การศึกษาระดับแคลเซียมที่เหมาะสมต่อคุณภาพผลผลิตของลองกองได้คัดเลือกพื้นที่เพื่อเป็นตัวแทนของสวนลองกองในจังหวัดนราธิวาส ซึ่งเป็นพื้นที่แรกในการปลูกลองกองและตัวแทนพื้นที่ที่ทำการขยายปลูกออกไป คือ จังหวัดยะลา ปัตตานี สงขลา และจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีรายละเอียดของแต่ละตัวแทนสวนลองกองทั้ง 5 จังหวัด ดังนี้

3.1.1 ตัวแทนสวนลองกองในจังหวัดนราธิวาส

ที่ตั้งและสภาพทั่ว ๆไป

พื้นที่สวนลองกองตั้งอยู่ในหมู่ 2 บ้านบุหงาซาแน ตำบลบาโงสะโต อำเภอระแงะ ของนายมาหามะไซนูรดิน ลาเตะ บริเวณเส้นลองจิจูดที่ 101° 21.30' ตะวันออก และเส้นละติจูดที่ 6° 14.970' เหนือ มีขนาดพื้นที่ ประมาณ 4ไร่ สภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชันประมาณร้อยละ 0-3 สภาพการใช้ที่ดินโดยรอบเป็นพื้นที่สวนยางพารา และสวนไม้ผล คือลองกอง การปฏิบัติการสวนได้ให้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอก 2 ครั้งต่อปี ผลผลิตต่อต้นประมาณ 70-100 กิโลกรัมต่อปี ดินจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 32 ชุดดิน คือ ตาขุน (Tkn) ระดับวงศ์ คือ Typic Udifluvents, loamy, mixed, acid, isohyperthermic,

ลักษณะดิน

สมบัติของดินบน (0-15 เซนติเมตร) ลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนซิลท์ (silt clay loam) ดินเป็นกรดจัด (พีเอช (pH) 4.78) อินทรียวัตถุปานกลาง (28.68 กรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ คือ 50.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 0.24, 0.69 และ 0.87 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ภูมิอากาศ

ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนราธิวาส ในปี พ.ศ. 2548 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรวมตลอดปี 2481.9 มิลลิเมตร จำนวนฝนตก178 วัน ฝนตกมากที่สุดในช่วงเดือนธันวาคม วัดได้ 785.8 มิลลิเมตร ฝนตกน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ วัดได้ 5.7 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 27.09 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยทั้งปี 33.58 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยทั้งปี 21.9 องศาเซลเซียส ร้อยละความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 80.92

3.1.2 ตัวแทนสวนลองกองในจังหวัดยะลา

ที่ตั้งและสภาพทั่ว ๆไป

พื้นที่สวนลองกองตั้งอยู่ในบ้านกาสัง ตำบลตะเนาะปูเต๊ะ อำเภอบันนังสตา ของนายชาญวิทย์ เบญจมะ บริเวณเส้นลองจิจูดที่ 101° 19.593' ตะวันออก และเส้นละติจูดที่ 6° 22.600' เหนือ ต้นลองกองมีอายุ 10 ปี มีขนาดพื้นที่ ประมาณ 10 ไร่ สภาพพื้นที่ลาดเชิงเขา มีความลาดชัน ประมาณร้อยละ 20-25 และลำธารไหลผ่าน สภาพการใช้ที่ดินโดยรอบเป็นพื้นที่สวนยางพารา และสวนไม้ผล คือลองกอง หลังจากปี 2546 ไม่มีปฏิบัติการสวนปล่อยไว้ตามธรรมชาติ ดินจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 62 ชุดดิน คือ ที่ลาดเชิงซ้อน (Sc)

ลักษณะดิน

สมบัติของดินบน (0-15 เซนติเมตร) ลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนเหนียว (clay loam) ดินเป็นกรดจัด (พีเอช 5.87) อินทรียวัตถุปานกลาง (28.84 กรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ คือ 10.81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 1.57, 1.76 และ 1.18 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ภูมิอากาศ

ข้อมูลจากสถานีอุทกวิทยาจังหวัดยะลา ในปี พ.ศ. 2548 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรวมตลอดปี 2997.3 มิลลิเมตร จำนวนฝนตก 152 วัน ฝนตกมากที่สุดในช่วงเดือนธันวาคม วัดได้

355.4 มิลลิเมตร ฝนตกน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ วัดได้ 19.2 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 29.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยทั้งปี 37.01 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยทั้งปี 22.0 องศาเซลเซียส ร้อยละความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 94.13

3.1.3 ตัวแทนสวนลองกองในจังหวัดปัตตานี

ที่ตั้งและสภาพทั่วๆไป

พื้นที่สวนลองกองตั้งอยู่ในบ้านนาประดู่ ตำบลนาประดู่ อำเภอโคกโพธิ์ ของนายเชื้อ ทองอร่าม บริเวณเส้นลองจิจูดที่ 101° 8.976' ตะวันออก และเส้นละติจูดที่ 6° 40.81' เหนือ ต้นลองกองอายุ 12 ปี มีขนาดพื้นที่ ประมาณ 1ไร่ สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย มีความลาดชันประมาณร้อยละ 2-5 สภาพการใช้ที่ดินโดยรอบเป็นพื้นที่สวนยางพารา สวนผสม มะพร้าว มังคุด และแหล่งชุมชนที่อยู่อาศัย การปฏิบัติการสวนมีการใส่ปุ๋ย 15-15-15 ก่อนออกดอก และปุ๋ยชีวภาพ 2-3 กิโลกรัมต่อต้น ไม่มีระบบน้ำแต่ให้น้ำโดยสายยาง ดินจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 34 ชุดดิน คือ คลองนกกระทุง (Knk) ระดับวงศ์ คือ Typic Paleudults, fine-loamy, mixed,

ลักษณะดิน

สมบัติของดินบน (0-15 เซนติเมตร) ลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนซิลท์ (silt loam) ดินเป็นกรดจัด (พีเอช 4.11) อินทรียวัตถุปานกลาง (15.89 กรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ คือ 168 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 0.47, 1.09 และ 0.15 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ภูมิอากาศ

ข้อมูลจากสถานีอุทกวิทยาจังหวัดปัตตานี ในปี พ.ศ. 2548 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรวมตลอดปี 2481.9 มิลลิเมตร จำนวนฝนตก 153 วัน ฝนตกมากที่สุดในช่วงเดือนธันวาคม วัดได้ 967.0 มิลลิเมตร ฝนตกน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ วัดได้ 0.0 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 27.49 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยทั้งปี 34.98 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยทั้งปี 21.99 องศาเซลเซียส ร้อยละความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 81.59

3.1.4 ตัวแทนสวนลองกองในจังหวัดสงขลา

ที่ตั้งและสภาพทั่ว ๆไป

พื้นที่สวนลองกองตั้งอยู่ในบ้านไร่เหนือ ตำบลบาโหย อำเภอสะบ้าย้อย ของนายจบ เสาะสุวรรณ บริเวณเส้นลองจิจูดที่ 100° 54.589' ตะวันออก และเส้นละติจูดที่ 6° 22.215' เหนือ ต้นลองกองอายุ 15 ปี มีขนาดพื้นที่ ประมาณ 4 000 ตารางเมตร (10 ไร่) สภาพพื้นที่ที่ราบสูงลาดเนินเขาถึงลูกคลื่นชัน มีความลาดชันประมาณร้อยละ 12-20 สภาพการใช้ที่ดินโดยรอบเป็นพื้นที่สวนยางพารา และสวนผสม การปฏิบัติการสวนได้ใส่ปุ๋ยตัวกลางสูง (P) เพื่อเร่งดอก และตัวท้ายสูง (K) เพื่อบำรุงผล ผลผลิตต่อต้นประมาณ 100 กิโลกรัมต่อปี ดินจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 34 ชุดดิน คือ ท่าแซะ (Te) ระดับวงศ์ คือ Typic Paleudults, fine-loamy, mixed,

ลักษณะดิน

สมบัติของดินบน (0-15 เซนติเมตร) ลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ดินเป็นกรดแก่ (พีเอช 5.06) อินทรียวัตถุปานกลาง (14.01 กรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ คือ 19.81 กรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ คือ 1.38, 1.07 และ 0.58 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ภูมิอากาศ

ข้อมูลจากสถานีอุทกวิทยาจังหวัดสงขลา ในปี 2548 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรวมตลอดปี 2 608 มิลลิเมตร จำนวนฝนตก 188 วัน ฝนตกมากที่สุดในช่วงเดือนธันวาคม วัดได้ 947.6 มิลลิเมตร ฝนตกน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ วัดได้ 1.8 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 28.76 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยทั้งปี 33.04 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยทั้งปี 24.47 องศาเซลเซียส ร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ 75.92

3.1.5 ตัวแทนสวนลองกองในจังหวัดสุราษฎร์ธานี

ที่ตั้งและสภาพทั่ว ๆไป

พื้นที่สวนลองกองตั้งอยู่ในหมู่ 2 บ้านม่วงลีบ ตำบลคลองสระ อำเภอกาญจนดิษฐ์ ของนายฤกษ์ จิตปฐมวณิชย์ บริเวณเส้นลองจิจูดที่ 99° 35.845' ตะวันออก และเส้นละติจูดที่ 8° 59.185' เหนือ มีขนาดพื้นที่ ประมาณ 150 ไร่ สภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน

ประมาณร้อยละ 0-4 ลำธารไหลและคลองกระแดะล้อมรอบ สภาพการใช้ที่ดินด้านทิศตะวันตกเป็นพื้นที่สวนไม้ผล คือ ลองกอง เงาะ มังคุด การปฏิบัติการสวนมีระยะเวลาการให้ปุ๋ย น้ำ ตลอดปี ดินจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 32 ชุดดิน คือ รือเสาะ (Ro) ระดับวงศ์ คือ Typic Paleudults, fine-lomy, mixed, isohyperthermic,

ลักษณะดิน

สมบัติของดินบน (0-15 เซนติเมตร) ลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วน (loam) ความเป็นกรด-ด่างดินเป็นกรดจัด (พีเอช 4.69) อินทรียวัตถุปานกลาง (17.68 กรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ คือ 273 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 3.78, 3.47 และ 0.74 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ภูมิอากาศ

ข้อมูลจากศูนย์อุตุนิยมวิทยาจังหวัดสุราษฎร์ธานี ในปี พ.ศ. 2548 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรวมตลอดปี 1578 มิลลิเมตร จำนวนฝนตก 150 วัน ฝนตกมากที่สุดในช่วงเดือนพฤศจิกายน วัดได้ 319.9 มิลลิเมตร ฝนตกน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์และเมษายน วัดได้ 0 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยทั้งปี 32.68 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยทั้งปี 22.83 องศาเซลเซียส ร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ 94.65

3.2 วิธีการวิจัย

3.2.1 การดำเนินการ

3.2.1.1 การจัดการดินตัวอย่าง

ในการทดลองครั้งนี้ดินตัวอย่างที่ใช้เป็นตัวแทนสิ่งทดลองในแต่ละสวนลองกองมีวิธีการเก็บและศึกษาสมบัติของดินตัวอย่าง ดังนี้

3.2.1.1.1 **การเก็บตัวอย่างดินในภาคสนาม**

ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินบริเวณกึ่งกลางทรงพุ่มต้นลองกอง โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างดิน 4 จุดรอบต้นจากบริเวณกึ่งกลางทรงพุ่ม เจาะดินลึก 0-15 เซนติเมตร จากผิวดินด้วยสว่านเจาะดินแบบกระบอกโลหะ จากนั้นนำดินแต่ละจุดรอบต้นมารวมเป็นตัวอย่างเดียว สำหรับการเก็บตัวอย่างดินนี้กระทำในช่วงระยะเวลาเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างพืช

3.2.1.1.2 **การศึกษาสมบัติดินในห้องปฏิบัติการเคมี**

นำตัวอย่างดินที่เก็บมาข้างต้นมาผึ่งลมให้แห้งในที่ร่ม บด และร่อนตัวอย่างดินที่บดแล้วผ่านตะแกรงร่อนดินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์สมบัติบางประการของดินในห้องปฏิบัติการเคมี ได้แก่

(1) เนื้อดิน

(2) พีเอชดิน

(3) อินทรียวัตถุในดิน

(4) ธาตุอาหารประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้

(5) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

หมายเหตุ ดำเนินการวิเคราะห์ตามวิธีการที่รายงานโดย กรมพัฒนาที่ดิน (2549)

3.2.1.2 **การจัดการพืชตัวอย่าง**

การวิจัยครั้งนี้พืชตัวอย่างได้เก็บส่วนของใบ ราก เนื้อไม้ ผล และกิ่งใหม่ ซึ่งมีวิธีการเก็บและการวิเคราะห์ ดังนี้

3.2.1.2.1 **การเก็บตัวอย่างพืชในภาคสนาม**

การเก็บส่วนต่าง ๆ ของลองกองในงานวิจัยครั้งนี้ ในแต่ละส่วนดำเนินการเก็บดังนี้

1. ใบ เก็บตัวอย่างใบลองกองจากใบย่อยคู่กลางจากใบประกอบตำแหน่งที่ 2 จากกิ่งยอดที่อยู่ระยะเพสลาด (บุญส่ง และจำเป็น, 2545) โดยสุ่มแยกเก็บในบริเวณทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตก ของทรงพุ่มต้นลองกอง แล้วนำใบของต้นเดียวกันรวมกัน

2. ราก เก็บตัวอย่างรากแขนงและรากฝอยของต้นลองกองในระดับความลึก 15 เซนติเมตร จากผิวดิน โดยตำแหน่งเก็บตัวอย่างรากพืชบริเวณกึ่งกลางทรงพุ่ม โดยแยกเก็บรากใน

บริเวณทิศตะวันออกและตะวันตก ของทรงพุ่มต้นลองกอง

3. เนื้อไม้ ใช้สว่านเจาะเนื้อไม้บริเวณลำต้นทางทิศตะวันออกและตะวันตกแล้วรวมเป็นตัวอย่างเดียวกัน

4. ผล เก็บตัวอย่างผลผลิตในระยะสัปดาห์ที่ 14-15 โดยสุ่มช่อผลไว้บริเวณด้านทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตก ของทรงพุ่มต้นลองกอง แล้วรวมเป็นตัวอย่างเดียวกันจำนวน 5-10กิโลกรัม

5. กิ่งใหม่ที่เกิดขึ้นในช่วงทดลอง เก็บกิ่งใหม่ลองกองที่อยู่ในระยะเพสลาดโดยสุ่มแยกเก็บในบริเวณทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตก ของทรงพุ่มต้นลองกอง แล้วนำกิ่งใหม่ของต้นเดียวกันรวมกัน

3.2.1.2.2 **การศึกษาปริมาณธาตุอาหารพืชในห้องปฏิบัติการ**

นำตัวอย่างพืชที่ได้มาทำความสะอาด แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง ตามวิธีการของ Jones (2001) บดตัวอย่างพืชให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช ร่อนตัวอย่างพืชผ่านตะแกร่งร่อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารพืชโดยการย่อยตัวอย่างพืชด้วย H_2SO_4: H_2O_2 (Jones, 2001) จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างพืชที่ได้วิเคราะห์ธาตุอาหารพืช ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม

3.2.1.2.3 **การวัดสมบัติทางกายภาพของผล**

ตัวอย่างผลผลิตนำมาศึกษาสมบัติทางกายภาพ ดังนี้

1. จำนวนผล น้ำหนักต่อช่อผล และปริมาณผลผลิตต่อต้น

2. แรงตึงผิวเปลือก นำผลลองกองที่ผ่านการสุ่มวางบนแท่นรองรับและกดหัววัด (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 มม.) ให้แทงทะลุเปลือกผลลองกองบริเวณกลางผล 2 ด้าน และอ่านค่าของแรงกดจากเครื่องวัดความแน่นเนื้อ แล้วนำค่าที่ได้ซึ่งอยู่ในหน่วยกิโลกรัมแปลงเป็นหน่วยนิวตัน โดยคูณกับ 9.807 นำค่าที่ได้หาค่าเฉลี่ย

3.2.1.2.4 **การวัดสมบัติทางเคมีของผลผลผลิต**

ผลผลิตของลองกองที่เป็นตัวแทนสิ่งทดลองวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ดังนี้

1. ปริมาณกรด นำน้ำคั้นของผลลองกองที่ผ่านการสุ่ม 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้ว

ชมพู่ และหยด phenolphthalein 1 % ไตเตรทกับสารละลายด่างมาตรฐาน (0.01N NaOH) คำนวณปริมาณกรด ตามวิธีการ AOAC, 942.15; AOAC (1990)

2. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ นำน้ำคั้นของผลลองกองที่ผ่านการสุ่มหยดลงบน hand sugar refract meter ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็น ^{O} Brix ทำการปรับ refract meter เป็น 0 โดยใช้น้ำกลั่น และวัดค่าสารละลายมาตรฐาน sucrose 10 % โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก

3.2.2 แผนการทดลอง

3.2.2.1 การทดลองในสภาพโรงเรือน

เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับระดับของแคลเซียมในสภาพโรงเรือน จึงได้จัดแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง คือ

3.2.2.1.1 การศึกษาระดับของแคลเซียมในดิน

ระดับของแคลเซียมในดินได้มาจากการเติมวัสดุปรับปรุงดินที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ เช่น ปูนขาว แคลเซียมคาร์บอเนต โดโลไมต์ และยิปซัม (มีองค์ประกอบแคลเซียม 33.80 %) ฯลฯ หรือการปลดปล่อยของดินจากสภาพของความเป็นกรด-ด่างของดิน รายละเอียดการทดลองมีดังนี้

3.2.2.1.1.1 ระดับของยิปซัมต่อสมบัติทางเคมีของดิน

ดำเนินการเลือกเก็บตัวอย่างชุดดินลำภูรา (LI) ระดับวงศ์ Typic Paleudults, clayey, kaolinitic, ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากผิวดิน บริเวณตำบลนาประดู่ อำเภอโคกโพธิ์ จังหวัดปัตตานี แล้วสุ่มแบ่งดินมาประมาณ 1 กิโลกรัม เพื่อนำไปเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์หาเนื้อดิน พีเอชดิน อินทรียวัตถุ ตามวิธีการของ Walkley-Black ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สกัดด้วย Bray II และโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สกัดด้วย 1N NH4OAc pH 7 ตามคู่มือการวิเคราะห์ดินและพืชของกรมพัฒนาที่ดิน (2549) ส่วนดินที่ใช้หมักยิปซัมนั้นนำไปผึ่งให้แห้งในเรือนทดลองและบดให้มีขนาดเล็กกว่า 1 เซนติเมตร และคลุกเคล้าด้วยแกลบในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร หลังจาก 2 สัปดาห์นำดินตรวจสอบความชื้นเพื่อคิดคำนวณดินเป็นน้ำหนักแห้ง บรรจุดิน 3 กิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง ในถุงพลาสติกดำ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

(Completely Randomized Design, CRD) ประกอบด้วย 7 สิ่งทดลอง (treatment) ๆ ละ 5 ซ้ำ

1. ไม่ใส่ยิปซัม

2. ใส่ยิปซัม 3.55 กรัม คิดเป็นปริมาณแคลเซียม 1.67 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม

3. ใส่ยิปซัม 10.65 กรัม คิดเป็นปริมาณแคลเซียม 5.00 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม

4. ใส่ยิปซัม 17.75 กรัม คิดเป็นปริมาณแคลเซียม 8.33 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม

5. ใส่ยิปซัม 24.85 กรัม คิดเป็นปริมาณแคลเซียม11.67 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม

6. ใส่ยิปซัม 35.5 กรัม คิดเป็นปริมาณแคลเซียม 16.67 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม

7. ใส่ยิปซัม 71.0 กรัม คิดเป็นปริมาณแคลเซียม 33.33 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม

ผสมยิปซัมให้เข้ากับดิน เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณร้อยละ 80 ของความชื้นสูงสุดที่ดินดูดยึดไว้ได้ นำดินไปบ่มไว้ในเรือนทดลองเป็นระยะเวลา 35 วัน และเก็บตัวอย่างดินในแต่ละกระถางไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและธาตุอาหารในดิน (ตามรายละเอียดในข้อ 3.2.1.2)

3.2.2.1.1.2 ระดับพีเอชดินต่อสมบัติทางเคมีของดินดิน

แบ่งดินที่เตรียมไว้ใช้ในหัวข้อ 3.3.1.1.1 ซึ่งพีเอชดินเฉลี่ย คือ 6.22 มาปรับพีเอชของดินให้อยู่ในช่วง 4.0-4.5และ 5.0-6.0 โดยใช้กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) สำหรับพีเอชของดินในช่วง 6.5-7.0 และ 7.5-8.0 ใช้ด้วยปูนขาว [$Ca(OH)_2$] จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไปประมาณร้อยละ 80 ของความชื้นสูงสุดที่ดินดูดยึดไว้ได้ นำดินไปบ่มไว้ในเรือนทดลองเป็นระยะเวลา 35 วัน และเก็บตัวอย่างดินในแต่ละกระถางไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและธาตุอาหารในดิน (ตามรายละเอียดในข้อ 3.2.1.2)

3.2.2.1.2 การศึกษาระดับของแคลเซียมในสารละลายต่อการเติบโตและความเข้มข้นธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของต้นกล้าลองกอง

โดยทั่วไประดับของธาตุอาหารในวัสดุปลูกมีผลต่อการดูดดึงธาตุอาหารไปใช้ของพืช เพื่อให้ได้ว่าระดับของแคลเซียมมีผลอย่างไรต่อการเติบโตและการดูดธาตุอาหารไปใช้ของพืช จึงได้ศึกษาโดยปลูกต้นกล้าลองกองในระบบไฮโดรโพนิกส์ นำต้นกล้าลองกองอายุ 6 เดือน มาจากสวนลองกองของนายมาหามะไซนูรดิน ลาเตะ ซึ่งตั้งอยู่หมู่ 2 บ้านบุหงาซาแน ตำบลบาโงสะโต อำเภอระแงะ โดยคัดเลือกต้นกล้าลองกองที่สมบูรณ์และมีขนาดสม่ำเสมอมาปรับให้อยู่ในสภาพแวดล้อมในสภาพสารละลาย คือ เลี้ยงต้นกล้าอยู่ในน้ำประปาที่ให้อากาศ 1 ชั่วโมงหยุด 3

ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 1 เดือน จากนั้นสุ่มต้นกล้าลองกอง 3 ซ้ำ ๆ ละ 3 ต้น แล้วแยกส่วนของใบ ลำต้น และราก นำไปอบหาน้ำหนักแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง บดตัวอย่าง ทำการย่อยตัวอย่างพืชโดยใช้วิธี H_2SO_4-H_2O_2 (Jones, 2001)เพื่อนำไปวิเคราะห์ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม และคำนวณหาปริมาณการสะสมของธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของต้นกล้าลองกอง เตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชตามวิธีของ Carpena (1983) อ้างโดย de Varrennes และคณะ (2005) ประกอบด้วย 5.0 mM HNO_3 (แทน 5.0 mM $Ca(NO_3)_2$), 1.4 mM KNO_3, 0.6 mM K_2SO_4, 1.0 mM $MgSO_4$, 0.9 mM NaCl, 0.6 mM $(NH_4)_2HPO_4$, 3.0 mM $(NH_4)_2SO_4$, 0.2 mM $MgCl_2$, 41.8 μM H_3BO_3, 3.8 μM $ZnSO_4$, 3.9 μM $CuSO_4$, 6.9 μM $MnSO_4$, 20.0 μM Fe-NaEDTAและ 1.0 μM $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ สำหรับแคลเซียมเตรียมจาก $CaCO_3$ ให้มีความเข้มข้น 2.5, 5.0, 7.5, และ 10.0 mM หรือ100, 200, 300 และ 400 มิลลิกรัมของแคลเซียมต่อลิตร หรือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เซนติโมล (+) ต่อลิตร EC 1.2-1.5 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร พีเอช 5.5-6.5 ตลอดทำการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่ม CRD มี 3 ซ้ำ ๆ ละ 3 ต้น ประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง คือ ระดับของแคลเซียม 0.5 , 1.0, 1.5, และ 2.0 เซนติโมล (+)ต่อลิตร นำต้นกล้าที่ปรับสภาพในถังที่บรรจุน้ำประปาประมาณ 1.5 ลิตร เติมสารละลายธาตุอาหาร Carpena (1983) และสารละลายแคลเซียมตามสิ่งทดลองสุดท้ายปรับปริมาตรเป็น 2 ลิตร นำสิ่งทดลองไปวางไว้ในเรือนทดลองเป็นระยะเวลา 75 วัน เมื่อครบกำหนดเก็บตัวอย่างต้นกล้าลองกองล้างด้วยน้ำประปาและตามด้วยน้ำกลั่น แล้วจึงแยกส่วนรากเก่า รากแตกใหม่ ลำต้นเดิม ลำต้นแตกใหม่ และใบ นำไปอบหาน้ำหนักแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง บดตัวอย่าง ทำการย่อยตัวอย่างพืชโดยใช้วิธี H_2SO_4-H_2O_2 (Jones, 2001) เพื่อนำไปวิเคราะห์ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม และคำนวณหาความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของต้นกล้าลองกอง

3.2.2.2 การทดลองในสวนเกษตรกร

3.2.2.2.1 การศึกษาระดับแคลเซียมในแหล่งปลูกลองกอง

ดำเนินการคัดเลือกตัวแทนสวนลองกอง 5 จังหวัด คือ นราธิวาส ยะลา ปัตตานี สงขลา และสุราษฎร์ธานี เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการเก็บตัวอย่างดินและพืช โดยเลือกต้นลองกองที่

ให้ผลผลิต จำนวน 5 ต้น เพื่อทำการเก็บตัวอย่างดินและพืชในช่วงเดือนสิงหาคมถึงตุลาคมปี 2548 และนำตัวอย่างดินวิเคราะห์แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เพื่อสุ่มตัวแทนต้นลองกองโดยวิธีแบ่งกลุ่ม (Stratified Sampling Method) และวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) โดยกำหนดให้ระดับของแคลเซียมที่วิเคราะห์ได้จากดินเป็นปัจจัยที่ต้องการศึกษา ซึ่งจัดได้ 4 สิ่งทดลอง แต่ละสิ่งทดลองประกอบด้วย 3-7 ซ้ำ (ต้น) ดังนี้

1. สิ่งทดลองที่ 1 (T_1) แคลเซียม 0.33±0.12 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม
2. สิ่งทดลองที่ 2 (T_2) แคลเซียม 0.82±0.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม
3. สิ่งทดลองที่ 3 (T_3) แคลเซียม 1.14±0.14 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม
4. สิ่งทดลองที่ 4 (T_4) แคลเซียม 2.78±1.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม

3.2.2.2.2 การศึกษาระดับของยิปซัมต่อคุณภาพผลผลิตลองกอง

งานวิจัยนี้กำหนดให้ระดับความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมในดินเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องการศึกษาใช้ต้นลองกองจำนวน 30 ต้น พื้นที่ศึกษาในแปลงอำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยเก็บตัวอย่างดินรอบภายในทรงพุ่มบริเวณกึ่งกลางทรงพุ่มของต้นลองกองที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร โดยใช้สว่านเจาะดินแบบกระบอกแล้วนำดินทั้ง 4 จุดของต้นเดียวกันมารวมกันเพื่อนำไปวัดค่าต่าง ๆ ใบลองกองเก็บจากใบย่อยคู่กลางจากใบประกอบตำแหน่งที่ 2 นับจากกิ่งยอด (บุญส่ง และจำเป็น, 2545) ที่อยู่ระยะเพสลาดโดยสุ่มแยกเก็บในบริเวณทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตก ของทรงพุ่มต้นลองกองแล้วนำใบของต้นเดียวกันรวมกันเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืช จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ของดินและใบที่ได้และปฏิบัติการดูแลบำรุงรักษาสวนของเกษตรกรเจ้าของสวน คือ การเจริญเติบโตของต้น ได้แก่ความสูง ขนาดทรงพุ่ม ระยะปลูก การขยายพันธุ์ และอายุต้น และการดูแลรักษา ได้แก่ การใส่ปุ๋ย การให้น้ำ และการตัดแต่งกิ่งมาจัดกลุ่มของต้นลองกอง ซึ่งจัดได้ 6 กลุ่ม ๆ ละ 5 ต้น ดำเนินการสุ่มตัวแทนของต้นลองกองโดยวิธีแบ่งชั้น วางแผนการทดลองแบบ RCBD โดยกำหนดให้ระดับของยิปซัมเป็นปัจจัยที่ต้องการศึกษา การทดลองนี้ประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง แต่ละสิ่งทดลองประกอบด้วย 6 ซ้ำ (ต้น) ดังนี้

1. สิ่งทดลองที่ 1 (T_1) สิ่งทดลองควบคุม (control)
2. สิ่งทดลองที่ 2 (T_2) ยิปซัม 400 กรัมต่อตารางเมตร
3. สิ่งทดลองที่ 3 (T_3) ยิปซัม 800 กรัมต่อตารางเมตร

4. สิ่งทดลองที่ 4 (T_4) ยิปซัม 1200 กรัมต่อตารางเมตร

3.2.2.2.2.1 ลักษณะดินสวนลองกอง

สวนลองกองของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีเป็นสวนที่อายุต้นลองกอง 10 ปี ในปี 2546 มีระยะปลูก 6X6 เมตร (44 ต้นต่อไร่) (ภาพภาคผนวกที่ 7 และ 8)

ชุดดินรือเสาะในสวนลองกองนี้มีเนื้อดินประเภทร่วน มีค่าเฉลี่ยของพีเอชดิน คือ 4.88 ดินมีระดับความอุดสมบูรณ์เริ่มต้น (อินทรียวัตถุ 12.63 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัส 344 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียม 0.59 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม) เกษตรกรใช้ปุ๋ย 15-15-15 ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นและ 13-13-21ช่วงพัฒนาของผล มีระบบการให้น้ำ และแหล่งน้ำที่ใช้ คือ คลองกระแดะ

3.2.2.2.2.2 การจัดการสวน

เกษตรกรได้ตัดแต่งต้นลองกองเป็นปกติทุกปีหลังการเก็บเกี่ยว 2 เดือน จากนั้นให้ปุ๋ย 15-15-15 ในอัตรา 500 กรัมต่อต้น เมื่ออยู่ในระยะการพัฒนาของผลให้ปุ๋ย 13-13-21 ในอัตรา 100 กรัมต่อต้น เมื่อช่วงฝนทิ้งช่วงให้น้ำจากระบบ sprinkle ทุกสัปดาห์ ในการควบคุมโรคและแมลงทำเมื่อเกิดการระบาดโดยฉีดพ่นตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร เก็บเกี่ยวผลลองกองเมื่อถึงระยะสุกเต็มที่ (14-16 สัปดาห์หลังจากติดผล)

3.2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical Analysis)

ข้อมูลที่ได้ต่าง ๆ ถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้ Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป โปรแกรม R

บทที่ 4

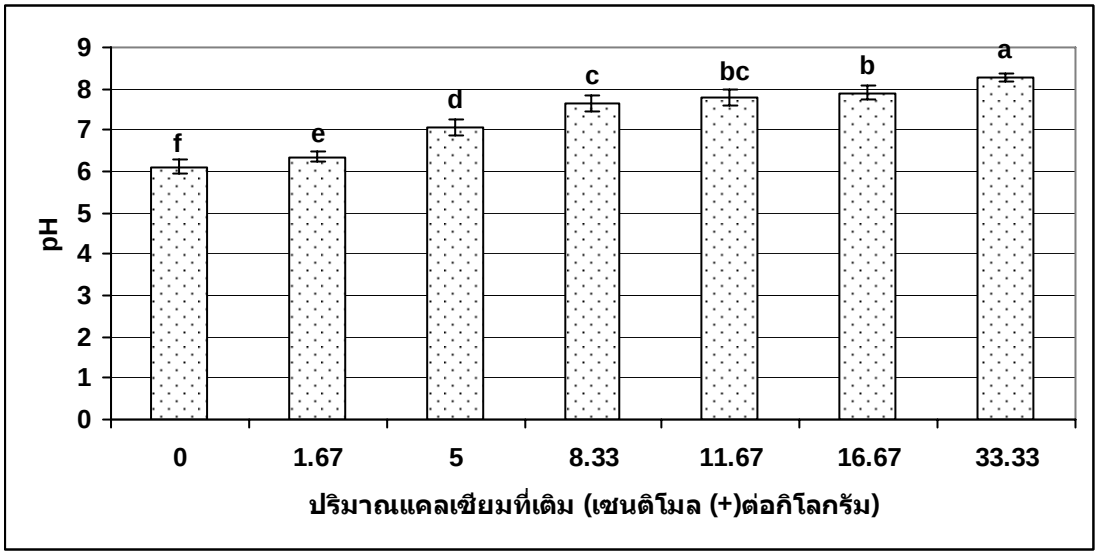
ผล

4.1 ผลของยิปซัมต่อสมบัติทางเคมีของดิน

การเปลี่ยนแปลงของพีเอช อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน เมื่อบ่มชุดดินลำภูราที่นำมาจากระดับ 0-15 เซนติเมตร จากผิวดินกับยิปซัมในอัตรา 3.55, 10.65, 17.75, 24.85, 35.50 และ 71.00 กรัมต่อดินแห้ง 3.00 กิโลกรัม หรือคิดเป็นแคลเซียมในอัตรา 1.67, 5.00, 8.33, 11.67, 16.67 และ 33.33 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมดินแห้ง ชุดดินลำภูรามีสมบัติ ดังนี้คือ เนื้อดินร่วนเหนียว (clay loam) (ประกอบด้วยทรายร้อยละ 20.66 ดินเหนียวร้อยละ 29.40 ซิลล์ ร้อยละ 49.94) สภาพเป็นกรดจัด (4.82±0.06) นอกจากนี้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ (2.09±0.72 กรัมต่อกิโลกรัม) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (1.74±0.10 กรัมต่อกิโลกรัม) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (0.10±0.01 เซนติโมล(+)ต่อกิโลกรัม) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (0.77±0.01 เซนติโมล(+)ต่อกิโลกรัม) และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (0.23±0.005 เซนติโมล(+)ต่อกิโลกรัม) ดินนี้จัดว่ามีปริมาณธาตุอาหารต่ำมาก สำหรับผลการศึกษา ของ พีเอช อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน หลังจากบ่มดิน 35 วัน มีดังนี้

พีเอชดิน

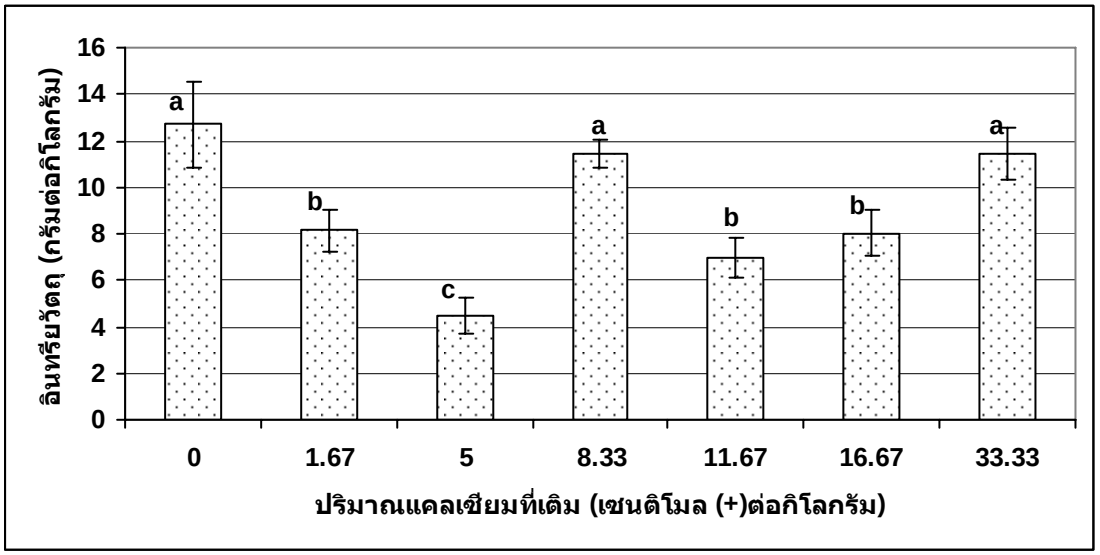
การเติมแคลเซียมในรูปยิปซัมในดิน ทำให้ดินมีพีเอชสูงกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.01) (ภาพที่ 1, ตารางภาคผนวกที่ 1) โดยสิ่งทดลองควบคุมมีค่าพีเอช 6.11±0.16 เมื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมทำให้ดินมีพีเอชสูงขึ้น เมื่อดินได้รับแคลเซียมอัตรา 1.67, 5.00, 8.33, 11.67, 16.67 และ 33.33 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ทำให้ดินมีพีเอช 6.36±0.11, 7.07±0.18, 7.64±0.20, 7.79±0.21, 7.91±0.16 และ 8.26±0.10 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อใส่แคลเซียมตั้งแต่อัตรา 8.33 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมขึ้นไปพีเอชของดินสูงกว่า 7.50



ภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ยของพีเอชดินหลังจากบ่มดินด้วยยิปซัมเป็นเวลา 35 วัน อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) เปรียบเทียบโดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

อินทรียวัตถุ

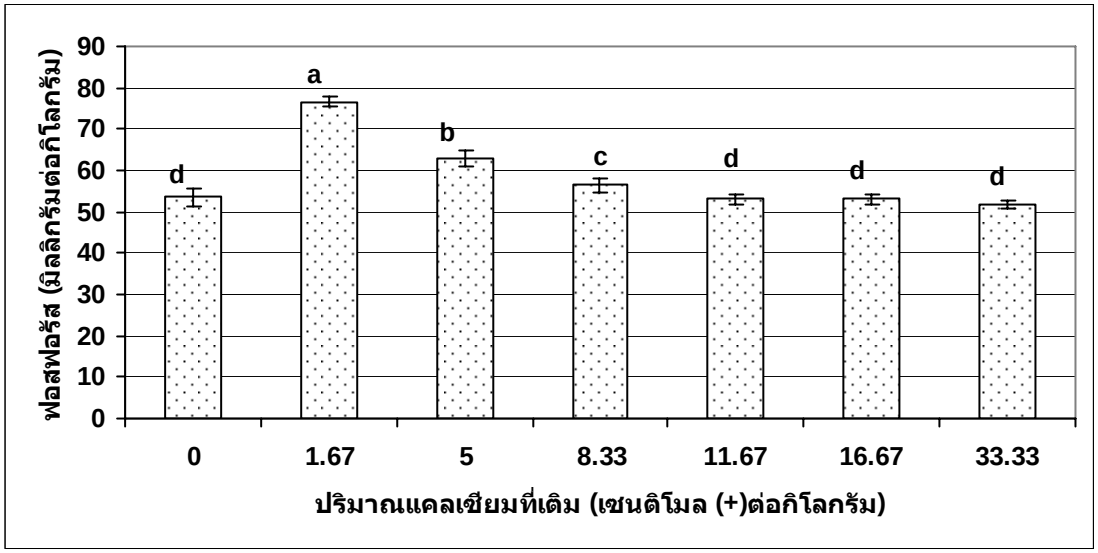
การเติมแคลเซียมในรูปยิปซัมในดิน ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ซึ่งมีค่า 12.69±1.84 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 2 ตารางภาคผนวกที่ 1) เมื่อดินได้รับแคลเซียมอัตรา 5.00 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำที่สุด คือ 4.47±0.73 กรัมต่อกิโลกรัม อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรียวัตถุในดินเมื่อได้รับแคลเซียมตั้งแต่ 11.67 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมขึ้นไปทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยของอินทรียวัตถุหลังจากบ่มดินด้วยยิปซัมเป็นเวลา 35 วัน อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบโดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

ฟอสฟอรัส

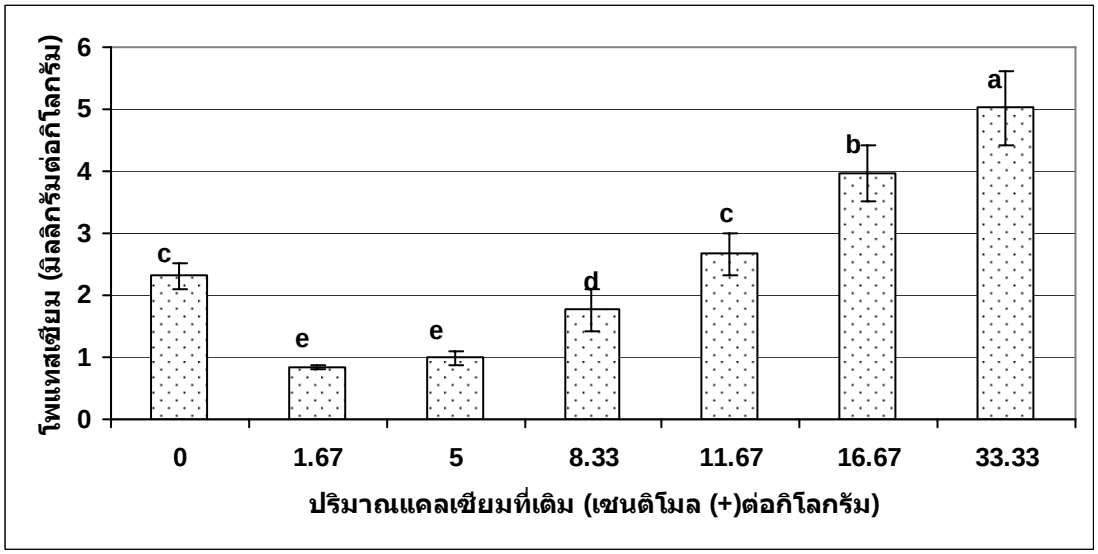
การเติมแคลเซียมในรูปยิปซัม 1.67-8.33 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ในดินทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ซึ่งมีค่า 53.59±2.15 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 3 ตารางภาคผนวกที่ 1) เมื่อดินได้รับแคลเซียมอัตรา 1.67 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ทำให้ดินมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงสุด คือ 76.59±1.08 กรัมต่อกิโลกรัม อย่างไรก็ตามเมื่อให้อัตราแคลเซียมเพิ่มจาก 1.67 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมขึ้นไปทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ลดลง



ภาพที่ 3 ค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์หลังจากบ่มดินด้วยยิปซัมเป็นเวลา 35 วัน อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบโดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

โพแทสเซียม

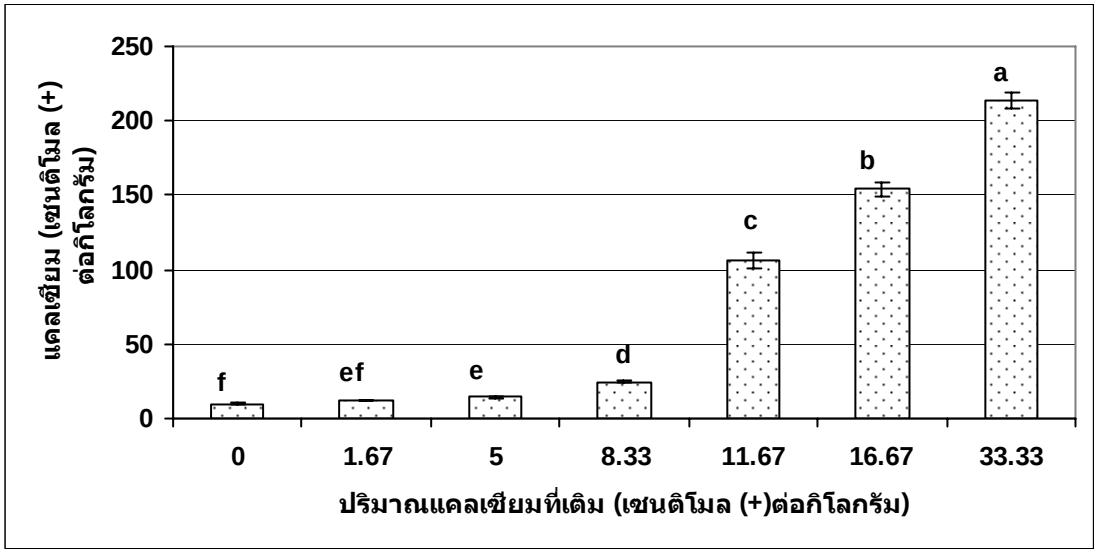
การเติมแคลเซียมในรูปยิปซัมในดินปริมาณ 1.67-8.33 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) แต่เมื่อเติมแคลเซียมในดินปริมาณ 11.67-33.33 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ภาพที่ 4 ตารางภาคผนวกที่ 1) ซึ่งมีค่า 2.31±0.20 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม เมื่อดินได้รับแคลเซียมอัตรา 1.67 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมทำให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำสุด คือ 0.83±0.02 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม และเมื่อดินได้รับแคลเซียมเพิ่มทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อเติมแคลเซียมอัตรา 11.67 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมขึ้นไปปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีแนวโน้มสูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม คือ 2.66±0.33 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม



ภาพที่ 4 ค่าเฉลี่ยของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้หลังจากบ่มดินด้วยยิปซัมเป็นเวลา 35 วัน อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบโดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

แคลเซียม

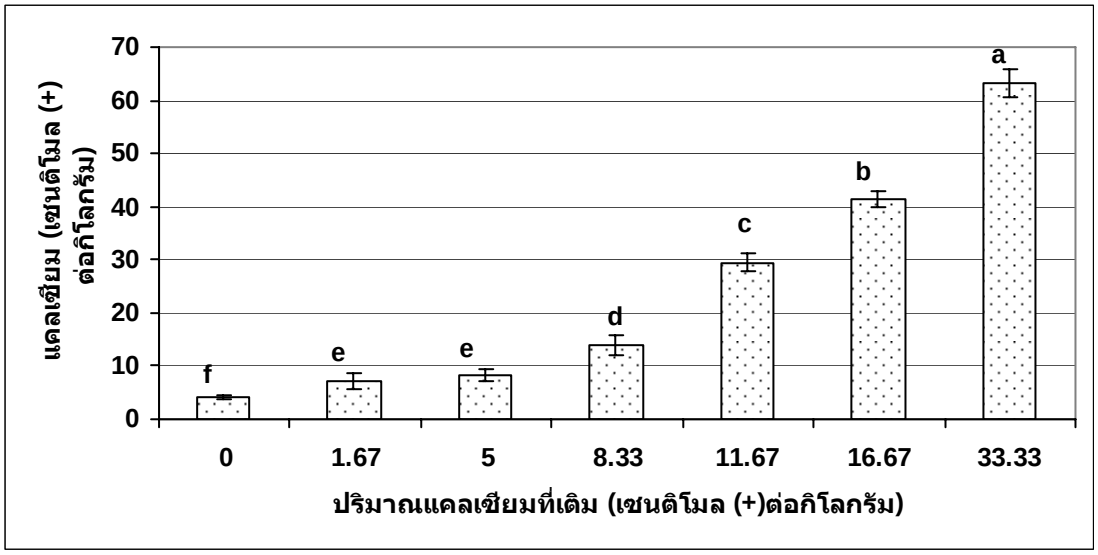
การเติมแคลเซียมในรูปยิปซัมในดิน ทำให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่ากับสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.01) (ภาพที่ 5 ตารางภาคผนวกที่ 1) ซึ่งมีค่า 9.68±0.55 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม เมื่อดินได้รับแคลเซียม 1.67 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ทำให้ดินมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม คือ 12.31±0.34 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม และปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นเมื่อให้แคลเซียมแก่ดินอัตราเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 5 ค่าเฉลี่ยของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้หลังจากบ่มดินด้วยยิปซัมเป็นเวลา 35 วัน อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) เปรียบเทียบโดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

แมกนีเซียม

การเติมแคลเซียมในรูปยิปซัมในดิน ทำให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่ากับสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ภาพที่ 6 ตารางภาคผนวกที่ 1) ซึ่งมีค่า 4.29±0.40 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ดินเมื่อได้รับแคลเซียมเพิ่มขึ้นทำให้ดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้น



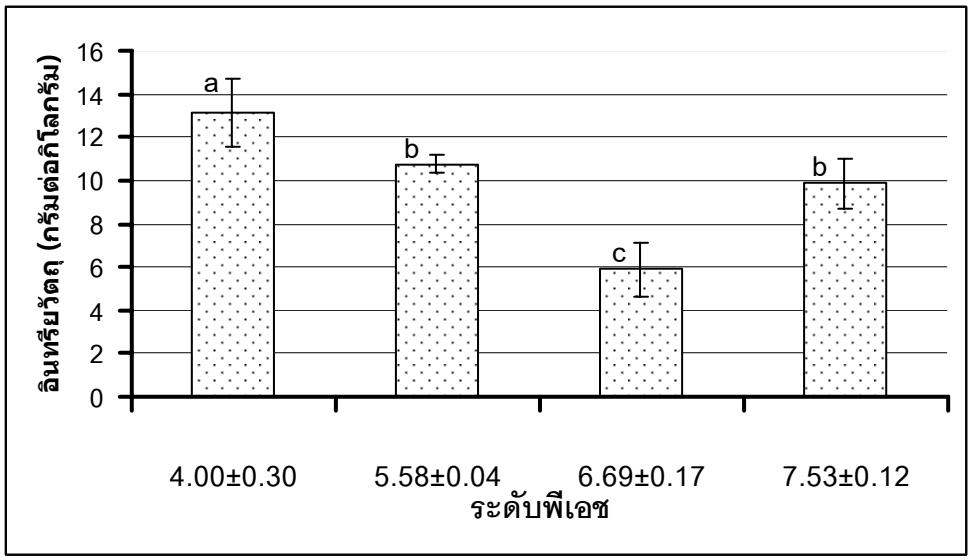
ภาพที่ 6 ค่าเฉลี่ยของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้หลังจากบ่มดินด้วยยิปซัมเป็นเวลา 35 วัน อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบโดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชของดินกับธาตุอาหารพืช

เมื่อบ่มชุดดินปากจั่นที่นำมาจากระดับ 0-30 เซนติเมตร จากผิวดินโดยปรับพีเอชดินเป็น 4.00±0.30, 5.58±0.04, 6.69±0.17 และ 7.53±0.12 สำหรับผลการเปลี่ยนแปลงของอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ หลังจากบ่มดิน 35 วัน มีดังนี้

อินทรียวัตถุ

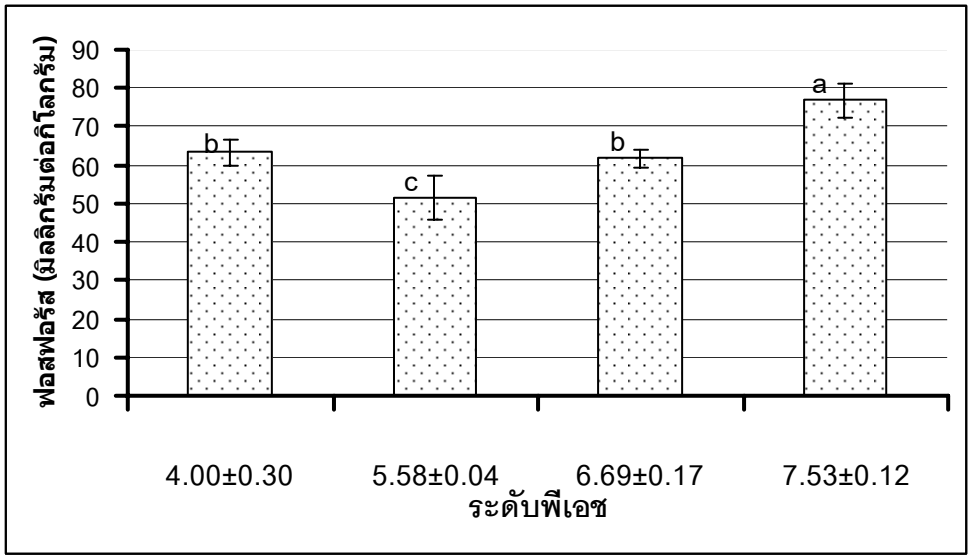
ระดับพีเอชดินทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน มีปริมาณแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ภาพที่ 7 ตารางภาคผนวกที่ 2) เมื่อดินมีระดับพีเอช 6.69± 0.17 ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุต่ำที่สุด คือ 5.91±1.12 กรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ดินมีระดับพีเอช 4.00±0.30 ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุด คือ 13.16±1.57 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อดินมีระดับพีเอช 5.58±0.04 และ 7.53±0.12 ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินใกล้เคียงกัน คือ 10.76±0.43 และ 9.85±1.17 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ



ภาพที่ 7 ค่าเฉลี่ยของอินทรียวัตถุหลังจากบ่มดิน ณ ระดับพีเอช ต่าง ๆ เป็นเวลา 35 วัน อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

ฟอสฟอรัส

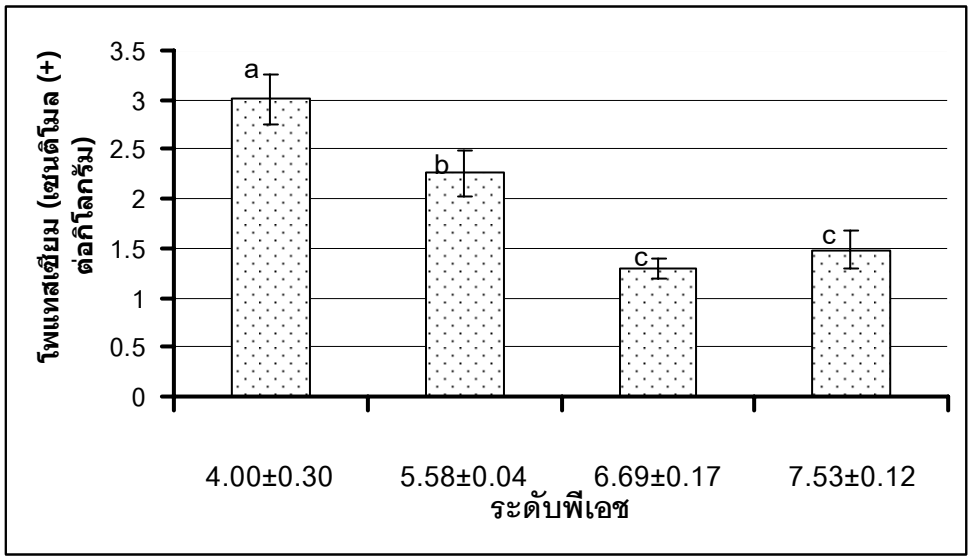
ระดับพีเอชในดิน ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.01) (ภาพที่ 8 ตารางภาคผนวกที่ 2) เมื่อดินมีระดับพีเอช 5.58± 0.04 ทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุด คือ 51.57±5.57 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ดินมีระดับพีเอช 7.53±0.12 ทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด คือ 76.74±4.64 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อดินมีระดับพีเอช 4.00±0.30 และ 6.69±0.17 ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินใกล้เคียงกัน คือ 63.22±3.58 และ 61.82±2.31 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ



ภาพที่ 8 ค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์หลังจากบ่มดิน ณ ระดับพีเอช ต่าง ๆ เป็นเวลา 35 วัน
อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

โพแทสเซียม

ระดับพีเอชในดิน ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ภาพที่ 9 ตารางภาคผนวกที่ 2) เมื่อดินมีระดับพีเอช 6.69± 0.17 ทำให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำที่สุด คือ 1.29±0.10 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ในขณะที่ดินมีระดับพีเอช 4.00±0.0.30 ทำให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด คือ 3.01±0.25 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม อย่างไรก็ตามเมื่อดินมีระดับพีเอชสูงขึ้นทำให้มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง

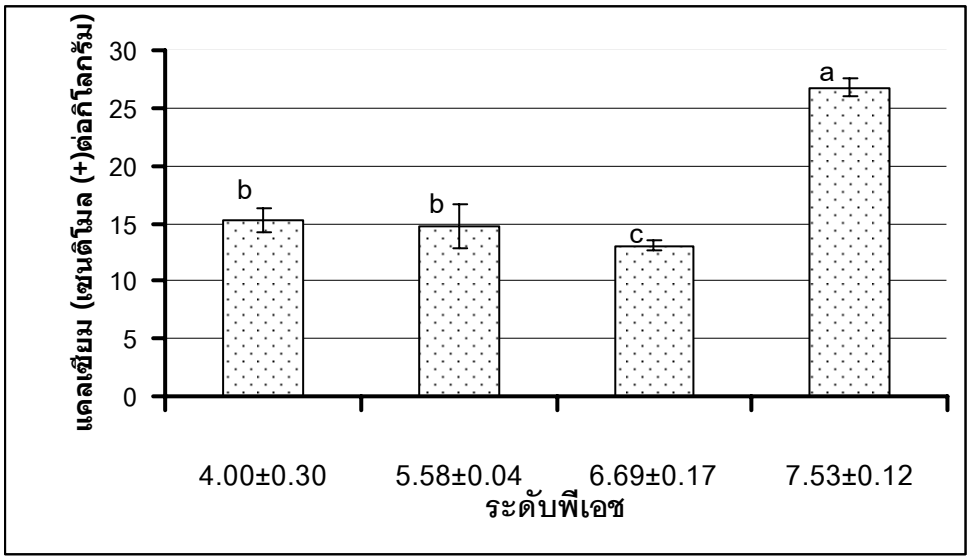


ภาพที่ 9 ค่าเฉลี่ยของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้หลังจากบ่มดิน ณ ระดับพีเอชต่าง ๆ เป็นเวลา 35 วัน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

แคลเซียม

ระดับพีเอชในดิน ทำให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.01) (ภาพที่ 10 ตารางภาคผนวกที่ 2) เมื่อดินมีระดับพีเอช 6.69± 0.17 ทำให้ดินมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำที่สุด คือ 13.05±0.42 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ในขณะที่ดินมีระดับพีเอช 7.53±0.12 ทำให้ดินมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด คือ 26.75±0.79 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม

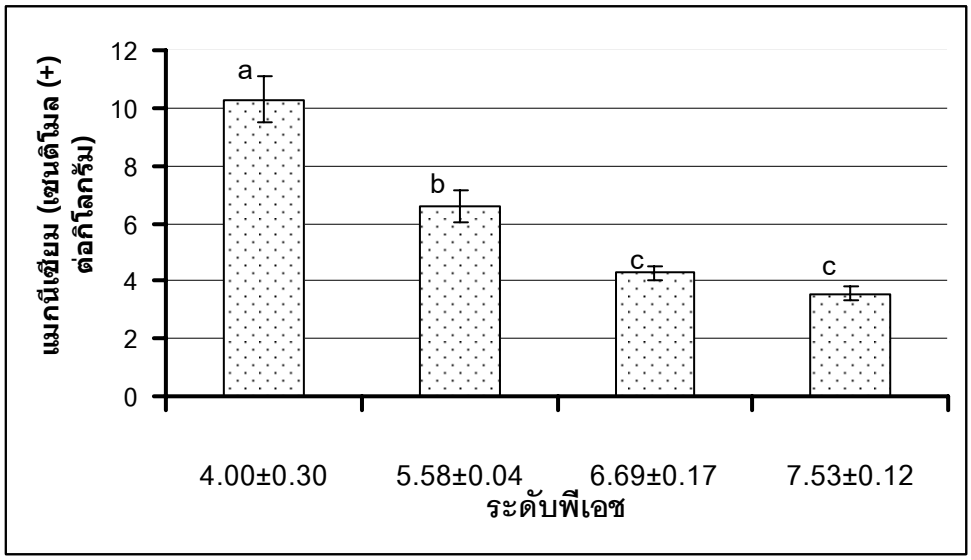


ภาพที่ 10 ค่าเฉลี่ยของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้หลังจากบ่มดิน ณ ระดับพีเอชต่าง ๆ เป็นเวลา 35 วัน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

แมกนีเซียม (Magnesium, Mg)

ระดับพีเอชในดิน ทำให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.01) (ภาพที่ 11 ตารางภาคผนวกที่ 2) เมื่อดินมีระดับพีเอช 4.00± 0.30 ทำให้ดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด คือ 10.30±0.83 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ในขณะที่ดินมีระดับพีเอช 7.53±0.12 ทำให้ดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำที่สุด คือ 3.56±0.25 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม และเมื่อดินมีระดับพีเอชเพิ่มขึ้นทำให้ดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง



ภาพที่ 11 ค่าเฉลี่ยของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้หลังจากบ่มดิน ณ ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 35 วัน
อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

