



ผลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่อคุณภาพผลส้มโอปุโก

Effects of Nitrogen Fertilizer Rate on Quality of Puko Pomelo

(*Citrus grandis* (L.) Osbeck) cv. Puko

ไมตรี แก้วทับทิม^{1*}

Maitree Kaewtubtim^{1*}

(Received: June 17, 2020; Revised: August 27, 2020; Accepted: October 8, 2020)

บทคัดย่อ

ผลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่อคุณภาพผลส้มโอปุโก ดำเนินการระหว่างเดือนมีนาคม 2561 ถึง กุมภาพันธ์ 2562 ในแปลงส้มโอของเกษตรกรในตำบลเมะมาวี อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 3 อัตรา คือ 1) การให้ไนโตรเจนอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น 2) การให้ไนโตรเจนอัตรา 2 กิโลกรัมต่อต้น และ 3) การให้ไนโตรเจนอัตรา 3 กิโลกรัมต่อต้น ทำการเก็บผลส้มโอเมื่ออายุ 28 สัปดาห์หลังดอกบาน จากการศึกษาพบว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ ไม่มีผลต่อจำนวนช่อดอกต่อกิ่ง เปอร์เซ็นต์การติดผล น้ำหนักผล ความกว้าง และความสูงของผล ของแข็งที่ละลายน้ำ เปอร์เซ็นต์กรด วิตามินซี และคลอโรฟิลล์ การให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 3 กิโลกรัมต่อต้นให้เนื้อผลที่มีน้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรุกโตส น้ำตาลทั้งหมด และไลโคปีนสูงสุดเท่ากับ 98.6, 31.2, 11.7, 141.5 (กรัม/ลิตร) และ 2.15 (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับต้นส้มโอที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 1 และ 2 กิโลกรัมต่อต้น ในขณะที่การให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้นให้เนื้อผลที่มีลิโมนิน และเบต้าแคโรทีนสูงสุด เท่ากับ 3.9 มิลลิกรัม/ลิตร และ 0.64 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร และให้ไลโคปีนต่ำสุด 1.37 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร จากการศึกษาสรุปได้ว่าส้มโอปุโกที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงให้ผลที่มีคุณภาพดีกว่าการให้ในอัตราต่ำเนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุที่ส้มโอขาดมากที่สุด

คำสำคัญ: ปุ๋ยไนโตรเจน ส้มโอ ปุโก คุณภาพผล

¹สำนักส่งเสริมและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

¹Office of Academic Extension and Services, Prince of Songkla University

*Corresponding Author: maitree.k@psu.ac.th



Abstract

The study of effects of nitrogen fertilizer rate on quality of Puko pomelo was carried out from March 2018 to February 2019 at a pomelo orchard in Momawi sub-district, Yarang district, Pattani province. The objectives of this research were to examine 3 nitrogen fertilizer rates as follows: 1) an application of nitrogen fertilizer at 1 kg. per tree (T1), 2) an application of nitrogen 2 kg. per tree (T2), and 3) an application of nitrogen 3 kg. per tree (T3). Puko pomelo fruits were harvested at 28 weeks after its flowers bloomed. From the experiments, the different rates of nitrogen application did not show significant difference in the number of inflorescences per branch, fruit set percentage, fruit weight, fruit width, fruit height, total soluble solid (TSS), total acid percentage (TA), vitamin C and Chlorophyll. The trees receiving nitrogen fertilizer at 3 kg. per tree produced fruits with high levels of sucrose, glucose, fructose, total sugar and lycopene at 98.6, 31.2, 11.7, 141.5 (g/l) and 2.15 (mg/100 ml), respectively, which was significantly different from the trees receiving nitrogen fertilizer at 1 and 2 kg. per tree. As for the trees receiving nitrogen fertilizer at 1 kg. per tree, their fruits had the highest level of limonin (3.9 mg/l) and β -carotene (0.64 mg/100 ml) and the lowest levels of lycopene (1.37 mg/100 ml). To conclude, the Puko pomelo trees received high nitrogen rate produced the highest fruit quality because nitrogen was the most needed chemical element for pomelo trees.

