บทที่ 4

วิจารณ์ผลการทดลอง

การวิจารณ์ผลการทดลองได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) วิจารณ์ค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน ของใบลองกอง และสมบัติทางเคมีของดินปลูกลองกองในภาคใต้ 2) วิจารณ์การต่อสนองของใบและต้นลองกอง เมื่อได้รับการพ่นธาตุอาหารจุลภาคแบบรวม โดยต้นลองกองเจริญเติบโตในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง ซึ่งมีบทวิจารณ์ดังนี้

1. การสร้างค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน ของใบลองกอง

1.1. สมบัติดินสวนลองกองในภาคใต้

จากผลการศึกษา พบว่า ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) เฉลี่ยทั้งบริเวณในและนอกทรงพุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 5.07 และ 5.03 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) แสดงว่าดินสวนลองกองมีสภาพเป็นกรด โดยเหตุที่ดินสวนลองกองในภาคใต้มีสภาพเป็นกรด เนื่องจากดินส่วนใหญ่ในภาคใต้เป็นดินในอันดับอัลทิซอลส์ (ultisols)(Vijarnsorn *et al.*, 1994) ซึ่งดินในอันดับนี้เป็นดินที่ผ่านการผุพังสลายตัวมานานและมีการชะละลายสูง ทำให้มีการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารพืชออกจากหน้าตัดดินสูง ส่งผลให้ดินมีปริมาณธาตุอาหารประจุบวกด่างสะสมในดินต่ำ (อภิศักดิ์, 2543) แต่ดินจะมีการสะสมไฮโดรเจนไอออน (H^+) เพิ่มขึ้น ดังนั้นดินจึงมีสภาพเป็นกรด สำหรับอินทรียวัตถุ และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์บริเวณในทรงพุ่ม (ตารางที่ 3) อยู่ในระดับปานกลาง และสูง ตามลำดับ (เปรียบเทียบกับเกณฑ์ประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินของกองสำรวจดิน, 2523) เนื่องจากเกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีติดต่อกันทุกปี และสมบัติดินลักษณะนี้พบได้ในสวนไม้ผลทั่วไปเช่นกัน เช่น ทุเรียน (พรทิวา และสุมิตรา, 2548) ลิ้นจี่ (อรุณศิริ และคณะ, 2546) และลำไย (ยุทธนา และคณะ, 2543) เป็นต้น และเป็นที่น่าสังเกตว่าสมบัติดินบริเวณนอกทรงพุ่มมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำกว่าดินในทรงพุ่มอย่างชัดเจน (27 และ 238 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) เนื่องจากเกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยเฉพาะบริเวณในทรงพุ่มต้น และปุ๋ยที่เกษตรกรใส่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบอยู่สูง อีกทั้งฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้น้อยในดิน (Potash and Phosphate Institute, 1995) ดังนั้นดินบริเวณในทรงพุ่มจึงมีปริมาณฟอสฟอรัสสะสมสูงกว่าดินนอกทรงพุ่มอย่างเด่นชัด เมื่อนำปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินบริเวณในทรงพุ่มเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมินฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วยวิธีเบรย์ทู (Bray II) ซึ่งเป็นวิธีเดียวกับที่ใช้ในการศึกษานี้

ซึ่งได้กำหนดให้ดินที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่า 35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นดินที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง (Jones, 2001) พบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าระดับสูงอย่างชัดเจน (ตารางที่ 7) ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อพืชได้ เช่น จากการศึกษาการให้ปุ๋ยที่มีฟอสฟอรัสสูง คือ 8-24-24 ซึ่งเป็นปุ๋ยที่เกษตรกรใส่ให้กับลองกองในระยะก่อนการออกดอก (ไม้ผลชนิดอื่นก็มีการใส่ปุ๋ยนี้ในระยะก่อนออกดอกเช่นกัน) ให้กับต้นลองกองที่เจริญเติบโตในดินที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง (584 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) พบว่า ไม่สามารถเพิ่มปริมาณช่อดอกต่อต้น แต่กลับทำให้ปริมาณช่อดอกลดลง (ภาสกร, 2546) ดังนั้น หากดินมีฟอสฟอรัสในปริมาณที่เพียงพอ จึงไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยที่มีฟอสฟอรัส (สุมิตรา และคณะ 2544)

ปริมาณธาตุอาหารจุลภาค (จุลธาตุ) ที่สกัดได้ในดินทั้งบริเวณในและนอกทรงพุ่มต้นลองกอง พบว่า ปริมาณเหล็กและแมงกานีสที่สกัดได้มีปริมาณสูงกว่าระดับวิกฤติอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 7) เนื่องจากดินภาคใต้เป็นดินในอันดับอัลทิซอลส์ ซึ่งมีการผุพังสลายตัวมายาวนาน ทำให้อนุภาคดินเหนียวส่วนใหญ่ในดินเปลี่ยนเป็นออกไซด์ของเหล็ก (Brady and Well, 2002) สำหรับแมงกานีส พบว่า ดินในภาคใต้มีแมงกานีสปะปนอยู่มาก (อภิศักดิ์, 2543) ประกอบกับเกษตรกรมีการจัดการน้ำในสวนตลอดทั้งปี ทำให้ดินมีความชื้นสูง ซึ่งเป็นสภาพที่ส่งเสริมให้สารประกอบเหล็กและแมงกานีสถูกรีดิวซ์ เปลี่ยนเป็นเหล็กและแมงกานีสไอออน และละลายออกมาอยู่ในสารละลายดิน(Havlin *et al*., 2005) เนื่องจากดินมีปริมาณเหล็กที่สกัดได้สูงจะทำให้ความสามารถในการดูดทองแดงของรากพืชลดลง (ยงยุทธ และ สุขวัฒน์, 2546; Havlin *et al*., 2005)

ปริมาณสังกะสี และทองแดง ที่สกัดได้ของดินในทรงพุ่มมีปริมาณสูงกว่าดินนอกทรงพุ่ม โดยมีปริมาณเฉลี่ยของสังกะสีและทองแดงบริเวณในทรงพุ่ม เท่ากับ 2.73 และ 2.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และบริเวณนอกทรงพุ่ม เท่ากับ 0.89 และ 1.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 2 บริเวณมีปริมาณสังกะสีและทองแดงในระดับเพียงพอ (ตารางที่ 7) สำหรับโบรอนที่สกัดได้ในดิน พบว่า ดินบริเวณในทรงพุ่มมีปริมาณโบรอนสูงกว่าดินบริเวณนอกทรงพุ่มเล็กน้อย (ตารางที่ 3) แต่ทั้ง 2 บริเวณมีปริมาณโบรอนต่ำกว่าระดับวิกฤติ (ตารางที่ 7) ทั้งที่เกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งเป็นแหล่งที่ให้ธาตุโบรอนแหล่งหนึ่ง (เพิ่มพูน, 2546) หรือแม้แต่การใส่ปุ๋ยเคมีก็มีโบรอนปะปนอยู่ (ออมทรัพย์, 2540) เนื่องจากโบรอนเป็นธาตุที่ชะล้างออกจากหน้าตัดดินได้ง่าย (Potash and Phosphate Institute, 1995) ประกอบกับภาคใต้เป็นพื้นที่ที่มีฝนตกตลอดทั้งปี ทำให้เกิดการชะล้างโบรอนออกจากหน้าตัดดิน สอดคล้องกับที่ Katyal และ Vlek (1985) รายงานว่า ดินเขตร้อนชื้นในทวีปเอเชียที่มีการชะล้างอย่างรุนแรง จึงทำให้ดินมีปริมาณโบรอนในดินต่ำ ซึ่งอาจทำให้พืชแสดงอาการขาดโบรอนได้ ดังนั้นเกษตรกรจึงจำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ยที่มีโบรอนเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น บอร์แรก (borax) โซลูบอร์ (solubor) และโบรอนออกไซด์ (boron oxide) เป็นต้น แต่ต้องระมัดระวังปริมาณที่ใช้ เนื่องจาก

โบรอนเป็นธาตุที่เป็นพิษกับพืชได้ง่าย (เพิ่มพูน, 2546; สุพจน์ และกนกพันธ์, 2536) โดย Hesse (1971) กล่าวว่า ปริมาณโบรอนในดินที่สกัดด้วยน้ำร้อนเพียง 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ก็เป็นพิษต่อพืช

ตารางที่ 7 ปริมาณฟอสฟอรัส เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน ในดินบริเวณในและนอกทรงพุ่มต้นลองกอง

ธาตุอาหารพืช	ระดับวิกฤติธาตุอาหารพืชในดิน (มก./กก.)	ปริมาณธาตุอาหารจุลภาคในดินสวนลองกอง[4] (มก./กก.)	
		ค่าเฉลี่ยในทรงพุ่ม	ค่าเฉลี่ยนอกทรงพุ่ม
ฟอสฟอรัส	> 35[1]	238	27
เหล็ก	2.5 - 5.0[2]	107.95	92.48
แมงกานีส	1.0 - 5.0[2]	85.23	57.70
สังกะสี	0.2 - 2.0[2]	2.73	0.89
ทองแดง	0.1 - 2.5[2]	2.14	1.14
โบรอน	1.0 - 2.0[3]	0.46	0.36

[1] เกณฑ์ระดับสูงของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ซึ่งสกัดด้วยวิธีเบรย์ ทู (Jones, 2001)
[2] สกัดดินด้วยวิธีดีทีพีเอ (Jones, 2001)
[3] สกัดดินด้วยวิธีน้ำร้อน (Jones, 2001)
[4] ผลการวิเคราะห์สมบัติดินบริเวณในและนอกทรงพุ่มของดินสวนลองกองในภาคใต้ (ตารางที่ 3 ของบทที่ 3)