4.3 ความสัมพันธ์ของระดับแคลเซียมกับการดูดธาตุอาหารของต้นกล้าลองกอง

ความเข้มข้นธาตุอาหารพืชในแต่ละส่วนของต้นกล้าลองกอง

ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในราก ลำต้น และใบของต้นกล้าลองกองอายุ 6 เดือน โดยค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของธาตุอาหารแต่ละธาตุในราก ลำต้น และใบแสดงใน ตารางที่ 9 และเมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในแต่ละส่วนของต้นกล้าลองกองพบว่าทำให้ความเข้มข้นของธาตุทั้งสามในแต่ละส่วนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เมื่อจัดเรียงความเข้มข้นจากมากไปน้อยของแต่ละส่วนในต้นกล้าลองกอง พบว่าไนโตรเจนและโพแทสเซียม คือ ใบมีความเข้มข้นธาตุทั้งสองมากที่สุด รองลงมา คือ ลำต้น และราก ตามลำดับ และฟอสฟอรัส คือ ลำต้นมีความเข้มข้นฟอสฟอรัสมากที่สุด รองลงมา คือ ราก และใบ ตามลำดับ การเปรียบเทียบความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมในแต่ละส่วนของต้นกล้าลองกอง พบว่าทำให้ความเข้มข้นของธาตุทั้งสองในแต่ละส่วนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อจัดเรียงความเข้มข้นจากมากไปน้อยของแต่ละส่วนในต้นกล้าลองกอง คือ ใบมีความเข้มข้นแคลเซียมและแมกนีเซียมมากที่สุด รองลงมา คือ ลำต้น และราก ตามลำดับ ความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนในส่วนของราก ลำต้น และใบ คือ 9.51±0.65, 12.80±0.35, และ 23.40±0.42 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ฟอสฟอรัสในส่วนของราก ลำต้น และใบ คือ 3.12±0.02, 3.76±0.24, และ 2.45±0.12 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โพแทสเซียมในส่วนของราก ลำต้น และใบ คือ 6.76±0.79, 13.04±1.93, และ 19.08±2.62 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แคลเซียมในส่วนของราก ลำต้น และใบ คือ 1.25±0.23, 3.33±0.01, และ 4.66±0.88 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และแมกนีเซียมในส่วนของราก ลำต้น และใบ คือ 0.94±0.07, 1.04±0.18, และ 1.71±0.04 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนของ ราก ลำต้น และใบของต้นลองกองอายุ 6 เดือน

ส่วนของต้นลองกอง	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	แคลเซียม	แมกนีเซียม
ราก	9.51±0.65c	3.12±0.02b	6.76±0.79c	1.25±0.23b	0.94±0.07b
ลำต้น	12.80±0.35b	3.76±0.24a	13.04±1.93b	3.33±0.01a	1.04±0.18b
ใบ	23.40±0.42a	2.45±0.12c	19.08±2.62a	4.66±0.88a	1.71±0.04a
F-test	**	**	**	*	*
C.V. (%)	3.22	4.98	15.38	17.18	9.28

หมายเหตุ: **, * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง และอย่างนัยสำคัญ เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (±SD, n=3)

ความเข้มข้นธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของต้นกล้าลองกอง ซึ่งปลูกอยู่ในสารละลายสูตร Carpena (1983) ที่มีระดับของแคลเซียมต่าง ๆ กัน คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ในระยะเวลา 75 วัน ผลการศึกษาความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในส่วนต่าง ๆ ของต้นกล้าลองกอง มีดังนี้คือ

ไนโตรเจน

ระดับของแคลเซียมในสารละลายทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจน ในส่วนของรากเกิดขึ้นใหม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ลำต้นเกิดใหม่ และใบ (รวมที่มีอยู่เดิมและแตกใหม่) ระดับของแคลเซียมในสารละลายทำให้แต่ละส่วนดังกล่าวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) รากเกิดขึ้นใหม่มีความเข้มข้นไนโตรเจนมากที่สุด 48.52±3.06 กรัมต่อกิโลกรัม เมื่อระดับของแคลเซียม 2.0 เซนติโมล (+) ต่อลิตร และเมื่อสารละลายมีระดับของแคลเซียม 1.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ทำให้ความเข้มไนโตรเจนต่ำที่สุด ซึ่งมีค่า 39.71±0.96 กรัมต่อกิโลกรัม สำหรับลำต้นใหม่ระดับของแคลเซียมที่ทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนของลำต้นใหม่สูงสุด คือ 1.0 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 37.51±0.94 กรัมต่อกิโลกรัม และต่ำสุด คือ 1.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 31.84±2.01 กรัมต่อกิโลกรัม และส่วนของใบระดับของแคลเซียมที่ทำให้มีความเข้มข้นไนโตรเจนมากที่สุด คือ 0.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 40.48±2.65 กรัมต่อกิโลกรัม และต่ำสุด คือ 1.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 32.74±1.79 กรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน (กรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนของรากใหม่ ลำต้นใหม่ และใบ ที่ปลูกในสารละลายที่ระดับแคลเซียม ต่าง ๆ ระยะเวลา 75 วัน

แคลเซียม (เซนติโมล (+) ต่อลิตร	ความเข้มข้นไนโตรเจน (กรัมต่อกิโลกรัม)		
	รากใหม่	ลำต้นใหม่	ใบ
0.5	41.06±1.09b	32.53±0.08b	40.48±2.65a
1.0	39.88±2.45b	37.51±0.94a	38.96±6.38ab
1.5	39.71±0.96b	31.84±2.01b	32.74±1.79b
2.0	48.52±3.06a	32.87±1.76b	38.68±0.87ab
F-test	**	*	*
C.V. (%)	4.84	4.21	8.16

หมายเหตุ: **, * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง และอย่างนัยสำคัญ เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (±SD, n=3)

ฟอสฟอรัส

ระดับของแคลเซียมในสารละลายทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัส ในส่วนของลำต้นเกิดใหม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ส่วนรากเกิดขึ้นใหม่และใบปรากฏว่าระดับของแคลเซียมในสารละลาย ไม่ทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รากเกิดขึ้นใหม่ ระดับของแคลเซียมที่ทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสของรากใหม่มีแนว โน้มสูงสุด คือ 1.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 4.98±0.06 กรัมต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มต่ำสุด คือ 0.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 3.93±1.17 กรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ลำต้นใหม่ระดับของแคลเซียมที่ทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสของลำต้นใหม่สูงสุด คือ 2.0 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 5.47±0.47 กรัมต่อกิโลกรัม และต่ำสุด คือ 1.0 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 2.85±0.17 กรัมต่อกิโลกรัม และส่วนของใบระดับของแคลเซียมที่ทำให้มีความเข้มข้นฟอสฟอรัสมีแนวโน้มมากที่สุด คือ 2.0 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 3.38±0.17 กรัมต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มต่ำสุด คือ 1.0 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 2.01±1.17 กรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัส (กรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนของรากใหม่ ลำต้นใหม่ และใบ ที่ปลูกในสารละลายที่ระดับแคลเซียมต่าง ๆ ระยะเวลา 75 วัน

แคลเซียม (เซนติโมล (+) ต่อลิตร	ความเข้มข้นฟอสฟอรัส (กรัมต่อกิโลกรัม)		
	รากใหม่	ลำต้นใหม่	ใบ
0.5	3.93±1.17	3.25±0.43b	3.02±0.45
1.0	4.35±0.25	2.85±0.17b	2.01±1.17
1.5	4.98±0.06	3.17±0.42b	2.08±0.23
2.0	4.02±0.69	5.47±0.47a	3.38±0.17
F-test	ns	**	ns
C.V. (%)	14.53	11.02	22.79

หมายเหตุ: ** แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบโดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่าง ($P > 0.05$) (±SD, n=3)

โพแทสเซียม

ระดับของแคลเซียมในสารละลายทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียม ในส่วนของรากเกิดขึ้นใหม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับใบระดับของแคลเซียมในสารละลายทำให้ส่วนดังกล่าวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ส่วนลำต้นเกิดใหม่พบว่าระดับของแคลเซียมในสารละลาย ไม่ทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รากเกิดขึ้นใหม่ ระดับของแคลเซียมที่ทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมของรากใหม่สูงสุด คือ 1.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 32.64±1.18 กรัมต่อกิโลกรัม และต่ำสุด คือ 0.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 23.61±2.90 กรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ลำต้นใหม่ระดับของแคลเซียมที่ทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมของลำต้นใหม่มีแนวโน้มสูงสุด คือ 1.0 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 16.16±0.85 กรัมต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มต่ำสุด คือ 1.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 13.83±0.51 กรัมต่อกิโลกรัม และส่วนของใบระดับของแคลเซียมที่ทำให้มีความเข้มข้นโพแทสเซียมของใบมากที่สุด คือ 2.0 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 24.79±0.56 กรัมต่อกิโลกรัม และต่ำสุด คือ 1.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 17.99±1.49 กรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยของโพแทสเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนของรากใหม่ ลำต้นใหม่ และใบ ที่ปลูกในสารละลายที่ระดับแคลเซียมต่าง ๆ ระยะเวลา 75 วัน

แคลเซียม (เซนติโมล (+) ต่อลิตร	ความเข้มข้นโพแทสเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม)		
	รากใหม่	ลำต้นใหม่	ใบ
0.5	23.61±2.90b	15.23±3.48	21.33±0.87b
1.0	25.01±3.61b	16.16±0.85	20.12±1.29bc
1.5	32.64±1.18a	13.83±0.51	17.99±1.49c
2.0	27.71±0.97ab	15.76±1.68	24.79±0.56a
F-test	*	ns	**
C.V. (%)	8.92	11.91	5.28

หมายเหตุ: **, * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง และอย่างนัยสำคัญ เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (±SD, n=3)

แคลเซียม

ระดับของแคลเซียมในสารละลายทำให้ความเข้มข้นแคลเซียม ในส่วนของลำต้นเกิดใหม่ และใบแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนรากเกิดใหม่พบว่าระดับของแคลเซียมในสารละลาย ไม่ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รากเกิดขึ้นใหม่ระดับของแคลเซียมที่ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมของรากใหม่มีแนวโน้มสูงสุด คือ 0.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 5.11±1.04 กรัมต่อกิโลกรัม และต่ำสุด คือ 1.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 3.68±0.09 กรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ลำต้นใหม่ระดับของแคลเซียมที่ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมของลำต้นใหม่สูงสุด คือ 2.0 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 8.30±0.28 กรัมต่อกิโลกรัม และต่ำสุด คือ 0.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 5.68±0.81 กรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้เมื่อระดับของแคลเซียมในสารละลายเพิ่มขึ้น ทำให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในลำต้นเกิดใหม่สูงขึ้น และส่วนของใบระดับของแคลเซียมที่ทำให้มีความเข้มข้นแคลเซียมของใบมากที่สุด คือ 1.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 5.52±0.51 กรัมต่อกิโลกรัม และต่ำสุด คือ 2.0 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 4.02±0.55 กรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยของแคลเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนของรากใหม่ ลำต้นใหม่ และใบ ที่ปลูกในสารละลายที่ระดับแคลเซียมต่าง ๆ ระยะเวลา 75 วัน

แคลเซียม (เซนติโมล (+) ต่อลิตร	ความเข้มข้นแคลเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม)		
	รากใหม่	ลำต้นใหม่	ใบ
0.5	5.11±1.04	5.68±0.81b	4.37±0.42b
1.0	4.30±0.37	7.39±0.50a	4.69±0.10ab
1.5	3.68±0.09	7.44±0.80a	5.52±0.51a
2.0	4.91±0.23	8.30±0.28a	4.02±0.55b
F-test	ns	*	*
C.V. (%)	12.58	7.92	8.69

หมายเหตุ: * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบโดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่าง ($P > 0.05$) (±SD, n=3)

แมกนีเซียม

ระดับของแคลเซียมในสารละลายทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียม ในส่วนของใบแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ส่วนรากเกิดขึ้นใหม่ และลำต้นเกิดใหม่พบว่าระดับของแคลเซียมในสารละลาย ไม่ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รากเกิดขึ้นใหม่ ระดับของแคลเซียมที่ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมของรากใหม่มีแนวโน้มสูงสุด คือ 0.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 3.89±1.17 กรัมต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มต่ำสุด คือ 2.0 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 2.64±0.33 กรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้เมื่อระดับของแคลเซียมในสารละลายเพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในรากเกิดใหม่ลดลงขึ้น ในขณะที่ลำต้นใหม่ระดับของแคลเซียมที่ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมของลำต้นใหม่มีแนวโน้มสูงสุด คือ 1.0 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 2.96±0.34 กรัมต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มต่ำสุด คือ 2.0 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 2.27±0.18 กรัมต่อกิโลกรัม และส่วนของใบระดับของแคลเซียมที่ทำให้มีความเข้มข้นแมกนีเซียมของใบมากที่สุด คือ 2.0 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 1.95±0.01 กรัมต่อกิโลกรัม และต่ำสุด คือ 1.0 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 1.34±0.08 กรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยของแมกนีเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนของรากใหม่ ลำต้นใหม่ และใบ ที่ปลูกในสารละลายที่ระดับแคลเซียมต่าง ๆ ระยะเวลา 75 วัน

แคลเซียม (เซนติโมล (+) ต่อลิตร	ความเข้มข้นแมกนีเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม)		
	รากใหม่	ลำต้นใหม่	ใบ
0.5	3.89±1.17	2.76±0.88	1.44±0.25b
1.0	3.48±0.39	2.96±0.34	1.34±0.08b
1.5	2.67±0.25	2.43±0.24	1.69±0.16ab
2.0	2.64±0.33	2.27±0.18	1.95±0.01a
F-test	ns	ns	**
C.V. (%)	18.25	17.64	9.62

หมายเหตุ: * * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบโดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (±SD, n=3)

น้ำหนักแห้ง

ระดับของแคลเซียมในสารละลาย ไม่ทำให้น้ำหนักแห้งต่อต้นในส่วนของรากและลำต้นที่เกิดขึ้นใหม่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 15) ระดับแคลเซียมในสารละลาย ที่ทำให้น้ำหนักแห้งต่อต้นของรากและลำต้นที่เกิดขึ้นใหม่มีแนวโน้มมากกว่าสิ่งทดลองอื่น คือ 1.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ซึ่งมีค่า 74.04±27.33 และ35.62±21.18 มิลลิกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต่อต้น (มิลลิกรัม) ของรากและลำต้นเกิดใหม่เมื่อปลูกในสารละลายที่มีระดับแคลเซียมต่าง ๆ ระยะเวลา 75 วัน

แคลเซียม (เซนติโมล (+) ต่อลิตร	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต่อต้น (มิลลิกรัม)	
	รากเกิดใหม่	ลำต้นเกิดใหม่
0.5	56.05±24.96	29.50±11.60
1.0	48.38±29.14	28.68±6.35
1.5	74.05±27.23	35.62±21.18
2.0	60.37±6.82	28.75±6.78
F-test	ns	ns
C.V. (%)	52.70	42.66

หมายเหตุ: ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (±SD, n=3)

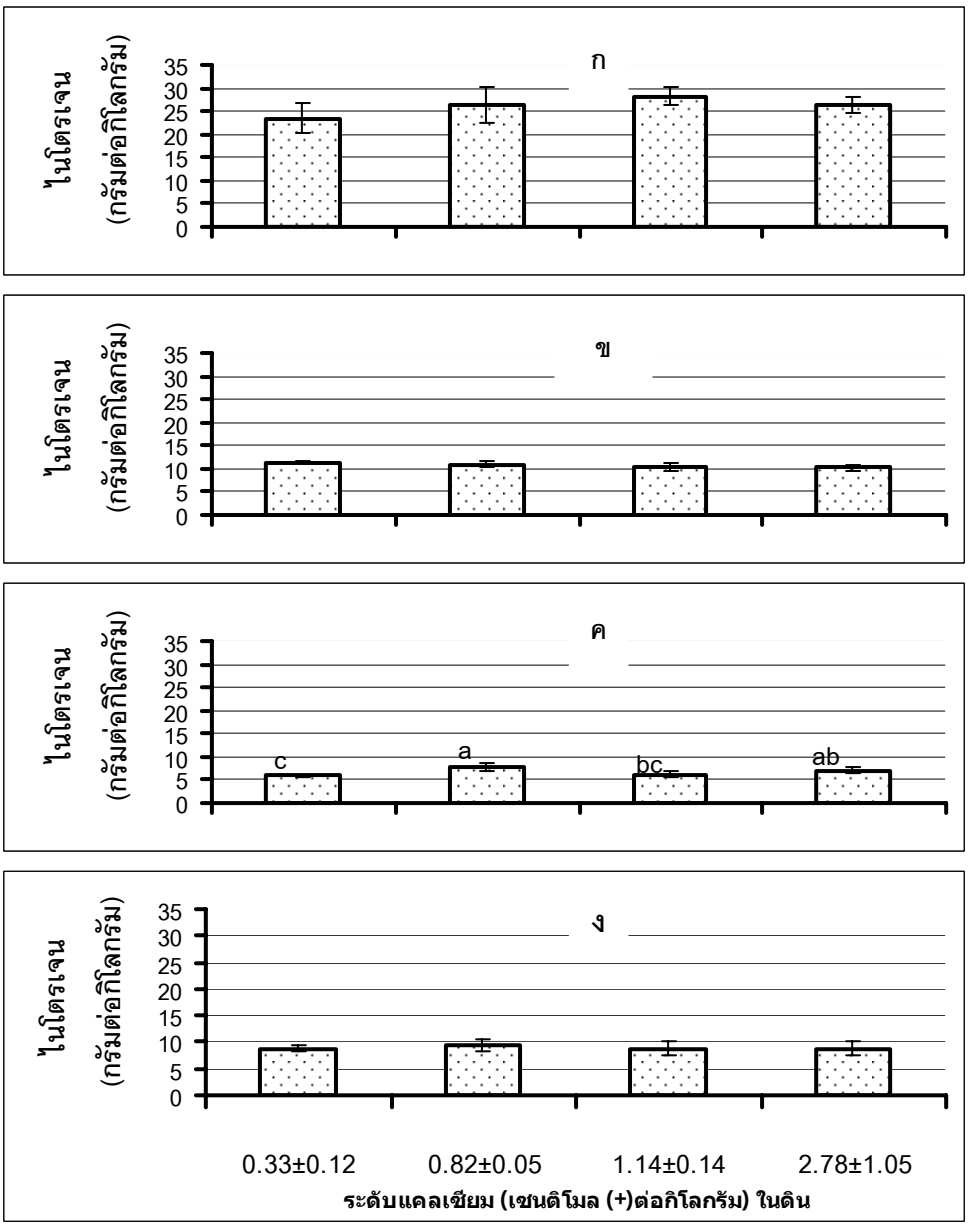
4.4 ความสัมพันธ์ของระดับแคลเซียมในแหล่งปลูกต่อธาตุอาหารพืชและคุณภาพผลผลิตของลองกอง

สวนลองกองที่ถูกคัดเลือก คือในพื้นที่จังหวัดนราธิวาส ยะลา ปัตตานี สงขลาและสุราษฎร์ธานีเพื่อเป็นตัวแทนศึกษาระดับแคลเซียมกับ ความเข้มข้นไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมในส่วนของใบ เนื้อผล เปลือก และก้านช่อผลของลองกองคุณภาพผลผลิต โดยมีระดับแคลเซียม 4 ระดับ คือ 0.33±0.12, 0.82±0.05, 1.14±0.14 และ 2.78±1.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ซึ่งมีผลการศึกษาดังนี้

4.4.1 ธาตุอาหารพืช

ไนโตรเจน

ระดับของแคลเซียมในดินไม่ทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนในส่วนของใบ (ภาพที่ 12ก ตารางภาคผนวกที่ 4) ก้านช่อผล (ภาพที่ 12ข ตารางภาคผนวกที่ 5) และเนื้อผล (ภาพที่ 12ง ตารางภาคผนวกที่ 7) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ส่วนของเปลือกผลระดับของแคลเซียมในดินทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ภาพที่ 12ค ตารางภาคผนวกที่ 6) อย่างไรก็ตามระดับของแคลเซียม 1.14±0.14 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนในใบมีแนวโน้มมากที่สุด คือ 28.20±2.01 กรัมต่อกิโลกรัม สำหรับก้านช่อผลลองกองเมื่อระดับของแคลเซียมเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นไนโตรเจนในก้านช่อผลลองกองมีแนวโน้มลดลง เปลือกผลลองกองมีความเข้มข้นไนโตรเจนสูงทีสุดเมื่อระดับของแคลเซียม 0.82±0.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่า 7.93±0.83 กรัมต่อกิโลกรัม และความเข้มข้นไนโตรเจนต่ำที่สุดเมื่อดินมีระดับแคลเซียม 0.33±0.12 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม คือ 6.00±0.20 กรัมต่อกิโลกรัม และเนื้อผลลองกองมีความเข้มข้นไนโตรเจนสูงสุดเมื่อระดับของแคลเซียม 0.88±0.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่า 9.37±1.03 กรัมต่อกิโลกรัม

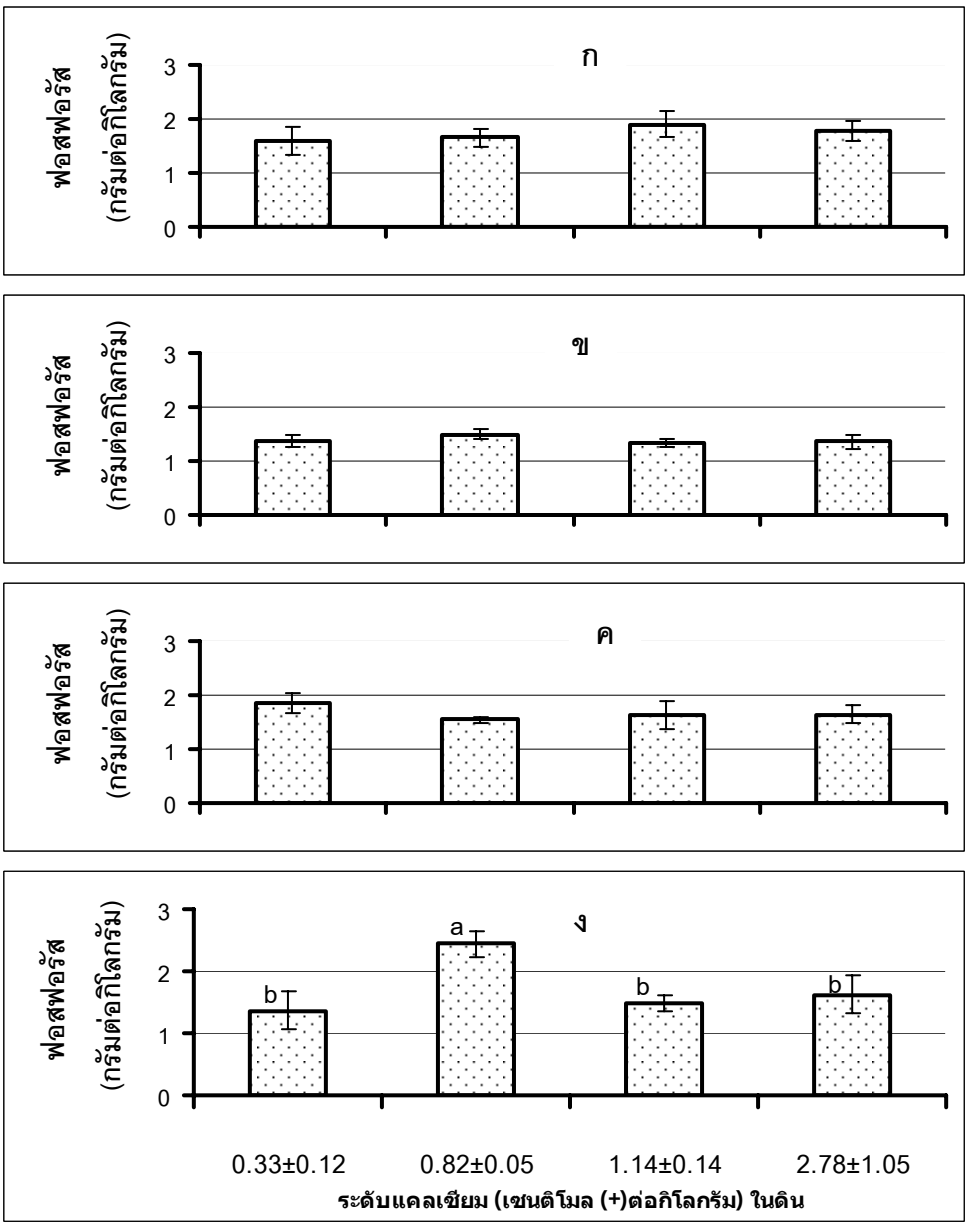


ภาพที่ 12 ความเข้มข้นไนโตรเจนเฉลี่ยในส่วนของใบ (A) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง เมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

ฟอสฟอรัส

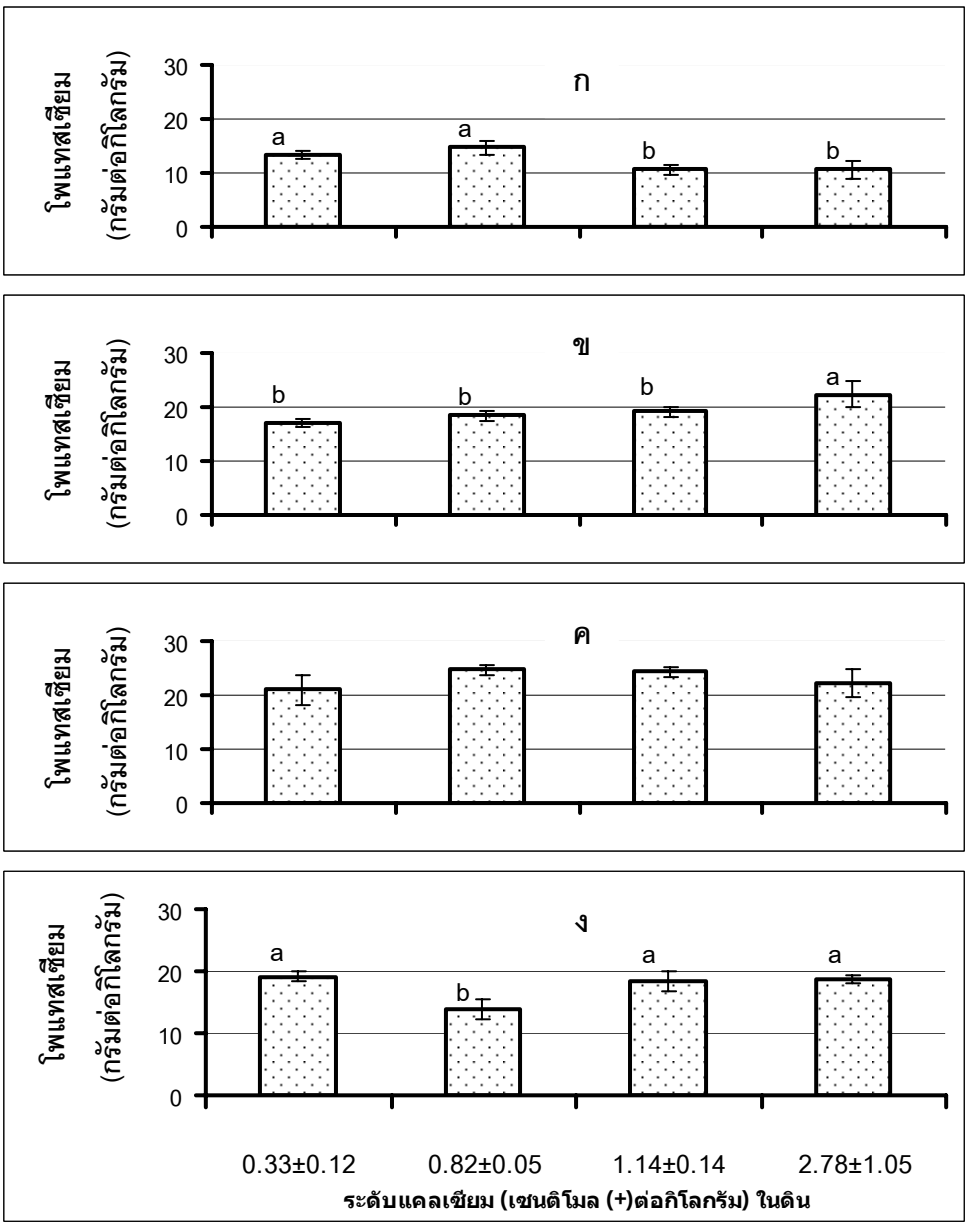
ระดับของแคลเซียมในดินไม่ทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในส่วนใบ (ภาพที่ 13ก ตารางภาคผนวกที่ 4) ก้านช่อผล (ภาพที่ 13ข ตารางภาคผนวกที่ 5) และเปลือกผล (ภาพที่ 13ค ตารางภาคผนวกที่ 6) ของลองกองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เนื้อผลลองกอง (ภาพที่ 13ง ตารางภาคผนวกที่ 7) ระดับของแคลเซียมในดินทำให้มีความเข้มข้นฟอสฟอรัสแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในใบลองกองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของแคลเซียมในดินเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อระดับแคลเซียมในดิน 2.78±1.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมความเข้มข้นฟอสฟอรัสในใบเริ่มมีแนวโน้มลดลง ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในส่วนของก้านช่อผลลองกองที่ระดับของแคลเซียม 0.82±0.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในก้านช่อผลมีแนวโน้มสูงสุด คือ 1.50±0.08 กรัมต่อกิโลกรัม เปลือกผลลองกองเมื่อระดับของแคลเซียม 0.33±0.12 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในเปลือกผลมีแนวโน้มสูงสุด คือ 1.85±0.17 กรัมต่อกิโลกรัม และเนื้อผลลองกองเมื่อระดับของแคลเซียมในดิน 0.82±0.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในเนื้อผลสูงที่สุด ซึ่งมีค่า 2.44±0.22 กรัมต่อกิโลกรัม



ภาพที่ 13 ความเข้มข้นฟอสฟอรัสเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง เมื่อดินที่มีแคลเซียมต่าง ๆ อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

โพแทสเซียม

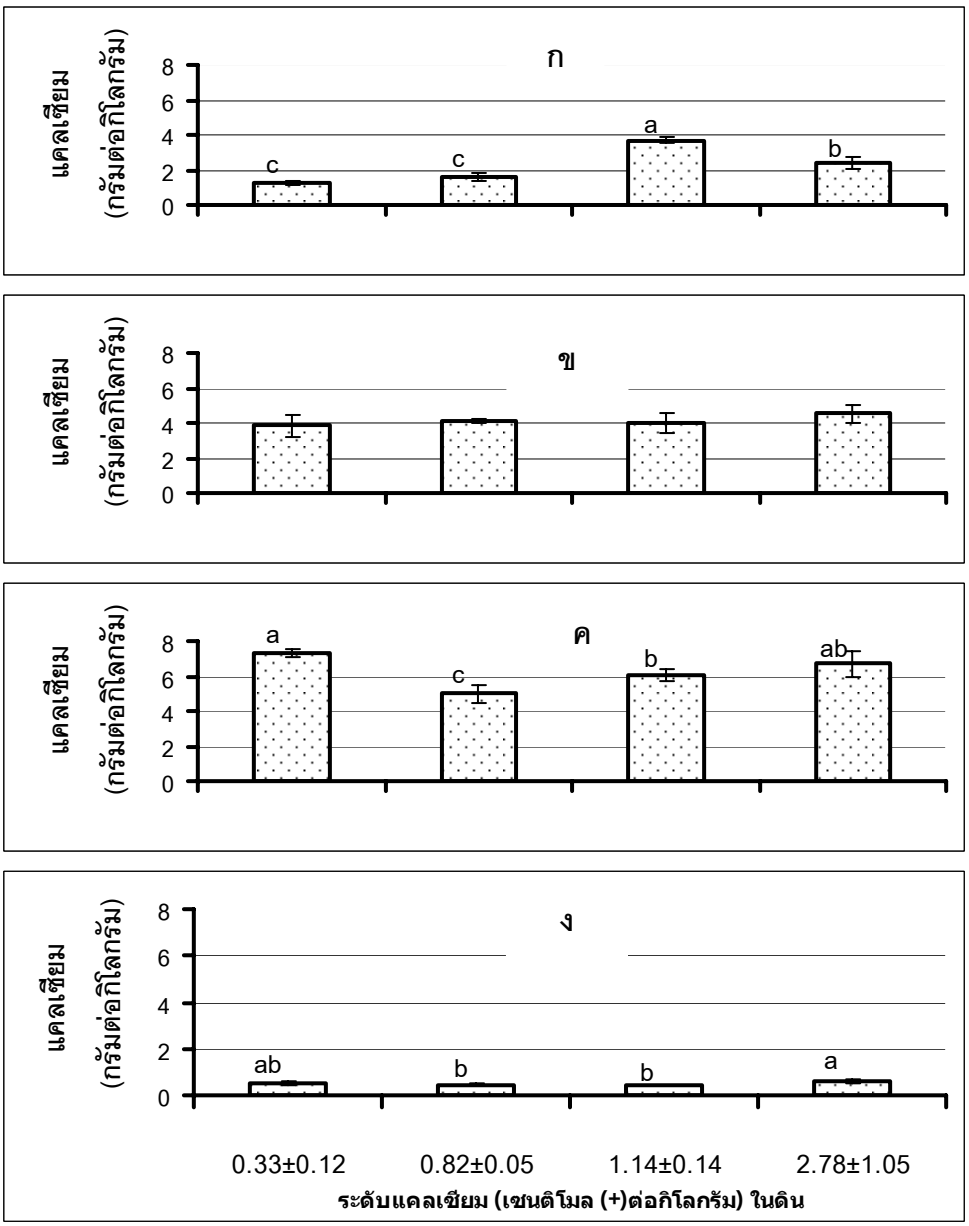
ระดับของแคลเซียมในดินทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมในส่วนใบ (ภาพที่ 14ก ตารางภาคผนวกที่ 4) ก้านช่อผล (ภาพที่ 14ข ตารางภาคผนวกที่ 5) และเนื้อผล (ภาพที่ 14ง ตารางภาคผนวกที่ 7) ของลองกองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในส่วนของเปลือกผล (ภาพที่ 14ค ตารางภาคผนวกที่ 6) ใบเมื่อดินมีระดับของแคลเซียมในดิน 0.82±0.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ทำให้ใบมีความเข้มข้นโพแทสเซียมมากที่สุด คือ 14.63±1.43 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อระดับของแคลเซียม 1.14±0.14 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ขึ้นไปความเข้มข้นโพแทสเซียมในใบลองกองลดลงและเกือบคงที่ ก้านช่อผลลองกอง เมื่อดินมีระดับของแคลเซียมเพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมในก้านช่อผลลองกองเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นโพแทสเซียมในส่วนของเปลือกผลลองกองเมื่อระดับของแคลเซียมในดิน 0.82±0.12 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมทำให้เปลือกผลมีความเข้มข้นโพแทสเซียมแนวโน้มสูงสุด คือ 24.64±0.96 กรัมต่อกิโลกรัม และเนื้อผลลองกองระดับของแคลเซียมในดินที่ทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมในเนื้อผลต่ำที่สุด คือ 0.82±0.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่า 13.96±1.61 กรัมต่อกิโลกรัม



ภาพที่ 14 ความเข้มข้นโพแทสเซียมเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง เมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ
อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

แคลเซียม

ระดับของแคลเซียมในดินทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมในส่วนใบ (ภาพที่ 15ก ตารางภาคผนวกที่ 4) เปลือกผล (ภาพที่ 15ค ตารางภาคผนวกที่ 6) และเนื้อผล (ภาพที่ 15ง ตารางภาคผนวกที่ 7) ของลองกองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในส่วนของก้านช่อผล (ภาพที่ 15ข ตารางภาคผนวกที่ 5) ใบของลองกองเมื่อดินมีระดับของแคลเซียม1.14±0.14 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมสูงที่สุด คือ 3.71±0.20 กรัมต่อกิโลกรัม ก้านช่อผลลองกองเมื่อดินมีระดับของแคลเซียมเพิ่มขึ้นส่วนใหญ่มีความเข้มข้นแคลเซียมเพิ่มขึ้นยกเว้นระดับของแคลเซียม 1.14±0.14 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม (4.04±0.56 กรัมต่อกิโลกรัม) ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมในก้านช่อผลลองกองต่ำกว่าระดับของแคลเซียม 0.82±0.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม (4.11±0.14 กรัมต่อกิโลกรัม) และ 2.78±1.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม (4.55±0.53 กรัมต่อกิโลกรัม) เปลือกผลลองกองเมื่อระดับของแคลเซียมในดิน 0.82±0.05 ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมในเปลือกผลลองกองต่ำที่สุด คือ 4.98 ±0.49 กรัมต่อกิโลกรัม และเนื้อผลลองกองเมื่อระดับแคลเซียมในดินเพิ่มขึ้นความเข้มข้นแคลเซียมส่วนใหญ่ลดลงแต่เมื่อระดับของแคลเซียมในดิน 2.78±1.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมสูงสุด คือ 0.61±0.08 กรัมต่อกิโลกรัม

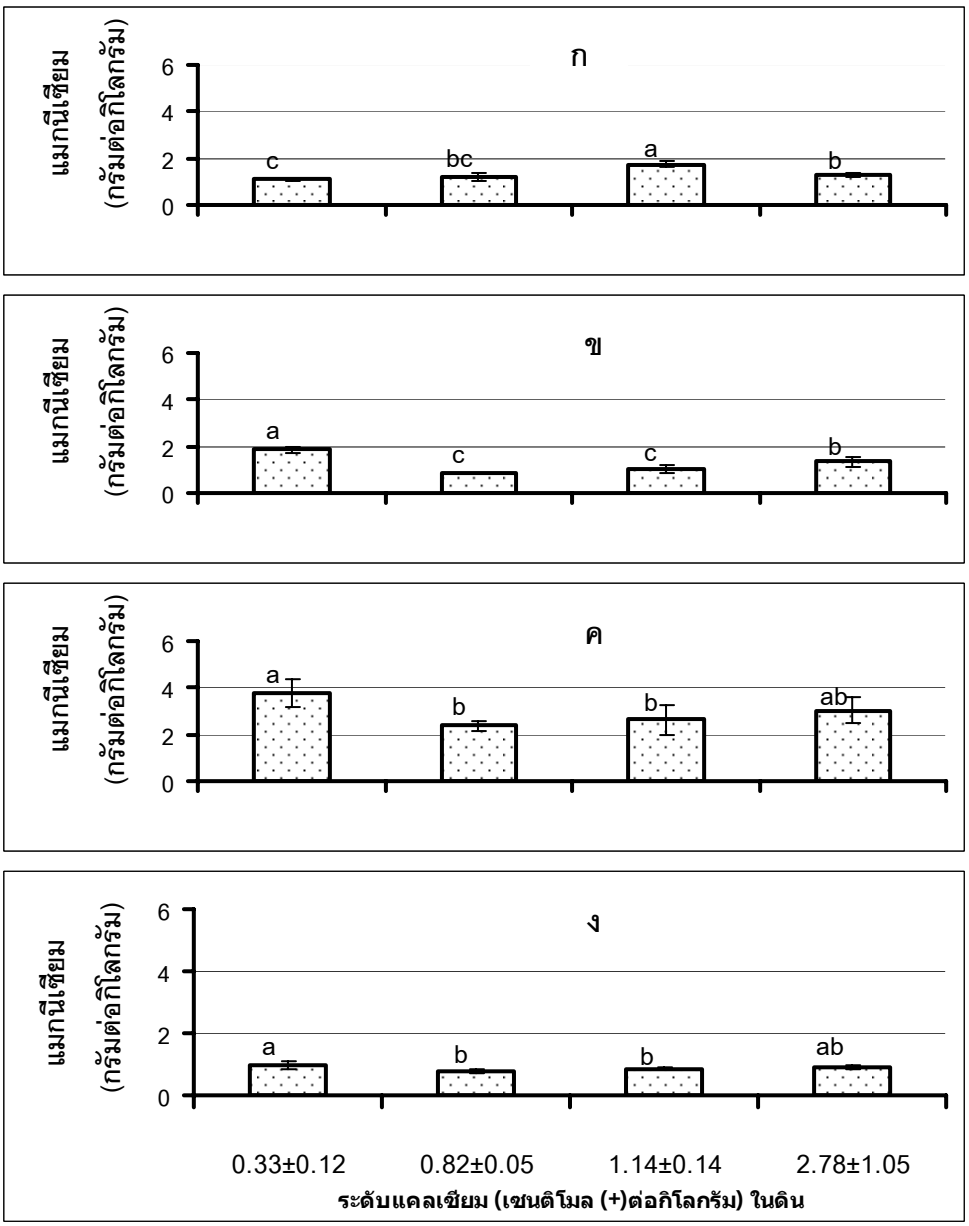


ภาพที่ 15 ความเข้มข้นแคลเซียมเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง เมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

แมกนีเซียม

ระดับของแคลเซียมในดินทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในส่วนใบ (ภาพที่ 16ก ตารางภาคผนวกที่ 4) และก้านช่อผล (ภาพที่ 16ข ตารางภาคผนวกที่ 5) ของลองกองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) สำหรับเปลือกผล (ภาพที่ 16ค ตารางภาคผนวกที่ 6) และเนื้อผล (ภาพที่ 16ง ตารางภาคผนวกที่ 7) ของลองกองระดับของแคลเซียมในดินทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมทั้งสองส่วนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ใบของลองกองเมื่อดินมีระดับของแคลเซียม 1.14±0.14 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมมากที่ สุด คือ 1.75±0.15 กรัมต่อกิโลกรัม ทั้งก้านช่อผล เปลือกผลและเนื้อผลลองกองเมื่อดินมีระดับของแคลเซียม 0.33±0.12 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมสูงสุด คือ 1.86±0.15, 3.80±0.60, และ 0.98±0.11 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตามหลังจากระดับของแคลเซียมในดินตั้งแต่ 0.82±0.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ขึ้นไปเมื่อเพิ่มระดับของแคลเซียมในดินทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมทั้งในก้านช่อผล เปลือกผลและเนื้อผลลองกองเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน



ภาพที่ 16 ความเข้มข้นแมกนีเซียมเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง เมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ
อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

4.4.2 คุณภาพของผลผลิต

ปริมาณ TSS

ระดับแคลเซียมในดิน ไม่ทำให้ปริมาณ TSS ในน้ำคั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 17ก ตารางภาคผนวกที่ 8) เมื่อดินมีระดับแคลเซียม 1.14±0.14 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม มีแนวโน้มทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าสิ่งทดลองอื่น คือ 17.65±1.02 องศาบริกซ์ รองลงมา คือ เมื่อดินมีระดับแคลเซียม 0.82±0.05 (16.95±2.45 องศาบริกซ์), 2.78±1.05 (16.67±1.70 องศาบริกซ์), และ 0.33±0.12 (15.91±0.42 องศาบริกซ์) เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ปริมาณ TA

ระดับแคลเซียมในดินทำให้ปริมาณ TA จากน้ำคั้นของผลลองกอง โดยวิธีการไตเตรทแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ภาพที่ 17ข ตารางภาคผนวกที่ 8) เมื่อดินมีระดับแคลเซียม 1.14±0.14 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมทำให้ปริมาณ TA น้ำคั้นลองกองต่ำสุด คือ 3.91±0.0.39 กรัม as maleic ต่อกิโลกรัม และปริมาณ TA น้ำคั้นลองกองสูงสุดเมื่อดินมีระดับแคลเซียม 2.78±1.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่า 6.29±0.91 กรัม as maleic ต่อกิโลกรัม

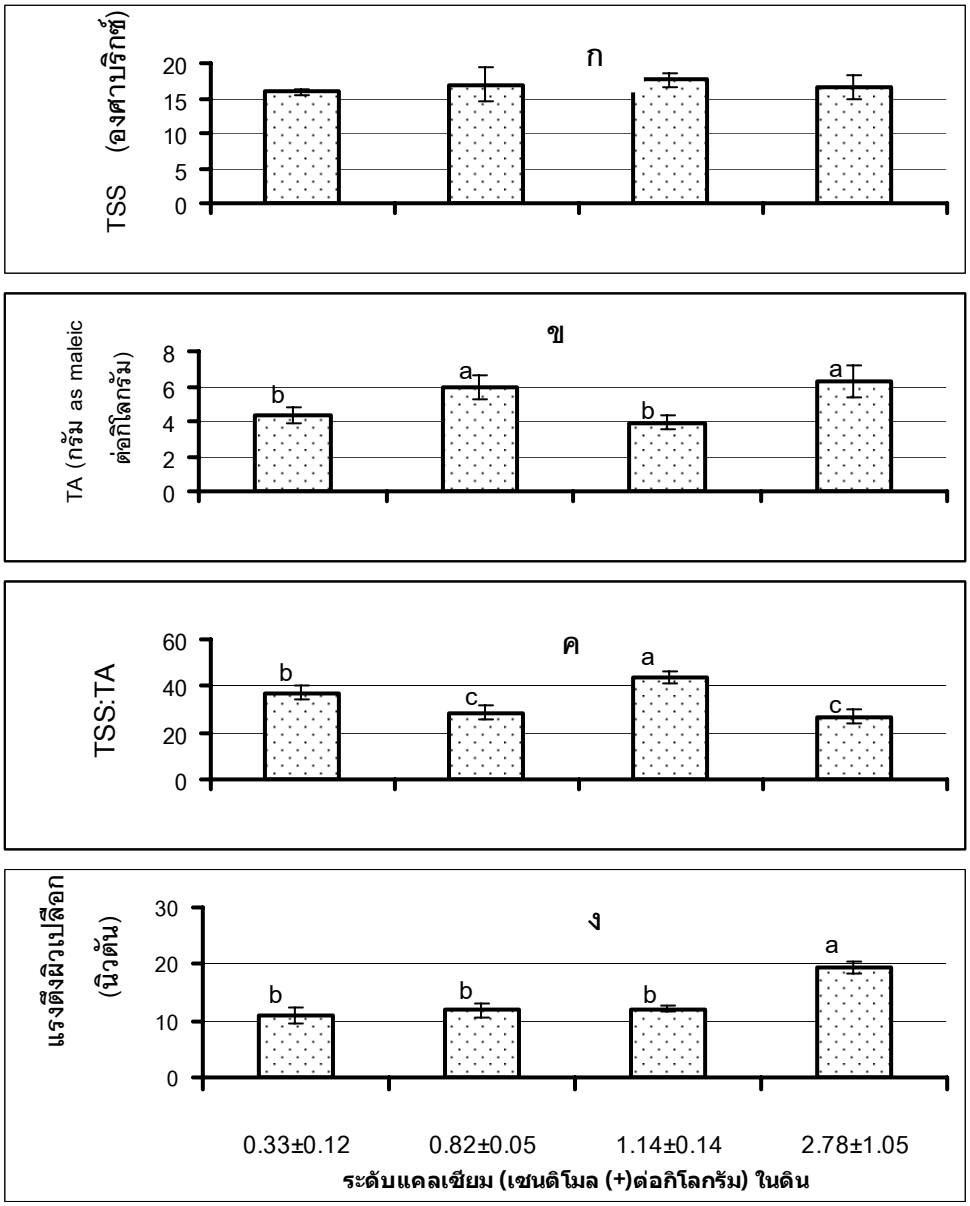
อัตราส่วน TSS:TA

เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วน TSS:TA ของน้ำคั้นจากผลลองกอง พบว่า ระดับแคลเซียมในดินทำให้อัตราส่วน TSS:TA จากน้ำคั้นของผลลองกองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ภาพที่ 17ค ตารางภาคผนวกที่ 8) ลองกองที่ปลูกบนดินที่มีระดับแคลเซียม 1.14±0.14 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ทำให้อัตรา TSS:TA ของน้ำคั้นลองกองสูงที่สุด คือ 43.72±2.35 ในขณะที่ลองกองปลูกบนดินที่มีระดับแคลเซียมในดิน 2.78±1.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมทำให้อัตรา TSS:TA ของน้ำคั้นลองกองต่ำสุด คือ 26.79±3.21

แรงตึงผิวเปลือก

การวัดความยืดหยุ่นของเปลือกผลลองกอง ซึ่งใช้เครื่องวัดความแน่นเนื้อของผักผลไม้ (Effegi) ขนาด 5 กิโลกรัม มาประยุกต์ใช้ทดสอบแรงต้านของเปลือก หรือแรงตึงผิวเปลือก โดยใช้หัวกดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร พบว่า ระดับของแคลเซียมในดินทำให้แรงตึงผิวเปลือกผลลองกองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ภาพที่ 17ง ตารางภาคผนวกที่ 8) เมื่อดินมีระดับแคลเซียม 2.78±1.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมทำให้ผลลองกองมี

แรงตึงผิวเปลือกผลมากที่สุด คือ 19.40±1.17 นิวตัน



ภาพที่ 17 ค่าเฉลี่ยของ TSS (ก) TA (ข) TSS:TA (ค) และแรงตึงผิวเปลือกผล (ง) ของลองกอง เมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

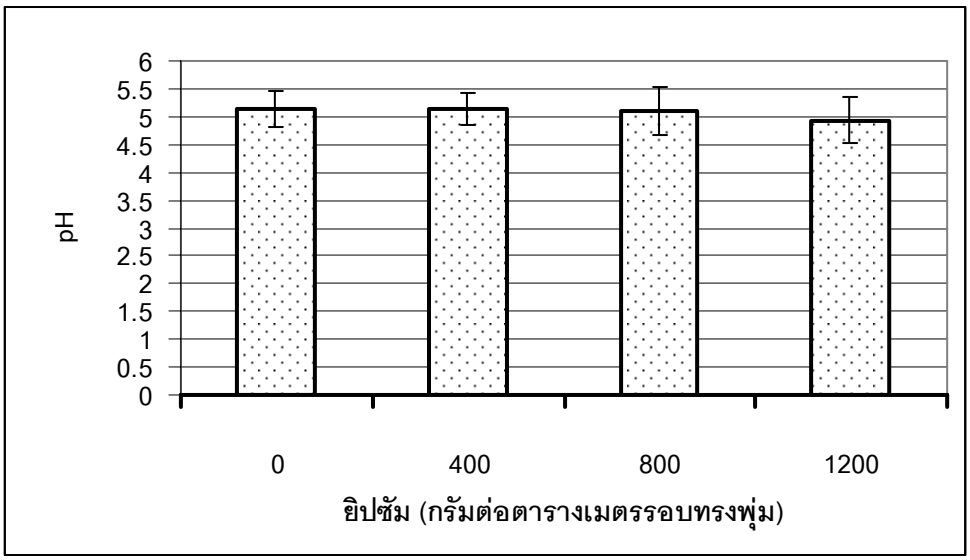
4.5 ความสัมพันธ์ของยิปซัมกับสมบัติทางเคมีของดิน และธาตุอาหารพืชเมื่อเวลาต่าง ๆ

ต้นลองกองที่ถูกคัดเลือกมาทำการศึกษาเป็นของสวนนายฤกษ์ จิตปฐมวณิชย์ ตั้งอยู่ในหมู่ 2 บ้านม่วงลีบ ตำบลคลองสระ อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี เมื่อดำเนินการใส่ยิปซัมต้นลองกองมีอายุ 6 ปี วันที่ใส่ยิปซัม คือ 22 สิงหาคม 2547 วันที่เก็บตัวอย่างครั้งแรกหลังจากใส่ยิปซัม คือ 19 กุมภาพันธ์ 2548 ครั้งที่สอง 21 กรกฎาคม 2548 และครั้งที่สาม 2 กันยายน 2550 โดยเก็บตัวอย่างดินภายใต้ทรงพุ่ม ราก เนื้อไม้ ใบ ผลผลิตของลองกอง และกิ่งใหม่ที่เกิดขึ้น เพื่อศึกษาระดับยิปซัมต่อสมบัติเคมีดินและธาตุอาหารพืช มีผลการศึกษาดังนี้ คือ

4.5.1 เวลา 6 เดือนหลังใส่ยิปซัมแก่ต้นลองกอง

พีเอชดิน

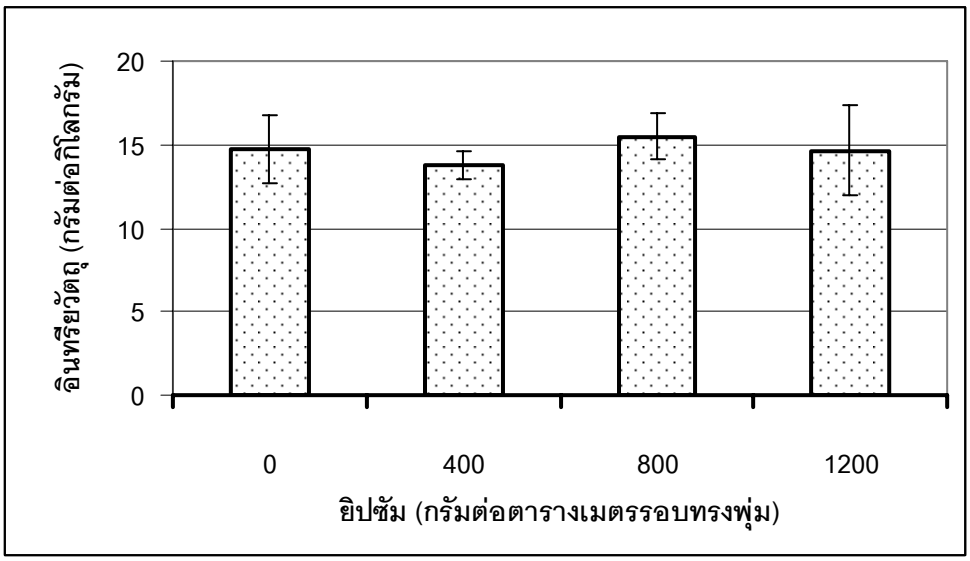
การให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองเป็นระยะเวลา 6 เดือน (22 สิงหาคม 2547 ถึง 19 กุมภาพันธ์ 2548) ไม่ทำให้พีเอชของดินแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 18 ตารางภาคผนวกที่ 9) กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่าพีเอช 5.14±0.33 โดยมีช่วงพีเอชของดินที่ได้รับยิปซัมอยู่ในช่วง 4.94±0.43 - 5.15±0.29 และเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มขึ้นไปพีเอชของดินลดลง



ภาพที่ 18 ค่าเฉลี่ยพีเอชดินเมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน (บาร์ ±SD)

อินทรียวัตถุ

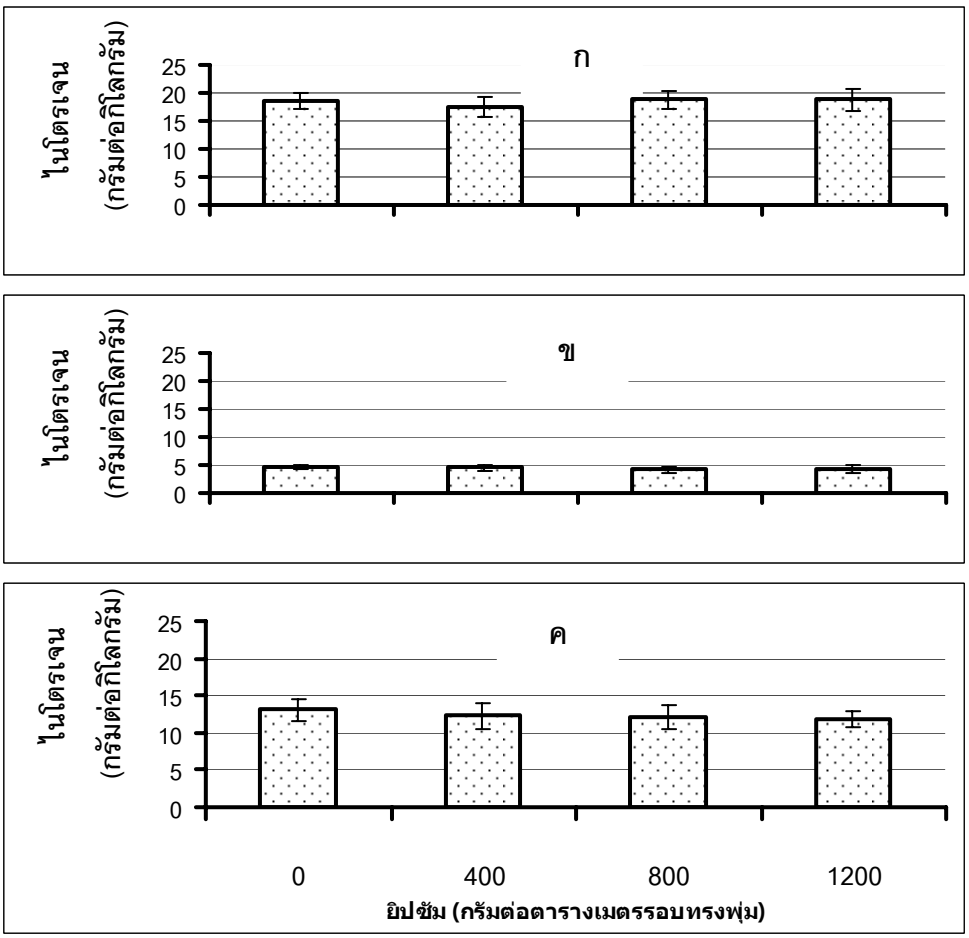
การให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองเป็นระยะเวลา 6 เดือนไม่ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 19 ตารางภาคผนวกที่ 9) กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 14.74±2.08 กรัมต่อกิโลกรัม โดยส่วนใหญ่เมื่อให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม แต่เมื่อใช้อัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม ทำให้ค่าอินทรียวัตถุสูงสุด คือ15.50±1.37 กรัมต่อกิโลกรัม



ภาพที่ 19 ค่าเฉลี่ยของอินทรียวัตถุเมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน (บาร์ ±SD)

ไนโตรเจน

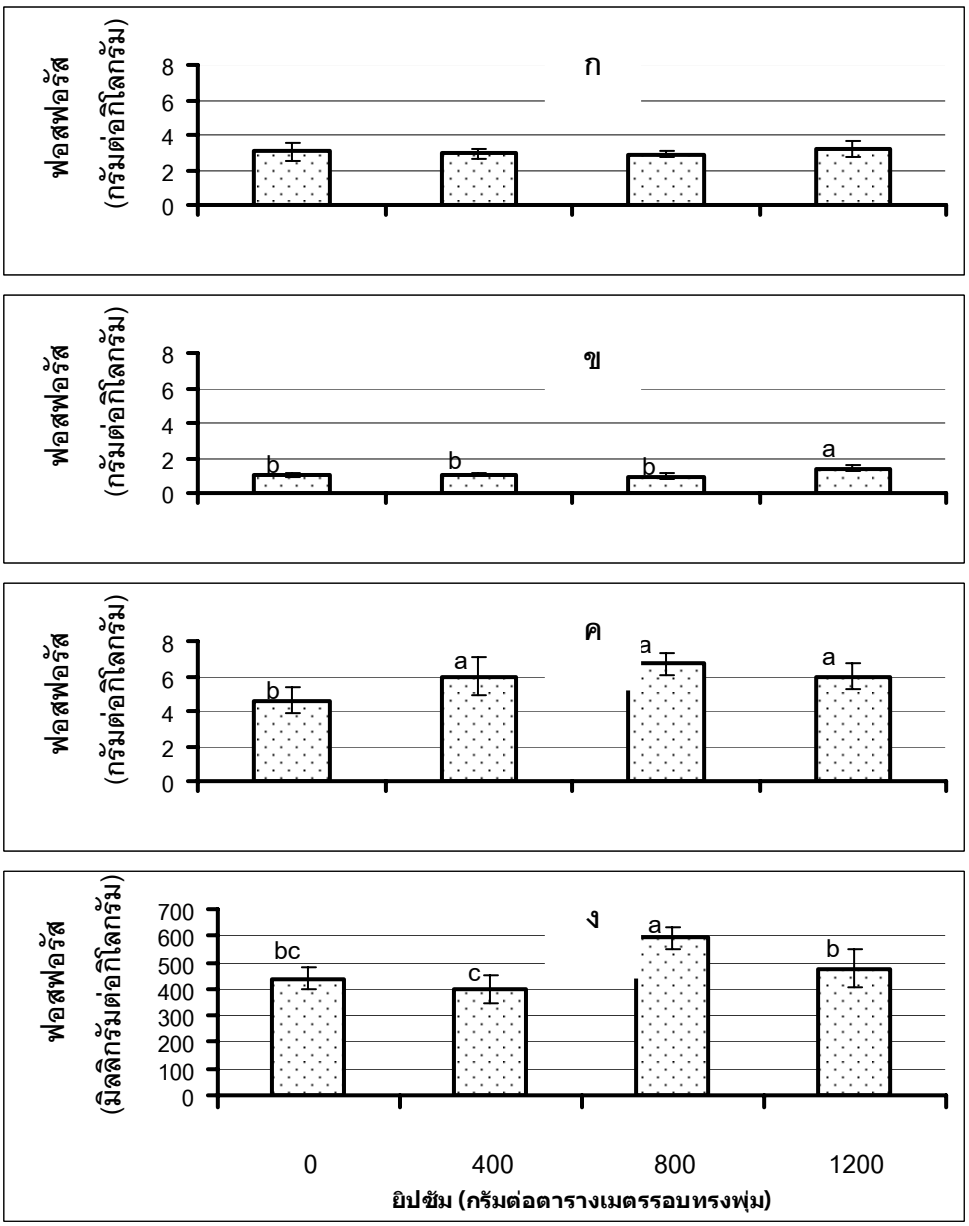
การใส่ยิปซัมให้แก่ต้นลองกองเป็นระยะเวลา 6 เดือนไม่ทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนในส่วนใบ (ภาพที่ 20ก ตารางภาคผนวกที่ 11) เนื้อไม้ (ภาพที่ 20ข ตารางภาคผนวกที่ 11) และราก (ภาพที่ 20ค ตารางภาคผนวกที่ 11) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 13.14±1.47, 4.61±0.25, และ 18.54±1.33 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ไนโตรเจนในใบส่วนใหญ่มีแนวโน้มของความเข้มข้นสูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม ยกเว้นเมื่อให้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ใบมีความเข้มข้นไนโตรเจนต่ำสุด คือ 17.45±1.73 กรัมต่อกิโลกรัม ไนโตรเจนในส่วนเนื้อเยื่อลำต้นลองกองมีแนวโน้มของความเข้มข้นต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม เมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนของเนื้อเยื่อลำต้นลองกองต่ำสุด คือ 4.13±0.69 กรัมต่อกิโลกรัม และไนโตรเจนในส่วนรากลองกองมีแนวโน้มของความเข้มข้นต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม และความเข้มข้นไนโตรเจนในรากลองกองมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้ยิปซัมอัตราสูงขึ้น



