บทที่ 4

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อคุณภาพผลผลิตของลองกอง

1.1 คุณภาพภายนอกของผลผลิต

น้ำหนักสดรวมช่อผล น้ำหนักสดผลต่อช่อ และขนาดผลของตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผลมีค่าสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผล (รูปที่ 1, 2, และ 3) เนื่องจากเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีผลทำให้ดินมีระดับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงขึ้น (รูปที่ 16 ก และ ข) ส่งผลให้ต้นลองกองดูดโพแทสเซียมได้เพิ่มขึ้นสังเกตได้จากความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบ ผล และส่วนประกอบต่าง ๆ ของผลของตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมสูงกว่าที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (ตารางที่ 3, 8, 13, 18 และ 23) โดยโพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีบทบาทในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดที่ช่วยในการรวมตัวของสารต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ซึ่งมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์โปรตีน การสร้างแป้งและน้ำตาล ตลอดจนการเคลื่อนย้ายอาหารจากการสังเคราะห์แสงซึ่งเป็นแหล่งผลิตผ่านท่ออาหารไปยังผล โดยผลจะเป็นแหล่งสะสมอาหาร (sink) ที่สำคัญ (Menzel *et al*., 1992) และเมื่อผลลองกองอายุเพิ่มขึ้นจะมีการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากแหล่งผลิตไปสะสมที่ผลเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะระยะเก็บเกี่ยว (นฤทธิ, 2545) ทำให้ผลลองกองมีขนาดใหญ่ขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักสดรวมช่อผล น้ำหนักสดผลต่อช่อ และขนาดผลเพิ่มขึ้น ตรงกับที่มีรายงานว่าการให้โพแทสเซียมในอัตราที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลฝรั่งมีขนาดใหญ่ขึ้น และมีน้ำหนักผลเพิ่มขึ้น (นิภาพร และ ตระกูล, 2544) เช่นเดียวกับที่มีรายงานว่าเลมอน (lemon) ที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราสูงขึ้นมีน้ำหนักของผลเพิ่มขึ้น (Quaggio *et al*., 2002) สอดคล้องกับที่มีรายงานว่าสับปะรดพันธุ์ Smooth Cayenne ที่ได้รับโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นจะมีขนาดผลใหญ่ขึ้น และมีน้ำหนักผลเพิ่มขึ้น (ชัยพร, 2525; Spironello *et al*., 2004) ทั้งนี้น้ำหนักสดรวมของช่อผล น้ำหนักสดผลต่อช่อของลองกองมีค่าสูงที่สุดในสัปดาห์ที่ 14 หลังติดผล แต่ในสัปดาห์ที่ 16 เกิดการหลุดร่วงของผลจึงทำให้จำนวนผลต่อช่อลดลง (รูปที่ 6) ส่งผลให้น้ำหนักสดรวมช่อผล และน้ำหนักสดผลต่อช่อลดลง (รูปที่ 1 และ 2)

ตลอดช่วงการพัฒนาของผลพบว่าทุกตำรับมีจำนวนผลต่อช่อลดลงมากในช่วงสัปดาห์ที่ 4- 6 หลังติดผล และหลังจากนั้นจำนวนผลเปลี่ยนแปลงไม่มาก ตรงกับที่มีการศึกษาพบว่าอัตราการหลุดร่วงของผลลองกองจะสูงมากในระยะสัปดาห์ที่ 3-6 (อรพิน และ สุรกิตติ,

2535) สำหรับสัปดาห์ที่ 16 ทุกตำรับการทดลองมีจำนวนผลต่อช่อลดลงอีกเล็กน้อย สอดคล้องกับที่มีรายงานว่าในระยะสุดท้ายของการติดผลของลองกองจะมีผลร่วงอีกประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ (มงคล และคณะ, 2544) อย่างไรก็ตามพบว่าในสัปดาห์ที่ 8-16 จำนวนผลต่อช่อของตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผลมีแนวโน้มสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ซึ่งอาจจะเป็นเพราะต้นลองกองที่มีการใส่ปุ๋ยบำรุงผลมีความสมบูรณ์ของต้นมากกว่าต้นที่ไม่ใส่ปุ๋ยบำรุงผล เนื่องจากต้นลองกองได้รับธาตุอาหารที่ได้จากการใส่ปุ๋ยทำให้สามารถสร้างอาหารให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโต และการพัฒนาผลผลิต จึงทำให้เกิดการหลุดร่วงของผลน้อยลงส่งผลให้มีจำนวนผลต่อช่อมากกว่าต้นที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผล

สำหรับความยาวช่อผลพบว่ามีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงการพัฒนาของผล (รูปที่ 4) เพราะความยาวของก้านช่อผลจะมีการพัฒนามากในระยะแรกของการพัฒนาของดอกแต่หลังจากที่ดอกบานหมดแล้วความยาวก้านช่อผลจะหยุดการพัฒนา (มงคล และคณะ, 2544 ; สุรกิตติ และคณะ, 2540) อย่างไรก็ตามพบว่าน้ำหนักก้านช่อผลมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดช่วงการพัฒนาของผล (รูปที่ 5) แม้ความยาวก้านช่อผลจะไม่เพิ่มขึ้นหลังจากดอกบานหมด แต่น้ำหนักก้านช่อผลยังคงมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับน้ำหนักของผล ถึงแม้ว่าก้านช่อผลจะไม่ใช่ส่วนที่ทำหน้าที่สะสมอาหาร แต่เป็นส่วนที่มีบทบาทสำคัญในการลำเลียงน้ำและอาหารจากแหล่งต่าง ๆ เข้าสู่ผลตลอดจนต้องทำหน้าที่ในการรับน้ำหนักของผลที่เพิ่มขึ้นตามการพัฒนาของผลด้วย