1.2 ค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอนของใบลองกอง

ค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นที่ระดับเพียงพอของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน ประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง (> 70 กิโลกรัมต่อต้น) และประเมินจากวิธีเส้นขอบเขตมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4) โดยการประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูงให้ค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นที่ระดับเพียงพอสูงกว่าการประเมินด้วยเส้นขอบเขตเล็กน้อย เห็นได้จากค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของเหล็กที่ประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูงมีความเข้มข้นเท่ากับ 74 - 88 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของเหล็กที่ได้จากวิธีเส้นขอบเขตมีความเข้มข้นเท่ากับ 61 - 66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สอดคล้องกับผลการศึกษาค่าความเข้มข้นมาตรฐานธาตุอาหารมหภาคในใบลองกอง (จำเป็น และคณะ, 2549ก) และค่าความเข้มข้นมาตรฐานของทุเรียนที่ประเมินด้วยวิธีเส้นขอบเขต (สุมิตรา และวิเชียร, 2546) ซึ่งได้รายงานว่า ค่าความเข้มข้นมาตรฐานที่ได้จากการประเมินต้นที่ให้ผลผลิตสูง มีค่าความเข้มข้นสูงกว่าการประเมินด้วยวิธีเส้นขอบเขตเล็กน้อย เนื่องจากการสร้างความเข้มข้นมาตรฐานด้วยการประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง จะนำความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ศึกษาจากต้นที่ให้ผลผลิตสูงทั้งหมดนำมาคำนวณเพื่อประมาณค่าความเข้มข้นมาตรฐาน ซึ่งส่วนหนึ่งของความเข้มข้นที่นำมาคำนวณเป็นความเข้มข้นในระดับฟุ่มเฟือยหรือเกินความต้องการของพืช แต่ยังไม่มีผลทำให้

ปริมาณผลผลิตลดลง หรือแสดงการความเป็นพิษออกมาให้ปรากฏ (จำเป็น และคณะ, 2549ก; สุมิตรา และวิเชียร, 2546)

สำหรับความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นที่ประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง ซึ่งมีค่าสูงกว่าวิธีเส้นขอบเขต อาจมีเหตุมาจากวัตถุต้นกำเนิดดิน การจัดการสวน และการจัดการธาตุอาหารให้กับไม้ผลของเกษตรกร เช่น ดินในภาคใต้มีแมงกานีสปะปนอยู่สูง (อภิศักดิ์, 2543) และเมื่อเกษตรกรมีการจัดการน้ำให้กับลองกองที่มากเกินไป ทำให้ดินมีความชื้นสูง ส่งผลให้แมงกานีสละลายออกมาได้มากเกินระดับเพียงพอ (Havlin *et al.*, 2005) ทำให้ลองกองดูดแมงกานีสได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้แมงกานีสในใบมีความเข้มข้นสูงขึ้นตามไปด้วย เช่นเดียวกับที่พบในสวนสละ (สุมิตรา, 2545) หรือการให้ปุ๋ยทางใบที่มีธาตุอาหารจุลภาคเป็นองค์ประกอบของเกษตรกร แต่การประเมินด้วยเส้นขอบเขตจะใช้ความเข้มข้นที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตโดยตรง (ความสัมพันธ์ในเชิงบวก) เนื่องจากกลุ่มของจุดข้อมูลที่นำมาประเมินเพื่อใช้เป็นเส้นขอบเขตนั้นเป็นจุดที่ปัจจัยการผลิตอื่น ๆ เหมาะสม ยกเว้นความเข้มข้นธาตุอาหารพืช ดังนั้นเมื่อได้รับธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นก็จะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย สำหรับจุดข้อมูลอื่นที่อยู่ใต้เส้นขอบเขตซึ่งไม่ได้นำมาใช้ในการสร้างค่าความเข้มข้นมาตรฐาน ถึงแม้ว่าจะมีความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชเท่ากัน แต่กลับให้ผลผลิตที่ต่ำกว่า เนื่องจากมีปัจจัยอื่นเป็นตัวจำกัดการให้ผลผลิต แต่ไม่ใช่ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการขาดธาตุอาหารที่ศึกษา (สุมิตรา และวิเชียร, 2546) อีกทั้งการประเมินด้วยวิธีเส้นขอบเขตนี้ยังสามารถประเมินระดับธาตุอาหารที่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณผลผลิตได้ (ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ศึกษาเพิ่มขึ้น แต่พืชให้ผลผลิตลดลง) โดยสามารถกำหนดเป็นช่วงระดับความเข้มข้นได้เช่นกัน ซึ่งวิธีการประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูงไม่สามารถทำได้ หรือเพียงบอกได้ว่าความเข้มข้นที่สูงกว่าค่าความเข้มข้นมาตรฐานเป็นความเข้มข้นสูงที่เกินพอเท่านั้น แต่ไม่สามารถทำนายอิทธิพลของความเข้มข้นธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นแต่ละระดับ จะมีผลอย่างไรต่อปริมาณผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับ อีกทั้งการประเมินด้วยวิธีนี้ (เส้นขอบเขต) ยังสามารถกำหนดช่วงระดับธาตุอาหารที่จะประเมินได้อย่างละเอียด คือ ขาดแคลน ต่ำ เพียงพอ และมากเกินพอ ซึ่งง่ายต่อการจัดการปุ๋ยของเกษตรกรในฤดูกาลถัดไป แต่การประเมินค่าความเข้มข้นมาตรฐานจากต้นที่ให้ผลผลิตสูงสามารถบอกว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ศึกษาอยู่ในระดับต่ำ เพียงพอ และสูง โดยเฉพาะระดับต่ำ ไม่สามารถบอกระดับความรุนแรงของการขาดธาตุอาหารพืชที่วิเคราะห์จากตัวอย่างพืชได้ ดังนั้นค่าความเข้มข้นมาตรฐานที่น่าจะนำมาใช้เพื่อประเมินระดับธาตุอาหารเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน ของใบลองกอง คือ ค่าความเข้มข้นมาตรฐานที่ได้จากการประเมินด้วยวิธีเส้นขอบเขต

ค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของลองกอง ซึ่งประเมินจากวิธีเส้นขอบเขต เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นมาตรฐานของไม้ผลชนิดอื่นที่ปลูกในไทย คือ ทุเรียน ลำไย ลิ้นจี่ มังคุด และเงาะ พบว่า ค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของลองกองมีค่าใกล้เคียงกับไม้ผลชนิดอื่น (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ค่าความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหารจุลภาคในไม้ผลบางชนิด

ธาตุอาหารพืช	ค่าความเข้มข้นมาตรฐานธาตุอาหารจุลภาค					
	ลองกอง[1]	ทุเรียน[2]	ลำไย[3]	ลิ้นจี่[4]	มังคุด[5]	เงาะ[6]
เหล็ก (มก./กก.)	61-66	40-150	68-87	50-100	50-150	77-98
แมงกานีส (มก./กก.)	49-58	50-120	47-80	100-250	60-250	104-150
สังกะสี (มก./กก.)	18-20	10-30	17-20	15-30	5-15	43-54
ทองแดง (มก./กก.)	7-8	10-25	15-17	10-25	15-30	16-25
โบรอน (มก./กก.)	27-30	30-70	22-46	25 - 60	25-60	43-54

[1] ค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของวิธีเส้นขอบเขต

[2] สุมิตรา และคณะ (2544)

[3] ยุทธนา และคณะ (2543)

[4] Menzela และคณะ (1992)

[5] สุมิตรา (2549)

[6] Lim และคณะ (1997)

1.3 การแนะนำการใช้ปุ๋ยตามผลการวิเคราะห์พืช

การใช้ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์พืช เพื่อจะได้ทราบความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช โดยการวิเคราะห์พืชต้องคำนึงถึงส่วนของพืชและอายุส่วนของพืชที่จะนำมาใช้วิเคราะห์ว่าสามารถบอกสถานะของธาตุอาหารพืชได้อย่างถูกต้อง สำหรับลองกองส่วนของพืชที่แนะนำสำหรับเก็บเพื่อประเมินสถานะธาตุอาหารพืช คือ ใบย่อยคู่กลาง ของประกอบที่ 2 ซึ่งใบมีอายุ 5 เดือน โดยเก็บใบในช่วงหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต (จำเป็น และคณะ, 2547) โดยหนึ่งสวนควรเก็บใบจากต้นลองกองจำนวน 25 - 35 ต้น โดยเก็บใบรอบทรงพุ่มต้น ต้นละ 6-8 ใบ และรวมเป็นตัวอย่างเดียวกัน เพื่อนำมาวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหาร การเก็บใบควรเก็บใบที่มีสภาพปกติ คือ ใบไม่มีรูปทรงที่บิดเบี้ยว ใบมีขนาดไม่ใหญ่หรือเล็กกว่าปกติ เนื่องจากการวิเคราะห์พืชรายงานเป็นความเข้มข้น ดังนั้นถ้าใบมีขนาดใหญ่กว่าปกติจะทำให้ความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่าปกติ และถ้าใบเล็กผิดปกติความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้จะสูงกว่าใบปกติ และเมื่อนำมาประเมินระดับธาตุอาหารทำให้ประเมินระดับธาตุอาหารผิดพลาด ส่งผลให้การจัดการปุ๋ยผิดพลาดตามไปด้วย

สำหรับการแนะนำการใช้ปุ๋ยตามการวิเคราะห์พืช ต้องนำค่าความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้มาเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นมาตรฐานที่สร้างจากวิธีเส้นขอบเขต (ตารางที่ 4) เพื่อจะได้ทราบระดับธาตุอาหารในพืชว่าอยู่ในระดับขาดแคลน ต่ำ เพียงพอ หรือมากเกินไป เมื่อทราบระดับธาตุอาหารในพืช ก็สามารถจัดการใส่ปุ๋ยได้อย่างเหมาะสม กล่าวคือ ถ้าระดับธาตุอาหารในพืชอยู่ระดับต่ำ หรือขาดแคลน เกษตรกรจำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารนั้นเพิ่มขึ้นจากฤดูกาลผลิตที่ผ่านมา เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของพืช ถ้าระดับธาตุอาหารอยู่ในระดับ