ภาพที่ 20 ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนของใบ (ก) เนื้อไม้ (ข) และราก (ค) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน (บาร์ ±SD)

ฟอสฟอรัส

การให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองเป็นระยะเวลา 6 เดือน ทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในส่วนเนื้อไม้ (ภาพที่ 21ข ตารางภาคผนวกที่ 11) ราก (ภาพที่ 21ค ตารางภาคผนวกที่ 11) และที่เป็นประโยชน์ในดิน (ภาพที่ 21ง ตารางภาคผนวกที่ 9) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 1.05±0.15, 4.61±0.71 กรัมต่อกิโลกรัม และ 439.43±39.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่ไม่ทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในส่วนของใบ (ภาพที่ 26ก ตารางภาคผนวกที่ 11) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 3.03±0.53 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสในใบส่วนใหญ่มีแนวโน้มของความเข้มข้นต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ยกเว้นเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในใบมากที่สุด คือ 3.20±0.51 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสในเนื้อไม้ส่วนใหญ่มีความเข้มข้นมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม และเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในเนื้อไม้มากที่สุด คือ 1.42±0.20 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสในส่วนของรากมีความเข้มข้นมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม และเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม ทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในรากมากที่สุด คือ 6.73±0.63 กรัมต่อกิโลกรัม และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกอง ส่วนใหญ่มีความเข้มข้นมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ยกเว้นเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำที่สุด คือ 400.00±50.51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

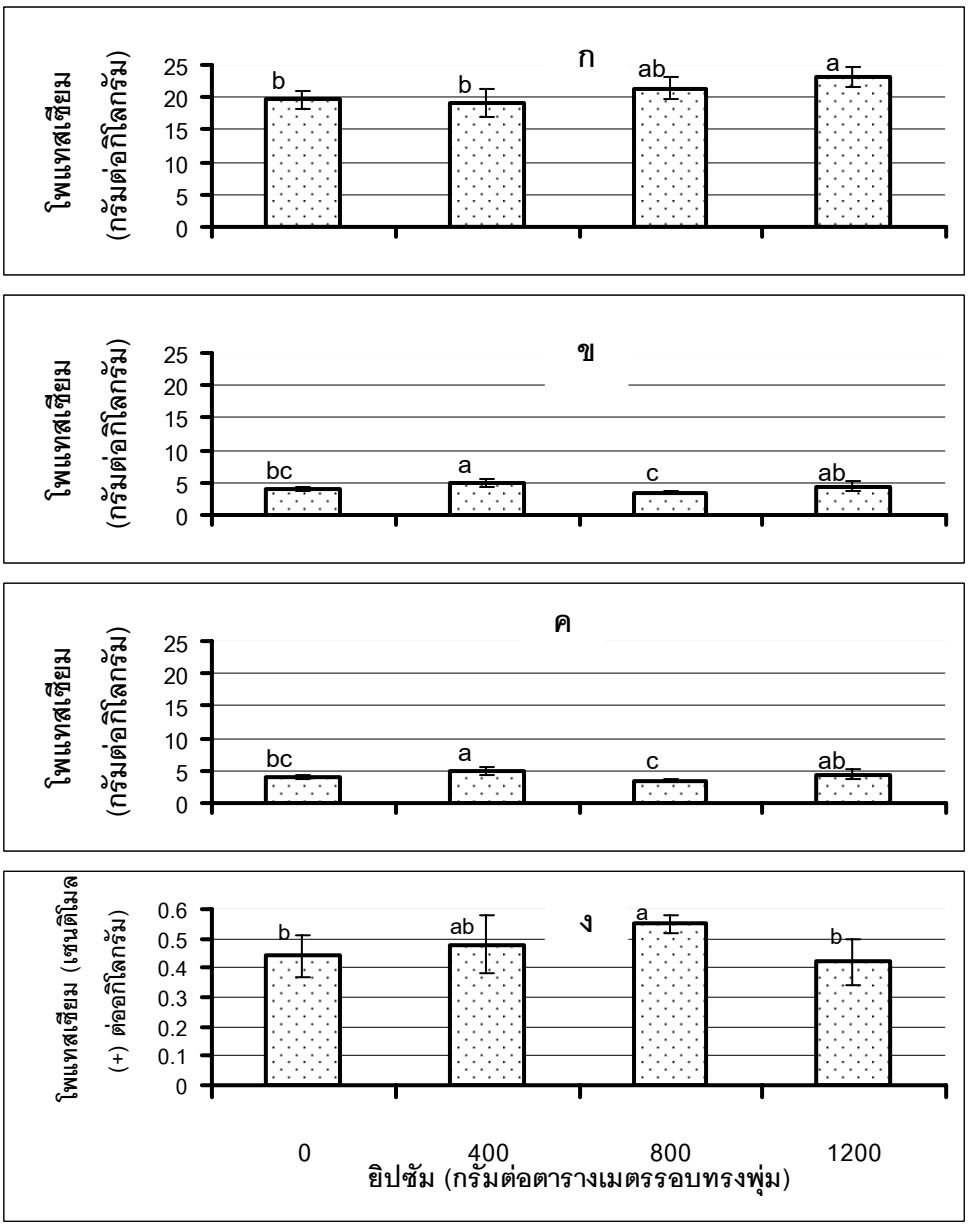


ภาพที่ 21 ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสของใบ (ก) เนื้อไม้ (ข) ราก (ค) และที่เป็นประโยชน์ในดิน (ง) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

โพแทสเซียม

การให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองเป็นระยะเวลา 6 เดือนทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมในใบ (ภาพที่ 22ก ตารางภาคผนวกที่ 11) และเนื้อไม้ (ภาพที่ 22ข ตารางภาคผนวกที่ 11) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 19.68±1.44 และ 4.03±0.43 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่ทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมในราก (ภาพที่ 2ค ตารางภาคผนวกที่ 11) และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (ภาพที่ 27ง ตารางภาคผนวกที่ 9) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 10.17±0.79 กรัมต่อกิโลกรัม และ 0.44±0.07 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โพแทสเซียมในใบของลองกองส่วนใหญ่มีความเข้มข้นมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ยกเว้นเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมในใบต่ำที่สุด คือ 19.25±2.19 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อใช้ยิปซัมปริมาณสูงขึ้นความเข้มข้นโพแทสเซียมในใบเพิ่มขึ้น โพแทสเซียมในเนื้อไม้ของลองกองส่วนใหญ่มีความเข้มข้นมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ยกเว้นเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมเนื้อไม้ต่ำที่สุด คือ 3.52±0.23 กรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมในรากส่วนใหญ่เมื่อใช้ยิปซัมทำให้มีความเข้มข้นมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ยกเว้นเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมในรากต่ำที่สุด คือ 9.35±1.60 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อใช้ยิปซัมปริมาณสูงขึ้นความเข้มข้นโพแทสเซียมในรากเพิ่มขึ้น และโพแทสเซียมในดินรอบทรงพุ่มของต้นลองกอง ส่วนใหญ่มีความเข้มข้นมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ยกเว้นเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อยิปซัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่ำสุด คือ0.42±0.08 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม

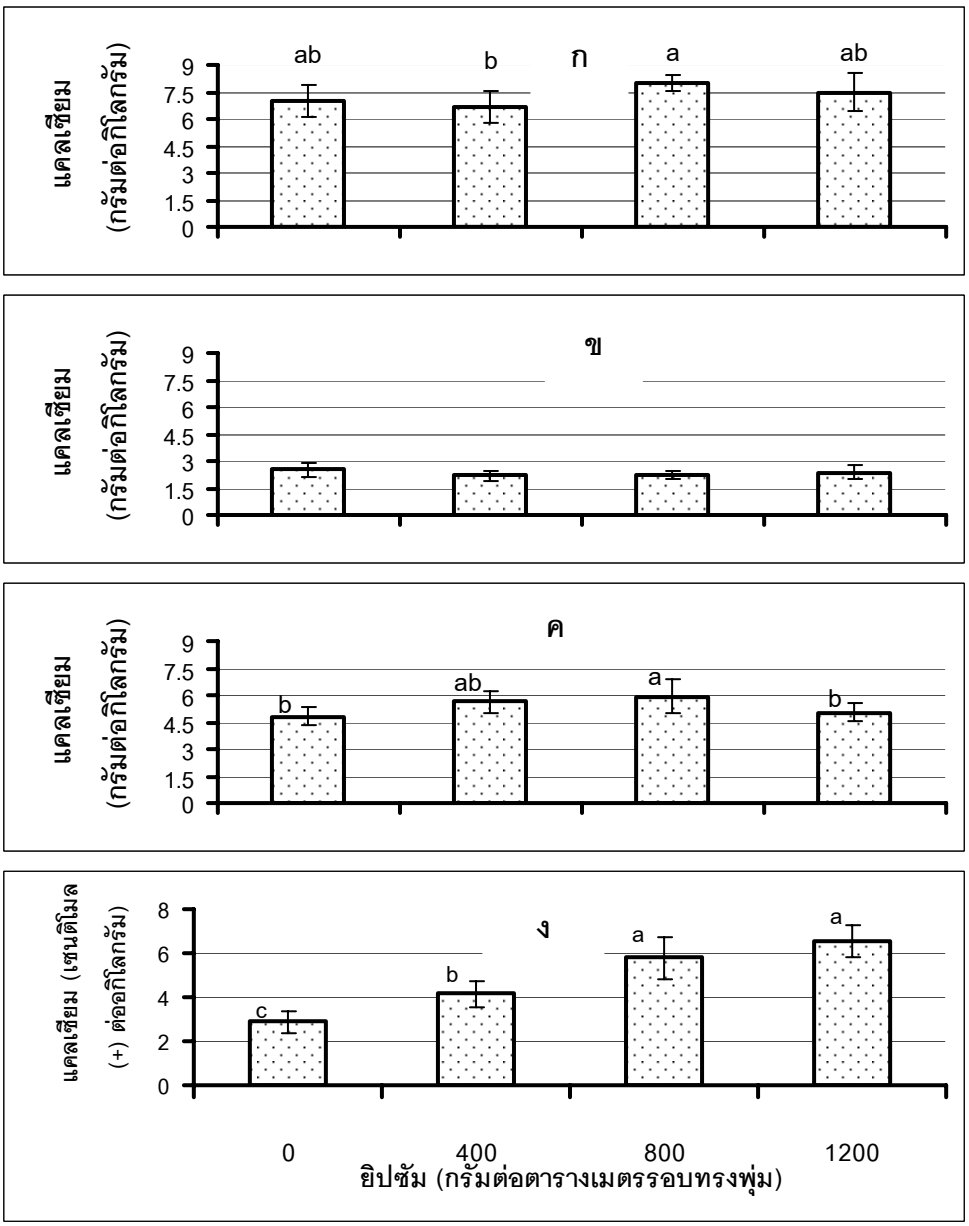


ภาพที่ 22 ค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมของใบ (ก) เนื้อไม้ (ข) ราก (ค) และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (ง) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

แคลเซียม

การให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองเป็นระยะเวลา 6 เดือนทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมในใบ (ภาพที่ 23ก ตารางภาคผนวกที่ 12) และราก (ภาพที่ 23ค ตารางภาคผนวกที่ 12) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.5$) กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 7.00±0.91 และ 4.83±0.52 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และทำให้แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินรอบทรงพุ่มต้นลองกอง (ภาพที่ 23ง ตารางภาคผนวกที่ 9) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 2.88±0.52 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม แต่ไม่ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมในเนื้อไม้ (ภาพที่ 23ข ตารางภาคผนวกที่ 12) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 2.52±0.36 กรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมในใบของลองกองส่วนใหญ่มีความเข้มข้นมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ยกเว้นเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมในใบต่ำที่สุด คือ 6.67±0.94 กรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมในไม้ของลองกองเมื่อใช้ยิปซัมทำให้มีความเข้มข้นต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม โดยเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมในเนื้อไม้มีแนวโน้มต่ำที่สุด คือ 2.18±0.31 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อใช้ยิปซัมปริมาณสูงขึ้นทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมในเนื้อไม้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แคลเซียมในรากเมื่อใช้ยิปซัมทำให้มีความเข้มข้นมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม โดยเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมในรากมากที่สุด คือ 5.92±0.97 กรัมต่อกิโลกรัม และแคลเซียมในดินรอบทรงพุ่มของต้นลองกองเมื่อใช้ยิปซัมทำให้มีความเข้มข้นมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม โดยเมื่อยิปซัมปริมาณสูงขึ้นทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองเพิ่มขึ้น

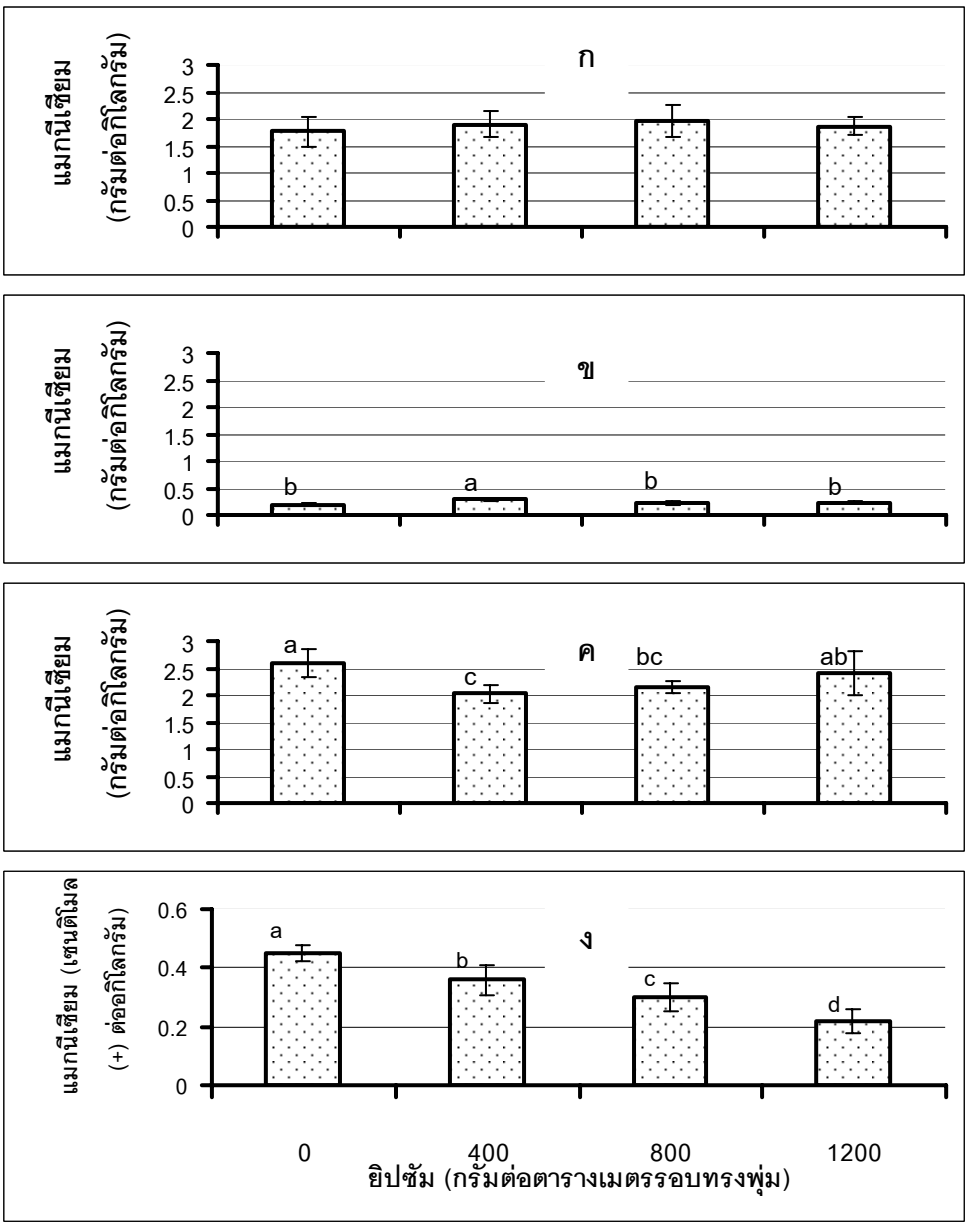


ภาพที่ 23 ค่าเฉลี่ยแคลเซียมของใบ (ก) เนื้อไม้ (ข) ราก (ค) และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (ง) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

แมกนีเซียม

การให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองเป็นระยะเวลา 6 เดือนทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในเนื้อไม้ (ภาพที่ 24ข, ตารางภาคผนวกที่ 12) ราก (ภาพที่ 24ค, ตารางภาคผนวกที่ 12) และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (ภาพที่ 24ง, ตารางภาคผนวกที่ 9) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 0.20±0.03 และ 2.60±0.26 กรัมต่อกิโลกรัม และ 0.45±0.03 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่ไม่ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในใบ (ภาพที่ 29ก, ตารางภาคผนวกที่ 12) แตกต่างอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 1.76±0.27 กรัมต่อกิโลกรัม แมกนีเซียมในใบของลองกองมีความเข้มข้นมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม โดยเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในใบมีแนวโน้มมากที่สุด คือ 1.97±0.30 กรัมต่อกิโลกรัม แมกนีเซียมในเนื้อไม้ของลองกองเมื่อใช้ยิปซัมทำให้มีความเข้มข้นมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม โดยเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในเนื้อไม้มากที่สุด คือ 0.28±0.02 กรัมต่อกิโลกรัม แมกนีเซียมในรากเมื่อใช้ยิปซัมทำให้มีความเข้มข้นต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม และเมื่อใช้ยิปซัมปริมาณสูงขึ้นทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในรากเพิ่มขึ้น และแมกนีเซียมในดินรอบทรงพุ่มของต้นลองกองเมื่อใช้ยิปซัมทำให้มีความเข้มข้นต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม โดยเมื่อยิปซัมปริมาณสูงขึ้นทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองลดลง



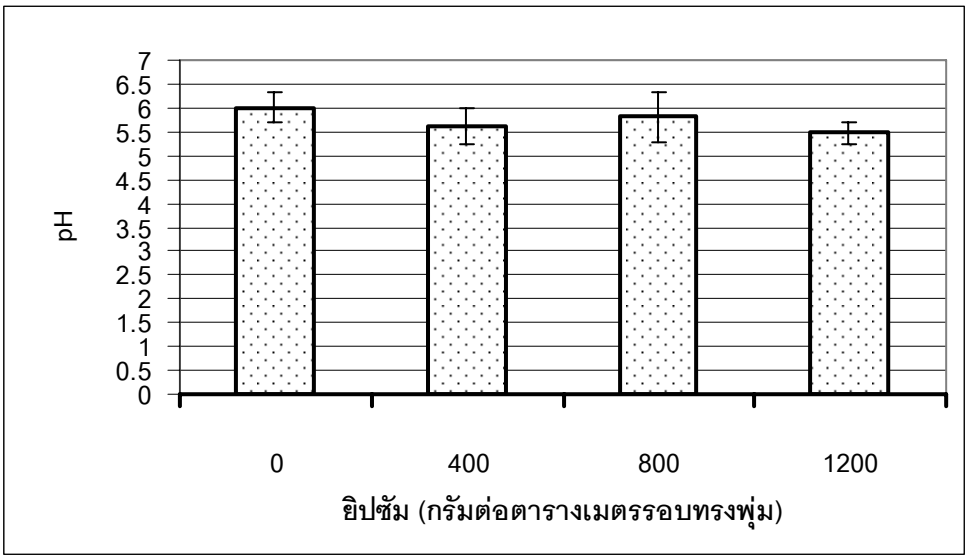
ภาพที่ 24 ค่าเฉลี่ยแมกนีเซียมของใบ (ก) เนื้อไม้ (ข) ราก (ค) และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (ง) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

4.5.2 เวลา 12 เดือนหลังใส่ยิปซัมแก่ต้นลองกอง

พีเอชดิน

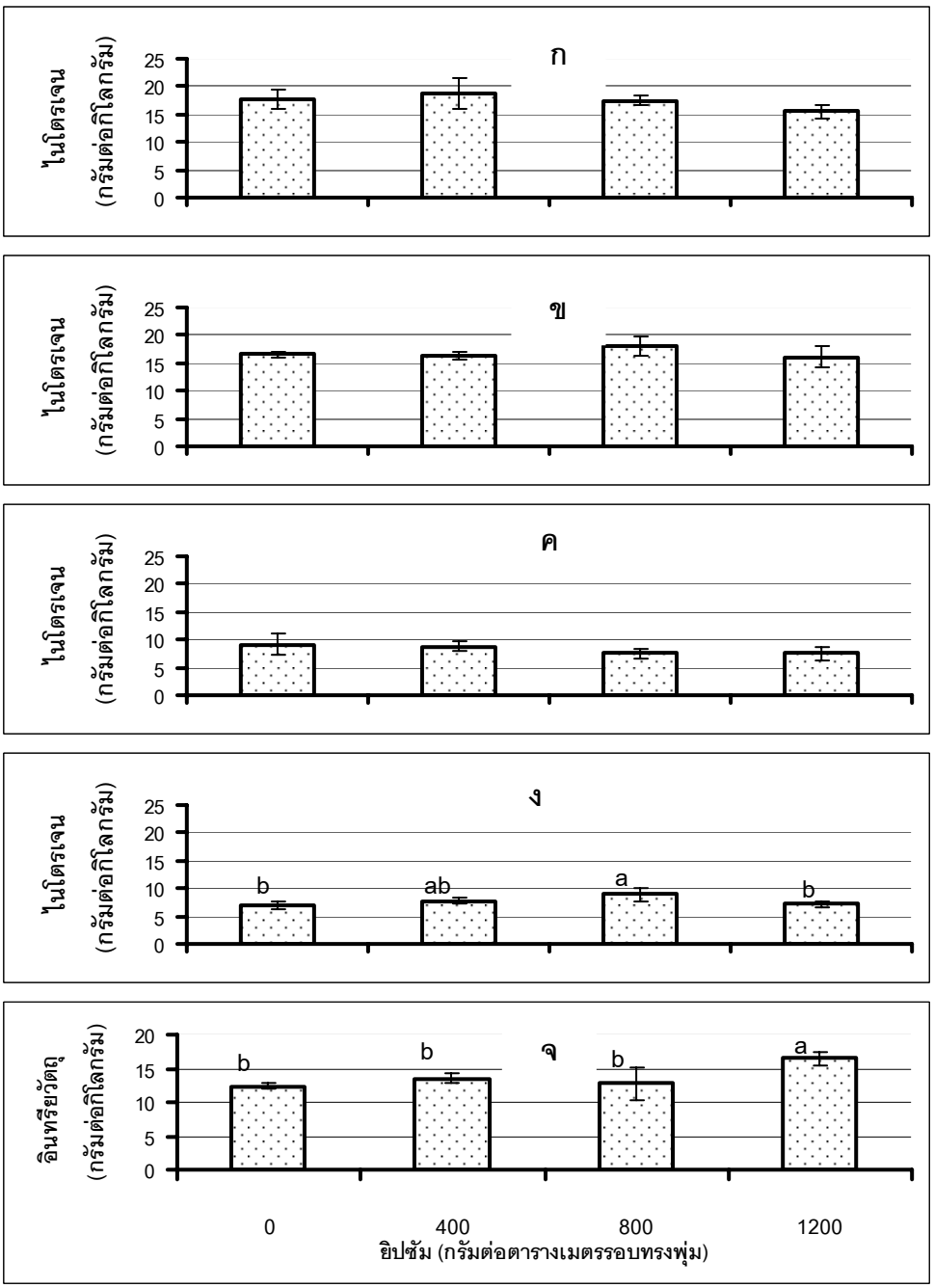
เมื่อดินได้รับยิปซัมนาน 12 เดือน ไม่ทำให้พีเอชของดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ภาพที่ 25, ตารางภาคผนวกที่ 13) กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 6.01±0.31 เมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมทำให้พีเอชดินมีแนวโน้มต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม โดยเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ระดับพีเอสของดินต่ำสุด คือ 5.48±0.24



ภาพที่ 25 ค่าเฉลี่ย (±SD) พีเอชของดิน เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน (บาร์ ±SD)

ไนโตรเจน

การให้ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองระยะเวลา 12 เดือนทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนในส่วนเนื้อผลของลองกอง (ภาพที่ 26ง ตารางภาคผนวกที่ 27) และอินทรียวัตถุของดิน (ภาพที่ 26จ ตารางภาคผนวกที่ 15) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม แต่อย่างไรก็ตาม ใบ (ภาพที่ 26ก ตารางภาคผนวกที่ 14) ก้านช่อผล (ภาพที่ 26ข ตารางภาคผนวกที่ 15) และเปลือกผล (ภาพที่ 26ค, ตารางภาคผนวกที่ 16) เมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมระยะเวลา 12 เดือนไม่ทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม ไนโตรเจนในใบเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 12 เดือนทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนส่วนใหญ่ในใบมีแนวโน้มต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 17.65±1.73 และการใช้ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนในใบต่ำสุด คือ 15.57±1.24 กรัมต่อกิโลกรัม ไนโตรเจนในก้านช่อผลลองกองเมื่อต้นได้รับยิปซัมนาน 12 เดือนทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนส่วนใหญ่ในก้านช่อผลลองกองมีแนวโน้มต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 16.52±0.58 กรัมต่อกิโลกรัม ยกเว้นการใช้ยิปซัม 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม ซึ่งมีค่า 17.95±1.74 กรัมต่อกิโลกรัม ไนโตรเจนในเปลือกผลลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 12 เดือนทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนมีแนวโน้มต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 9.04±1.91 กรัมต่อกิโลกรัม และการใช้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนในเปลือกผลต่ำสุด คือ 7.48±0.79 กรัมต่อกิโลกรัม ไนโตรเจนในเนื้อผลลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนในเนื้อผลสูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 6.95±0.69 กรัมต่อกิโลกรัม และการใช้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนในเนื้อผลสูงที่สุด ซึ่งมีค่า 8.87±1.12 กรัมต่อกิโลกรัม และอินทรียวัตถุของดิน เมื่อใช้ยิปซัมนาน 12 เดือนทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 12.41±0.37 กรัมต่อกิโลกรัม และการใช้ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงสุด คือ 16.47±0.97 กรัมต่อกิโลกรัม

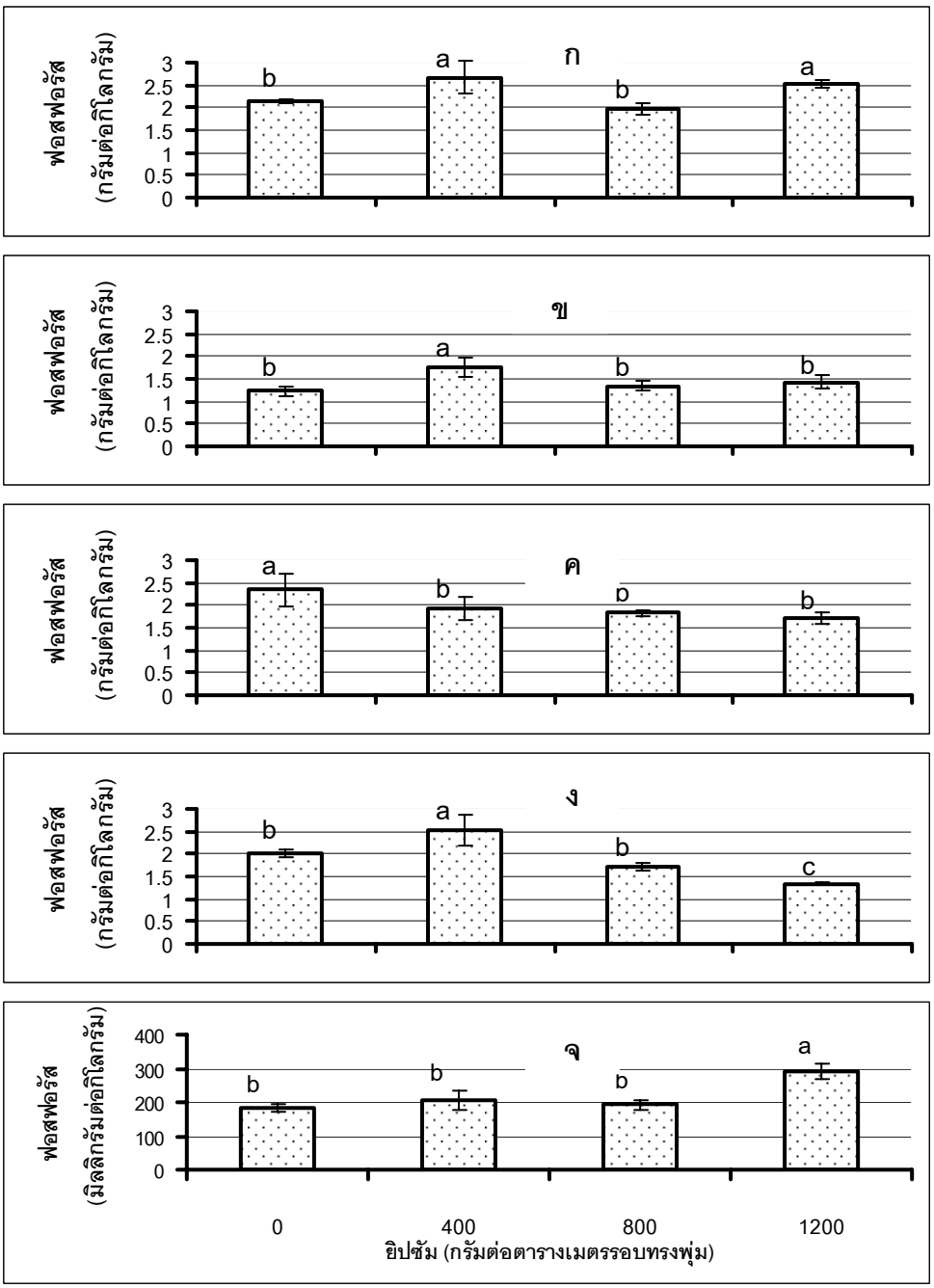


ภาพที่ 26 ความเข้มข้นไนโตรเจนเฉลี่ยของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และอินทรียวัตถุเฉลี่ยในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา12 เดือน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

ฟอสฟอรัส

การให้ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองนาน 12 เดือนทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในส่วนของใบ (ภาพที่ 27ก, ตารางภาคผนวกที่ 14) ก้านช่อผล (ภาพที่ 27ข, ตารางภาคผนวกที่ 15) เนื้อผล (ภาพที่ 27ง, ตารางภาคผนวกที่ 17) ของลองกอง และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (ภาพที่ 27จ, ตารางภาคผนวกที่ 13)ให้ค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับสิ่งทดลองควบคุม เปลือกผลลองกอง (ภาพที่ 27ค, ตารางภาคผนวกที่ 16) เมื่อใส่ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองนาน 12 เดือนทำให้ค่าฟอสฟอรัสแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม ฟอสฟอรัสในใบเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 12 เดือนทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ในใบสูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 2.14±0.04 กรัมต่อกิโลกรัม ยกเว้นเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 12 เดือนทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในใบต่ำที่สุด คือ 1.97±0.13 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสในก้านช่อผลลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสสูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 1.23±0.11 กรัมต่อกิโลกรัม และการใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในก้านช่อผลมากที่สุด คือ 1.76±0.23 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสในเปลือกผลลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 12 เดือนทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 2.35±0.36 กรัมต่อกิโลกรัม และการใช้ยิปซัมอัตราเพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในเปลือกผลลองกองลดลง ฟอสฟอรัสในเนื้อผลลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 12 เดือนทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ในเนื้อผลต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 2.03±0.09 กรัมต่อกิโลกรัม แต่หากใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 12 เดือนทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในเนื้อผลมากที่สุด คือ 2.52±0.34 กรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้เมื่อใส่ยิปซัมแก่ต้นลองกองเพิ่มขึ้นความเข้มข้นฟอสฟอรัสในเนื้อผลลองกองลดลง และฟอสฟอรัสในดินเมื่อใส่ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 12 เดือนทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จากดินเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 182.60±12.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการใช้ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มมีความเข้มข้นฟอสฟอรัสสูงที่สุด คือ 290.99±21.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

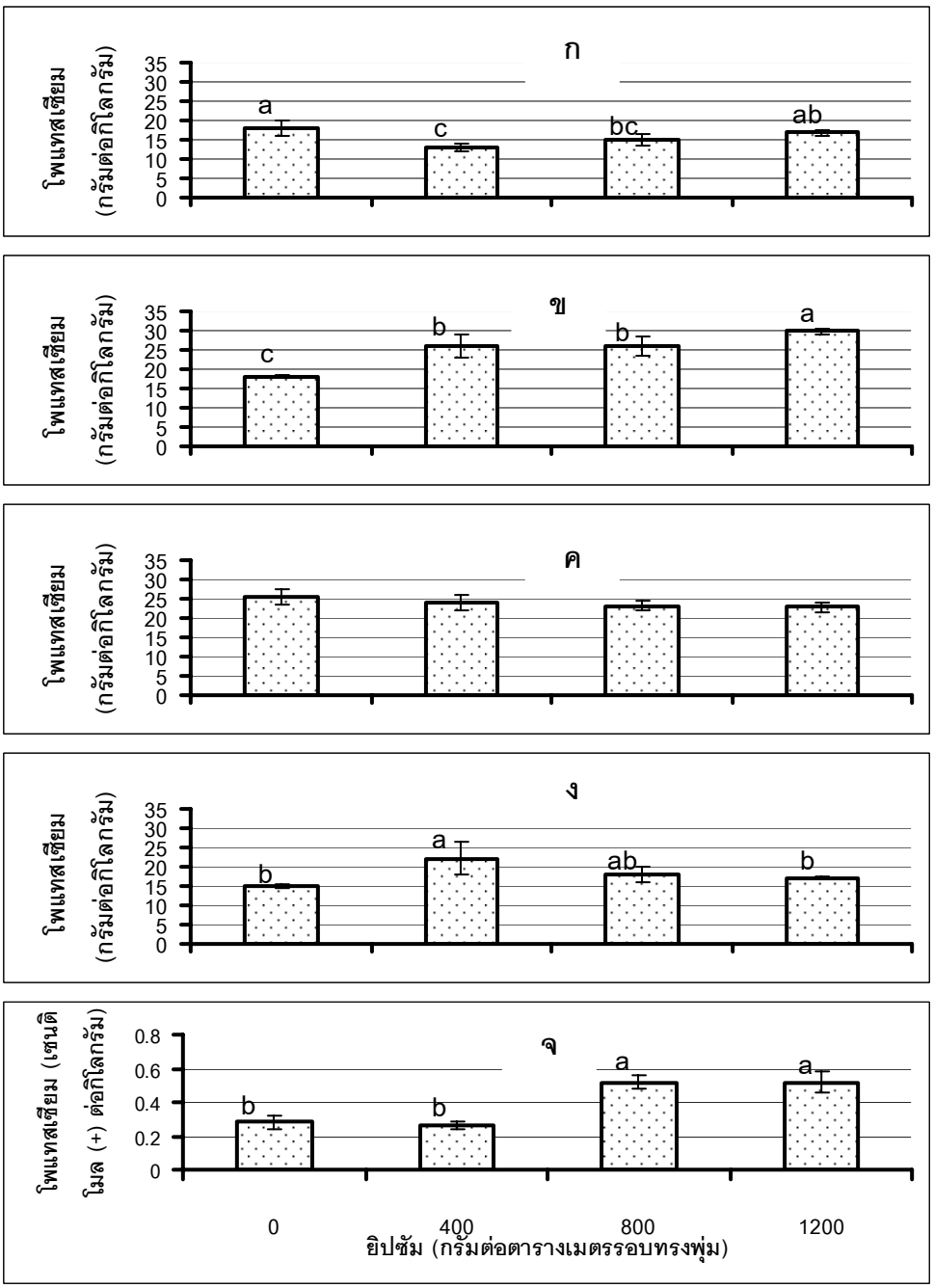


ภาพที่ 27 ความเข้มข้นฟอสฟอรัสเฉลี่ยของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

โพแทสเซียม

การให้ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองนาน 12 เดือน ทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมในส่วนของใบ (ภาพที่ 28ก ตารางภาคผนวกที่ 14) และก้านช่อผล (ภาพที่ 28ข ตารางภาคผนวกที่ 15) ของลองกอง และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (ภาพที่ 28จ, ตารางภาคผนวกที่ 13)ให้ค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับสิ่งทดลองควบคุม เนื้อผล (ภาพที่ 28ง, ตารางภาคผนวกที่ 17) ของลองกองเมื่อใส่ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองนาน 12 เดือนทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม และเปลือกผลลองกอง (ภาพที่ 33ค, ตารางภาคผนวกที่ 21) เมื่อใส่ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองนาน 12 เดือนไม่ทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม โพแทสเซียมในใบเมื่อใส่ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 12 เดือนทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมในใบต่ำกว่ากว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 18.04±2.05 กรัมต่อกิโลกรัม โดยเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมในใบต่ำที่สุด คือ 13.09±1.06 กรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้เมื่อใช้อัตราของยิปซัมเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในใบเพิ่มขึ้น โพแทสเซียมในก้านช่อผลลองกองเมื่อให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 12 เดือนทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมในก้านช่อผลลองกองสูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 18.12±0.26 กรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้เมื่อใช้ยิปซัมแก่ต้นลองกองอัตราเพิ่มขึ้นความเข้มข้นโพแทสเซียมในก้านช่อผลลองกองเพิ่มขึ้น โพแทสเซียมในเปลือกผลลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 12 เดือนทำให้ความเข้มข้นมีแนวโน้มต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 25.72±2.02 กรัมต่อกิโลกรัม และการให้ยิปซัมอัตราเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมลดลง โพแทสเซียมในเนื้อผลลองกองเมื่อให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 12 เดือน ทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมในเนื้อผลสูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 15.10±0.42 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้มีความเข้มข้นโพแทสเซียมในเนื้อผลสูงที่สุด คือ 22.24±4.19 กรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ เมื่อใส่ยิปซัมแก่ต้นลองกองอัตราเพิ่มขึ้นความเข้มข้นโพแทสเซียมในเนื้อผลลองกองลดลง และโพแทสเซียมในดินเมื่อใส่ยิปซัมให้แก่ต้นลองกองนาน 12 เดือน ทำให้โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากดินส่วนใหญ่มากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 0.28±0.04 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม การใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ดินมีความเข้มข้นโพแทสเซียมต่ำสุด คือ 0.26±0.02 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม และเมื่อใส่ยิปซัมแก่ต้นลองกองตั้งแต่ 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มขึ้นไปมีแนวโน้มทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมคงที่

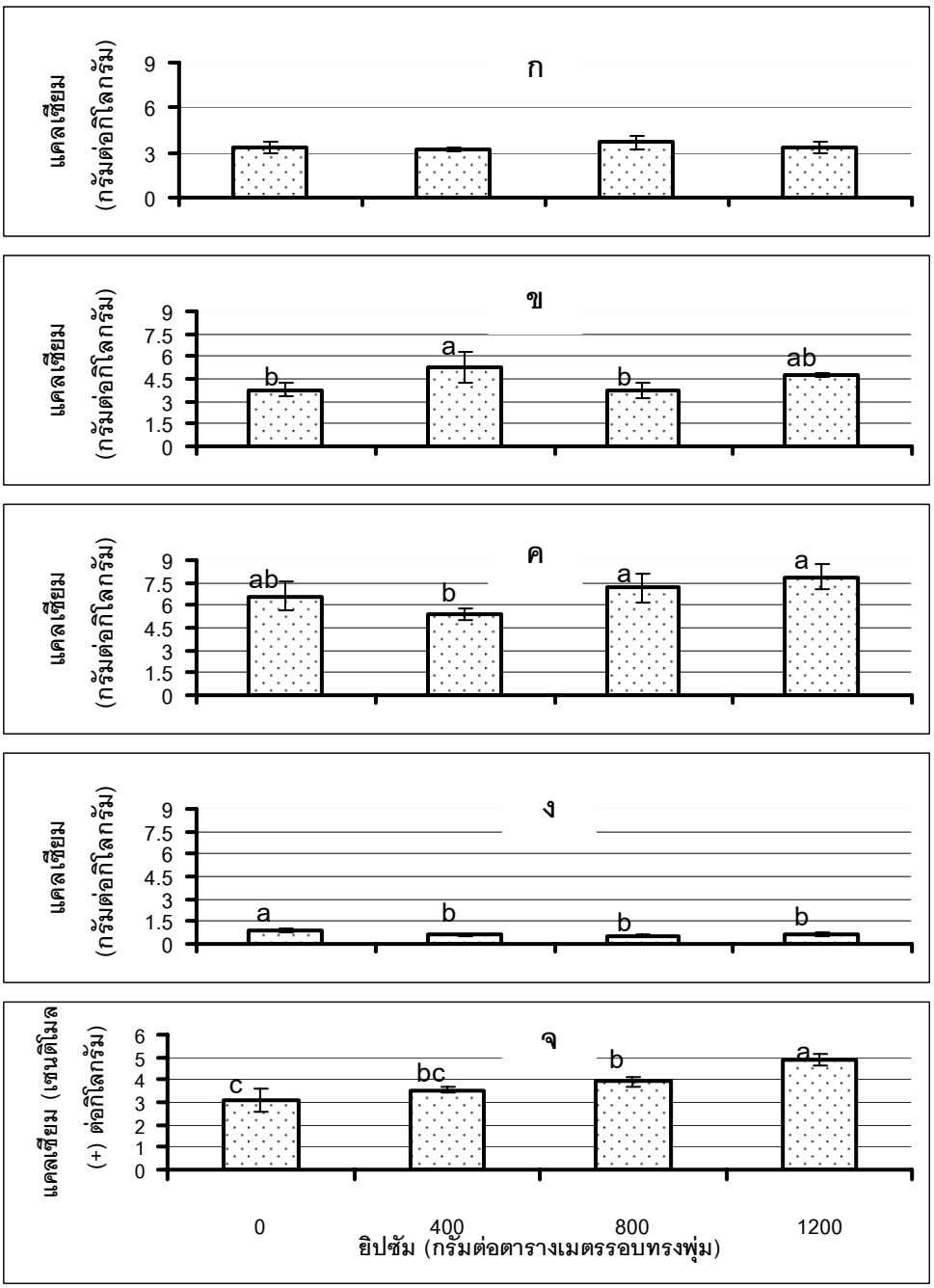


ภาพที่ 28 ความเข้มข้นโพแทสเซียมเฉลี่ยของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และที่สกัดได้ในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

แคลเซียม

การให้ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองนาน 12 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมในส่วนของเปลือกผล (ภาพที่ 29ค, ตารางภาคผนวกที่ 16) และเนื้อผล (ภาพที่ 29ง, ตารางภาคผนวกที่ 17) ของลองกอง และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (ภาพที่ 29จ, ตารางภาคผนวกที่ 13) ให้ค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับสิ่งทดลองควบคุม ก้านช่อผล (ภาพที่ 29ข, ตารางภาคผนวกที่ 15) ของลองกองเมื่อใส่ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองนาน 12 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม และใบลองกอง (ภาพที่ 29ก, ตารางภาคผนวกที่ 14) การใส่ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองนาน 12 เดือน ไม่ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม แคลเซียมในใบเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 12 เดือน ทำให้ความเข้มข้นส่วนใหญ่ของใบลองกองมีแนวโน้มต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 3.38±0.36 กรัมต่อกิโลกรัม แต่เมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมสูงสุด คือ 3.71±0.46 กรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมในก้านช่อผลลองกองเมื่อให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 12 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมส่วนใหญ่ในก้านช่อผลลองกองสูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 3.76±0.48 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมในก้านช่อผลลองกองมากที่สุด คือ 5.21±1.03 กรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมในเปลือกผลลองกองเมื่อใส่ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 12 เดือนทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมส่วนใหญ่ในเปลือกผลลองกองมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 6.62±0.91 กรัมต่อกิโลกรัม แต่เมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมในเปลือกผลลองกองต่ำที่สุด คือ 5.40±0.40 กรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้เมื่อใช้อัตราของยิปซัมเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณแคลเซียมในเปลือกผลลองกองเพิ่มขึ้น แคลเซียมในเนื้อผลลองกองเมื่อใช้ยิปซัมนาน 12 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมในเนื้อผลต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 0.90±0.08 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้มีความเข้มข้นแคลเซียมในเนื้อผลต่ำที่สุด คือ 0.56±0.06 กรัมต่อกิโลกรัม และแคลเซียมในดินเมื่อใส่ยิปซัมให้แก่ต้นลองกองนาน 12 เดือน ทำให้แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากดินมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 3.09±0.52 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม โดยเมื่อใส่ยิปซัมอัตราเพิ่มขึ้นแก่ต้นลองกองทำให้แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้น

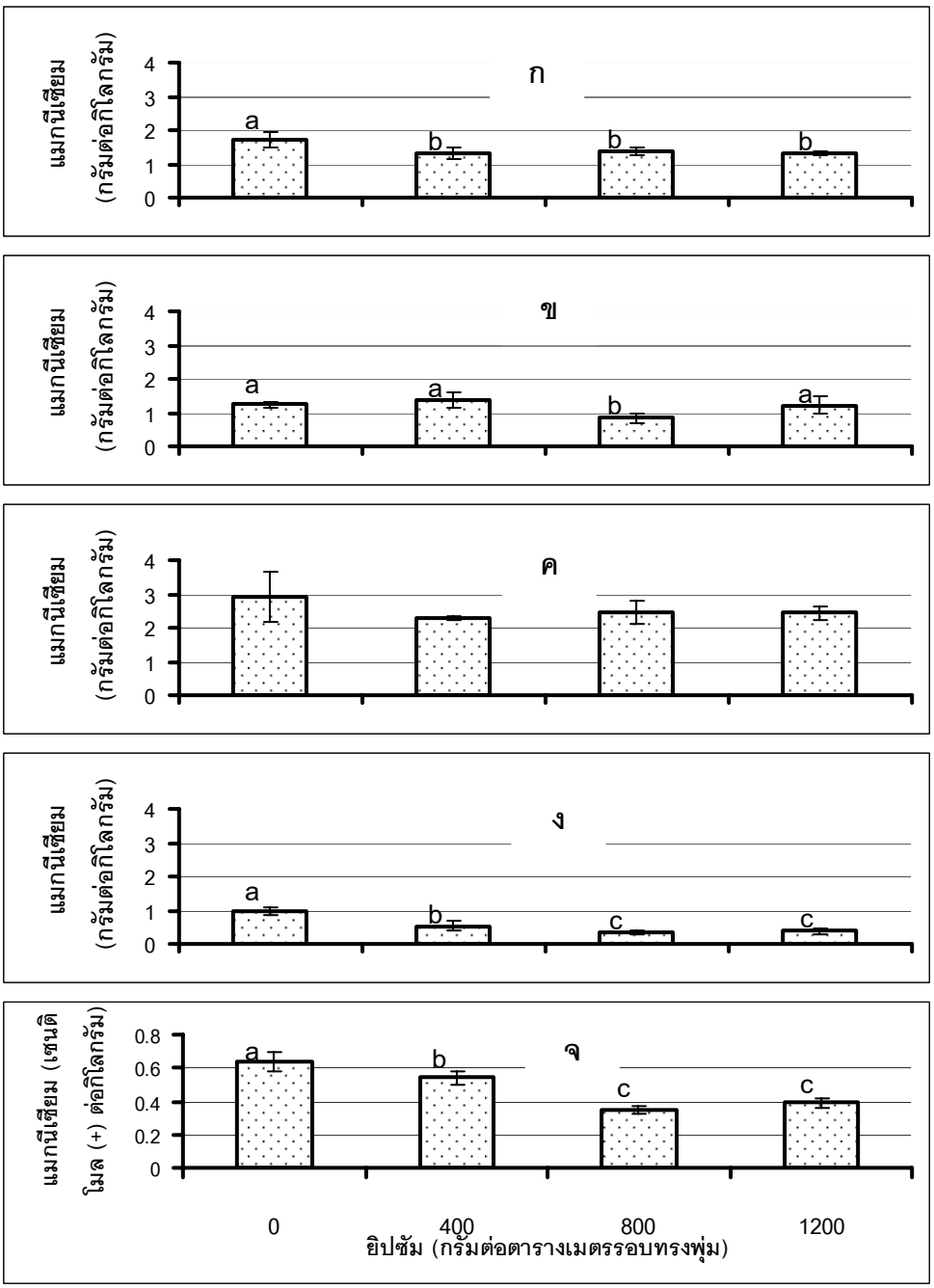


ภาพที่ 29 ความเข้มข้นแคลเซียมเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และที่สกัดได้ในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

แมกนีเซียม

การให้ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองนาน 12 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในส่วนของใบ (ภาพที่ 30ก ตารางภาคผนวกที่ 14) และก้านช่อผล (ภาพที่ 30ข ตารางภาคผนวกที่ 15) ของลองกองให้ค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม แมกนีเซียมในเนื้อผล (ภาพที่ 30ง ตารางภาคผนวกที่ 17) และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (ภาพที่ 30จ ตารางภาคผนวกที่ 13) เมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 12 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับสิ่งทดลองควบคุม และเปลือกผลลองกอง (ภาพที่ 30ค, ตารางภาคผนวกที่ 16) เมื่อใส่ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองไม่ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม แมกนีเซียมในใบลองกองเมื่อใส่ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 12 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในใบลองกองต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 1.73±0.23 กรัมต่อกิโลกรัม แต่เมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในใบลองกองต่ำที่สุด คือ 1.32±0.07 กรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้เมื่อใช้อัตราของยิปซัมเพิ่มขึ้นไม่ทำให้ปริมาณแมกนีเซียมในใบลองกองแตกต่างกัน แมกนีเซียมในก้านช่อผลลองกองเมื่อให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 12 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมส่วนใหญ่ต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 1.24±0.08 กรัมต่อตารางเมตร ยกเว้นเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในก้านช่อผลลองกองมากที่สุด คือ 1.36±0.23 กรัมต่อกิโลกรัม แมกนีเซียมในเปลือกผลลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 12 เดือน ทำให้ความเข้มข้นมีแนวโน้มต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 2.90±0.73 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมต่ำสุด คือ 2.29±0.06 กรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้เมื่อใช้ยิปซัมตั้งแต่อัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในเปลือกผลลองกองมีแนวโน้มคงที่ แมกนีเซียมในเนื้อผลลองกองเมื่อใช้ยิปซัมนาน 12 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในเนื้อผลต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 0.97±0.13 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้มีความเข้มข้นแมกนีเซียมในเนื้อผลต่ำที่สุด คือ 0.65±0.05 กรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้เมื่อใช้อัตราของยิปซัมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณแมกนีเซียมในเนื้อผลลองกองลดลง และแมกนีเซียมในดินเมื่อใส่ยิปซัมให้แก่ต้นลองกองนาน 12 เดือน ทำให้แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากดินต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 0.64±0.06 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม โดยเมื่อใส่ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินต่ำที่สุด คือ 0.35±0.02 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม



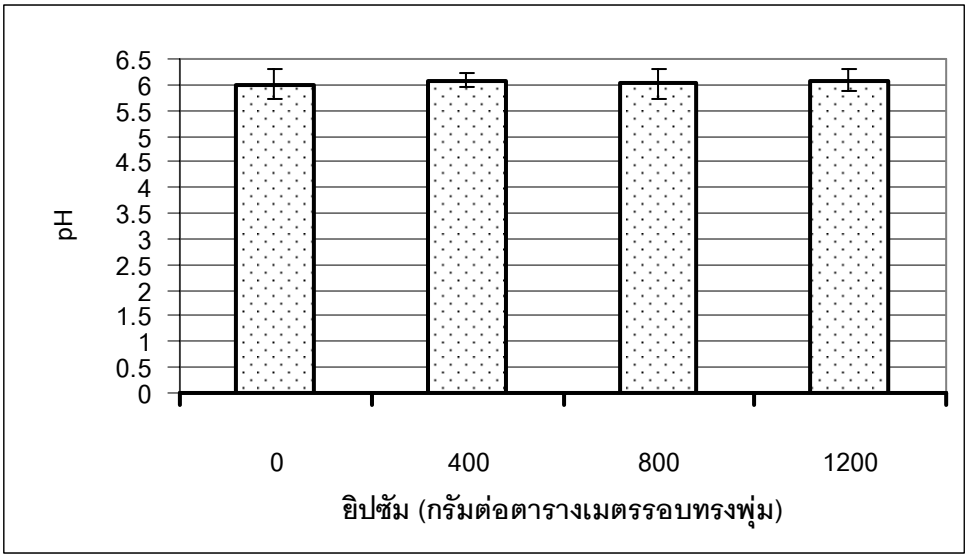
ภาพที่ 30 ความเข้มข้นแมกนีเซียมเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

4.5.3 เวลา 33 เดือนหลังใส่ยิปซัมแก่ต้นลองกอง

พีเอชดิน

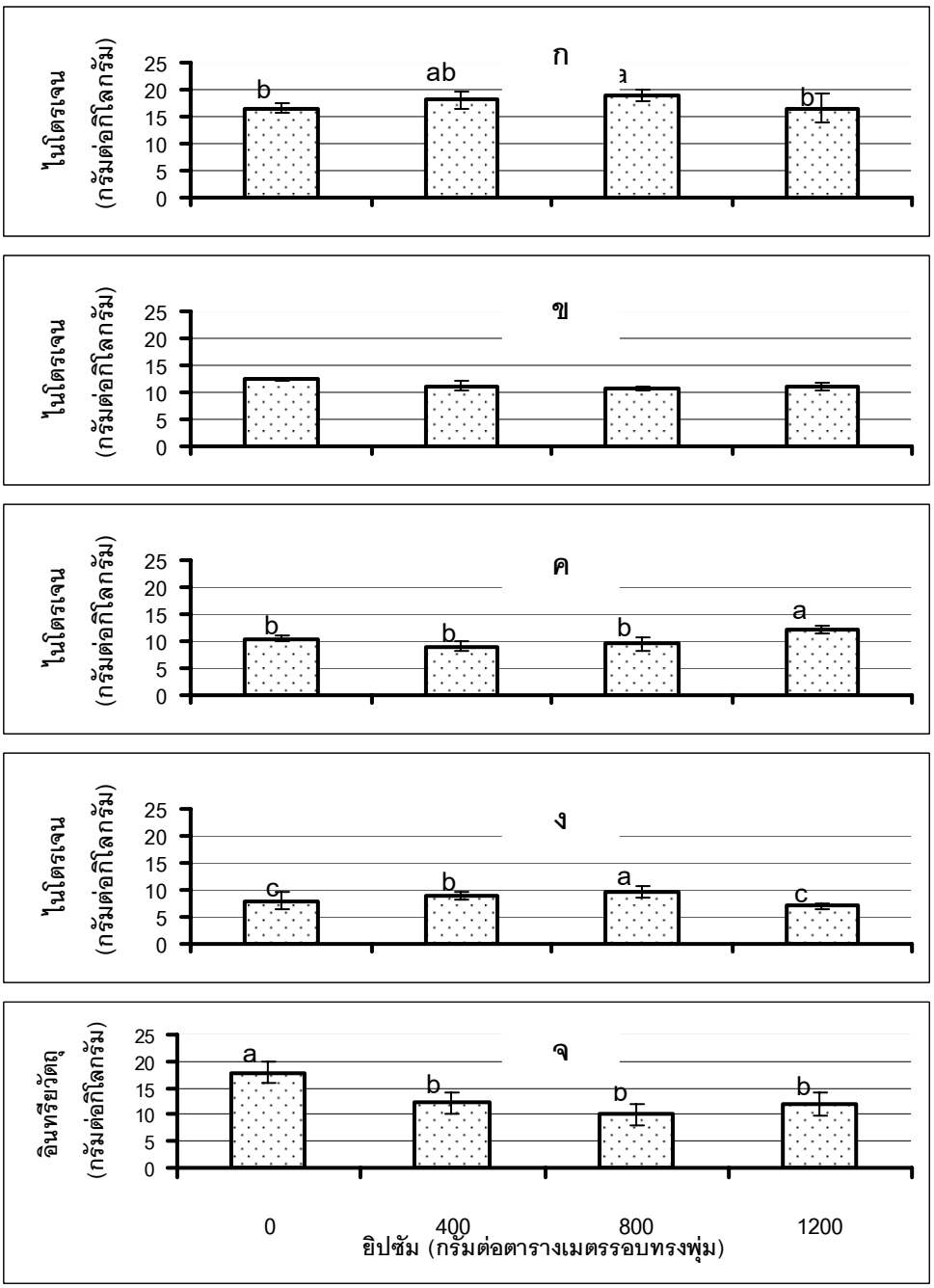
เมื่อดินได้รับยิปซัมนาน 33 เดือน ไม่ทำให้พีเอชของดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ภาพที่ 31 ตารางภาคผนวกที่ 18) กับสิ่งทดลองควบคุม ดินที่ได้รับยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้พีเอชดินมีแนวโน้มมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 6.01±0.30 โดยพีเอชดินที่ได้รับยิปซัมมีค่าอยู่ในช่วง คือ 6.02±0.30 - 6.09±0.23



ภาพที่ 31 พีเอชดินเฉลี่ย เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน (บาร์ ±SD)

ไนโตรเจน

การให้ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนในส่วนของใบ (ภาพที่ 32ก ตารางภาคผนวกที่ 19) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม เปลือกผลลองกอง (ภาพที่ 32ค ตารางภาคผนวกที่ 21) เนื้อผลลองกอง (ภาพที่ 32ง ตารางภาคผนวกที่ 22) และอินทรียวัตถุของดิน (ภาพที่ 32จ ตารางภาคผนวกที่ 18) เมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 33 เดือนทำให้มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับสิ่งทดลองควบคุม ก้านช่อผลลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 33 เดือน ไม่ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในช่อผลลองกอง (ภาพที่ 32ข ตารางภาคผนวกที่ 20) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม ไนโตรเจนในใบเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนในใบมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 16.56±0.78 กรัมต่อกิโลกรัม และการใช้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนในใบมากที่สุด คือ 18.95±1.09 กรัมต่อกิโลกรัม ไนโตรเจนในก้านช่อผลลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมอยู่นาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 12.39±0.28 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อดินได้รับยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนในก้านช่อผลลองกองมีแนวโมต่ำสุด คือ 10.69±0.35 กรัมต่อกิโลกรัม ไนโตรเจนในเปลือกผลลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนส่วนใหญ่ต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 10.46±0.59 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อดินได้รับยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนในเปลือกผลต่ำที่สุด คือ 9.06±0.96 กรัมต่อกิโลกรัม และการใช้ยิปซัมอัตราสูงทำให้ความเข้มไนโตรเจนในเปลือกเพิ่มขึ้น ไนโตรเจนในเนื้อผลลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 33 เดือนทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนในเนื้อผลส่วนใหญ่มากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 7.99±1.48 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อดินได้รับยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือนทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนในเนื้อผลมากที่สุด ซึ่งมีค่า 9.67±1.03 กรัมต่อกิโลกรัม และอินทรียวัตถุของดิน การให้ยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 17.92±2.04 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อดินได้รับยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำสุด คือ 10.12±0.80 กรัมต่อกิโลกรัม

