

อัตราปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสตรอว์เบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 บนพื้นที่สูง จังหวัดเชียงใหม่

Appropriate Fertilizer Rate for Strawberry cv. Pharatchatan 80 Production on Highland, Chiang Mai Province

สุรีย์พร วงษ์พูล พ้าไพลิน ไชยวรรณ พิมพีใจ สีหะนาม และ ชูชาติ สันธทรัพย์
Sureeporn Wongpoon, Fapailin Chaiwan, Pimjai Seehanam and Choochad Santasup*

ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

*Corresponding author: santasup@gmail.com

(Received: 20 January 2023; Accepted: 2 November 2023)

Abstract: This study aimed to determine the appropriate fertilizer rate for strawberry cv. Pharatchatan 80 grown in highland areas. The experiment was conducted in a strawberry field at Fang district, Chiang Mai province. The experimental design was a randomized complete block design with four replications and four fertilizer managements. The fertilizer rates were estimated by 1) recommended fertilizer rate for strawberry cultivation; (F-RS, N=68.48 P₂O₅=185.09 and K₂O=120.57 kg/rai) 2) primary nutrients requirements (F-NR, N=25.02 P₂O₅=8.25 and K₂O=41.89 kg/rai) 3) site-specific nutrient management; SSNM (N=25.02 kg/rai) and no fertilizer application as the control treatment. The results showed that all fertilizer application treatments were not significantly different in plant growth (plant height and canopy width) and nutrient concentration in the shoot, yield, and fruit quality (fruit weight, titratable acidity (TA), total soluble solid (TSS), ascorbic acid). However, fertilization by treatment 3 (SSNM) gave the highest average yield of 3,015.90 kg/rai, fruit weight 8.53 g/fruit, titratable acidity (TA) 1.14%, total soluble solid (TSS) 11.49 °Brix and ascorbic acid content 1.72 mg/100 g. This study's results suggested growing strawberries in soil containing a high level of available phosphorous (329 mg/kg) and exchangeable potassium (574 mg/kg) which both nutrients were sufficient for the strawberry's requirement. Therefore, nitrogen fertilization at 25.02 kg/rai was a reasonable rate for highland strawberry cv. Pharatchatan 80 cultivation.

Keywords: Appropriate fertilizer rate, strawberry cv. Pharatchatan 80

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการประเมินอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสตรอว์เบอร์รี พันธุ์พระราชทาน 80 บนพื้นที่สูง การทดลองได้ดำเนินการในพื้นที่ปลูกสตรอว์เบอร์รี อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ภายในบล็อก จำนวน 4 ซ้ำ และมีกรรมวิธีการจัดการปุ๋ย 4 กรรมวิธี ซึ่งประกอบไปด้วย 1) ใส่ปุ๋ยในอัตราแนะนำที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติในพื้นที่ (F-RS; $N=68.48$ $P_2O_5=185.09$ และ $K_2O=120.57$ กก./ไร่) 2) ใส่ปุ๋ยตามความต้องการธาตุอาหารหลักของสตรอว์เบอร์รี (F-NR; $N=25.02$ $P_2O_5=8.25$ และ $K_2O=41.89$ กก./ไร่) 3) ใส่ปุ๋ยแบบเจาะจงเฉพาะพื้นที่ (SSNM; $N=25.02$ กก./ไร่) และ 4) ไม่ใส่ปุ๋ยเป็นกรรมวิธีควบคุม (control) ผลการศึกษาพบว่า การใส่ปุ๋ยกรรมวิธี 1-3 ไม่ทำให้การเจริญเติบโต (ความสูงและความกว้างทรงพุ่ม) ความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในส่วนเหนือดิน ปริมาณผลผลิต และคุณภาพผลผลิตของสตรอว์เบอร์รี (น้ำหนักผลสด, กรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TA), ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรดแอสคอร์บิก) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 3 (SSNM) ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 3,015.90 กก./ไร่, น้ำหนักผลสด 8.53 กรัม, ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ 1.14%, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 11.49 °Brix และปริมาณกรดแอสคอร์บิก 1.72 มก./100 ก. ข้อมูลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การปลูกสตรอว์เบอร์รี ในดินที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (329 มก./กก.) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (574 มก./กก.) ในระดับสูง ธาตุอาหารทั้งสองมีปริมาณเพียงพอสำหรับความต้องการของสตรอว์เบอร์รี การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 25.02 กก./ไร่ เป็นอัตราที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสตรอว์เบอร์รี พันธุ์พระราชทาน 80 บนพื้นที่สูง

คำสำคัญ: อัตราปุ๋ยที่เหมาะสม สตรอว์เบอร์รี พันธุ์พระราชทาน 80

บทนำ

สตรอว์เบอร์รี (*Fragaria x annanasa* Dutch) เป็นไม้ผลขนาดเล็กอยู่ในวงศ์ Rosaceae ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากเอกลักษณ์สำคัญของสตรอว์เบอร์รี คือ ความหอม (Hancock *et al.*, 2008) ในประเทศไทยพันธุ์สตรอว์เบอร์รีที่ได้รับความนิยมในการเพาะปลูกและบริโภค คือพันธุ์พระราชทาน 80 เนื่องจากให้ผลขนาดใหญ่รสชาติดีหวานและมีกลิ่นหอม ซึ่งรสชาติเป็นปัจจัยบ่งบอกคุณภาพของสตรอว์เบอร์รี สามารถประเมินได้จาก อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) และกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TA) โดยสตรอว์เบอร์รีพันธุ์พระราชทาน 80 มีอัตราส่วนระหว่าง TSS/TA เท่ากับ 8.39 (Sirijan *et al.*, 2018) ทำให้สตรอว์เบอร์รีมีรสชาติอมเปรี้ยวอมหวาน ปัจจุบันพื้นที่ปลูกสตรอว์เบอร์รีส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ภาคเหนือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่ ในปี พ.ศ. 2562 ทั้งประเทศมีพื้นที่ปลูกสตรอว์เบอร์รีรวมประมาณ 903 ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3,140 กก./ไร่ (Department of Agricultural Extension, 2020) อย่างไรก็ตาม

ก็ตาม ความต้องการสตรอว์เบอร์รีมีมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงมีการส่งเสริมการปลูกสตรอว์เบอร์รีบนพื้นที่สูง ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศเหมาะสม เพื่อให้ได้ปริมาณและคุณภาพผลผลิตตามมาตรฐาน