เพียงพอเกษตรกรสามารถใส่ปุ๋ยสูตรเดิม และอัตราที่เท่าเดิมได้ แต่ถ้าระดับธาตุอาหารในพืชอยู่ในระดับมากเกินพอ เกษตรกรควรลดปริมาณการใส่ปุ๋ย หรือถ้าระดับธาตุอาหารในพืชมีความเข้มข้นสูงกว่าระดับมากเกินพอมาก อาจไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยในฤดูกาลผลิตถัดไป

จากผลการศึกษาเห็นได้ว่า ดินบริเวณในทรงพุ่มของลองกองในภาคใต้มีการสะสมฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก เช่นเดียวกับสวนทุเรียน (พรทิวา และสุมิตรา, 2548) ลำไย (ยุทธนา และคณะ, 2543) และลิ้นจี่ (อรุณศิริ และคณะ, 2546) เป็นต้น ซึ่งดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง อาจทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารจุลภาคลดลง โดยเฉพาะสังกะสี (ยงยุทธ, 2546; Marschner, 1995) โดยสุมิตรา และคณะ (2544) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณที่สูงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ทุเรียนเกิดการขาดสังกะสี อีกทั้งสวนลองกองในภาคใต้ส่วนใหญ่มีปริมาณเหล็กในดินที่สูง ซึ่งจะมีผลต่อการดูดทองแดง และแมงกานีสของพืช (ยงยุทธ และ สุขวัฒน์, 2546; Havlin *et al*., 2005) เห็นได้ว่าถ้าดินมีปริมาณธาตุอาหารบางชนิดสูงเกินไป จะเป็นข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์อีกธาตุหนึ่งหรือมากกว่า ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของเกษตรกร จึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ดินควบคู่กับการวิเคราะห์พืช

2. ผลของปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคต่อการเปลี่ยนแปลงของลองกอง

ผลการศึกษาการพ่นปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวม ซึ่งประกอบด้วยแมกนีเซียม 2.4 %, เหล็ก 1.5%, แมงกานีส 1.5%, สังกะสี 0.5%,ทองแดง 0.5%,โบรอน 0.3%,โมลิบดินัม 0.03 % และโคบอลต์ 0.03 % อัตรา 60 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร พ่นให้ใบอ่อนลองกองอายุ 1 สัปดาห์ ติดต่อกัน 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 1 สัปดาห์ (การศึกษาที่ 2) พบว่า สามารถเพิ่มพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งต่อใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในใบ กิ่งยอด และเปลือกกิ่ง (รูปที่ 8) ซึ่งการเพิ่มขึ้นดังกล่าวเกิดจากอิทธิพลของปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวม เนื่องจากการศึกษานี้ได้ศึกษาการพ่นและไม่พ่นปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมในต้นเดียวกัน โดยคาดว่าเกิดจากการได้รับสังกะสีและทองแดงเพิ่มขึ้น กล่าวคือ

2.1 การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งต่อใบ

จากการศึกษาที่ 2 พบว่า เมื่อพ่นปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวม ทำให้พื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งใบเพิ่มขึ้น (รูปที่ 10A และ 10B ตามลำดับ) โดยการเพิ่มขึ้นนี้น่าจะเกิดจากอิทธิพลร่วมของธาตุอาหารจุลภาคที่พ่นให้กับใบอ่อนลองกอง โดยคาดว่าน่าจะเกิดจากอิทธิพลของสังกะสีที่ได้รับเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีรายงานความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสังกะสีในใบกับพื้นที่ใบในพืชหลายชนิด ดังนั้นจึงได้ศึกษาเพิ่มเติมโดยการพ่นธาตุเชิงเดี่ยวของทองแดง สังกะสี และแมกนีเซียม (การศึกษาที่ 3) โดยความเข้มข้นที่ใช้ในการศึกษาที่ 3 มีความเข้มข้น

ของธาตุดังกล่าวเท่ากับความเข้มข้นของธาตุดังกล่าวในปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมที่พ่นให้กับใบอ่อนลองกองในการศึกษาที่ 2 โดยผลการศึกษาที่ 3 พบว่า การพ่นสังกะสีสามารถเพิ่มพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งได้เพียงธาตุเดียว และมีการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับการพ่นทองแดง และแมกนีเซียม (รูปที่ 13A และ 13C ตามลำดับ) และเมื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของสังกะสีในใบ พบว่า ใบที่ได้รับการพ่นธาตุอาหารจุลภาคแบบรวม และใบที่ได้รับการพ่นสังกะสีมีความเข้มข้นของสังกะสีสูงกว่าใบที่ไม่ได้รับการพ่นปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาค (รูปที่ 12Zn และ 15Zn ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งต่อใบ อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลการศึกษาหลายการศึกษา เช่น Ruehle (1940) ศึกษาในต้นอะโวกาโด Durzan (1995) ศึกษาในต้นพิชทาชิโอ และ OMAFRA Staff (2004) ศึกษาในต้นแอปเปิล รายงานว่าใบของพืชดังกล่าวที่มีขนาดเล็กและแคบกว่าปกติจะมีความเข้มข้นของสังกะสีในใบต่ำ และเมื่อพ่นสังกะสีในขณะใบอ่อนสามารถทำให้ใบมีการเจริญเติบโตได้อย่างปกติ (มีขนาดใบปกติ) แต่เมื่อพิจารณาความเข้มข้นสังกะสีในใบที่ไม่ได้รับการพ่นธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมในการศึกษาที่ 2 และที่ไม่ได้รับการพ่นธาตุอาหารจุลภาคในการศึกษาที่ 3 ซึ่งมีความเข้มข้นเท่ากับ 19.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ใบอายุ 8 สัปดาห์) และ 20.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ใบอายุ 12 สัปดาห์) ตามลำดับ พบว่า มีระดับความเข้มข้นของสังกะสีอยู่ในระดับเพียงพอ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของสังกะสีที่ได้จากวิธีเส้นขอบเขตของการศึกษาที่ 1 (18 - 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งใบอ่อนลองกองไม่น่าจะตอบสนองต่อการพ่นสังกะสี เป็นไปได้ว่ามีสังกะสีบางส่วนไม่อยู่ในสภาพที่สามารถทำกิจกรรมได้ โดยอาจมีสาเหตุมาจาก 1) สังกะสีบางส่วนถูกดูดยึดไว้ที่ผนังเซลล์ของใบ ทำให้ไม่สามารถเคลื่อนเข้าสู่ภายในเซลล์ได้ เนื่องจากผลการศึกษาของ Youngdahl และคณะ (1977) พบว่า รากข้าวโพดที่งอกในสารละลายธาตุอาหารพืช ซึ่งมีฟอสฟอรัสที่ละลายได้อยู่สูง (> 124 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สังกะสี-65 (^{65}Zn, สังกะสีในรูปของธาตุรังสี) จะเคลื่อนที่จากรากสู่ส่วนเหนือดินได้ลดลง โดยสังกะสีจะถูกดูดยึดไว้ที่ผนังเซลล์รากในรูปของสารประกอบเพคเทต (pectate) ซึ่งสารนี้จะไม่ละลายน้ำแต่จะละลายในเอทานอล และสารประกอบนี้มีอยู่มากในผนังเซลล์ โดยการดูดยึดสังกะสีของผนังเซลล์ อาจเนื่องจากสังกะสีเป็นธาตุที่มีความสามารถในการดูดยึดกับสารประกอบอินทรีย์ที่สภาพไฟฟ้าเป็นลบ (pauling electronegativity) ได้ดีธาตุหนึ่ง เช่นเดียวกับทองแดงที่มีความสามารถนี้เช่นกัน (Mckay and Porter, 1997) 2) ใบลองกองมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงกว่าระดับเพียงพอ (1.8 - 2.1 กรัมต่อกิโลกรัม)(จำเป็น และคณะ, 2549ก) โดยเห็นได้จากความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเมื่อใบอายุ 12 สัปดาห์ของการศึกษาที่ 3 พบว่า ใบที่ไม่ได้พ่นปุ๋ย พ่นทองแดง พ่นสังกะสี และพ่นแมกนีเซียม มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบเท่ากับ 3.68, 4.09, 3.89 และ 3.60 กรัมต่อกิโลกรัม (ตามลำดับ) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สูงกว่าระดับเพียงพอนี้จะทำลายฤทธิ์ (inactivition) ของสังกะสีที่สามารถเคลื่อนเข้าสู่ภายในเซลล์ ไม่ให้มีความสามารถทำกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเซลล์ได้ เนื่องจาก Longeragan และคณะ (1979) อ้างโดย ยงยุทธ

(2546) ได้กล่าวไว้ในบทความเรื่อง ความเป็นพิษของฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดอันตร-กิริยา (interaction) ระหว่างสังกะสีกับฟอสฟอรัสในพืชว่า “ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สูงสามารถทำลายฤทธิ์ของสังกะสี ทำให้สังกะสีไม่สามารถทำหน้าที่ในส่วนเหนือดินได้” โดยเหตุที่ใบลองกองมีความเข้มข้นฟอสฟอรัสสูง ก็เนื่องมาจากลองกองเจริญเติบโตในดินที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง (ตารางที่ 9) ซึ่งการที่ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง เนื่องจากการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักของเกษตรกร ประกอบฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ในดินได้น้อย (Potash and Phosphate Institute, 1995) จากที่กล่าวมาเห็นได้ว่าสังกะสีที่เคลื่อนที่มาสู่ใบอาจถูกลดความเป็นประโยชน์ได้ โดยการถูกดูดยึดไว้ที่ผนังเซลล์ และการทำลายฤทธิ์ของสังกะสีภายเซลล์โดยฟอสฟอรัส ดังนั้นเมื่อใบลองกองได้รับสังกะสีเพิ่มขึ้นแม้เพียงเล็กน้อย ใบลองกองก็จะมีการตอบสนอง คือ มีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น

สำหรับการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบเมื่อใบได้รับสังกะสี อาจเนื่องจากสังกะสีมีส่วนช่วยในการสังเคราะห์สารที่มีชื่อว่า ทริพโทเฟน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กรดอินโดอะซิ-ติก (indoleacetic acid, IAA)(ยงยุทธ, 2546; Marschner, 1995) กรดอินโดอะซิติกเป็นสารเคมีพืชในกลุ่มของออกซิน (ฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่ง) ทำหน้าที่ในการขยายขนาดของเซลล์ (พีรเดช, 2537; นภดล, 2537) ดังนั้นเมื่อใบมีสังกะสีที่มีความพร้อมในการทำกิจกรรมและมีในระดับที่เพียงพอ กระบวนการสังเคราะห์ทริพโทเฟนก็จะเกิดขึ้นอย่างปกติ ทำให้ใบมีปริมาณทริพโทเฟนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการสังเคราะห์กรดอินโดอะซิติกได้เพียงพอกับความต้องการ ดังนั้นใบพืชหรือเนื้อเยื่อเจริญอื่น ๆ จะมีการขยายขนาดเซลล์อย่างปกติ ทำให้ใบมีขนาดที่ปกติตามไปด้วย และเมื่อใบมีขนาดโตขึ้น ย่อมจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นเมื่อนำมาอบแห้งเพื่อหาน้ำหนักแห้งต่อใบของการศึกษาที่ 2 และการศึกษาที่ 3 จึงพบว่าใบที่ได้รับการพ่นปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมและใบที่ได้รับการพ่นสังกะสี จึงมีน้ำหนักแห้งต่อใบมากกว่าใบที่ไม่ได้รับการพ่นปุ๋ย ใบที่ได้รับการพ่นทองแดง และใบที่ได้รับการพ่นแมกนีเซียม(รูปที่ 10C และ 13C ตามลำดับ)

จากผลการศึกษาข้างต้นเห็นได้ว่า ใบลองกองที่ได้รับสังกะสีที่เพิ่มขึ้นจะมีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีในดินของทั้ง 2 การศึกษา พบว่า ดินมีปริมาณสังกะสีอยู่ในระดับสูง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าวิกฤติของสังกะสีในดิน (ตารางที่ 9) จึงคาดว่าลองกองน่าจะได้รับสังกะสีในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการ แต่เมื่อมีการพ่นสังกะสีให้กับใบลองกองพบว่า ยังมีการตอบสนองต่อการพ่น (มีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น) แสดงว่าใบลองกองได้รับสังกะสีที่ไม่เพียงพอกับความต้องการ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจาก 2 ประเด็น ด้วยกัน คือ 1) ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สะสมอยู่สูงมาก และ 2) ดินมีปริมาณเหล็กและแมงกานีสที่สกัดได้สูง (ตารางที่ 9) โดยประเด็นที่ 1 จะเห็นได้ว่า ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สะสมอยู่สูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับระดับวิกฤติ จนอาจเป็นเหตุให้สังกะสีไม่สามารถเคลื่อนย้ายจากรากสู่ส่วนเหนือดินได้อย่างปกติ โดยสังกะสีจะถูกดูดซับไว้กับเพคเทตบริเวณผนังเซลล์ของราก ซึ่งได้

กล่าวมาแล้วในข้างต้น สำหรับประเด็นที่ 2 เห็นได้ว่า ดินสวนลองกองที่ทำการศึกษามีปริมาณเหล็กและแมงกานีสที่สกัดได้สูง เป็นเหตุให้เกิดการแข่งขันกันระหว่างเหล็กและสังกะสี และแมงกานีสกับสังกะสีในการเคลื่อนที่เข้าสู่ราก เนื่องจากธาตุดังกล่าวเป็นธาตุอาหารจุลภาคประจุบวก เช่นเดียวกับที่เกิดการแข่งขันระหว่างเหล็กและทองแดง (ยงยุทธ และ สุขวัฒน์, 2546; Havlin *et al*., 2005) หรือ การแข่งขันกันระหว่างโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในการเคลื่อนที่เข้าสู่ราก โดยคาดว่าการแข่งขันระหว่างเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง เกิดจากมีพื้นที่พาหะนำเข้าสู่เซลล์ (carrier site) เป็นพื้นที่เดียวกัน (Havlin *et al*., 2005) ดังนั้นเมื่อดินมีเหล็กและแมงกานีสที่สกัดได้สูง ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การเกาะกับพื้นที่พาหะนำเข้าสู่เซลล์ได้มากกว่าสังกะสีและทองแดง ทำให้สังกะสีและทองแดงเคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์ได้ลดลง

ตารางที่ 9 ปริมาณฟอสฟอรัส เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ในดินสวนลองกองของการศึกษาที่ 2 และการศึกษาที่ 3 บริเวณในทรงพุ่มต้นลองกอง

ธาตุอาหารพืช	ระดับวิกฤติธาตุอาหารพืชในดิน (มก./กก.)	ระดับธาตุอาหารในดิน	
		การศึกษาที่ 2	การศึกษาที่ 3
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	> 35[1]	1,071	387
เหล็กที่สกัดได้ (มก./กก.)	2.5 - 5.0[2]	206	153
แมงกานีสที่สกัดได้ (มก./กก.)	1.0 - 5.0[2]	46	58
สังกะสีที่สกัดได้ (มก./กก.)	0.2 - 2.0[2]	14.86	7.56
ทองแดงที่สกัดได้ (มก./กก.)	0.1 - 2.5[2]	14.09	8.35

[1] เกณฑ์ระดับสูงของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ซึ่งสกัดด้วยวิธีเบรย์ ทู (Jones, 2001)

[2] สกัดดินด้วยวิธีดีทีพีเอ (Jones, 2001)

2.2 การเพิ่มขึ้นของปริมาณคลอโรฟิลล์

ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเพิ่มขึ้น เมื่อใบได้รับการพ่นปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวม (รูปที่ 10B) และเมื่อพ่นธาตุที่คาดว่ามีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของคลอโรฟิลล์ในใบ คือ ทองแดง สังกะสี และแมกนีเซียม (การศึกษาที่ 3) ซึ่งมีความเข้มข้นเท่ากับปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมที่พ่นให้กับใบลองกอง (การศึกษาที่ 2) พบว่า การเพิ่มขึ้นของคลอโรฟิลล์ในการศึกษาที่ 2 น่าจะเป็นอิทธิพลร่วมกันระหว่างทองแดงและแมกนีเซียม เนื่องจากผลการศึกษาที่ 3 พบว่าใบลองกองที่ได้รับทองแดงและแมกนีเซียม มีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น และมีค่าใกล้เคียงกัน (22.70 และ 23.01 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ) (รูปที่ 13B) และเมื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของทองแดงและแมกนีเซียม พบว่า ใบที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น มีความเข้มข้นของทองแดงและแมกนีเซียมสูงตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของทั้ง 2 การศึกษา แต่ปริมาณของคลอโรฟิลล์ของใบที่พ่นทองแดงและแมกนีเซียมเพียงธาตุเดียวไม่สูงเท่ากับการพ่น

ปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวม (22.70, 23.01 และ 27.11 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ โดย 2 ค่าแรกเป็นค่าเมื่อใบอายุ 12 สัปดาห์ ของการศึกษาที่ 3 และค่าที่ 3 เป็นค่าเมื่อใบอายุ 8 สัปดาห์ ของการศึกษาที่ 2) เนื่องจากปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมมีทองแดงและแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบร่วมกัน ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้เกิดการสร้างคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นของทองแดงในใบที่ไม่ได้รับการพ่นธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมในการศึกษาที่ 2 (8.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อใบอายุ 8 สัปดาห์) และที่ไม่ได้รับการพ่นธาตุใด ๆ ในการศึกษาที่ 3 (11.34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อใบอายุ 12 สัปดาห์) พบว่า มีระดับความเข้มข้นของทองแดงอยู่ในระดับมากเกินพอ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของทองแดงที่ได้จากวิธีเส้นขอบเขตของการศึกษาที่ 1 (7 - 8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งใบลองกองไม่น่าจะตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของทองแดงเช่นกัน เป็นไปได้ว่าอาจมีทองแดงบางส่วนไม่อยู่ในสภาพที่สามารถทำกิจกรรมได้ โดยอาจถูกดูดยึดไว้ที่ผนังเซลล์ของใบเช่นเดียวกับที่พบการดูดยึดสังกะสีไว้ที่ผนังเซลล์ของราก และคาดว่าการดูดยึดนี้น่าจะมีความเหนียวแน่นมากกว่าธาตุอาหารพืชประจุบวกธาตุอื่น ๆ เนื่องจากทองแดงเป็นธาตุที่มีค่าความสามารถในการดูดยึดกับสารประกอบอินทรีย์ที่สภาพไฟฟ้าเป็นลบสูง (Mckay and Porter, 1997) และสูงกว่าธาตุอาหารพืชประจุบวกทุกธาตุ สำหรับความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบที่ไม่ได้รับการพ่นธาตุอาหารจุลภาคแบบรวม (2.08 กรัมต่อกิโลกรัม เมื่อใบอายุ 8 สัปดาห์ ของการศึกษาที่ 2) และใบที่ไม่ได้รับการพ่นธาตุอาหารในการศึกษาที่ 3 (3.38 กรัมต่อกิโลกรัม เมื่อใบอายุ 12 สัปดาห์) พบว่า มีความเข้มข้นของแมกนีเซียมอยู่ในระดับต่ำ และมากเกินพอ (ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นมาตรฐานของแมกนีเซียมที่ได้จากวิธีเส้นขอบเขต (2.4 - 2.8 กรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งศึกษาโดยจำเป็น และคณะ (2549ก)