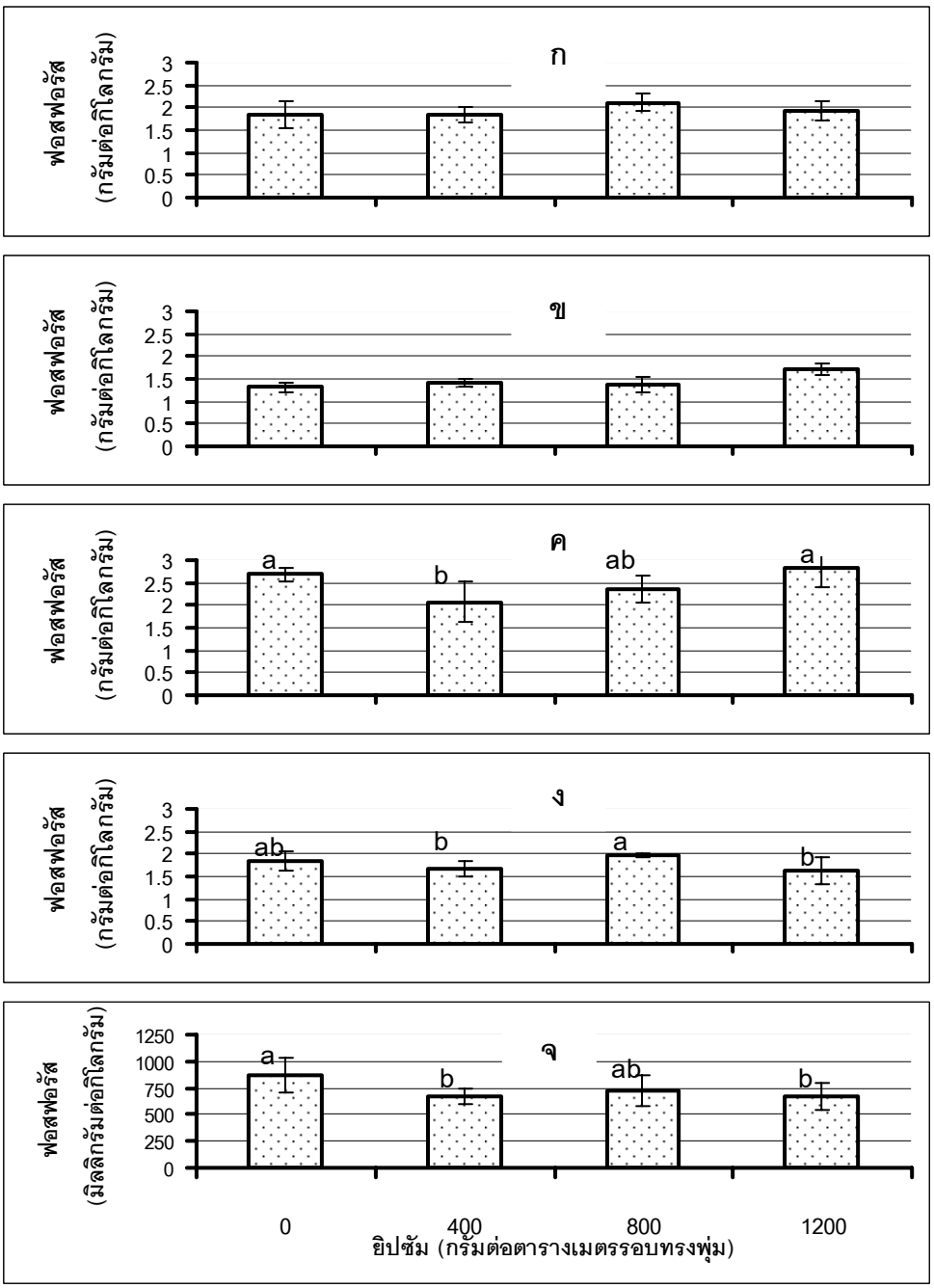


ภาพที่ 32 ความเข้มข้นไนโตรเจนเฉลี่ยของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และอินทรียวัตถุเฉลี่ยในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

ฟอสฟอรัส

การให้ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในส่วนของเปลือกผลลองกอง (ภาพที่ 33ค ตารางภาคผนวกที่ 21) และเนื้อผล (ภาพที่ 33ง ตารางภาคผนวกที่ 22) ของลองกอง และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (ภาพที่ 33จ ตารางภาคผนวกที่ 18)ให้ค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม อย่างไรก็ตามใบ (ภาพที่ 33ก ตารางภาคผนวกที่ 19) และก้านช่อผลลองกอง (ภาพที่ 33ง ตารางภาคผนวกที่ 20) การให้ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองนาน 33 เดือน ไม่ทำให้ค่าฟอสฟอรัสแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม ฟอสฟอรัสในใบเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ในใบมีแนวโน้มสูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 1.84±0.29 กรัมต่อกิโลกรัม และต้นลองกองที่ได้รับผลตกค้างของยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในใบมากสุด คือ 2.12±0.18 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสในก้านช่อผลลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมอยู่นาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในก้านช่อผลมีแนวโน้มสูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 1.31±0.11 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนในก้านช่อผลลองกองมากสุด คือ 1.71±0.12 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสในเปลือกผลลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 2.69±0.15 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อให้ยิปซัมอัตราเพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในเปลือกผลลองกองเพิ่มขึ้น ฟอสฟอรัสในเนื้อผลลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ในเนื้อผลต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 1.86±0.21 กรัมต่อกิโลกรัม แต่หากใช้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในเนื้อผลมากที่สุด คือ 1.98±0.05 กรัมต่อกิโลกรัม และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเมื่อให้ยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จากดินต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 869.59±167.16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสต่ำที่สุด คือ 665.62±71.49 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

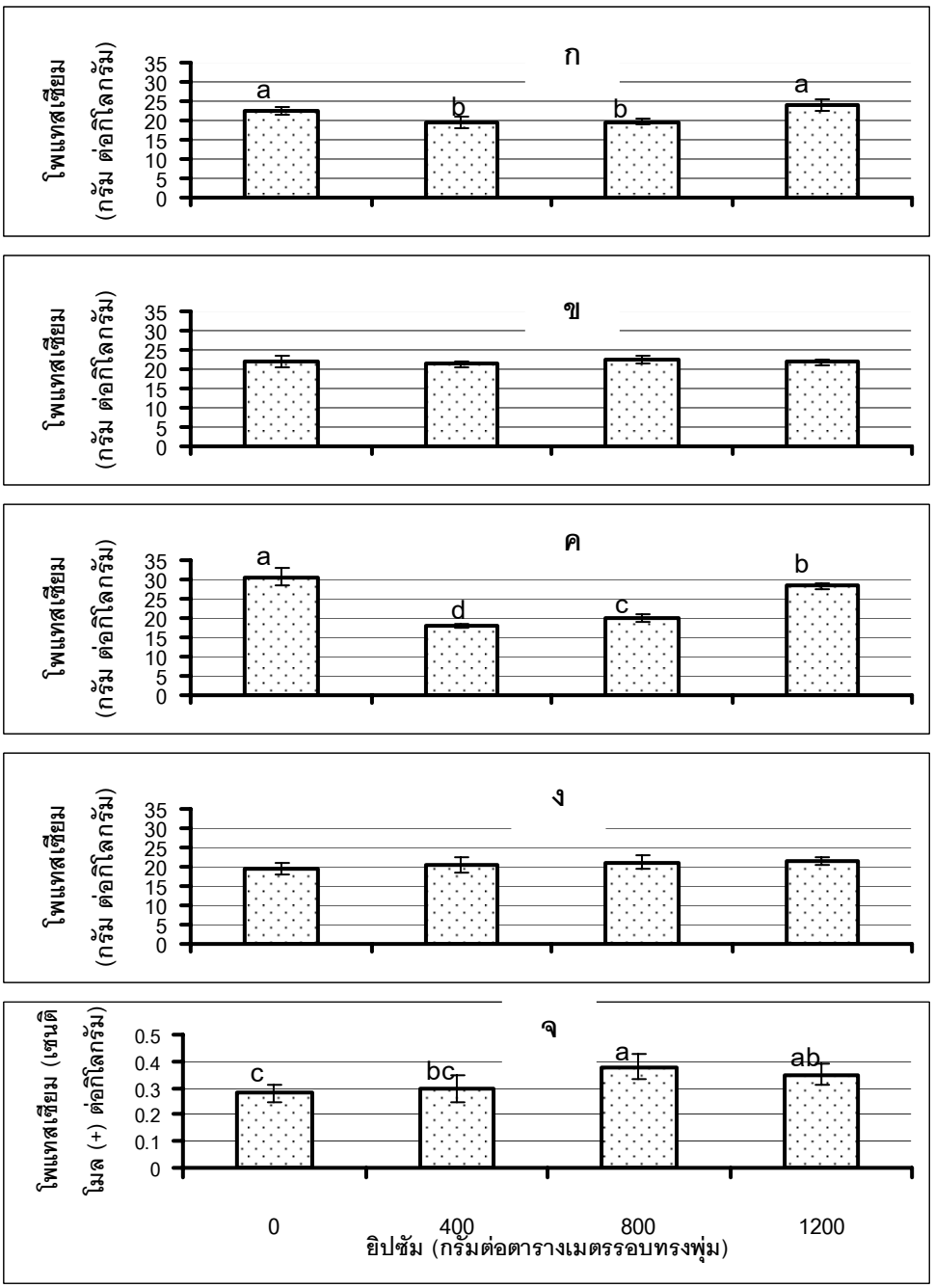


ภาพที่ 33 ความเข้มข้นฟอสฟอรัสเฉลี่ยของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และที่เป็นประโยชน์ในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

โพแทสเซียม

การให้ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองนาน 3 3 เดือน ทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมในส่วนของใบ (ภาพที่ 34ก ตารางภาคผนวกที่ 19) เปลือกผลลองกอง (ภาพที่ 34ค ตารางภาคผนวกที่ 21) และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (ภาพที่ 34จ ตารางภาคผนวกที่ 18) ให้ค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับสิ่งทดลองควบคุม ก้านช่อผล (ภาพที่ 34ข ตารางภาคผนวกที่ 20) และเนื้อผล (ภาพที่ 34ง ตารางภาคผนวกที่ 22) ของลองกองผลเมื่อให้ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองนาน 3 3 เดือน ไม่ทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม โพแทสเซียมในใบเมื่อให้ยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมส่วนใหญ่ในใบต่ำกว่ากว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 22.62±0.94 กรัมต่อกิโลกรัม เมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมในใบต่ำที่สุด คือ 19.59±1.40 กรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้การใช้อัตราของยิปซัมเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในใบเพิ่มขึ้น โพแทสเซียมในก้านช่อผลลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมอยู่นาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมส่วนใหญ่มีแนวโน้มต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 22.04±1.33 กรัมต่อกิโลกรัม ยกเว้นการใช้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 3 3 เดือน ทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมในก้านช่อผลลองกองมีแนวโน้มมากสุด คือ 22.48±0.92 กรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมในเปลือกผลลองกองเมื่อใช้ยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้มีความเข้มข้นต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 30.64±2.22 กรัมต่อกิโลกรัม และการใช้ยิปซัมอัตราเพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น โพแทสเซียมในเนื้อผลลองกองเมื่อให้ยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นโพแทสเซียมในเนื้อผลมีแนวโน้มมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 19.46±1.50 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ทำให้มีความเข้มข้นโพแทสเซียมในเนื้อผลสูงสุด คือ 21.43±0.97 กรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้การใช้ยิปซัมอัตราเพิ่มขึ้นความเข้มข้นโพแทสเซียมในเนื้อผลลองกองเพิ่มขึ้น และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเมื่อให้ยิปซัมนาน 3 3 เดือน ทำให้โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากดินมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 0.28±0.03 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม การใช้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 3 3 เดือน ทำให้ดินมีความเข้มข้นโพแทสเซียมมากที่สุด คือ 0.38±0.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม

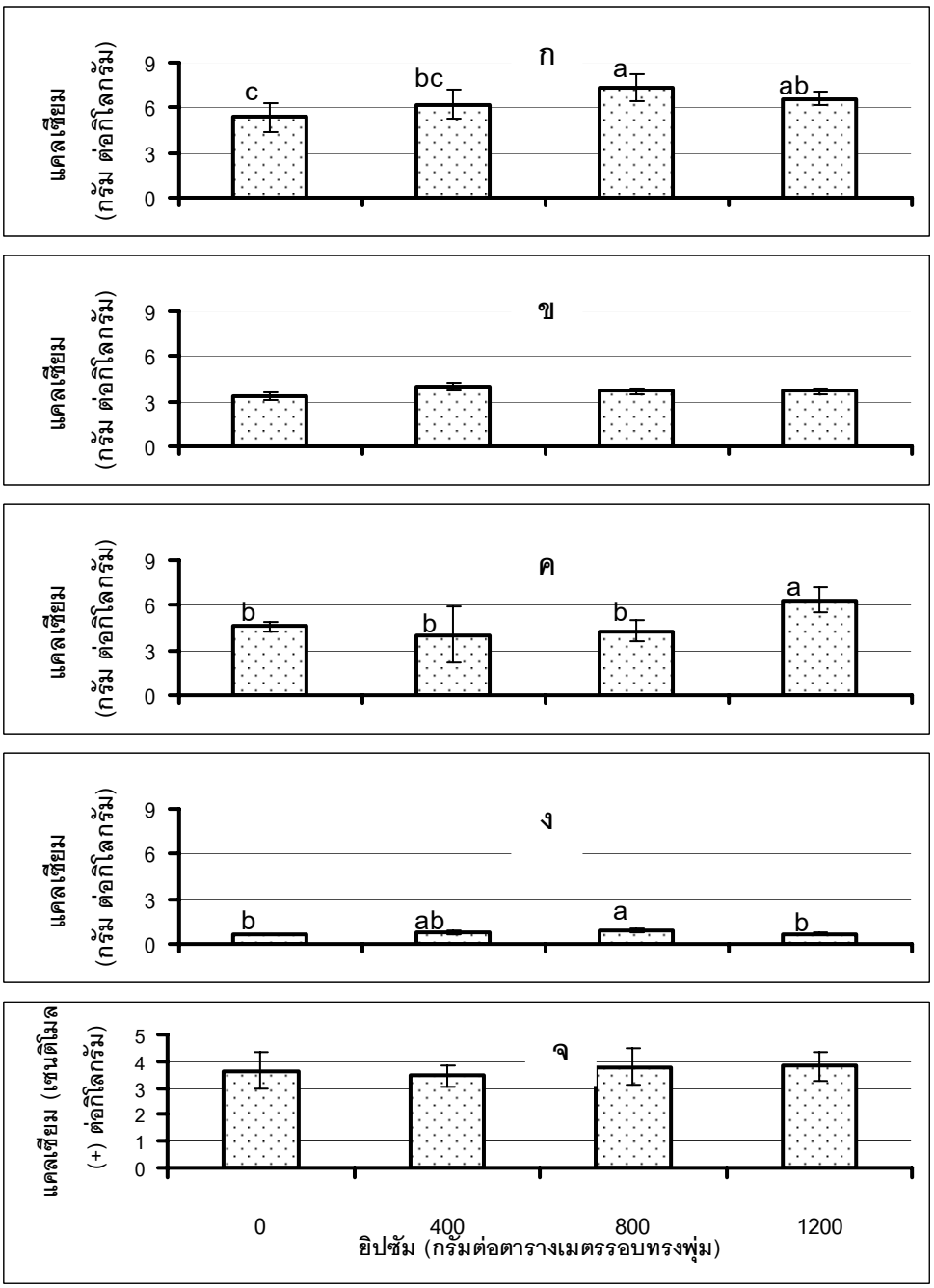


ภาพที่ 34 ความเข้มข้นโพแทสเซียมเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

แคลเซียม

การให้ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมในส่วนของใบลองกอง (ภาพที่ 35ก ตารางภาคผนวกที่ 19) ให้ค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.01) กับสิ่งทดลองควบคุม เปลือกผล (ภาพที่ 35ค ตารางภาคผนวกที่ 21) และเนื้อผล (ภาพที่ 35ง ตารางภาคผนวกที่ 22) ของลองกองเมื่อให้ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) กับสิ่งทดลองควบคุม ก้านช่อผลของลองกอง (ภาพที่ 35ข ตารางภาคผนวกที่ 20) และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (ภาพที่ 35จ ตารางภาคผนวกที่ 18) เมื่อให้ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองนาน 33 เดือน ไม่ทำให้แคลเซียมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กับสิ่งทดลองควบคุม แคลเซียมในใบเมื่อให้ยิปซัมในดินนาน 33 เดือน ทำให้มีความเข้มข้นมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 5.34±1.01 กรัมต่อกิโลกรัม การใช้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมสูงสุด คือ 7.30±0.87 กรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมในก้านช่อผลลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมอยู่นาน 33 เดือนทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมมีแนวโน้มสูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 3.36±0.22 กรัมต่อกิโลกรัม และการให้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมในก้านช่อผลลองกองมีแนวโน้มมากสุด คือ 3.99±0.27 กรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมในเปลือกผลลองกองเมื่อดินได้รับยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมส่วนใหญ่ในเปลือกผลลองกองต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 4.57±0.35 กรัมต่อกิโลกรัม การให้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มอยู่ในดินนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมในเปลือกผลลองกองต่ำที่สุด คือ 4.03±1.88 กรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้เมื่ออัตราของยิปซัมเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณแคลเซียมในเปลือกผลลองกองเพิ่มขึ้น แคลเซียมในเนื้อผลลองกองการให้ยิปซัมในดินนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมในเนื้อผลมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 0.67±0.03 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อให้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ทำให้มีความเข้มข้นแคลเซียมในเนื้อผลมากที่สุด คือ 0.89±0.13 กรัมต่อกิโลกรัม และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเมื่อดินได้รับยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากดินส่วนใหญ่มีแนวโน้มมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 3.64±0.70 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม เมื่อให้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ทำให้แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่ำสุด คือ 3.45±0.38 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม

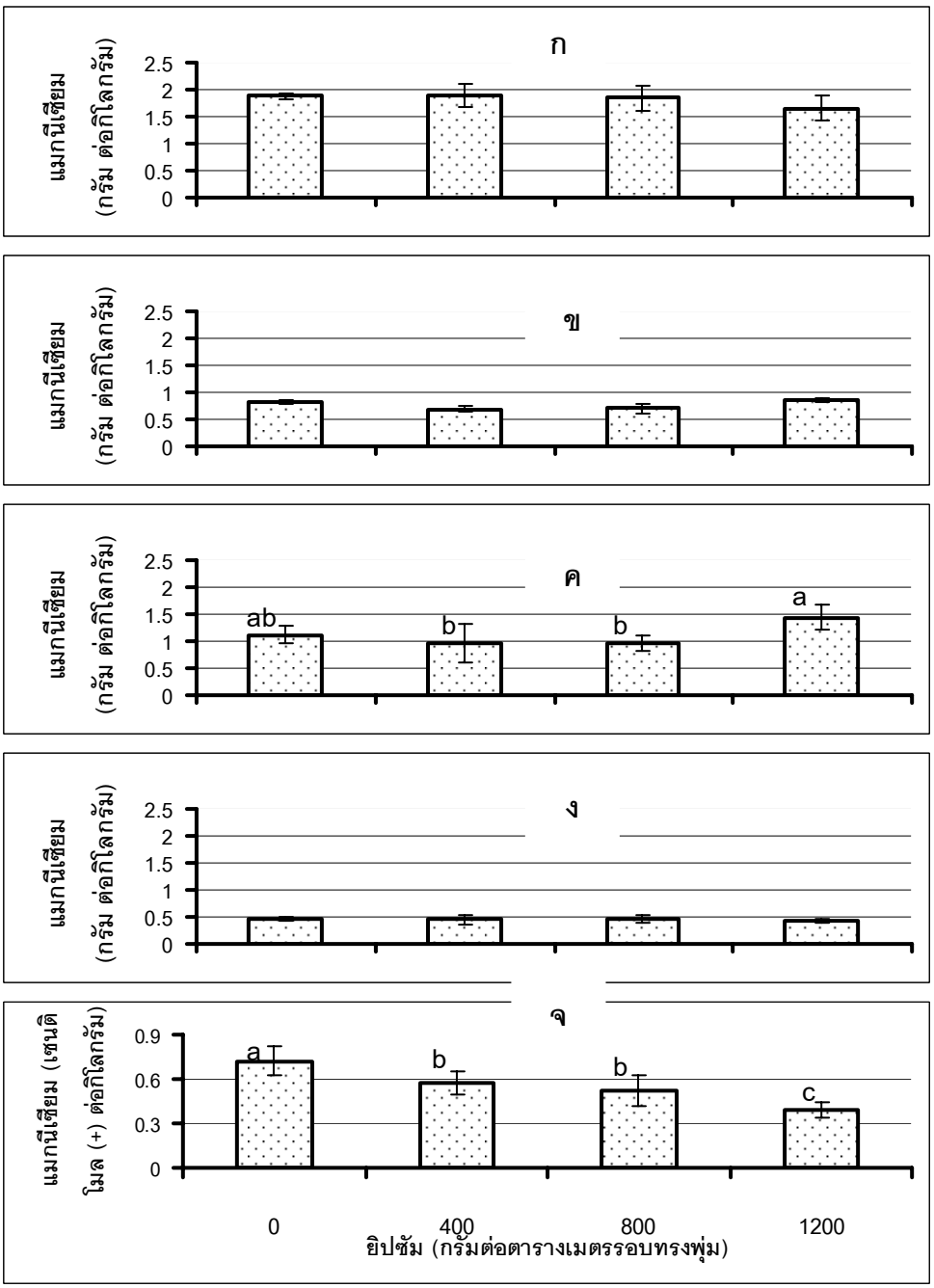


ภาพที่ 35 ความเข้มข้นแคลเซียมเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

แมกนีเซียม

การให้ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองนาน 3 3 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในส่วนของเปลือกผลลองกอง (ภาพที่ 36ค ตารางภาคผนวกที่ 21) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) กับสิ่งทดลองควบคุม แต่แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (ภาพที่ 36จ ตารางภาคผนวกที่ 18) เมื่อให้ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในดินแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.01) กับสิ่งทดลองควบคุม ใบ(ภาพที่ 36ก ตารางภาคผนวกที่ 19) ก้านช่อผล (ภาพที่ 36ข ตารางภาคผนวกที่ 20) และเนื้อผล (ภาพที่ 36ง ตารางภาคผนวกที่ 22) เมื่อให้ยิปซัมในดินรอบทรงพุ่มต้นลองกองอยู่นาน 33 เดือน ไม่ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0 . 0 5) กับสิ่งทดลองควบคุม แมกนีเซียมในใบลองกองเมื่อให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในใบลองกองส่วนใหญ่มีแนวโน้มต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 1.88±0.06 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อให้ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มอยู่นาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในใบลองกองมีแนวโน้มต่ำสุด คือ 1.66±0.22 กรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้การใช้อัตรายิปซัมเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณแมกนีเซียมในใบลองกองลดลง แมกนีเซียมในก้านช่อผลลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมอยู่นาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมส่วนใหญ่มีแนวโน้มต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 0.83±0.03 กรัมต่อกิโลกรัม ยกเว้นเมื่อให้ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 3 3 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในก้านช่อผลลองกองมีแนวโน้มมากสุด คือ 0.86± 0 . 0 5 กรัมต่อกิโลกรัม แมกนีเซียมในเปลือกผลเมื่อให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 33 เดือน ทำให้มีความเข้มข้นส่วนใหญ่ต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 1.11±0.16 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อให้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือนทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมต่ำสุด คือ 0.96±0.15 กรัมต่อกิโลกรัม แมกนีเซียมในเนื้อผลลองกองเมื่อให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในเนื้อผลมีแนวโน้มต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 0.47±0.04 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อให้ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 3 3 เดือน ทำให้มีความเข้มข้นแมกนีเซียมในเนื้อผลมีแนวโน้มต่ำสุด คือ 0.42±0.04 กรัมต่อกิโลกรัม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากดินต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 0.72±0.10 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม เมื่อให้ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินต่ำที่สุด คือ 0.39±0.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม และเมื่อใช้ยิปซัมอัตราเพิ่มขึ้นทำให้แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินลดลง



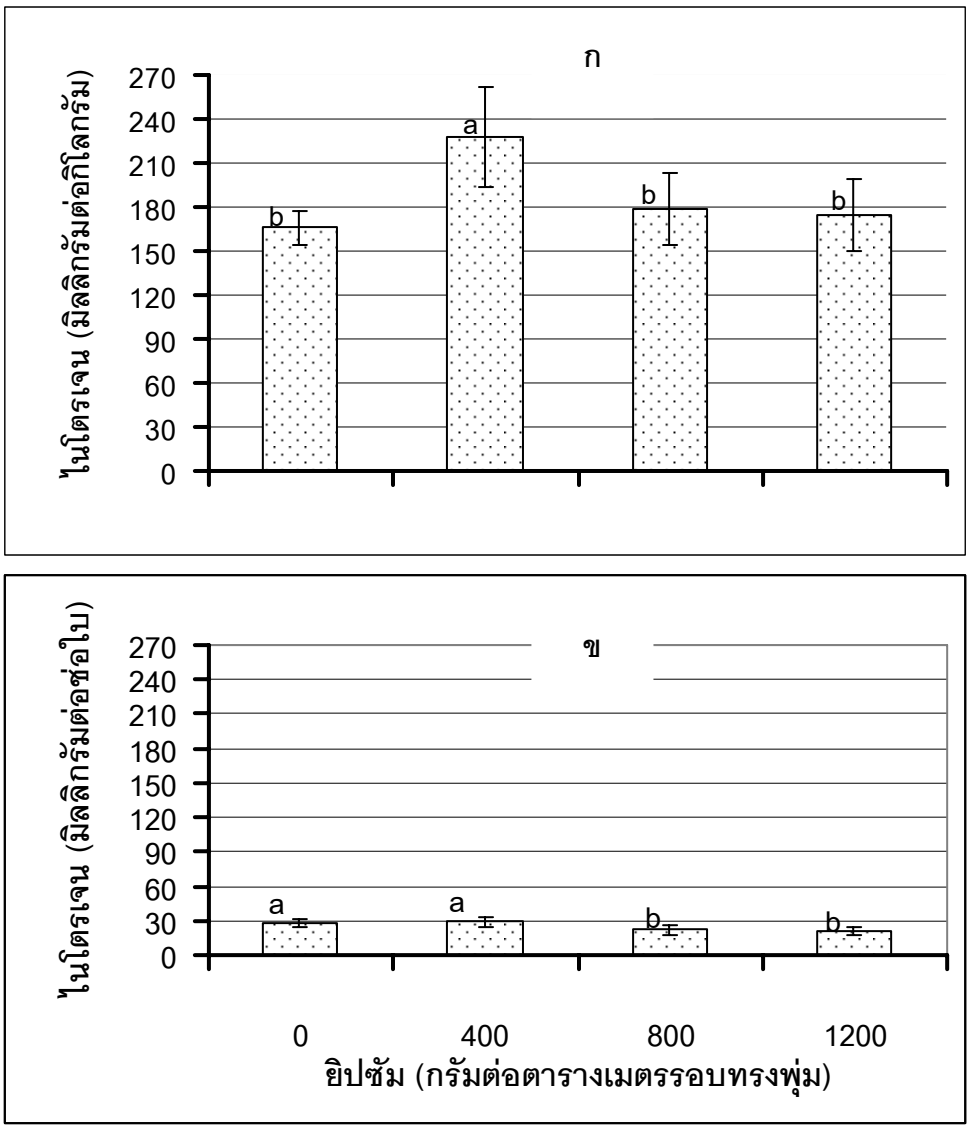
ภาพที่ 36 ความเข้มข้นแมกนีเซียมเฉลี่ยในส่วนของใบ (ก) ก้านช่อผล (ข) เปลือกผล (ค) และเนื้อผล (ง) ของลองกอง และที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

4.6 ความสัมพันธ์ของยิปซัมกับการดูดธาตุอาหารเมื่อต้นลองกองแตกกิ่งใหม่

ไนโตรเจน

การให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 33 เดือน ทำให้ใบ (ภาพที่ 37ก, ตารางภาคผนวกที่ 23) และก้านช่อใบ (ภาพที่ 37ข, ตารางภาคผนวกที่ 23) สะสมไนโตรเจนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 165.88±11.54 และ 27.52±3.24 มิลลิกรัมต่อช่อใบ ตามลำดับ เมื่อให้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ทำให้ลองกองสะสมไนโตรเจนได้มากที่สุดในส่วนของใบและก้านช่อใบ คือ 228.03±33.93 และ 29.20±4.01 มิลลิกรัมต่อช่อใบ อย่างไรก็ตามเมื่อให้ยิปซัมมากกว่า 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มขึ้นไป การสะสมไนโตรเจนในใบและก้านช่อใบของลองกองลดลงเมื่อใช้อัตราของยิปซัมเพิ่มขึ้น แต่การให้ยิปซัมอัตรามากกว่า 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ใบลองกองสะสมไนโตรเจนมากกว่าสิ่งทดลองควบคุมตรงข้ามกับก้านช่อใบ

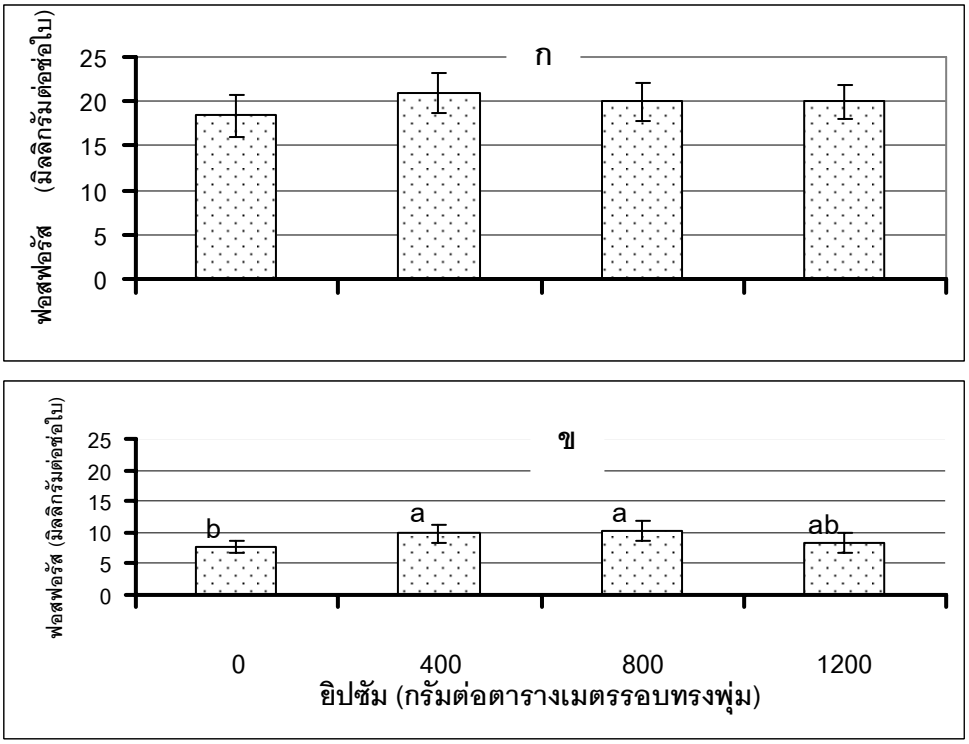


ภาพที่ 37 ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนของใบ (ก) และก้านช่อใบ (ข) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

ฟอสฟอรัส

การให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 33 เดือน ไม่ทำให้ใบ (ภาพที่ 38ก, ตารางภาคผนวกที่ 23) สะสมฟอสฟอรัสแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 18.39±2.39 มิลลิกรัมต่อช่อใบ แต่ทำให้ก้านช่อใบ (ภาพที่ 38ข, ตารางภาคผนวกที่ 23) สะสมฟอสฟอรัสแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 7.76±0.99 มิลลิกรัมต่อช่อ โดยเมื่อให้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ทำให้ใบมีแนวโน้มสะสมฟอสฟอรัสมากสุด คือ 21.00 ±2.27 มิลลิกรัมต่อช่อใบ ส่วนก้านช่อใบสะสมฟอสฟอรัสได้มากที่สุดเมื่อให้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม ซึ่งมีค่า 10.11±1.59 มิลลิกรัมต่อช่อ นอกจากนี้การใช้ยิปซัมทำให้ใบและก้านช่อใบสะสมฟอสฟอรัสมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม

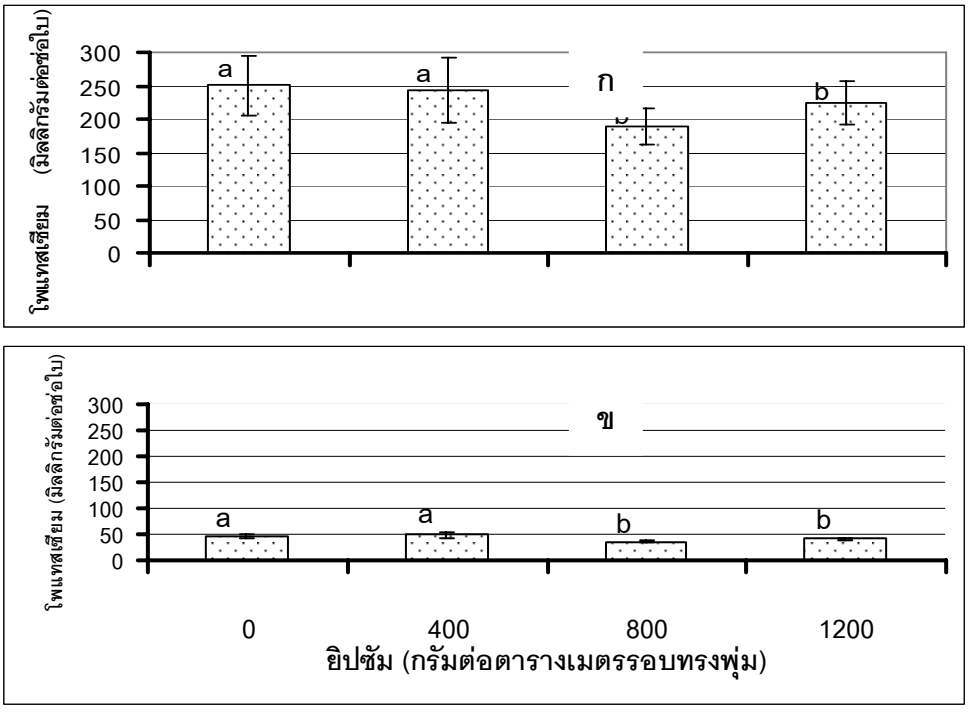


ภาพที่ 38 ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสของใบ(ก) และก้านช่อใบ(ข) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

โพแทสเซียม

การให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 33 เดือน ทำให้ใบ (ภาพที่ 39ก, ตารางภาคผนวกที่ 23) สะสมโพแทสเซียมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 251.18±44.51 มิลลิกรัมต่อช่อใบ นอกจากนี้ทำให้ก้านช่อใบ (ภาพที่ 39ข, ตารางภาคผนวกที่ 23) สะสมฟอสฟอรัสแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.01) กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 46.09±5.00 มิลลิกรัมต่อช่อใบ เมื่อให้ยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้ใบสะสมโพแทสเซียมต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม และเมื่อให้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ใบสะสมโพแทสเซียมได้ต่ำที่สุด คือ 190.13±26.81 มิลลิกรัมต่อช่อใบ ในส่วนของก้านช่อใบพบว่าการให้ยิปซัม 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ทำให้ก้านช่อใบสะสมโพแทสเซียมได้มากที่สุด คือ 48.14±5.47 มิลลิกรัมต่อช่อใบ แต่เมื่อให้ยิปซัมตั้งแต่อัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มขึ้นไปก้านช่อใบสะสมโพแทสเซียมต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุมเด่นชัด

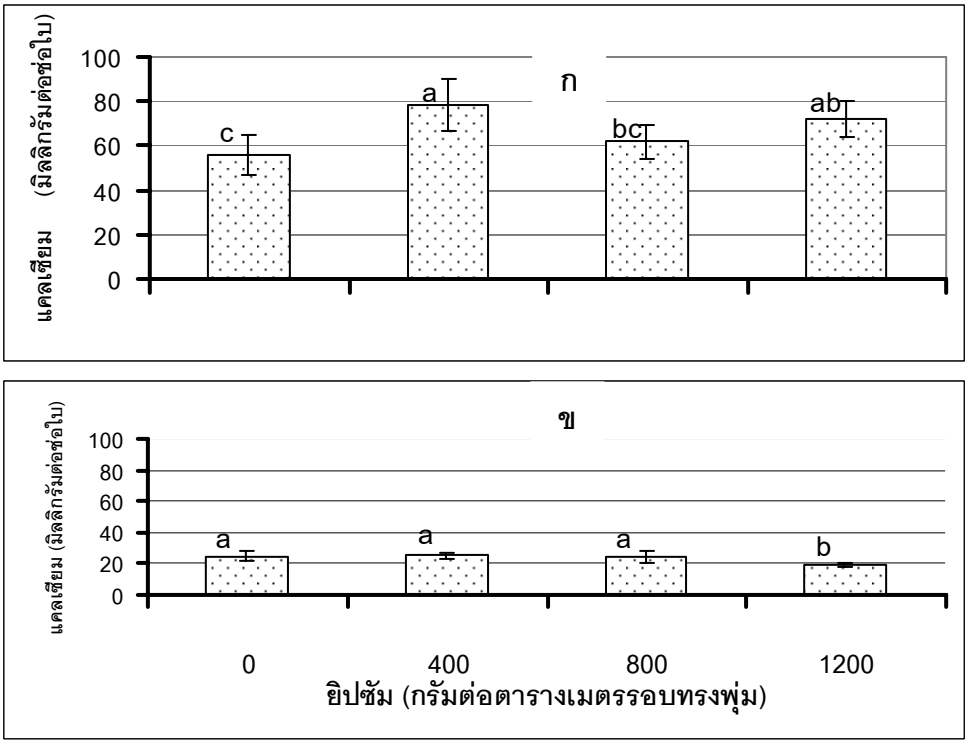


ภาพที่ 39 ค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมของใบ (ก) และก้านช่อใบ (ข) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญ (P≤0.05) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

แคลเซียม

การให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 33 เดือน ทำให้ใบ (ภาพที่ 40ก, ตารางภาคผนวกที่ 24) และก้านช่อใบ (ภาพที่ 40ข, ตารางภาคผนวกที่ 24) สะสมแคลเซียมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.01) กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 55.89±8.64 และ 25.00±3.18 มิลลิกรัมต่อช่อ ตามลำดับ เมื่อให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 33 เดือน ทำให้ใบสะสมแคลเซียมมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม และเมื่อให้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ทำให้ใบสะสมแคลเซียมมากที่สุด คือ 78.28±11.41 มิลลิกรัมต่อช่อใบ สำหรับก้านช่อใบเมื่อให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 33 เดือน ส่วนใหญ่ทำให้ก้านช่อใบสะสมแคลเซียมต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม และเมื่อให้ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือน ทำให้ก้านช่อใบสะสมแคลเซียมต่ำที่สุด คือ 19.50±1.26 มิลลิกรัมต่อช่อใบ

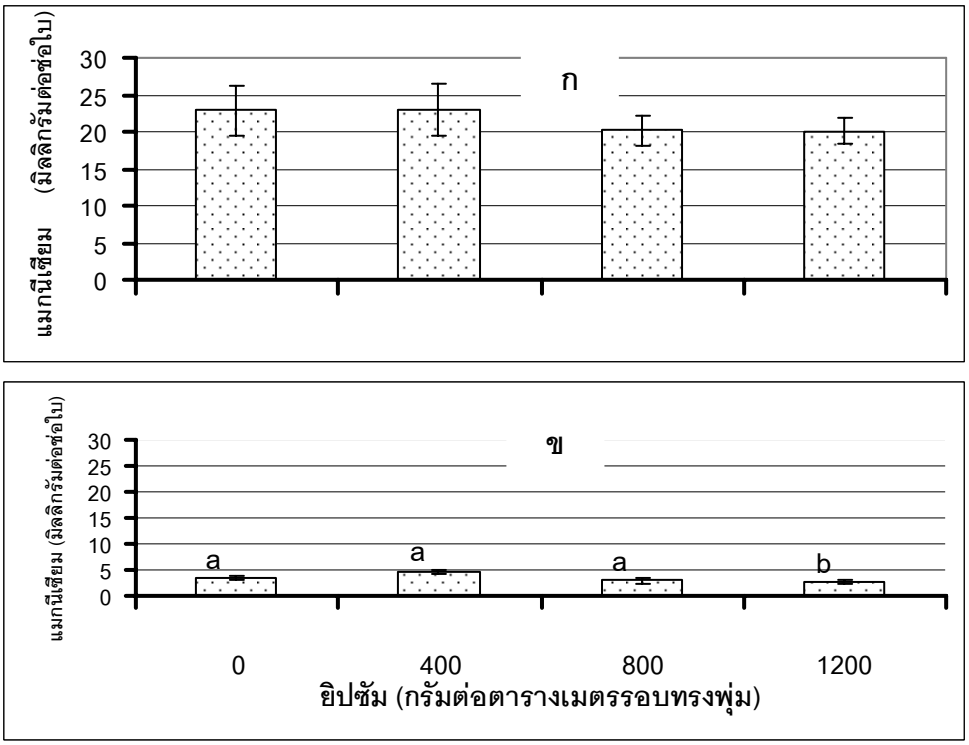


ภาพที่ 40 ค่าเฉลี่ยแคลเซียมของใบ (A) และก้านช่อใบ (B) เมื่อใช้ยิปซัมอัตรา ต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน

อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

แมกนีเซียม

การให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 33 เดือน ไม่ทำให้ใบ (ภาพที่ 41ก, ตารางภาคผนวกที่ 24) สะสมแมกนีเซียมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 22.84±3.42 มิลลิกรัมต่อช่อใบ แต่ทำให้ก้านช่อใบ (ภาพที่ 41ข, ตารางภาคผนวกที่ 24) สะสมแมกนีเซียมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับสิ่งทดลองควบคุมซึ่งมีค่า 3.60±0.43 มิลลิกรัมต่อช่อใบ โดยส่วนใหญ่เมื่อให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 33 เดือน ทำให้ใบและก้านใบสะสมแมกนีเซียมต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ยกเว้นเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 33 เดือนทำให้ลองกองดูดแมกนีเซียมไปสะสมที่ใบและก้านช่อใบมากสุด คือ 23.04±3.47 และ 4.59±0.55 มิลลิกรัมต่อช่อใบ ตามลำดับ



ภาพที่ 41 ค่าเฉลี่ยแมกนีเซียมของใบ (ก) และก้านช่อใบ (ข) เมื่อใช้ยิปซัมต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน

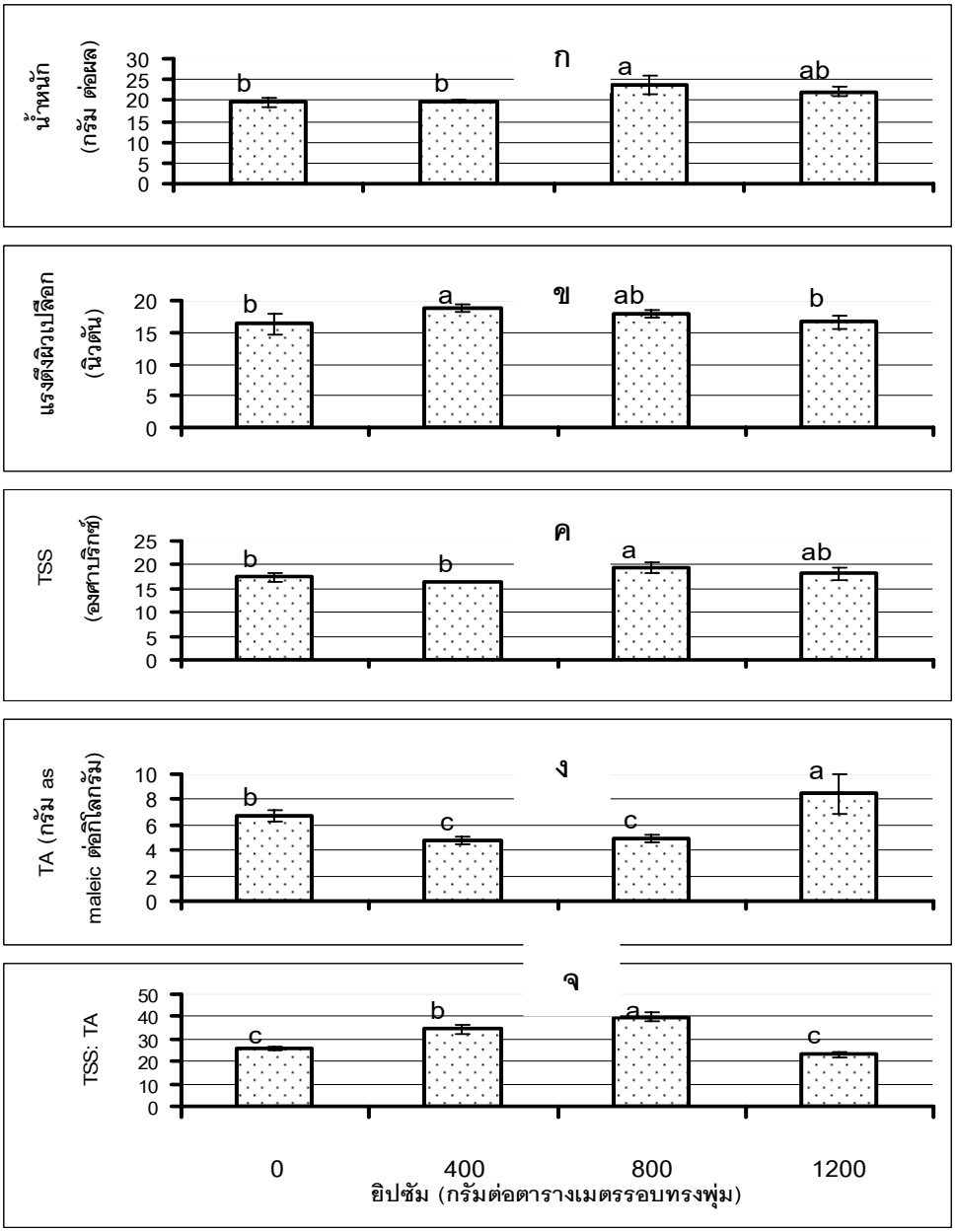
อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

4.7 ความสัมพันธ์ของยิปซัมกับคุณภาพผลผลิตของลองกอง

ให้ผลผลิตครั้งแรกหลังจากได้รับยิปซัม

การให้ยิปซัมในดินนาน 12 เดือน ทำให้น้ำหนักสดต่อผล (ภาพที่ 42ก ตารางภาคผนวกที่ 25) แรงตึงผิวเปลือก (ภาพที่ 42ข ตารางภาคผนวกที่ 25) และTSS (ภาพที่ 42ค ตารางภาคผนวกที่ 25) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม TA (ภาพที่ 42ง ตารางภาคผนวกที่ 25) และอัตราส่วน TSS:TA (ภาพที่ 42จ ตารางภาคผนวกที่ 25) ของน้ำคั้นลองกองเมื่อให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 12 เดือน ทำให้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับสิ่งทดลองควบคุม น้ำหนักสดต่อผลเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 12 เดือน ทำให้มีน้ำหนักสดต่อผลมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 19.57 ±1.01 กรัม โดยเมื่อให้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 12 เดือน ทำให้ได้น้ำหนักเฉลี่ยต่อผลสูงสุด คือ 23.85±2.16 กรัม แรงตึงผิวเปลือกเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 12 เดือน ทำให้มีแรงตึงผิวเปลือกมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 16.31±1.67 นิวตัน โดยอัตราของการใช้ยิปซัมที่ทำให้เปลือกลองกองมีแรงตึงผิวเปลือกมากที่สุด คือ 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม ซึ่งมีค่า 18.71±0.55 นิวตัน และเมื่อใช้ปริมาณยิปซัมสูงขึ้นทำให้แรงตึงผิวเปลือกลองกองลดลง ปริมาณ TSS เมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 12 เดือน ทำให้ TSS ส่วนใหญ่มากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 17.38±0.87 องศาบริกซ์ โดยเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 12 เดือน ทำให้ปริมาณ TSS ในน้ำคั้นของลองกองสูงสุด คือ 19.42±1.00 องศาบริกซ์ และเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ปริมาณ TSS ต่ำสุด คือ 16.42±0.08 องศาบริกซ์ TA จากน้ำคั้นของผลลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 12 เดือน ทำให้ปริมาณ TA ส่วนใหญ่ต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 6.75±0.46 กรัม as maleic ต่อกิโลกรัม โดยเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 12 เดือน ทำให้ปริมาณ TA ของน้ำคั้นลองกองต่ำสุด คือ 4.78±0.29 กรัม as maleic ต่อกิโลกรัม และเมื่อใส่ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำให้ปริมาณ TA ของน้ำคั้นลองกองมากที่สุด คือ 8.47±1.53 กรัม as maleic ต่อกิโลกรัม และอัตราส่วน TSS:TA ของน้ำคั้นลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 12 เดือนทำให้ค่า TSS:TA ส่วนใหญ่มากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 25.76±0.74 โดยเมื่อใช้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มนาน 12 เดือน ทำให้น้ำคั้นลองกองมีค่า TSS:TA มากที่สุด คือ 39.66±2.12 และการใส่ยิปซัม 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มแก่ต้นลองกอง

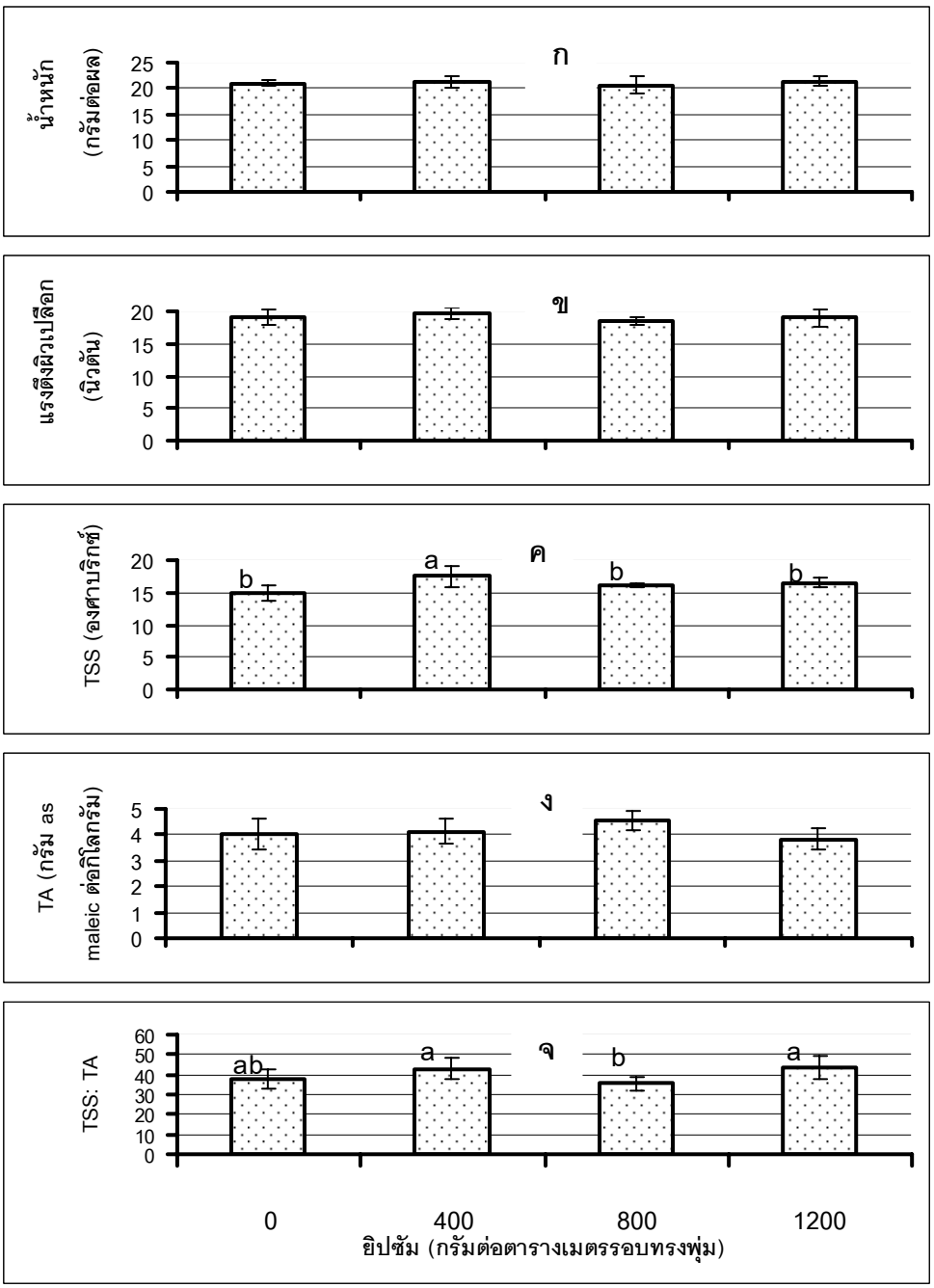
นาน 12 เดือน ทำให้อัตราส่วน TSS:TAของน้ำคั้นลองกองมีค่าต่ำสุด คือ 23.01±1.51



ภาพที่ 42 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดต่อผล (ก) แรงดึงผิวของเปลือกลองกอง (ข) TSS (ค) TA (ง) และ TSS:TA (จ) เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

ให้ผลผลิตครั้งที่สองหลังจากได้รับยิปซัม

เมื่อให้ยิปซัมในดินนาน 33 เดือน ไม่ทำให้น้ำหนักสดต่อผล (ภาพที่ 43ก ตารางภาคผนวกที่ 26) แรงตึงผิวเปลือก (ภาพที่ 43ข ตารางภาคผนวกที่ 26) และ TA (ภาพที่ 43ง ตารางภาคผนวกที่ 26) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม TSS (ภาพที่ 43ค ตารางภาคผนวกที่ 26) และอัตราส่วน TSS:TA (ภาพที่ 43จ ตารางภาคผนวกที่ 26) ของน้ำคั้นลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 3 3 เดือน ทำให้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม เมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้น้ำหนักสดต่อผลส่วนใหญ่มีแนวโน้มมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 21.02±0.46 กรัม สิ่งทดลองที่ใช้อัตราของยิปซัมที่มีแนวโน้มให้น้ำหนักสดต่อผลต่ำที่สุด คือ 800 กรัมต่อตารางเมตร รอบทรงพุ่ม คือ 20.64±1.69 กรัม แรงตึงของเปลือกเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้แรงตึงของเปลือกส่วนใหญ่มีแนวโน้มมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 19.02±1.18 นิวตัน สิ่งทดลองที่มีแนวโน้มให้แรงตึงผิวเปลือกมากที่สุด คือ 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม ซึ่งมีค่า 19.79±0.94 นิวตัน TSS เมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้ปริมาณ TSS มากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า14.95±1.17 องศาบริกซ์ สิ่งทดลองที่ให้ปริมาณ TSS มากที่สุด คือ ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มทำ ซึ่งมีค่า 17.53±1.71 องศาบริกซ์ TA จากน้ำคั้นของผลลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้ปริมาณ TA ส่วนใหญ่มีแนวโน้มมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 4.03±0.59 กรัม as maleic ต่อกิโลกรัม สิ่งทดลองที่มีแนวโน้มให้ปริมาณ TA จากน้ำคั้นต่ำสุด คือ ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม ซึ่งมีค่า 3.84±0.84 กรัม as maleic ต่อกิโลกรัม และ อัตราส่วน TSS:TAของน้ำคั้นลองกองเมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้ค่า TSS:TA ส่วนใหญ่มากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 37.53±4.81 สิ่งทดลองที่ให้ TSS: TA จากน้ำคั้นมากที่สุด คือ ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม ซึ่งมีค่า 43.30±5.77 และสิ่งทดลองที่ให้ TSS: TA จากน้ำคั้นต่ำที่สุด คือ ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม ซึ่งมีค่า 35.43±3.04



ภาพที่ 43 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดต่อผล (ก) แรงดึงผิวเปลือก (ข) TSS (ค) TA (ง) และ TSS:TA (จ) เมื่อใช้ยิปซัม อัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (บาร์ ±SD)

ผลผลิต

การใส่ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 12 เดือน (ให้ผลผลิตครั้งแรก) ไม่ทำให้ผลผลิตต่อต้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กับสิ่งทดลองควบคุม (ตารางที่ 16) แต่เมื่อหลังจากให้ยิปซัมนาน 33 เดือน (ให้ผลผลิตครั้งที่สอง) ทำให้ผลผลิตต่อต้นของลองกองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) กับสิ่งทดลองควบคุม (ตารางที่ 16) การใส่ยิปซัมแก่ต้นลองกองไม่ทำให้ ร้อยละของผลผลิตที่เพิ่มขึ้นของครั้งที่สองต่อครั้งแรกแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) สิ่งทดลองควบคุม (ตารางที่ 16) เมื่อให้ยิปซัมแก่ต้นลองกองนาน 12 เดือน ทำให้ผลผลิตต่อต้นส่วนใหญ่สูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 16.67±21.68 กิโลกรัมต่อต้น สิ่งทดลองที่มีแนวโน้มให้ผลผลิตมากที่สุด คือ ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม คือ 30.77±17.86 กิโลกรัมต่อต้น เมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัมนาน 33 เดือน ทำให้ผลผลิตต่อต้นส่วนใหญ่สูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 28.28±25.00 กิโลกรัมต่อต้น สิ่งทดลองที่ให้ผลผลิตมากที่สุด คือ ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม ซึ่งมีค่า 47.67±9.81กิโลกรัมต่อต้น ข้อสังเกตสิ่งทดลองที่ต้นลองกองที่ให้ยิปซัมอัตรา 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มมีแนวโน้มให้ผลผลิตต่อต้นต่ำกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ ในครั้งแรก (11.93±10.24 กิโลกรัมต่อต้น) และในครั้งที่สองให้ผลผลิตต่ำที่สุด (18.50±9.56 กิโลกรัมต่อต้น) เมื่อต้นลองกองได้รับยิปซัม ทำให้ร้อยละของผลผลิตที่เพิ่มขึ้นของครั้งที่สองเมื่อเทียบกับครั้งแรกมีแนวโน้มสูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 21.24±75.43 เปอร์เซ็นต์ สิ่งทดลองที่มีแนวโน้มให้ร้อยละของผลผลิตที่เพิ่มขึ้นของครั้งที่สองต่อครั้งแรกมากที่สุด คือ ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบ ซึ่งมีค่า 39.02±31.04 เปอร์เซ็นต์ และสิ่งทดลองที่มีแนวโน้มให้ร้อยละของผลผลิตที่เพิ่มขึ้นของครั้งที่สองต่อครั้งแรกต่ำที่สุด คือ คือ ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบ ซึ่งมีค่า 29.17±73.17 เปอร์เซ็นต์ ข้อสังเกตการให้ผลผลิตของต้นลองกองเมื่อคิดเป็นร้อยละของต้นที่ให้ผลผลิต พบว่าในครั้งแรกที่ให้ผลผลิต สิ่งทดลองที่ให้ร้อยละของต้นที่ให้ผลผลิตมากสุด คือ ยิปซัมอัตรา 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบ ซึ่งมีค่า 83.33 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ยิปซัมอัตรา 800 และ 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบ ซึ่งมีค่า 66.67 เปอร์เซ็นต์ และสิ่งทดลองที่ให้ร้อยละของต้นที่ให้ผลผลิตต่ำสุด คือ สิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 50.00 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการให้ผลผลิตในครั้งที่สอง สิ่งทดลองที่ให้ร้อยละของต้นที่ให้ผลผลิตมากสุด คือ ยิปซัมอัตรา 400 และ 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบ ซึ่งมีค่า 100.00 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ยิปซัมอัตรา 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบ ซึ่งมีค่า 83.33 เปอร์เซ็นต์ และสิ่งทดลองที่ให้ร้อยละของต้นที่ให้ผลผลิตต่ำสุด คือ สิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีค่า 66.67 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยของผลผลิตต่อต้น ร้อยละต้นที่ให้ผลผลิต และร้อยละผลผลิตที่เพิ่มของลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 และ 33 เดือน

อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	ค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อต้น (กิโลกรัม)		ต้นที่ให้ผลผลิต (%)		ผลผลิตที่เพิ่ม (%)ของ 12 เดือน ต่อ 33 เดือน
	12 เดือน	33 เดือน	12 เดือน	33 เดือน	
0	16.67±21.68	28.28±25.00ab	50.00	66.67	21.24±75.43
400	30.77±17.86	47.67±9.81a	83.33	100.00	39.02±31.04
800	11.93±10.24	18.50±9.56b	66.67	100.00	36.76±63.48
1200	19.73±14.53	32.00±19.03ab	66.67	83.33	29.17±73.17
F-test	ns	*	-	-	ns
C.V. (%)	85.32	54.22	-	-	200.71

หมายเหตุ: * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญ (P≤0.05) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (±SD, n=6)

4.8 ความสัมพันธ์ธาตุอาหารพืชของลองกองระหว่างในเนื้อผลกับในก้านช่อผล เปลือกผล ใบ และดินรอบทรงพุ่ม

ไนโตรเจน

ไนโตรเจนในส่วนของเนื้อผลลองกอง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) และ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 17) กับไนโตรเจนในก้านช่อผล ฟอสฟอรัสในใบ และฟอสฟอรัสในเปลือกผล ตามลำดับ ไนโตรเจนในส่วนของเนื้อผลลองกองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 17) กับ ไนโตรเจนในใบและดิน ฟอสฟอรัสในก้านช่อผล เปลือกผล และดิน โพแทสเซียมในก้านช่อผล เปลือกผล ใบ และดิน แคลเซียมในก้านช่อผล เปลือกผล ใบ และดิน และแมกนีเซียมในก้านช่อผล เปลือกผล ใบ และดิน ความสัมพันธ์เชิงบวกของไนโตรเจนในเนื้อผลลองกองกับไนโตรเจนในก้านช่อผล คือ 0.631^{**} ไนโตรเจนในเนื้อผลลองกองกับฟอสฟอรัสในใบ คือ 0.436^{*} และไนโตรเจนในเนื้อผลลองกองกับฟอสฟอรัสในเปลือกผล คือ 0.521^{*}

ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสในส่วนของเนื้อผลลองกอง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 17) กับฟอสฟอรัสในดิน ฟอสฟอรัสในส่วนของเนื้อผลลองกองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 17) กับ ไนโตรเจนในก้านช่อผล เปลือกผล ใบและดิน ฟอสฟอรัสในก้านช่อผล เปลือกผล และใบ โพแทสเซียมในก้านช่อผล เปลือกผล ใบ และดิน แคลเซียมในก้านช่อผล เปลือกผล ใบและดิน และแมกนีเซียมในก้านช่อผล เปลือกผล ใบ และดิน ความสัมพันธ์เชิงบวกของฟอสฟอรัสในเนื้อผลกับฟอสฟอรัสในดิน คือ 0.446^{*}