Keywords: Nitrogen fertilizer, Pomelo, Puko, Fruit quality

บทนำ

ส้มโอปลูกมีถิ่นกำเนิดในอำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี มีลักษณะประจำพันธุ์ที่สำคัญคือ ผลทรงกลมขนาดใหญ่ มีจุด ผิวผลสีเขียวอมเหลือง มีต่อมน้ำมันขนาดเล็ก และขนอ่อนขึ้นปกคลุมทั่วทั้งผล เมื่อสัมผัสคล้ายกำมะหยี่ เนื้อผลสีชมพูเข้มถึงแดง รสหวานมีขนาดเล็กเรียงชิดกันแน่น มีรสชาติหวานอมเปรี้ยว (Kaewtubtim, 2019) การปลูกส้มโอปลูกส่วนใหญ่เป็นสวนขนาดเล็ก โดยปลูกปะปนกับส้มโอพันธุ์อื่น ๆ เช่น ทองดี โรดี และบานหยา หรือไม้ผลชนิดอื่น ๆ เช่น มังคุด ทุเรียน ลองกอง และเงาะ จากลักษณะการปลูกดังกล่าวทำให้ส้มโอไม่ได้รับการปฏิบัติดูแลรักษาที่ดีเพียงพอ จึงให้ผลผลิตต่ำเพียง 500-700 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และคุณภาพผลผลิตไม่ดี คือ เนื้อผลสีชมพูอ่อน ของแข็งที่ละลายน้ำต่ำ และมีรสขม (Kaewtubtim, Issarakrisila, & Maneepong, 2016) แตกต่างกับคุณภาพผลส้มโอของเกษตรกรในอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นอย่างมาก Kaewtubtim (2014) รายงานว่าผลส้มโอปลูกคุณภาพควรมีลักษณะที่บ่งชี้คุณภาพที่สำคัญคือ น้ำหนักผล (1,200-1,500 กรัม) ของแข็งที่



ละลายน้ำ (11.0-11.8 องศาบริกซ์) กรด (0.33-0.42 เปอร์เซ็นต์) วิตามินซี (0.048-0.058 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) น้ำตาลซูโครส (100-125 กรัม/ลิตร) กลูโคส (40-50 กรัม/ลิตร) ฟรุกโตส (14-19 กรัม/ลิตร) น้ำตาลรวม (150-190 กรัม/ลิตร) ลิโมนิน (น้อยกว่า 1.99 มิลลิกรัม/ลิตร) เบต้าแคโรทีน (0.36-0.42 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) และ ไลโคปีน (2.18-2.83 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) เบื้องต้นคาดว่าปัญหาผลส้มโอปูโกไม่ได้คุณภาพน่าจะมีสาเหตุมาจากความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินและใบต่ำกว่าค่ามาตรฐานสำหรับการผลิตส้มโอ (Serna, Borrás, Legaz, & Primo-Millo, 1992; Tucker, Alva, Jackson, & Wheaton, 1995; Maneepong, 2008) มีรายงานศึกษาความสัมพันธ์ของธาตุอาหารต่อพืชตระกูลส้มในหลายพื้นที่ เช่น Chen, Lu, & Liu (2007) ศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินที่ปลูกส้มทางตอนใต้ของประเทศจีน แล้วนำค่ามาสร้างความสัมพันธ์กับผลผลิต เพื่อจัดทำความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตส้ม ในประเทศไทย Maneepong (2009) ศึกษาความเข้มข้นธาตุอาหารในดินที่ปลูกส้มโอของอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ทำให้พบลักษณะเด่นที่สำคัญคือ ดินมีความเข้มข้นของธาตุอาหารสูงกว่าค่ามาตรฐานเกือบทุกธาตุ ยกเว้นแคลเซียม สำหรับสังกะสีแม้มีความเข้มข้นเหมาะสม แต่เนื่องจากดินมีความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสสูง ซึ่งสองธาตุดังกล่าวเป็นปฏิปักษ์กับสังกะสี จึงทำให้ส้มโอขาดสังกะสีตามไปด้วย สำหรับส้มโอของจังหวัดปัตตานี Kaewtubtim (2018) รายงานว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในดิน และใบต่ำกว่าค่ามาตรฐานสำหรับการผลิตส้มโอเป็นอย่างมาก โดยมีความเข้มข้นในดินระหว่าง 64.8-81.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ต่ำกว่าความเข้มข้นมาตรฐานในดินเพื่อการผลิตส้มโอ (180 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)ค่อนข้างมาก สอดคล้องกับความเข้มข้นในใบ ระหว่าง 0.45-0.65 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (2.63 เปอร์เซ็นต์) อย่างมากเช่นเดียวกัน จากสาเหตุดังกล่าว จึงทำการทดลองให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ แก่ต้นส้มโอแล้วทำการศึกษาการเกิดดอก ผลผลิต และคุณภาพของผลผลิต เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพส้มโอปูโกของจังหวัดปัตตานีต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบผลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเกิดดอก ผลผลิต และคุณภาพของผลผลิตของส้มโอปูโก