การเพิ่มขึ้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบที่ได้รับการพ่นทองแดง และแมกนีเซียม เนื่องจากแมกนีเซียมเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ดังนั้นเมื่อใบได้รับแมกนีเซียมเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่สำหรับทองแดงถึงแม้ว่าจะไม่มีรายงานว่าทองแดงไปเกี่ยวข้องอย่างไรกับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ แต่ Droppa และคณะ (1984) ได้รายงานว่า ซูการ์บีทที่เจริญเติบโตในสภาพที่มีทองแดงไม่เพียงพอ จะทำให้ปริมาณคอลโรฟิลล์ในใบต่ำ แต่เมื่อได้รับทองแดงจะสามารถเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ให้กลับสู่ระดับปกติ

การเพิ่มขึ้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ของทั้ง 2 การศึกษา แสดงให้เห็นว่า ลองกองที่ปลูกในดินที่มีฟอสฟอรัส เหล็ก และแมงกานีสที่สกัดได้ในปริมาณสูงมาก อาจทำให้เกิดสภาวะการขาดทองแดงได้ ทั้งที่ดินมีปริมาณทองแดงอยู่ในระดับสูงกว่าระดับวิกฤติ (ตารางที่ 9) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Shukla และ Singh (1979) พบว่า การให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสตั้งแต่ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมขึ้นไป ทำให้ข้าวสาลีดูดทองแดงได้ลดลง โดยสาเหตุที่ลองกองเกิดการขาดทองแดง อาจคล้ายกับการขาดสังกะสี กล่าวคือ ทองแดงอาจไม่สามารถเคลื่อนที่จากรากสู่ส่วนเหนือดินได้ โดยอาจถูกดูดยึดไว้ที่ผนังเซลล์ของรากในรูปของสารประกอบเพคเทต ซึ่งไม่

ละลายน้ำ เนื่องจากทองแดงเป็นธาตุที่มีค่าความสามารถในดูดยึดกับสารประกอบอินทรีย์ที่สภาพไฟฟ้าเป็นลบสูง (Mckay and Porter, 1997) กว่าธาตุอาหารพืชประจุบวกทุกธาตุ ซึ่งได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น

สำหรับปริมาณเหล็กที่สกัดได้ พบว่า มีปริมาณที่สูงกว่าระดับวิกฤติเช่นกัน (ตารางที่ 9) โดยดินที่มีปริมาณเหล็กสูงจะทำให้การดูดทองแดงของรากพืชลดลง (ยงยุทธ และสุขวัฒน์, 2546; Havlin *et al*., 2005) เนื่องจากเกิดการแข่งขันกันระหว่างเหล็กและทองแดง ในการเคลื่อนที่เข้าสู่รากพืช ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับการแข่งขันกันระหว่างโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในการเคลื่อนที่เข้าสู่ราก

2.3 การเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในใบ กิ่งยอด และเปลือกกิ่ง

การเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในใบ เนื่องจากการได้รับธาตุอาหารจุลภาคแบบรวม (รูปที่ 10 และ 10E ตามลำดับ) โดยการเพิ่มขึ้นนี้น่าจะเกิดจากการได้รับทองแดงและสังกะสีที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากผลการศึกษาที่ 3 แสดงให้เห็นว่าใบที่ได้รับการพ่นทองแดง และสังกะสี มีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในใบสูงกว่าใบที่ได้รับการพ่นแมกนีเซียม (37.74, 37.99 และ 31.99 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) เนื่องจากใบที่ได้รับการพ่นทองแดงมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มมากขึ้น ทำให้ใบสามารถในสังเคราะห์แสงได้มากขึ้น โดยสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ใบสามารถสังเคราะห์แสงได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากทองแดงเป็นองค์ประกอบของพลาสโทไซยานิน ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงระบบแสง I และระบบแสง II (ยงยุทธ, 2546; Marschner, 1995) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Javadi และคณะ (1991) พบว่า ความเข้มข้นของทองแดงที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณพลาสโทไซยานินในใบเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มขึ้นของพลาสโทไซยานินทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และจากผลการศึกษาของ Javadi และคณะ (1991) ยังพบว่า การให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความเข้มข้นของทองแดงในใบลดลง ทำให้ปริมาณพลาสโทไซยานินลดลงตามไปด้วย ซึ่งได้กล่าวมาแล้วข้างต้น และการได้รับทองแดงที่เพิ่มขึ้น อาจช่วยให้การละลายคาร์บอนไดออกไซด์ในไซโทซอลของมีโซฟีลล์ และสโทรมาของคลอโรพลาสเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับสังกะสี เนื่องจาก Loustalot และคณะ (1945) รายงานว่า พืชที่ขาดทองแดงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใบอ่อนของต้นทัง (tung tree) ดูดซับไว้ได้จะลดลงประมาณ 50 % และ Graham (1980) อ้างโดย Marschner (1995) รายงานว่า เมื่อพืชขาดทองแดงจะทำให้ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ต่ำกว่าปกติ ดังนั้นเมื่อใบได้รับทองแดงเพิ่มขึ้น ทำให้ใบมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงและคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบ

กับการพ่นแมกนีเซียม ซึ่งมีคลอโรฟิลล์ใกล้เคียงกัน (21.34 และ 22.85 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ) แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างต่ำกว่า

สำหรับใบที่ได้รับสังกะสีถึงแม้ว่าจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ต่ำกว่าใบที่ได้รับทองแดงและแมกนีเซียม (18.70, 21.34 และ 22.85 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ) แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างใกล้เคียงกับใบที่ได้รับการพ่นทองแดง (รูปที่ 11B) คาดว่าเกิดจากใบมีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น (รูปที่ 13A) ทำให้ใบมีพื้นที่ในการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น อีกทั้งสังกะสีเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์คาร์บอนิกแอนไฮเดรส (carbonic anhydrase) ซึ่งทำหน้าที่ช่วยให้คาร์บอนไดออกไซด์สามารถละลายในไซโทซอลของมีโซฟีลล์ และสโทรมาของคลอโรพลาสได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้พืชสามารถสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลได้เพิ่มขึ้น (Marschner, 1995) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Loustalot และคณะ (1945) รายงานว่า พืชที่ขาดสังกะสีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใบอ่อนของต้นทัง (tung tree) ดูดซับไว้ได้จะลดลงประมาณ 50 % และสังกะสียังช่วยเร่งกิจกรรมของเอนไซม์ฟรุกโทส-1,6-ไบฟอสฟาเทส (fructose-1,6-biphosphatase) ซึ่งจะเปลี่ยนฟรุกโทส-1,6-ไบฟอสเฟต (fructose-1,6-biphosphate) ที่ได้จากวัฏจักรเควิน (Calvin cycle) ให้เป็นฟรุกโทส-6-ฟอสเฟต (fructose-6-phosphate) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ซูโครสและแป้งต่อไป (ยงยุทธ, 2546) ทำให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Jyung และคณะ (1975) รายงานว่า ถั่วนาวี (*Phaseolus vulgaris* L.) ที่ขาดสังกะสีจะมีกิจกรรมในการสังเคราะห์แป้ง และปริมาณแป้งในใบต่ำลง และถ้าเป็นพันธุ์ถั่วที่ไม่ทนต่อการขาดสังกะสี จะทำให้กิจกรรมในการสังเคราะห์แป้งลดลง 80 % และมีปริมาณแป้งสะสมในใบเพียง 6 %

สำหรับใบที่ได้รับการพ่นแมกนีเซียมถึงแม้ว่าจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ใกล้เคียงกับใบที่ได้รับการพ่นทองแดง แต่กลับมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างต่ำกว่า (รูปที่ 13B และ 13D ตามลำดับ) อาจเกิดจากใบมีความเข้มข้นของทองแดงและสังกะสีที่มีศักยภาพในการทำกิจกรรมภายในเซลล์ต่ำ ทำให้กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในการสังเคราะห์แสง การละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ในไซโทซอลของมีโซฟีลล์และในสโทรมาของคลอโรพลาส และการเปลี่ยนฟรุกโทส-1,6-ไบฟอสเฟต เป็นฟรุกโทส-6-ฟอสเฟต ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลลดลง ดังนั้นจึงทำให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในโครงสร้างในใบต่ำ

เมื่อพิจารณาปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างระหว่างการพ่นธาตุอาหารจุลภาคแบบรวม (การศึกษาที่ 2) และการพ่นธาตุเชิงเดี่ยว (การศึกษาที่ 3) พบว่า การพ่นธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างสูงกว่าประมาณ 2 เท่าของใบที่พ่นธาตุเชิงเดี่ยว เมื่อใบอายุเท่ากัน (4 สัปดาห์) แสดงให้เห็นว่าการพ่นปุ๋ยเชิงเดี่ยวถึงแม้ว่าจะเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างได้ แต่ก็ไม่สามารถเพิ่มปริมาณ

คาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างให้ได้เท่ากับการพ่นธาตุอาหารจุลภาคแบบรวม เนื่องจากในกระบวนการสร้างคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างเป็นการทำหน้าที่ร่วมกันของธาตุอาหาร