โพแทสเซียม

โพแทสเซียมในส่วนของเนื้อผลลองกอง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 17) กับ ไนโตรเจนในก้านช่อผล เปลือกผล ใบและดิน ฟอสฟอรัสในก้านช่อผล เปลือกผล ใบและดิน โพแทสเซียมในก้านช่อผล เปลือกผล ใบและดิน แคลเซียมในก้านช่อผล เปลือกผล ใบและดิน และแมกนีเซียมในก้านช่อผล เปลือกผล ใบและดิน

แคลเซียม

แคลเซียมในส่วนของเนื้อผลลองกอง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) และ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 17) กับฟอสฟอรัสในเปลือกผล และแมกนีเซียมในดิน และ

ไนโตรเจนในดิน แคลเซียมในเปลือกผล แคลเซียมในดิน และแมกนีเซียมในเปลือกผล ตามลำดับ แคลเซียมในส่วนของเนื้อผลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 17) กับ ไนโตรเจนในก้านช่อผล เปลือกผล และใบ ฟอสฟอรัสในก้านช่อผล ใบและดิน โพแทสเซียมในก้านช่อผล เปลือกผล ใบและดิน แคลเซียมในก้านช่อผล และใบ และแมกนีเซียมในก้านช่อผล และใบ ความสัมพันธ์เชิงบวกของแคลเซียมในเนื้อผลลองกองกับไนโตรเจนในดิน คือ 0.446* แคลเซียมในเนื้อผลลองกองกับฟอสฟอรัสในเปลือกผล คือ 0.574** แคลเซียมในเนื้อผลลองกองกับแคลเซียมในเปลือกผล คือ 440* แคลเซียมในเนื้อผลลองกองกับแคลเซียมในดิน คือ 430* แคลเซียมในเนื้อผลลองกองกับแมกนีเซียมในเปลือก คือ 0.505* และแคลเซียมในเนื้อผลลองกองกับแมกนีเซียมในดิน คือ 0.559**

แมกนีเซียม

แมกนีเซียมในส่วนของเนื้อผลลองกอง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.01) และ (P≤0.05) (ตารางที่ 17) กับโพแทสเซียมในใบ และไนโตรเจนในก้านช่อผล ไนโตรเจนในเปลือกผล ไนโตรเจนในดิน ฟอสฟอรัสในก้านช่อผล และแมกนีเซียมในเปลือกผล ตามลำดับ แมกนีเซียมในส่วนของเนื้อผลลองกองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 17) กับ ไนโตรเจนในใบ ฟอสฟอรัสในเปลือกผล ใบและดิน โพแทสเซียมในก้านช่อผล เปลือกผล และดิน แคลเซียมในก้านช่อผล เปลือกผล ใบและดิน และแมกนีเซียมในก้านช่อผล ใบและดิน ความสัมพันธ์เชิงบวกของแมกนีเซียมในเนื้อผลลองกองกับไนโตรเจนในก้านช่อผล คือ 0.466* แมกนีเซียมในเนื้อผลลองกองกับไนโตรเจนในเปลือกผล คือ 0.421* แมกนีเซียมในเนื้อผลลองกองกับไนโตรเจนในดิน คือ 405* แมกนีเซียมในเนื้อผลลองกองกับฟอสฟอรัสในก้านช่อผล คือ 427* แมกนีเซียมในเนื้อผลลองกองกับโพแทสเซียมในใบ คือ 0.520** และแมกนีเซียมในเนื้อผลลองกองกับแมกนีเซียมในเปลือกผล คือ 414*

ตารางที่ 17 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficients; r) ของธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของลองกองระหว่างเนื้อผลและก้านช่อผล เปลือกผล ใบ และดิน (n=25)

พารามิเตอร์	แหล่ง	เนื้อผล				
		N	P	K	Ca	Mg
N	ก้านช่อผล	0.631**	0.186	-0.092	0.346	0.466*
	เปลือกผล	0.436*	0.207	-0.247	0.032	0.421*
	ใบ	0.008	0.263	-0.386	-0.117	-0.153
	ดิน	0.010	-0.355	-0.126	0.466*	0.405*
P	ก้านช่อผล	0.250	0.165	-0.316	0.220	0.427*
	เปลือกผล	0.132	-0.266	0.340	0.574**	0.233
	ใบ	0.521**	0.218	-0.037	0.053	0.112
	ดิน	0.293	0.446*	0.157	0.148	0.224
K	ก้านช่อผล	0.106	-0.266	0.343	0.322	0.295
	เปลือกผล	0.069	-0.086	-0.004	-0.110	0.162
	ใบ	0.315	0.263	0.351	0.247	0.520**
	ดิน	0.056	-0.146	0.364	0.288	0.097
Ca	ก้านช่อผล	-0.046	-0.393	0.119	0.236	0.053
	เปลือกผล	-0.243	-0.387	0.292	0.440*	-0.067
	ใบ	0.112	-0.224	0.344	0.050	-0.197
	ดิน	0.060	-0.018	0.339	0.430*	0.174
Mg	ก้านช่อผล	-0.010	-0.268	0.185	0.204	0.278
	เปลือกผล	0.034	-0.345	0.394	0.505*	0.414*
	ใบ	0.201	-0.046	-0.054	-0.061	0.121
	ดิน	-0.001	-0.504	0.094	0.559**	0.158

หมายเหตุ: ** * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) และอย่างนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

4.9 ร้อยละของธาตุอาหารพืชในส่วนต่าง ๆ ของลองกอง

ไนโตรเจน

ความเข้มข้นของไนโตรเจนในส่วนต่าง ๆ ของลองกองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ตารางที่ 18) พบว่าใบมีไนโตรเจนสูงที่สุด คือ 26.59±0.19 % เมื่อเทียบกับทุกส่วนของลองกอง รองลงมาคือ ก้านช่อผล ราก เปลือกผล เนื้อผล และเนื้อไม้ ตามลำดับ

ฟอสฟอรัส

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในส่วนต่าง ๆ ของลองกองแตกต่างอย่างมีนัย สำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ตารางที่ 18) พบว่ารากมีฟอสฟอรัสสูงที่สุด คือ 39.00±4.89 % เมื่อเทียบกับทุกส่วนของลองกอง รองลงมาคือ ใบ เปลือกผล เนื้อผล ก้านช่อผล และเนื้อไม้ ตามลำดับ

โพแทสเซียม

ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในส่วนต่าง ๆ ของลองกองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ตารางที่ 18) พบว่าก้านช่อผลมีโพแทสเซียมสูงที่สุด คือ 24.71±3.55 % เมื่อเทียบกับทุกส่วนของลองกอง รองลงมาคือ เปลือกผล ใบ เนื้อผล และเนื้อไม้ ตามลำดับ

แคลเซียม

ความเข้มข้นของแคลเซียมในส่วนต่าง ๆ ของลองกองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ตารางที่ 18) พบว่าเปลือกผลมีแคลเซียมสูงที่สุด คือ 27.15±3.30 % เมื่อเทียบกับทุกส่วนของลองกอง รองลงมาคือ รากและใบ ก้านช่อผล เนื้อไม้ และเนื้อผล ตามลำดับ

แมกนีเซียม

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในส่วนต่าง ๆ ของลองกองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ตารางที่ 18) พบว่าเปลือกผลมีแมกนีเซียมสูงที่สุด คือ 29.94±1.66 % เมื่อเทียบกับทุกส่วนของลองกอง รองลงมาคือ ราก ใบ ก้านช่อผล เนื้อผล และเนื้อไม้ ตามลำดับ

ตารางที่ 18 ร้อยละความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในส่วนของราก เนื้อไม้ ใบ ก้านช่อผล เปลือกผล และเนื้อผลของลองกอง

ส่วนของพืช	เปอร์เซ็นต์				
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	แคลเซียม	แมกนีเซียม
ราก	18.35±0.66c	39.00±4.89a	10.77±0.94c	21.56±2.12b	27.20±1.77a
เนื้อไม้	6.53±0.35e	7.54±1.47d	4.20±0.50d	9.40±0.79d	2.85±0.57e
ใบ	26.59±0.19a	17.92±1.38b	18.31±1.97b	21.56±1.09b	19.71±1.45b
ก้านช่อผล	24.91±0.93b	9.59±0.97cd	24.71±3.55a	17.55±3.16c	13.81±2.52c
เปลือกผล	12.19±1.07d	13.21±2.51c	23.99±2.79a	27.15±3.30a	29.94±1.66a
เนื้อผล	11.43±1.14d	12.72±3.00c	18.02±2.53b	2.76±0.70e	6.49±2.56d
F-test	**	**	**	**	**
C.V. (%)	4.83	16.29	13.82	12.88	11.27

หมายเหตุ: ** แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (±SD, n=4)

ราก

ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช ในส่วนรากของลองกองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.01) (ตารางที่ 19) พบว่ารากมีไนโตรเจนสูงที่สุด คือ 33.77±2.66 % เมื่อเทียบกับธาตุอาหารพืชทั้ง 5 ธาตุ (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม) รองลงมาคือ โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียม ตามลำดับ

เนื้อไม้

ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในส่วนเนื้อไม้ของลองกอง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.01) (ตารางที่ 19) พบว่าเนื้อไม้มีไนโตรเจนสูงที่สุด คือ 35.76±1.71 % เมื่อเทียบกับธาตุอาหารพืชทั้ง 5 ธาตุ รองลงมาคือ โพแทสเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม ตามลำดับ

ใบ

ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในส่วนใบของลองกอง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.01) (ตารางที่ 19) พบว่าใบมีโพแทสเซียมและไนโตรเจนสูงที่สุด คือ 39.86±2.24 และ 39.03±1.98 % เมื่อเทียบกับธาตุอาหารพืชทั้ง 5 ธาตุ ตามลำดับ รองลงมาคือ แคลเซียม

ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม ตามลำดับ

ก้านช่อผล

ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในส่วนก้านช่อผลของลองกอง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ตารางที่ 19) พบว่าก้านช่อผลมีโพแทสเซียมสูงที่สุด คือ 50.87±4.81 % เมื่อเทียบกับธาตุอาหารพืชทั้ง 5 ธาตุ รองลงมาคือ ไนโตรเจน แคลเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม ตามลำดับ

เปลือกผล

ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช ในส่วนเปลือกผลของลองกองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ตารางที่ 19) พบว่าเปลือกผลมีโพแทสเซียมสูงที่สุด คือ 55.16±1.18 % เมื่อเทียบกับธาตุอาหารพืชทั้ง 5 ธาตุ รองลงมาคือ ไนโตรเจน แคลเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส ตามลำดับ

เนื้อผล

ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในส่วนเนื้อผลของลองกอง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ตารางที่ 19) พบว่าเนื้อผลมีโพแทสเซียมสูงที่สุด คือ 62.32±3.48 % เมื่อเทียบกับธาตุอาหารพืชทั้ง 5 ธาตุ รองลงมาคือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียม ตามลำดับ

ตารางที่ 19 ร้อยละของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในราก เนื้อไม้ ใบ ช่อก้านผล เปลือกผล และเนื้อผลของลองกอง

ธาตุอาหารพืช	เปอร์เซ็นต์					
	ราก	เนื้อไม้	ใบ	ช่อก้านผล	เปลือกผล	เนื้อผล
ไนโตรเจน	33.77±2.66a	35.76±1.71a	39.03±1.98a	34.79±4.46b	18.89±1.40b	26.72±2.89b
ฟอสฟอรัส	15.90±2.01c	9.11±1.35c	5.83±0.52c	2.96±0.38d	4.51±0.40d	6.55±1.31c
โพแทสเซียม	29.44±2.25b	34.15±2.67a	39.86±2.24a	50.87±4.81a	55.16±1.18a	62.32±3.48a
แคลเซียม	14.61±1.22c	19.04±1.66b	11.68±0.65b	8.96±1.19c	15.63±2.66c	2.41±0.75d
แมกนีเซียม	6.28±0.81d	1.93±0.25d	3.61±0.61d	2.42±0.58d	5.81±0.34d	2.00±1.17d
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	9.57	7.74	6.95	14.98	7.31	10.98

หมายเหตุ: ** แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (±SD, n=4)

บทที่ 5

วิจารณ์

ลองกองเป็นไม้ผลที่รู้จักกันดีและนิยมบริโภคกันทั่วไป ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้ปลูกลองกองเพื่อเป็นการค้ามากขึ้น เพื่อส่งขายทั้งภายในประเทศและต่างประเทศในรูปผลสด นอกจากนี้ลองกองสามารถปลูกได้ทุกภาคในประเทศไทย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548; กรมวิชาการเกษตร, 2545; กวิศร์และวันทนา, 2544) อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปในภาคใต้ เกษตรกรนิยมปลูกกันมากเพราะสภาพพื้นที่และภูมิอากาศมีความเหมาะสมสำหรับการปลูกลองกองมากกว่าภาคอื่น ๆ (สุรชาติ และคณะ, 2550) และแหล่งปลูกดั้งเดิมของลองกองอยู่ทางภาคใต้ (สมพร, 2535) ลองกองเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 70-80 % ปริมาณน้ำฝน 2000-3000 มิลลิเมตรต่อปี ฝนตกในพื้นที่ปลูก 150-200 วันต่อปี ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับทุเรียน เงาะ และมังคุด (วันทนา และเรืองเดช, 2546) ปัจจุบันการปลูกลองกองประสบปัญหาในเรื่องการแตกของผล ปริมาณและคุณภาพผลผลิตไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะคุณภาพผลผลิตลดลงซึ่งทำให้ราคาผลผลิตต่ำลงไปด้วย สาเหตุสำคัญของคุณภาพผลผลิตลดลงเกิดจากเกษตรกรขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของต้นลองกอง สภาพภูมิอากาศ สภาพเหมาะสมของพื้นที่ปลูก การขาดหรือความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดินที่ปลูกลองกอง การจัดการและการดูแลบำรุงรักษาต้นลองกองที่ถูกต้อง โดยเฉพาะการจัดการดินและปุ๋ยให้มีสภาพอุดมสมบูรณ์เหมาะสมต่อการเติบโตของต้นลองกอง และเนื่องจากภาคใต้มีฝนตกชุกและสภาพพื้นที่โดยรวมส่งเสริมให้เกิดการชะล้างสูงและดินเกิดการผุพังสลายตัวอย่างรุนแรง (อภิศักดิ์, 2543; เอิบ, 2533)

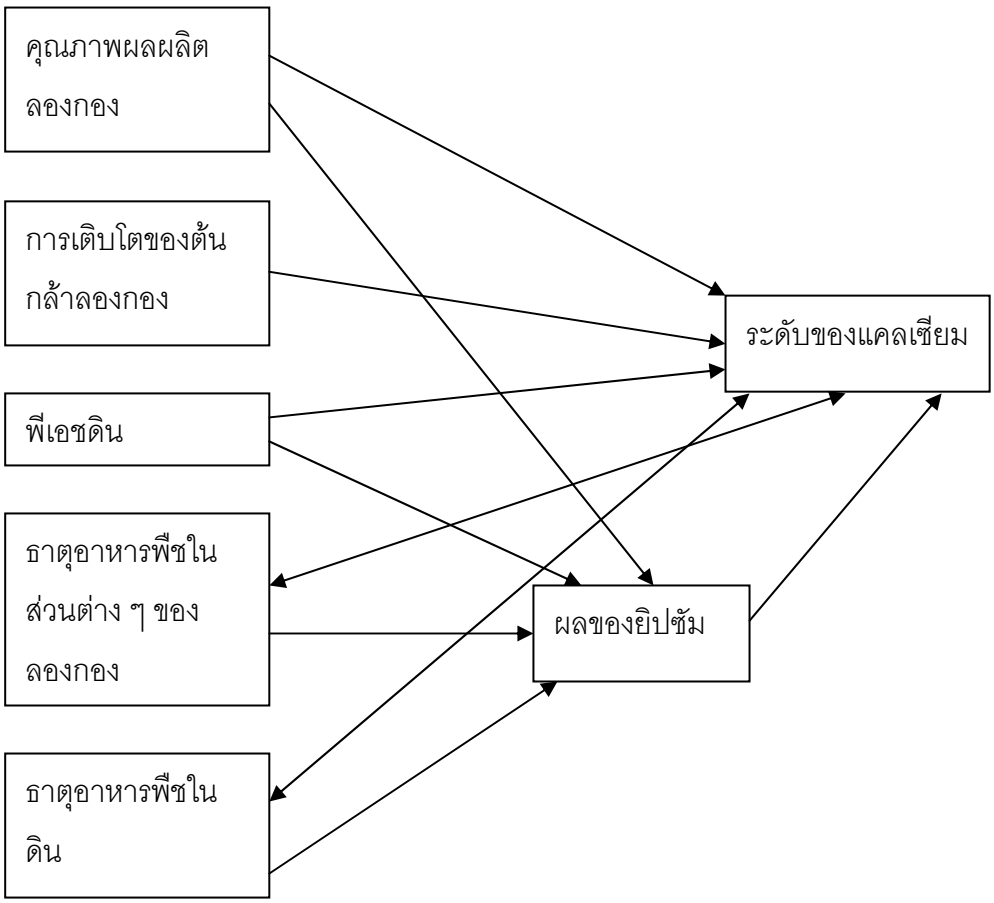
ดินของภาคใต้ส่วนใหญ่ถึงร้อยละ 52 เป็นดินในอันดับ อัลทิซอลส์ (Ultisols) (เอิบ, 2533) และเป็นดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณแคลเซียมในดินต่ำไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานผลการศึกษาสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินในอันดับอัลทิซอลส์ที่ใช้ปลูกมังคุดในภาคใต้ของประเทศไทย มีปริมาณแคลเซียมอยู่ในช่วง 0.09-2.43 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม (ชัยรัตน์ และคณะ, 2538) และการศึกษาสมบัติบางประการของดินปลูกลองกองในจังหวัดสงขลาและนราธิวาส และการจัดการ ของ สุรชาติ และคณะ (2550) พบว่าปริมาณ

แคลเซียมใต้ทรงพุ่มและนอกทรงพุ่มต้นลองกอง มีค่าเฉลี่ย 2.33 และ 1.46 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม

แคลเซียมมีผลต่อคุณภาพของไม้ผลหลายชนิด เช่น ลอง กอง (มงคล และคณะ, 2541) มะม่วง (Torres *et al*., 2004; Singh *et al*., 2000) สับปะรด (Silva *et al*., 2006; Wijeratnam *et al*., 2006) สตรอเบอร์รี (Dunn and Able, 2006; Makus and Morris, 1989) ท้อ (Prussia *et al*., 2005; Cummings, 1989) แอปเปิ้ล (Sams and Conway, 1993; Webster, 1990) มะเดื่อ (Antunes *et al*., 2008) และกีวี (Otero *et al*., 2007; Cooper *et al*., 2007) และนักวิจัยหลายท่านทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศได้รายงานตรงกันว่า ธาตุแคลเซียมเกี่ยวข้องกับคุณภาพผลผลิตของผลไม้ ดังนั้นเมื่อดินมีปริมาณแคลเซียมต่ำจึงอาจเป็นสาเหตุทำให้คุณภาพผลผลิตของลองกองได้รับผลกระทบไปด้วยเนื่องจากพืชต้องการแคลเซียมเพื่อใช้ในการสร้างแคลเซียมเพคเตท ซึ่งเป็นส่วนประกอบของมิดเดิ้ลลาเมลล่าในผนังเซลล์ และแคลเซียมช่วยในการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเตรตและโปรตีน (Elliot *et al*., 1982) Hepler และ Wayne (1985) รายงานว่าแคลเซียมช่วยให้เยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่ได้อย่างปกติ นอกจากนี้แคลเซียมยังช่วยในการแบ่งเซลล์ขณะเกิดการผสมเกสร ทำให้หลอดละอองเกสรเจริญอย่างรวดเร็ว แข็งแรงและตั้งตรง แคลเซียมเกาะอยู่กับโปรตีนได้มากกว่า 70 ชนิด แต่ยังไม่สามารถอธิบายบทบาทของแคลเซียมต่อโปรตีนได้อย่างชัดเจน แต่ได้ศึกษาบทบาทของแคลเซียมต่อเอนไซม์ที่จับเกาะกับเยื่อเซลล์ และเอนไซม์อื่น ๆ พบว่าแคลเซียมมีบทบาทต่อกิจกรรมของ ATPase ซึ่งจำเป็นต่อกระบวนการดูดธาตุอาหาร นอกจากนี้แคลเซียมมีส่วนสำคัญในการสังเคราะห์ α –amylase ทำให้กิจกรรมการย่อยแป้งสูงขึ้น (ยงยุทธ, 2535) ดังนั้นแนวทางแก้ไขดินที่มีปริมาณแคลเซียมต่ำสามารถทำง่ายและรวดเร็ว คือ การใช้ปุ๋ยหรือการปรับปรุงดินโดยใช้วัสดุปรับปรุงดินที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ เช่น ปูนโดโลไมต์ และยิปซัม ฯลฯ

การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ต้องการเสนอแนวทางการหาและเพิ่มธาตุแคลเซียมที่เหมาะสมต่อการจัดการสวนลองกองเพื่อให้เกิดความสมดุลของระดับแคลเซียมทั้งในดิน และส่วนต่าง ๆ ของลองกอง และสามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพผลผลิตลองกองที่ไม่สม่ำเสมอได้ สำหรับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรในการวิจัยได้แสดงไว้ในภาพที่ 44 โดยดำเนินการศึกษาระดับแคลเซียมในดินของพื้นที่ปลูกลองกองและหาความสัมพันธ์ของระดับแคลเซียมในดินกับใบและผลผลิตของลองกอง ความสัมพันธ์ระหว่างระดับแคลเซียมในดินกับพีเอชดิน และความสัมพันธ์ระหว่างระดับแคลเซียมในดินกับคุณภาพลองกอง เพื่อให้สามารถมองเห็นภาพรวมระหว่างระดับแคลเซียมที่อยู่ในดิน พีเอชดิน ใบและผลผลิตของลองกอง และคุณภาพผลผลิต

ลองกองในสภาพตัวแทนพื้นที่ปลูกในภาคใต้ประเทศไทย ศึกษารูปแบบการสะสมธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของต้นกล้าลองกองในสภาพปลูกในสารละลายธาตุอาหาร เพื่อหารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างระดับแคลเซียมในสารละลายธาตุอาหารและปริมาณธาตุอาหารที่ต้นลองกองต้องการนำมาใช้สำหรับการเจริญเติบโตของต้นกล้า ศึกษาผลของยิปซัมต่อพีเอชดิน ธาตุอาหารในดิน เพื่อนำมาเป็นแนวทางกำหนดปริมาณแคลเซียมที่ต้องการเพิ่มให้แก่ต้นลองกอง และดำเนินการทดลองศึกษาอัตราของแคลเซียมที่ใส่แก่ต้นลองกองในสภาพสนาม ซึ่งลักษณะของสวนลองกองได้ถูกดำเนินการปฏิบัติต่อต้นลองกองอย่างสม่ำเสมอ เช่น การให้น้ำ ปุ๋ย การตัดแต่งต้น ฯลฯ โดยวิธีการให้แคลเซียมในรูปของสารประกอบยิปซัมในอัตราต่าง ๆ ทั้งนี้เป้าหมายเพื่อให้ต้นลองกองได้รับแคลเซียมในปริมาณที่เพียงพอและสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต แล้วนำเสนอแนวทาง การจัดการแคลเซียมสำหรับต้นลองกองที่สามารถแก้ปัญหาความไม่สม่ำเสมอของคุณภาพผลผลิต



ภาพที่ 44 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรในการวิจัยทั้งหมด

5.1 แคลเซียมในดินและการจัดการ

ดินเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารแก่พืชที่สำคัญ ดังนั้นจำเป็นต้องทราบสถานะความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในดิน ซึ่งสามารถทำให้เห็นบทบาทของธาตุอาหารที่สะสมในดินเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของต้นลองกองได้ชัดเจนขึ้น จึงได้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะดินที่ปลูกลองกอง ลักษณะการสะสมของแคลเซียมในดินปลูกลองกอง แนวทางการจัดการแคลเซียมในดิน และผลของยิปซัมต่อสมบัติดิน

5.1.1 ลักษณะดินปลูกลองกอง

ผลการวิเคราะห์สมบัติกายภาพบางประการของดินปลูกลองกอง ในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี สงขลา ยะลา ปัตตานี และนราธิวาส (ตารางภาคผนวกที่ 30) พบว่าเนื้อดินของดินปลูกลองกองอยู่ในกลุ่มดินร่วน ประเภทร่วน ร่วนปนทราย ร่วนปนซิลท์ ร่วนเหนียว และร่วนเหนียวปนซิลท์ เป็นดินเนื้อปานกลางถึงค่อนข้างละเอียด ลักษณะดินเช่นนี้ใกล้เคียงกับดินที่ใช้ปลูกลองกองในจังหวัดสงขลาและนราธิวาส (สุรชาติ และคณะ, 2550) ทำให้ดินมีความสามารถในการระบายน้ำดี สภาพดินเป็นดินกรดจัดมากถึงกลาง (ตารางภาคผนวกที่ 30) เนื่องจากเป็นดินในเขตร้อนชื้น ฝนตกชุก (ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของพื้นที่ทั้ง 5 จังหวัดใน พ.ศ. 2548 อยู่ในช่วง 1578-2997.3 มิลลิเมตรต่อปี) จึงส่งเสริมให้บางพื้นที่เกิดการสูญเสียธาตุอาหารที่มีประจุบวกที่เป็นด่างในดิน โดยการกัดกร่อนและการไหล่บ่าสูง ทำให้สภาพความเป็นกรดของดินบางพื้นที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ สุรชาติ (2542) และ ชัยรัตน์ และคณะ (2538) ที่รายงานว่า ดินปลูกมังคุดในภาคใต้มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3.50-5.72 จากสภาพดินเป็นดินกรดจัดมากถึงกลาง แสดงว่าลองกองสามารถปลูกได้ในสภาพดินเป็นกลางถึงกรดจัดมาก เมื่อนำผลการวิเคราะห์อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมที่แสดงใน ตารางภาคผนวกที่ 30 มาเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชโดยทั่วไปจาก ตารางภาคผนวกที่ 32 (บรรเจิด, 2523) พบว่าอินทรียวัตถุรอบทรงพุ่มของดินปลูกลองกองอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงสูง ทั้งนี้ดินปลูกลองกองบางพื้นที่ถูกคลุมโดยกิ่งไม้ใบไม้ที่ผ่านการตัดแต่งทรงพุ่มในช่วงหลังเก็บเกี่ยวและวัชพืชที่ถูกกำจัดใน ช่วงลองกองให้ผลผลิตของเกษตรกรเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นบริเวณผิวหน้าดิน รวมทั้งการใช้ปุ๋ยอินทรีย์โดยเฉพาะปุ๋ยคอกเพิ่มเติมด้วย จึงทำให้ดินใต้

ทรงพุ่มต้นลองกองบางพื้นที่มีค่าสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้รอบทรงพุ่มของดินปลูกลองกองอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงสูงมาก และต่ำมากถึงสูงมาก ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เกษตรกรใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์เพื่อบำรุงดินอย่างสม่ำเสมอ จึงทำให้ดินมีธาตุอาหารเหล่านี้สะสมอยู่ในปริมาณสูง ดังนั้นอาจเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งเสริมให้พืชแสดงอาการผิดปกติและทำให้คุณภาพของผลผลิตลดลง เช่น ธาตุฟอสฟอรัสเมื่อมีปริมาณสูงเกินไปมีผลชักนำให้พืชแสดงอาการขาดจุลธาตุอาหาร เช่น สังกะสีและทองแดงได้ง่าย (ยุทธนา และคณะ, 2545) และลักษณะการสะสมของฟอสฟอรัสเช่นนี้พบในไม้ผลชนิดอื่น เช่น ลิ้นจี่ (อรุณศิริ และคณะ, 2546) ทุเรียน (พรทิวา และสุมิตรา, 2545) ลำไย (ยุทธนา และคณะ, 2545) และมังคุด (ชัยรัตน์ และคณะ, 2538) ธาตุโพแทสเซียมเมื่อมีปริมาณมากเกินไป จะทำให้ปริมาณการดูดและบทบาททางสรีรวิทยาของธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมลดลงได้ (จำเป็น และคณะ, 2548; ยงยุทธ, 2546) แต่การมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงสามารถลดความรุนแรงของภาวะปฏิปักษ์ระหว่างฟอสฟอรัสกับสังกะสีลงไปได้ เนื่องจากโพแทสเซียมช่วยปลดปล่อยสังกะสีที่สกัดได้ออกมาจากดิน จึงทำให้พืชไม่ขาดสังกะสี (Diliparthy *et al*., 1994) สำหรับแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้รอบทรงพุ่มของดินปลูกลองกองอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ และต่ำมากถึงปานกลาง ตามลำดับ ดินปลูกลองกองในพื้นที่ดังกล่าวมีแคลเซียมและแมกนีเซียมต่ำ เนื่องจากสภาพเนื้อดินของดินปลูกลองกองระบายน้ำค่อนข้างดี (ตารางภาคผนวกที่ 3 0) จึงอาจทำให้ธาตุทั้งสองมีโอกาสถูกไหล่บ่าไปกับน้ำฝนได้ (พจนีย์, 2545) และสภาพพื้นที่โดยร่วมของภาคใต้ทำให้ดินเกิดการผุพังสลายตัวอย่างรุนแรงจึงส่งเสริมให้เกิดการกัดกร่อนและไหล่บ่าสูง (อภิศักดิ์, 2543; เอิบ, 2533)

5.1.2 ลักษณะการสะสมธาตุแคลเซียมในดินปลูกลองกอง

การสะสมธาตุแคลเซียมในดินปลูกลองกองช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตจาก 5 พื้นที่ คือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี สงขลา ยะลา ปัตตานี และนราธิวาส เป็นขั้นตอนแรกที่ทำการศึกษาเพื่อทำให้ทราบว่าดินที่ใช้ปลูกต้นลองกองมีระดับแคลเซียมสูง ปานกลาง หรือต่ำ เมื่อนำผลการวิเคราะห์เฉลี่ยของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินปลูกต้นลองกองที่แสดงใน ตารางภาคผนวกที่ 30 มาเปรียบเทียบกับปริมาณธาตุแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชโดยทั่วไปจาก ตารางภาคผนวกที่ 32 (บรรเจิด, 2523) พบว่าดินชั้นบน (0-15 เซนติเมตร) ใต้ทรงพุ่มต้นลองกองซึ่งเป็นบริเวณที่มีรากลองกองกระจายอย่างหนาแน่น (มนตรี, 2536) มีปริมาณ

แคลเซียมจัดอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก (0.69-3.47 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม) เนื่องจากปริมาณแคลเซียมต่ำกว่า 2.0 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม และ 2.0-5.0 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม จะทำให้ดินมีระดับของแคลเซียมอยู่ในระดับต่ำมาก และต่ำ ตามลำดับ (บรรเจิด, 2523) และดินส่วนใหญ่ของตัวแทนดินปลูกลองกองในครั้งนี้ให้ค่าต่ำกว่าค่าวิกฤตของแคลเซียมในดินที่ทำให้การเจริญเติบโตของพืชผิดปกติ คือ 1.50 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม (นวลจันทร์ และคณะ, 2546) และ 2.00 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม (Charman and Murphy, 2000) นอกจากนี้ปริมาณแคลเซียมส่วนใหญ่ที่วิเคราะห์ได้ของตัวแทนดินที่ปลูกลองกองในครั้งนี้ให้ค่าสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินที่ปลูกลองกองในจังหวัดสงขลาและนราธิวาส (สุรชาติ, 2550) ดินที่ปลูกทุเรียนในภาคตะวันออก (พรทิวา และสุมิตรา, 2545) และดินที่ปลูกมังคุดในภาคใต้ (สุรชาติ, 2542; ชัยรัตน์ และคณะ, 2538) ซึ่งอยู่ในช่วง 0.09-2.43 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ดินในพื้นที่เขตร้อนโดยทั่วไปมีปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ (Brady and Weil, 2002; Havlin *et al*., 1999) ดังนั้นดินที่นำมาเป็นตัวแทนสวนลองกองในครั้งนี้จัดว่ามีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่ำ

5.1.3 การจัดการแคลเซียมในดิน

จากผลการทดลองในสภาพโรงเรือน เมื่อนำดินคลุกกับยิปซัมซึ่งเป็นแหล่งวัสดุที่ให้ธาตุแคลเซียมแก่ดินในอัตราต่าง ๆ พบว่าปริมาณแคลเซียมที่ใช้เติมลงในดินในสภาพโรงเรือนที่ทำให้ดินมีค่าพีเอชไม่เกิน 7.0 ควรให้ปริมาณแคลเซียมต่ำกว่า 5.00 เซนติโมล(+) ต่อกิโลกรัมดินแห้ง (ภาพที่ 1 ตารางภาคผนวกที่ 1) หรือใช้ยิปซัมอัตรา 10.65 กรัมต่อดินแห้ง 3 กิโลกรัม หรือ 700 กรัมยิปซัมต่อตารางเมตร เนื่องจากเมื่อดินมีพีเอชมากกว่า 7.0 ทำให้ความสามารถในการละลายของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง ฯลฯ ละลายออกมาได้ต่ำ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535) จึงอาจทำให้พืชขาดธาตุอาหารเหล่านี้ได้ นอกจากนี้ จำเป็น และคณะ (2548) ได้แนะนำเกี่ยวกับการจัดการสวนลองกองว่าควรยกระดับพีเอชดินให้อยู่ในช่วง 5.5-6.5 เพื่อให้ต้นลองกองนำธาตุอาหารจากดินไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตตามที่ต้องการ สำหรับดินปลูกต้นลองกองในภาคใต้ที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้ แม้ว่าระดับของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เฉลี่ยในดินที่ให้มากสุด คือ 3.47 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม และมีพีเอชเฉลี่ย 5.87 (ตารางภาคผนวกที่ 30) ซึ่งค่าของแคลเซียมและพีเอชในดินใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ จำเป็น และคณะ (2548) และมีปริมาณแคลเซียมสูงกว่าค่าวิกฤตของแคลเซียมในดิน คือ 1.50 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม

(นวลจันทร์ และคณะ, 2546) และ 2.00 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม (Charman and Murphy, 2000) แต่ดินที่ปลูกลองกองเกือบทั้งหมดมีปริมาณแคลเซียมต่ำกว่าค่าวิกฤตดังกล่าวและเมื่อใช้เทียบกับเกณฑ์ของเอิบ (2533) ที่ใช้กันทั่วไป ถือว่าปริมาณแคลเซียมในดินมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ เพราะว่าต่ำกว่า 5.0 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม สำหรับสาเหตุที่ทำให้แคลเซียมในดินที่ใช้ปลูกลองกองในภาคใต้โดยทั่วไปต่ำ เนื่องจากพื้นที่ภาคใต้มีสภาพอากาศร้อนชื้นและฝนตกชุกจึงทำให้ดินส่วนใหญ่ผ่านการไหล่บ่าสูงและผุพังสลายตัวอย่างรุนแรง (อภิศักดิ์, 2543; เอิบ, 2533) ดังนั้นจึงต้องเพิ่มแคลเซียมในดินที่ใช้ปลูกลองกองในภาคใต้ เพราะว่าธาตุนี้มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลไม้ (Antunes *et al*., 2008; Otero *et al*., 2007; Cooper *et al*., 2007; Silva *et al*., 2006; Wijeratnam *et al*., 2006; Dunn and Able, 2006; Prussia *et al*., 2005; Torres *et al*., 2004; Singh *et al*., 2000; มงคล และคณะ, 2541; Sams and Conway, 1993; Webster, 1990; Makus and Morris, 1989; Cummings, 1989) ตามปกติวัสดุที่นิยมใช้เพื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียม คือ ปูนขาวหรือแคลเซียมคาร์บอเนต เพราะการเติมปูนขาวในดินทำให้ดินยกระดับพีเอชด้วย แต่กรณีดินอยู่ในอันดับอัลทิซอลส์ ซึ่งมีอยู่ถึงร้อยละ 52 ในพื้นที่ภาคใต้ (เอิบ, 2533) การใช้ปูนขาวอาจทำให้เกิดสภาพเกินปูนได้ง่ายแม้ปรับพีเอชแค่ 6.0 (Brady and Weil, 2002) สำหรับวัสดุที่เพิ่มปริมาณแคลเซียมแต่ดินเปลี่ยนแปลงระดับพีเอชเพียงเล็กน้อย คือ ยิปซัม (จำเป็น และคณะ, 2548) และองค์ประกอบของยิปซัม คือ แคลเซียม และซัลเฟต ถึงแม้ว่าแคลเซียมเป็นกลุ่มธาตุอาหารพืชที่เป็นด่าง แต่ทำให้พีเอชดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหรือไม่เปลี่ยนแปลงเลย (Tisdale *et al*., 1993) จากการทดลองครั้งนี้พบว่าเมื่อใส่ยิปซัมโดยการหว่านลงบนดินรอบต้นทรงพุ่มต้นลองกองไม่ว่านาน 6 เดือน (ภาพที่ 18 ตารางภาคผนวกที่ 9) 1 ปี (ภาพที่ 25 ตารางภาคผนวกที่ 13) หรือ 3 ปี (ภาพที่ 31 ตารางภาคผนวกที่ 18) ไม่ทำให้พีเอชดินแตกต่างชัดเจนกับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของจำเป็น และคณะ (2548) และ Toma และคณะ (1999) คือ เมื่อใส่ยิปซัมในดินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพีเอชของดินน้อยมาก เนื่องจากเหตุผลดังนี้ ในช่วง 6 เดือนหลังจากหว่านยิปซัมรอบทรงพุ่มต้นลองกองอาจเกิดจากยิปซัม ซึ่งมีซัลเฟตไอออนเป็นองค์ประกอบเมื่อละลายหรือแตกตัวออกจึงไปทำปฏิกิริยากับเหล็ก และอะลูมินัม ในสารละลายดินทำให้เกิดตะกอนของ schwertmannite [$Fe_8O_8(OH)_6SO_4$] jarosite [$KFe_3(OH)_6(SO_4)_2$] alunite [$KAl_3(OH)_6(SO_4)_2$] basaluminite [$Al_4(OH)_{10}SO_4.5H_2O$] หรือ jurbanite ($AlOHSO_4.5H_2O$) และแร่เหล่านี้อาจละลายกลับไปอยู่ในรูป ferrihydrite [$Fe_5O_3(OH)_9$] และ goethite [FeO(OH)] หรือ gibbsite [$Al(OH)_3$] จึงทำให้สารละลายดินเป็นกรดเล็กน้อย (Sposito, 2008) หรืออาจเกิดจากยิปซัมทำปฏิกิริยากับออกไซด์หรือไฮกรอกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัม รวมทั้งแร่เคโอลิไนต์ทำให้มี

ไฮดรอกไซด์ไอออนเกิดขึ้น ซึ่งเรียกว่าเกิด self-liming และไฮดรอกไซด์ไอออนที่เกิดขึ้นนี้จะตกตะกอนกับอะลูมินัมไอออน นอกจากนั้น อะลูมินัมไอออนยังทำปฏิกิริยากับซัลเฟตไอออนจากยิปซัมได้เป็นซัลฟาโทอะลูมินัมไอออน ($AlSO_4^+$) (Shainberg *et al.,* 1989) แต่หลังจาก 6 เดือนมีฝนตก (ภาพภาคผนวกที่ 6) จึงอาจทำให้น้ำฝนเกิดการไหล่บ่า พร้อมทั้งสภาพดินที่ศึกษาครั้งนี้มีพีเอชมากกว่า 4.7 ทำให้อะลูมินัมละลายออกมาน้อย จึงทำให้พีเอชดินหลังจากหว่านยิปซัมรอบทรงพุ่มต้นลองกองเป็นเวลาตั้งแต่ 1 ปีขึ้นไปสูงกว่า 6 เดือนหลังจากหว่านยิปซัม แสดงว่าการจัดการดินเมื่อต้องการเพิ่มแคลเซียมในดิน โดยไม่ต้องการให้พีเอชดินเปลี่ยนแปลงมากวัสดุปรับปรุงดินที่เหมาะสม คือ ยิปซัม

เป็นที่น่าสังเกตว่า ระดับแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากดินไม่ได้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับระดับพีเอชของดิน เพราะจากการทดลองครั้งนี้เมื่อควบคุมระดับพีเอชดินภายในสภาพโรงเรือน (ภาพที่ 10 ตารางภาคผนวกที่ 2) ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ผันแปรสอดคล้องกับผลการศึกษาในภาคสนาม (ตารางภาคผนวกที่ 30) แสดงว่าปริมาณแคลเซียมในดิน ซึ่งมีทั้งรูปที่อยู่อิสระในสารละลายดิน ถูกดูดซับอยู่บนผิวดิน และองค์ประกอบในโครงสร้างของแร่ต่าง ๆ (สุพจน์, 2526) จะละลายออกสู่สารละลายดินไม่ได้ขึ้นกับระดับพีเอชดินโดยตรง สอดคล้องกับ Tisdale และคณะ (1993) ที่แนะนำว่าแคลเซียมในปุ๋ยจะทำให้พีเอชดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหรือไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นปริมาณแคลเซียมในดินจะขึ้นกับปริมาณของดินเหนียว (Terblanche *et al*., 1980) เพราะสามารถดูดซับแคลเซียมไว้ได้ วัตถุต้นกำเนิดดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535; สุมาลี, 2536; สัมฤทธิ์, 2538; Tisdale *et al*., 1993) เพราะแร่ที่มีองค์ประกอบแคลเซียมเป็นวัตถุต้นกำเนิดดิน และอัตราส่วนระหว่างแคลเซียมกับธาตุประจุบวกชนิดอื่นๆ (ปรีดาและพิชิต, 2535; สุมาลี, 2536; Tisdale *et al*.,1993) เพราะว่ามีผลต่อการละลายของแคลเซียมในดิน แต่ในการทดลองครั้งนี้ปริมาณของดินเหนียวไม่เกี่ยวข้องเพราะดินที่นำมาทดลองใช้ชนิดเดียวกัน ดังนั้นปริมาณแคลเซียมในดินของการทดลองครั้งนี้จึงขึ้นอยู่กับปริมาณแร่ที่มีองค์ประกอบแคลเซียม คือ ยิปซัม และอัตราส่วนระหว่างแคลเซียมกับธาตุประจุบวกชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้อัตราที่ใช้ของยิปซัมในสภาพโรงเรือนที่ทำให้ดินมีค่าพีเอช 7 คือ ยิปซัม 700 กรัมต่อตารางเมตร แต่ในสภาพพื้นที่ปลูกลองกองแม้ใช้อัตรายิปซัมถึง 1200 กรัมต่อตารางเมตรพีเอชของดินมีค่าไม่เกิน 7 อาจเนื่อง จากในสภาพโรงเรือนถูกควบคุมไม่ทำให้เกิดการไหล่บ่าออกไปจึงทำให้เมื่อใช้อัตรายิปซัมเกิน 700 กรัมต่อตารางเมตรพีเอชของดินมีค่าเกิน 7 ดังนั้น เมื่อหาอัตราของยิปซัมในห้องปฏิบัติการเมื่อจะนำไปใช้ในสภาพสนามสามารถใช้ปริมาณยิปซัมใส่ลงในดินได้อีกเกือบเท่าตัว

5.1.4 ผลการใส่ยิปซัมต่อธาตุอาหารพืช

ฟอสฟอรัส

จากผลการศึกษา ในโรงเรือนในสภาพของดินที่ไม่ปลูกพืชโดยบ่มดินด้วยยิปซัม พบว่า เมื่อผสมดินกับยิปซัมในรูปของแคลเซียมไม่เกิน 8.33 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ออกมาได้สูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม (ภาพที่ 3 ตารางภาคผนวกที่ 1) ทั้งนี้เนื่องจากดินมีพีเอช 6.36-7.64 ซึ่งฟอสฟอรัสละลายสู่สารละลายในรูปอนุมูล ortho-phosphate ions ($H_2PO^-_4$, และ HPO_4^{2-}) และทั้งสองรูปนี้พืชดูดไปใช้ได้ง่าย (Tisdale *et al*., 1993; สุพจน์, 2526) นอกจากนั้นช่วงพีเอชนี้ไม่ทำให้เหล็ก อะลูมินัม แคลเซียม และแมกนีเซียมมีปริมาณมากพอ (Miller and Gardiner, 1998; สุพจน์, 2526) ที่จะเกิดการรวมตัวกับฟอสฟอรัสในรูปอนุมูล $H_2PO^-_4$, และ HPO_4^{2-} เป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ แต่เมื่อดินเริ่มมีพีเอช 7.79 ซึ่งดินมีสภาพเป็นด่าง ปริมาณแคลเซียมในดินที่ได้รับจากยิปซัมมีมากพอที่จะรวมตัวกับฟอสฟอรัสในรูปอนุมูล $H_2PO^-_4$, และ HPO_4^{2-} เป็นแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งละลายน้ำได้ยาก (Tisdale *et al*., 1993) จึงทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จากดินลดลงเมื่อแคลเซียมเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 5 ตารางภาคผนวกที่ 1) สำหรับปริมาณยิปซัมที่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จากดินมากที่สุดเมื่อคิดในรูปของแคลเซียม คือ 1.67 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม เพราะว่ายิปซัมระดับนี้ทำให้ดินมีพีเอช 6.36 ซึ่งอยู่ในช่วงที่สวนไม้ผลควรปรับให้ดินมีพีเอช 5.5-6.5 เพื่อให้ธาตุอาหารส่วนใหญ่เป็นประโยชน์สูงสุด (จำเป็น และคณะ, 2548) และระดับยิปซัมที่ใส่ให้กับดินระดับนี้มีปริมาณแคลเซียมไม่มากพอที่จะรวมตัวกับฟอสฟอรัสในรูปอนุมูล $H_2PO^-_4$, และ HPO_4^{2-} เป็นแคลเซียมฟอสเฟตซึ่งละลายน้ำได้ยาก (Tisdale *et al*., 1993) ดังนั้นจึงทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จากดินมากที่สุด นอกจากนี้พีเอชระดับนี้ฟอสฟอรัสในรูปอนุมูล $H_2PO^-_4$ มีมากที่สุดและเป็นรูปละลายได้เร็วกว่า HPO_4^{2-} (Tisdale *et al*., 1993) กรณีในสภาพสนามตามธรรมชาติปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีความผันแปร (ตารางภาคผนวกที่ 3) เพราะว่าจากข้อมูลการจัดการสวนลองกองของเกษตรกรได้ให้ปุ๋ยที่มีฟอสฟอรัสสูง (8-24-24) ในระยะก่อนออกดอกแก่ต้นลองกองทุก ๆ ปี แต่เนื่องจากฟอสฟอรัสถูกพืชดูดไปใช้ได้น้อย และถูกไหล่บ่าออกจากดินน้อยจึงสะสมฟอสฟอรัสในดินมาก (จำเป็น และคณะ, 2548; สุมิตรา และคณะ, 2545; ยุทธนา และคณะ, 2545) ดังนั้นแม้ว่าดินมีระดับของแคลเซียมเพิ่มขึ้นจากการให้ยิปซัมกับดิน แต่ปริมาณแคลเซียมมีไม่มากพอที่ จะรวมตัวกับฟอสฟอรัสในรูปอนุมูล $H_2PO^-_4$, และ HPO_4^{2-} เป็นแคลเซียมฟอสเฟตซึ่งละลายน้ำได้ยาก จึงไม่ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จากดินลดลง นอกจากนี้เมื่อเพิ่มแคลเซียม

ในดินโดยการใช้ยิปซัมและทำให้พีเอชดินอยู่ในช่วง 4.94-6.09 ซึ่งอยู่ในช่วงที่อนุมูล $H_2PO^-_4$ ละลายออกมาได้ดีและเป็นรูปที่พืชดูดไปใช้ได้ง่าย (Tisdale *et al*., 1993) ดังนั้นการใช้ยิปซัมใส่ลงไปในดินเพื่อเพิ่มระดับแคลเซียมในดิน จะเป็นการช่วยทำให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปอนุมูลที่พืช (ลองกอง) นำไปใช้ได้ง่าย

โพแทสเซียม

ปริมาณของโพแทสเซียม ในสภาพดินที่ไม่ปลูกพืชภายในโรงเรือนพบว่า เมื่อผสมดินกับยิปซัมที่คิดในรูปแคลเซียมไม่เกิน 8.33 เซนติโมล(+) ต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 4 ตารางภาคผนวกที่ 1) ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ออกมาต่ำกว่าสิ่งทดลองควบคุม แต่เมื่อใช้อัตรายิปซัมที่คิดในรูปแคลเซียมตั้งแต่ 11.67 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมขึ้นไป ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าสูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม ที่เป็นเช่นนี้อธิบายได้ด้วยหลักทางเคมีของดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535) ว่าด้วยไอออนบวกอื่น ๆ ที่อยู่ร่วมด้วยบนผิวดินเหนียว คือ กรณีดินมีแคลเซียมต่อแมกนีเซียม 4 : 1 (คิดจากตารางภาคผนวกที่ 1) อาจทำให้การดูดยึดของดินเหนียวกับโพแทสเซียมเมื่อมีแคลเซียมอยู่ร่วมเพิ่มขึ้นจากการใส่ยิปซัมลงในดิน ทำให้โพแทสเซียมถูกไล่ที่ยากขึ้น แต่เมื่อเพิ่มระดับการใช้ของยิปซัมกับดิน โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ออกมาจากดินเพิ่มขึ้นสามารถอธิบายด้วยหลักทางเคมีของดินว่าด้วยความเข้มข้นของ replacing cation ตามหลักของ mass action คือ เมื่อระดับแคลเซียมเพิ่มขึ้นปริมาณแคลเซียมที่ถูกดินเหนียวดูดยึดเพิ่มขึ้นจึงทำให้การไล่ที่ของโพแทสเซียมที่ดินเหนียวดูดยึดอยู่ไล่ที่ได้ง่ายขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535) ดังนั้นจากการทดลองจึงพบว่าเมื่อใช้อัตรายิปซัมเพิ่มขึ้นปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากดินจึงเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองภาคสนามตามธรรมชาติ (ตารางภาคผนวกที่ 3) และการหว่านยิปซัมรอบทรงพุ่มต้นลองกอง (ภาพที่ 22ง 28จ 34จ ตารางภาคผนวกที่ 9,13,18) ในอัตรายิปซัมที่ใช้ไม่เกิน 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มต้นลองกอง ดังนั้น การใช้ยิปซัมใส่ลงไปในดินเพื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมในดินที่มีแคลเซียมต่อโพแทสเซียม 6.5:1 (คิดจากตารางภาคผนวกที่ 9 และ 10) สามารถทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลก เปลี่ยนได้จากดินเพิ่มขึ้น แต่อัตรายิปซัมที่ใช้คือไม่เกิน 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มต้นลองกอง

แมกนีเซียม

ปริมาณของแมกนีเซียม ในสภาพดินที่ไม่ปลูกพืชภายในโรงเรือน พบว่าแมกนีเซียมในดินที่บ่มไว้ถูกแลกเปลี่ยนออกมาได้มากขึ้นตามอัตราที่เพิ่มขึ้นของยิปซัม (ภาพที่ 6 ตารางภาคผนวกที่ 1) อธิบายด้วยหลักทางเคมีของดินว่าด้วยความเข้มข้นของ replacing cation ตามหลักของ mass action คือ เมื่อระดับแคลเซียมเพิ่มขึ้นปริมาณแคลเซียมที่ถูกดินเหนียวดูดยึด

เพิ่มขึ้นจึงทำให้การไล่ที่ของแมกนีเซียมที่ดินเหนียวดูดยึดอยู่ไล่ที่ได้ง่ายขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535) แต่เมื่อหว่านยิปซัมรอบทรงพุ่มต้นลองกองในภาคสนามอัตราสูงขึ้นทำให้ระดับความเข้มข้นของแมกนีเซียมในดินลดลง (ภาพที่ 24ง 30จ 36จ ตารางภาคผนวกที่ 10, 13, 18) การที่เป็นเช่นนี้ อธิบายได้ด้วยหลักเคมีของดินว่าด้วยการปลดปล่อยไอออนบวกจากคอลลอยด์ในดิน คือ เมื่อดินปลดปล่อยให้แมกนีเซียมง่ายขึ้น ดังนั้นลองกองจึงดูดแมกนีเซียมได้มากขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ จำเป็น และคณะ (2548) และ ในสภาพธรรมชาติไอออนบวกที่ปลดปล่อยจากดินได้ง่ายจะถูกไหล่บ่าไปจากดินได้ง่ายเมื่อฝนตก จึงทำให้เหลือแมกนีเซียมที่ถูกดินดูดยึดไว้น้อย ดังนั้นเมื่อใช้ยิปซัมปรับปรุงดินควรเพิ่มแมกนีเซียมลงไปในดินด้วยเพื่อป้องกันพืชขาดธาตุแมกนีเซียม

5.2 การเติบโตและความเข้มข้นธาตุอาหารของต้นลองกอง

5.2.1 ผลผลิตชีวมวลแห้งของต้นกล้าลองกอง

จากผลการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้าลองกองในระยะเวลา 75 วัน ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชของ Carpena (1983) (อ้างโดย de Varrennes *et al.*, 2005) ซึ่งอัตราส่วนของ N:P:K:Mg = 10.2:1.0:5.5:1.5 และอัตราของแคลเซียมที่ใช้ในสารละลายธาตุอาหาร คือ 5.4, 10.6, 16.1 และ 21.5 โดยมีสภาพแวดล้อมของโรงเรือน ดังนี้ อุณหภูมิอยู่ใน ช่วง 22.8-29.5 องศาเซลเซียส ร้อยละความชื้นสัมพัทธ์อากาศอยู่ในช่วง 77.2-99.1 และความเข้มแสงตั้งแต่ 6 นาฬิกา ถึง 18 นาฬิกา 30 นาที อยู่ในช่วง 11-66109 Lux (ภาพภาคผนวกที่ 10-12) พบว่าระดับของแคลเซียม 1.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตร หรือ 300 ppm หรือ อัตราของแคลเซียมที่ใช้ในสารละลายธาตุอาหาร 16.1 มีแนวโน้มทำให้ผลผลิตชีวมวลแห้งของทั้งส่วนลำต้นและรากที่เกิดใหม่ของต้นกล้าลองกองมากที่สุด ลักษณะเช่นนี้อธิบายได้ว่าระดับของแคลเซียมระดับนี้สมดุลกับธาตุอาหารพืชทุกธาตุที่อยู่ในสารละลาย จึงทำให้ไม่มีธาตุใดเป็นตัวควบคุมการเติบโตของต้นกล้าลองกอง ซึ่งเป็นไปตาม Law of the Minimum ของ Liebig (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2536; ถวิล, 2526) และวัสดุปลูกในครั้งนี้อยู่ในสภาพสารละลายและพีเอชสารละลายอยู่ในช่วง 5.5-6.5 ดังนั้นธาตุอาหารพืชทุกธาตุอยู่ในสภาพไอออน (สุมาลี, 2536) ที่พร้อมจะให้รากของต้นกล้า

ลองกองสามารถดูดดึงไปใช้ได้ทันที นอกจากนี้ที่ระดับของแคลเซียม 1.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนในส่วนของรากใหม่ ลำต้นใหม่และใบ (ตารางที่ 9) ต่ำสุด ซึ่งสามารถนำ dilution effect มาอธิบายได้ เนื่องจากต้นลองกองอยู่ในสภาพต้นกล้า ซึ่งเมื่อเกิดราก ลำต้นและใบใหม่จะมีอัตราสะสมชีวมวลใหม่เกิดขึ้นตลอดเวลา และระดับแคลเซียมแตกต่างกันแต่ความเข้มข้นธาตุอาหารอื่น ๆ เท่ากันทุกสิ่งทดลอง ดังนั้นเมื่อชีวมวลที่เกิดขึ้นใหม่ของสิ่งทดลองใดเกิดขึ้นมาได้มาก เปรียบเหมือนกับเพิ่มปริมาตรในสิ่งทดลองนั้นให้มากขึ้นตามไปด้วย ส่วนปริมาณสารขึ้นอยู่กับอัตราของธาตุที่ต้นกล้าลองกองดูดขึ้นไปใช้ จากที่กล่าวมา แสดงว่า เมื่อระดับของแคลเซียม 1.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ทำให้ต้นลองกองดูดไนโตรเจนมาสร้างชีวมวลได้สูงสุด และด้วยอัตราการสะสมชีวมวลที่สูงกว่าอัตราการดูดดึงธาตุไนโตรเจน จึงทำให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนต่ำกว่าสิ่งทดลองที่ใช้ระดับของแคลเซียมอื่น ๆ เหตุผลที่ใช้ธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุเลือกระดับแคลเซียมที่เหมาะสมในการเติบโตต้นกล้าลองกองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช เนื่องจากธาตุไนโตรเจนเกี่ยวข้องเกี่ยวกับการหายใจ การแบ่งเซลล์ การขยายตัวของเซลล์ และการสร้างเนื้อเยื่อใหม่ (ยงยุทธ, 2546; Marschner, 1995; Schmidt and Blasser, 1969) และธาตุไนโตรเจนมีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักพืชชัดเจนมากกว่าธาตุอื่น ๆ (ถวิล, 2526) ดังนั้นจึงมีผลต่อผลผลิตชีวมวลของต้นกล้าลองกองโดยตรง

5.2.2 **ความเข้มข้นแคลเซียมในส่วนต่าง ๆ ของลองกอง**

จากผลการศึกษา พบว่าต้นลองกองที่ให้ผลผลิตมีความเข้มข้นแคลเซียมในส่วนของราก เนื้อเยื่อลำต้น และใบ รองจากธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียม (ภาพที่ 20, 21, 22, 23, และ24 ตารางภาคผนวกที่ 11 และ 12) แต่เนื้อผลของลองกองมีความเข้มข้นของแคลเซียมน้อยกว่าฟอสฟอรัสและบางครั้งน้อยกว่าแมกนีเซียม (ภาพที่ 12, 13, 14, 15, 16, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35 และ 36 ตารางภาคผนวกที่ 7, 17 และ 22) สอดคล้องกับการศึกษาในเนื้อผลของแอปเปิ้ล (Ericsson, 1993; Greenham, 1980) ทั้งนี้เนื่องจากส่วนอวัยวะใดของพืชที่เกิดการคายน้ำต่ำจะสะสมแคลเซียมต่ำด้วย (Napier and Combrink, 2006) จากผลการทดลองแสดงว่าเนื้อผลของลองกองเกิดการคายน้ำต่ำ สำหรับเนื้อผลได้รับแคลเซียมมาใช้ดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การสร้างเนื้อ กระบวนการทางชีวเคมี ฯลฯ ก่อนเก็บเกี่ยว อาจจะได้จากที่ได้สะสมแคลเซียมไว้ในช่วงเริ่มพัฒนาผล (ช่วง 8 สัปดาห์หลังติดผล) (จำเป็น และคณะ, 2548; Boyd and Barnett, 2007) และเหตุที่ฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมมีความเข้มข้นในเนื้อผลมากกว่าแคลเซียมเป็นเพราะ