สตรอว์เบอร์รีเป็นพืชที่เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและต้องการธาตุอาหารที่เพียงพอสำหรับสังเคราะห์แสงและเจริญเติบโตจนให้ผลผลิต (Li *et al.*, 2010) ซึ่งธาตุอาหารที่ต้องการในปริมาณมาก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (primary macronutrients) (Roy *et al.*, 2006) จากการศึกษา Santos and Chandler (2009) พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในช่วงอัตรา 12-21.6 กก./ไร่ ส่งผลให้น้ำหนักผลผลิตของสตรอว์เบอร์รีพันธุ์ Festival เพิ่มขึ้นตามปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น และยังพบอีกว่าการตอบสนองของสตรอว์เบอร์รีสายพันธุ์ต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับช่วงอัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสม สอดคล้องกับ Agehara (2021) พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เหมาะสมในช่วงต้นฤดูสามารถเพิ่มผลผลิตได้ ไม่เพียงแต่ในช่วงต้นฤดูแต่ยังเพิ่มผลผลิตถึงปลายฤดูปลูกด้วย ซึ่งการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในช่วงต้นฤดูอัตรา 0.25

กก./ไร่/วัน (26.83 กก./ไร่/ฤดู) สามารถให้ผลผลิตในปริมาณสูงสุดได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลผลิต และนอกจากนี้ปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่เหมาะสมยังมีอิทธิพลต่อคุณภาพผลผลิต ได้แก่ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TA), ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) และสีผลของสตรอว์เบอร์รีอีกด้วย (Lazaro Rodas *et al.*, 2013) ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช โดยฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ซึ่งส่งผลต่อรสชาติของสตรอว์เบอร์รี (Cao *et al.*, 2015) และโพแทสเซียม มีผลอย่างมากต่อคุณภาพของผลผลิต เช่น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และกรดแอสคอร์บิก และยังช่วยส่งเสริมรสชาติ สี และความแน่นของเนื้อผลให้ดีขึ้น (Pettigrew, 2008) ซึ่งจากการศึกษา Rezowana *et al.* (2018) พบว่า ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีความสัมพันธ์เชิงบวก โดยปริมาณฟอสฟอรัส 8 กก./ไร่ และโพแทสเซียม 16 กก./ไร่ เหมาะสมต่อการผลิตสตรอว์เบอร์รี

จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกสตรอว์เบอร์รี ในสถานเกษตรหลวงอ่างขางพบว่า เกษตรกรแต่ละราย มีการให้ปุ๋ยกับสตรอว์เบอร์รีในแต่ละระยะที่แตกต่างกัน เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยในปริมาณมากและขาดความรู้ด้านการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสม จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยลดลงและมีต้นทุนปุ๋ยสูง สอดคล้องกับรายงานของ Santasup *et al.* (2018) ที่พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกสตรอว์เบอร์รีบนพื้นที่สูงใช้ปุ๋ยในปริมาณที่แตกต่างกัน แต่โดยทั่วไปเกษตรกรใช้ปุ๋ยเกรด 15-15-15 อัตรา 29.84 กก./ไร่ 12-24-12 อัตรา 100 กก./ไร่ และ 13-13-21 อัตรา 400 กก./ไร่ ซึ่งคิดเป็นธาตุอาหารไนโตรเจน 68.48 กก./ไร่ ฟอสฟอรัส 185.09 กก./ไร่ และโพแทสเซียม 120.57 กก./ไร่ ถึงแม้มีคำแนะนำในการใส่ปุ๋ยในแต่ละระยะ เช่น ระยะเจริญเติบโตทางลำต้น ใส่ปุ๋ยเกรด 12-24-12 อัตรา 10-12 ก./ต้น 1 ครั้ง, ระยะพัฒนาดอก ใส่ปุ๋ยเกรด 12-6-18 อัตรา 10-12 ก./ต้น 2 ครั้ง และระยะพัฒนาผล ใส่ปุ๋ยเกรด 12-6-18 อัตรา 12-18 ก./ต้น 2 สัปดาห์/ครั้ง ตลอดจนถึงระยะเก็บเกี่ยว (Maitrawattana, 2014) แต่การนำไปปฏิบัติอย่างถูกต้องของเกษตรกรยังมีน้อย

การจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมโดยใช้หลักการ-จัดการธาตุอาหารพืชเฉพาะพื้นที่ (site-specific nutrient management; SSNM) เพื่อเป็นแนวทางในการจัดสรรธาตุอาหารให้ตรงตามความต้องการของพืชให้เหมาะสมสำหรับเฉพาะพื้นที่และช่วงเวลานั้น ๆ อย่างเหมาะสมที่สุด โดยการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่ที่สามารถแก้ไขปัญหการใส่ปุ๋ยในปริมาณมากหรือน้อย (Verma *et al.*, 2020) โดยต้องพิจารณาปริมาณธาตุอาหารที่พืชต้องการและปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน จากการศึกษาของ Lieten and Misotten (1993) พบว่า สตรอว์เบอร์รีมีความต้องการธาตุอาหารไนโตรเจน 20 กก./ไร่ ฟอสฟอรัส 6.40 กก./ไร่ และ โพแทสเซียม 30.40 กก./ไร่ (ผลผลิต 9.51 ตัน/ไร่) ซึ่งข้อมูลดังกล่าว สามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมให้แก่สตรอว์เบอร์รีได้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาความต้องการธาตุอาหารและการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับสตรอว์เบอร์รีพันธุ์พระราชทาน 80 ที่ปลูกบนพื้นที่สูง ยังมีข้อมูลจำกัด ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอัตราการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสตรอว์เบอร์รี พันธุ์พระราชทาน 80 บนพื้นที่สูงจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ และลดต้นทุนการผลิต

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการศึกษา: การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการทดลองในพื้นที่แปลงปลูกสตรอว์เบอร์รีของเกษตรกรบ้านขอบด้ง ต.แม่งอน อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ (พิกัดทางภูมิศาสตร์: ละติจูด 19.92 °N และ ลองจิจูด 99.05 °E สูงจากระดับน้ำทะเล 1,490 เมตร) ระหว่างเดือนกันยายน 2561 ถึงมีนาคม 2562 พื้นที่การทดลองจัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 62 ชุดดินพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน (SC; slop complex) (Land Development Department, 2012) และสมบัติดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินเหนียว (34% sand, 23% silt และ 43% clay) ความเป็นกรด-ด่างของดิน 6.78, ค่าการนำไฟฟ้า 31.90 ไมโครซีเมนต/ซม., ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 6.78%, ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 329 มก./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยน

ได้ 574 มก./กก. สตรอว์เบอร์รีพันธุ์พระราชทาน 80 ถูกปลูกในแปลงทดลอง โดยยกทรงปลูก สูงจากหน้าดิน 0.30 ม. ฐานแปลงมีขนาดกว้าง 0.80 ม. และมีระยะห่างระหว่างแปลง 0.30 ม. ปลูกสตรอว์เบอร์รี 2 แถวคู่ โดยมีระยะปลูก 30 X 25 ซม. (จำนวน 9,696 ต้น/ไร่) และใช้ไบตองตึงและฟางข้าวเป็นวัสดุคลุมแปลง เพื่อรักษาความชื้นในดิน และก่อนปลูกสตรอว์เบอร์รี มีการปรับปรุงดินโดยการใส่ปุ๋ยมูลไก่ ($N=2.31\%$, $P_2O_5=3.13\%$ และ $K_2O=2.85$) อัตรา 400 กก./ไร่ รองพื้นทุกกรรมวิธีทดลอง สำหรับการให้น้ำสตรอว์เบอร์รี เป็นการให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด ซึ่งวางระบบการให้น้ำแยกกันทั้ง 4 กรรมวิธี เพื่อรองรับการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ โดยวางเทปน้ำหยด (ระยะหัวจ่ายน้ำห่างกัน 20 เซนติเมตร, อัตราการไหล 2 ลิตร/ชั่วโมง) ตามแนวแถวต้นสตรอว์เบอร์รี 1 เส้นน้ำ ต่อ 1 แถวสตรอว์เบอร์รี ให้น้ำสตรอว์เบอร์รีทุกวัน ในช่วงเวลา 8.00 - 9.00 น. เป็นเวลาประมาณ 35 นาที

การวางแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ภายในบล็อก (randomized complete block design; RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ และมีกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกัน 4 กรรมวิธี ดังนี้ 1) ใส่ปุ๋ยตามที่เกษตรกรในพื้นที่นิยมปฏิบัติในการปลูกสตรอว์เบอร์รี (recommended fertilizer rate for strawberry cultivation, F-RS) ($N=68.48$, $P_2O_5=185.09$ และ $K_2O=120.57$ กก./ไร่) 2) ใส่ปุ๋ยในอัตราที่ประเมินจากความต้องการธาตุอาหารหลักของสตรอว์เบอร์รี (primary nutrients requirements, F-NR) ($N=25.02$, $P_2O_5=8.25$ และ $K_2O=41.89$ กก./ไร่) 3) ใส่ปุ๋ยโดยประเมินอัตราการปุ๋ยจากความต้องการธาตุอาหารหลักของสตรอว์เบอร์รีและปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน หรือแบบเจาะจงเฉพาะพื้นที่ (site-specific nutrient management, SSNM) ($N=25.02$ กก./ไร่) และ 4) ไม่ใส่ปุ๋ยเป็นกรรมวิธีควบคุม (control) การใส่ปุ๋ยแบ่งใส่ทั้งหมด 12 ครั้ง ตลอดระยะเวลาการปลูก เริ่มใส่ครั้งแรกเมื่อสตรอว์เบอร์รีอายุ 15 วันหลังปลูกและครั้งสุดท้ายเมื่อสตรอว์เบอร์รีอายุ 180 วันหลังปลูก โดยใส่ปุ๋ยทุก ๆ 15 วัน วิธีการใส่ปุ๋ยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ 1) ในระยะพัฒนาทางลำต้นและใบ (15 และ 30 วันหลังปลูก) ใส่ปุ๋ยทางดินโดยโรยปุ๋ยตามแถวปลูก และ 2) ในระยะออกดอกถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต (45

ถึง 180 วันหลังปลูก) ให้ปุ๋ยทางระบบน้ำหยด โดยผสมปุ๋ยตามอัตราที่กำหนดในแต่ละกรรมวิธี (ถึงผสมปุ๋ยแยกกันในแต่ละกรรมวิธี) และให้พร้อมกับการให้น้ำ ซึ่งระยะเวลา, เกรดปุ๋ย และอัตราการใส่ปุ๋ย แสดงไว้ใน Table 1

การประเมินความต้องการธาตุอาหารหลักของสตรอว์เบอร์รีเบื้องต้นได้ดำเนินการก่อนการทดลอง โดยทำการสุ่มเก็บต้นสตรอว์เบอร์รี จำนวน 10 ต้น จากพื้นที่ปลูก 2 พื้นที่ ประกอบไปด้วย 1) ต้นสตรอว์เบอร์รีของเกษตรกรที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง โดยนำต้นสตรอว์เบอร์รีที่เก็บมาอยู่ในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต (4 เดือนหลังปลูก) และ 2) ต้นสตรอว์เบอร์รีของเกษตรกรในสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ซึ่งต้นสตรอว์เบอร์รีอยู่ในระยะก่อนออกดอก (1 เดือนหลังปลูก) พบว่า ต้นสตรอว์เบอร์รี 1 ต้น ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 500 กก./ต้น มีการดูดใช้ ธาตุอาหารไนโตรเจนจำนวน 2.58 กก./ต้น ฟอสฟอรัสจำนวน 0.37 กก./ต้น และโพแทสเซียมจำนวน 3.60 กก./ต้น หรือคิดเป็นไนโตรเจน 25.02 กก./ไร่ ฟอสฟอรัส 3.59 กก./ไร่ หรือ 8.25 กก./ไร่ และโพแทสเซียม 34.91 กก./ไร่ หรือ 41.89 กก./ไร่ อัตราดังกล่าวจึงถูกนำไปกำหนดเป็นอัตราการใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 2 ในขณะที่ กรรมวิธีที่ 3 ซึ่งเป็นการใส่ปุ๋ยแบบเจาะจงเฉพาะพื้นที่ (SSNM) พิจารณาอัตราการใส่ปุ๋ยจากความต้องการธาตุอาหารของสตรอว์เบอร์รี และปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน จึงใส่เพียงปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเดียวในอัตรา 25.02 กก./ไร่ ทั้งนี้ เนื่องจาก ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (329 มก./กก.) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (574 มก./กก.) อยู่ในระดับที่สูงมาก เพียงพอต่อการดูดใช้ของสตรอว์เบอร์รี

การเก็บบันทึกข้อมูล: บันทึกการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative stage) ที่ระยะเวลา 30, 45, 60, 75 และ 90 วันหลังย้ายปลูก (days after transplanting; DAT) โดยการวัดความสูงของลำต้น (plant height) วัดจากพื้นดินถึงใบที่สูงที่สุด และความกว้างของทรงพุ่ม (canopy width) สุ่มเก็บตัวอย่างส่วนเหนือดิน (ก้านใบและใบย่อย) ที่ระยะออกดอก 60 วันหลังย้ายปลูก นำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารหลักโดย

Table 1. Application time, fertilizer grade and fertilizer rate in F-RS, F-NR and SSNM treatments

DAT	Fertilizer grade			Fertilizer rate, N : P ₂ O ₅ : K ₂ O (kg/rai)		
	F-RS	F-NR	SSNM	F-RS	F-NR	SSNM
15	15-15-15	46-0-0 : 18-46-0 : 0-0-60	46-0-0	2.24 : 5.14 : 2.68	1.39 : 0.46 : 2.33	1.39:0:0
30	15-15-15	46-0-0 : 18-46-0 : 0-0-60	46-0-0	2.24 : 5.15 : 2.69	1.40 : 0.46 : 2.33	1.40:0:0
45	12-24-12	46-0-0 : 18-46-0 : 0-0-60	46-0-0	6.00 : 27.60 : 7.20	1.39 : 0.46 : 2.33	1.39:0:0
60	12-24-12	46-0-0 : 18-46-0 : 0-0-60	46-0-0	6.00 : 27.60 : 7.20	1.40 : 0.46 : 2.33	1.40:0:0
75	13-13-21	13-0-46 : 0-52-34 : 15-0-0	15-0-0	6.50 : 14.95 : 12.60	2.78 : 0.91 : 4.65	2.78:0:0
90	13-13-21	13-0-46 : 0-52-34 : 15-0-0	15-0-0	6.50 : 14.95 : 12.60	2.78 : 0.92 : 4.66	2.78:0:0
105	13-13-21	13-0-46 : 0-52-34 : 15-0-0	15-0-0	6.50 : 14.95 : 12.60	2.78 : 0.91 : 4.65	2.78:0:0
120	13-13-21	13-0-46 : 0-52-34 : 15-0-0	15-0-0	6.50 : 14.95 : 12.60	2.78 : 0.92 : 4.66	2.78:0:0
135	13-13-21	13-0-46 : 0-52-34 : 15-0-0	15-0-0	6.50 : 14.95 : 12.60	2.78 : 0.91 : 4.65	2.78:0:0
150	13-13-21	13-0-46 : 0-52-34 : 15-0-0	15-0-0	6.50 : 14.95 : 12.60	2.78 : 0.92 : 4.66	2.78:0:0
165	13-13-21	13-0-46 : 0-52-34 : 15-0-0	15-0-0	6.50 : 14.95 : 12.60	1.38 : 0.46 : 2.32	1.38:0:0
180	13-13-21	13-0-46 : 0-52-34 : 15-0-0	15-0-0	6.50 : 14.95 : 12.60	1.38 : 0.46 : 2.32	1.38:0:0

หมายเหตุ DAT = Days after transplanting

วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Novozamsky *et al.*, 1974), ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Suwanwong, 2001) และโพแทสเซียมทั้งหมด (Kalra, 1998) บันทึกน้ำหนักสดของผลผลิตสตรอว์เบอร์รีที่ถูกเก็บเกี่ยวออกจากแปลงทั้งหมดตั้งแต่เริ่มเก็บเกี่ยว (3 เดือนหลังย้ายปลูก) และวิเคราะห์คุณภาพผลผลิต ประกอบไปด้วย 1) ความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในผลสตรอว์เบอร์รี (วิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับในส่วนเหนือดิน) 2) น้ำหนักผลสดเฉลี่ยต่อผล 3) ขนาดของผลสตรอว์เบอร์รี 4) คัดแยกผลผลิตตามเกรดสตรอว์เบอร์รี (Maitrawattana, 2014) 5) ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity, TA) (AOAC, 2000) 6) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ด้วยน้ำ (total soluble solid, TSS) โดยใช้เครื่อง digital refractometer 7) กรดแอสคอร์บิก (Ranganna, 1986)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ: การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ข้อมูลที่เก็บบันทึกได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกรรมวิธีการทดลองโดยวิธี least significant difference (LSD) ที่ ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม Statistix version 8.0

ผลการศึกษา

การเจริญเติบโต: จากข้อมูล (Table 2) พบว่าหลังจากย้ายปลูกสตรอว์เบอร์รีได้ 30 วัน การใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธี F-NR มีความสูงเฉลี่ยสูงสุด 17.82 ซม. ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธี F-RS ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 16.98 ซม. แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธี SSNM และกรรมวิธีควบคุม ที่มีความสูงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 15.76-16.08 ซม. ที่ระยะ 45 และ 60 วันทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความสูงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 17.48-18.46 และ 18.36-20.77 ซม. ตามลำดับ และที่ระยะ 75 และ 90 วันกรรมวิธี 1-3 มีความสูงเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความสูงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 23.52-24.38 และ 24.28-25.68 ซม. ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 21.42 และ 20.98 ซม. ตามลำดับ สำหรับความกว้างทรงพุ่ม พบว่าในทุกระยะการเจริญเติบโต กรรมวิธี 1-3 ไม่ส่งผลให้มีความกว้างทรงพุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความกว้างทรงพุ่มอยู่ในช่วง 21.14-21.95, 29.81-30.86, 32.36-34.50, 32.86-35.11 และ 34.40-37.47 ซม. ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (Table 3)

Table 2. Effect of fertilizer management on plant height of strawberry cv. Pharatchatan 80

Treatment	30 DAT	45 DAT	60 DAT	75 DAT	90 DAT
Plant height (cm)					
1. F-RS	16.98 ^{ab}	18.46	20.63	24.38 ^a	25.68 ^a
2. F-NR	17.82 ^a	18.25	19.96	23.52 ^{ab}	24.28 ^{ab}
3. SSNM	16.08 ^b	17.52	20.77	24.36 ^a	24.39 ^{ab}
4. Control	15.76 ^b	17.48	18.46	21.42 ^b	20.98 ^b
F-test _(0.05)	*	ns	ns	*	1.68
CV (%)	6.46	8.79	8.06	6.13	9.94

Means in each column followed by different letters indicate significant difference using least significant difference (LSD) at 5% probability level, ns= non-significant

Table 3. Effect of fertilizer management on canopy width of strawberry cv. Pharatchatan 80

Treatment	30 DAT	45 DAT	60 DAT	75 DAT	90 DAT
Canopy width (cm)					
1. F-RS	21.14 ^{ab}	29.81 ^a	32.36 ^a	32.86 ^a	36.56 ^{ab}
2. F-NR	21.95 ^a	30.02 ^a	34.50 ^a	35.11 ^a	37.47 ^a
3. SSNM	21.43 ^{ab}	30.86 ^a	34.00 ^a	34.27 ^a	34.40 ^{ab}
4. Control	18.82 ^b	24.75 ^b	29.04 ^b	28.58 ^b	31.32 ^b
F-test _(0.05)	*	*	*	*	*
CV (%)	9.24	10.48	5.77	5.63	9.77