ใบลองกองที่ได้รับธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมสามารถสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างได้เพิ่มขึ้น และมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในเปลือกกิ่งและเปลือกลำต้นสูงกว่าในใบ (รูปที่ 10D, 10E และ 18 ตามลำดับ) สอดคล้องกับรายงานของ ญัณยงค์ (2546) และ มนูญ (2546) พบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในใบ มีปริมาณต่ำกว่าคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในเปลือกลำต้น โดยเหตุที่คาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในเปลือกกิ่ง และเปลือกต้นสูงกว่าในใบ คาดว่าเนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่ลองกองมีการแทงช่อดอก ประกอบกับคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างเป็นอาหารสะสมของพืช ซึ่งส่วนหนึ่งของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างจะถูกใช้เพื่อการแทงช่อดอก และการเจริญพัฒนาของดอกและช่อดอกให้มีสภาพสมบูรณ์ ดังนั้นลองกองจึงมีการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างมาสะสมที่เปลือกกิ่งและเปลือกต้นเพื่อรองรับการออกดอก เมื่อมีปัจจัยแวดล้อมเหมาะสม และการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างจากใบมายังเปลือกกิ่งหรือเปลือกต้น ต้องเคลื่อนย้ายผ่านกิ่งยอด จึงทำให้กิ่งยอดมีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างสูงตามไปด้วย (รูปที่ 10E และ 13E ตามลำดับ) และคาดว่ามีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างบางส่วนสะสมไว้บริเวณกิ่งยอด เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารสะสมสำหรับการแตกยอดครั้งต่อไป

3. ผลของปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคต่อความสมบูรณ์ของต้นลองกอง

ใบลองกองที่ได้รับธาตุอาหารจุลภาคโดยวิธีการพ่น สามารถเพิ่มพื้นที่ใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในใบ กิ่งยอด และเปลือกกิ่ง (การศึกษาที่ 2 และ 3) โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างซึ่งจัดว่าเป็นแหล่งอาหารสะสมสำหรับการออกดอกและติดผลของพืช หรือเป็นอาหารสะสมสำหรับใช้ในช่วงที่สภาวะแวดล้อมไม่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นจึงได้ศึกษาพ่นธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมให้กับต้นลองกองทั้งต้น เพื่อศึกษาการตอบสนองในด้านความพร้อมในการออกดอก (การศึกษาที่ 4) โดยในระหว่างการศึกษา พบว่า ต้นลองกองที่ได้รับการพ่นธาตุอาหารจุลภาคแบบรวม เมื่อใบอายุ 1-3 สัปดาห์ (หลังจากแตกยอด) จะมีใบที่โตกว่าใบลองกองที่ไม่ได้รับการพ่นธาตุอาหารจุลภาคหรือให้ปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมทางดินอีกทั้งใบยังมีสีเขียวเข้มกว่าใบที่ไม่ได้รับการพ่นธาตุอาหารจุลภาค โดยเฉพาะใบที่มีการแตกยอดออกมาหลังจากยอดอื่น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ 2 และการศึกษาที่ 3 โดยการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบเนื่องมาจากการได้รับสังกะสีจากปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสังกะสีในใบที่วิเคราะห์ได้ (รูปที่ 20Zn) โดยสังกะสีจะเกี่ยวข้อง

กับการสังเคราะห์ทริพโทเฟน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กรดอินโดอะซิติกแอซิก (ยงยุทธ, 2546; Marschner, 1995) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการขยายขนาดของเซลล์พืช (พีรเดช, 2537; นภดล, 2537) ซึ่งได้กล่าวมาแล้วในการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบ (ข้อ 2.1) และการเพิ่มขึ้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ (สีเขียวที่ปรากฏที่ใบ) ก็เนื่องมาจากการได้รับทองแดงร่วมกับแมกนีเซียม ซึ่งแมกนีเซียมนั้นเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ และทองแดงนั้นถึงจะไม่มีรายงานว่าเกี่ยวข้องกับการสร้างคลอโรฟิลล์ในขั้นตอนใด แต่ก็มีรายงานว่าถ้าขาดทองแดงใบพืชจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง และสอดคล้องกับการศึกษาที่ 2 ซึ่งได้กล่าวมาแล้วในการเพิ่มขึ้นของคลอโรฟิลล์ (ข้อ 2.2)

สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในใบ พบว่า ใบที่ได้รับการพ่นธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมมีปริมาณที่สูงกว่าการให้ปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมทางดิน และไม่ให้ปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาค ทั้ง 3 อายุใบ (รูปที่ 20A) เมื่อนำค่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง เมื่อใบอายุ 20 สัปดาห์ (70.92 กรัมต่อกิโลกรัม) เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในใบ ซึ่งศึกษาโดยจำเป็น และคณะ (2549ข) พบว่า มีปริมาณสูงกว่าระดับเพียงพอ (ระดับเพียงพอ เท่ากับ 51.7 - 63.5 กรัมต่อกิโลกรัม) แสดงให้เห็นว่าใบมีการสังเคราะห์แป้งเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลดีต่อการออกดอกและติดผลของต้นลองกอง และเมื่อพิจารณาปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในใบ น่าจะเกิดจากการได้รับทองแดงและสังกะสีที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อพิจารณาความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในใบ ร่วมกับผลการศึกษาที่ 2 และการศึกษาที่ 3 พบว่า มีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในแต่ละตำรับการศึกษา เมื่อใบมีอายุเท่ากัน ไม่มีความแตกต่างกัน (รูปที่ 17) อีกทั้งเมื่อนำความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เมื่อใบมีอายุ 20 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นมาตรฐานของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (23.0 - 26.2, 1.7-1.9, 17.4-20.6, 10.4-12.5 และ 2.4-2.8 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) ซึ่งศึกษาโดยจำเป็น และคณะ (2549ก) พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม อยู่ในระดับเพียงพอหรือสูงกว่าระดับเพียงพอเล็กน้อย ยกเว้นแคลเซียมมีความเข้มข้นอยู่ในระดับขาดแคลน (7.07 - 7.35 กรัมต่อกิโลกรัม) แต่การขาดแคลเซียมไม่น่าจะมีผลต่อการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง เนื่องจากไม่มีการรายงานผลของแคลเซียมต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง หรือหน้าที่ของแคลเซียมที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แป้งและน้ำตาล อีกทั้งความเข้มข้นของแคลเซียมในแต่ละอายุใบยังมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 ตำรับการศึกษา

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงในใบ พบว่า ใบที่ได้รับการพ่นธาตุอาหารจุลภาคมีความเข้มข้นของธาตุดังกล่าวสูงกว่าใบที่ให้ธาตุอาหารจุลภาคทางดิน และไม่ให้ธาตุอาหารจุลภาค ทุกอายุใบ (รูปที่ 20) แต่สำหรับทองแดง ถึงแม้ว่าจะ

มีการพ่นธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมให้ ความเข้มข้นของทองแดงในใบยังอยู่ในระดับต่ำ (6.48 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อใบอายุ 20 สัปดาห์) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นที่ระดับเพียงพอของการศึกษาที่ 1 (7 - 8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แต่สำหรับใบที่ไม่ได้รับการพ่นธาตุอาหารจุลภาคหรือได้รับธาตุอาหารจุลภาคทางดินจะมีความเข้มข้นต่ำกว่าใบที่ได้รับการพ่นประมาณ 50 % (3.58 และ 3.55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) สำหรับความเข้มข้นของสังกะสีในใบที่ไม่ได้รับการพ่นธาตุอาหารจุลภาค และได้รับธาตุอาหารจุลภาคทางดิน พบว่ามีความเข้มข้นอยู่ในระดับเพียงพอ (18.30 และ 19.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นที่ระดับเพียงพอของการศึกษาที่ 1 (18 - 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แต่เมื่อพิจารณาร่วมกับการพ่นสังกะสีของการศึกษาที่ 3 อาจเป็นไปได้ว่ามีสังกะสีในใบลองกองบางส่วนไม่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อการทำกิจกรรมภายในเซลล์ โดยเฉพาะการช่วยเพิ่มการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ในไซโทซอลของมีโซฟิลล์ และสโทรมาของคลอโรพลาส และการเปลี่ยนฟรุกโทส-1,6-ไบฟอสเฟต ให้เป็นฟรุกโทส-6-ฟอสเฟต (fructose-6-phosphate) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ซูโครสและแป้ง ซึ่งได้กล่าวมาแล้วในการเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในใบ กิ่งยอด และเปลือกกิ่ง (ข้อ 2.3) ดังนั้นเมื่อใบลองกองได้รับสังกะสีเพิ่มขึ้นจึงทำให้เซลล์มีการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างได้เพิ่มขึ้น

สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในเปลือกต้น พบว่า ต้นที่ได้รับการพ่นธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างสูงกว่าต้นที่ไม่ได้รับธาตุอาหารจุลภาค และได้รับธาตุอาหารจุลภาคทางดิน (227.87, 198.24 และ 199.99 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) ซึ่งการเพิ่มขึ้นนี้ก็เนื่องมาจากใบสามารถสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างได้มาก ดังนั้นจึงมีการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างมาสะสมไว้ที่เปลือกต้นหรือเปลือกกิ่ง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของจำเป็น และคณะ (2549ข) ญัฌยงค์ (2546) และ มนูญ (2546) รายงานว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในใบจะมีปริมาณต่ำกว่าในเปลือกต้น โดยการสะสมคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในเปลือกต้นลองกอง คาดว่าเพื่อเตรียมไว้สำหรับการออกดอกและติดผลในฤดูกาลถัดไป