ว่าธาตุแคลเซียมเคลื่อนย้ายทางท่อลำเลียงน้ำเป็นส่วนใหญ่ (Jackson, 2003; Vang-Peterson, 1980; Ferguson, 1980) ตามเส้นทางการคายน้ำของพืช แต่ส่วนของเนื้อผลเกิดการคายน้ำน้อย จึงทำให้เนื้อผลได้รับธาตุอาหารทางท่ออาหารเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงอาจเป็นเหตุให้การเคลื่อนย้ายธาตุแคลเซียมเข้าสู่เนื้อผลได้ยากกว่าธาตุฟอสฟอรัสและแมกนีเซียม ซึ่งสามารถเคลื่อนย้ายทางท่ออาหารได้ (Hansen, 1980) นอกจากนี้เป็นที่สังเกตว่าความเข้มข้นแคลเซียมในส่วนต่าง ๆ ของต้นลองกองพบว่าใบมีความเข้มข้นแคลเซียมมากกว่าส่วนอื่น ๆ เมื่อยังไม่ให้ผลผลิต (ตารางที่ 8 ภาพที่ 23ก ตารางภาคผนวกที่ 12) ทั้งนี้น่าจะเป็นผลจากการเติบโตทางลำต้นแล้วเกิดการเคลื่อนย้ายธาตุแคลเซียมมาสู่ใบเป็นขั้นสุดท้ายและไม่เคลื่อนย้ายไปที่ส่วนอื่นอีก แต่สำหรับต้นลองกองที่ออกดอกและติดผล (ภาพที่ 15ก, 29ก ตารางภาคผนวกที่ 4, 14) ความเข้มข้นแคลเซียมที่ใบมีปริมาณต่ำกว่าส่วนที่เป็นองค์ประกอบของผล คือ ก้านช่อผล เปลือกผล และเนื้อผลของลองกอง แสดงว่าแคลเซียมเคลื่อนย้ายจากใบไปสู่ช่อผลลองกองเพื่อพัฒนาให้เกิดผลในช่วงแรก และกรณีที่ส่วนของเปลือกผลและก้านช่อผลมีความเข้มข้นแคลเซียมสูงกว่าเนื้อผลลองกอง (ภาพที่ 15ข 15ค 15ง 29ข 29ค 29ง 35ข 35ค 35ง ตารางภาคผนวกที่ 5, 6, 7, 15, 16, 17, 20, 21, 22) เป็นเพราะว่าแคลเซียมเป็นองค์ประกอบสำคัญของผนังเซลล์ (ยงยุทธ, 2535; ปรีดา และพิชิต, 2535; สุมาลี,2536) และการพัฒนาผลของลองกองเกิดการแบ่งเซลล์และขยายขนาดผลจึงทำให้มีความเข้มข้นแคลเซียมอยู่ที่ก้านช่อและเปลือกผลมากกว่าเนื้อผลลองกอง แต่อย่างไรก็ตามการทดลองครั้งนี้ สังเกตว่าความเข้มข้นแคลเซียมของเนื้อผลในสิ่งทดลองที่ให้แคลเซียมในรูปยิปซัมโดยทางดินของผลผลิตในครั้งแรกต่ำกว่าผลผลิตครั้งที่สองหลังจากใส่ยิปซัมในดิน อาจจะเป็นเพราะว่าโดย ทั่วไปธาตุแคลเซียมเคลื่อนย้ายภายในดินยากและช้า (Faust, 1989; Stassen and North, 2005) และแคลเซียมที่ถูกดูดดึงโดยรากเคลื่อนย้ายผ่านลำต้นสู่เนื้อผลช้ามาก (Yin, 2007) นอกจากยิปซัมทำให้ดินเพิ่มแคลเซียมแล้วยังช่วยทำให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้น (Snyder and Cisar, 2004; Carrow *et al*., 2001; Zeng *et al*., 1998) ดังนั้นอาจจะช่วยให้รากแพร่กระจายได้มากขึ้นเมื่อระยะเวลายิปซัมอยู่ในดินนาน จึงทำให้พบความแตกต่างของความเข้มข้นแคลเซียมในเนื้อผลของลองกองในการให้ผลผลิตครั้งแรกและครั้งที่สองหลังจากต้นลองกองได้รับการใส่ยิปซัมทางดิน เมื่อนำความเข้มข้นแคลเซียมในใบจากการทดลองนี้เทียบกับค่ามาตรฐานของแคลเซียมในใบ พบว่าความเข้มข้นแคลเซียมจากการทดลองนี้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานของแคลเซียมในใบของ จำเป็น และคณะ (2548) (10.37-12.53 กรัมต่อกิโลกรัม)น่าจะเกิดจากระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง และอายุใบต่างกัน เพราะมีผลต่อปริมาณแคลเซียมที่วิเคราะห์ได้ในใบของพืช (บุญส่ง และจำเป็น, 2545; ปรีดา และพิชิต, 2535)

5.2.3 ระดับแคลเซียมต่อความเข้มข้นธาตุอาหารในใบของลองกอง

การศึกษาครั้งนี้พบว่าพื้นที่ปลูกลองกองมีระดับแคลเซียมในดิน 1.14±0.14 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ทำให้ต้นลองกองมีความเข้มข้นแคลเซียมในใบสูงที่สุด (ภาพที่ 15ก ตารางภาคผนวกที่ 4) และเมื่อศึกษาระดับแคลเซียมต่าง ๆ ในสภาพสารละลายสูตร Carpena (1983) พบว่า ระดับแคลเซียมในสารละลาย 1.5 เซนติโมล (+) ต่อลิตรทำให้น้ำหนักแห้งรากและลำต้นที่เกิดใหม่ของต้นกล้าลองกองมีแนวโน้มสูงสุด (ตารางที่ 14) เมื่อระดับแคลเซียมในดิน 2.78±1.05 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ทำให้ต้นลองกองมีความเข้มข้นแคลเซียมในใบลดลง (ภาพที่1 5ก ตารางภาคผนวกที่ 4) สอดคล้องกับระดับแคลเซียมต่าง ๆ ในสภาพสารละลายสูตร Carpena (1983) ที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้ คือ เมื่อระดับแคลเซียมในสารละลาย 2.0 เซนติโมล (+) ต่อลิตร ทำให้ต้นกล้าลองกองมีแนวโน้มของน้ำหนักแห้งรากและลำต้นเกิดใหม่ลดลง (ตารางที่ 14) แสดงว่าเมื่อต้นลองกองอยู่ในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต สภาพดินทางภาคใต้ที่ระดับแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินประมาณ 1.00-1.28 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมสามารถทำให้ต้นลองกองดูดธาตุอาหารต่าง ๆ มาใช้ในสัดส่วนที่สมดุลเพื่อสร้างสารอินทรีย์ต่าง ๆ ได้มาก สอดคล้องกับผลของความเข้มข้นไนโตรเจน (ภาพที่12ก ตารางภาคผนวกที่ 4) ฟอสฟอรัส (ภาพที่13ก ตารางภาคผนวกที่ 4) และแมกนีเซียม (ภาพที่16ก ตารางภาคผนวกที่ 4) ที่ต้นลองกองมีในใบมากที่สุดที่ระดับแคลเซียมช่วงดังกล่าวข้างต้น แต่เมื่อระดับแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน 1.73-3.83 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ทำให้ต้นลองกองอาจดูดธาตุอาหารชนิดอื่น ๆ แบบไม่สมดุลมาใช้จึงมีผลต่อการสร้างสารอินทรีย์สะสมในใบน้อยเป็นผลให้ใบมีความเข้มข้นไนโตรเจน (ภาพที่ 12ก ตารางภาคผนวกที่ 4) ฟอสฟอรัส (ภาพที่13ก ตารางภาคผนวกที่ 4) และแมกนีเซียม (ภาพที่16ก ตารางภาคผนวกที่ 4) ลดลง สำหรับการศึกษาความสมดุลของธาตุอื่น ๆ เมื่อมีธาตุแคลเซียมในสารละลาย เช่น Lauchli and Epsteien (1970) พบว่าความเข้มข้นของแคลเซียม 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (0.1 เซนติโมล (+) ต่อลิตร) ส่งเสริมให้ข้าวบาร์เล่ห์ดูดซึมธาตุโพแทสเซียมมากกว่าต้นข้าวบาร์เล่ย์ที่ไม่ได้รับธาตุแคลเซียม

แม้ว่าระดับแคลเซียมในดินที่ทำให้ต้นลองกองมีความเข้มข้นธาตุอาหารต่าง ๆ ในใบสูงที่สุด คือ 1.00-1.28 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม และเมื่อระดับแคลเซียมในดิน 1.73-3.83 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมความเข้มข้นธาตุต่าง ๆ ในใบลดลง แต่เมื่อพิจารณาความเข้มข้นแคลเซียมในใบที่เหมาะสมของไม้ผลอื่น เช่น มะม่วง (อัศจรรย์ และคณะ, 2542; Reuter and Robson, 1986) ส้ม (นันทรัตน์ , 2544; Reuter and Robson, 1986) ทุเรียน (สุมิตรา และคณะ,

2545) ลำไย (ยุทธนา และคณะ, 2545) อยู่ในช่วงที่สูงกว่าใบลองกองที่ศึกษาในครั้งนี้ ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าแม้ธาตุแคลเซียมเป็นที่ต้องการของไม้ผลชนิดอื่นสูง แต่ลองกองมีความต้องการธาตุแคลเซียมไม่สูงมากนัก จึงทำให้ลองกองเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีในดินที่มีสภาพเป็นกรดซึ่งมีธาตุแคลเซียมต่ำ

ในสภาพการจัดการสวนเหมือนกันโดยให้แคลเซียมอยู่ในรูปของยิปซัม พบว่าเมื่อให้ยิปซัมเป็นระยะเวลาประมาณ 1 ปี ความเข้มข้นแคลเซียมในใบระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต (ภาพที่ 29ก ตารางภาคผนวกที่ 14) ให้ค่าใกล้เคียงกับระดับแคลเซียมในดิน 1.00-1.28 เซนติโมล(+) ต่อกิโลกรัม แต่เมื่อใส่ยิปซัมเป็นระยะเวลาประมาณเกือบ 3 ปี (ภาพที่ 35ก ตารางภาคผนวกที่ 19) ปรากฏว่าความเข้มข้นแคลเซียมของใบในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตเพิ่มขึ้นเกือบ 1 เท่าของความเข้มข้นที่ระดับแคลเซียมในดิน 1.00-1.28 เซนติโมล(+) ต่อกิโลกรัม แสดงว่าแคลเซียมเคลื่อนย้ายภายในดินยากและช้า (Faust, 1989; Stassen and North, 2005) ทำให้การเคลื่อนย้ายของแคลเซียมจากดินไปสู่รากในช่วงแรกจึงช้ามากรากจึงดึงดูดแคลเซียมบริเวณใกล้เคียงที่มีอยู่เดิมในดินก่อนใส่ยิปซัม แต่เมื่อเวลานานเกือบ 3 ปีแคลเซียมอาจเคลื่อนย้ายไปสะสมใกล้รากมากขึ้นทำให้รากดูดดึงแคลเซียมได้มากขึ้นและทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมในใบมากขึ้น ดังนั้นการให้แคลเซียมทางดินอาจต้องใช้ระยะเวลานาน พืชจึงสามารถดึงดูดขึ้นไปใช้และสะสมในส่วนต่าง ๆ ของพืช และการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับอิทธิพลของแคลเซียมกับไม้ผลเมื่อให้แคลเซียมทางดินอาจต้องใช้ระยะเวลามากกว่า 1-2 ปี จึงจะเห็นการเปลี่ยนแปลงชัดเจนในสิ่งที่ต้องการศึกษา เช่น ผลผลิต ผลผลิตชีวมวล ฯลฯ สอดคล้องกับส้มเมื่อให้ปุ๋ยไนโตรเจนในปีแรกนำไนโตรเจนจากปุ๋ยไปใช้เพียงร้อยละ 23-27 (นันทรัตน์, 2544) และการออกดอกของกุหลาบนำไนโตรเจนจากปุ๋ยมาใช้ร้อยละ 16-36 (Cabrera *et al*., 1995)

5.3 คุณภาพผลผลิต

5.3.1 ระดับแคลเซียมต่อคุณภาพภายในของผลผลิต

ปริมาณ TSS

การศึกษาบทบาทแคลเซียมต่อปริมาณ TSS ในน้ำคั้นของลองกองพบว่าสภาพสวนลองกองที่ไม่จัดการดินโดยการใส่ยิปซัมแก่ต้นลองกอง เมื่อดินมีระดับแคลเซียมอยู่ในช่วง 1.00-1.28 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมมีแนวโน้มให้ค่าปริมาณ TSS สูงสุด (ภาพที่ 17ก ตารางภาคผนวกที่ 8) แต่เมื่อตรวจสอบด้วยการจัดการดินกับยิปซัมแก่ต้นลองกองปรากฏว่าส่วนใหญ่ให้ค่าปริมาณ TSS สูงกว่าต้นลองกองที่ไม่ได้ใส่ยิปซัมชัดเจน (ภาพที่ 42ค 43ค ตารางภาคผนวกที่ 25, 26) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการใส่ยิปซัมแก่ต้นมังคุด (วรรณิศา, 2550) และพบว่าอัตรายิปซัมที่ให้ค่าปริมาณ TSS คือ 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มในผลผลิตครั้งแรกหลังจากใส่ยิปซัม และ 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มในการให้ผลผลิตครั้งที่สองหลังจากใส่ยิปซัม แสดงว่าการจัดการดินด้วยยิปซัมทำให้ปริมาณ TSS ในน้ำคั้นของลองกองเพิ่มขึ้นเนื่องจากเมื่อต้นลองกองได้รับแคลเซียมเพิ่มขึ้นจากการใส่ยิปซัมทำให้คาร์โบไฮเดรตเกิดการสลายตัว โดยกระบวนการไฮโดรไลซ์ (ดนัย, 2534; สายชล, 2528) และแคลเซียมช่วยนำคาร์โบไฮเดรตจากที่อื่นมาสู่ผล นอกจากนี้แคลเซียมยังเกี่ยวข้องในการสังเคราะห์ amylase (Elliot *et al*., 1982) ซึ่งเอนไซม์ชนิดนี้ช่วยย่อยคาร์โบไฮเดรตได้สูงด้วย (ยงยุทธ, 2546) ข้อสังเกตสำหรับการใส่ยิปซัมทำให้เนื้อผลลองกองมีความเข้มข้นไนโตรเจนและโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 26ง 28ง 32ง 34ง ตารางภาค ผนวกที่ 17, 22) ซึ่งธาตุทั้งสองตัวนี้เกี่ยวข้องกับคุณภาพผลผลิต (จำเป็น และคณะ, 2548; He *et al*., 2003; Quaggio *et al*., 2002; นิภาพร และตระกูล, 2544) และสอดคล้องกับรายงานของ Calouro และคณะ (2008); Saradhuldhat และ Paull (2007) และ Shi และคณะ (1999) ที่สรุปว่าปริมาณโพแทสเซียมมีความสัมพันธ์กับปริมาณ TSS ในน้ำคั้นผลไม้ นอกจากนี้ยิปซัมทำให้ดินเพิ่มแคลเซียมซึ่งทำให้โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้น (Carlson *et al*., 1974) (ภาพที่ 4, 22ง ตารางภาคผนวกที่ 1, 9) เนื่องจากแคลเซียมไอออนสามารถเข้าแทนที่โพแทสเซียมไอออนในสารคอลลอยด์ดินได้ดี (Zeng *et al*., 1998) และยิปซัมยังช่วยทำให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้น (Snyder and Cisar, 2004; Carrow *et al*., 2001; Zeng *et al*., 1998) จึงอาจทำให้ต้นลองกองมีปริมาณรากเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถทำให้ดูดธาตุโพแทสเซียมจากสารละลายดินเข้าสู่ต้นลองกองได้มากขึ้น นอก

จากนี้เป็นที่สังเกตในกรณีสภาพการปลูกลองกองตามธรรมชาติ พบว่าปริมาณ TSS ในน้ำคั้นลองกองมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามการเพิ่มของระดับแคลเซียมในดิน เมื่อดินมีระดับแคลเซียมไม่เกิน 1.14±0.14 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 17ก ตารางภาคผนวกที่ 8) แสดงว่าการเพิ่มแคลเซียมแก่ต้นลองกองสามารถทำให้ปริมาณ TSS ในน้ำคั้นลองกองเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาในแอปเปิ้ล (Conway, 1987) กีวี (Xie *et al*., 2003) มังคุด (วรรณิศา, 2550) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณ TSS กับงานทดลองอื่น ๆ ของลองกอง คือ 18.53 องศาบริกซ์ (มนูญและคณะ, 2542) 16.01 องศาบริกซ์ (จำเป็นและคณะ, 2548) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 42ง 43ง ตารางภาคผนวกที่ 25, 26) และปริมาณ TSS ของลองกองที่ได้รับยิปซัมส่วนใหญ่ให้ค่าสูงกว่าระดับชั้นคุณภาพของลองกองเกรด A ซึ่งมีค่า 17.41 องศาบริกซ์ (กวิศร์และวันทนา, 2544)

ปริมาณ TA

การศึกษาบทบาทแคลเซียมต่อปริมาณ TA ของน้ำคั้นลองกองพบว่าสภาพสวนลองกองที่ไม่จัดการดินโดยการใส่ยิปซัมแก่ต้นลองกองเมื่อดินมีระดับแคลเซียมอยู่ในช่วง 1.00-1.28 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัมให้ค่าปริมาณ TA ต่ำสุดอย่างชัดเจน (ภาพที่ 17ข ตารางภาคผนวกที่ 8) แต่เมื่อตรวจสอบด้วยการจัดการดินกับยิปซัมแก่ต้นลองกองพบว่าผลผลิตครั้งแรกหลังจากใส่ยิปซัม ส่วนใหญ่ให้ค่าปริมาณ TA ต่ำกว่าต้นลองกองที่ไม่ได้ใส่ยิปซัมชัดเจน (ภาพที่ 42ง ตารางภาคผนวกที่ 25) สอดคล้องกับการใส่ยิปซัมทางดินแก่ต้นมังคุด (วรรณิศา, 2550) และพบว่าอัตรายิปซัมที่ให้ค่าปริมาณ TA ต่ำสุด คือ 400 หรือ 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม จากผลการทดลองอาจเกิดจากสัดส่วนของโพแทสเซียมต่อแคลเซียม (บุญส่ง และคณะ, 2552; Marcelle, 1995) ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและสลายตัวของกรดอินทรีย์ในผลซึ่งจะทำให้รสชาติเปรี้ยวลดลง (อรพิน และคณะ, 2549) แต่ผลผลิตครั้งที่สองหลังจากใส่ยิปซัมพบว่าปริมาณ TA ต้นลองกองที่ใส่ยิปซัมให้ค่าใกล้เคียงกับต้นลองกองที่ไม่ได้ใส่ยิปซัม (ภาพที่ 43ง ตารางภาคผนวกที่ 26) อาจเนื่องจาก ดินมีแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปริมาณไม่แตกต่างกันเพราะในช่วงระหว่างปี 2549-2550 พื้นที่บริเวณสวนลองกองมีฝนตกหนัก ซึ่งอาจทำให้ยิปซัมถูกน้ำไหล่บ่ากระจายไปทั่วสวนลองกองจึงทำให้ต้นลองกองได้รับแคลเซียมใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 35จ ตารางภาคผนวกที่ 18) ในการลดลงของกรดอินทรีย์ (Cheour *et al*., 1990; ชูพงษ์, 2531) เมื่อผลไม้สุกเนื่องจากกรดอินทรีย์เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจ โดยกรดอินทรีย์จะเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาในวงจรเครบส์ (Kreb's cycle) (สัมฤทธิ์, 2544; ศิวพร, 2539; Tucker, 1993) และกรดอินทรีย์ที่อยู่ในแวคิวโอลของเซลล์ถูกนำมาใช้ในกระบวนการหายใจภายในเซลล์ ดังนั้นเมื่อผลไม้สุกอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ปริมาณ

TA ในผลไม้จึงลดลง (Tingwa and Young, 1974) ดังนั้นผลไม้สุกจึงมีปริมาณ TA ต่ำ (จริงแท้, 2544) จึงอาจเป็นไปได้ว่าเมื่อดำเนินการเพิ่มแคลเซียมในผลไม้ทำให้เกิดกระบวนการหายใจเพิ่มขึ้น ผลการทดลองที่พบว่าปริมาณTA ลดลงเมื่อไม้ผลได้รับปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้น เช่น มะม่วง (Lizada, 1991) สตรอเบอร์รี (Nestby *et al*., 2004) แอปเปิ้ล (Conway, 1987) กีวี (Xie *et al.* 2003) ฯลฯ แต่เมื่อให้อัตรายิปซัม 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มในครั้งที่แรกหลังให้ยิปซัมพบว่ามีค่าปริมาณ TA ในน้ำคั้นลองกองสูงขึ้นอาจเนื่องจากให้ปริมาณแคลเซียมมากเกินไปจึงทำให้แคลเซียมไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณ TA สอดคล้องกับการทดลองในแอปเปิ้ล (Mignani and Bassi, 2005) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ TA เฉลี่ยกับงานทดลองอื่น ๆ ของลองกองพบว่าปริมาณ TA ที่ได้จากการทดลองนี้ส่วนใหญ่ต่ำกว่าร้อยละ 0.50 ซึ่งต่ำกว่างานทดลองของ มนูญ และคณะ (2542) คือ ร้อยละ 0.89 และจำเป็น และคณะ (2548) คือ ร้อยละ 0.92 แต่สอดคล้องกับการกำหนดระยะเก็บเกี่ยวของลองกองจากปริมาณ TA คือ ร้อยละปริมาณ TA ในน้ำคั้นลองกองต้องไม่เกิน 1.00 (นพรัตน์, 2529; สุธัญญา, 2527) เมื่อนำปริมาณTA ในน้ำคั้นลองกองเทียบกับระดับชั้นคุณภาพเกรด A ของลองกอง ซึ่งมีค่า ร้อยละ 0.78 (7.8 กรัมต่อกิโลกรัม) (กวิศร์และวันทนา, 2544) พบว่าลองกองที่ได้รับยิปซัมเกือบทั้งหมดให้ค่าปริมาณ TA ในน้ำคั้นลองกองต่ำกว่าเกือบสองเท่า

อัตราส่วน TSS:TA

การศึกษาบทบาทแคลเซียมที่มีผลกับอัตราส่วน TSS: TA ของน้ำคั้นลองกอง พบว่า สภาพสวนลองกองที่ไม่จัดการดินโดยการใส่ยิปซัมแก่ต้นลองกองมีค่าสูงที่สุด เมื่อระดับแคลเซียมในดินอยู่ในช่วง 1.00-1.28 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม(ภาพที่ 17ค ตารางภาคผนวกที่ 8) แต่เมื่อตรวจสอบด้วยการจัดการดินกับยิปซัมแก่ต้นลองกอง พบว่าผลผลิตครั้งแรกและที่สองหลังจากใส่ยิปซัมส่วนใหญ่ให้ค่าอัตราส่วน TSS: TA สูงกว่าต้นลองกองที่ไม่ได้ใส่ยิปซัมชัดเจน (ภาพที่ 45จ 43จ ตารางภาคผนวกที่ 25, 26) และพบว่าอัตรายิปซัมที่ให้ค่าอัตราส่วน TSS: TA สูงสุด คือ 400 หรือ 800 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม แต่ค่าอัตราส่วน TSS: TA ที่ได้จากผลการทดลองครั้งนี้ให้ค่ามากกว่าเกือบสองเท่าของคำแนะนำของ นพรัตน์ (2529) ถึงระยะเวลาที่ลองกองพร้อมที่จะเก็บเกี่ยว คืออยู่ระหว่าง 21.20-23.60 และจากงานทดลองของ จำเป็น และคณะ (2548) ที่พบว่าค่าอัตราส่วน TSS: TA อยู่ในช่วง 20.64-25.44 เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ได้ใส่ยิปซัมทางดินทำให้ต้นลองกองได้รับแคลเซียมเพิ่มขึ้นแต่ของ นพรัตน์ (2529) จำเป็น และคณะ (2548) ศึกษาโดยการสุ่มตัวอย่างของผลผลิตของลองกองจากการซื้อที่วางจำหน่ายในตลาด ซึ่งไม่ได้เพิ่มแคลเซียม

แก่ผลผลิตลองกอง จึงทำให้อัตราส่วน TSS: TA ของน้ำคั้นลองกองในครั้งนี้สูงกว่าของ นพรัตน์ (2529) จำเป็น และคณะ (2548) จากอัตราส่วน TSS: TA ที่ได้จากผลการทดลองนี้ทำให้เห็นว่าปริมาณ T S S มีความสัมพันธ์กับปริมาณ T A ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในสับปะรด (Saradhuldhat and Paull, 2007) ดังนั้นอัตราส่วน TSS: TA ให้ผลดีกับการนำไปใช้ตรวจสอบคุณภาพของลองกอง เพราะในบางครั้งค่าทั้งสองอาจมีความแปรปรวนไม่สามารถใช้เปรียบเทียบได้แต่เมื่อทำเป็นอัตราส่วนแสดงว่าปริมาณ TA ถูกทำให้มีค่าเท่ากัน คือ 1 จึงทำให้ตัดปัญหาของค่าความแปรปรวนออกไป

5.3.2 ระดับแคลเซียมกับคุณภาพภายนอกของผลลองกอง

น้ำหนักสดต่อผล

การศึกษาบทบาทของแคลเซียมกับน้ำหนักสดต่อผล พบว่า การให้ผลผลิตครั้งแรกหลังใส่ยิปซัมน้ำหนักสดต่อผลของต้นลองกองที่ใส่ยิปซัม มีน้ำหนักมากกว่าต้นลองกองที่ไม่ได้ใส่ยิปซัมชัดเจน (ภาพที่ 42ก ตารางภาคผนวก 25) แสดงว่าน้ำหนักของผลกับความเข้มข้นแคลเซียมมีความสัมพันธ์ต่อกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Broom และคณะ (1998) และอัตราส่วนของแคลเซียมในใบต่อผล (ตารางภาคผนวก 35) สอดคล้องกับผลการทดลองในแอปเปิ้ล (Ernani *et al.*, 2002) แต่การให้ผลผลิตครั้งที่สองหลังใส่ยิปซัมไม่พบความแตกต่างของน้ำหนักสดต่อผลระหว่างต้นลองกองที่ใส่ยิปซัมกับต้นลองกองที่ไม่ได้ใส่ยิปซัม (ภาพที่ 43ก ตารางภาคผนวก 26) นอกจากนี้อัตราส่วนของแคลเซียมในใบต่อผลให้ค่าใกล้เคียงกัน (ตารางภาคผนวก 35) ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าน้ำหนักต่อผลขึ้นกับอัตราส่วนของแคลเซียมในใบและผล และผลการศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักผลลองกองในต้นที่ได้รับยิปซัมกับต้นที่ไม่ได้ใส่ยิปซัมให้ผลการศึกษาสนับสนุนบทบาทหน้าที่ของแคลเซียมในเรื่องเป็นองค์ประกอบของโครงสร้างเซลล์ (สุมาลี, 2536; ยงยุทธ, 2535; ปรีดา และพิชิต, 2535) นอกจากนี้การขาดแคลเซียมทำให้ลดการเติบโตในระยะแรกของช่วงเจริญเติบโตทางลำต้น และอาจลดการสังเคราะห์แสงในช่วงพัฒนาผล (จำเป็นและคณะ, 2548) จึงส่งผลถึงน้ำหนักสดต่อผลได้ แม้ว่าน้ำหนักสดต่อผลของลองกองเพิ่มเมื่อได้รับแคลเซียมเพิ่มขึ้นแต่เมื่อได้รับแคลเซียมสูง (อัตรายิปซัม 1200 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม) น้ำหนักผลสดต่อผลของลองกองลดลงในการให้ผลผลิตครั้งแรกหลังใส่ยิปซัม (ภาพที่42ก ตารางภาคผนวกที่ 25) เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักสดต่อผลกับระดับชั้นคุณภาพของลองกองพบว่าส่วนใหญ่ให้ค่าใกล้เคียงกับระดับชั้น B ซึ่งมีค่า 21.40 กรัม (กวิศร์และวันทนา, 2544)

แรงตึงผิวเปลือก

การศึกษาบทบาทแคลเซียมต่อแรงตึงผิวเปลือกของลองกอง พบว่า แรงตึงผิวเปลือกของลองกองในสภาพสวนที่ไม่จัดการดินด้วยยิปซัม (ตารางภาคผนวกที่ 8) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับแคลเซียมในดินเพิ่มขึ้น จากผลการทดลองเป็นข้อบ่งชี้ว่าต้นลองกองต้องการใช้ธาตุแคลเซียมเพื่อการสร้างองค์ประกอบโครงสร้างที่สำคัญของผนังเซลล์ ดังนั้นแรงตึงผิวเปลือกของลองกองเพิ่มขึ้นอาจเกี่ยวข้องกับธาตุแคลเซียม เพราะว่าแคลเซียมเกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์และยึดตัวของเซลล์ (Fry, 2004; White and Broadley, 2003; สุมาลี, 2536; Glenn and Poovaiah, 1990) แต่เมื่อเพิ่มแคลเซียมโดยใส่ยิปซัม จากผลการทดลองการให้ผลผลิตครั้งแรกและครั้งที่สองหลังใส่ยิปซัมแก่ต้นลองกอง พบว่า แรงตึงผิวเปลือกของลองกองในต้นลองกองที่ใส่ยิปซัมเกือบทั้งหมดให้ค่ามากกว่าต้นลองกองที่ไม่ได้ใส่ยิปซัม แต่ไม่ได้เพิ่มขึ้นตามอัตราแคลเซียมที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าเมื่อแคลเซียมมีความเข้มข้นสูงมากไม่มีความสัมพันธ์กับแรงตึงผิวเปลือก เนื่องจากเมื่อแคลเซียมความเข้มสูงกิจกรรมของเอนไซม์ที่เปลือกก็จะไม่ถูกยับยั้ง (Mignani and Bassi, 2005; Marschner, 1995) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mignani and Bassi (2005)ในแอปเปิ้ล และอาจทำให้เกิดความไม่สมดุลระหว่างไนโตรเจนกับแคลเซียมในเปลือกผล โดยพบว่าอัตราส่วนไนโตรเจนต่อแคลเซียมในเปลือกผลของลองกองในอัตรายิปซัม 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่มให้ค่าแรงตึงผิวเปลือกใกล้เคียงในครั้งแรกและครั้งที่สองหลังจากใส่ยิปซัม (ตารางภาคผนวก 3 6) สอดคล้องกับข้อสรุปของ Witney และคณะ (1991) คือเมื่อความเข้มข้นแคลเซียมไม่สมดุลกับธาตุอาหารอื่น ๆ จะส่งผลต่อคุณภาพของแอปเปิ้ล นอกจากนี้เป็นที่สังเกตว่าค่าแรงตึงผิวเปลือกของระดับแคลเซียมในดินช่วง 1.73-3.83 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม ให้ค่าใกล้เคียงอัตรายิปซัม 400 กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม

5.4 ความสัมพันธ์ธาตุอาหารพืชของลองกองระหว่างในเนื้อผลกับในก้านช่อผล เปลือกผล ใบ และดินรอบทรงพุ่ม

ส่วนผลของไม้ผลเป็นแหล่งรับ (Nurznski and kepka, 1990; Howeler, 1985) ผลผลิตที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของแหล่งจ่าย เช่น ใบ (Batasheva *et al.*, 2009; Bowling,

1980) ดังนั้นคุณภาพผลผลิตไม้ผลเกี่ยวข้องกับความเข้มข้นสารอาหารในต้น และการเคลื่อนย้ายสารอาหารไปใช้ในการพัฒนาผล จากตารางที่ 17 ความสัมพันธ์ธาตุอาหารพืชระหว่างในเนื้อผลและส่วนต่างๆ ของลองกองและในดิน มีดังนี้

ไนโตรเจน

ไนโตรเจน ในเนื้อผลลองกองมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับไนโตรเจนในก้านช่อผล (0.631**) และเปลือกผล (0.436*) ซึ่งทั้งสองส่วนเป็นแหล่งรับเช่นเดียวกับเนื้อผล แสดงว่าในส่วนที่เป็นแหล่งรับมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันแต่ในส่วนของแหล่งจ่าย(ใบ)ไม่มีความสัมพันธ์กันเลยแต่ไปมีความสัมพันธ์กับฟอสฟอรัส ในใบ(0.521**) ในเชิงบวกทั้งนี้เป็นเพราะฟอสฟอรัสควบคุมเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและการสังเคราะห์แสง (Marshner, 1995) จึงทำให้มีความสัมพันธ์กับไนโตรเจนในเนื้อผลด้วยไนโตรเจนเป็นสารประกอบที่สำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก คลอโรฟิลล์ โคเอนไซม์ ฯลฯ (ยงยุทธ, 2546) ซึ่งเป็นสารอาหารที่สะสมในเนื้อผลหลังจากที่ใบผลิตขึ้นแล้วส่งมายังผล ในการเจริญเติบโตของผลต้องเกิดการเคลื่อนย้ายแลกเปลี่ยนกับสารอาหารในใบ เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตสามารถเคลื่อนย้ายเข้าหรือออกนอกของผล หรือส่วนอื่นของผล (สัมฤทธิ์, 2544)

จากผลการทดลอง ไนโตรเจนในเนื้อผลกับไนโตรเจนในเปลือกผลให้ค่า r ต่ำกว่า 0.5 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันน้อย ดังนั้นอิทธิพลสภาพแวดล้อมและการจัดการเข้ามาเกี่ยวข้องมากกว่าธาตุไนโตรเจน ทั้งนี้เนื่องจาก Calouro และคณะ (2008) ได้กำหนดให้ค่า r ต่ำกว่า 0.5 ถือว่ามีความสัมพันธ์ต่ำ

ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสในเนื้อผลลองกอง มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับฟอสฟอรัสในดิน (0.446*) เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของสารอินทรียที่สำคัญ เช่น กรดนิวคลีอิก ฟอสโฟลิปิด โคเอนไซม์ ฯลฯ (ยงยุทธ, 2546) และโมเลกุลอื่นที่เกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมแทบทุกกระบวนการ (จริงแท้, 2544) และโดยทั่วไปแหล่งที่ให้ฟอสฟอรัสแก่พืชคือ ดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535) เมื่อพืชดูดดึงฟอสฟอรัสขึ้นไปและใบทำการสังเคราะห์เป็นสารอินทรีย์ต่างๆ หลังจากนั้นจึงส่งไปสะสมไว้ที่ผลหรือปลายยอด(สัมฤทธิ์, 2544) จึงอาจเป็นไปได้ว่าเมื่อฟอสฟอรัสในแหล่งที่ให้ คือ ดินมีสูงจะทำให้แหล่งรับ คือ ผลมีสูงด้วย แต่ฟอสฟอรัสในเนื้อผลกับ

ฟอสฟอรัสในดินให้ค่า r ต่ำกว่า 0.5 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันน้อย ดังนั้นอิทธิพลสภาพแวดล้อมและการจัดการเข้ามาเกี่ยวข้องมากกว่าธาตุฟอสฟอรัส ทั้งนี้เนื่องจาก Calouro และคณะ (2008) ได้กำหนดให้ค่า r ต่ำกว่า 0.5 ถือว่ามีความสัมพันธ์ต่ำ

โพแทสเซียม

โพแทสเซียม ในเนื้อผลลองกองไม่มีความสัมพันธ์กับธาตุอาหารในส่วนของก้านช่อผล เปลือกผล ใบ และดิน อาจเนื่องมาจากโพแทสเซียมเมื่อเข้าไปอยู่ในพืชแล้วไม่ได้เปลี่ยนเป็นสารประกอบอินทรีย์เหมือนกับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม ฯลฯ แต่จะอยู่ในรูปของเกลืออินทรีย์หรืออนินทรีย์ที่ละลายได้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535; Marshner, 1995) จึงอาจเป็นไปได้ที่ทำให้โพแทสเซียมในเนื้อผลไม่มีความสัมพันธ์กับโพแทสเซียมในแหล่ง อื่น ๆ เพราะเมื่อโพแทสเซียมในรูปของเกลืออินทรีย์หรืออนินทรีย์ที่ละลายได้ละลายที่อยู่ในน้ำหล่อเลี้ยงเซลล์ อาจมีปริมาณผันแปรตลอดเวลาส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมในแต่ละแหล่งผันแปรไปด้วย

แคลเซียม

แคลเซียมในไม้ผลและพืชผักมีหน้าที่ควบคุมการสุกด้วย นอกเหนือจากการแบ่งและยืดขยายตัวของเซลล์ และการเสริมสร้างการเจริญเติบโตของราก (ปรีดา และพิชิต, 2535)และมีส่วนในเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ด้วย (จริงแท้, 2544) จากผลการทดลองพบว่าแคลเซียมในเนื้อผลลองกองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับแคลเซียมในเปลือกผล (0.440*) และในดิน (0.430*) สอดคล้องกับงานทดลองของ Weibel (1997) ที่พบว่าแคลเซียมในเนื้อผลแอปเปิ้ลมีความสัมพันธ์กับแคลเซียมในดิน และแคลเซียมเกี่ยวข้องกับการสุกของผลไม้เพราะพืชจะสร้างน้ำย่อยขึ้นไปย่อยผนังเซลล์ที่เปลือกเพื่อทำให้ผลเกิดความนุ่ม เกิดการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล และเปลี่ยนแปลงเม็ดสี กลิ่น พร้อมทำให้รสฝาดหายไป (สัมฤทธิ์, 2544) ฉะนั้นแคลเซียมในเนื้อผลและเปลือกของลองกองซึ่งเป็นแหล่งรับสารอาหารที่ใบส่งมาเก็บสะสมไว้ จึงมีความสัมพันธ์ไปด้วยกันเมื่อผลไม้สุก และแคลเซียมในเนื้อผลมีความเข้มข้นสอดคล้องกับความเข้มข้นฟอสฟอรัส (0.574**) และแมกนีเซียม (0.505*)ในเปลือกผล อาจเนื่องจากธาตุทั้งสองเป็นองค์ประกอบหรือเกี่ยวข้องกับสารที่มีผลกับการสุกของผลไม้ นอกจากนี้มีความเป็นไปได้ที่ความเข้มข้นแคลเซียมในดินสูงแล้วความเข้มข้นแคลเซียมในเนื้อผลสูงด้วย ความเข้มข้นไนโตรเจน (0.466*) และแมกนีเซียม (0.559**) ในดินเกี่ยวข้องกับความเข้มข้นแคลเซียมในเนื้อผลเช่นกัน เพราะไนโตรเจนเป็นสารประกอบที่สำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก คลอโรฟิลล์ โคเอนไซม์ ฯลฯ (ยงยุทธ, 2546)และแมกนีเซียม

ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวะเคมี เช่น การสังเคราะห์แป้ง โปรตีน ไขมัน และวิตามิน โดยทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์ชนิดต่างๆ (ปรีดา และพิชิต, 2535) แต่ไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมของแคลเซียมในดินที่เมื่อดินมีไนโตรเจนในรูป NH_4^+ และ Mg^{2+} สูงจะทำให้พืชดึงดูดแคลเซียมลดลง (สุมาลี, 2536) จากผลการทดลองปรากฏว่าแคลเซียมในใบ (0.050) ไม่มีความสัมพันธ์กับแคลเซียมในเนื้อผล ซึ่งให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับแอปเปิ้ล (Weibel, 1997) แสดงว่าใช้ผลการวิเคราะห์แคลเซียมในใบทำนายถึงแคลเซียมในเนื้อผลไม่ได้

แมกนีเซียม

จากการที่แมกนีเซียมส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวะเคมี เช่น การสังเคราะห์แป้ง โปรตีน ไขมัน และวิตามิน โดยทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์ชนิดต่างๆ (ปรีดา และพิชิต, 2535) และเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง (จริงแท้, 2544) ผลการทดลองพบว่าแมกนีเซียมในเนื้อผลลองกองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับแมกนีเซียมในเปลือกผล (0.414*) จากการที่แมกนีเซียมเป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์ชนิดต่างๆของกระบวนการทางชีวะเคมี ดังนั้น ทั้งเนื้อผลและเปลือกของลองกองในช่วงเวลาสุก อาจจะต้องการแมกนีเซียมจึงทำให้มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน นอกจากนี้แมกนีเซียมในเนื้อผลลองกองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับไนโตรเจนในก้านช่อผล(0.466*) และเปลือกผล (0.421*) และฟอสฟอรัสในก้านช่อผล(0.427*) อาจจะเป็นไปได้ว่า ในขณะที่ผลไม้สุกนั้นในส่วนของก้านช่อผลมีการเกิดกระบวนการทางชีวะเคมีน้อยหรือไม่เกิดเลย จึงทำให้สารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบของทั้งสองธาตุที่สะสมไว้ไม่ถูกย่อยสลาย สำหรับเปลือกผลนั้น คงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวะเคมีในเรื่องของเม็ดสีและการอ่อนนุ่มของเปลือกแต่องค์ประกอบไนโตรเจนของสารอินทรีย์บางชนิดไม่ถูกย่อยสลาย แต่แมกนีเซียมในเนื้อผลมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับโพแทสเซียมในใบ (0.520**) ชัดเจนมากกว่าอีก 4 ธาตุ ซึ่งอาจจะแสดงว่าในขณะที่ผลไม้สุกมีการเคลื่อนย้ายสารอาหารจากใบมาสู่ผลน้อย และทำให้เห็นว่าเมื่อไนโตรเจนหรืออินทรียวัตถุในดิน (0.405*) มีความเข้มข้นสูงแล้วอาจทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในผลสูงด้วยเพราะกรณีที่ดินมีอินทรียวัตถุสูงช่วยทำให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535) จึงทำให้พืชดูดดึงแมกนีเซียมได้สูงขึ้น

5.5 ความต้องการธาตุแคลเซียมกับผลผลิตลองกอง

การใส่ยิปซัมทางดินทำให้คุณภาพโดยรวมของผลผลิตลองกองดีขึ้น คือ น้ำหนักสดต่อผล แรงตึงผิวเปลือก และ TSS เพิ่มขึ้น จากข้อมูลธาตุอาหารในผลผลิตและใบของลองกอง พบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมในทุกองค์ประกอบของผลผลิตและในใบจากต้นลองกองที่ใส่ยิปซัมมีแนวโน้มสูงกว่าต้นไม่ใส่ยิปซัม และเมื่อทราบความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมและน้ำหนักแห้งในส่วนต่าง ๆ ของผลผลิตลองกองทำให้สามารถหาปริมาณธาตุแคลเซียมที่ใช้กับผลผลิตลองกองได้ โดยประเมินว่าลองกองให้ผลผลิตเป็นน้ำหนักสด 100 กิโลกรัมต่อต้น จะต้องใช้แคลเซียมเท่ากับ 64.54 กรัม ซึ่งมากกว่าของจำเป็นและคณะ (2548) ประมาณ 2 เท่า เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ได้ใส่ยิปซัมทางดินทำให้ต้นลองกองได้รับแคลเซียมเพิ่มขึ้นแต่ของ จำเป็น และคณะ (2548) ศึกษา โดยการสุ่มตัวอย่างของผลผลิตของลองกองจากการซื้อที่วางจำหน่ายในตลาดอำเภอหาดใหญ่ ซึ่งไม่ได้เพิ่มแคลเซียมแก่ผลผลิตลองกอง จึงทำให้ผลการประเมินการใช้แคลเซียมของลองกองในครั้งนี้สูงกว่าของ จำเป็น และคณะ (2548) เมื่อแยกเป็นก้านช่อผล เปลือกผล และเนื้อผล คือ 71.47, 110.57 และ 11.59 กรัม ตามลำดับ ส่วนการใช้ธาตุแคลเซียมในการแตกกิ่งใหม่ 1 ครั้งของต้นลองกอง โดยประเมินว่าต้นลองกองแตกกิ่งใหม่ 100 กิ่งต่อต้น จะต้องใช้แคลเซียมเท่ากับ 17.78 กรัม เมื่อแยกเป็นก้านช่อใบ และใบ คือ 4.45 และ 13.33 กรัม ตามลำดับ

5.6 ข้อเสนอแนะแนวทางการศึกษาเกี่ยวกับธาตุอาหารพืชและการจัดการ

คุณภาพผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับสภาวะของดิน ลักษณะของต้น การจัดการสวน และสภาพภูมิอากาศในระหว่างการพัฒนาของผล (Costa, 1999) สิ่งแรกที่สำคัญ คือ การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบธาตุอาหารและ/หรือช่วงเวลาแก่หรือสุกของผลไม้ ซึ่งแคลเซียมเกี่ยวข้องกับคุณภาพผลไม้เป็นอันดับแรกโดยมีภูมิอากาศเข้ามาเกี่ยวข้อง (Bramlage, 1993) ดังนั้น แนวทางการจัดการธาตุแคลเซียมสามารถดำเนินการได้ดังต่อไปนี้

ระดับธาตุอาหารกับการเจริญเติบโตของพืช

การนำสารละลายธาตุอาหารพืชมาศึกษาการเจริญเติบโตของพืช (Fageria *et al*., 2011) เนื่องจากธาตุทุกชนิดอยู่ในสภาพไอออนเพราะอยู่ในสภาพสารละลาย ควบคุมปัจจัยสิ่งแวดล้อมและศึกษาเกี่ยวกับระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชได้ง่าย สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของไม้ผลควรใช้ต้นกล้าไม้ผลที่มีอายุไม่เกิน 1 ปี สูตรสารละลายธาตุอาหารพืชที่คิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้กับพืชผักหรือไม้ดอก เช่น สูตรสารละลายธาตุอาหารพืช ของ Hoagland and arnon (1950) ซึ่งสัดส่วนธาตุอาหารพืช NO_3^-: NH_4^+: P: K: Ca: Mg คือ 14: 1: 1: 6: 4: 2 นำมาใช้กับต้นกล้าของลองกองที่มีอายุ 6 เดือน ไม่เหมาะสม สูตรสารละลายธาตุอาหารพืชที่สามารถนำมาใช้ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้าลองกองได้ คือ Carpena (1983) ซึ่งสัดส่วนธาตุอาหารพืชที่ใช้ NO_3^-: NH_4^+: P: K: Ca: Mg: Na คือ 19: 12: 1: 4.3: 12.5: 2: 1.5

การศึกษาสถานการณ์ธาตุแคลเซียมในดินและต้นลองกอง

เมื่อดำเนินการเก็บเกี่ยวผลผลิตลองกองเสร็จสิ้นแล้ว ควรต้องศึกษาสถานการณ์ภาพรวมของปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในดินและต้นลองกอง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการธาตุแคลเซียมให้เหมาะสมกับต้นลองกอง โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินบริเวณใต้ต้นทรงพุ่มต้นลองกองที่ระดับความลึกประมาณ 0-15 เซนติเมตรจากผิวดิน มาวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน เช่น พีเอชของดิน อินทรียวัตถุ รวมทั้งปริมาณธาตุอาหารที่สำคัญ เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม และสุ่มเก็บตัวอย่างใบลองกองที่เจริญเติบโตเต็มที่ซึ่งมีอายุประมาณ 4-6 เดือน จากใบย่อยคู่กลางจากใบประกอบตำแหน่งที่ 2 นับจากกิ่งยอด ให้ทั่วทั้งทรงพุ่มมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารที่สำคัญ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ผลการวิเคราะห์ดินและใบลองกองที่ได้นี้เป็นข้อมูลสำคัญที่ทำให้สามารถประเมินสถานการณ์ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารที่สะสมในดินและต้นลองกองได้ แล้วนำมาใช้เป็นแนวทาง สำหรับการจัดการดินและกำหนดอัตราการใส่ปุ๋ยหรือแคลเซียมให้แก่ต้นลองกองเพิ่มเติมสำหรับฤดูกาลการผลิตถัดไป โดยเฉพาะการรักษาหรือเพิ่มคุณภาพของผลผลิต ควรนำผลผลิตไปวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมด้วยทั้งนี้ เพราะว่าจากผลการทดลองแคลเซียมในใบและเนื้อผลไม่มีความสัมพันธ์กัน สำหรับหลักการเพิ่มธาตุแคลเซียมหรือไม่ให้พิจารณาดังนี้หากความเข้มข้นธาตุอาหารอยู่ในระดับที่เพียงพอ ให้ใส่ปุ๋ยในอัตราเดิมหรือไม่ใส่กรณีทราบระยะเวลาการตกค้างของ

สารที่ใส่ลงดิน เช่น ยิปซัมตกค้างได้ไม่น้อยกว่า 3 ปี หากต่ำกว่าให้เพิ่มอัตราปุ๋ย และหากสูงกว่าให้ลดอัตราปุ๋ยลงหรือไม่ต้องใส่ เพื่อให้ดินที่ปลูกลองกองอยู่ในสภาพที่มีปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและให้ผลผลิตคุณภาพดี นอกจากนี้ควรคุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ย

การให้แคลเซียมกับลองกอง

การให้แคลเซียมกับลองกองโดยทั่วไปทำได้ 2 รูปแบบ คือ การให้ทางดินและการฉีดพ่นที่ช่อผลซึ่งกระทำในช่วง 4 สัปดาห์หลังติดผล สำหรับสวนที่ทำการจัดการดีสามารถให้ทางระบบน้ำได้ กรณีสารประกอบแคลเซียมละลายน้ำได้ดี และอาจเป็นวิธีที่เหมาะสมเพราะว่าปัจจัยที่สำคัญที่รากจะดูดธาตุแคลเซียมได้ดี คือ ความชื้นดิน (Ernani *et al*., 2002; Faust, 1989; Shear, 1980; Tromp, 1980) กรณีการให้ทางดินสามารถใช้วิธีโรยรอบโคนต้น แต่ควรผสมคุกเคล้ากับดินให้ดีเพราะสภาพภูมิอากาศทางภาคใต้ของประเทศไทยมีฝนตกชุกอาจชะละลายไปกับน้ำได้ทำให้สูญเสียธาตุแคลเซียมโดยที่ต้นลองกองนำไปใช้ไม่ได้ และอัตราที่จะใช้ให้พิจารณาเนื้อดินด้วยเพราะว่าดินที่มีร้อยละของดินเหนียวสูงสามารถดูดซับแคลเซียมไอออนได้ดี (Terblanche *et al*., 1980) และพิจารณาอัตราส่วนระหว่างแคลเซียมกับธาตุประจุบวกชนิดอื่นๆ (ปรีดา และพิชิต, 2535; สุมาลี , 2536; Tisdale *et al*.,1993) เพราะว่าจากผลการทดลอง ธาตุไนโตรเจนและแมกนีเซียมในดินมีความสัมพันธ์ทางบวกกับธาตุแคลเซียมในเนื้อผล แต่ควรระวังการให้ปุ๋ยไนโตรเจนติดต่อเป็นเวลานาน ๆ ทำให้ดินมีปริมาณแคลเซียมลดลง (Magdoff and Amadon, 1980; Kanwar, 1976) ดังนั้นควรจัดการดินด้วยปุ๋ยคอกในอัตราสูงเพราะว่าเมื่อปุ๋ยคอกสลายตัวช่วยทำให้ดินมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้น (Olsen *et al*., 1970; Vitosh *et al*., 1 9 7 3) ในการปรับปรุงผลผลิตของลองกองโดยการให้แคลเซียมทางดินควรใช้ยิปซัมเพราะว่าละลายง่ายกว่าปูนขาว และพีเอชดินเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยแต่เพิ่มปริมาณแคลเซียมในดิน สำหรับปูนขาวปรับพีเอชได้ในดินกรด

อย่างไรก็ตาม ลักษณะอิทธิพลของความเข้มข้นของแคลเซียมที่ได้จากการใช้ยิปซัมในดินที่มีผลต่อการดูดซึมธาตุโพแทสเซียมหรือธาตุอื่น ๆ จะต้องมีงานทดลองเพื่อตอบความคิดเห็นนี้ให้ชัดเจนเกี่ยวกับการจัดการสวนลองกอง เนื่องจากผลที่ได้ในการศึกษาครั้งนี้มีความผันแปรอยู่ด้วยมีปัจจัยหลายอย่างที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น การจัดการสวน สภาพภูมิอากาศ ฯลฯ

บทที่ 6

สรุป

1. ระดับแคลเซียมในดินที่มีเนื้อดินประเภทร่วนปนทรายแป้ง (silt loam) พีเอช 5.85±0.39 อินทรียวัตถุ 12.87±2.08 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 435.72±77.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่สกัดได้ 0.28±0.05 เซนติโมล(+)ต่อกิโลกรัม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ 0.56±0.09 เซนติโมล(+)ต่อกิโลกรัม ทำให้ผลลองกองมีคุณภาพดีและให้ผลผลิตสม่ำเสมอ คือ 3.49±0.40 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปี 1548.2±42.1 มิลลิเมตร จำนวนวันฝนตกเฉลี่ยทั้งปี 156±8.5 วัน อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 23.04± 1.37 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.78±2.85 องศาเซลเซียส และร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเฉลี่ย 94.99±1.03

2. ระดับแคลเซียมในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ทำให้ต้นกล้าลองกองเจริญเติบโตดีที่สุด คือ 1.50 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม หรือ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อสารละลายธาตุอาหารพืชมีองค์ประกอบของไนเตรต 706.8 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียม 130.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสฟอรัส 18.6 มิลลิกรัมต่อลิตร โพแทสเซียม 101.7 มิลลิกรัมต่อลิตร แมกนีเซียม 29.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซัลเฟอร์ 148.1 มิลลิกรัมต่อลิตร โซเดียม 20.7 มิลลิกรัมต่อลิตร แมงกานีส 379.1 ไมโครกรัมต่อลิตร สังกะสี 248.4 ไมโครกรัมต่อลิตร ทองแดง 247.8 ไมโครกรัมต่อลิตร โบรอน 451.9 ไมโครกรัมต่อลิตร โมลิบดินัม 95.9 ไมโครกรัมต่อลิตร เหล็ก 1116.9 ไมโครกรัมต่อลิตร และคลอไรด์ 46.1 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยควบคุมพีเอชและค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย คือ 5.82 ±0.16 และ1.46±0.34 เดซิซีเมนต่อเมตร ตามลำดับ สภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 23.72± 0.41 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 28.98±0.98 องศาเซลเซียส ร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำสุดเฉลี่ย 81.04±5.46 ร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงสุดเฉลี่ย 99.54±1.12 และความเข้มแสงรอบวันอยู่ในช่วง 10.76-68864 Lux

3. แคลเซียมในเนื้อผลมีความสัมพันธ์ทางบวกกับไนโตรเจนในดิน ($r=0.466^{*}$) ฟอสฟอรัสในเปลือกผล ($r=0.574^{**}$) แคลเซียมในเปลือกผล ($r=0.440^{*}$) แคลเซียมในดิน ($r=0.430^{*}$) แมกนีเซียมในเปลือกผล ($r=0.505^{*}$) และแมกนีเซียมในดิน ($r=0.559^{**}$) แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับโพแทสเซียม ธาตุอาหารพืชต่าง ๆ ในส่วนของก้านช่อผลและใบไม่มีความสัมพันธ์กับแคลเซียมใน

เนื้อผล

4. ยิปซัมทำให้น้ำหนักต่อผล แรงตึงผิวเปลือก TSS และ TSS:TA เพิ่มขึ้น

5. ธาตุแคลเซียมไม่มีสัมพันธ์โดยตรงกับความเป็นกรด-ด่างของดิน ยิปซัมทำให้ความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

6. ดินที่ปลูกลองกองทางภาคใต้ตอนล่างมีแคลเซียมอยู่ในระดับต่ำ และส่วนใหญ่มีปริมาณแคลเซียมต่ำกว่า 1.50 เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม

7. ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในส่วนต่าง ๆ ของลองกอง จากมากไปน้อย ดังนี้

ราก

ไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส~แคลเซียม และแมกนีเซียม

เนื้อไม้ และใบ

ไนโตรเจน ~โพแทสเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม

ก้านช่อผล และเปลือกผล

โพแทสเซียม ไนโตรเจน แคลเซียม ฟอสฟอรัส~แมกนีเซียม

เนื้อผล

โพแทสเซียม ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม~แมกนีเซียม

8. ความเข้มข้นของแคลเซียมในส่วนต่าง ๆ ของผลลองกอง จากมากไปน้อย ดังนี้ เปลือกผล ก้านช่อผล และเนื้อผล

9. อัตรายิปซัมที่ทำให้ลองกองมีคุณภาพและผลผลิตสม่ำเสมอ คือ 400 กรัมของยิปซัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม และผลตกค้างของยิปซัมในดินนานถึง 3 ปี เมื่อดินมีเนื้อดินประเภทร่วนปนทรายแป้ง (silt loam) พีเอช 4.88 อินทรียวัตถุ 12.63 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 344 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่สกัดได้ 0.24 เซนติโมล(+)ต่อกิโลกรัม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ 0.51 เซนติโมล(+)ต่อกิโลกรัม โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปี 1548.2±42.1 มิลลิเมตร จำนวนวันฝนตกเฉลี่ยทั้งปี 156±8.5 วัน อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 23.04± 1.37 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.78±2.85 องศาเซลเซียส และร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเฉลี่ย 94.99±1.03

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2549. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. กรุงเทพฯ: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2535. คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ: กองวางแผนการใช้ที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมวิชาการเกษตร. 2545. ลองกองและลางสาด. กรมวิชาการเกษตร. www.disc.doa.go.th/home/publication/pub/scientific_1-4/scientific_3 /hsst/long.htm (สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2545)

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2550. การกระตุ้นการออกดอกและและเร่งการพัฒนาของช่อดอก. กรมส่งเสริมการเกษตร. www.doae.go.th/library/html/detail/long_gong/long7.html (สืบค้นเมื่อ 12 กันยายน 2550).

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2548. สถิติการปลูกลองกองรายจังหวัด ปีการเพาะปลูก 2546. กรมส่งเสริมการเกษตร. www.doae.go.th/data/fruit/35.pdf (สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2549).

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2544. ลองกอง. กรมส่งเสริมการเกษตร. www.doae.go.th/library/html/detail/long_gong/longindex.html (สืบค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2544)

กวิศร์ วานิชกุล และวันทนา บัวทรัพย์. 2544. ความเป็นไปได้ในการขยายแหล่งผลิตลองกองสู่ภาคต่างๆของประเทศไทย. รายงานวิจัย. นครปฐม: คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กำแพงแสน.

กลุ่มเกษตรสัญจร. 2531. ลางสาด-ลอกอง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม.

โกเศส เอี่ยมฐานนท์. 2538. เอกสารประกอบการสอนวิชาหลักไม้ผล. นครศรีธรรมราช: วิทยาเขตนครศรีธรรมราช สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2535. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จำเป็น อ่อนทอง. 2536. แนวทางการจัดการดินและปุ๋ยในสวนลองกอง. ใน แนวทางการจัดการสวนลองกอง. จำเป็น อ่อนทอง สุรกิตติ ศรีกุล และมนตรี อิสรไกรศีล, บรรณาธิการ. หน้า 41-73. สุราษฎร์ธานี: ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี, กรมวิชาการเกษตร.

จำเป็น อ่อนทอง ณันยงค์ ปล้องอ่อน และมงคล แซ่หลิม. 2549ก. ความต้องการธาตุอาหารและผลของปุ๋ยต่อการพัฒนาผลและคุณภาพผลผลิตลองกอง. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 28: 1175-1185.

จำเป็น อ่อนทอง บุญส่ง ไกรศรพรสรร พิรุณ ติระพัฒน์ และสายใจ กิ้มสงวน. 2549ข. ความสัมพันธ์ระหว่างคาร์โบไฮเดรตและธาตุอาหารและคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมกับการออกดอกของลองกอง. ว. วิทย. กษ. 37: 203-212.

จำเป็น อ่อนทอง สุรชาติ เพชรแก้ว มงคล แซ่หลิม และจรัสศรี นวลศรี. 2548. การปรับปรุงดินและความต้องการธาตุอาหารของลองกอง. รายงานวิจัย. สงขลา: ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยรัตน์ นิลนนท์ วิเชียร จาฏุพจน์ วรรณา เลี้ยววาริณ และสุภาณี ยงค์. 2538. สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูกมังคุดบางชนิดในภาคใต้ของประเทศไทย. ว.สงขลานครินทร์ วทท. 17: 381-393.

ชูจิต มามีวัฒนะ. 2536. การขยายพันธ์ลองกอง. ใน แนวทางการจัดการสวนลองกอง. จำเป็น อ่อนทอง สุรกิตติ ศรีกุล และมนตรี อิสรไกรศีล, บรรณาธิการ. หน้า 20-28. สุราษฎร์ธานี: ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี, กรมวิชาการเกษตร.

ชูพงษ์ สุกุมลนันทน์. 2531. สตรอเบอร์รี่. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2534. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้. เชียงใหม่: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ดิเรก ทองอร่าม. 2546. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน: หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ถวิล ครุฑกุล. 2526. หลักการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ถาวร วิจิตรสุนทรกุล. 2541. อิทธิพลของปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะละกอที่ปลูกบนดินชุดยโสธร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นวลจันทร์ วิไลพล จงกล กรรณเลขา และปรีชา สิงหา. 2546. การเพิ่มผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองโดยใช้ปุ๋ยแคลเซียมและแมกนีเซียม. รายงานวิจัย. ขอนแก่น: ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นพรัตน์ พันธุวนิช. 2529. การเจริญเติบโตของผล ดัชนีการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวของผลลองกอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นันทกร บุญเกิด. 2544. การจัดการธาตุอาหารพืชกับไม้ผล (องุ่น มะม่วง). สำนักงานเลขานุการคณะกรรมการพัฒนาและบริหารจัดการผลไม้. http://www.fruitboard.doae.go.th/soil&Fertilizer.htm (สืบค้นเมื่อ 15 เมษายน 2550)

นันทนาพร พันธุ์รัตน์ และพรพรรณ นันทบุตร. 2545. ผลของการเตรียมวัตถุดิบก่อนการอบแห้งลองกอง. รายงานการวิจัย. ปัตตานี: ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นันทรัตน์ ศุภกำเนิด. 2544. โครงการวิจัยธาตุอาหารส้ม. สำนักงานเลขานุการคณะกรรมการพัฒนาและบริหารจัดการผลไม้. http://www.fruitboard.doae.go.th/soil&Fertilizer.htm (สืบค้นเมื่อ 15 เมษายน 2550)

นิภาพร สอนสุด และ ตระกูล ตันสุวรรณ. 2544. ผลของโพแทสเซียมต่อคุณภาพของฝรั่ง. ว. เกษตร 17: 29-37.

เนาวรัตน์ โฉมสันเทียะ. 2548. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด : มหธาตุ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สมุทรปราการ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง.

โนรี อิสมะแอ. 2546. การบรรเทาการเกิดผลเว้นปีของลองกอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สงขลา: ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บุญส่ง ไกรศรพรสรร และ จำเป็น อ่อนทอง. 2545. ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในใบลองกองในระยะต่าง ๆ. ว. วิทย. กษ. 33: 253-263.

บุญส่ง ไกรศรพรสรร สายัณห์ สดุดี และ ชัยรัตน์ นิลนนท์. 2552. ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุ

อาหารกับคุณภาพผลผลิตลองกอง. ว. วิทย. กษ. 40(3): 381-390.