Means in each column followed by different letters indicate significant difference using least significant difference (LSD) at 5% probability level, ns= non-significant

ความเข้มข้นธาตุอาหาร: ผลการศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในส่วนเหนือดิน (Table 4) พบว่า การใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 1-3 ไม่ส่งผลให้ความเข้มข้นไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 2.31-2.45% ซึ่งกรรมวิธีที่ 2 ความเข้มข้นไนโตรเจนสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่มีความเข้มข้นไนโตรเจนเพียง 2.09% สำหรับความเข้มข้นฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม พบว่าทุกกรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ โดยมีความเข้มข้นฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในส่วนเหนือดินอยู่ในช่วง 0.31-0.33 และ 2.54-2.73% ตามลำดับ

ปริมาณ และความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในผลผลิต: ผลของการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันต่อปริมาณและความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในผลผลิต (Table 5) พบว่า การใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันกรรมวิธี 1-3 ไม่ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตของสตรอว์เบอร์รีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีผลผลิตอยู่ในช่วง

Table 4. Effect of fertilizer management on nutrient concentration in shoot at 60 DAT

Treatment	N	P	K
	Percentage (%)		
1. F-RS	2.39 ^{ab}	0.33	2.73
2. F-NR	2.45 ^a	0.31	2.63
3. SSNM	2.31 ^{ab}	0.31	2.54
4. Control	2.09 ^b	0.33	2.57
F-test _(0.05)	*	ns	ns
CV (%)	8.86	6.74	6.00

Means in each column followed by different letters indicate significant difference using least significant difference (LSD) at 5% probability level, ns= non-significant

Table 5. Effect of fertilizer management on yield and nutrient concentrations in fruit of strawberry cv. Pharatchatan 80

Treatment	Yield	N	P	K
	(kg/rai)	Percentage (%)		
1. F-RS	2,967.00 ^a	1.10 ^a	0.23 ^a	1.98 ^a
2. F-NR	2,957.70 ^a	1.03 ^a	0.21 ^b	1.82 ^a
3. SSNM	3,015.90 ^a	1.01 ^a	0.21 ^b	1.86 ^a
4. Control	809.50 ^b	0.87 ^b	0.20 ^c	1.65 ^b
F-test _(0.05)	*	*	*	*
CV (%)	4.37	5.80	2.84	5.53

Means in each column followed by different letters indicate significant difference using least significant difference (LSD) at 5% probability level (*), ns= non-significant

2,957.70 - 3,015.90 กก./ไร่ แต่มีผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ให้ผลผลิตเพียง 809.50 กก./ไร่ สำหรับความเข้มข้นธาตุอาหารไนโตรเจนและโพแทสเซียม พบว่า การใส่ปุ๋ยทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยมีความเข้มข้นธาตุอาหารไนโตรเจนและโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 1.01-1.10% และ 1.82-1.98% ตามลำดับ ในส่วนของความเข้มข้นธาตุอาหารฟอสฟอรัส พบว่า การใส่ปุ๋ยในอัตราที่แตกต่างกันส่งผลให้ความเข้มข้นธาตุอาหารฟอสฟอรัสในผลต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธี F-RS มีความเข้มข้นของธาตุอาหารฟอสฟอรัสสูงสุด 0.23%

คุณภาพผลผลิต: ผลของการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันต่อคุณภาพผลผลิต พบว่า การใส่ปุ๋ยในกรรมวิธี 1-3 ไม่ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตสตรอว์เบอร์รี่เกรด 1 (16-24 ก./ผล), เกรด 2 (13-15 ก./ผล), เกรด 3 (10-12 ก./ผล), เกรด 4 (7-9 ก./ผล) และตกเกรด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสตรอว์เบอร์รี่เกรด 1 มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยอยู่ในช่วง 459.26 - 516.44 กก./ไร่ เกรด 2 452.45 - 484.72 กก./ไร่ เกรด 3 467.08 - 498.73

กก./ไร่ เกรด 4 522.46 - 546.92 ตกเกรด 990.60 - 1025.20 กก./ไร่ (Table 6) และพบว่า การใส่ปุ๋ยในกรรมวิธี 1 - 3 ไม่ส่งผลให้น้ำหนักผลสดเฉลี่ยต่อผล ความกว้าง และความหนาของผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 7) โดยมีน้ำหนักผลสดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 8.53 - 9.16 ก. ความกว้างและความหนาของผลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 24.50 - 26.39 มม. และ 23.00 - 24.81 มม. ตามลำดับ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม สำหรับความยาวของผลสตรอว์เบอร์รี พบว่า กรรมวิธี F-RS และ F-NR มีความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธี SSNM และกรรมวิธีควบคุม โดยกรรมวิธี F-NR มีความยาวเฉลี่ยของผลสตรอว์เบอร์รีสูงสุดที่ 29.79 มม. และยังพบอีกว่าทุกกรรมวิธีทดลอง ไม่ส่งผลให้ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TA), ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรดแอสคอร์บิก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.13-1.14%, 11.47-11.67 °Brix และ 58.65-64.16 มก./100 ก. ตามลำดับ

Table 6. Effect of fertilizer management on fruit size of strawberry cv. Pharatchatan 80

Treatment	Grade 1 (kg/rai)	Grade 2 (kg/rai)	Grade 3 (kg/rai)	Grade 4 (kg/rai)	Under grade (kg/rai)
1. F-RS	459.26 ^a	452.45 ^a	498.73 ^a	535.46 ^a	1021.10 ^a
2. F-NR	459.83 ^a	463.16 ^a	497.21 ^a	546.92 ^a	990.60 ^a
3. SSNM	516.44 ^a	484.72 ^a	467.08 ^a	522.46 ^a	1025.20 ^a
4. Control	26.66 ^b	53.67 ^b	44.48 ^b	195.44 ^b	489.30 ^b
F-test _(0.05)	*	*	*	*	*
CV (%)	16.56	10.88	8.27	11.7	6.48

Means in each column followed by different letters indicate significant difference using least significant difference (LSD) at 5% probability level (*), ns= non-significant

Table 7. Effect of fertilizer management on fruit weight, fruit width, fruit length, fruit thickness, titratable acidity (TA), total soluble solid (TSS) and Ascorbic acid of strawberry cv. Pharatchatan 80

