

การศึกษาระดับฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตและการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งในวัสดุปลูก

Study of Phosphorus on Potato Growth and Seed Production in Media

ศิรินาฏ บุตรีสุวรรณ^{1*} ปฎิภาณ สุทธิกุลบุตร¹ ทิพย์สุดา ตั้งตระกูล² และผานิตย์ นาขยัน³

Sirinat Buttreesuwan^{1*} Pathipan Sutigoolabud¹ Tipsuda Tangtragoon² and Phanit Nakayan³

¹สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

¹Division of Soil Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

²สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

²Division of Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

³สาขาวิชาการพัฒนากฎมั่งคั่งอย่างยั่งยืน คณะผลิตกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

³Division of Science Program in Geosocial Based Sustainable Development, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: Sirinat.But41@gmail.com

(Received: 5 February 2024; Revised: 19 April 2024; Accepted: 14 May 2024)

Abstract

The purpose of this study was to examine the effect of phosphorus on potato tuber production in the growing media. The experimental design was a randomized complete block design (RCBD) with 3 replications and 4 different fertilizer management. The experiment consisted of 1) 1.0 g of total P per bag, 2) 1.1 g of total P per bag, 3) 1.2 g of total P per bag, and 4) 1.1 g of total P per bag and included foliar phosphorus spraying. The results during the experiment with the 1.1 g of total P per bag is sufficient for potato growth and products. During 30 - 90 days after planting, it was found that all levels of phosphorus did not affect growth, leaf color, and number of plants. However, 30 days after the experiment, it was found that 1.0 g of total P per bag and 1.1 g of total P per bag of potatoes was the plant height is highest. At 60 - 90 days, there was no effect on the height of the potato plants. Although the experiment with the 1.2 g of total P per bag produced the highest numbers of stolon at 30 - 60 days it was not statistically different from a treatment with the 1.0 g of total P per bag. Also, at 90 days, the phosphorus level was not statistically different. In terms of potato production, it was found that at 60 days treated with the 1.1 g of total P per bag. Resulting in the number of tuber sizes 40 - 65 millimeters having a statistical difference in the number of tubers, However, during the harvest period of 90 days, it was found that using all levels of phosphorus no statistical difference in the number of tubers, tuber size, and total weight per bag. Phosphorus concentrations in plants, roots, tubers, and the uptake of phosphorus in potatoes were statistically different ($P>0.05$) Therefore, the potato tuber production in growing media can reduce phosphorus consumption from the original level by 0.1 - 0.2 g of total P per bag in the production of potato cultivar FL 2215.

Keywords: Potato seed, phosphorus, growth, seed production

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับฟอสฟอรัสที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งในวัสดุปลูก วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 กรรมวิธี 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 1) 1.0 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง 2) 1.1 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง 3) 1.2 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง และ 4) 1.1 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง ร่วมกับการฉีดพ่นฟอสฟอรัสทางใบ ผลการศึกษา พบว่า ระดับฟอสฟอรัส 1.0 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันฝรั่ง ในช่วง 30 - 90 วันหลังปลูก พบว่า ทุกระดับฟอสฟอรัสไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตค่าความเขียวของใบ และจำนวนต้น แต่ที่ 30 วัน ระดับฟอสฟอรัส 1.0 และ 1.1 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง ในมันฝรั่งทำให้ความสูงต้นสูงที่สุด แต่ที่ 60 - 90 วัน ไม่ส่งผลต่อความสูงของต้นมันฝรั่ง แม้ว่าระดับฟอสฟอรัส 1.2 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง จะทำให้จำนวนไหล ที่ 30 - 60 วัน มากที่สุดแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ กับระดับฟอสฟอรัส 1.0 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง อีกทั้งที่ 90 วัน ระดับฟอสฟอรัสไม่ส่งผลต่อจำนวนไหล ด้านผลผลิตมันฝรั่ง พบว่า ที่ 60 วัน การให้ระดับฟอสฟอรัส 1.2 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง ทำให้จำนวนหัวขนาด 40 - 65 มิลลิเมตร มีจำนวนหัวแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามที่ระยะการเก็บเกี่ยว 90 วัน พบว่า การใช้ทุกระดับฟอสฟอรัสไม่ทำให้ จำนวนหัว ขนาดหัว น้ำหนักทั้งหมดต่อถุง ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในดิน ราก หัว และการดูดใช้ฟอสฟอรัสในมันฝรั่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังนั้น การผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งในวัสดุปลูกสามารถลดการใช้ฟอสฟอรัสจากระดับเดิมลง 0.1 - 0.2 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง ในการผลิตมันฝรั่งพันธุ์ FL2215