ความหนาเปลือกผลของลองกองลดลงเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น (รูปที่ 7) เพราะเกิดแรงดันจากการขยายตัวของเซลล์เนื้อผลทำให้เซลล์ของเปลือกผลมีลักษณะแบนและขยายตัวทางด้านยาว การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผลทำให้ความหนาเปลือกของลองกองมีค่าน้อยกว่าความหนาเปลือกของตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (รูปที่ 7) เนื่องจากมีขนาดผลโตกว่าจึงทำให้เกิดแรงดันของเซลล์เนื้อผลมากกว่า ประกอบกับเมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นของแคลเซียมในเปลือกผลพบว่าตำรับการทดลอง ที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (ควบคุม) ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผสมสูตร 13-13-21 ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผสมสูตร 13-13-21 ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผสมสูตร 13-13-21 ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต และตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ มีค่าความเข้มข้นของแคลเซียมในเปลือกผลเท่ากับ 5.69, 4.15, 4.00, 4.12, 4.13 และ 4.23 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ (ตารางที่ 19) ซึ่งเปลือกผลของตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีค่าความเข้มข้นของแคลเซียมต่ำกว่า และมีความหนาของเปลือกผลน้อยกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม สอดคล้องกับที่มีรายงานว่าการใช้สารประกอบแคลเซียมฉีดพ่นช่อผลทำให้ความหนาเปลือกผลของลองกองเพิ่มขึ้นสามารถลดปัญหาผลแตกของลองกองได้ (มงคล และคณะ, 2541) ทั้งนี้แคลเซียมเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ โดยจะพบมากในส่วนของมิดเดิลลาเมลลา (middle lamella) ซึ่งจะทำหน้าที่เชื่อมผนังเซลล์ให้มั่นคงจึงมีความสำคัญต่อความแข็งแรงของเซลล์ และมีผลต่อแรงยึดเหนี่ยวของเซลล์ (ยงยุทธ, 2546)

อย่างไรก็ตามการนำปุ๋ยโพแทสเซียมมาใช้เป็นปุ๋ยบำรุงผลควรระมัดระวังเกี่ยวกับปัญหาการแตกของผลเพราะลองกองจะดูดใช้น้ำได้มากขึ้นจึงทำให้การขยายขนาดของผลเป็นไปอย่างรวดเร็ว ในขณะเดียวกันลองกองก็ดูดแคลเซียมได้น้อยลงจึงมีผลทำให้เปลือกผลบางลง อย่างไรก็ตามการจัดการเกี่ยวกับการให้น้ำ และการควบคุมสภาพความชื้นของดินให้สม่ำเสมออาจลดปัญหาการแตกของผลให้ต่ำลงได้ในระดับหนึ่ง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงระดับความชื้นของดินส่งผลกระทบต่อการเกิดการแตกของผล (จิรานาฎ, 2537; Peet, 1992)

การนำปุ๋ยผสมที่มีโพแทสเซียมสูง และปุ๋ยโพแทสเซียมเชิงเดี่ยวมาใช้เป็นปุ๋ยบำรุงผลไม่ได้ทำให้การพัฒนาของผล และคุณภาพผลผลิตของลองกองแตกต่างกัน แสดงว่าไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่ลองกองได้รับจากปุ๋ยผสมสูตร 13-13-21 ไม่ได้ทำให้คุณภาพผลผลิตของลองกองดีขึ้นซึ่งอาจเป็นเพราะลองกองได้รับไนโตรเจน และฟอสฟอรัสจากดินเพียงพอแล้วจากการใส่ปุ๋ยคอก และปุ๋ยผสมสูตร 12-24-12 ในระยะก่อนลองกองออกดอก ทั้งนี้จากผลการวิเคราะห์ดินก่อนใส่ปุ๋ยบำรุงผลพบว่าตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผสมสูตร 13-13-21 มีอินทรียวัตถุในดินเท่ากับ 6.80 กรัมต่อกิโลกรัม ไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.20 กรัมต่อกิโลกรัม และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 96.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (รูปที่ 12, 14 และ 15) ซึ่งเป็นระดับที่เพียงพอแล้ว นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ใบก็พบว่าค่าความเข้มข้นของไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในใบของตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผสมสูตร 13-13-21 ทั้งก่อนและหลังการทดลองก็ไม่มีความแตกต่างกับตำรับการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 1 และ 2) แสดงว่า ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ที่ลองกองได้รับจากปุ๋ยผสมสูตร 13-13-21 ไม่ได้มีผลทำให้คุณภาพผลผลิตของลองกองดีขึ้น

สำหรับตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต และตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ก็ไม่ได้ทำให้การพัฒนาของผล และคุณภาพผลผลิตของลองกองแตกต่างกัน ตรงกับที่มีรายงานว่าการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์เป็นปุ๋ยบำรุงผลไม่ได้ทำให้คุณภาพของส้มแตกต่างกัน (นันทรัตน์, 2547) เช่นเดียวกับที่มีรายงานว่าการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ไม่ได้ทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบ และคุณภาพผลผลิตของทุเรียนแตกต่างกัน (นารี, 2548) สอดคล้องกับผลของการศึกษาการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบ ระดับผลผลิต และคุณภาพผลผลิตของพิสทาชิโอที่พบว่าการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ไม่ได้ทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบ ระดับผลผลิต และคุณภาพผลผลิตของพิสทาชิโอมีความแตกต่างกัน (Zeng *et al*., 2001) ซึ่งโดยทั่วไปหากดินไม่มีปัญหาการขาดกำมะถันการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต หรือโพแทสเซียมคลอไรด์ก็ไม่ได้ทำให้คุณภาพของผลผลิตแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามพบว่าตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต และตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ซึ่งเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมเชิงเดี่ยวทำให้คุณภาพผลผลิตของลองกองดีขึ้น แสดงว่าก่อนการทดลองโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินของตำรับการ

ทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต และตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ซึ่งมีค่า เท่ากับ 0.11 และ 0.19 เซนติโมลต่อกิโลกรัมตามลำดับนั้น เป็นระดับของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก (<0.2 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) จึงยังไม่เพียงพอกับความต้องการของลองกอง ดังนั้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมให้กับต้นลองกองจึงมีผลทำให้ระดับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินมีค่าสูงขึ้น (รูปที่ 16 ก และ ข) ลองกองจึงดูดโพแทสเซียมได้เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบ ผล และส่วนประกอบของผลสูงขึ้นด้วย (ตารางที่ 3, 8, 13, 18 และ 23) อย่างไรก็ตามพบว่าตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผสมสูตร 13-13-21 ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต และตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผสมสูตร 13-13-21 ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผล 2 ครั้ง ทำให้ระดับของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมาก (รูปที่ 16 ก และ ข) แต่ไม่ได้มีผลทำให้คุณภาพผลผลิตของลองกอง ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบ ผล และส่วนประกอบต่างๆ ของผลมีความแตกต่างกับตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผสมสูตร13-13-21 ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต และตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ซึ่งเป็นการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผลเพียงครั้งเดียว

1.2 คุณภาพภายในของผลผลิต

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำคั้นของทุกตำรับการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์ที่ 10-12 และจะเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยในสัปดาห์ที่ 14 สำหรับสัปดาห์ที่16 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าลดลงเล็กน้อย (รูปที่ 9) ตรงกับที่มีรายงานว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำคั้นของลองกองจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์ที่ 9-14 และในช่วงสัปดาห์ที่ 14-16 จะลดลงอย่างช้าๆ (สุธัญญา และ สุรพงษ์, 2530) โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำคั้นของลองกองจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุผลของลองกองเพิ่มขึ้น (มุทิตา และคณะ, 2547; Sapii *et al*., 2000) ทั้งนี้ตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผลมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำคั้นสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผล เนื่องจากเมื่อลองกองได้รับโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น โพแทสเซียมจะมีบทบาทไปส่งเสริมการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล และเคลื่อนย้ายสู่ผลได้มากขึ้นทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ลองกองมีความหวานเพิ่มขึ้น ตรงกับที่มีรายงานว่าการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมในระดับที่สูงขึ้นทำให้แอปปริคอต (apricot) มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น (Bussi and Amiot, 1998) สอดคล้องกับที่มีรายงานว่าสับปะรดพันธุ์ Smooth Cayenne ที่ได้รับโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น (ชัยพร, 2525; Cannon, 1988; Spironello *et al*., 2004) เช่นเดียวกับที่มีการศึกษาพบว่าการให้โพแทสเซียมกับฝรั่งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลฝรั่งมีค่าเพิ่มขึ้น (นิภาพร และ ตระกูล, 2544) ทั้งนี้พบว่าหลังลองกอง

ติดผล 14 สัปดาห์ ซึ่งเป็นระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตทุกตำรับการทดลองจะมีความหวานสูงที่สุด (14.88, 17.48, 17.34, 17.40, 17.52 และ 17.56 เปอร์เซ็นต์บริก ตามลำดับ) ดังนั้นจึงสามารถใช้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำคั้นหรือความหวานเป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยวผลผลิตของลองกองได้

สำหรับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในน้ำคั้นของทุกตำรับการทดลองพบว่ามีค่าสูงที่สุดหลังลองติดผล 12 สัปดาห์ โดยปริมาณกรดที่ไทเทรตได้จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์ที่ 10-12 และจะลดลงอีกเล็กน้อยช่วงสัปดาห์ที่ 12-14 แต่ช่วงสัปดาห์ที่ 14-16 ปริมาณกรดมีค่าค่อนข้างคงที่ (รูปที่ 10) ตรงกับที่มีรายงานว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์ที่ 9-13 หลังจากนั้นจะลดลงช้า ๆ (สุธัญญา และ สุรพงษ์, 2530) โดยปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในน้ำคั้นของลองกองจะลดลงเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น (มุทิตา และคณะ, 2547; Sapii *et al*., 2000) ซึ่งการที่ผลลองกองมีปริมาณกรดสูงในช่วงผลแก่ และลดลงเมื่ออายุผลเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเมื่อผลมีการพัฒนาจนอายุผลมากขึ้นพบว่ามีการสะสมคาร์โบไฮเดรตในผลเพิ่มขึ้นจนถึงช่วงที่ผลลองกองเกิดกระบวนการสุก (นฤทธิ, 2545) และเมื่อผลสุกปริมาณกรดในผลจึงลดลง เพราะเกิดการเปลี่ยนแปลงและสลายตัวของกรดอินทรีย์ในผลซึ่งจะทำให้รสชาติเปรี้ยวของผลลดลง ซึ่งโดยทั่วไปเมื่อเกิดกระบวนการสุกของผลไม้สารต่าง ๆ ในผลรวมทั้งกรดจะมีองค์ประกอบที่เปลี่ยนไป เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของสารพวกคาร์โบไฮเดรต เช่น เปลี่ยนจากแป้งเป็นน้ำตาล หรือจากน้ำตาลชนิดหนึ่งเป็นน้ำตาลอีกชนิดหนึ่ง (จริงแท้, 2538) โดยในสัปดาห์ที่ 14 ซึ่งเป็นระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในน้ำคั้นของลองกองมีค่าต่ำสุดและคงที่แล้ว ดังนั้นจึงสามารถใช้ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ เช่นเดียวกับการใช้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ซึ่งจะมีค่าสูงสุดหลังลองกองติดผล 14 สัปดาห์ อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผลไม่ได้ทำให้ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในน้ำคั้นของลองกองแตกต่างกัน

2. ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผลทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบลองกองมีค่าสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผล (ควบคุม) (ตารางที่ 3) ทั้งนี้เนื่องจากต้นลองกองสามารถดูดโพแทสเซียมได้มากขึ้น และเกิดการเคลื่อนย้ายไปที่ใบทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบสูงขึ้นตามไปด้วย ส่วนความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมในใบลองกองของตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีค่าต่ำกว่าตำรับควบคุม (ตารางที่ 4 และ 5) อาจเป็นเพราะเกิดภาวะปฏิปักษ์ระหว่างโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมขึ้น

จึงทำให้ต้นลองกองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมดูดแคลเซียม และแมกนีเซียมได้น้อยกว่าต้นที่ ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม จึงส่งผลให้ความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมในใบต่ำกว่าตามไปด้วย

สำหรับผลการศึกษาความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในใบลองกองในระยะการพัฒนาของผลลองกอง พบว่าอายุใบมีผลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบอย่างชัดเจน โดยความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบลองกองลดลงเมื่ออายุใบมากขึ้น ตรงกับที่มีการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบลองกองลดลงเมื่อใบมีอายุมากขึ้น (บุญส่ง และ จำเป็น, 2545; พิรุณ, 2543) เช่นเดียวกับที่มีรายงานว่าความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบลิ้นจี่ลดลงเมื่อใบมีอายุมากขึ้น (Menzel *et al.*, 1987) สอดคล้องกับผลการศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบทุเรียนที่พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบทุเรียนลดลงเมื่อใบมีอายุมากขึ้น (วริษาฐา, 2545) ขณะที่ผลการศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบลำไยก็พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบลำไยลดลงเมื่ออายุใบมากขึ้น (ยุทธนา และคณะ, 2543) การที่ใบลองกองดูดไนโตรเจนในปริมาณสูงขณะที่ใบยังอ่อน เพื่อนำไปใช้ในการสังเคราะห์กรดอะมิโนต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาและการดำเนินกิจกรรมของเซลล์ และไนโตรเจนยังมีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์ฮอร์โมนของพืช โดยเฉพาะกลุ่มออกซิน ซึ่งมีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีน การขยายขนาดของเซลล์ และการป้องกันการร่วงของผล (พีรเดช, 2534; สัมฤทธิ์, 2527) และใบอ่อนจะมีเอนไซม์ที่มีบทบาทในการเปลี่ยนแปลงไนเทรตมากกว่าใบแก่ (สุมาลี, 2536) อีกประการหนึ่งไนโตรเจนเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายในท่ออาหารได้ง่าย (mobile element) ไนโตรเจนในรูปของโปรตีนในใบแก่จะเปลี่ยนเป็นไนโตรเจนที่ละลายได้ และเคลื่อนย้ายไปยังเนื้อเยื่อส่วนที่กำลังเจริญเติบโต (Tisdale *et al*., 1999) การที่พืชดูดไนโตรเจนในปริมาณสูงทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องใช้พลังงานในระดับที่สูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งธาตุอาหารพืชที่ทำหน้าที่ในการถ่ายทอดพลังงานระหว่างสารต่าง ๆ จะมีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญทำให้ลองกองมีการดูดฟอสฟอรัสในปริมาณที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย สำหรับโพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีบทบาทในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดที่ช่วยในการรวมตัวของสารต่าง ๆเข้าด้วยกันรวมทั้งช่วยในการสร้างสารประกอบฟอสฟอรัสที่ให้พลังงานสูงด้วย (จำเป็น, 2536; ยงยุทธ, 2546) เมื่ออายุใบมากขึ้นการสังเคราะห์กรดอะมิโนจะลดลง และเมื่อใบมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้วความต้องการไนโตรเจนเพื่อใช้ในการพัฒนาของเซลล์จะลดลง แต่จะมีการสร้างสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนแล้วเกิดการเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่าง ๆที่มีความต้องการเช่นช่อดอก และผล จึงมีผลทำให้การดูดฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของพืชลดลงด้วย นอกจากนี้หลังลองกองติดผล ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบลดลงน่าจะเกิดจากมีการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารบางส่วนจากใบไปยังส่วนอื่น ๆของต้น โดยเฉพาะโพแทสเซียมมีความเข้มข้นลดลงค่อนข้างมาก ซึ่งน่าจะเกิดจากความต้องการโพแทสเซียมของผล เพราะผลจะเป็นแหล่งสะสมอาหาร (sink) ที่สำคัญ

(Menzel *et al*., 1992) ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าในสัปดาห์ที่ 8-14 น้ำหนักสดรวมช่อผล และน้ำหนักสดผลต่อช่อของลองกองเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (รูปที่ 1 และ 2) ตรงกับที่มีรายงานว่าหลังลองกองติดผล 7-13 สัปดาห์ จะมีการเพิ่มของน้ำหนักผลอย่างรวดเร็ว (สุธัญญา และ สุรพงษ์, 2530) และหลังติดผล 7-9 สัปดาห์ จะมีการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล (สุรกิตติ และคณะ, 2540) จึงเชื่อได้ว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงซึ่งพืชเก็บสะสมไว้จะเกิดการเคลื่อนย้ายจากใบไปยังผลโดยมีโพแทสเซียมเป็นตัวช่วยในการเคลื่อนย้าย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2546; ยงยุทธ, 2546)

ความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมในใบลองกองเพิ่มขึ้นเมื่ออายุใบมากขึ้น ตรงกับที่มีรายงานว่าความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมในใบลองกองน้อยที่สุดในใบอ่อน และมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเมื่อใบมีอายุมากขึ้น (บุญส่ง และ จำเป็น, 2545; พิรุณ, 2543) สอดคล้องกับที่มีการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมในใบพืชตระกูลส้มเพิ่มขึ้นเมื่อใบมีอายุมากขึ้น (Embleton *et al*., 1973; Guardiola, 1974) เช่นเดียวกับผลการศึกษาธาตุอาหารในมะม่วงที่พบว่าความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมในใบมะม่วงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุของใบ (อัศจรรย์, 2545; Koo and Young, 1972) นอกจากนี้ก็มีรายงานว่าความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมในใบอะโวคาโดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อใบมีอายุมากขึ้น (Embleton *et al*., 1958; Kadman, 1993) ขณะที่ผลการศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบลำไยก็พบว่าความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมในใบลำไยเพิ่มขึ้นเมื่ออายุใบมากขึ้น (ยุทธนา และคณะ, 2543) และผลการศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบฝรั่งก็พบว่าความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมในใบฝรั่งมีค่าสูงขึ้นเมื่อใบมีอายุมากขึ้น (Kumar and Pandey, 1979) ก่อนใส่ปุ๋ยอายุใบลองกองยังมีอายุน้อยจึงมีความเข้มข้นของแคลเซียมในใบต่ำซึ่งน่าจะเกิดจากใบอ่อนยังไม่มีการสะสมแคลเซียมไว้ภายในเซลล์ และส่วนยอดของพืชมีการผลิตฮอร์โมนกลุ่มออกซินในปริมาณที่สูง ดังนั้นหากเกิดภาวะของการที่ใบอ่อนมีการดูดแคลเซียมในปริมาณที่มากเกินพอ จะทำให้เกิดการตกตะกอนของฮอร์โมนกลุ่มออกซินอยู่ภายในแวคคิวโอ มีผลกระทบทำให้การเจริญเติบโตของยอดลดลงจนอาจจะหยุดชะงักได้ จะทำให้การสังเคราะห์โปรตีนลดลง และเกิดการร่วงของผลได้ (เกษมศรี, 2541; พีรเดช, 2534) ใบแก่จะมีความเข้มข้นของแคลเซียมสูง เนื่องจากเมื่อเกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชจะมีของเสียซึ่งหากไม่มีการกำจัดทิ้งจะเป็นอันตรายต่อเซลล์ของพืช โดยในการกำจัดของเสียเหล่านั้นทิ้งต้องใช้แคลเซียมไปจับกับของเสียและเกิดการตกตะกอนเป็นการยับยั้งและลดความเป็นพิษของสารดังกล่าวได้ ประกอบกับแคลเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ต่ำในท่ออาหาร (immobile element) จึงเกิดการสะสมในเนื้อเยื่อที่มีอายุมาก (Jones, 1998; Marschner, 1995) โดยพบว่าความเข้มข้นของแคลเซียมในใบแก่ และใบที่เจริญเต็มที่แล้วของลองกองมีค่าสูงกว่าในใบอ่อนถึง 4.6 และ 3.5 เท่า ตามลำดับ (บุญส่ง และ จำเป็น, 2545)

สำหรับแมกนีเซียมเป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสร้างคลอโรฟิลล์ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ และทำหน้าที่เกี่ยวกับการช่วยพยุงให้พลาสมาให้อยู่ในสภาพแขวนลอย นอกจากนี้แมกนีเซียมยังเป็นตัวปลุกฤทธิ์ในการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเมทาโบลิซึมของคาร์โบไฮเดรต และ citric acid cycle ในกระบวนการหายใจ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2546; ยงยุทธ, 2546) โดยก่อนใส่ปุ๋ยใบลองกองยังมีอายุน้อยจึงมีการสร้างคลอโรฟิลล์ได้น้อย ดังนั้นจึงพบว่ามีความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบต่ำใบจึงมีสีเขียวอ่อน แต่หลังจากที่มีการใส่ปุ๋ยเป็นระยะที่ใบลองกองมีอายุมากขึ้นจึงมีการสร้างคลอโรฟิลล์ได้มากขึ้นทำให้มีความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งการมีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่มากขึ้นย่อมแสดงว่ากิจกรรมในใบส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยจะสังเกตได้ว่าในระยะนี้ใบลองกองมีสีเขียวเข้มขึ้นอย่างชัดเจน

3. ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในผลและ ส่วนประกอบต่าง ๆ ของผลผลิต

3.1 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในผล

ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในผลมีค่าสูงในระยะแรกของการพัฒนาผล และมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุผลมากขึ้น (ตารางที่ 11, 12, 13, 14 และ 15) ตรงกับที่มีรายงานว่าความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในผลของแอปเปิลมีค่าลดลงเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น (Rogers and Batjer, 1994) สอดคล้องกับผลการศึกษาในอะโวคาโดที่พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในผลของอะโวคาโดมีค่าสูงในระยะผลอ่อนแต่จะมีค่าความเข้มข้นลดลงเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น (Witney *et al*., 1990) ทั้งนี้เนื่องจากในระยะแรกที่ผลเริ่มมีการพัฒนาพืชต้องการนำธาตุอาหารไปใช้ในการเพิ่มจำนวนเซลล์ของผล แต่หลังจากที่มีการเพิ่มจำนวนเซลล์มากขึ้นจากการพัฒนาก็จะเปลี่ยนเป็นการขยายขนาดของเซลล์แทนจึงมีผลทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารภายในเซลล์มีค่าลดต่ำลง อย่างไรก็ตามในสัปดาห์ที่ 8 พบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในผลลองกองของตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผลมีค่าสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (ตารางที่ 13) ซึ่งเกิดจากผลของการใส่ปุ๋ยทำให้ลองกองดูดโพแทสเซียมได้มากขึ้นจึงอาจมีการเคลื่อนย้ายโพแทสเซียมไปสู่ผลได้มากกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเนื่องจากโพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีการเคลื่อนย้ายได้ดีทั้งในท่อน้ำและท่ออาหาร (Marschner, 1995) จึงส่งผลให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลมีค่าสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมด้วยเช่นกัน (รูปที่ 3)