วิธีการวิจัย

ดำเนินการในสวนส้มโอปูโก อายุ 5 ปี ของเกษตรกรในตำบลเกาะมาวี อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี ระหว่าง เดือนมีนาคม 2561 ถึง กุมภาพันธ์ 2562 มีรายละเอียดการศึกษา ดังนี้



1. สิ่งทดลองและการวางแผนการทดลอง ใช้แผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) จำนวน 3 สิ่งทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น ทำการคำนวณหาอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับส้มโอในสิ่งทดลองต่าง ๆ โดยใช้ความแตกต่างของค่าวิเคราะห์ดินและใบในแปลงปลูก กับค่ามาตรฐานความเข้มข้นในดินและใบ เป็นตัวกำหนดอัตราการให้ปุ๋ยไนโตรเจน สิ่งทดลองประกอบด้วย T1) ให้ปุ๋ยไนโตรเจน (ยูเรีย) อัตรา 1 กิโลกรัม (N) ต่อต้น T2) ให้ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 2 กิโลกรัม (N) ต่อต้น และ T3) ให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 3 กิโลกรัม (N) ต่อต้น ทำการให้ปุ๋ย จำนวน 3 ครั้ง โดยการแบ่งใส่ครั้งละเท่า ๆ กัน คือ เริ่มทำการทดลอง ระยะหลังติดผล และก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 2 เดือน โดยในครั้งที่ 1 จะทำการให้ปุ๋ยไนโตรเจนของสิ่งทดลองร่วมกับปุ๋ยผสม NPK สูตร 25-5-15 จำนวน 1.75 กิโลกรัมต่อต้น ส่วนในครั้งที่ 2 และ 3 จะทำการให้ปุ๋ยไนโตรเจนของสิ่งทดลองร่วมกับปุ๋ยผสม NPK สูตร 15-5-25 จำนวน 0.88 กิโลกรัมต่อต้น ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อผลอายุ 28 สัปดาห์หลังจากดอกบาน

2. การบันทึกข้อมูล ทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ คือ จำนวนช่อดอกต่อกิ่ง จำนวนดอกต่อช่อ เปอร์เซ็นต์การติดผล (ใช้จำนวน 10 ช่อดอกต่อหน่วยทดลอง) ความกว้างผล ความสูงผล น้ำหนักผล ของแข็งที่ละลายน้ำ (TSS) ปริมาณกรด (TA) วิตามินซี น้ำตาล (glucose, fructose, sucrose and total sugar) สารให้ความขม (Limonin) และ สารสี (pigments; chlorophyll A, B, β -carotene, lycopene)

3. วิธีการวัดข้อมูล ทำการวัดความกว้าง และความสูงของผลโดยใช้ Caliper น้ำหนักผลใช้ Digital scales ของแข็งที่ละลายน้ำ ใช้ Hand refractometer ปริมาณกรด ใช้ Titrated (Boland, 1995) วิตามินซี ใช้ Titrated (AOAC, 2000) น้ำตาล และ ลิโมนิน วัดโดยใช้ High performance liquid chromatography (HPLC) (AOAC, 2000) สารสีคลอโรฟิลล์ ไลโคปีน และ เบต้า-แคโรทีน ใช้วิธีการ Simple method (Nagata & Yamashita, 1992)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล โดยใช้ ANOVA และ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ผลการวิจัย

จากรายงานศึกษาความเข้มข้นธาตุอาหารในดินและใบส้มโอปลูกของจังหวัดปัตตานีของ Kaewtubtim (2018) ทำให้ทราบว่าส้มโอประสบปัญหาขาดไนโตรเจนมากที่สุด ดังนั้นจึงได้ทำการให้ไนโตรเจน 3 อัตรา คือ ต่ำ ปานกลาง และ สูง แล้วเปรียบเทียบคุณภาพผล จากการศึกษาพบว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราที่สูงขึ้น ทำให้การติดดอก ติดผล และคุณภาพของผลผลิต มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยเฉพาะการให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 3 กิโลกรัมต่อต้น กล่าวคือ ให้จำนวนช่อดอกต่อกิ่ง (11.1-12.4) ดอกต่อช่อ