บรรเจิด พลางกูร. 2523. ทรัพยากรที่ดิน. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

บริษัท ดี เค ที จำกัด . 2546. ยิปซัม. บริษัท ดี เค ที จำกัด. http://www.dktgypsum.com/cgi-bin/mainframe _ th.pl?showp=recommend_th.html (สืบค้นเมื่อ 8 กันยายน 2546)

บริษัทปุ๋ยแห่งชาติ. 2546. สารปรับปรุงดินแคลฟอสพลัส. บริษัท ปุ๋ยเอ็นเอฟซี จำกัด. http://www.nfc.co.th/Html/calphosplus.htm (สืบค้นเมื่อ 11 พฤศจิกายน 2546)

ปรีดา พากเพียร และพิชิต พงษ์สกุล. 2535. บทบาทของธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพพืชสวน. เอกสารวิชาการ 001. กรุงเทพฯ: กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, กองปฐพีวิทยา, กรมวิชาการเกษตร.

ปัญจพร เลิศรัตน์. 2544. งานวิจัยการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำกับไม้ผลเมืองร้อนบางชนิด, สำนักงานเลขานุการคณะกรรมการพัฒนาและบริหารจัดการผลไม้. http://www.fruitboard.doae.go.th/soil& Fertilizer.htm (สืบค้นเมื่อ 15 เมษายน 2550)

ฝ่ายข้อมูลส่งเสริมการเกษตร. 2540. สถิติการปลูกไม้ผล-ไม้ยืนต้น ปี 2538. กรุงเทพฯ: กองแผนงาน, กรมส่งเสริมการเกษตร.

ฝ่ายข้อมูลส่งเสริมการเกษตร. 2537. สถิติการปลูกไม้ผล-ไม้ยืนต้น ปี 2535. กรุงเทพฯ: กองแผนงาน, กรมส่งเสริมการเกษตร.

พจนีย์ มอญเจริญ. 2545. เอกสารวิชาการการใช้ข้อมูลผลการวิเคราะห์ดินเพื่อการปรับปรุงบำรุงดินและการใช้ปุ๋ย. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พรทิวา กัญยวงศ์หา และสุมิตรา ภู่วโรดม. 2545. สมบัติดินปลูกทุเรียนของเกษตรกรในภาคตะวันออกของประเทศไทย. ว.วิทย.กษ. 36: 429-432.

พิรุณ ติระพัฒน์. 2543. เปรียบเทียบความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมแต่ระยะการเจริญเติบโตของใบลองกอง. รายงานการวิจัย. ปัตตานี: ภาควิชาเทคโนโลยีและการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มงคล แซ่หลิม สายัณห์ สดุดี และสุภาณี ชนะวีรวรรณ. 2541. การใช้สารประกอบแคลเซียมกับลองกอง. ว. สงขลานครินทร์. วทท. 20: 21-26.

มนตรี อิสรไกรศีล. 2536. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และการเจริญเติบโตของลองกอง, ใน แนวทางการจัดการสวนลองกอง. จำเป็น อ่อนทอง สุรกิตติ ศรีกุลและมนตรี อิสรไกรศีล, บรรณาธิการ. หน้า 8-19. สุราษฎร์ธานี: ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี, กรมวิชาการเกษตร.

มนูญ ศิรินุพงศ์ สุจริต ส่วนไพโรจน์ และ บุญส่ง ไกรศรพรสรร. 2542. ผลของปุ๋ยโมโนโพแทสเซียมฟอสเฟตและเอทธิฟอนต่อการออกดอกติดผลลองกอง. รายงานการวิจัย. ปัตตานี: ภาควิชาเทคโนโลยีและการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2546. ลองกอง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. http://web.ku.ac.th/agri/fruit2/longon1.htm (สืบค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2546)

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, วังบูรพา.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. ธาตุอาหารพืช. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2535. แคลเซียม-โบรอนในดินและพืช: แนวคิดการใช้ปุ๋ยทางใบกับไม้ผล. ว.ดินและปุ๋ย 14: 298-314.

ยงยุทธ โอสถสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุทธนา เขาสุเมรุ ชิติ ศรีตนทิพย์ และสันติ ช่างเจรจา. 2545. โครงการแก้ไขปัญหาต้นโทรมของลำไย: ความสัมพันธ์ระดับธาตุอาหารในดินและต้นลำไยกับการแสดงอาหารต้นโทรม. รายงานฉบับสมบูรณ์ ชุดโครงการไม้ผลและผลิตภัณฑ์จากผลไม้. ลำปาง: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

ยุทธนา เขาสุเมรุ ชิติ ศรีตนทิพย์ และสันติ ช่างเจรจา. 2544. แนวทางการจัดการดินและปุ๋ยลำไย, สำนักงานเลขานุการคณะกรรมการพัฒนาและบริหารจัดการผลไม้. http://www.fruitboard.doae.go.th/soil&Fertilizer.htm (สืบค้นเมื่อ 15 เมษายน 2550)

รวี เสรฐภักดี. 2543. การออกดอก การเพิ่มผลผลิต และคุณภาพผลลองกอง. ใน เทคโนโลยีการผลิตลองกอง. เอกสารประกอบการอบรมเทคโนโลยีการผลิตลองกอง, หน้า 27-32. ปัตตานี: ภาควิชาเทคโนโลยีและการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี.

วรรณิศา พลัดบุญทอง. 2550. อิทธิพลของปุ๋ยแคลเซียมและโบรอนต่อผลผลิตและคุณภาพของมังคุด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สมุทรปราการ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วันทนา บัวทรัพย์ และเรืองเดช นิเวศประเสริฐ. 2546. ลองกอง. กรมส่งเสริมการเกษตร. http://www.doae.go.th/library/html/detail/longgong (สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2546)

ศิวพร จินตนาวงศ์. 2539. มาตรฐานพันธุ์พืชสวน. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. ลองกอง. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. http://www.oae.go.th/Main.php?filename=agri_production (สืบค้นเมื่อ 5 สิงหาคม 2553)

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2538. สรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมพร คนยงค์ มัณฑนีย์ เศรษฐภักดี และ สมพร เจนคุณาวัฒน์. 2551. อิทธิพลของธาตุอาหารพืชที่มีต่อบัวบกในชุดดินรังสิตกรดจัด. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ http://kucon.lib.ku.ac.th/Fulltext /KC4301052.pdf (สืบค้นเมื่อ 12 กันยายน 2551)

สมพร จันทเดช. 2535. การปลูกลองกอง. กรุงเทพฯ: โอเอสพริ้นติ้งเฮาส์.

สายชล เกตุษา. 2529. การสุกของผลไม้. ข่าวสารเกษตรศาสตร์ 31: 1-8.

สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สายชล เกตุษา. 2536. การเก็บเกี่ยวและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. ใน การทำสวนมะม่วง. ไพบูลย์ ไพรีพ่ายฤทธิ์, บรรณาธิการ. หน้า 204-214. นครปฐม: สำนักส่งเสริมและการฝึกอบรมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

สุพจน์ โตตระกูล. 2526. หลักการของปฐพีเคมีวิเคราะห์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

สุมาลี สุทธิประดิษฐ์. 2536. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. สงขลา: ภาควิชาธรณีศาสตร์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุรกิตติ ศรีกุล อรพิณ อินทร์แก้ว และชาย โพธิวิส. 2540. การใช้สารแคลเซียมในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มคุณภาพและการเก็บรักษาของผลลองกอง. วิทยาสารสถาบันวิจัยพืชสวน 16: 7-34.

สุรกิตติ ศรีกุล. 2536. วิทยาการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวลองกอง. ใน แนวทางการจัดการสวนลองกอง. จำเป็น อ่อนทอง; สุรกิตติ ศรีกุล และมนตรี อิสรไกรศีล, บรรณาธิการ. หน้า 119-148. สุราษฎร์ธานี: ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี, กรมวิชาการเกษตร.

สุมิตรา ภู่วโรดม นุกูล ถวิลถึง สมพิศ ไม้เรียง พิมล เกษสยม และ จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร. 2545. การสร้างค่ามาตรฐานธาตุอาหารสำหรับทุเรียน: 1 ค่ามาตรฐานธาตุอาหาร. ว. วิทย. กษ. 33: 279-286.

สุรชาติ เพชรแก้ว. 2542. ศักยภาพที่ดินสำหรับการปลูกมังคุดในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย สมบัติบางประการของดินปลูกมังคุดในภาคใต้ของประเทศไทย สมบัติบางประการของดินปลูกมังคุดในอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา. รายงานวิจัย. สงขลา: ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุรชาติ เพชรแก้ว จำเป็น อ่อนทอง มนูญ แซ่อ๋อง และ ณรงค์ มะลี. 2550. สมบัติบางประการของดินปลูกลองกองในจังหวัดสงขลาและนราธิวาส และการจัดการ. ว.สงขลานครินทร์ วทท. 29: 669-683.

สุธัญญา จันทร์ทักษิโณภาส. 2527. การเจริญเติบโตของผลลองกอง. ปัญหาพิเศษ มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2544. สรีรวิทยาการพัฒนาการพืช. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2538. แร่ธาตุอาหารพืชสวน. ขอนแก่น: ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไสว รัตนวงศ์. 2534. การปลูกลองกอง. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เทมการพิมพ์.

อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น. 2543. ดินเขตร้อน. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.

อักษร ศรีสวัสดิ์ สมชัย กกกำแหง ชนินนทร์ เทพรัตน์ สุรเชษฐ์ จึงเกษมโชคชัย กมลรัตน์ ธเนศสกุลวัฒนา และวราภรณ์ คุณาวนากิจ. 2546. โครงการศึกษาผลของการใช้ยิปซัมจากโรงไฟฟ้าลิกไนต์ที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพของพืชไร่และพืชสวน. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. http://www.egat.or.th/rdo/lab/rdproj1.html (สืบค้นเมื่อ 30 กันยายน 2546)

อรุณศิริ กำลัง ยงยุทธ โอสถสภา วิสุทธิ์ วีรสาร และจันทร์จรัส วีรสาร. 2546. การวิเคราะห์ใบเพื่อกำหนดแนวทางในการประเมินระดับธาตุอาหารและการใช้ปุ๋ยอย่างเหมาะสมสำหรับลิ้นจี่ที่ปลูกในเขตภาคกลางของประเทศไทย. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

อรพิน ประพฤติดี จำเป็น อ่อนทอง และ ชัยรัตน์ นิลนนท์. 2549. การใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมเพื่อพัฒนาผลและคุณภาพผลผลิตของลองกอง. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 29(4): 1003-1016.

อรรณพ วราอัศวปติ. 2532. เทคโนโลยีและสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้และผักสด. เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อับดุลฮากีม หามะ. 2546. องค์ประกอบทางเคมีของลองกอง. รายงานการวิจัย. ปัตตานี: ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อัศจรรย์ สุขธำรง, นันทกร บุญเกิด และเรณู ขำเลิศ. 2542. การจัดการธาตุอาหารพืชเพื่อการเพิ่มผลผลิตและควบคุมคุณภาพของมะม่วง. สาระไม้ผล 4: 1-3.

เอิบ เขียวรื่นรมย์. 2533. ดินของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Abbott, J.A.,W.S. Conway and C.E. Sams. 1989. Postharvest calcium chloride infiltration affects textural attributes of apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 932-936.

Adama, P. and A.M. El-Gizawy. 1988. Effect of calcium stress on the calcium status of tomatoes grown in NFT. Acta Hort. 222: 15-22.

Aksoy,U, and D. Anac. 1994. Effect of calcium chloride application on fruit quality and mineral content of fig. . Acta Hort. 368: 754-762.

Alexander, L. and D. Grierson. 2002. Ethylene biosynthesis and action in tomato : a model for climacteric fruit ripening. J. Exper. Bot. 53: 2039-2055.

Aloni, R. 1987. Differentiation of vascular tissues. Annu. Rev. Plant Physiol. 38: 179-204.

Aloni, R. 2001. Foliar and axial aspects of vascular differentiation : hypotheses and evidence. J. Plant Growth Regul. 20: 22-34.

Andrew, W.S., A.D. Johnson, and R.L. Sandland. 1973. Effect of aluminum on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. Aust. J. Agric. Res. 24: 325-339.

Andrews, P.K., M.L. Collier and D. Fahy. 1999. Gala stem-end splitting and internal ring cracking. Good Fruit Grower 50:20-23.

Antunes, M.D.C., V. Mendonca, M.G. Miguel, M.A. Neves, M.A. Martins, C. Gomes, M.F. Candeias and M.C. Pica. 2008. The effect of irrigation level and pre-harvest treatments with calcium oxide on storage ability of fig fruits (*Ficus carica* 'Lampa Preta' and 'Bêbera Branca'). Acta Hort. 798: 335-339.

AOAC. 1990. Official method of analysis of the association of official analytical chemists. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists, INC.

Armstrong, M.J. and E.A. Kirkby. 1979. The influence of humidity on the mineral composition of tomato plants with special reference to calcium distribution. Plant Soil 52: 427-435.

Arthey, V.D. 1975. Quality of Horticultural Products. New York: Wiley.

Auerswald, H., P. Peters, B. Bruckner, A. Krumbein and A. Kuchenbuch. 1999. Sensory analysis and instrumental measurements of short-term stored tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Post. Biol. and Tech. 15: 323-334.

Bangerth, F. 1979. Calcium related physiological disorders of plants. Annu. Rev. Phytopathol. 17: 97-122.

Bartolomé, A.P., P. Pupérez and C. Fúster. 1995. Pineapple fruit: morphological characteristics, chemical composition and sensory analysis of Red Spanish and Smooth Cayenne cultivars. Food Chem. 53: 75-79.

Batasheva, S.N., F.A. Abdrakhimov, G.G. Bakirova and V.I. Chikov. 2009. Nitrate ion bars assimilate translocation from leaves. Acta Hort. 835: 99-107.

Beaver, W.B., C.E. Sams, W.S. Conway and G.A. Brown. 1994. Calcium source affects

calcium content, firmness, and degree of injury of apples during storage. HortScience 29: 1520-1523.

Borkowski, J. 1984. Study on the calcium uptake dynamic by tomato fruits and blossom-end rot control. Acta Hort. 145: 222-229.

Borochov-Neori, H. and I. Shomer. 2001. Prolonging the shelf life of fresh cut melons by high salt and calcium irrigation during plant growth and fruit development. Acta Hort. 553: 85-88.

Bowling, D.J.F. 1980. Uptake and transport of nutrients. Acta Hort. 92: 151-163.

Boyd, L.M. and A.M. Barnett. 2007. Relationships between maturity, nutrition and fruit storage quality in kiwifruit. Acta Hort. 753: 501-508.

Brady, N.C. and R.R Weil. 2002. The Nature and Properties of Soils. 13th ed. New Jersey: Prentice Hall.

Bramlage, W.J. 1993. Interactions of orchard factors and mineral nutrition on quality of pome fruit. Acta Hort. 326: 15-27.

Bramlage, W.J., M. Drake and J.H. Baker. 1979. Changes in calcium level in apple cortex tissue shortly before harvest and during postharvest storage. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 10: 417-426.

Broom, F.D. 2003. Bitter pit in Braeburn apples fruit variability and sampling. The Horticulture and Food Research Institute of New Zealand Ltd. http://www.hortnet.co.nz/publications/science/fbroom1.htm (accessed November 11, 2003)

Broom, F.D., G.S. Smith, D.B. Miles and T.G.A Green. 1998. Within and between tree variability in fruit characteristics associated with better pit incidence of 'Braeburn' apple. J. Hort. Sci. and Biotech. 73: 555-561.

Brown, G.S., A.E. Kitchner, B. McGlasson and S. Barnes. 1996. The effects of copper and calcium foliar sprays on cherry and apple fruit quality. Scientia Horticulturae 67:219-227.

Buccheri, M., and C. Di Vaio. 2004. Relationship among seed number, quality, and calcium content in apple fruits. J. Plant Nutr. 27: 1735-1746.

Cabrera, R.I., R.Y. Evans and J.L. Paul. 1995. Nitrogen partitioning in rose plants over a flowering cycle. Scientia Horticulturae 63: 67-76.

Calouro, F., P. Jordão and L. Duarte. 2008. Characterization of the mineral composition of pears of the Portuguese cultivar 'Rocha'. Acta Hort. 800: 587-590.

Carlson, R.M., J.R. Buchmanan, T.E. Kapustka and K. Uriu. 1974. Displacement of fertilizer potassium in soil columns with gypsum. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99: 221-222.

Carrow, R.N., D.V. Waddington and P.E. Rieke. 2001. Turfgrass Soil Fertility and Chemical Problems: Assessment and management. Chelsea, Michigan: Ann. Arbor Press.

Casero, T., A. Benavides, J. Puy and I. Recasens. 2004. Relationships between leaf and fruit nutrients and fruit quality attributes in golden smoothie apples using multivariate regression techniques. J. Plant Nutr. 27: 313-324.

Chan Jr., H.T., E. Chenchin and P. Vonnahme. 1973. Nonvolatile acids in pineapple juice. J. Agric. Food Chem. 21: 208-211.

Charman P.E.V. and B.W. Murphy. 2000. Soils: Their Properties and Management. New York: Oxford University Press.

Cheour, F., C. Willemot, J. Arul, Y. Desjardins, J. Makhlouf, P.M. Charest and A. Gosselin. 1990. Foliar application of calcium chloride delays postharvest ripening of strawberry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115:789-792.

Christensen, J.V. 1996. Rain-induced cracking of sweet cherries: Its causes and prevention in cherries. *In* Crop Physiology, Production and Uses. Webster, A.D. and N.E. Looney, eds. pp. 297-327. Cambridge: UK University Press.

Clark, R.B. 1975. Characterization of phosphates in intact maize roots. J. Agric. Food. Chem. 23: 458-460.

Clark, C.J. and G.S. Smith. 1991. Seasonal changes in the form and distribution of calcium in fruit of kiwifruit vines. J. of Hort. Sci. 66: 747-753.

Coic, Y., C. Lesaint and M.T. Piollat. 1971. Effect of nitrate-nitrogen nutrition on changes in concentration of the cation K, Ca and Mg in the aerial parts of the tobacco plant. Soils and Fertilizers 34: 533.

Conway, W.S. 1987. The effects of postharvest infiltration of calcium, magnesium or strontium on decay, firmness, respiration and ethylene production in apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 300-303.

Conway, W.S., C.E. Sams and K.D. Hickey. 2002. Pre-and postharvest calcium treatment of apple fruit and its effect on quality. Acta Hort. 594: 413-419.

Cooper, T., A. Gargiullo, J. Streif and J. Retamales. 2007. Effects of calcium content and calcium application on softening of 'Hayward' kiwifruit. Acta Hort. 753: 297-303.

Coosemans, J. 1989. Leaf tipburn on strawberry. Acta Hort. 265: 489-496.

Costa, G. 1999. Kiwifruit orchard management: new developments. Acta Hort. 498: 111-125.

Cummings, G.A. 1989. Effect of soil pH and calcium amendments on peach yield, tree growth and longevity. Acta Hort. 254: 179-184.

Davidson, H., R. Mecklenburg and C. Peterson. 2000. Soil and nutrition management for field-grown plants, *In* Nursery management; Administration and Culture. 4th ed. Davidson, H, R. Mecklenburn and C. Peterson, eds. pp. 257-362. New Jersey : Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River.

de Varrennes, A., J. Abadia and E.A. Faria. 2005. Differential tolerance to iron deficiency of citrus rootstocks grown in nutrient solution. Scientia Horticulturae 104: 25-36.

Dekock, P.C. 1971. The mineral nutrition of plants supplied with nitrate and ammonium Nitrogen. Soils and Fertilizers 34: 197.

Den Kreij, C., J. Janse, J. van Goor, and J.D.J. Doesburg. 1992. The incidence of

calcium oxalate crystals in fruit walls of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by humidity, phosphate and calcium supply. J. Hort. Sci. 67: 45-50.

Den Outer, R.W., and W.L.H. van Veenendaal. 1988. Gold speckles in tomato fruits (*Lycopersicon esculentum* Mill.). J. Hort. Sci. 63: 645-649.

Diliparthy, F., A.V. Barker and S.S. Mondal. 1994. Potassium fractions with other nutrients in crops: a review focusing on the tropics. J. Plant Nutr. 17: 1859-1886.

Dilmaghani, M.R., M.J. Malakouti, G.H. Neilsen and E. Fallahi. 2004. Interactive effects of potassium and calcium on K/Ca ratio and its consequences on apple fruit quality in calcareous soils of Iran. J. Plant Nutr. 27: 1149-1162.

Dichio, B., D. Remmorini and S. Lang. 2003. Development changes in xylem functionality in kiwifruit fruit: implications for fruit calcium accumulation. Acta Hort. 610: 191-195.

Diver, S.G. and M.W. Smith. 1984. Influence of fruit development on seasonal elemental concentrations and distribrtion in fruit and leaves of pecan. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 15: 619-637.

Dolega, E.K. and H. Link. 1998. Fruit quality in relation to fertigation of apple trees. Acta Hort. 466: 109-114.

Doss, R.P., J.K. Christian and J.M. Langager. 1979. Calcium deficiency and occurrence of topple disorder in bulbous iris. Can J. Plant Sci. 59: 185-190.

Dunn, J.L. and A.J. Able. 2006. Pre-harvest calcium effects on sensory quality and

calcium mobility in strawberry fruit. Acta Hort. 708: 307-312.

Elliot, W.T., C.R. Stocking, M.G. Barbour and T.L. Rost. 1982. Botany and Introduction to Plant Biology. 6th ed. Singapore: John Wiley and Sons.

Epstein, E. 1972. Mineral Nutrition of Plant: Principle and perspectives. New York: John Wiley and Son Inc.

Ericsson, N.A. 1993. Quality and storability in relation to fertigation of apple trees cv. Summerred. Acta Hort. 326: 73-83.

Ernani, P.R., C.V.T. Amarante, J. Dias, and A.A. Bessegato. 2002. Preharvest calcium sprays improve fruit quality of " Gala" apples in southern Brazil. Acta Hort. 594: 481-486

Eswara, R., S.B. Narasimham and A.M. Majmudar. 1983. Seasonal distribution of quantities of phosphorus in different component organs of mango(*Mangifera indica* L.) cv. Langra. Fert. Res. 4: 151-154.

Evans, L. and G.H. Kiss. 1990. Interaction of calcium and auxin in the regulation of root Elongation, *In* Calcium in Plant Growth and Development. Robert, T.L., ed. pp. 168-175. Maryland: American Society of Plant Physiologists.

Fageria, N.K., V.C. Baligar and C.A. Jones. 2011. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press Taylor and Francis Group.

Fageria, N.K. 1984. Fertilization and Mineral Nutrition of Rice. Rio de Janeiro : EMBRAPA-CNPAF Editora Campus.

Fallahi, E., C. Ik-Jo, G.H. Neilsen and W.M. Colt. 2001. Effects of three rootstocks on photosynthesis, leaf mineral nutrition, and vegetative growth of "BC-2Fuji" apple trees. J. Plant Nutr. 24: 827-834.

Faust, M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. New York: John Wiley and Sons.

Ferguson, I.B. 1980. The uptake and transport of calcium in the fruit tree. *In* Mineral Nutrition of Fruit Trees. Atkinson, D., J.E. Jackson, R.O. Sharples, and W.M. Waller, eds. pp. 183-192. London: Butterworths, Borough Green.

Ferguson, I.B. and C.B. Watkins. 1989. Bitter pit in apple. Hort. Rev. 11: 289-355.

Ferguson, I.B. and C.B. Watkins. 1981. Ion relations of apple fruit tissue during fruit development and ripening. III. Calcium uptake. Aust. J. Plant Physiol. 8: 259-266.

Fry, S.C. 2004. Primary cell wall metabolism: tracking the careers on wall polymers in living plant cells. New Phytologist 161: 641-675.

Garcia, M.E. 2003. Calcium use in apples : an update. The University of Vermont. http://www.orchard.uvm.edu-uvmapple-hort-Presentations Hort-calcium Use in Apple.pdf. (accessed December 10, 2003)

Glendinning, J.S. 2000. Australian Soil Fertility Manual. Collingwood, Australia: CSIRO Publishing.

Glenn, G.M. and B.W. Poovaiah. 1990. Calcium-mediated posthavest changes and

Composition in ‘Golden Delicious’ apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 962-968.

Glenn, G.M. and B.W. Poovaiah. 1985. Cuticular permeability to calcium compounds in ‘Golden Delicious’ apple fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110: 192-195.

Glenn, G.M., A.S. Reddy, and B.W. Poovaiah. 1988. Effect of calcium on wall structure, protein phosphorylation and protein profile in senescing apples. Plant Cell Physiol. 29: 565-572

Golomb, A. and E.E. Goldschmidt. 1987. Mineral nutrient balance and impairment of the nitrate reducing system in alternate bearing “Wilking” mandarin trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 397-401.

Greene, G.M. and C.B. Smith. 1980. The influence of calcium chloride rate and spray method on the calcium concentration of apple fruits. Acta Hort. 92: 316-317.

Greenham, D.W.P. 1980. Nutrient cycling: The estimation of orchard nutrient uptake. Acta Hort. 92: 345-352.

Guardiola, J.L. F. Garcia-Mari and M. Agusti. 1984. Competition and fruit set in the Washington navel orange. Physiologia Plantarum 62: 297-302.

Gunar, I.I., M.P. Listova and A.E. Petrov-Spiridonov. 1971. Uptake of phosphates and sulphates by barley seedlings at different ratios of potassium to calcium in the solution. Soils and Fertilizers 34: 198-204.

Gypsum Co. 2003a. Avogado. Plant and Food Research New Zealand. http://www.gypsum.co.nz/pages /product/applying.php. (accessed September 8, 2003).

Gypsum Co. 2003b. Stonefruit. Plant and Food Research New Zealand. http://www.gypsum.co.nz/pages/product/stonefruit.php (accessed September 8, 2003)

Hanger, B.C. 1979. The movement of calcium in plants. Commun. Soil Sci. and Plant Anal. 10: 171-193.

Hansen, P. 1980. Crop load and nutrient translocation. Acta Hort. 92: 201-215.

Hanson, E. 2001. Fertilizing fruit crops. Michigan State University Extension. http://www.msue.msu.edu/vanburen/e-852.htm (accessed November 25, 2001)

Hanson, J.B. 1984. The function of calcium in plant nutrition. *In* Advances in Plant Nutrition. Tinker, P.B. and A. Louchli, eds. pp. 149-207. New York: Praeger Publi..

Hanson, E.J. and P.J. Breen. 1985. Xylem differentiation and boron accumulation in "Italian" prune flower buds. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110: 566-570.

Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 1999. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 6th ed. New Jersey: Prentice Hall.

He, Z.L., D.V. Calvert, A.K. Alva, D.J. Banks and Y.C. Li. 2003. Thresholds of leaf nitrogen for optimum fruit production and quality in grapefruit. Soil Sci. Soc. of Amer. J. 67: 583-588.

He, Y.Q., T. Namiki and S. Terabayashi. 1999. Effect of temporary Ca deficiency on

fruit growth and element concentrations in the petiole sap of tomato. Acta Hort. 481: 409-415.

Hepler, P.K. and R.O. Wayne. 1985. Calcium and plant development. Annu. Rev. Plant Physiol. 36: 379-493.

Hoagland, D.R. and D.I. Arnon. 1950. The water culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experimental Station Circular 347. Berkeley, California: College of Agriculture, University of California.

Hofman, P.J., S. Vuthapanich, A.W. Whiley, A. Klieber and D.H. Simons. 2002. Tree yield and fruit minerals concentrations influence 'Hass' avocado fruit quality. Scientia Horticulherae 92: 113-123.

Howeler, R.H. 1985. Mineral nutrition and fertilization of cassava. *In* Cassava, Research, Production and Utilization. Cock, J.H. and J.A. Reyes, eds. pp. 249-320. Cali, Colombia: UNDP-CIAT Cassava Program.

Hydroponics Thai. 2001. เทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. โครงการเครือข่ายคอมพิวเตอร์เพื่อโรงเรียนไทย. http://www.hydroponics.th.com/thai/php?main=thai_02.html (accessed August 27, 2001)

Igartua, E, R. Grasa, M. Sanz, A. Abadia and J. Abadia. 2000. Prognosis of iron chlorosis from the mineral composition of flowers in peach. J. Hort. Sci. and Biot. 75: 111-118.

Jackson, J.E. 2003. Biology of apples and pears. Cambridge: Cambridge University Press.

Jean-Baptiste, I., P. Morard and A. Bernadac. 1999. Effect of temporary calcium deficiency on the incidence of a nutritional disorder in melon. Acta Hort. 481: 417-423.

Johnson, C.M., P.R. Stout, T.C. Broyer, and A.B. Carlton. 1957. Comparative chlorine requirements of different plant species. Plant Soil 8: 337-354.

Jones, J.B., Jr. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. Baca Raton: CRC Press.

Jones, H.G. and T.J. Samuelson. 1983. Calcium uptake by developing apple fruits. II. The role of spur leaves. J. Hort. Sci. 58: 183-190.

Kabata-Pendias, A. and H. Pendias. 1992. Trace Element in Soils and Plants. 2nd ed. London : CRC Press.

Kadir, S.A. 2004. Fruit quality at harvest of "Jonathan" apple treated with foliarly-applied calcium chloride. J. Plant Nutr. 27: 1991-2006.

Kahu, K. 2002. Effect of preharvest foliar applied calcium on postharvest quality and storability of apples in Estonia. Acta Hort. 594: 495-499.

Kangueehi, G.N. 2008. Nutrient requirement and distribution of intensively grown 'Brookfield Gala' apple trees. Master of Science thesis. Stellenbosch, South Africa: Department of Horticulture, University of Stellenbosch.

Kanwar, J.S. 1976. Soil Fertility Theory and Practice. New Delhi: Indian Council of Agri. Res.

Khanna, S.S. and A. Parkash. 1969. Effect of applied potash on the content of Ca and Mg in wheat plant. J. Ind. Soc, Soil Sci. 17: 483-486.

Kirkby, E.A. 1979. Maximizing calcium uptake by plants. Commun. Soil Sci. and Plant Anal. 10: 89-113.

Klein, J.D., S. Lurie and R. Ben-Arie. 1990. Quality and cell wall component of 'Anna' and 'Granny Smith' apples treated with heat, calcium, and ethylene. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 954-958.

Koen, T.J., W. Langenegger, and G. Smart. 1981. Determination of fertilizer requirements of litchi trees. Information Bulletin of the Citrus and Subtropical Fruit Research Institute 103: 9-12.

Koo, R.C.J. 2008. Citrus. International Fertilizer Industry Association. http://www.fertilizer.org/PUBLISH/PUBMAN/citrus.htm (accessed April 25, 2008)

Korcak, R.F. 1980. The importance of calcium and nitrogen source in fruit tree nutrition. *In* Mineral nutrition of fruit trees. Atkinson, D., J.E. Jackson, R.O. Sharples, and W.W. Waller, eds. pp. 267-277. London: Butterworths, Borough Green.

Kotur, S.C., B.R. Lyengar and T.N. Shivananda. 1997. Distribution of root activity in young'Alphonso' mango (*Mangifer indica*) trees as influenced by season and growth. Indian J. Agri. Sci. 67: 113-116.

Kramer, P.J. and T.T. Kozlowski. 1979. Physiology of woody plants. New York: Academic Press.

Lauchli, A. and E. Epstein. 1970. Transport of potassium and rubidium in plant roots-the significance of calcium. Plant Physiol. 45: 639-641.

Leece, D.R. 1968. The concept of leaf analysis for fruit trees. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 34: 146-153.

Leshem, Y.Y. 1992. Plant Membrane. New York: Kluwer Academic Publ. (157-173).

Levin, I. 1980. Irrigation, water status and nutrient uptake in an apple orchard. Acta Hort. 92: 255-264.

Lewis, J.L. 1980. The rate of uptake and longitudinal distribution of potassium, calcium, and magnesium in the flesh of developing apple fruit of nine cultivars. J. Hort. Sci. 55: 57-63.

Lieten, P. 2006. Effect of K:Ca:Mg ratio on performance of 'Elsanta' strawberries grown on peat. Acta Hort. 708: 397-400.

Lidster, P.D., M.A. Tung and R.G. Yada. 1979. Effects of preharvest and postharvest calcium treatments on fruit calcium content and the susceptibility of 'van' cherry to impact damage. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104: 790-793.

Lim, C.H., D.J. Hand and M. Fussell. 1999a. Improvement of tomato fruit quality by calcium nutrition. Acta Hort. 481: 463-468.

Lim, M., S. Sdudee and S. Yong. 1999b. Alleviating the fruit-crack of longkong in southern Thailand. J. Songklanakarin Sci. Technol. 21: 301-308.

Lim, M., S. Sdoodee and S. Chanaweerawan. 1998. The application of calcium compounds in longkong. J. Songklanakarin Sci. Technol. 20: 21-26.

Lim, M and Yong, S. 1996. The phenology of longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.) in Southern Thailand. *In* Proc. Intern. Conf. on Trop. Truits. Vol.III, Vijaysegaran, S., M. Pauziah, M.S. Mohamed and S. Ahmad Tarmizi, eds. pp. 271-279. Kuala Lumpur: Malaysian Agricultural Research and Development Institute.

Lizada, M.C. 1991. Postharvest physiology of the mango. A Review. Acta Hort 291: 437-460.

Longstroth, M. 2002. Optimizing fertilizers application for fruit crops. Michigan State University Extension. http://www.msue.msu.edu/vanburen/frtfert.htm (accessed February 25, 2002)

Lyr, H and G. Hoffmann. 1967. Growth rates and growth periodicity of tree roots. Intern. Rev. For Res. 2: 181-236.

Magdoff, F.R. and J.F. Amadon. 1980. Yield trends and soil chemical changes resulting from N and manure application to continuous corn. Agron. J. 72: 161-164.

Makus, D.J. and J.R. Morris. 1989. Influence of soil and foliar applied calcium on strawberry fruit nutrients and post-harvest quality. Acta Hort. 265: 443-446.

Manson, A.C. and A.B. Whitfield. 1960. Seasonal changes in the uptake and distribution of mineral element in apple trees. J. Hort. Sci. 35: 35-55.

Marcelle, R.D. 1995. Mineral nutrition and fruit quality. Acta Hort. 383: 219-226.

Marcelle, R., P. Simon and G. Lennes. 1981. The effect of IAA and TIBA on calcium transport and accumulation in fruits. Acta Hort. 120: 193-198.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd edition. London, UK : Academic Press.

Marschner, H. and H. Ossenberg-Neuhaus. 1971. Importance of the accompanying anion in interactions between K^+ and Ca^{2+} in the range of high external concentration. Soils and Fertilizers 34: 199-210.

Medina, T. 1992. Study of the effect of some mineral deficiencies on greenhouse carnation (*Dianthus caryophyllus*) in hydroponic culture. Acta Hort. 307: 203-212.

Meheriuk, M., G.H. Neilsen and D.L. McKenzie. 1991. Incidence of rain splitting in sweet cherries treated with calcium and coating materials. Can. J. Plant Sci. 71:231-234.

Mengel, K and E.A. Kirkby. 1982. Principles of Plant Nutrition. 3rd ed. Bern, Switzerland: International Potash Institute. .

Menzel, C.M. and D.R. Simpson. 1990. Nutritional studies on lychee trees in subtropical Australia. Acta Hort. 275: 581-585.

Menzel, C.M. and D.R. Simpson. 1987. Lychee nutrition: a review. Scientia Horticulturae 31: 195-224.

Menzel, C.M., G.F. Haydon and D.R. Simpson. 1992. Nutrient reserves in bearing litchi trees (*Litchi Chinensis* Sonn.). J. Hort. Sci. 67: 149-160.

Menzel, C.M., G.F. Haydon and D.R. Simpson. 1991. Effect of nitrogen on growth and flowering of passionfruit (*Passiflora edulis f. edulis X P.edulis f. flavicarpa*) in sand culture. J. Hort. Sci. 66: 689-702.

Menzel, C.M., M.L. Carseldine, and D.R. Simpson. 1988. The effect of fruiting status on nutrient composition of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) during the flowering and fruiting season. J. Hort. Sci. 63: 547-556.

Miccolis, V. and M.E. Saltveit, Jr. 1991. Morphological and physiological changes during fruit growth and maturation of seven melon cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 1025-1029.

Mignani, I. and D. Bassi. 2005. The effect of calcium treatment on aspects of cell wall metabolism in apple cv. 'Braeburn'. Acta Hort. 682: 191-198.

Miller, R.W. and D.T. Gardiner. 1998. Soils in Our Environment. 8th ed. New Jersey: Prentice Hall.

Mitchell, D.I. and P. Allan. 1998. Phenological model of 'Honey Gold' papaw under cool subtropical conditions. J. South. Afri. Soc. Hort. Sci. 8: 1-4.

Mohammed, M., L.A. Wilson and P.I. Gomes. 1999. Postharvest sensory and physiochemical attributes of processing and non processing tomato cultivars. J. Food Qual. 22: 167-182.

Mulholland, B.J., M. Fussell, R.N. Edmondson, I.G. Burns, J.M.T. Mckee and J. Basham. 2000. Effect of humidity and nutrient feed K/Ca ratio on physiological responses and the accumulation of dry matter, Ca and K in tomato. J. Hort. Sci. Biotech. 75: 713-722.

Munson, R.D. and W.L. Nelson. 1973. Principle and practice in plant analysis. *In* Soil Testing and Plant Analysis, Walsh, L.M. and J.D. Beaton, eds. pp 223-248. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of Amerrica Inc.

Napier, D.R. and N.J.J. Combrink. 2006. Aspects of calcium nutrition to limit plant physiological disorders. Acta Hort. 702: 107-116.

Neilsen, D. 2001. Effect of potassium fertilization, nitrogen fertigation, and crop load on potassium nutrition and fruit quality of high density apples under atmometer-scheduled irrigation. The Potash and Phosphate Institute. http://www.ppi_far.org/ppiweb/far.nsf/87c68a98bf72572b8525693c (accessed December 3, 2001)

Neilsen, G.H. and D. Neilsen. 2006. The effect of K-fertilization on apple fruit Ca concentration and quality. Acta Hort. 721: 177-183.

Neilsen, G.H. and D. Neilsen. 2003. Nutritional requirements of apple. **In** Apples: Botany, production and uses. Ferree, D.C. and I.J Warrington eds. pp. 267-302. Oxford: CABI Publ..

Nelson, P.V. and C.E. Niedziela, Jr. 1998. Effect of ancymidol in combination with temperature regime, calcium nitrate, and cultivar selection on calcium deficiency symptoms during hydroponic forcing of tulip. Hort. Abstr. 68: 1178.

Nestby, R., F. Lieten, D. Pivot, C. R. Lacroic, M. Tagliavini and B. Evenhuis. 2004. Influence of mineral nutrients on strawberry fruit quality and their accumulation in plant organs, a review. Acta Hort. 649: 201-206.

Nurzynski, J. and M. Kepka. 1990. Seasonal changes of N, P, K, Ca and Mg content in apple tree leaves during vegetation period. Acta Hort. 274: 365-373.

Olmo, M., A. Nadas and J.M. Garcia. 2000. Nondestructive method to evaluate maturity level of oranges. J. Food Sci. 65: 365-369.

Olsen, S.O., R.E. Hensler and O.J. Attone. 1970. Effect of manure application and soil pH on soil nitrogen transformation and on certain test values. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34: 222-225.

Ong, B.T., S.A.H. Nazimah, A. Osman, S.Y. Quek, Y.Y. Voon, D.M. Hashim, P.M. Chew and Y.W. Kong. 2006. Chemical and flavour changes in jackfruit (*Artocarpus heteropyllus* Lam.) cultivar J3 during ripening. Post. Biol. Techn. 40: 279-286.

Otero, V., M.E. Barreal, A. Merino and P.P. Gallego. 2007. Calcium fertilization in a kiwifruit orchard. Acta Hort. 753: 515-520.

Pacheco, C., F. Calouro, F. Santos and S. Vieira. 2010. Influence of nitrogen and potassium fertilization on mineral composition of kiwifruit. Acta Hort 868: 319-325.

Paliyath, G. and B.W. Poovaiah. 1984. Calmodulin inhibitor in senescing apples and its pharmacological significance. Proc. Natl. Acad. Sci. (USA) 81: 2065.

Palmer, J.W., S.B. Davies, P.W. Shaw and J.N. Wunsche. 2003. Growth and fruit quality of 'Braeburn' apple (*Malus domestica*) trees as influenced by fungicide programmes suitable for organic production. N.Z J. Crop Hort. Sci. 31: 169-177.

Pardo, J.E., A. Alvarruiz, R. Varon and R. Gomez. 2000. Quality evaluation of melon cultivars correlation among physical-chemical and sensory parameters. J. Food Qual. 23: 161-170.

Paton, S. 2001. Stonefruit. Paton Fertilizers. http://www.paton.com.au/horticulture/paton_ stonefruit_rec_pat.5htm (accessed December 3, 2001)

Peet, M.M. and D.H. Willits. 1995. Role of excess water in tomato fruit cracking. HortScience 30: 65-68.

Perring, M.A. 1980. Watercore: its relationship to mean fruit size and calcium concentration and relavance to other disorders, *In* Mineral nutrition of fruit trees. Atkinson, D., L.E. Jackson, R.O. Sharples and W.M. Waller, eds. , p. 99. London: Butterworths,

Pilnik, W. and A.G.J. Voragen. 1970. Pectic substances and other uronides, *In* The Biochemistry of Fruits and Their Products. Hulme, A.C., ed. pp. 53-87. London: Academic Press.

Poovaiah, B.W. 1993. Biochemical and molecular aspects of calcium action. Acta Hort. 326: 139-147.

Porro, D., A. Ceschini and T. Pantezzi. 2006. The importance of advisory service in predicting bitter pit using early-season fruit analysis. Acta Hort. 721: 273-277.

Proebsting, E.L., P.H. Terie and J. Irvine. 1989. Water deficits and rooting volume modify peach tree growth and water relation. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 368-372.

Prussia, S.E., D. Aggarwal and W. Florkowski. 2005. Postharvest calcium chloride dips for increasing peach firmness. Acta Hort. 682: 1551-1557.

Quaggio, J.A., Jr. D. Mattos, H. Cantarella, E.L.E. and S.A.B. Cardoso. 2002. Lemon yield and fruit quality affected by N P K fertilization. Scientia Horticulturae 96: 151-162.

Raese, J.T., S.R. Drake and E.A. Stahly. 1994. Effectiveness of early versus late calcium sprays on mineral composition, yield, fruit size and control of fruit disorders of 'Anjou' pears. Acta Hort.367: 310-313.

Reuter, D.J. and J.B. Robinson. 1997. Plant Analysis an Interpretation Manual. 2nd ed. Collingwood, Victoria: CSIRO Publishing.

Reuter, D.J. and J.B. Robinson. 1986. Plant Analysis an Interpretation Manual. Melbourne Sydney : Inkata Press.

Rigney, C.J. and R.B.W. Wills. 1981. Calcium movement a regulating factor in the initiation of tomato fruit ripening. HortScience 16: 550-551.

Robert, P.H. 2001. The role of potassium. Aquabotanic. http:/www.aquabotanic.cor (accessed December 13, 2001)

Rosen,E. 2002. Nutrient management for commercial fruit & vegetable crops in

Minnesota. University of Minnesota Extension. http:/www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/DC5886.html. (accessed February 21, 2002)

Ruamrungsri, S., T. Ohyama and T. Ikarashi. 1996. Visible symptoms of N, P, K, Ca, Mg, Fe and B dediciencies in *Narcissus* L. cv. 'Garden Giant'. Bulletin of the Faculty of Agriculture, Niigata University 49: 41-48.

Salazar-Garcia, S. 2001. Avocado nutrition diagnosis in tepic and xalisco, nayarit. The Potash and Phosphate Institute. http://www.ppi_far.org/ppiweb/far.nsf/87c68a98bf72572b8525693c (accessed December 3, 2001)

Sams, E.C. 1999. Preharvest factors affecting postharvest texture. Post. Biol. Tech. 15: 249-254.

Sams, C.E, W.S. Conway. 1993. Postharvest calcium infiltration improves fresh and processing quality of apples. Acta Hort. 326: 123-129.

Saradhuldhat, P. and R.E. Paull. 2007. Pineapple organic acid metabolism and accumulation during fruit development. Scientia Horticulturae 112: 297-303.

Saure, M.C. 2005. Calcium translocation to fleshy fruit : its mechanism and endogenous control. Scientia Horticulturae 105: 65-89.

Schmidt, R.E. and R.E. Blaser. 1969. Effect of temperature, light and nitrogen on growth and metabolism of " Tifgreen " Bermudagrass (*Cynodon* spp.). Crop. Sci. 9: 5-9.

Sekse, L. 1998. Fruit cracking mechanisms in sweet cherries (*Prunus avium* L.). Acta

Hort. 468: 637-648.

Shear, C.B. 1980. Interaction of nutrition and environment on mineral composition of Fruits. In Mineral Nutrition of Fruit Trees. Atkinson, D., J.E. Jackson, R.O. Sharples, and W.M. Waller, eds. pp. 41-50. London : Butterworths .

Shear, C.B. 1975. Calcium-related disorders of fruit and vegetables. HortScience 10: 361-365.

Shear, C.B. 1971. Symptoms of calcium deficiency on leaves and fruit of ' York Imperial" apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96:415-417.

Shi, J.X., M.L. Maguer, A. Liptay and S.L. Wang. 1999. Chemical composition of tomatoes as effected by maturity and fertigation practices. J. Food Qual. 22: 147-156.

Shainberg, I., M.E. Sumner, W.P. Miller, M.P.W. Farina, M.A. Pavan and M.V. Fey. 1989. Use of Gypsum on Soil: A Review. Advance in Soil Science, Volume 9. New York: Springer-Verlag New York Inc.

Shrestha, G.K., M.M. Thompson and T.L. Righetti. 1986. Boron partitioning in B-sprayed and ubsprayed fruiting twigs of hazelnut. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 17: 1033-1040.

Silva, J.A., R. Hamasaki, R. Paull, R. Ogoshi and D.P. Bartholomew. 2006. Lime, gypsum, and basaltic dust effects on the calcium nutrition and fruit quality of pineapple. Acta Hort. 702:123-131.

Singh, Z., J. Janes, and S.C. Tan. 2000. Effects of different surfactants on calcium uptake and its effect on fruit ripening, quality and postharvest storage of mango under modified atmosphere packaging. Acta Hort. 509:413-417.

Smith, F.W. 1986. Interpretation of plant analysis : concepts and principles. *In* Plant Analysis and Interpretation Manual. Reuter, D.J. and Robinson, J.B.eds. pp 1-12. Sydney, Australia : Inka Press.

Smith, P.F. 1962. Mineral analysis in plant tissue. Ann. Rev. Plant Physiol. 13: 81-108.

Snyder, G.H. and J.L. Cisar. 2004. The role of sodium and gypsum for maintaining bermudagrass turf on sand soils. Acta Hort. 661: 87-92.

Sposito, G. 2008. The Chemistry of Soils. 2nd. Oxford: Oxford University Press, Inc.

Stassen, P.J.C., and M.S. North. 2005. Nutrient distribution and requirement of 'Forelle' pear trees on two rootstocks. Acta Hort. 671: 493-500.

Stebbins, R.L. and D.H. Dewey. 1972. Role of transpiration and phloem transport in accumulation of ^{45}Calcium in leaves of young apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97: 471-474.

Swietlik, D. and M. Faust. 1984. Foliar nutrition of fruit crops. Hort. Rev. 6: 287-355.

Taiz, L. and E. Zeiger. 1998. Plant Physiology. 2 nd ed. Massachusetts, USA: Sinauer Associates Inc. Publ.

Tandon, H.L.S. and I.J. Kimmo. 1993. Balanced Fertilizer Use. New York:

Unitednations

Terblanche, J.H., K.H. Gurgen and I. Hesebeck. 1980. An integrated approach to orchard nutrition and bitter pit control, In Mineral Nutrition of Fruit Trees. Atkinson, D., J.E. Jackson, R.O. Sharples and W.M. Waller, eds. pp. 29-39. London : Butterworths .

Thorp, T.G., I.B. Ferguson, L.M. Boyd and A.M. Barnett. 2003. Fruiting position, mineral concentration and incidence of physiological pitting in 'Hayward' kiwifruit. J. Hort. Sci. Biotechnol. 78: 505-511.

Tingwa, P.O. and R.E. Young. 1974. The effect of calcium on the ripening of avocado (*Persea americana* Mill.) fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99: 540-542.

Tisdale, S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton and J.L. Havlin. 1993. Soil Fertility and Fertilizers. 5th ed.. New York: Macmillan Pub. Co.

Toma, M., M.E. Sumner, G. Weeks and M. Saigusa. 1999. Long-term effect of gypsum on crop yield and subsoil chemical properties. Soil Sci. Soc. Am. J. 39: 891-895.

Torres, M.D., J.M. Farre and J.M. Hermoso. 2004. Influence of nitrogen and calcium fertilization on productivity and fruit quality of the mango cv. Sensation. Acta Hort. 645: 395-401.

Tromp, J. 1980. Mineral absorption and distribution in young apple trees under various environmental conditions. Acta Hort. 92: 173-182.

Tucker, G.A. 1993. Introduction. *In* Biochemistry of fruit ripening. G.B. Seymour,

J.E. Tylor and G.A. Tucker, eds. pp. 1-43. London: Chapman and Hall Ltd.

van Wijk, C.A.P. and R. van den Broek. 2000. Prevention of tipburn in fennel. Acta Hort. 533: 583-587.

Vang-Peterson, O. 1980. Calcium nutrition of apple trees: A review. Sci. Hort. 12: 1-9.

Vanida, C., K. Boonsong and H. Abdulhakim. 2006. Chemical constituents of the essential oil and organic acids from longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.). Songklanskarin J. Sci. Technol. 28: 321-326.

Vitosh, M.L., J.F. Davis and B.D. Knezek. 1973. Long-term effect of manure, fertilizer, and plow depth on chemical properties of soils and nutrient movement in a macroculture corn system. J. Environ. Qual. 2: 296-299.

Volz, R.K., D.S. Tustin and I.B. Ferguson. 1996a. Mineral accumulation in apple fruit as affected by spur leaves. Scientia Horticulturae 65: 151-161.

Volz, R.K., D.S. Tustin and I.B. Ferguson. 1996b. Pollination effects on fruit mineral composition, seeds and croping characteristics of 'Braeburn' apple trees. Scientia Horticulturae 66: 169-180.

Vuthy, H. 1999. Effect of foliar calcium and boron application on fruit cracking of cherry and fresh market. Jelsoft Enterprises Ltd. http://www.arc-avrdc.org/pdf_files/Vuthy(17-N).pdf (accessed December 10, 2003)

Watada, A.E., N.P. Ko, and D.A. Minott. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. Post. Biol. Tech. 9: 115-125.

Wareing, P.F. and I.D. Phillips. 1981. The Control of Growth and Differentiation in Plant. London: William Clowes and Son Limited.

Webster, D.H. 1990. Response of cortland apple trees and the underlying soil to gypsum. Acta Hort. 274: 515-516.

Weibel, F.P. 1997. Enhancing calcium uptake in organic apple growing. Acta Hort. 448: 337-343.

Wei-wei, Z., Y. Chun-xiang, D. Zhong-jun and Z. Heng. 2006. Dynamic changes in the calcium content of several apple cultivars during the growing season. Agric. Sci. China 5: 933-937.

White,P.J. 2002. Recent advances in fruit development and ripening : an overview. J. Exper. Bot. 53: 1995-2000.

White, P.J. and M.R. Broadley. 2003. Calcium in plants. Annals of Botany 92: 487-511.

Wijeratnam, R.S.W., I.G.N. Hewajulige, R.L.C. Wijesundera and M. Abeysekere. 2006. Fruit calcium concentration and chilling injury during low temperature storage of pineapple. Acta Hort. 702: 203-208.

Wills, R.B.H. and K.J. Scott. 1981. Studies on the relationship between minerals and the development of storage breakdown in apples. Austral. J. Agric. Res. 32: 331-338.

Wilkinson, B.G. 1968. Mineral composition of apples: IX. Uptake of calcium by the fruit. J. Sci. Fd. Agric. 19: 646-647.

Witney, G.W., M.M. Kushad and J. A. Barden. 1991. Induction of bitter pit in apple. Scientia Horticulturae 47: 173-176.

Woodward, J.R. 1972. Physical and chemical changes in developing strawberry fruits. J. Sci. Fd. Agric. 23: 465-473.

WWW.strawberry-plants.com. 2003. Nutrition: General Recommendations. California Pacific Plant Exports. http://www.strawberry-plants.com/calpacific/nutrition.htm (accessed September 16, 2003)

Xie, M., G.H. Jiang, H.Q. Zhang and K. Zawanda. 2003. Effect of preharvest Ca-chelate treatment on the storage quality of kiwifruit. Acta Hort. 610: 317-324.

Xiloyannis, C., G. Celano, G. Montanaro and B. Dichio. 2003. Calcium absorption and distribution in mature kiwifruit plants. Acta Hort. 610: 331-334.

Xiloyannis, C., G. Celano, L. Sebastiani and A. Minnocci. 2001. Water relations, calcium and potassium concentration in fruits and leaves during annual growth in mature kiwifruit plants. Acta Hort. 564: 129-134.

Yin, F. 2007. Calcium related fruit disorders in pear. Oregon State University. http://www.oregonstate.edu/dept/mcarec/information/2005%20Winter%20Hort%medtig/FrankYinpdf (accessed May 15, 2007)

Yoshida, S., D. Forno, J.H. Cock, and K.A. Gomez. 1976. Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice. Los Banos, Philippines: International Rice Research Institute.

Yuri, J.A., J.B. Retamales, C. Moggia and J.L. Vasquez. 2002. Bitter pit control in apples cv. Braeburn through foliar sprays of different calcium sources. Acta Hort. 594: 453-460.

Zeng, D.Q., P.H. Brown and R.C. Rosecrance. 1998. The effects of alternate bearing, soil moisture and gypsum on potassium nutrition of pistachio (*Pistacia vera* L.). Acta Hort. 470: 412-420.