3.2 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในก้านช่อผล

ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในก้านช่อผลมีค่าสูงในระยะแรกของการพัฒนาของผลแต่มีแนวโน้มลดลงเมื่อผลมีอายุมากขึ้น (ตารางที่ 1, 2, 3, 4 และ 5) เนื่องจากมีการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากก้านช่อผลไปยังผลในระยะการพัฒนาของผล สำหรับความเข้มข้นของโพแทสเซียมในก้านช่อผลมีค่าลดลงเมื่ออายุของผลเพิ่มขึ้น โดยความเข้มข้นของโพแทสเซียมในก้านช่อผลของตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีค่าสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (ตารางที่ 8) ในสัปดาห์ที่ 10-14 ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในก้านช่อผลมีค่าลดลงอย่างชัดเจน อาจเนื่องจากโพแทสเซียมมีการเคลื่อนย้ายจากก้านช่อผลไปยังผลเพื่อใช้ในการพัฒนาผลเกี่ยวกับการเพิ่มขนาดผล ซึ่งจะเห็นได้ว่าในสัปดาห์ที่ 10-14 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผลของลองกองมีค่าเพิ่มขึ้นมาก (รูปที่ 3) ดังนั้นจึงส่งผลให้น้ำหนักสดรวมช่อผล และน้ำหนักสดผลต่อช่อมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (รูปที่ 1 และ 3) อีกประการหนึ่งโพแทสเซียมที่มีการเคลื่อนย้ายจากก้านช่อผลไปยังผลจะถูกนำไปใช้เพื่อการพัฒนาของผลเกี่ยวกับกระบวนการสุกของผล โดยโพแทสเซียมจะมีบทบาทไปส่งเสริมการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล และเคลื่อนย้ายสู่ผลได้มากขึ้นทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นส่งผลให้ลองกองมีความหวานเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าในระยะนี้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำคั้นของลองกองก็มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเช่นเดียวกัน (รูปที่ 10)

3.3 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในเปลือกผล

ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในเปลือกผลมีค่าสูงในระยะแรกของการพัฒนาของผลแต่มีแนวโน้มลดลงเมื่อผลมีอายุมากขึ้น (ตารางที่ 16, 17, 18, 19 และ 20) ตรงกับที่มีรายงานว่าความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในเปลือกผลของส้มจะมีค่าสูงในระยะแรกของการพัฒนาผลและมีค่าลดลงเมื่ออายุผลมากขึ้น (Witney *et al*., 1990) อย่างไรก็ตามในสัปดาห์ที่ 10-16 พบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในเปลือกผลของตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผลมีค่าสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (ตารางที่ 18 และ 19) ซึ่งเกิดจากผลของการใส่ปุ๋ยทำให้ลองกองดูดโพแทสเซียมได้มากขึ้นจึงอาจมีการเคลื่อนย้ายโพแทสเซียมไปสู่เปลือกผลได้มากกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม เนื่องจากโพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีการเคลื่อนย้ายได้ง่ายมากทั้งในท่อน้ำและท่ออาหาร (ยงยุทธ, 2546; Marschner, 1995) สำหรับแคลเซียมในเปลือกผลของตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผลมีค่าต่ำกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (ตารางที่ 19) เนื่องจากต้นลองกองที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมดูดธาตุแคลเซียมได้น้อยกว่าต้นที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมสังเกตได้

จากความเข้มข้นของแคลเซียมในใบของตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีค่าต่ำกว่าตำรับการทดลองที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (ตารางที่ 4) และเนื่องจากแคลเซียมเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของเซลล์ ประกอบกับเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ต่ำในท่ออาหาร (immobile element) (ยงยุทธ, 2546; Jones, 1998; Marschner, 1995) ดังนั้นจึงเกิดการเคลื่อนย้ายของแคลเซียมจากใบมายังเปลือกผลได้น้อยกว่าด้วย

3.4 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อผล

ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในเนื้อผลมีแนวโน้มลดลงตลอดช่วงการพัฒนาของผล (ตารางที่ 21, 22, 23, 24 และ 25) สอดคล้องกับผลการศึกษาในอะโวคาโดที่พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในเนื้อผลจะมีค่าสูงในระยะแรกของการพัฒนาผลและมีค่าลดลงเมื่ออายุผลมากขึ้น (Witney *et al*., 1990) เช่นเดียวกับที่มีรายงานว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในเนื้อผลของส้มจะมีค่าสูงในระยะแรกของการพัฒนาผล คือระยะที่มีการแบ่งเซลล์ซึ่งเป็นระยะที่ส้มเริ่มเจริญเติบโต และจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อถึงระยะที่สอง คือ ระยะขยายขนาดเซลล์ซึ่งเป็นระยะที่ส้มกำลังเจริญเติบโต และจะมีค่าคงที่ในระยะที่สาม คือระยะที่ส้มเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว และผลมีการสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Storey and Treeby, 2000) สำหรับผลการศึกษาในมะม่วงพบว่าความเข้มข้นของแคลเซียมในเนื้อผลมีค่าสูงในระยะติดผลอ่อน แต่จะมีค่าลดลงเมื่อใกล้ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต (Joycce *et al*., 2001) อาจจะเป็นเพราะในช่วงแรกที่ผลมีการพัฒนาผลพืชต้องการนำธาตุอาหารไปใช้ในการเพิ่มจำนวนเซลล์ของผล แต่หลังจากอายุผลมากขึ้นและมีการเพิ่มจำนวนเซลล์มากขึ้นจากการพัฒนาก็จะเปลี่ยนเป็นการขยายขนาดของเซลล์ผลแทน จึงมีผลทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารภายในเซลล์ผลมีค่าลดต่ำลง อย่างไรก็ตามในสัปดาห์ที่ 10-16 พบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในเนื้อผลลองกองของตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผลมีค่าสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (ตารางที่ 23) ซึ่งเกิดจากผลของการใส่ปุ๋ยทำให้ลองกองดูดโพแทสเซียมได้มากขึ้น จึงอาจมีการเคลื่อนย้ายโพแทสเซียมไปสู่ผลได้มากกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม เนื่องจากโพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีการเคลื่อนย้ายได้ง่ายมากทั้งในท่อน้ำและท่ออาหาร (ยงยุทธ, 2546; Marschner, 1995)

4. ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน

หลังการทดลองโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ของตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (ควบคุม) มีค่าลดลง แต่ตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผลมีค่าของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงขึ้น (รูปที่ 16 ก และ ข) ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของค่าวิเคราะห์ทางเคมีของดิน (เอิบ, 2544) พบว่าก่อนการทดลองระดับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินของทุกตำรับการทดลองจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก (<0.2 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) แต่หลังการทดลองพบว่าตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผสมสูตร 13-13-21 ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต และตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผสมสูตร 13-13-21 ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ซึ่งเป็นตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผล 2 ครั้ง ดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 3.75 และ 4.40 เซนติโมลต่อกิโลกรัมตามลำดับ (รูปที่ 16 ก) ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ที่สูงมาก (>1.2 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ในขณะที่ดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 0.33 และ 0.47 เซนติโมลต่อกิโลกรัมตามลำดับ (รูปที่ 16 ข) แสดงว่าอาจมีการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมเกินความจำเป็นจึงทำให้เกิดการสะสมโพแทสเซียมในดินได้ ตรงกับที่มีรายงานว่าดินใต้ทรงพุ่มของลองกองมีระดับของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในเกณฑ์ที่สูงมาก (1.38 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ในขณะที่ดินภายนอกทรงพุ่มมีโพแทสเซียมในระดับต่ำมาก (0.17 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (ราชัน, 2545) สอดคล้องกับผลของการวิเคราะห์ดินสวนส้มในเขตที่ราบลุ่มภาคกลางที่พบว่าดินมีระดับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 1.94-3.01 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (นันทรัตน์, 2547) ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ที่สูงมาก เช่นเดียวกับผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับธาตุอาหารในดิน และต้นลำไยกับการแสดงอาการต้นโทรมในสวนลำไยจำนวน 10 สวน ที่พบว่าต้นลำไยที่แสดงอาการต้นโทรมมีค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเท่ากับ 1.25-1.49 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ที่สูงมาก และผลการวิเคราะห์ใบลำไยพบว่าโพแทสเซียมในใบจากต้นโทรมสูงกว่าต้นปกติ แต่ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมในใบต่ำกว่าต้นปกติ (ยุทธนา และคณะ, 2543)

จะเห็นได้ว่าหลังการทดลองตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผสมสูตร 13-13-21 ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต และตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ให้มีโพแทสเซียมเท่ากับ 0.42 กิโลกรัมของโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ (K_2O) ต่อต้นต่อปี ซึ่งเป็นการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผลเพียงครั้งเดียว ทำให้ดินที่ระดับความลึก 0-15เซนติเมตร มีค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 0.23, 0.26 และ 0.22 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 0.15,0.13 และ

0.14 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ (รูปที่ 16 ก และ ข) จึงไม่ทำให้เกิดการสะสมโพแทสเซียมในดิน

5. การใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมเพื่อพัฒนาคุณภาพผลผลิตของลองกอง

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผลทำให้น้ำหนักสดรวมช่อผล น้ำหนักสดผลต่อช่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผล และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำคั้นของลองกองมีค่าสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผล (ควบคุม) (รูปที่ 1, 2, 3 และ 9) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีผลทำให้ดินมีระดับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงขึ้น (รูปที่ 16 ก และ ข) ซึ่งจะส่งผลให้ต้นลองกองดูดโพแทสเซียมได้เพิ่มขึ้น และโพแทสเซียมจะมีบทบาทไปส่งเสริมให้เกิดการขยายขนาดของผล และการเพิ่มน้ำหนักของผล นอกจากนี้โพแทสเซียมยังไปส่งเสริมการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล และเคลื่อนย้ายสู่ผลได้มากขึ้นทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ลองกองมีความหวานเพิ่มขึ้นด้วย