Treatment	Fruit weight (g/fruit)	Fruit width (mm)	Fruit length (mm)	Fruit thickness (mm)	TA (%)	TSS (°Brix)	Ascorbic acid (mg/100g)
1. F-RS	9.16 ^a	25.84	27.51 ^{ab}	23.97	1.14	11.47	59.09
2. F-NR	8.63 ^{ab}	26.39	29.79 ^a	24.81	1.13	11.54	62.82
3. SSNM	8.53 ^{ab}	25.17	26.89 ^b	23.00	1.14	11.49	64.16
4. Control	7.46 ^b	24.50	25.83 ^b	23.11	1.14	11.67	58.65
F-test _(0.05)	*	ns	*	ns	ns	ns	ns
CV (%)	19.11	11.31	12.49	11.00	6.04	14.73	28.63

Means in each column followed by different letters indicate significant difference using least significant difference (LSD) at 5% probability level (*), ns= non-significant

ต้นทุนด้านการจัดการปุ๋ย: ต้นทุนค่าปุ๋ยสำหรับการผลิตสตรอว์เบอร์รีพันธุ์พระราชทาน 80 (Table 8) ตามกรรมวิธีการทดลองอัตราปุ๋ยที่แตกต่างกัน สำหรับการปลูกสตรอว์เบอร์รี 1 ไร่ แตกต่างกันไปตามชนิด ราคา และปริมาณปุ๋ยที่ใช้ในแต่ละกรรมวิธี โดยรายละเอียดแสดงไว้ใน Table 7 ซึ่งพบว่า ต้นทุน

การจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีที่เกษตรกรใช้ (F-RS) มีต้นทุนสูงสุดที่ 11,665.18 บาท/ไร่ รองลงมาคือกรรมวิธีใส่ปุ๋ยในอัตราที่ประเมินจากความต้องการธาตุอาหารหลักของสตรอว์เบอร์รี (F-NR) ใช้ต้นทุน 5,533.67 บาท/ไร่ และกรรมวิธีใส่ปุ๋ยแบบเจาะจงเฉพาะพื้นที่ (SSFM) ใช้ต้นทุน 2,704.40 บาท/ไร่ ซึ่งน้อยกว่ากรรมวิธี F-RS ถึง 4.31 เท่า

Table 8. Cost of fertilizer in each treatment

Treatment	Fertilizer grade	Fertilizer price ¹ (Baht/50 kg)	Fertilizer used (kg/rai)	Fertilizer's cost (Baht/ria)	Total fertilizer's cost (Baht/rai)
1. F-RS	15-15-15	880	29.84	525.18	11,665.18
	12-24-12	1,410	100.00	2,820.00	
	13-13-21	1,040	400.00	8,320.00	
2. F-NR	46-0-0	680	15.44	209.98	5,533.67
	18-46-0	1,000	1.92	38.40	
	0-0-60	760	19.20	291.84	
	13-0-46	1,050	124.80	5,241.60	
	0-52-34	1,375	10.56	580.80	
	15-0-0 (25)	490	29.92	586.43	
3. SSFM	46-0-0	680	16.21	220.46	2,704.40
	15-0-0 (25)	490	108.06	2,117.98	
4. Control	-	-	-	-	-

Note: ¹October 2018 fertilizer prices

วิจารณ์

จากการศึกษาพบว่า การใส่ปุ๋ยในอัตราที่แตกต่างกันในกรรมวิธี 1-3 ไม่ส่งผลให้การเจริญเติบโตของสตรอว์เบอร์รี (ความสูงและความกว้างทรงพุ่ม) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชี้ให้เห็นว่าปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีความสูงและความกว้างทรงพุ่มของสตรอว์เบอร์รีเพิ่มขึ้นด้วยเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม เนื่องจากไนโตรเจนมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมและการเจริญเติบโตของพืช การได้รับไนโตรเจนในปริมาณที่เพียงพอช่วยเพิ่มดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ที่ส่งผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืช (Bassi *et al.*, 2018, Torres-Olivar *et al.*, 2014) สอดคล้องกับการศึกษาของ Changotra *et al.* (2017) พบว่าการใส่ปุ๋ยทุกกรรมวิธีส่งผลให้มีความสูงและพื้นที่ใบของสตรอว์เบอร์รีมากกว่ากรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ย (กรรมวิธีควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและการได้รับไนโตรเจนในปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้ความสูงของสตรอว์เบอร์รีเพิ่มขึ้น จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของสตรอว์เบอร์รีไม่ตอบสนองต่อปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ซึ่งสอดคล้องกับความเข้มข้นของธาตุอาหารฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในส่วนเนื้อดินของกรรมวิธีใส่ปุ๋ยแต่ก็ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม เนื่องจากดินที่ใช้ในการศึกษามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 329 มก./กก. (คิดเป็นปริมาณฟอสฟอรัส 102.64 กก./ไร่) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 574 มก./กก. (คิดเป็นโพแทสเซียม 179.01 กก./ไร่) ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารจัดอยู่ในระดับสูง (Horneck *et al.* 2011) สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้เพียงพอสำหรับความต้องการของสตรอว์เบอร์รีได้ ซึ่งจากการศึกษาของ Lieten and Misotten (1993) พบว่าสตรอว์เบอร์รีที่ให้ผลผลิต 9.51 ตัน/ไร่ ต้องการธาตุอาหารไนโตรเจน 20 กก./ไร่ ฟอสฟอรัส 6.40 กก./ไร่ และ โพแทสเซียม 30.40 กก./ไร่

สำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในส่วนเนื้อดิน พบว่า การใส่ไนโตรเจนในปริมาณที่มากขึ้นในกรรมวิธี 1-3 ส่งผลให้ความเข้มข้นไนโตรเจนในส่วน

เนื้อดินเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม สอดคล้องกับ Yadav *et al.* (2016) พบว่า การใส่ไนโตรเจนในปริมาณที่เพิ่มขึ้นที่ได้จากแหล่งปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์ส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนในใบสตรอว์เบอร์รีสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการศึกษานี้ยังชี้ให้เห็นว่าความเข้มข้นฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในส่วนเนื้อดิน ไม่ตอบสนองต่อปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากดินมีปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอ อีกทั้งความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้จัดอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับสตรอว์เบอร์รี อย่างไรก็ตามความเข้มข้นไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้มีค่าต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมเล็กน้อย โดยระดับไนโตรเจนที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 2.5-3.5% (Department of Industry and Investment, 2010)