คำสำคัญ: หัวพันธุ์มันฝรั่ง ฟอสฟอรัส การเจริญเติบโต การผลิตหัวพันธุ์

คำนำ

มันฝรั่ง (*Solanum tuberosum* L.) เป็นหนึ่งในพืชที่นิยมเพาะปลูกมากที่สุดในทวีปยุโรปในช่วงศตวรรษที่ 19 เนื่องจากเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตแป้งและอาหารสัตว์ (Wasilewska-Nascimento *et al.*, 2020) มันฝรั่งไม่ใช่พืชอาหารหลักในประเทศไทยแต่มีความสำคัญในด้านอุตสาหกรรม เพราะสามารถนำไปแปรรูปเป็นมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ (Chiang Mai Royal Agricultural Research Center, 2017) โดยมันฝรั่งมีช่วงอายุการปลูกสั้นเพียง 90 - 100 วัน เมื่อเทียบกับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น และสามารถสร้างรายได้ 15,000 - 30,000 บาทต่อไร่ (Economic Times, 2023) ในปี พ.ศ. 2565 พบพื้นที่ปลูกมันฝรั่งมากในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 40,365 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ปลูกภาคเหนือ 38,350 ไร่ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2,015 ไร่ ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่อยู่ที่ 2,917 กิโลกรัมต่อไร่ หรือคิดเป็นผลผลิตรวมประมาณ 120,263 ตันต่อปี (Office of Agricultural Economics, 2022) แหล่งผลิตที่สำคัญของมันฝรั่ง

ได้แก่ จังหวัดตาก เชียงใหม่ เชียงราย พะเยา ลำพูน สกลนคร และนครพนม เนื่องจากมีอุณหภูมิที่เหมาะสม (เฉลี่ย 22 - 26 องศาเซลเซียส) โดยนิยมปลูกช่วงเดือนพฤศจิกายน และเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเดือนมีนาคม - เมษายน ทั้งนี้การผลิตมันฝรั่งสำหรับการแปรรูปจำเป็นต้องให้ความสำคัญตั้งแต่การเตรียมหัวพันธุ์ให้มีคุณภาพและปลอดโรค ซึ่งในปัจจุบันพบว่า การผลิตหัวพันธุ์หลักยังไม่เพียงพอกับความต้องการของเกษตรกรและต้องนำเข้าหัวพันธุ์มาจากต่างประเทศ (Westra *et al.*, 2020) ดังนั้น การพัฒนาและการเพิ่มปริมาณหัวพันธุ์หลักจึงมีความจำเป็นมากเพื่อลดการนำเข้าจากต่างประเทศ

ฟอสฟอรัสถือเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและช่วยเพิ่มปริมาณหัวมันฝรั่งได้เนื่องจากฟอสฟอรัสช่วยส่งเสริมการทำงานของเซลล์พืชและองค์ประกอบต่าง ๆ ของเซลล์ที่มีบทบาทสำคัญต่อความแข็งแรงของพืช (Inthasan, 2014) สามารถเพิ่มขนาดหัว จำนวนหัวและผลผลิต หากขาดฟอสฟอรัสจะ