ผลการวิเคราะห์ใบลองกองพบว่าตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผลมีค่าความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมในใบต่ำกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผล (ตารางที่ 4 และ 5) แสดงว่าเกิดภาวะปฏิปักษ์ (antagonism) ระหว่างธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม จึงมีผลทำให้ต้นลองกองดูดแคลเซียม และแมกนีเซียมได้ลดลงทั้ง ๆที่ก่อนการทดลองดินที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร มีระดับของแคลเซียมและแมกนีเซียมไม่แตกต่างกัน (รูปที่ 17 ก และ ข) ซึ่งการที่ลองกองดูดแคลเซียม และแมกนีเซียมได้ลดลงจะส่งผลให้ความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมภายในเซลล์ของพืชลดลงด้วย สอดคล้องกับที่มีรายงานว่าพบภาวะปฏิปักษ์ระหว่างโพแทสเซียม กับแคลเซียม ในใบทุเรียนของสวนที่มีการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมสูง (สุมิตรา และ คณะ, 2544) ตรงกับผลการศึกษาการให้ธาตุโพแทสเซียมกับต้นแอปเปิลที่พบว่าการให้ธาตุโพแทสเซียมกับต้นแอปเปิลมากเกินไปจะทำให้ต้นแอปเปิลมีการดูดใช้ธาตุแคลเซียม และแมกนีเซียมได้ลดลง (Kaith and Awasthi, 1995) เช่นเดียวกับที่มีการศึกษาพบว่าสับปะรดพันธุ์ Smooth Cayenne ที่ได้รับโพแทสเซียมในอัตราที่สูงขึ้นจะมีความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมในใบลดต่ำลง (Spironello *et al*., 2004) ดังนั้นจึงต้องระวังการใส่ปุ๋ยเกินความจำเป็นโดยควรนำผลการวิเคราะห์ดิน และใบมาพิจารณาเพื่อให้ทราบว่าลองกองจะได้รับแคลเซียม และแมกนีเซียมเพียงพอกับความต้องการหรือไม่ ทั้งนี้เพราะสภาพธรรมชาติของดินที่ใช้ปลูกลองกองมีระดับของธาตุแคลเซียม และแมกนีเซียมต่ำ (จำเป็น และคณะ, 2547) จึงควรต้องระมัดระวังเกี่ยวกับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเกินความจำเป็น

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผล 2 ครั้ง เป็นการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมที่เกินความจำเป็นจะเห็นได้ว่าหลังการทดลองตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผสมสูตร 13-13-21 ร่วมกับ

ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต และตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผสมสูตร 13-13-21 ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ซึ่งเป็นตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยบำรุงผล 2 ครั้ง มีผลทำให้ดินมีค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในเกณฑ์ที่สูงมาก (>1.2 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) จึงทำให้เกิดการสะสมโพแทสเซียมในดินได้ (รูปที่ 16 ก และ ข) โดยที่ผลของการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผล 2 ครั้ง ไม่ได้ทำให้การดูดโพแทสเซียมของต้นลองกองแตกต่างจากตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผลเพียงครั้งเดียว สังเกตได้จากผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบที่พบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบลองกองของตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยบำรุงผล 2 ครั้ง มีค่าไม่แตกต่างกับตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยบำรุงผลเพียงครั้งเดียว (ตารางที่ 3) ในขณะที่การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพื่อเป็นปุ๋ยบำรุงผลเพียงครั้งเดียวก็มีผลทำให้ต้นลองกองได้รับธาตุโพแทสเซียมเพียงพอกับความต้องการแล้ว (รูปที่ 16 ก และ ข) ดังนั้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นครั้งที่สองจึงไม่ได้ทำให้คุณภาพผลผลิตของลองกองดีขึ้น (รูปที่ 1, 2, 3 และ 9) ตรงกับที่มีรายงานว่าการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่สูงขึ้นกับองุ่นที่ปลูกในดินที่มีโพแทสเซียม 100-200 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ไม่ได้ทำให้ระดับผลผลิต และคุณภาพผลผลิตขององุ่นดีขึ้น (Matthews *et al*., 1996) สอดคล้องกับผลการทดลองปุ๋ยโพแทสเซียมกับสับปะรดพันธุ์ Smooth Cayenne ที่พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมให้แก่สับปะรดจนถึงระดับ 0.5 เซนติโมลต่อกิโลกรัม จะไม่มีผลตอบสนองต่อปริมาณของโพแทสเซียมทุกระดับที่ใส่ลงไปในดิน ตรงกันข้ามหากดินก่อนการทดลองมีค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่า 0.5 เซนติโมลต่อกิโลกรัม จึงจะมีผลตอบสนองต่อปริมาณของโพแทสเซียมที่ใส่เพิ่มแก่สับปะรด (Magistad, 1984)

การใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยบำรุงผลทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น โดยตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผสมสูตร 13-13-21 ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผสมสูตร 13-13-21 ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผสมสูตร 13-13-21 ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต และตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ มีต้นทุนค่าปุ๋ยโพแทสเซียมที่นำมาใช้เป็นปุ๋ยสำหรับบำรุงผลให้กับลองกองเท่ากับ 24, 40, 33,14 และ 9 บาทต่อต้น ตามลำดับ (คิดจากปุ๋ยผสมสูตร 13-13-21 ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ราคาตันละ 12,000, 16,000 และ 10,000 บาท ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ปุ๋ยบำรุงผลควรนำผลการวิเคราะห์ดินมาประกอบการพิจารณาด้วย โดยหากพบว่าก่อนใส่ปุ๋ยบำรุงผลดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำ ควรเลือกใช้ปุ๋ยผสมสูตร 13-13-21 อัตรา 2 กิโลกรัมต่อต้น เป็นปุ๋ยบำรุงผลเพราะจะทำให้ต้นลองกองได้รับทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในกรณีที่ดินมีอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และกำมะถันเพียงพอ แต่มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่า 0.3 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ซึ่งตามเกณฑ์มาตรฐานของค่าวิเคราะห์ทางเคมีของดินจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ (เอิบ, 2544) ควรเลือกใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตเป็นปุ๋ยบำรุงผล ในกรณีที่ดินมีอินทรียวัตถุ และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพียงพอ แต่มีปัญหา

การขาดกำมะถัน และมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่า 0.3 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ควรเลือกใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ เป็นปุ๋ยบำรุงผล โดยใส่เพียงครั้งเดียวหลังลองกองติดผล 5 สัปดาห์ ในอัตรา 700 กรัมต่อต้น เพราะจะทำให้ลองกองได้รับโพแทสเซียมเพียงพอกับความต้องการ และไม่เกิดการสะสมของโพแทสเซียมในดินในระยะยาว นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์เป็นปุ๋ยบำรุงผลยังเป็นการประหยัดค่าปุ๋ยเนื่องจากมีต้นทุนที่ต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