(4.3-6.1) เปอร์เซ็นต์การติดผล (7.1-7.6) น้ำหนักผล (1,072-1,113 กรัม) ความกว้างผล (11.8-12.4 ซม.) ความสูงผล (12.3-13.1 ซม.) ของแข็งที่ละลายน้ำ (10.0-10.6 °Brix) กรด (0.29-0.32 เปอร์เซ็นต์) และ วิตามินซี (0.053-0.055 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) (ตารางที่ 1-3) แม้ว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนจะไม่มีผลต่อของแข็งที่ละลายน้ำ แต่เมื่อตรวจวัดน้ำตาลในเนื้อผล พบว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 3 กิโลกรัมต่อต้นให้ปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส และน้ำตาลรวม สูงที่สุดเท่ากับ 98.6, 31.2, 11.7 และ 141.5 กรัมต่อลิตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 1 และ 2 กิโลกรัมต่อต้น ตรงกันข้ามกับสารให้ความขมลิโมนินที่ พบว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 3 กิโลกรัมต่อต้นให้ปริมาณลิโมนินต่ำที่สุด 3.1 มิลลิกรัมต่อลิตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่ำกว่า (ตารางที่ 3-4) ส่วนปริมาณของสารสีพบว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจนทุกอัตราไม่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และบี โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ระหว่าง 0.02-0.05 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร และปริมาณคลอโรฟิลล์บี ระหว่าง 0.02-0.04 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ในขณะที่การให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 3 กิโลกรัมต่อต้นให้ปริมาณไลโคปีนสูงสุด 2.15 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร และให้เบต้าแคโรทีนต่ำสุด 0.36 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 1 และ 2 กิโลกรัมต่อต้น (ตารางที่ 5 และภาพที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเกิดดอกและติดผลของส้มโอปุโก

Nitrogen rate	Inflorescence per branch	Flower per bunch	Fruit set (%)
1 kg./tree	11.1±2.1	4.3±1.2 ^b	7.6±2.1
2 kg./tree	11.5±3.4	6.0±0.4 ^a	7.1±1.3
3 kg./tree	12.4±3.4	6.1±1.3 ^a	7.2±1.9
CV.	9.45	12.25	7.69

a,b ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 2 ผลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่อน้ำหนักและขนาดของผลส้มโอปุโก

Nitrogen rate	Fruit weight (g)	Fruit width (cm.)	Fruit height (cm.)
1 kg./tree	1,072.6±68.4	11.8±0.8	12.3±1.4
2 kg./tree	1,084.2±42.1	12.4±1.2	12.4±0.4
3 kg./tree	1,113.4±45.7	12.2±0.8	13.1±1.9
CV.	11.46	8.31	7.46

a,b ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ตารางที่ 3 ผลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่อของแข็งที่ละลายน้ำ กรด และวิตามินซีในเนื้อผลส้มโอปุโก

Nitrogen rate	TSS (^o brix)	TA (%)	Vitamin C (mg./100 ml.)
1 kg./tree	10.0±0.1	0.29±0.0	0.053±0.00
2 kg./tree	10.3±0.3	0.30±0.0	0.053±0.00
3 kg./tree	10.6±0.4	0.32±0.0	0.055±0.00
CV.	6.62	7.16	7.87

a,b ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4 ผลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณน้ำตาลชนิดต่างๆ และลิโมนินในเนื้อผลส้มโอปุโก

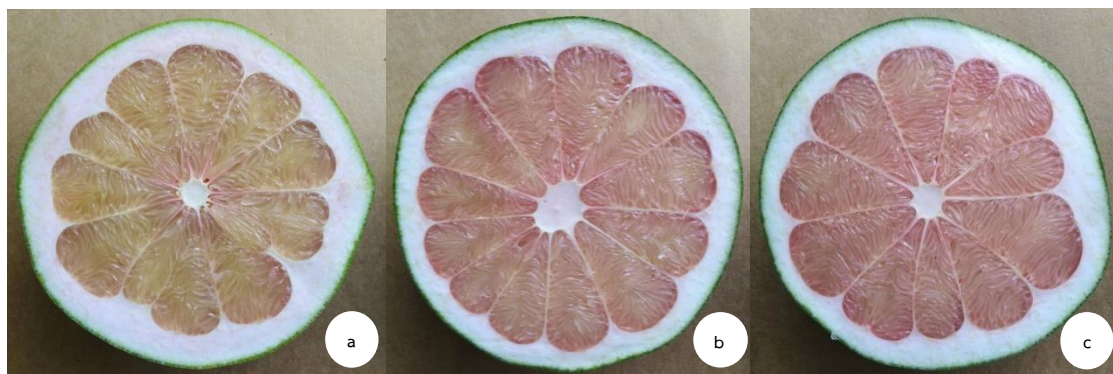
Nitrogen rate	Sucrose (g/l)	Glucose (g/l)	Fructose (g/l)	Total sugar (g/l)	Limonin (ml./l)
1 kg./tree	83.5±2.3 ^b	24.7±2.6 ^b	8.2±2.0 ^b	116.4±8.1 ^b	3.9±0.2 ^b
2 kg./tree	92.2±3.4 ^a	29.6±4.2 ^a	11.3±1.3 ^a	133.1±12.9 ^a	3.2±0.2 ^a
3 kg./tree	98.6±7.4 ^a	31.2±4.8 ^a	11.7±2.4 ^a	141.5±11.3 ^a	3.1±0.1 ^a
CV.	12.46	11.54	9.67	14.7	7.5