ดังนั้นในฤดูกาลถัดไป จึงได้เก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่คาดว่าสามารถบอกความสมบูรณ์ของต้น โดยได้เก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์การแตกยอด จำนวนช่อดอกต่อจุด จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนใบย่อยต่อใบประกอบ จำนวนใบประกอบต่อยอด และประเมินความสมบูรณ์ของต้นลองกองด้วยวิธีการให้คะแนน พบว่า ต้นลองกองที่ได้รับการพ่นธาตุอาหารจุลภาคทางใบมีค่าเปอร์เซ็นต์การแตกยอด จำนวนช่อดอกต่อจุด จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนใบย่อยต่อใบประกอบ จำนวนใบประกอบต่อยอด และคะแนนความสมบูรณ์ของต้นลองกอง สูงกว่าต้นลองกองที่ไม่ได้รับปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาค และได้รับปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคทางดินเล็กน้อย (รูปที่ 17) โดยการ

เพิ่มขึ้นของสิ่งศึกษา น่าจะเกิดจากการได้รับทองแดงและสังกะสีเพิ่มขึ้น แต่เป็นผลโดยอ้อม โดยการส่งเสริมให้ใบลองกองมีการสังเคราะห์แสง แป้ง และน้ำตาลเพิ่มขึ้น ทำให้ต้นลองกองมีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างทั้งในใบและเปลือกต้นสะสมเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ต้นลองกองมีความพร้อมสำหรับการออกดอกและติดผล ดังนั้นเมื่อมีการแทงช่อดอกจึงพบว่า มีจำนวนช่อดอกต่อจุด และจำนวนช่อดอกต่อต้นสูงกว่าต้นลองกองที่ไม่ได้รับปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาค และได้รับปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคทางดิน สอดคล้องกับผลการศึกษาของประเสริฐ (2545) และสมเกียรติ (2538) ซึ่งได้ศึกษากับลองกอง และเงาะพันธุ์โรงเรียน (ตามลำดับ) พบว่า คาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในใบสูงมีความสัมพันธ์กับการออกดอกในระดับสูง อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลการศึกษาในส้มแมนดาริน พันธุ์ Murcoft พบว่า กิ่งที่มีการควั่นจะมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในกิ่งสูง และมีจำนวนดอกมากตามไปด้วย (Goldschmidt *et al.*, 1985) สำหรับเปอร์เซ็นต์การแตกยอด จำนวนใบย่อยต่อใบประกอบ และจำนวนใบประกอบต่อยอดก็เช่นกัน เมื่อต้นลองกองมีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างสะสมอยู่สูง (ต้นลองกองที่พ่นปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวม) ซึ่งแสดงถึงความพร้อมของต้น ดังนั้นเมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม ต้นลองกองก็จะแตกยอดอ่อนได้ดีกว่าต้นที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างน้อยกว่า (87.22, 84.17 และ 84.44 % ตามลำดับ) อีกทั้งยังมีจำนวนใบย่อยต่อใบประกอบ และจำนวนใบประกอบต่อยอดสูงตามไปด้วย สอดคล้องกับผลการศึกษาของประเสริฐ (2545) และ Stephenson และคณะ (1989) พบว่า ต้นลองกอง และต้นมะคาดาเมีย (ตามลำดับ) ที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในใบสูงจะมีการแตกยอดสูงตามไปด้วย อีกทั้งใบลองกองที่เกิดใหม่ยังมีใบขนาดใหญ่กว่าและเปลี่ยนเป็นสีเขียวได้เร็ว ดังนั้นเมื่อมีการประเมินความสมบูรณ์ของต้นจึงพบว่า คาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในสะสมอยู่สูงจะมีคะแนนการประเมินที่สูง

สำหรับการแตกยอดอ่อนและการออกดอก อาจมีเหล็กเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เนื่องจากผลการศึกษาปริมาณเอทิลีนในระยะก่อนการแตกยอดอ่อนของลำไย ลิ้นจี่ และมะปราง (ศิริเพ็ญ และ ธนะชัย, 2544) และระยะก่อนออกดอกของลำไยพันธุ์ดอ (วันทนา และ ธนะชัย, 2544) พบว่า ระยะดังกล่าวพืชจะมีการสะสมเอทิลีนในปริมาณที่สูงบริเวณช่องว่างระหว่างเซลล์ของส่วนยอด ซึ่งเป็นส่วนที่จะมีการแตกยอดอ่อนและการออกดอก โดยในการสร้างเอทิลีนต้องอาศัยเอนไซม์ที่มีชื่อว่า 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase (ACC oxidase) ซึ่งมีเหล็กเป็นองค์ประกอบ เพื่อเปลี่ยนเมไทโอนีนให้เป็นเอธิลีน (Gibson *et al.*, 1998; Finlayson *et al.*, 2004) สอดคล้องกับอัศจรรย์ (2545) ที่ได้ทดลองให้ปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคเชิงเดี่ยวชนิดต่าง ๆกับมะม่วงพบว่า การให้เหล็กอีดีทีเอ (Fe-EDTA) สามารถเพิ่มการออกดอกได้ดีกว่าการใส่ธาตุอาหารจุลภาคชนิดอื่น

4. การให้ปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคกับลองกอง

การผลิตไม้ผลในปัจจุบันจำเป็นต้องมีการให้ธาตุอาหารจุลภาค เนื่องจากมีการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจุลภาคออกจากพื้นที่ โดยการติดไปกับผลผลิต และมีการจัดการปุ๋ยที่ไม่ถูกต้อง ทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดินและในพืช โดยเฉพาะฟอสฟอรัส ซึ่งปัจจุบันพบว่า สวนไม้ผลหลายพื้นที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่สูงกว่าเกณฑ์ระดับสูงของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ที่สกัดด้วยวิธีเบรย์ทู (> 35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) เช่น สวนทุเรียน (พรทิวา และสุมิตรา, 2548) สวนลำไย (ยุทธนา และคณะ, 2543) สวนลิ้นจี่ (อรุณศิริ และคณะ, 2546) รวมทั้งสวนลองกอง โดยจะเห็นได้จากผลการศึกษาที่ 1 พบว่า ดินในสวนลองกองภาคใต้มีปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยในทรงพุ่ม เท่ากับ 238 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ 2 - 4 (บทที่ 3) และสอดคล้องกับรายงานของสุรชาติ และคณะ (2547) โดยเหตุที่ดินในสวนไม้ผลมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่สูง ก็เนื่องมาจากการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักอย่างขาดความเข้าใจของเกษตรกร โดยเฉพาะในระยะก่อนออกดอกของไม้ผลเกษตรกรจะใส่ปุ๋ยที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบอยู่สูง เช่น ปุ๋ยสูตร 8-24-24 และ 12-24-12 เป็นต้น และในปริมาณที่สูง เพราะเชื่อว่าจะช่วยให้พืชออกดอกและติดผลได้ดีขึ้น ซึ่งความจริงแล้วการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักดังกล่าวจะได้ผลตามที่เกษตรกรต้องการ ก็ต่อเมื่อพื้นที่นั้นมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำ ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่เปิดใหม่ สำหรับทำการเกษตร หรือพื้นที่ที่มีการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักอย่างไม่เข้มข้น เช่น สวนยางพารา แต่ถ้ามีการใส่ปุ๋ยดังกล่าวในปริมาณมากและติดต่อกันหลายปีดินก็จะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสะสมอยู่สูง และยังไม่ทำให้พืชออกดอกและติดผลเพิ่มขึ้นด้วย และในบางครั้งอาจพบว่าพืชมีการออกดอกลดลง เช่น การศึกษาของภาสกร (2546) พบว่า การให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสก่อนการออกดอกกับลองกองที่เติบโตในดินที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง (584 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จะไม่สามารถเพิ่มปริมาณช่อดอกลองกอง แต่ทำให้ปริมาณช่อดอกลดลง และในทุเรียนก็พบเช่นกันว่า ดินที่มีฟอสฟอรัสสูง (60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสไม่สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ ดังนั้นหากดินมีฟอสฟอรัสในปริมาณที่เพียงพอ จึงไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (สุมิตรา และคณะ 2544) หรือแม้แต่พืชไร่ก็พบเช่นกันว่า ดินที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง (พื้นที่เขตกรรม) จะทำให้ผลผลิตลดลง (Sumner and Farina, 1986) โดยเหตุที่ทำให้ผลผลิตพืชลดลง น่าจะเนื่องจากการลดความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารจุลภาคทั้งในดินและในพืช โดยเฉพาะสังกะสีและทองแดง ซึ่งเป็นธาตุที่มีอยู่น้อยในดินธรรมชาติ ซึ่งการลดความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารจุลภาคในดิน โดยเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงในดิน ปุ๋ยดังกล่าวก็จะแตกตัวให้ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ และจะทำปฏิกิริยากับธาตุประจุบวกในดินเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ละลายน้ำยาก และตกตะกอนอยู่ในดิน โดยถ้าฟอสฟอรัสที่แตกตัวทำปฏิกิริยากับสังกะสีและทองแดง ซึ่งเป็นธาตุที่มีอยู่น้อยในดินตามธรรมชาติ ก็จะทำให้ความเป็น