ทำให้การแบ่งเซลล์และการเผาผลาญพลังงานลดลง (Sekhar and Iritani, 1978; Marchner, 1995; Alexopoulos *et al.*, 2019; Westermann, 1993; Ekelöf, 2007) อีกทั้งการผลิตหัวพันธุ์ที่ปลูกในดินมักเกิดปัญหาของการสะสมโรคที่เกิดจากแบคทีเรีย เชื้อรา และไส้เดือนฝอย ซึ่งจะเข้าทำลายส่วนใต้ดินของพืช (Chiang Mai Royal Agricultural Research Center, 2017; Wasilewska-Nascimento *et al.*, 2020) และหากนำหัวพันธุ์ที่มีการสะสมโรคไปปลูกย่อมทำให้ผลผลิตลดลง (Gildemacher *et al.*, 2009) ดังนั้นการปลูกพืชในระบบไร่นาจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งให้มีคุณภาพและปลอดโรคได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับธาตุอาหารฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตและการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งในวัสดุปลูก เพื่อศึกษาอัตราการให้ธาตุฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งพันธุ์ FL2215

อุปกรณ์และวิธีการ

แผนการทดลอง

ทำการศึกษาที่แปลงทดลอง บริษัทเปปซี-โคล่า (ไทย) เทรดิง จำกัด อำเภอยะปราชญ์ จังหวัดเชียงใหม่ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 - มีนาคม พ.ศ. 2566 ใช้หัวพันธุ์หลัก (G0) พันธุ์ FL2215 ขนาดหัว 20 - 40 มิลลิเมตร โดยปลูกหัวพันธุ์หนึ่งหัวต่อถุงในถุงปลูกขนาด 5×12 นิ้ว ที่ความลึก 10 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างถุง 15 เซนติเมตร ถุงปลูกบรรจุขุยมะพร้าว 2.01 กิโลกรัมต่อถุง และใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 4 ระดับ ประกอบด้วย 1) 1.0 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง 2) 1.1 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง 3) 1.2 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง และ 4) 1.1 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง ร่วมกับการฉีดพ่นฟอสฟอรัสทางใบ เนื่องจากวัสดุปลูกขุยมะพร้าวมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ได้วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพียงร้อยละ 0.19 ซึ่งไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของมันฝรั่งที่ต้องการร้อยละ 0.3 - 0.5 (Wolf, 1913) จึงเริ่มใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสระดับ 1.0 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง แต่ละ

ปริมาณการใช้ลงจากอัตราที่ปฏิบัติ ระดับ 1.1 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง (อัตราที่ปฏิบัติในการผลิตหัวพันธุ์ของบริษัทเปปซี-โคล่า (ไทย) เทรดิง จำกัด) ระดับ 1.2 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง เป็นการเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัส (Aarakit *et al.*, 2021) และ 1.1 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง ร่วมกับการฉีดพ่นโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 33 มิลลิตรต่อต้น ทางใบหลังปลูก 27 วัน ทุก ๆ 5 วัน จนถึงเก็บเกี่ยววัดแปลงจาก (Salim *et al.*, 2014) โดยใช้ปุ๋ยเกรดละลายฉีดพ่นโดยสูตรทำแล้วจะได้รับฟอสฟอรัส 1.2 กรัมต่อถุง เท่ากับกรรมวิธีที่ 3 โดยแบ่งใส่ปุ๋ยพร้อมปลูก 1.2 กรัมไนโตรเจนต่อถุง 0.52 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง 1.41 กรัมโพแทสเซียมต่อถุง จากนั้นให้ปุ๋ยร่วมกับน้ำวันละ 150 มิลลิตร จนถึงเก็บเกี่ยว ในทุกกรรมวิธีมีการให้ปุ๋ยทั้งหมด ไนโตรเจน 3.0 กรัมไนโตรเจนต่อถุง โพแทสเซียม 4.2 กรัมโพแทสเซียมต่อถุง แคลเซียม 1.7 กรัมแคลเซียมต่อถุง และแมกนีเซียม 0.6 กรัมแมกนีเซียมต่อถุงเท่ากันในทุกกรรมวิธีวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design; RCBD) 4 กรรมวิธี 3 ซ้ำ

การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

เก็บข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโต และผลผลิตตามช่วงอายุการเจริญเติบโตแบ่งเป็นระยะการเจริญเติบโตของลำต้นที่ 30 วัน ระยะการขยายขนาดหัวที่ 60 วัน และระยะสุกแก่ที่ 90 วัน (เก็บเกี่ยว) หลังปลูก (Days after planting; DAP) การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง ได้แก่ บันทึกค่าความเขียวของใบ (SPAD unit) ด้วยเครื่องวัดคลอโรฟิลล์มิเตอร์ (SPAD-502 PLUS, Japan) วัดความสูงของต้นโดยวัดจากลำต้นเหนือวัสดุปลูกถึงยอด (เซนติเมตร) นับจำนวนต้นต่อถุง และนับจำนวนไหลต่อต้น การเก็บข้อมูลผลผลิตมันฝรั่ง ได้แก่ นับจำนวนหัวแต่ละขนาดต่อถุง แบ่งออกเป็น 3 ขนาดได้แก่ น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร

ขนาด 20 - 40 มิลลิเมตร และขนาด 40 - 65 มิลลิเมตร โดยวัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางหัวมันฝรั่ง และน้ำหนักหัวรวมต่อถุง (กรัมต่อถุง)

วิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในส่วนของลำต้น (ลำต้นและใบ) ราก และหัว โดยนำตัวอย่างไปอบด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 65 - 70 องศาเซลเซียส ย่อยสลายตัวอย่างพืชด้วยกรดผสม (acid mixture: HNO_3 - HClO_4 ในอัตรา 1:3 ปริมาตรต่อปริมาตร (v/v)) ตามวิธีการของ (Pequerul *et al.*, 1993) จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปหาปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธีเทียบสี (vanadomolybdate yellow color method) ด้วยเครื่อง spectrophotometer (Thermo scientific genesys 20, USA) ที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร (Murphy and Riley, 1962) และการดูดใช้ฟอสฟอรัส (phosphorus uptake) ของมันฝรั่งคำนวณจากความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในมันฝรั่งคูณกับน้ำหนักแห้งของมันฝรั่งต่อต้น (Akinrinde and Gaizer, 2006)

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) โดยใช้โปรแกรม R version 4.3.1 และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของกรรมวิธีทดลองโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การเจริญเติบโต

การเจริญเติบโตของมันฝรั่งพิจารณาจากค่าความเขียวของใบ (SPAD) ความสูงของต้น จำนวนต้นมันฝรั่งต่อถุง และจำนวนไหลต่อต้น (Table 1) ผลการทดลอง พบว่า ระดับฟอสฟอรัสไม่ส่งผลต่อจำนวนต้นต่อถุง และค่าความเขียวของใบในต้นมันฝรั่งที่ระยะ 30 - 90 วัน แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ทั้งนี้ ที่ 30 วัน ใบมันฝรั่งมีค่าความเขียวสูงที่สุดอยู่ในช่วง 41.43 - 42.97 SPAD unit และค่าความเขียวจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อมันฝรั่งมีอายุมากขึ้น โดยที่ 60 วัน พบว่า มีค่าความเขียว อยู่ในช่วง 36.03 - 38.00 SPAD unit และที่

90 วัน อยู่ในช่วง 32.50 - 34.03 (SPAD unit) ตามลำดับสอดคล้องกับการศึกษาของ Pongtaweewoon *et al.* (2008) ที่ศึกษาอิทธิพลของอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส (0 8.9 17.8 และ 24.9 กิโลกรัมไโดฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์ต่อไร่) ต่อการเจริญเติบโต ที่มีต่อผลผลิตมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ระดับต่างกัน ไม่มีผลต่อจำนวนต้นต่อแปลง ต่อมา Lohacharoen *et al.* (2014) ศึกษาการวัดค่าความเขียวของใบพริกหวานที่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารที่แตกต่างกัน พบว่า การใช้ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในปริมาณที่ต่างกัน ไม่พบความแตกต่างของค่าความเขียวของใบ แต่ผลการทดลองในงานวิจัยนี้พบว่า ที่ 30 วัน การให้ฟอสฟอรัสที่ระดับ 1.0 และ 1.1 กรัมต่อถุง ทำให้ต้นมันฝรั่งมีความสูงมากกว่าการให้ฟอสฟอรัสระดับ 1.2 และการให้ฟอสฟอรัสที่ระดับ 1.1 กรัมต่อถุง ร่วมกับการฉีดพ่นทางใบ โดยคิดเป็นร้อยละ 12.00 และ 16.02 ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