a,b ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 5 ผลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณสารสีในเนื้อผลส้มโอปุโก

Nitrogen rate	Chlorophyll A (mg./100 ml.)	Chlorophyll B (mg./100 ml.)	Lycopene (mg./100 ml.)	β-carotene (mg./100 ml.)
1 kg./tree	0.05±0.01	0.04±0.01	1.37±0.12 ^b	0.64±0.12 ^a
2 kg./tree	0.02±0.00	0.02±0.00	1.54±0.02 ^a	0.42±0.03 ^b
3 kg./tree	0.02±0.00	0.02±0.00	2.15±0.01 ^a	0.36±0.04 ^b
CV.	10.32	7.26	11.95	8.34

a,b ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 1 เนื้อผลส้มโอปลูกที่ได้จากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 1 กก./ต้น(a) 2 กก./ต้น(b) และ 3 กก./ต้น(c)

อภิปรายผล

เมื่อให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ แก่ส้มโอปลูก พบว่าส้มโอปลูกให้จำนวนช่อดอกต่อกิ่ง การติดผล ขนาดผล ของแข็งที่ละลายน้ำ กรด และ วิตามินซีไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากต้นส้มโอปลูกในแปลงทดลองขาดธาตุไนโตรเจนรุนแรง โดยมีความเข้มข้นไนโตรเจนในดินและใบ ต่ำกว่าความเข้มข้นมาตรฐานเพื่อการผลิตส้มโอคุณภาพเป็นอย่างมาก และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราที่ทำการทดลองยังไม่เพียงพอกับความต้องการของส้มโอ อย่างไรก็ตามการให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 3 กิโลกรัมต่อต้น มีแนวโน้มให้คุณภาพผลผลิตค่อนข้างดี เนื่องจากทำให้ความเข้มข้นทั้งในดินและใบใกล้เคียงกับความเข้มข้นไนโตรเจนมาตรฐานสำหรับการผลิตส้มโอคุณภาพมากที่สุด (Kaewtubtim, 2020) สอดคล้องกับทฤษฎีถึงไม้โอ๊ค (Law of the minimum) ของ Justus von Liebig นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน อ้างโดย Mengel, Kirkby, Kosegarten, & Appel (2001) สรุปว่า ผลผลิตของพืชที่ถูกจำกัดโดยธาตุอาหารตัวใดตัวหนึ่ง จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เป็นตัวจำกัด ถูกยกระดับให้สูงขึ้นใกล้เคียงกับความเข้มข้นที่พืชต้องการ ซึ่งหลังจากการให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 3 กิโลกรัมต่อต้น พบว่าใบส้มโอมีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงขึ้นเป็น 1.26 เปอร์เซ็นต์ (ข้อมูลไม่ได้นำเสนอ) ใกล้เคียงกับความเข้มข้นมาตรฐานเพื่อการผลิตส้มโอ (2.63%) เป็นเหตุให้คุณภาพผลผลิตด้านต่างๆ ดีกว่าการใส่ปุ๋ย 1 และ 2 กิโลกรัมต่อต้น การให้ไนโตรเจนอัตรา 3 กิโลกรัมต่อต้น ทำให้เนื้อส้มโอมีปริมาณลิโมนินต่ำที่สุด 3.11 มิลลิกรัมต่อลิตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่ต่ำกว่า อย่างไรก็ตามส้มโอปลูกของจังหวัดปัตตานี ยังคงมีปริมาณลิโมนินค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับส้มโอที่ผลิตในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีลิโมนินต่ำกว่า 1.99 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เนื้อส้มโอไม่มีรสขม ดังนั้นแนวทางในการพัฒนาส้มโอเพื่อไม่ให้มีรสขมคือ การให้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่เพิ่มมากกว่า 3 กิโลกรัมต่อต้น เนื่องจากไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญของไตรเอทิลออกไซด์ (Triethylamine oxide: TMAO) ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการสังเคราะห์ลิโมนิน โดยการหยุดการ