ประโยชน์ของธาตุดังกล่าวลดลง สอดคล้องกับรายงานของสุมิตรา และคณะ (2544) ได้กล่าวไว้ในบทสรุปว่า ธาตุอาหารจุลภาคที่ทุเรียนขาดมากที่สุด คือ สังกะสี เนื่องจากดินมีปริมาณสังกะสีในดินต่ำ และเกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณสูง ทำให้ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีลดลง หรือถ้าธาตุดังกล่าวสามารถเคลื่อนที่สู่รากพืชได้ก็จะถูกดูดซับไว้ที่ผนังเซลล์ของรากพืช เนื่องจากผลการศึกษาของ Youngdahl และคณะ (1977) พบว่า รากข้าวโพดที่งอกในสารละลายธาตุอาหารพืช ซึ่งมีฟอสฟอรัสที่ละลายได้อยู่สูง (> 124 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สังกะสี-65 (^{65}Zn) จะเคลื่อนที่จากรากสู่ส่วนเหนือดินได้ลดลง โดยสังกะสีจะดูดยึดไว้ที่ผนังเซลล์ของราก ในรูปของสารประกอบเพคเทต (pectate) ซึ่งสารนี้จะไม่ละลายน้ำ แต่จะละลายในเอทานอล สอดคล้องกับรายงานของ Li และคณะ (2003) รายงานว่า เมื่อให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณสังกะสีในรากและส่วนเหนือดินของข้าวบาร์เลย์ลดลง โดยเฉพาะส่วนเหนือดิน พบว่า ความเข้มข้นของสังกะสีในเนื้อเยื่อลดลง เมื่อได้รับปุ๋ยฟอสเฟตเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด โดยการดูดยึดสังกะสีไว้ที่รากของพืชน่าจะเกิดจากค่าความสามารถในการดูดยึดกับสารประกอบอินทรีย์ที่สภาพไฟฟ้าเป็นลบ ซึ่งเป็นสมบัติเฉพาะของแต่ละธาตุ และถ้าการดูดยึดดังกล่าวเกิดกับสังกะสีก็น่าจะเกิดกับทองแดงด้วย เนื่องจากทองแดงมีค่าดังกล่าวสูงกว่าสังกะสี และสูงกว่าธาตุอาหารพืชประจุบวกทุกธาตุ แต่ถ้าสังกะสีและทองแดงบางส่วนที่สามารถเคลื่อนที่สู่ใบพืชได้ สังกะสีและทองแดงก็น่าจะเกิดปฏิกิริยาผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อใบเช่นเดียวกับที่เกิดในรากพืช เนื่องจากผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อในใบก็เป็นสารประกอบเพคเทตเช่นกัน ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าเมื่อมีการพ่นธาตุอาหารจุลภาคให้ใบลองกอง ใบลองกองจะมีการตอบสนองต่อธาตุดังกล่าว โดยการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบเนื่องจากสังกะสี การเพิ่มขึ้นของคลอโรฟิลล์เนื่องจากทองแดงร่วมกับแมกนีเซียม และการเพิ่มของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างเนื่องจากสังกะสีและทองแดง (การศึกษาที่ 2 และการศึกษาที่ 3)

จากข้อมูลการวิเคราะห์ดินเห็นได้ว่าดินมีปริมาณเหล็กที่สกัดได้สูงกว่าระดับเหมาะสม (ตารางที่ 3 และ 9) ซึ่งยงยุทธ และ สุขวัฒน์ (2546) และ Havlin และคณะ (2005) กล่าวว่า ดินที่มีปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในปริมาณสูงจะขัดขวางการดูดทองแดงของรากพืช และคาดว่าน่าจะขัดขวางดูดสังกะสีด้วยเช่นกัน โดยคาดว่าการขัดขวางนี้น่าจะมีลักษณะเช่นเดียวกับการแข่งขันกันระหว่างโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในการเคลื่อนที่เข้าสู่ราก

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเห็นได้ว่า ดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และเหล็กที่สกัดได้สูงมากเกินไปนั้น จะทำให้ความเป็นประโยชน์ของสังกะสี และทองแดงทั้งในดินและในพืชลดลง ดังนั้นเมื่อเกิดสภาวะดังกล่าวในสวนลองกอง เกษตรกรจำเป็นต้องมีการแก้ไขโดยการให้ธาตุอาหารจุลภาคกับลองกอง ซึ่งวิธีการให้ปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคโดยวิธีการพ่นให้กับใบอ่อนลองกองโดยตรงจะเป็นวิธีที่ดีที่สุด เห็นได้จากการผลการศึกษาที่ 4 ซึ่งได้ทดสอบให้ปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคทางดิน อัตรา 200 กรัมต่อต้น (ในช่วงหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต) และพ่นปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมทางใบ อัตรา 60 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร เมื่อต้นลองกองมีการแตกยอดอ่อน

ซึ่งขณะนั้นใบอ่อนมีอายุ 1 สัปดาห์ และพ่นติดต่อกัน 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละครั้ง เปรียบเทียบกับการไม่ให้ปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวม พบว่า การให้ปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมทางดินทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกยอด จำนวนช่อดอกต่อจุด จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนใบย่อยต่อใบประกอบ จำนวนใบประกอบต่อยอด คะแนนความสมบูรณ์ของต้นลองกอง และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในใบและเปลือกต้น มีค่าใกล้เคียงกับการไม่ให้ปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาค และทั้ง 2 ตำรับการศึกษาจะให้ค่าดังกล่าวต่ำกว่าตำรับที่มีการให้ปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมโดยวิธีการพ่น (ให้ปุ๋ยทางใบ) (รูปที่ 17 และ 18) เนื่องจากการให้ปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคทางใบ พืชสามารถนำธาตุอาหารจุลภาคดังกล่าวไปใช้ได้ทันที แต่การให้ธาตุอาหารจุลภาคทางดิน เพื่อให้ดินเป็นสารดูดซับธาตุอาหารจุลภาค อาจเกิดปัญหาเกี่ยวกับความเป็นประโยชน์เมื่อใช้กับดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง กล่าวคือ เมื่อมีการให้ปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคทางดินในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง ธาตุอาหารจุลภาคบางส่วนจะทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัสในดินเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีความสามารถในการละลายน้ำต่ำ เช่น $FeHPO_4$, $MnHPO_4$, $Mn_3(PO_4)$, $ZnHPO_4$, $CuHPO_4$, $CuH_2P_2O_7$ และ $Cu_2P_2O_7$ เป็นต้น (Lindsay, 1979) ทำให้ประสิทธิภาพของปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคลดลง เนื่องจากพืชไม่สามารถดูดธาตุอาหารจุลภาคจากดินไปใช้ประโยชน์ได้ อีกทั้งเมื่อธาตุอาหารจุลภาคสามารถเคลื่อนเข้าสู่ราก อาจมีธาตุอาหารจุลภาคบางส่วนถูกดูดยึดไว้ที่ผนังเซลล์รากทำให้ไม่เคลื่อนที่สู่ใบได้ เมื่อเคลื่อนที่สู่ใบก็อาจถูกผนังเซลล์ของใบดูดยึดไว้อีกส่วนหนึ่ง และเมื่อเคลื่อนที่เข้าสู่ภายในเซลล์ก็เป็นไปได้ว่าอาจมีการทำลายฤทธิ์เนื่องจากความเข้มข้นของฟอสฟอรัสภายในเซลล์สูงกว่าระดับเหมาะสม โดยเฉพาะสังกะสีและทองแดง ซึ่งเป็นธาตุที่เกิดพฤติกรรมดังกล่าวได้ง่าย อีกทั้งยังมีอยู่น้อยในดิน เห็นได้ว่าการให้ปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคทางดินจะมีขบวนการลดความเป็นประโยชน์อยู่หลายขั้นตอน ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารจุลภาค

สำหรับการให้ปุ๋ยทางใบจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารจุลภาคก่อนการให้ปุ๋ย โดยถ้าค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้มีความเข้มข้นต่ำกว่าค่าความเข้มข้นมาตรฐานจำเป็นต้องมีการให้ปุ๋ยทางใบ แต่บางครั้งพบว่าค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้มีความเข้มข้นอยู่ในระดับเพียงพอหรือสูงกว่า แต่ใบยังมีขนาดเล็ก สีของใบไม่เขียวเต็มที่ ซึ่งอาการดังกล่าวอาจเกิดจากใบมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สูงกว่าระดับเหมาะสม ซึ่งมีผลให้เกิดการทำลายฤทธิ์ของธาตุอาหารจุลภาคบางชนิด เช่น สังกะสี อีกทั้งยังทำให้สัดส่วนระหว่างฟอสฟอรัสกับธาตุอาหารจุลภาคอื่นอยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสม (ความไม่สมดุลของธาตุอาหาร) ซึ่งจะส่งผลต่อการผลิตพืช (Sumner and Farina, 1986) โดยเหตุที่ใบมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูง เนื่องจากดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่สูง ซึ่งเกิดจากการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักในฤดูกาลผลิตของเกษตรกรที่มากเกินพอและติดต่อกันหลายปี ดังนั้นการให้ปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคทางใบจำเป็นต้องพิจารณาความเข้มข้นของธาตุอาหารอื่นร่วมด้วย โดยเฉพาะฟอสฟอรัส และยังต้องวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินและพิจารณาสภาพความ

สมบูรณ์ของต้น เช่น การสังเกตขนาดใบ รูปร่างใบ สีและความเข้มของใบ ของใบที่เกิดใหม่ และสภาพต้นโดยรวมในขณะนั้น เป็นต้น ประกอบด้วยเช่นกัน เพื่อให้การพ่นปุ๋ยทางใบเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

การให้ปุ๋ยทางใบควรมีความระมัดระวังเกี่ยวกับความเข้มข้นของธาตุอาหารจุลภาคที่ใช้ในการพ่น เพราะถ้าใช้ความเข้มข้นที่สูงเกินไปจะทำให้ใบลองกองเกิดอาการใบไหม้ได้ ดังนั้นปริมาณธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมที่แนะนำให้ใช้ในการให้ปุ๋ยทางใบ สำหรับลองกอง จากการศึกษานี้ คือ ใช้ปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมอัตรา 60 กรัม ละลายน้ำ 20 ลิตร และผสมสารจับใบ 20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และฉีดพ่นให้ทั่วทั้งต้น โดยพ่นเมื่อใบอายุ 1 สัปดาห์นับจากแตกยอดอ่อน ติดต่อกัน 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 1 สัปดาห์ โดยปุ๋ยธาตุอาหารจุลภาคแบบรวมสามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป โดยแต่ละยี่ห้อจะมีปริมาณและชนิดของธาตุอาหารจุลภาคเหมือนกัน