ในส่วนของปริมาณผลผลิตพบว่า การใส่ปุ๋ยกรรมวิธี 1-3 ส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งกรรมวิธีใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 2,957.70 - 3,015.90 กก./ไร่ หรือ 305.04 - 311.05 ก./ต้น สูงกว่ากรรมวิธีควบคุม 3.65 - 3.73 เท่า แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยมีความจำเป็นในการเพิ่มผลผลิตสตรอว์เบอร์รี อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างระหว่างกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ย (กรรมวิธี 1-3) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรรมวิธีที่ 3 ที่ใส่แต่ปุ๋ยไนโตรเจนเท่านั้น ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าไนโตรเจนในดินไม่เพียงพอต่อความต้องการของสตรอว์เบอร์รี เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน สตรอว์เบอร์รีจึงตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ย ทั้งในด้านการเจริญเติบโตและผลผลิต อย่างไรก็ตามกรรมวิธีที่ 1 ที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 68.48 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธีที่ 2 และ 3 ซึ่งใส่ในอัตรา 25.02 กก./ไร่ แต่ก็ให้ผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ชี้ให้เห็นว่าอัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 25.02 กก./ไร่ นั้นเพียงพอสำหรับการปลูกสตรอว์เบอร์รี (ความต้องการธาตุอาหารไนโตรเจน = 20 กก./ไร่, Lieten and Misotten, 1993) ซึ่งสอดคล้องกับผลของความเข้มข้นของไนโตรเจนในส่วนเนื้อดิน (2.31 - 2.45%) ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกรรมวิธีที่ 1-3 และก็สอดคล้องกับความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในผล

ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยกรรมวิธี 1-3 ไม่ส่งผลให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจนในผล (1.01-1.10%) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยค่าความเข้มข้นไนโตรเจนต่ำสุด 0.87% และนอกจากนี้ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างกรรมวิธีที่ 2 และ 3 ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เท่ากัน (25.02 กก./ไร่) แต่กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (P_2O_5) และโพแทสเซียม (K_2O) ในอัตรา 8.25 กก./ไร่ และ 41.89 กก./ไร่ ตามลำดับ แต่ก็ไม่ได้ทำให้ผลผลิตแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ 3 ที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ซึ่งให้เห็นว่าปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีความจำเป็นน้อย หากดินที่ใช้ปลูกสตรอว์เบอร์รีมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (329 มก./กก.) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (574 มก./กก.) ในระดับสูง ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่อยู่ในส่วนเหนือดินและในผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับคุณภาพผลผลิตพบว่า กรรมวิธีใส่ปุ๋ย 1-3 ส่งผลให้น้ำหนักผลสดสตรอว์เบอร์รีสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งให้เห็นว่าไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำหนักผลสดสตรอว์เบอร์รีเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการศึกษาของ Afroz *et al.* (2016) ที่พบว่า การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนส่งผลให้น้ำหนักผลสดเพิ่มขึ้นโดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจาก 14.40 กก./ไร่ เป็น 18.40 กก./ไร่ ทำให้น้ำหนักผลสดเฉลี่ยต่อผลเพิ่มขึ้น 6.25% (เพิ่มจาก 16.80 ก./ผล เป็น 17.85 ก./ผล) ในขณะที่กรรมวิธีควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน)ให้น้ำหนักผลสดเพียง 12.80 ก./ผล อย่างไรก็ตามการเพิ่มไนโตรเจนเกินระดับความต้องการของพืชนั้นมีแนวโน้มทำให้น้ำหนักผลสดลดลง (สตรอว์เบอร์รีต้องการไนโตรเจน 20 กก./ไร่ (Lieten and Misotten, 1993))

น้ำหนักผลเฉลี่ยลดลงในส่วนของกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TA), ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรดแอสคอร์บิก ทุกกรรมวิธีทดลองไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.13 - 1.14%, 11.47 - 11.67°Brix และ 58.65 - 64.16 มก./100 ก. ตามลำดับ สอดคล้องกับ Mahadeen (2009) และ

Chelpinski *et al.* (2010) พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TA), ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณวิตามินซีในสตรอว์เบอร์รี ซึ่งผลผลิตจัดอยู่ในระดับมาตรฐาน โดย Sriwongpet *et al.* (2014) พบว่า โดยปกติสตรอว์เบอร์รี พันธุ์พระราชทาน 80 มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TA) $0.99 \pm 0.01\%$, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) $10.51 \pm 0.16\%$ และปริมาณกรดแอสคอร์บิก 78.49 ± 1.25 มก./100 ก. จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการประเมินอัตราการใช้ปุ๋ยโดยพิจารณาถึงความต้องการธาตุอาหารของสตรอว์เบอร์รีและปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน เป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมที่จะนำมาวางแผนการจัดการธาตุอาหารเพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตและคุณภาพที่ดี สามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ย และลดต้นทุนด้านปุ๋ยเคมีจากการใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติได้ถึง 4.3 เท่า ทำให้การจัดการปุ๋ยมีประสิทธิภาพสูงสุด ลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเกินความจำเป็น ซึ่งเป็นการลดต้นทุนการผลิต, ปรับสมดุลธาตุอาหารในดินและลดการปนเปื้อนปุ๋ยสู่สิ่งแวดล้อม

สรุป

จากการศึกษาผลของอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสตรอว์เบอร์รี พันธุ์พระราชทาน 80 บนพื้นที่สูง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า การใส่ปุ๋ยกรรมวิธี 1-3 ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต (ความสูงและความกว้างทรงพุ่ม) ปริมาณผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของสตรอว์เบอร์รี ดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ > 15 มก./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ > 60 มก./กก. ซึ่งเป็นระดับที่เพียงพอในการปลูกพืช การใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่ 3 (SSNM; N=25.02 กก./ไร่) ที่ประเมินจากความต้องการธาตุอาหารของสตรอว์เบอร์รี และปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน เพียงพอสำหรับการผลิตสตรอว์เบอร์รี โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 3,015.90 กก./ไร่ นอกจากนี้เกษตรกรยังสามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยและลดต้นทุนค่าปุ๋ยลงได้ถึง 4 เท่าจากการใช้ปุ๋ยแบบเดิมตามกรรมวิธีที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ อย่างไรก็ตาม

การใส่ปุ๋ยในแต่ละพื้นที่ควรพิจารณาความอุดมสมบูรณ์ของดิน และความต้องการธาตุอาหารของสตรอว์เบอร์รีประกอบด้วย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ช่วยลดปริมาณการใส่ปุ๋ยและใช้ปุ๋ยให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเคมีและความอุดมสมบูรณ์ดิน และห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ดินและพืช

เอกสารอ้างอิง

Afroz, C.A., M.A.H. Shimul, M. Ikum, M.A. Siddiky and M.A. Razzaque. 2016. Effects of nitrogen phosphorus potassium and sulphur on growth yield and nutrient content of strawberry (*Fragaria ananassa*). Journal of Environmental Science and Natural Resources 9(1): 99-108.