ทำงานของเอนไซม์ลิโมนอเอต ดีริง แลคโตนไฮโดรเลส (Limonoate D-ring lactose hydrolase) ไม่ให้เปลี่ยน ลิโมนอเอต เอริง แลคโตน (Limonoate A-ring lactone: LARL) เป็นสารลิโมนินที่มีรสขม (Dandekar, Jayaprakaha, & Patil, 2008)

การให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 3 กิโลกรัมต่อต้น ส่งผลให้ส้มโอมีการแตกยอดอ่อนดี มีใบขนาดใหญ่ และมีปริมาณคลอโรฟิลล์จำนวนมาก เป็นการสร้างแหล่งผลิตอาหาร (Source) ให้สมดุลกับแหล่งใช้อาหาร (Sink) อีกทั้งส้มโอเป็นผลไม้ที่ไม่ต้องการบ่ม (Non climacteric) น้ำตาลในผลเกิดจากการสะสมอาหารจากกระบวนการสังเคราะห์ (Sethpakdee, 2001; Siriphanich, 2003) จึงทำให้ส้มโอมีการสะสมน้ำตาลชนิดต่าง ๆ สูงตามไปด้วย นอกจากนี้ไนโตรเจนยังเป็นองค์ประกอบสำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน ฮอร์โมน กรดนิวคลีอิก สารประกอบไนโตรเจน และเอนไซม์หลายชนิด ซึ่งส่งผลดีต่อการพัฒนาคุณภาพ (Hewitt, 1984; Osotsapa, 2000; Warren, Adam, & Chen, 2000; Zekri & Obreza, 2006)

สีของเนื้อผลส้มโอเกิดจากส่วนผสมของสารสีต่าง ๆ ประกอบกันคือ สีแดงจากไลโคปีน และแอนโทไซยานิน สีเหลืองจากเบต้าแคโรทีน โดยในระยะที่ผลยังไม่สุกแก่จะมีสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังสีแดงและสีเหลืองไว้ สีเนื้อผลส้มโอปูโกจะเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวแกมเหลืองเป็นสีชมพูอ่อน เมื่ออายุผลประมาณ 14 สัปดาห์หลังดอกบาน (Kaewtubtim et al., 2016) โดยในระยะนี้เนื้อผลจะเริ่มสูญเสียคลอโรฟิลล์ ทำให้สารสีอื่น ๆ เริ่มแสดงสีออกมา เนื่องจากในระยะนี้จะมีการผลิตเอนไซม์ฟีนอลอะลานีน แอมโมเนียไลเอส (Phenyl alanine ammonialyase: PAL) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์สารสีและสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น ไลโคปีน แคโรทีน แอนโทไซยานิน ฟีนอลิก ฟาโวนอยด์ และแทนนิน (Siriphanich, 2003; Kays, 1999) ทั้งนี้การให้ไนโตรเจนอัตราสูง หรือสิ่งกระตุ้นอื่น ๆ จะเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ PAL ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการเร่งการสร้างสี และทำให้ส้มโอแสดงสีเนื้อผลออกมาตามลักษณะประจำพันธุ์ เช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นในไม้ผลหลายชนิด เช่น ส้ม (Rodrigo & Zacarias, 2006; Agocs et al., 2007) มะม่วง (Niramon, 2006) มะเขือเทศ (Louis, Ai, Salma, Jube, & Madduri, 2010) และ องุ่น (Skrede & Wrolstad, 2002) อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้เมื่อให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้น กลับพบว่าในเนื้อผลมีเบต้าแคโรทีนต่ำลง น่าจะมาจากสาเหตุ 3 ประการคือ เบต้าแคโรทีนในพืชมีปริมาณค่อนข้างคงที่เพราะโมเลกุลจะไปรวมตัวกับฟอสโฟไลปิด ใน Thylakoid membrane ของพลาสติด (Siriphanich, 2003) การสังเคราะห์เบต้าแคโรทีนจำเป็นต้องมีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก (Rodrigo & Zacarias, 2006; Pan et al., 2012) และเนื้อผลส้มโอมีปริมาณไลโคปีนสูงอยู่แล้ว จึงทำให้มีเบต้าแคโรทีนได้จำนวนจำกัด