Zocchi, G. and I. Mignami. 1995. Calcium physiology and metabolism in fruit trees. Acta Hort. 383: 15-23.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ค่าเฉลี่ยของพีเอช อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่ที่แลกเปลี่ยนได้ และ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินที่บ่มด้วยยิปซัม เป็นเวลา 35 วัน

ปริมาณแคลเซียมที่เติม (เซนติโมล(+)ต่อกิโลกรัม)	พีเอช	อินทรียวัตถุ (กรัมต่อกิโลกรัม)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)	แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)	แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)
0	6.11±0.16f	12.69±1.84a	53.59±2.15d	2.31±0.20c	9.68±0.55f	4.29±0.40f
1.67	6.36±0.11e	8.14±0.87b	76.59±1.08a	0.83±0.02e	12.31±0.34ef	7.09±1.39e
5.00	7.07±0.18d	4.47±0.73c	62.76±1.97b	0.99±0.11e	14.14±0.71e	8.27±1.21e
8.33	7.64±0.20c	11.42±0.62a	56.56±1.73c	1.76±0.33d	24.83±1.12d	13.82±1.95d
11.67	7.79±0.21bc	6.95±0.87b	53.09±1.30d	2.66±0.33c	106.77±5.34c	29.50±1.58c
16.67	7.91±0.16b	8.02±0.98b	52.99±1.35d	3.96±0.45b	154.20±4.37b	41.34±1.49b
33.33	8.26±0.10a	11.45±1.10a	51.58±0.95d	5.02±0.59a	213.69±5.03a	63.19±2.70a
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	2.25	11.85	2.68	13.71	4.28	6.96

หมายเหตุ: ** อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (±SD, n=5)

ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าเฉลี่ยของพีเอช อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน จากบ่มดิน ณ ระดับพีเอชต่าง ๆ เป็นเวลา 35 วัน

ระดับพีเอชดิน	อินทรียวัตถุ (กรัมต่อกิโลกรัม)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)	แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)	แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม
4.00±0.30	13.16±1.57a	63.22±3.58b	3.01±0.25a	15.29±1.06b	10.30±0.83a
5.58±0.04	10.76±0.43b	51.57±5.57c	2.26±0.23b	14.76±1.85b	6.60±0.54b
6.69±0.17	5.91±1.24c	61.82±2.31b	1.29±0.10c	13.05±0.42c	4.28±0.23c
7.53±0.12	9.85±1.17b	76.74±4.64a	1.48±0.19c	26.75±0.79a	3.56±0.25c
F-test	**	**	**	**	**
C.V. (%)	11.71	6.82	10.00	6.73	8.66

หมายเหตุ: ** อักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (±SD, n=5)

ตารางภาคผนวกที่ 3 สมบัติทางเคมีของดิน เมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ

พารามิเตอร์	0.33±0.12 (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)			0.82±0.05 (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)			1.14±0.14 (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)			2.78±1.05 (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)		
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
pH[1]	4.40	4.57	4.47	4.01	4.04	4.02	4.10	5.72	5.00	4.28	6.91	5.23
OM ($g.kg^{-1}$)[2]	19.01	32.62	26.92	14.16	18.91	16.99	11.48	24.75	16.29	13.82	36.14	24.05
P ($mg.kg^{-1}$)[3]	43.30	63.01	51.36	110	196	142	11.47	218	57.78	9.99	402.22	137.30
K (cmol (+).kg^{-1})[4]	0.12	0.29	0.22	0.42	0.59	0.49	0.46	1.48	1.41	0.30	3.97	2.13
Ca (cmol (+).kg^{-1})[4]	0.19	0.41	0.33	0.77	0.86	0.82	0.92	1.24	1.14	1.75	4.72	2.78
Mg (cmol (+).kg^{-1})[4]	0.54	0.85	0.72	0.11	0.20	0.16	0.15	0.94	0.57	0.11	1.33	0.76

หมายเหตุ 1. [1] pH meter (soil:water, 1:1) [2] Walkley and Black method [3] Bray II [4] Extracted with 1N NH_4OAc pH 7

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ของใบลองกอง เมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ

แคลเซียม (เซนติโมล (+) ต่อ กิโลกรัม)	ไนโตรเจน (กรัมต่อ กิโลกรัม)	ฟอสฟอรัส (กรัมต่อ กิโลกรัม)	โพแทสเซียม (กรัมต่อ กิโลกรัม)	แคลเซียม (กรัม ต่อ กิโลกรัม	แมกนีเซียม (กรัม ต่อ กิโลกรัม
0.33±0.12	23.48±3.13	1.59±0.25	13.43±0.76a	1.27±0.07c	1.10±0.05c
0.82±0.05	26.35±3.70	1.66±0.16	14.63±1.43a	1.60±0.19c	1.20±0.16bc
1.14±0.14	28.20±2.01	1.89±0.24	10.59±1.02b	3.71±0.20a	1.75±0.15a
2.78±1.05	26.32±1.63	1.78±0.17	10.59±1.74b	2.43±0.32b	1.31±0.10b
F-test	ns	ns	**	**	**
C.V. (%)	9.11	11.49	12.24	13.28	8.89

หมายเหตุ: ** * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) และอย่างนัยสำคัญ (P≤0.05) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (±SD, n=5)

ตารางภาคผนวกที่ 5 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ของก้านช่อผลลองกอง เมื่อดินมีดับแคลเซียมต่าง ๆ

แคลเซียม (เซนติโมล (+) ต่อ กิโลกรัม)	ไนโตรเจน (กรัมต่อ กิโลกรัม)	ฟอสฟอรัส (กรัมต่อ กิโลกรัม)	โพแทสเซียม (กรัมต่อ กิโลกรัม)	แคลเซียม (กรัม ต่อ กิโลกรัม	แมกนีเซียม (กรัม ต่อ กิโลกรัม
0.33±0.12	11.28±0.25	1.38±0.11	16.92±0.66b	3.86±0.65	1.86±0.15a
0.82±0.05	10.85±0.64	1.50±0.08	18.49±0.90b	4.11±0.14	0.88±0.02c
1.14±0.14	10.32±0.89	1.33±0.06	19.12±0.99b	4.04±0.56	1.06±0.17c
2.78±1.05	10.18±0.60	1.36±0.12	22.36±2.54a	4.55±0.53	1.34±0.20b
F-test	ns	ns	**	ns	**
C.V. (%)	6.68	7.25	9.68	12.32	13.56

หมายเหตุ: ** * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) และอย่างนัยสำคัญ (P≤0.05) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (±SD, n=5)

ตารางภาคผนวกที่ 6 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และ แมกนีเซียมของเปลือกผลลองกอง เมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ

แคลเซียม (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)	ไนโตรเจน (กรัมต่อกิโลกรัม)	ฟอสฟอรัส (กรัมต่อกิโลกรัม)	โพแทสเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม)	แคลเซียม (กรัม ต่อกิโลกรัม)	แมกนีเซียม (กรัม ต่อกิโลกรัม
0.33±0.12	6.00±0.20c	1.85±0.17	21.02±2.78	7.30±0.22a	3.80±0.60a
0.82±0.05	7.93±0.83a	1.54±0.04	24.64±0.96	4.98±0.49c	2.38±0.20b
1.14±0.14	6.25±0.56bc	1.62±0.26	24.30±0.84	6.07±0.34b	2.64±0.63b
2.78±1.05	7.05±0.72ab	1.64±0.17	22.22±2.70	6.70±0.76ab	3.04±0.53ab
F-test	**	ns	ns	**	*
C.V. (%)	9.54	11.49	12.14	9.20	18.33

หมายเหตุ: ** * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01)และอย่างนัยสำคัญ (P≤0.05) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (±SD, n=5)

ตารางภาคผนวกที่ 7 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ของเนื้อผลของลองกอง เมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ

แคลเซียม (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)	ไนโตรเจน (กรัมต่อกิโลกรัม)	ฟอสฟอรัส (กรัมต่อกิโลกรัม)	โพแทสเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม)	แคลเซียม (กรัม ต่อกิโลกรัม	แมกนีเซียม (กรัม ต่อกิโลกรัม
0.33±0.12	8.79±0.53	1.37±0.31b	19.19±0.93a	0.55±0.09ab	0.98±0.11a
0.82±0.05	9.37±1.03	2.44±0.22a	13.96±1.61b	0.45±0.03b	0.79±0.06b
1.14±0.14	8.84±1.34	1.47±0.13b	18.37±1.60a	0.45±0.02b	0.86±0.04b
2.78±1.05	8.75±1.26	1.62±0.30b	18.63±0.60a	0.61±0.08a	0.89±0.06ab
F-test	ns	**	**	**	*
C.V. (%)	13.19	15.39	6.40	13.26	7.99

หมายเหตุ: ** * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) และอย่างนัยสำคัญ (P≤0.05) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (±SD, n=5)

ตารางภาคผนวกที่ 8 ค่าเฉลี่ยของปริมาณ TSS, TA และ TSS:TA ของน้ำคั้นลองกอง และแรงตึงผิวเปลือกลองกอง เมื่อดินมีแคลเซียมต่าง ๆ

แคลเซียม (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)	TSS (องศาบริกซ์)	TA (กรัม as maleic ต่อกิโลกรัม)	TSS:TA	แรงตึงผิวเปลือก (นิวตัน)
0.33±0.12	15.91±0.42	4.30±0.46b	37.21±3.08b	10.90±1.34b
0.82±0.05	16.95±2.45	5.95±0.73a	28.52±2.94c	11.86±1.28b
1.14±0.14	17.65±1.02	3.91±0.39b	43.72±2.35a	12.14±0.57b
2.78±1.05	16.67±1.70	6.29±0.91a	26.79±3.21c	19.40±1.17a
F-test	ns	**	**	**
C.V. (%)	9.32	13.75	8.89	7.28

หมายเหตุ: ** แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (±SD, n=5)

ตารางภาคผนวกที่ 9 ค่าเฉลี่ยของพีเอช อินทรียวัตถุ และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน

พารามิเตอร์	อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	mean±SD
พีเอช	0	5.14±0.33
	400	5.15±0.29
	800	5.10±0.42
	1200	4.94±0.43
F-test		ns
C.V. (%)		7.31
อินทรียวัตถุ	0	14.74±2.08
(กรัมต่อกิโลกรัม)	400	13.82±0.84
	800	15.50±1.37
	1200	14.67±2.74
F-test		ns
C.V. (%)		12.94
ฟอสฟอรัส	0	439.43±39.43bc
(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	400	400.01±50.51c
	800	592.22±40.26a
	1200	475.80±70.52b
F-test		**
C.V. (%)		10.85

หมายเหตุ: ** แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (±SD, n=6)

ตารางภาคผนวกที่ 10 ค่าเฉลี่ยของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน

พารามิเตอร์	อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	mean±SD
โพแทสเซียม	0	0.44±0.07b
(เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)	400	0.48±0.10ab
	800	0.55±0.03a
	1200	0.42±0.08b
F-test		*
C.V. (%)		16.42
แคลเซียม	0	2.88±0.52c
(เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)	400	4.17±0.60b
	800	5.78±0.93a
	1200	6.55±0.70a
F-test		**
C.V. (%)		14.58
แมกนีเซียม	0	0.45±0.03a
(เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)	400	0.36±0.05b
	800	0.30±0.05c
	1200	0.22±0.04d
F-test		**
C.V. (%)		13.43

หมายเหตุ: ** * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) และอย่างนัยสำคัญ (P≤0.05) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (±SD, n=6)

ตารางภาคผนวกที่ 11 ความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของราก เนื้อไม้ และใบของลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน

พารามิเตอร์	อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	ราก	เนื้อไม้	ใบ
ไนโตรเจน	0	13.14±1.47	4.61±0.25	18.54±1.33
(กรัมต่อกิโลกรัม)	400	12.32±1.73	4.51±0.66	17.45±1.73
	800	12.12±1.58	4.13±0.69	18.84±1.64
	1200	11.78±1.16	4.30±0.58	18.83±1.87
F-test		ns	ns	ns
C.V. (%)		12.17	13.11	8.99
ฟอสฟอรัส	0	4.61±0.71b	1.05±0.15b	3.03±0.53
(กรัมต่อกิโลกรัม)	400	6.00±1.14a	1.06±0.08b	2.92±0.32
	800	6.73±0.63a	0.96±0.18b	2.91±0.20
	1200	6.00±0.78a	1.42±0.20a	3.20±0.51
F-test		**	**	ns
C.V. (%)		14.38	14.34	13.79
โพแทสเซียม	0	10.17±0.79b	4.03±0.43bc	19.68±1.44b
(กรัมต่อกิโลกรัม)	400	9.63±1.60b	4.84±0.59a	19.25±2.19b
	800	11.26±1.12ab	3.52±0.23c	21.33±1.69ab
	1200	12.11±1.98a	4.45±0.67ab	23.14±1.45a
F-test		*	**	**
C.V. (%)		13.40	12.13	8.26

หมายเหตุ: ** * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) และอย่างนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (±SD, n=6)

ตารางภาคผนวกที่ 12 ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคลเซียม และแมกนีเซียมของราก เนื้อไม้ และใบของลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 6 เดือน

พารามิเตอร์	อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	ราก	เนื้อไม้	ใบ
แคลเซียม	0	4.83±0.52b	2.52±0.36	7.00±0.91ab
(กรัมต่อกิโลกรัม)	400	5.63±0.63ab	2.18±0.31	6.67±0.94b
	800	5.92±0.97a	2.27±0.22	8.00±0.48a
	1200	5.03±0.48b	2.36±0.39	7.50±1.02ab
F-test		*	ns	*
C.V. (%)		12.61	13.96	11.82
แมกนีเซียม	0	2.60±0.26a	0.20±0.03b	1.76±0.27
(กรัมต่อกิโลกรัม)	400	2.02±0.16c	0.28±0.02a	1.90±0.23
	800	2.15±0.10bc	0.23±0.03b	1.97±0.30
	1200	2.41±0.40ab	0.24±0.02b	1.87±0.17
F-test		**	**	ns
C.V. (%)		11.76	13.26	13.16

หมายเหตุ: ** * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) และอย่างนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (±SD, n=6)

ตารางภาคผนวกที่ 13 ค่าเฉลี่ยของพีเอช อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินรอบทรงพุ่มต้นลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา12 เดือน

อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	พีเอช	อินทรียวัตถุ (กรัมต่อกิโลกรัม)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)	แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)	แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม
0	6.01±0.31	12.40±0.37b	182.60±12.50b	0.28±0.04b	3.09±0.52c	0.64±0.06a
400	5.62±0.37	13.53±0.80b	205.82±29.54b	0.26±0.02b	3.53±0.14bc	0.54±0.04b
800	5.82±0.52	12.72±2.41b	192.36±16.19b	0.52±0.04a	3.91±0.23b	0.35±0.02c
1200	5.48±0.24	16.47±0.97a	290.99±21.79a	0.52±0.06a	4.87±0.24a	0.39±0.03c
F-test	ns	*	**	**	**	**
C.V. (%)	6.81	10.37	10.46	11.46	7.46	9.31

หมายเหตุ: ** *แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) และอย่างนัยสำคัญ (P≤0.05) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (±SD, n=6)

ตารางภาคผนวกที่ 14 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมของใบลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา12 เดือน

อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	ไนโตรเจน (กรัมต่อกิโลกรัม)	ฟอสฟอรัส (กรัมต่อกิโลกรัม)	โพแทสเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม)	แคลเซียม (กรัม ต่อกิโลกรัม	แมกนีเซียม (กรัม ต่อกิโลกรัม
0	17.65±1.73	2.14±0.04b	18.04±2.05a	3.38±0.36	1.73±0.23a
400	18.68±2.86	2.67±0.36a	13.09±1.06c	3.26±0.12	1.34±0.17b
800	17.49±0.77	1.97±0.13b	15.16±1.56bc	3.71±0.46	1.35±0.11b
1200	15.57±1.24	2.53±0.07a	16.76±0.64ab	3.35±0.40	1.32±0.07b
F-test	ns	**	**	ns	*
C.V. (%)	11.36	9.70	9.02	9.91	10.92

หมายเหตุ: ** * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) และอย่างนัยสำคัญ (P≤0.05) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (±SD, n=6)

ตารางภาคผนวกที่ 15 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมของก้านช่อผลลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา12 เดือน

อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	ไนโตรเจน (กรัมต่อกิโลกรัม)	ฟอสฟอรัส (กรัมต่อกิโลกรัม)	โพแทสเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม)	แคลเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม	แมกนีเซียม (กรัม ต่อกิโลกรัม
0	16.52±0.58	1.23±0.11b	18.12±0.26c	3.76±0.48b	1.24±0.08a
400	16.43±0.64	1.76±0.23a	25.87±2.90b	5.21±1.03a	1.36±0.23a
800	17.95±1.74	1.34±0.10b	25.98±2.55b	3.69±0.52b	0.84±0.16b
1200	16.10±1.87	1.42±0.15b	29.76±0.96a	4.76±0.11ab	1.22±0.24a
F-test	ns	**	**	*	*
C.V. (%)	7.99	11.53	8.90	16.01	16.66

หมายเหตุ: ** * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) และอย่างนัยสำคัญ (P≤0.05) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (±SD, n=6)

ตารางภาคผนวกที่ 16 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมของเปลือกผลลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตรา ต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน

อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	ไนโตรเจน (กรัมต่อกิโลกรัม)	ฟอสฟอรัส (กรัมต่อกิโลกรัม)	โพแทสเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม)	แคลเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม	แมกนีเซียม (กรัม ต่อกิโลกรัม
0	9.04±1.91	2.35±0.36a	25.72±2.02	6.62±0.91ab	2.90±0.73
400	8.75±0.85	1.93±0.26b	23.99±2.08	5.40±0.40b	2.29±0.06
800	7.48±0.79	1.83±0.06b	23.21±1.28	7.14±0.96a	2.48±0.34
1200	7.53±1.21	1.73±0.13b	22.77±1.22	7.90±0.79a	2.43±0.20
F-test	ns	*	ns	**	ns
C.V. (%)	12.66	11.72	7.30	11.46	15.41

หมายเหตุ: ** * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) และอย่างนัยสำคัญ (P≤0.05) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (±SD, n=6)

ตารางภาคผนวกที่ 17 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมของเนื้อผลลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน

อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	ไนโตรเจน (กรัมต่อกิโลกรัม)	ฟอสฟอรัส (กรัมต่อกิโลกรัม)	โพแทสเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม)	แคลเซียม (กรัม ต่อกิโลกรัม	แมกนีเซียม (กรัม ต่อกิโลกรัม
0	6.95±0.69b	2.03±0.09b	15.10±0.42b	0.90±0.08a	0.97±0.13a
400	7.81±0.62ab	2.52±0.34a	22.24±4.19a	0.63±0.06b	0.54±0.13b
800	8.87±1.12a	1.72±0.09b	17.85±1.93ab	0.56±0.06b	0.35±0.04c
1200	7.13±0.62b	1.35±0.02c	17.17±0.38b	0.64±0.10b	0.39±0.08c
F-test	*	**	*	**	**
C.V. (%)	10.27	10.86	14.67	10.62	9.31

หมายเหตุ: ** * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) และอย่างนัยสำคัญ (P≤0.05) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (±SD, n=6)

ตารางภาคผนวกที่ 18 ค่าเฉลี่ยของพีเอช อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่ที่แลกเปลี่ยนได้ และ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินรอบทรงพุ่มต้นลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน

อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	พีเอช	อินทรียวัตถุ (กรัมต่อกิโลกรัม)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)	แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)	แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม
0	6.01±0.30	17.92±2.04a	869.59±167.16a	0.28±0.03c	3.64±0.70	0.72±0.10a
400	6.09±0.13	12.20±1.92b	665.62±71.49b	0.30±0.0.05bc	3.45±0.38	0.57±0.08b
800	6.02±0.30	10.12±1.97b	723.14±137.71ab	0.38±0.05a	3.80±0.68	0.52±0.10b
1200	6.09±0.23	11.93±2.22b	676.66±125.63b	0.35±0.0.04ab	3.82±0.53	0.39±0.05c
F-test	ns	**	*	**	ns	**
C.V. (%)	4.15	15.65	17.74	13.64	16.00	15.22

หมายเหตุ: ** *แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) และอย่างนัยสำคัญ (P≤0.05) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (±SD, n=6)

ตารางภาคผนวกที่ 19 ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมของใบลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน

อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	ไนโตรเจน (กรัมต่อกิโลกรัม)	ฟอสฟอรัส (กรัมต่อกิโลกรัม)	โพแทสเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม)	แคลเซียม (กรัม ต่อกิโลกรัม	แมกนีเซียม (กรัม ต่อกิโลกรัม
0	16.56±0.78b	1.84±0.29	22.62±0.94a	5.34±1.01c	1.88±0.06
400	18.06±1.64ab	1.85±0.18	19.59±1.40b	6.19±0.97bc	1.89±0.22
800	18.95±1.09a	2.12±0.18	19.66±0.90b	7.30±0.87a	1.85±0.23
1200	16.58±2.69b	1.92±0.21	23.87±1.55a	6.59±0.47ab	1.66±0.22
F-test	*	ns	**	**	ns
C.V. (%)	9.76	11.22	5.73	13.47	10.84

หมายเหตุ: ** * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) และอย่างนัยสำคัญ (P≤0.05) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (±SD, n=6)

ตารางภาคผนวกที่ 20 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมของก้านช่อผลลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน

อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	ไนโตรเจน (กรัมต่อกิโลกรัม)	ฟอสฟอรัส (กรัมต่อกิโลกรัม)	โพแทสเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม)	แคลเซียม (กรัม ต่อกิโลกรัม	แมกนีเซียม (กรัม ต่อกิโลกรัม
0	12.39±0.28	1.31±0.11	22.04±1.33	3.36±0.22	0.83±0.03
400	11.22±0.77	1.40±0.09	21.30±0.77	3.99±0.27	0.69±0.05
800	10.69±0.35	1.38±0.17	22.48±0.92	3.68±0.17	0.70±0.08
1200	11.08±0.81	1.71±0.12	21.83±0.77	3.67±0.14	0.86±0.05
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	12.87	20.93	9.67	13.27	19.02

หมายเหตุ: ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (±SD, n=6)

ตารางภาคผนวกที่ 21 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมของเปลือกผลลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน

อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	ไนโตรเจน (กรัมต่อกิโลกรัม)	ฟอสฟอรัส (กรัมต่อกิโลกรัม)	โพแทสเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม)	แคลเซียม (กรัม ต่อกิโลกรัม	แมกนีเซียม (กรัม ต่อกิโลกรัม
0	10.46±0.59b	2.69±0.15a	30.64±2.22a	4.57±0.35b	1.11±0.16ab
400	9.06±0.96b	2.07±0.44b	17.89±0.63d	4.03±1.88b	0.97±0.36b
800	9.56±1.18b	2.36±0.31ab	20.05±1.18c	4.29±0.69b	0.96±0.15b
1200	12.08±0.81a	2.85±0.47a	28.32±0.71b	6.36±0.78a	1.44±0.24a
F-test	**	*	**	*	*
C.V. (%)	9.39	14.81	5.49	23.68	22.16

หมายเหตุ: ** * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) และอย่างนัยสำคัญ (P≤0.05) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT (±SD, n=6)

ตารางภาคผนวกที่ 22 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมของเนื้อผลลองกอง เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน

อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	ไนโตรเจน (กรัมต่อกิโลกรัม)	ฟอสฟอรัส (กรัมต่อกิโลกรัม)	โพแทสเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม)	แคลเซียม (กรัมต่อกิโลกรัม	แมกนีเซียม (กรัม ต่อกิโลกรัม
0	7.99±1.48bc	1.86±0.21ab	19.46±1.50	0.67±0.03b	0.47±0.04
400	8.92±0.65ab	1.67±0.19b	20.56±2.01	0.77±0.11ab	0.45±0.08
800	9.67±1.03a	1.98±0.05a	21.18±1.89	0.89±0.13a	0.45±0.07
1200	6.98±0.42c	1.63±0.31b	21.43±0.97	0.68±0.06b	0.42±0.04
F-test	**	*	ns	*	ns
C.V. (%)	11.35	10.98	8.24	12.98	14.13

หมายเหตุ: ** * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) และอย่างนัยสำคัญ (P≤0.05) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (±SD, n=6)

ตารางภาคผนวกที่ 23 ค่าเฉลี่ยของการสะสมธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในส่วนของกิ่งใหม่ที่แตกใหม่ในรอบปี เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน

ธาตุอาหารพืช	อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	ใบ	ก้านช่อของใบ
ไนโตรเจน	0	165.88±11.54b	27.52±3.24a
(มิลลิกรัมต่อช่อ)	400	228.03±33.93a	29.20±4.01a
	800	178.40±24.24b	22.16±3.97b
	1200	174.60±24.53b	21.45±3.76b
F-test		**	**
C.V. (%)		13.32	14.99
ฟอสฟอรัส	0	18.39±2.39	7.76±0.99b
(มิลลิกรัมต่อช่อ)	400	21.00±2.27	9.91±1.44a
	800	19.97±2.08	10.11±1.59a
	1200	19.94±1.84	8.45±1.59ab
F-test		ns	*
C.V. (%)		10.81	15.74
โพแทสเซียม	0	251.18±44.51a	46.09±5.00a
(มิลลิกรัมต่อช่อ)	400	242.80±48.20a	48.14±5.47a
	800	190.13±26.81b	36.18±2.81b
	1200	224.15±31.93ab	40.71±2.46b
F-test		*	**
C.V. (%)		17.12	9.70

หมายเหตุ: ** * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) และอย่างนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (±SD, n=6)

ตารางภาคผนวกที่ 24 ค่าเฉลี่ยของการสะสมแคลเซียม และแมกนีเซียมในส่วนของกิ่งใหม่ที่แตกใหม่ในรอบปี เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน

ธาตุอาหารพืช	อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	ใบ	ก้านช่อของใบ
แคลเซียม	0	55.89±8.64c	25.00±3.18a
(มิลลิกรัมต่อช่อ)	400	78.28±11.41a	25.05±2.47a
	800	61.92±7.58bc	24.35±3.28a
	1200	71.92±8.22ab	19.50±1.26b
F-test		**	**
C.V. (%)		13.55	11.39
แมกนีเซียม	0	22.84±3.42	3.60±0.43b
(มิลลิกรัมต่อช่อ)	400	23.04±3.47	4.59±0.55a
	800	20.16±2.08	2.99±0.53c
	1200	20.08±1.74	2.75±0.44c
F-test		ns	**
C.V. (%)		12.95	14.12

หมายเหตุ: ** แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (±SD, n=6)

ตารางภาคผนวกที่ 25 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักต่อผล แรงตึงผิวเปลือก TSS TA และ TSS:TA เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 12 เดือน

อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	น้ำหนักต่อผล (กรัม)	แรงตึงผิวเปลือก (นิวตัน)	TSS (องศาบริกซ์)	TA (กรัม as maleic ต่อกิโลกรัม)	TSS:TA
0	19.57±1.01b	16.31±1.67b	17.38±0.87b	6.75±0.46b	25.76±0.74c
400	19.82±0.26b	18.71±0.55a	16.42±0.08b	4.78±0.29c	34.40±2.10b
800	23.85±2.16a	17.86±0.59ab	19.42±1.00a	4.90±0.31c	39.66±2.12a
1200	22.08±1.01ab	16.62±1.05b	18.13±1.44ab	8.47±1.53a	23.01±1.51c
F-test	*	*	*	**	**
C.V. (%)	6.11	6.14	5.49	13.24	5.59

หมายเหตุ: ** *แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) และอย่างนัยสำคัญ (P≤0.05) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ตารางภาคผนวกที่ 26 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักต่อผล แรงตึงผิวเปลือก TSS, TA และ TSS:TA เมื่อใช้ยิปซัมอัตราต่าง ๆ เป็นเวลา 33 เดือน

อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	น้ำหนักต่อผล (กรัม)	แรงตึงผิวเปลือก (นิวตัน)	TSS (องศาบริกซ์)	TA (กรัม as maleic ต่อกิโลกรัม)	TSS:TA
0	21.02±0.46	19.02±1.18	14.95±1.17b	4.03±0.59	37.53±4.81ab
400	21.28±1.22	19.79±0.94	17.53±1.71a	4.13±0.50	42.81±5.16a
800	20.64±1.69	18.56±0.63	16.02±0.29ab	4.55±0.38	35.43±3.04b
1200	21.35±0.86	19.08±1.33	16.46±0.75ab	3.84±0.40	43.30±5.77a
F-test	ns	ns	*	ns	*
C.V. (%)	5.79	5.33	6.86	11.13	11.91

หมายเหตุ: * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (±SD, n=6

ตารางภาคผนวกที่ 27 ร้อยละเฉลี่ยน้ำหนักสดของเนื้อผล เปลือกผล ก้านช่อผล และเมล็ด จากพื้นที่ สุราษฎร์ธานี สงขลา ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส

สถานที่	เนื้อผล (%)	เปลือกผล (%)	ก้านช่อผล (%)	เมล็ด (%)
สุราษฎร์ธานี	72.09±1.74b	25.33±1.43a	1.67±0.13ab	0.91±0.50c
สงขลา	71.44±0.89b	24.06±1.22a	1.29±0.08b	3.20±0.39a
ปัตตานี	72.38±0.87b	23.23±0.71ab	2.14±0.25a	2.25±0.42ab
ยะลา	76.78±1.19a	19.75±1.23b	1.61±0.20b	1.88±0.16bc
นราธิวาส	71.53±1.09b	25.78±1.17a	1.43±.10b	1.27±0.27bc
F-test	*	*	*	**
C.V. (%)	3.07	9.41	17.41	35.79

หมายเหตุ: ** แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (±SD, n=5)

ตารางภาคผนวกที่ 28 ร้อยละเฉลี่ยความชื้นของเนื้อผล เปลือกผล ก้านช่อผล และเมล็ด จากพื้นที่ สุราษฎร์ธานี สงขลา ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส

สถานที่	เนื้อผล (%)	เปลือกผล (%)	ก้านช่อผล (%)	เมล็ด (%)
สุราษฎร์ธานี	79.27±3.90	81.71±1.12	71.80±0.76	55.95±1.35
สงขลา	80.78±0.32	80.91±0.54	67.68±0.43	62.00±1.67
ปัตตานี	78.17±1.09	77.10±0.96	67.02±1.38	58.39±1.83
ยะลา	83.36±2.05	77.04±1.69	67.97±0.91	59.24±3.39
นราธิวาส	81.37±1.25	80.91±1.53	67.46±1.55	57.51±1.75
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	4.46	3.22	3.52	6.76

หมายเหตุ: ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (±SD, n=5)

ตารางภาคผนวกที่ 29 สมบัติกายภาพและเคมีของดินสวนนายฤกษ์ จิตปฐมวณิชย์

พารามิเตอร์	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
เนื้อดิน[1]	Silt Loam	Silt Lam	Silt Loam
ดินเหนียว (%)	8.7	24.8	15.1
พีเอช[2]	3.96	6.37	4.88
อินทรียวัตถุ (กรัมต่อกิโลกรัม)[3]	1.37	18.57	12.63
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโล)[4]	157	585	344
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)[5]	0.12	0.62	0.24
แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)[5]	1.53	11.40	3.56
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)[5]	0.30	0.89	0.51

หมายเหตุ 1.[1]Pipet method [2] pH meter (soil:water, 1:1) [3] Walkley and Black method [4] Bray II [5] Extracted with 1N NH_4OAc pH 7

ตารางภาคผนวกที่ 30 สมบัติกายภาพและเคมีของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ของพื้นที่ตัวแทนสวนลองกอง

พารามิเตอร์	ต่ำสุด					สูงสุด					เฉลี่ย				
	สฎ	สข	ปน	ยล	นธ	สฎ	สข	ปน	ยล	นธ	สฎ	สข	ปน	ยล	นธ
pH[1]	4.28	4.82	4.01	4.92	4.40	4.96	5.45	4.39	6.91	5.70	4.69	5.06	4.11	5.87	4.78
OM (g kg^{-1})[2]	16.02	11.48	13.82	24.75	19.01	19.69	15.92	18.91	36.14	33.94	17.68	14.01	15.89	28.84	28.68
Avail.P (mg kg^{-1})[3]	87	17.42	110	9.66	43.29	402	22.16	218	12.13	63.01	273	19.81	168	10.81	50.30
Exch.K (cmol(+) kg^{-1})[4]	3.49	1.32	0.42	1.29	0.12	3.97	1.48	0.59	2.00	0.30	3.78	1.38	0.47	1.57	0.24
Exch.Ca (cmol(+) kg^{-1})[4]	2.83	0.92	0.77	0.27	0.19	4.72	1.17	1.75	3.39	1.78	3.47	1.07	1.09	1.76	0.69
Exch.Mg(cmol(+) kg^{-1})[4]	0.55	0.42	0.11	0.81	0.54	1.03	0.77	0.17	2.13	1.33	0.74	0.58	0.15	1.18	0.87
เนื้อดิน[5]											L	SL	SiL	CL	SiCL
ดินเหนียว (%)											23.4	7.5	19.1	35.3	26.8

หมายเหตุ 1. [1] pH meter (soil:water, 1:1) [2] Walkley and Black method [3] Bray II [4] Extracted with 1N NH_4OAc pH 7 [5]Pipet method

ตารางภาคผนวกที่ 31 ระดับพีเอชของดิน

ระดับ	พิสัย
กรดจัดมาก	<4.5
กรดจัด	4.5-5.0
กรดแก่	5.1-5.5
กรดปานกลาง	5.6-6.0
กรดเล็กน้อย	6.1-6.5
กลาง	6.6-7.3
ด่างอย่างอ่อน	7.4-7.8
ด่างปานกลาง	7.9-8.4
ด่างแก่	8.5-9.0
ด่างจัด	>9.0

ที่มา: บรรเจิด, 2523

ตารางภาคผนวกที่ 32 พิสัยของอินทรียวัตถุ ความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และด่างที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน

ระดับ	อินทรียวัตถุ (กรัมต่อกิโลกรัม)	BS (%)	CEC (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	ด่างที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมล (+) ต่อกิโลกรัม)			
					แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้	แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้	โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้
ต่ำมาก	<5	<20	<3	<3	<2	<0.3	<0.2	<0.1
ต่ำ	5-10	20-40	3-5	3-6	2-5	0.3-1.0	0.2-0.3	0.1-0.3
ค่อนข้างต่ำ	10-15		5-10	6-10				
ปานกลาง	15-25	40-60	10-15	10-15	5-10	1.0-3.0	0.3-0.6	0.3-0.7
ค่อนข้างสูง	25-35		15-20	15-25				
สูง	35-45	60-80	20-30	25-45	10-20	3.0-8.0	0.6-1.2	0.7-2.0
สูงมาก	>45	>80	>30	>45	>20	>8.0	>1.2	>2.0

ที่มา: บรรเจิด, 2523

ตารางภาคผนวกที่ 33 ค่าเฉลี่ย TSS TA และ TSS:TA ของน้ำคั้นจากผลลองกอง ค่าเฉลี่ยน้ำหนักผล ในระดับชั้นคุณภาพ A, B และC

ระดับชั้นคุณภาพ	น้ำหนักผล(กรัม)	TSS(^{o}Brix)	TA(%)	TSS:TA
A	22.37	17.41	0.78	22.9
B	21.40	17.21	0.76	22.9
C	19.80	17.38	0.76	22.9

ที่มา: กวิศร์และวันทนา, 2544

ตารางภาคผนวกที่ 34 ความเข้มข้นเฉลี่ย (กรัมต่อกิโลกรัม) ของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในใบของไม้ผลบางชนิด

ชนิด	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	แคลเซียม	แมกนีเซียม	แหล่งที่มา
ทุเรียน	22.00	2.00	20.00	21.00	3.75	สุมิตรา และคณะ (2544)
ลำไย	21.50	1.70	15.35	15.20	2.55	ยุทธนา และคณะ (2543)
ลิ้นจี่	19.00	2.50	13.00	5.00	2.50	อรุณศิริ และคณะ (2546)
มะม่วง	14.70	4.35	8.80	22.75	3.35	อัศจรรย์ (2545)
ส้ม	25.00	1.40	5.50	42.50	4.30	นันทรัตน์ (2544)
มังคุด	11.90	0.46	8.20	11.30	1.60	วรรณิศา (2550)
ฝรั่ง	10.40	2.20	12.20	5.40	5.30	ประยูร (2544)
ลองกอง	24.58	1.78	19.01	11.45	2.59	จำเป็น และคณะ (2548)
องุ่น	17.60	1.50	9.70	2.40	3.50	อัศจรรย์ และเรณู (2544)
สาลี่	27.15	2.30	21.70	27.00	8.60	Stassen and North (2005)
แอปเปิล	24.00	1.70	17.50	20.00	3.55	Andrews *et al*. (2001)
กีวี	25.20	1.80	18.00	38.60	7.65	Zhang *et al*. (2003)
สตรอเบอรี่	22.70	3.00	20.10	11.20	4.50	Almaliotis *et al*. (2002)
เชอรี่	19.73	3.40	14.01	19.41	4.47	Jiménez *et al.* (2007)
สับปะรด	23.80	3.20	37.10	1.90	2.70	Silva *et al*. (2006)

ตารางภาคผนวกที่ 35 ค่าอัตราส่วนของแคลเซียมในใบ: เนื้อผลกับน้ำหนักต่อผลของผลผลิตลองกองครั้งแรกและครั้งที่สองหลังใส่ยิปซัม

อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	ครั้งแรก		ครั้งที่สอง	
	น้ำหนักต่อผล (กรัม)	ใบ:เนื้อผล	น้ำหนักต่อผล (กรัม)	ใบ:เนื้อผล
0	19.57±1.01b	3.73±0.12c	21.02±0.46	7.56±1.72
400	19.82±0.26b	5.24±0.48b	21.28±1.22	8.52±2.53
800	23.85±2.16a	6.65±0.50a	20.64±1.69	8.45±2.07
1200	22.08±1.01ab	5.41±1.49b	21.35±0.86	9.54±1.24
F-test	*	**	ns	ns
C.V. (%)	6.11	13.98	5.79	23.59

หมายเหตุ: ** * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) และอย่างนัยสำคัญ (P≤0.05) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

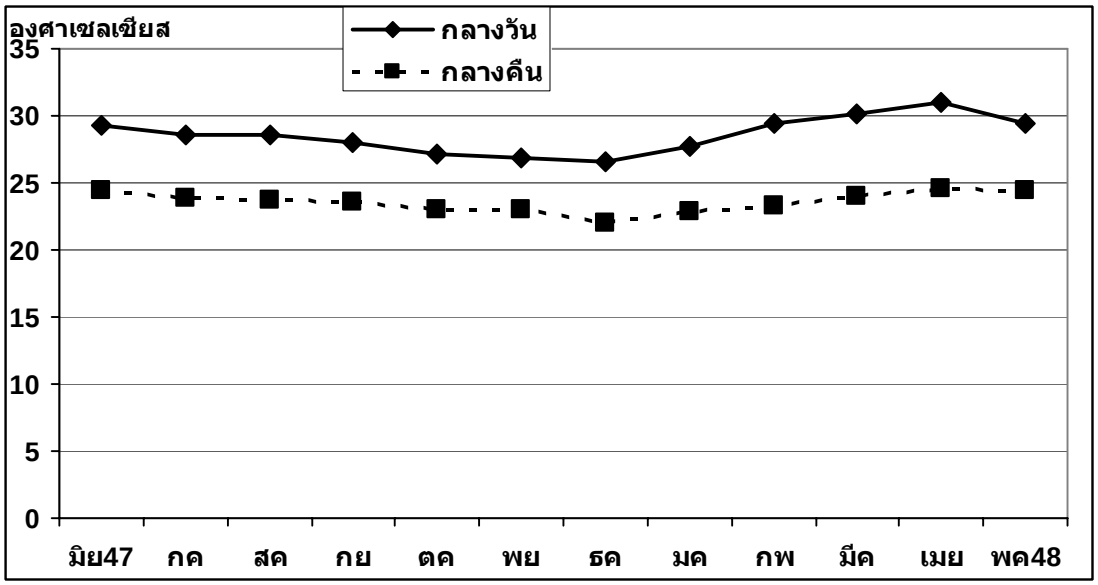
ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (±SD, n=6)

ตารางภาคผนวกที่ 36 ค่าอัตราส่วนของไนโตรเจน: แคลเซียม ในเปลือกกับแรงตึงผิวเปลือกของผลผลิตลองกองครั้งแรกและครั้งที่สองหลังใส่ยิปซัม

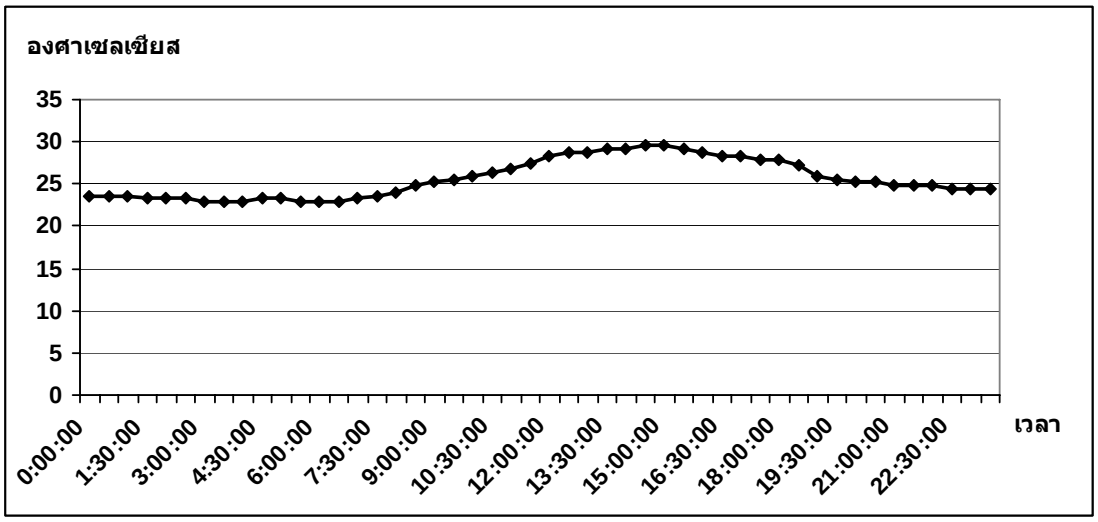
อัตรายิปซัม (กรัมต่อตารางเมตรรอบทรงพุ่ม)	ครั้งแรก		ครั้งที่สอง	
	แรงตึงผิวเปลือก (นิวตัน)	N:Ca	แรงตึงผิวเปลือก (นิวตัน)	N:Ca
0	16.31±1.67b	1.40±0.39ab	19.02±1.18	2.11±0.30a
400	18.71±0.55a	1.63±0.24a	19.79±0.94	1.44±0.21b
800	17.86±0.59ab	1.05±0.07bc	18.56±0.63	1.32±0.22b
1200	16.62±1.05b	0.96±0.17c	19.08±1.33	1.80±0.24a
F-test	*	**	ns	**
C.V. (%)	6.14	18.10	5.33	14.75

หมายเหตุ: ** * แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) และอย่างนัยสำคัญ (P≤0.05) เปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

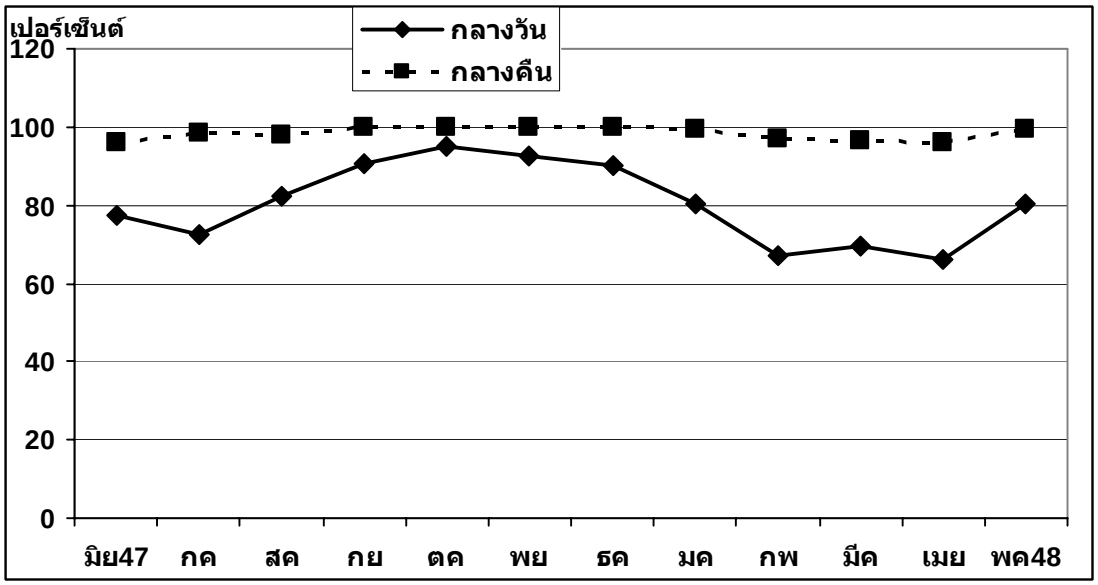
ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (±SD, n=6)



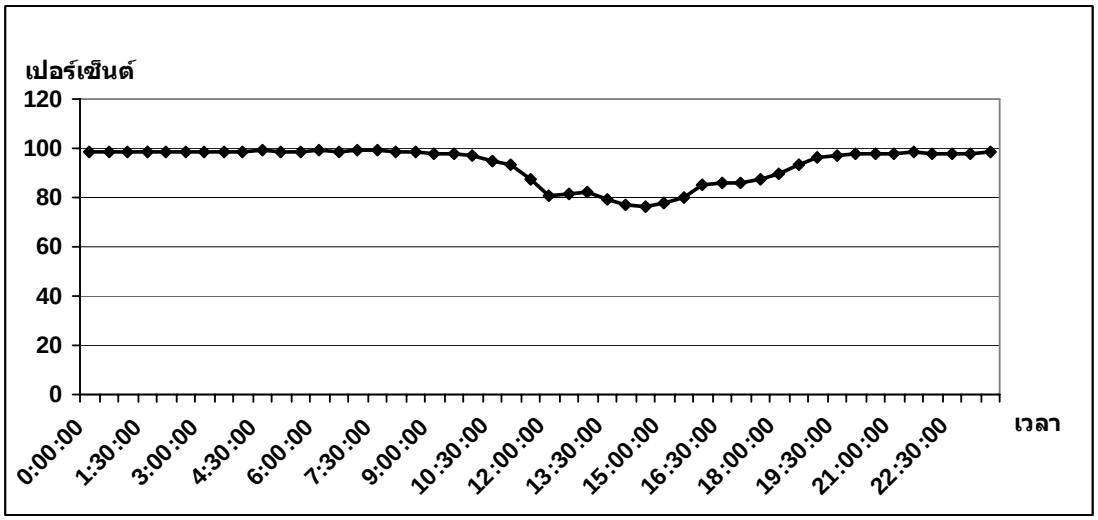
ภาพภาคผนวกที่ 1 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของกลางวันและกลางคืนภายใต้ทรงพุ่มของต้นลองกองตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2547ถึงเดือนพฤษภาคม 2548



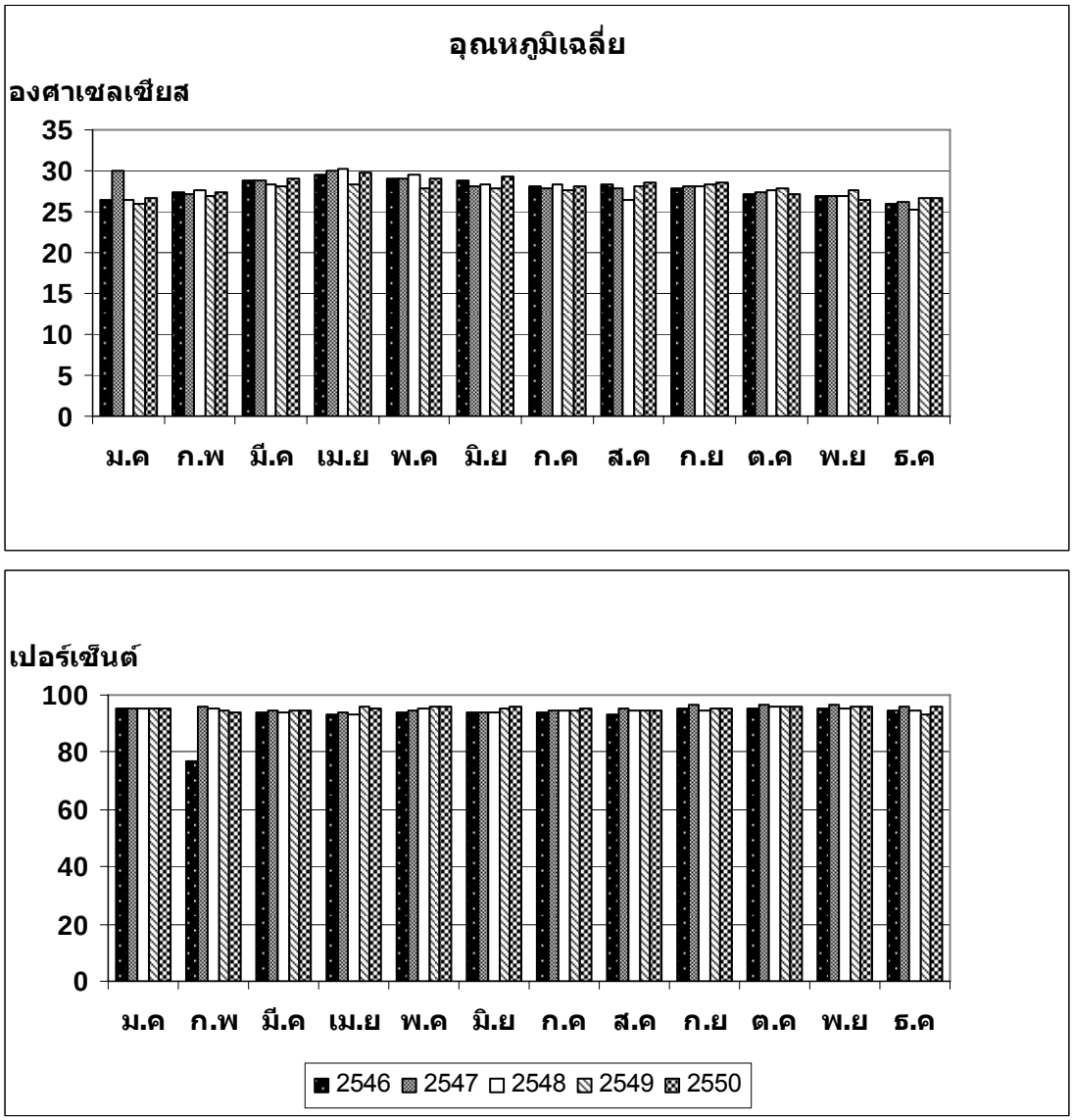
ภาพภาคผนวกที่ 2 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในรอบวันภายใต้ทรงพุ่มของต้นลองกอง



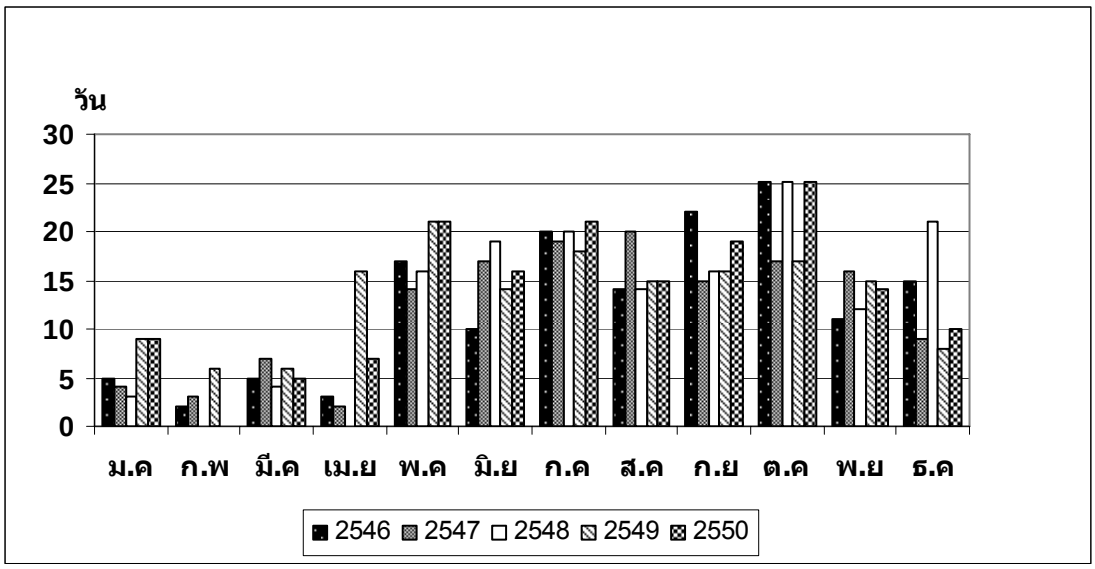
ภาพภาคผนวกที่ 3 ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเฉลี่ยของกลางวันและกลางคืนภายใต้ทรงพุ่มของต้นลองกองตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2547ถึงเดือนพฤษภาคม 2548



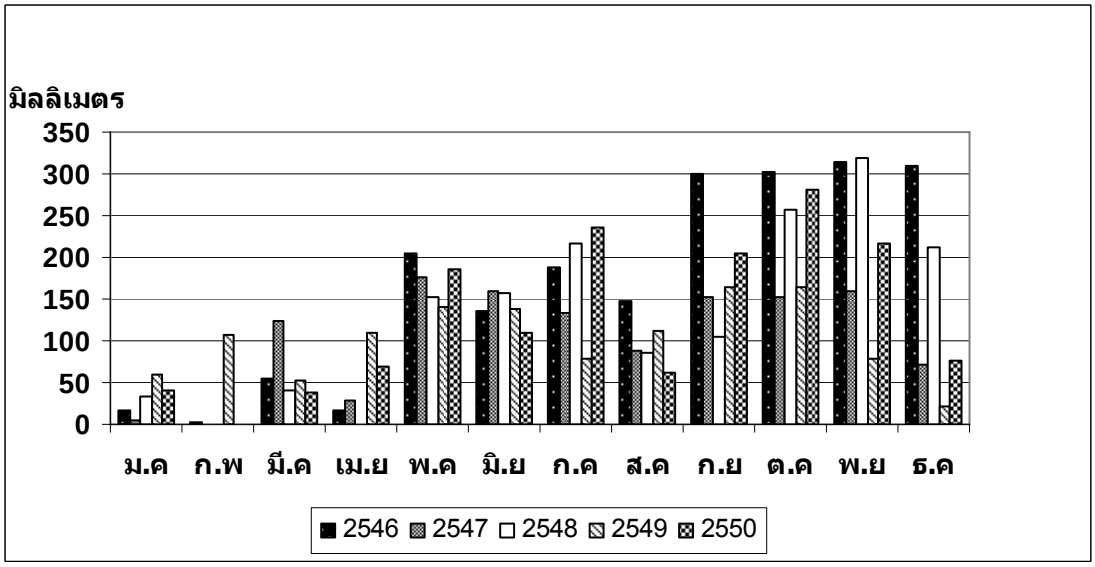
ภาพภาคผนวกที่ 4 ความชื้นสัมพัทธ์อากาศในรอบวันภายใต้ทรงพุ่มของต้นลองกอง



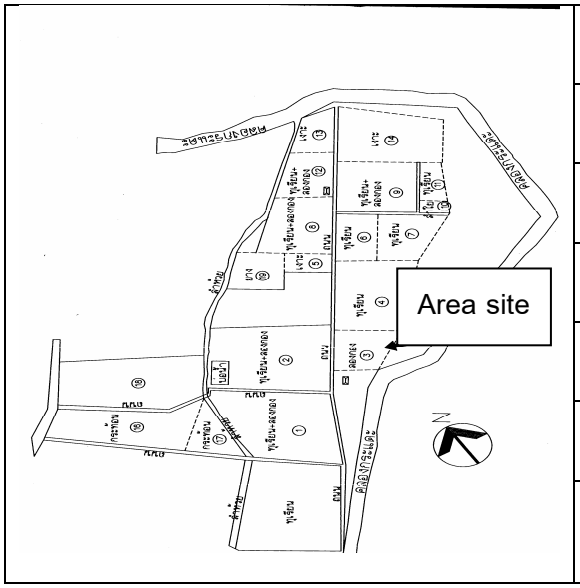
ภาพภาคผนวกที่ 5 อุณหภูมิเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของจังหวัดสุราษฎร์ธานี



ภาพภาคผนวกที่ 6 จำนวนวันฝนตกของจังหวัดสุราษฎร์ธานี



ภาพภาคผนวกที่ 7 ปริมาณน้ำฝนจังหวัดสุราษฎร์ธานี

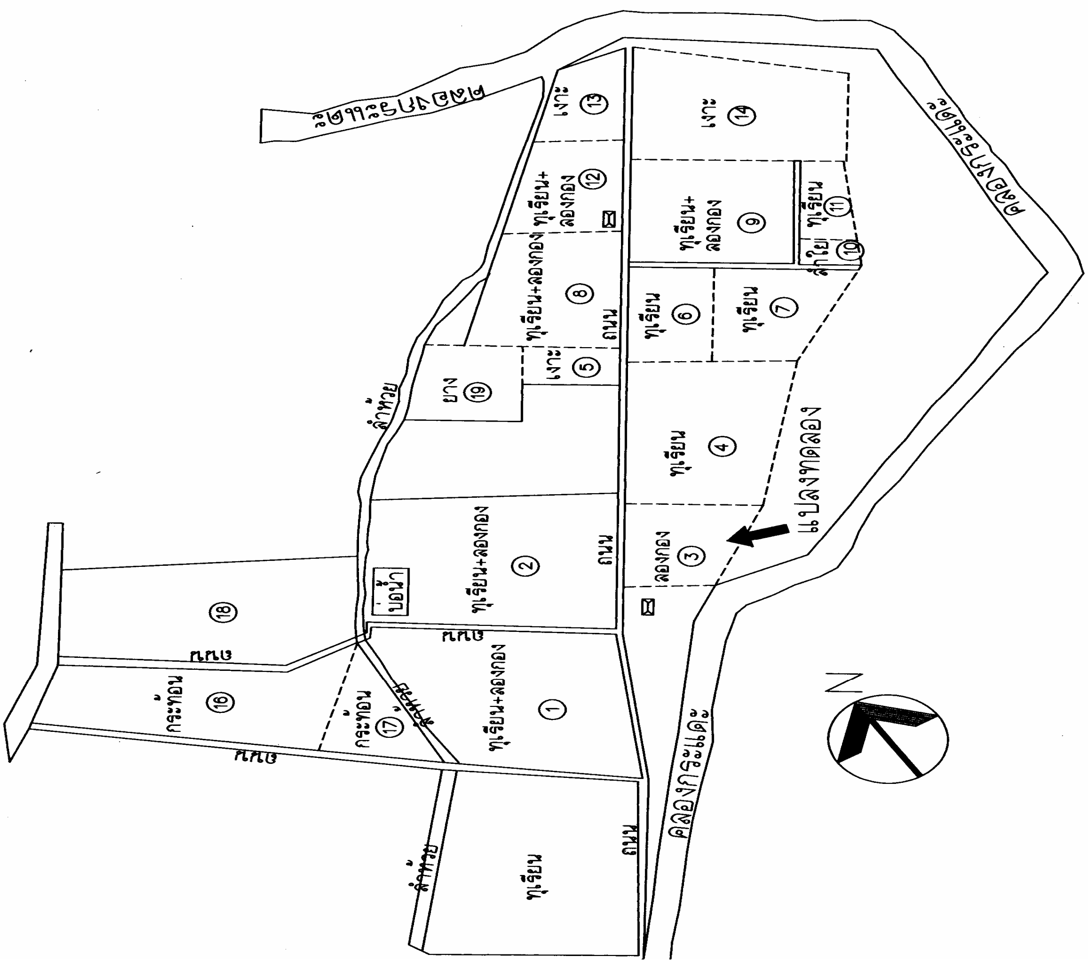


a

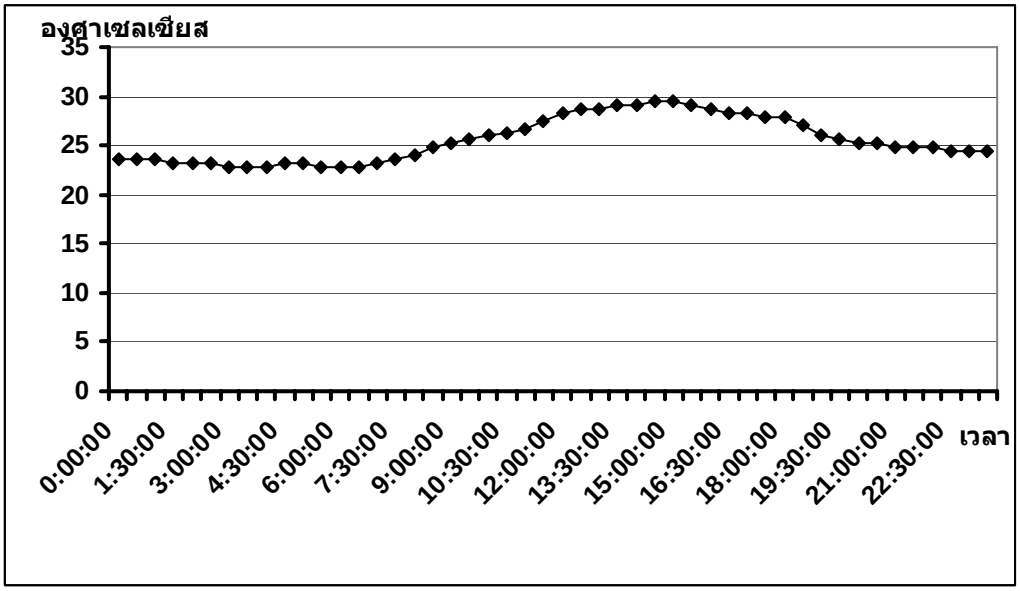
T2	-	T4	C	-
T3	T3	T3	-	C
-	T3	T3	-	T3
-	T4	-	C	T4
T2	T2	C	T4	T2
-	-	C	T4	T4
C	T2	-	-	T2

b

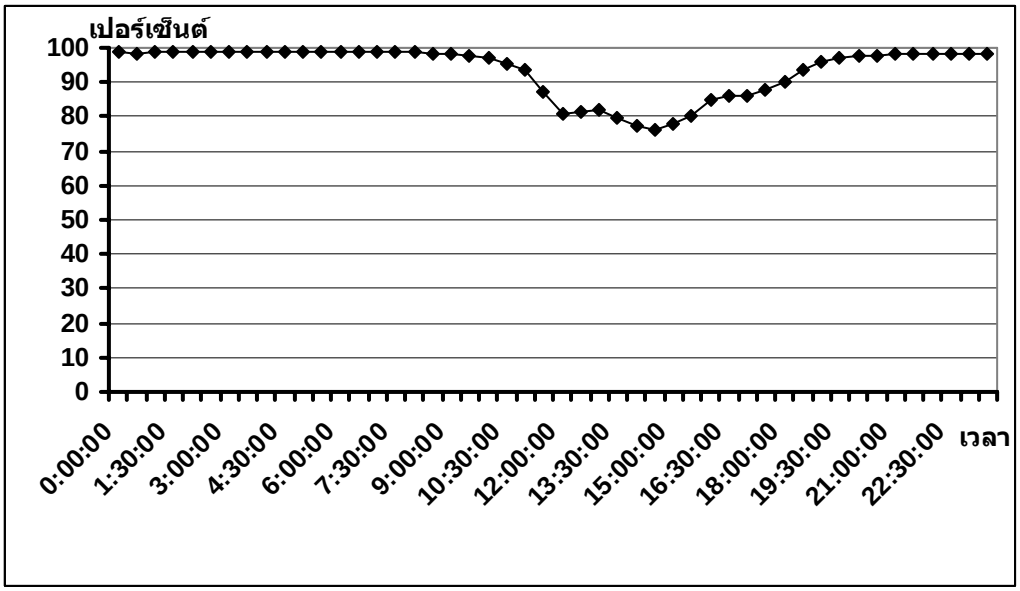
ภาพภาคผนวกที่ 8 ผังการทดลองในภาคสนาม (C= ควบคุม T2=ใส่ยิปซัม 400 กรัมต่อตารางเมตร T3=ใส่ยิปซัม 800 กรัมต่อตารางเมตรT4=ใส่ยิปซัม 1200 กรัมต่อตารางเมตร)



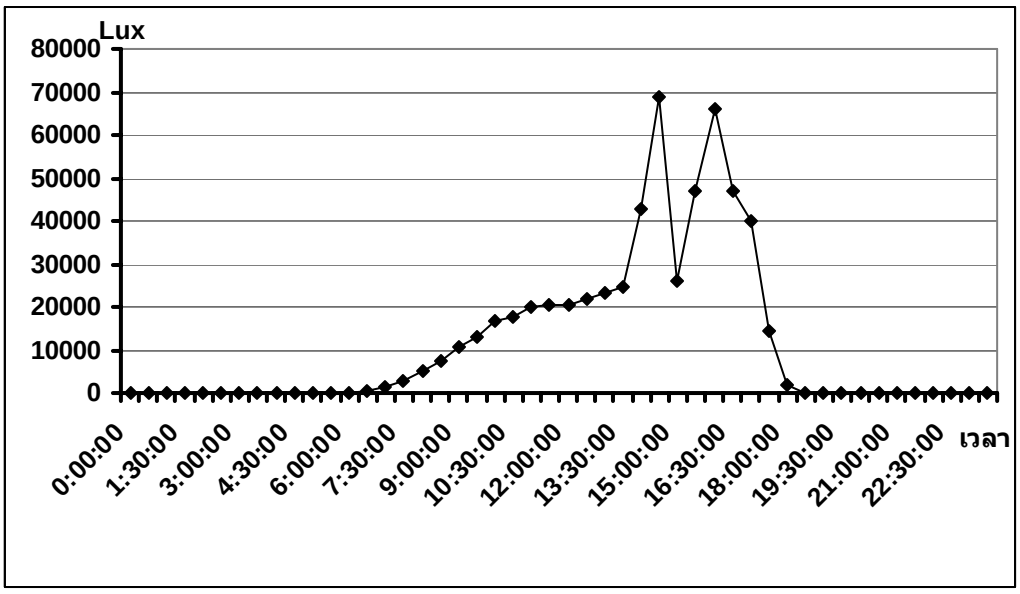
ภาพภาคผนวกที่ 9 แผนที่สวนและพื้นที่ที่ใช้ศึกษาในจังหวัดสุราษฎร์ธานี



ภาพภาคผนวกที่ 10 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในรอบวันภายในโรงเรือนที่ปลูกต้นกล้าลองกอง



ภาพภาคผนวกที่ 11 ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยในรอบวันภายในโรงเรือนที่ปลูกต้นกล้าลองกอง



ภาพภาคผนวกที่ 12 ความเข้มแสงเฉลี่ยในรอบวันภายในโรงเรือนที่ปลูกต้นกล้าลองกอง

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายบุญส่ง ไกรศรพรสรร

รหัสประจำตัวนักศึกษา 4543004

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วท.บ. (เคมี)	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	2525
วท.ม. (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2534

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนอุดหนุนการศึกษาแก่อาจารย์เพื่อศึกษาหลักสูตรระดับปริญญาเอกที่เปิดสอนใน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8

สถานที่ทำงาน แผนกวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
ภาควิชาเทคโนโลยีและการอุตาสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี

การตีพิมพ์และเผยแพร่ผลงาน

บุญส่ง ไกรศรพรสรร สายัณห์ สดุดี และ ชัยรัตน์ นิลนนท์. 2551. การประเมินธาตุอาหารที่ติดไปกับช่อผลลองกองเพื่อเป็นแนวทางในการให้ปุ๋ย. ว. เกษตรพระจอมเกล้า 26: 18-25.

บุญส่ง ไกรศรพรสรร สายัณห์ สดุดี และ ชัยรัตน์ นิลนนท์. 2552. ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารกับคุณภาพผลผลิตลองกอง. ว. วิทย. กษ. 40: 381-390.

บุญส่ง ไกรศรพรสรร สายัณห์ สดุดี และ ชัยรัตน์ นิลนนท์. 2554. ผลของการใช้ยิปซัมต่อปริมาณธาตุอาหารพืชในใบ ผลผลิต และคุณภาพผลผลิตของลองกอง. ว. วิทย. กษ. 42: (รอตีพิมพ์)