ในช่วง 60 - 90 วัน ด้านการเกิดจำนวนไหลต่อต้น พบว่า ระดับฟอสฟอรัสส่งผลต่อการเกิดจำนวนไหล ในช่วง 30 - 60 วัน แตกต่างทางสถิติโดยพบว่า ที่ 30 วัน การใช้ระดับฟอสฟอรัส 1.0 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง และ 1.2 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง พบจำนวนไหล 3.5 และ 4.5 ไหลต่อต้น และที่ 60 วัน พบจำนวนไหล 4.0 และ 5.5 ไหลต่อต้น แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ 90 วัน สอดคล้องกับ งานวิจัยส่วนใหญ่ที่ระบุว่า ระดับฟอสฟอรัสมีความสำคัญต่อการแบ่งเซลล์ เจริญเติบโตของเถา รากฝอย และรากแขนงของพืช (Moorby 1978; Westermann and Kleinkopf 1983; Inthasan, 2014) และต่อมาได้มีการศึกษาของ Aarakit *et al.* (2021) รายงานว่า อัตราฟอสฟอรัสในระดับต่ำ (30 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อเฮกเตอร์) มีผลต่อความสูงของต้นมันฝรั่งพันธุ์ Shangji และพันธุ์ Wanjiku ในช่วงแรกของการเจริญเติบโต ดังนั้น ระดับฟอสฟอรัสที่ต่างกันจึงไม่ส่งผลต่อจำนวนต้น และความเขียวของใบ แต่ส่งผลต่อ

การเจริญเติบโตของมันฝรั่งในช่วงแรกของการเจริญเติบโต (30 - 60 วัน) ซึ่งเป็นระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (ความสูงและจำนวนไหล) จนถึงช่วงเริ่มสะสมอาหารของมันฝรั่ง (Atkinson *et al.*, 2003; Hopkins *et al.*, 2014; Nyiraneza *et al.*, 2017) ดังนั้นระดับฟอสฟอรัสตั้งแต่ 1.0 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง จึงเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง เนื่องจากทำให้ต้นมันฝรั่งมีความสูง และมีจำนวนไหลมากที่สุด

ผลผลิตมันฝรั่ง

หากพิจารณาองค์ประกอบผลผลิตมันฝรั่งจากจำนวนหัวทั้งหมดต่อถุง จำนวนหัวขนาด (น้อยกว่า 20 20 - 40 และ 40 - 65 มิลลิเมตร) และน้ำหนักทั้งหมดต่อถุงในช่วง 60 - 90 วัน (Table 2) ผลการทดลองพบว่าที่ 60 วัน ระดับฟอสฟอรัสไม่มีผลแตกต่างทางสถิติต่อจำนวนหัวทั้งหมดต่อถุง น้ำหนักหัวทั้งหมดต่อถุง และขนาดหัวที่น้อยกว่า 40 มิลลิเมตร แต่พบว่า การให้ระดับฟอสฟอรัส 1.2 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง ทำให้จำนวนหัวมันฝรั่งขนาด 40 - 65 มิลลิเมตร แตกต่างทางสถิติ โดยพบจำนวนหัว 2 หัวต่อถุง คิดเป็นร้อยละ 18 ของจำนวนหัวทั้งหมด ขณะที่การใช้ระดับฟอสฟอรัส 1.0 1.1 และ 1.1 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง ร่วมกับการฉีดพ่นทางใบ มีจำนวนหัวเฉลี่ยเพียง 0 0.3 และ 0 หัวต่อถุงตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 0 - 3 อย่างไรก็ตาม ที่ระยะการเก็บเกี่ยว 90 วัน พบว่า การใส่ทุกระดับฟอสฟอรัสไม่ทำให้จำนวนหัวทั้งหมดต่อถุง จำนวนหัวขนาด (น้อยกว่า 20 20 - 40 และ 40 - 65 มิลลิเมตร) และน้ำหนักทั้งหมดต่อถุง มีความแตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Gitari *et al.* (2018) ที่รายงานวาระดับฟอสฟอรัสที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้การขยายขนาดหัวขนาดกลาง และการสะสมอาหารของหัวมันฝรั่งเกิดหัว