จากการศึกษารูปได้ว่าการให้ไนโตรเจนอัตรา 3 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยผสม สูตร 25-5-15 และ 15-5-25 จำนวน 3.5 กิโลกรัมต่อต้น ทำให้คุณภาพผลส้มโอปูโกดีที่สุด แต่เนื่องจากดินขาด



ไนโตรเจนค่อนข้างมาก การให้ไนโตรเจนในอัตราดังกล่าวยังไม่เพียงพอต่อการเพิ่มความเข้มข้นไนโตรเจนในดินและใบส้มโอให้อยู่ในระดับเพียงพอต่อการพัฒนาคุณภาพส้มโอ ดังนั้นแนวทางปฏิบัติของเกษตรกรในการพัฒนาคุณภาพส้มโอปลูกคือ การให้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่สูงกว่า 3 กิโลกรัมต่อต้น โดยให้ครั้งละน้อยๆ หลาย ๆ ครั้ง โดยใช้ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยคอก เพื่อช่วยดูดซับไนโตรเจนให้อยู่ในดินได้เป็นเวลานาน (Marschner, 1995; Alva, Paramasivam, Obreza, & Schumann, 2006) เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุที่เคลื่อนย้าย และสูญเสียได้ง่าย (Osotsapa, 2000; Zekri & Obreza, 2006) นอกจากนั้นควรพ่นจุลธาตุ เช่น โบรอน เหล็ก ทองแดง แมงกานีส และ สังกะสี เนื่องจากเป็นธาตุอาหารที่มีผลต่อการพัฒนาคุณภาพเป็นอย่างมาก (Tariq, Sharif, Shah, & Khan, 2007)

สรุป

การให้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่ต้นส้มโอปลูก อายุ 5 ปี อัตรา 3 กิโลกรัมร่วมกับปุ๋ยผสมสูตร 25-5-15 และ 15-5-25 อัตรา 3.5 กิโลกรัมต่อต้น มีแนวโน้มทำให้ต้นส้มโอมีจำนวนดอกต่อกิ่ง จำนวนดอกต่อช่อ เปอร์เซ็นต์การติดผล น้ำหนักผล ความกว้างผล ความสูงผล เพิ่มขึ้น เนื้อผลมีน้ำตาลชูโครส กลูโคส และฟรุกโตสค่อนข้างสูง และให้สารสีแดงไลโคปีนสูงสุด ในขณะที่ให้สารสีเหลืองเบต้าแคโรทีน และสารให้ความขมลิโมนินต่ำสุด อย่างไรก็ตาม การให้ปุ๋ยไนโตรเจน 3 กิโลกรัมต่อต้นยังไม่เพียงพอต่อการพัฒนาคุณภาพส้มโอของจังหวัดปัตตานีให้ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาการให้ไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้น จนถึงระดับที่ทำให้ความเข้มข้นในดินและใบอยู่ในระดับเหมาะสม
2. เกษตรกรผู้ปลูกส้มโอปลูกในจังหวัดปัตตานี ควรให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราที่สูงกว่า 3 กิโลกรัมต่อต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ที่สนับสนุนงานวิจัย



รายการอ้างอิง (References)

- Agocs, A., Nagy, V., Szabo, Z., Mark, L., Ohmacht, R., & Deli, J. (2007). Comparative study on carotenoid composition of the peel and the pulp of different citrus species. *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 8, 390-394.
- Alva, A.K., Paramasivam, S., Obreza, T.A., & Schumann, A.W. (2006). Nitrogen best management practice for citrus trees I. Fruit yield, quality, and leaf nutritional status. *Scientia Horticulturae*, 107, 233-244.
- AOAC, (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Gaithersburg MD: AOAC International.
- Boland, F.E. (1995). Acidity (titratable) of fruit products. In (Cunniff, P. Ed), *Official Methods of Analysis of the Association Official Analytical Chemist International*. Virginia: AOAC international.
- Chen, F., Lu, J., & Liu, D. (2007). *Investigation of soil fertility in citrus orchards of southern China*. Better Crops with Plant Food, 91, 24-25.
- Dandekar, D.V., Jayaprakaha, G.K., & Patil, B.S. (2008). Hydrotroic extraction of bioactive limonin from sour orange (*Citrus aurantium* L.) seeds. *Food Chemistry*, 109(3), 515-520.
- Hewitt, E. J. (1984). *The essential and functional mineral element*. In Diagnosis of Mineral disorder in plant. Chemical: New York.
- Kaewtubtim, M., (2020). *Nutrients concentration in soil, leaf, fruit and effects of limited nutrients on fruit quality of Puko pummelo*. Research report of Office of Extension and Services, Prince of Songkla University. (in Thai)
- Kaewtubtim, M., (2019). Development guidelines of pummelo gardener for income development in the southern border provinces. *Journal of Economic Development and Sociology, Southern Border Provinces*, 1(2), 26-31.
- Kaewtubtim, M., (2018). *Assessment of nutrient concentration in soil and leaves of Puko pummelo grown in Pattani province*. In National academic research conference graduate network northern region Rajabhat University 18 th and Lampang 4 th research, 20 July 2018 Lampang: Lampang Rajabhat University. (in Thai)