Agehara, S. 2021. Characterizing early-season nitrogen fertilization rate effects on growth, yield, and quality of strawberry. Agronomy 11(5): 905, doi: 10.3390/agronomy11050905.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg. 4377 p.

Bassi, D., M. Menossi and L. Mattiello. 2018. Nitrogen supply influences photosynthesis establishment along the sugarcane leaf. Scientific Reports 8(1): 2327, doi: 10.1038/s41598-018-20653-1.

Cao, F., C. Guan, H. Dai, X. Li and Z. Zhang. 2015. Soluble solids content is positively

correlated with phosphorus content in ripening strawberry fruits. Scientia Horticulturae 195: 183-187.

Changotra, P., D. Bashir, S. Hussain and A. Kaur. 2017. Cultivation on strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) cv. Chandler as affected by bio and inorganic fertilizers under open conditions. Global Journal of Bio-Science and Biotechnology 6(2): 332-343.

Chelpinski, P., K. Skupień and I. Ochmian. 2010. Effect of fertilization on yield and quality of cultivar Kent strawberry fruit. Journal of Elementology 15(2): 251-257.

Department of Agricultural Extension. 2020. Strawberries: Crop year 2019. (Online). Available: <http://www.agriinfo.doe.go.th/year63/plant/rortor/fruit/strawberry.pdf> (September 26, 2021). (in Thai)

Department of Industry and Investment. 2010. Strawberry fertilizer guide. (Online). Available: https://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0020/333362/Strawberry-fertiliser-guide.pdf (September 26, 2021).

Hancock, J.F., T.M. Sjulín and G.A. Lobos. 2008. Strawberries. pp. 393-437. In: J.F. Hancock (ed.). Temperate Fruit Crop Breeding: Germplasm to Genomics. Springer, Dordrecht.

Horneck, D. A., D.M. Sullivan, J.S. Owen and J.M. Hart. 2011. Soil test interpretation guide. (Online). Available: <file:///C:/Users/ADM/INI~1/AppData/Local/Temp/ec1478.pdf> (September 26, 2021).

Kalra, Y.P. 1998. Handbook of Reference Methods for Plant Analysis. CRC Press, Boca Raton. 300 p.

Land Development Department. 2012. Soil series map presentation system, scale 1: 25,000.

- (Online). Available: <http://eis.idd.go.th/lddeis/SoilView.aspx/> (September 26, 2021). (in Thai)
- Lazaro Rodas, C., I. Pereira da Silva, V.A. Toledo Coelho, D.M. Guimarães Ferreira, R. Jose de Souza and J. Guedes de Carvalho. 2013. Chemical properties and rates of external color of strawberry fruits grown using nitrogen and potassium fertigation. *Idesia* 31(1): 53-58.
- Li, H., R. Huang, T. Li and K. Hu. 2010. Ability of nitrogen and phosphorus assimilation of seven strawberry cultivars in a northern Atlantic coastal soil. pp. 1-4. *In*: Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane.
- Lieten, F. and C. Misotten. 1993. Nutrient uptake of strawberry plants (cv. Elsanta) grown on substrate. *Acta Horticulturae* 348: 299-306.
- Mahadeen, A.Y. 2009. Influence of organic and chemical fertilization on fruit yield and quality of plastic-house grown strawberry. *Jordan Journal of Agricultural Sciences* 5(2): 167-177.
- Maitrawattana, S. 2014. Strawberry under the Royal Initiation. Crown Property Bureau, Bangkok. 200 p. (in Thai)
- Novozamsky, I., R. van Eck, J.C. van Schouwenburg and I. Wallinga. 1974. Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol-blue method. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 22: 3-5.
- Pettigrew, W.T. 2008. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiologia Plantarum* 133(4): 670-681.
- Ranganna, S. 1986. Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products. 2nd ed. Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi. 1112 p.
- Rezowana, M.J., M.M. Hossain, A.J.M.S. Karim and M.S. Biswas. 2018 Effects of phosphorus and potassium fertilizers on the yield contributing characters and yield of sub-tropical strawberry. *Annals of Bangladesh Agriculture* 22(1): 61-66.
- Roy, R.N., A. Finck, G.J. Blair and H.L.S. Tandon. 2006. Plant Nutrition for Food Security: A Guide for Integrated Nutrient Management. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 348 p.
- Santasup, C., F. Chaiwan and K. Ueangsawat. 2018. Improvement of water saving, and fertilizer use efficiency for fruit trees in the highland area. Final Report. Highland Research and Development Institute (Public Organization), Chiang Mai. 95 p. (in Thai)
- Santos, B.M. and C.K. Chandler. 2009. Influence of nitrogen fertilization rates on the performance of strawberry cultivars. *International Journal of Fruit Science* 9(2): 126-135.
- Sirijan, M., K. Sujipuli, N. Pipattanawong and P. chaiprasart. 2018. Generation of strawberry hybrid population to enhance the sweetness and firmness of the fruit. *Agricultural Science Journal* 49 : 1 (Suppl.): 362-367.
- Sriwongpet, S., D. Boonyakiat and P. Boonprasom. 2014. Postharvest quality of strawberry fruit cv. Praratchatan 80 and No. 329. *Khon Kaen Agriculture Journal* 42(4): 463-472. (in Thai)

- Suwanwong, S. 2001. Plant Nutrient Analysis. Kasetsart University Press, Bangkok. 141 p. (in Thai)
- Tohidloo, G., M.K. Sourì and S. Eskandarpour. 2018. Growth and fruit biochemical characteristics of three strawberry genotypes under different potassium concentrations of nutrient solution. Open Agriculture 3(1): 356-362.
- Torres-Oliver, V., O.G. Villegas-Torres, M.L. Domínguez-Patiño, H. Sotelo-Nava, A. Rodríguez-Martínez, R.M. Melgoza-Aleman, L.A. Valdez-Aguilar and I. Alia-Tejacal. 2014. Role of nitrogen and nutrients in crop nutrition. Journal of Agricultural Science and Technology 4(1): 29-37.
- Verma, P., A. Chauhan and T. Ladon. 2020. Site specific nutrient management: A review. Journal Pharmacognosy and Phytochemistry 9(5): 233-236.
- Yadav, S.K., U.U. Khokhar, S.D. Sharma and P. Kumar. 2016. Response of strawberry to organic versus inorganic fertilizers. Journal of Plant Nutrition 39(2): 194-203.
-