- Kaewtubtim, M., Issarakrisila, M., & Maneepong, S. (2016). Effect of nitrogen on fruit quality of pummelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) cv. Tubtim Sayam. *KKU Science Journal*, 44, 518-529.
- Kaewtubtim, M. (2014). *Effects of fruit maturity, tree age, nitrogen and zinc on fruit quality of pummelo cv. Tubtim Sayam*. A Dissertaion Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Doctor of Philosophy School of Agricultural Technology Walailak University. (In Thai).
- Kays, S.J. (1999). Preharvest factors affecting appearance. *Postharvest Biology and Technology*, 15, 233-247.
- Louis, C.L., Ai, I., Salma, H., Jube, B., & Madduri, V. R. (2010). Assessment of lycopene content of fresh tomato and tomato products in the United Emirates. *Journal of Food Agricultural and Environment*, 8, 142-147.
- Maneepong, S. (2008). Nutrient management for the production of quality *Pummelo*. Nakorn Si Thammarat: Walailak University. (in Thai)
- Maneepong, S. (2009). *A nutrients survey for establishment of standard recommendation of soil and plant analysis for pummelo*. In The 7th National Horticultural Congress (Page 36), Phisanuloke: Naresuan University. (in Thai).
- Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. New York: Academic Press.
- Mengel, K., Kirkby, E. A., Kosegarten, H., & Appel, T. (2001). *Principles of plant nutrition*. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Nagata, M., & Yamashita, I. (1992). Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*. 39, 925-928.
- Niramon, T. (2006). Effect of postharvest irradiation on pigmentation changes in mango fruit cv. Mahajanaka. *Journal of Agricultural Science*, 39(3)(Suppl.), 44-47.
- Osotsapa, Y. (2000). *Plant Nutrient*. Bangkok: Kasetsart University. (in Thai).
- Pan, Z., Zeng, Y., An, J., Ye, J., Xu, Q., & Deng, X. (2012). An integrative analysis of transcriptome and proteome provides new insights into carotenoid biosynthesis and regulation in sweet orange fruits. *Journal of Proteomics*, 75, 2670-2684.



- Rodrigo, M.J., & Zacarias, L. (2006). Effect of postharvest ethylene treatment on carotenoid accumulation and expression of carotenoid biosynthetic genes in the flavedo of orange fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 43, 14-22.
- Sethpakdee, R. (2001). *Physiology and physiological disorders in citrus*. In *Science Training Orange: Current options for the future*. (Page 3/1-3/21). Bangkok: Office of Extension and Training of Kasetsart University. (in Thai)
- Serna, M.D., Borrás, R., Legaz, F., & Primo-Millo, E. (1992). The influence of nitrogen concentration and ammonium/nitrate ratio on N-uptake, mineral composition and yield of citrus. *Plant and Soil*. 147, 13-23.
- Siriphanich, J. (2003). *Physiology and postharvest technology of fruits and vegetables*. Bangkok : Kasetsart University. (in Thai)
- Skrede, G., & Wrolstad, R.E. (2002). *Flavanoids from berries and grapes*. In *Functional Foods*. Boca Ration: CRC press.
- Tariq, M., Sharif, M., Shah, Z., & Khan, R. (2007). Effect of foliar application of micronutrients on the yield and quality of sweet orange. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 10, 1823-1828.
- Tucker, D.P.H., Alva, A.K., Jackson, L.K., & Wheaton, T.A. (1995). *Nutrition of Florida citrus trees*. University of Florida, Cooperative Extension Service, Gainesville, Florida.
- Warren, C. R., Adam, M. A., & Chen, Z. (2000). Is photosynthesis related to concentrations of nitrogen and rubisco in leaves of Australian native plants. *Australia Journal Plant Physiology*, 27, 407-416.
- Zekri, M., & Obreza, T.A. (2006). *Plant nutrients forcitrus tree*. Retrieved May 22, from <http://edisifas.ufl.edu/ss419>.