เร็ว และมีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Aarakit *et al.* (2021) ที่รายงานวาระดับธาตุอาหารฟอสฟอรัสส่งผลต่อขนาดหัวที่ขนาด 30 - 60 มิลลิเมตร และขนาดหัวมากกว่า 60 มิลลิเมตรในมันฝรั่งพันธุ์ Wanjiku แต่หัวมันฝรั่งในระยะดังกล่าวไม่สามารถใช้เป็นพันธุ์ในการเพาะปลูกได้ เนื่องจากหัวมันอายุน้อยเกินไป มีผิวบางทำให้ถลอกได้ง่าย มีแป้งและน้ำตาลสูง (Warit and Damumpai, 2003) แม้ระดับฟอสฟอรัสที่ต่างระดับกันไม่ส่งผลต่อน้ำหนักหัวต่อถุงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ระดับฟอสฟอรัสที่สูงขึ้นมีแนวโน้มทำให้น้ำหนักหัวเพิ่มสูงขึ้น และการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในระบบน้ำหยดอย่างเดียวมีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าการฉีดพ่นทางใบ สอดคล้องกับการศึกษาของ Fernandes *et al.* (2015) ที่มีการศึกษาผลของอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส (0 125 250 500 และ 1,000 กิโลกรัม ไดฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์ต่อเฮกตาร์) ต่อคุณภาพของมันฝรั่งหัวสด โดยการทดสอบกับมันฝรั่ง 2 พันธุ์พบว่า ฟอสฟอรัสจำเป็นในการเพิ่มผลผลิตหัวและคุณภาพของหัวมันฝรั่งสามารถเพิ่มขนาด และผลผลิตหัวสดมันฝรั่งเพิ่มขึ้น แต่จะตอบสนองที่ชัดเจนต่อดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินต่ำและปานกลางในพันธุ์ Mondial ดังนั้น การใช้ระดับฟอสฟอรัสที่ 1.0 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง จึงเพียงพอต่อการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งเนื่องจากเป็นอัตราฟอสฟอรัสที่ต่ำที่สุดสามารถผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกได้ไม่แตกต่างกับอัตราฟอสฟอรัสที่เพิ่มสูงขึ้น และการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในระบบน้ำหยดอย่างเดียวมีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าการฉีดพ่นทางใบเนื่องจากการฉีดพ่นทางใบจะส่งผลต่อผลผลิตในกรณีที่มีอัตราฟอสฟอรัสในดินต่ำ และขาดฟอสฟอรัสในพืช (Ekelöf, 2007)

Table 1 Phosphorus nutrient requirements on growth at leaf color (SPAD), height, number of plants, and number of stolons per plant at 30, 60, and 90 days after planting

DAP	P rates (g/bag) ^{1/}	SPAD (unit) ^{1/}	plant height (cm) ^{1/}	Number of plant / bag ^{1/}	Number of stolon/plant ^{1/}
30	1	41.43±1.30	37.33±2.52a	4.33±0.05	3.50±0.81ab
	1.1	41.90±1.50	38.67±4.16a	4.00±0.00	2.50±0.55b
	1.2	42.97±2.58	33.33±2.52b	4.30±0.57	4.50±0.62a
	1.1+Foliar	42.17±1.76	33.33±1.53b	5.33±1.52	3.10±0.78b
	CV%	4.67	5.35	19.25	15.18
	F-test	ns	*	ns	*
	Mean	42.12	35.7	4.75	3.40
60	1	36.63±0.95	52.33±2.31	4.67±0.58	3.97±0.55ab
	1.1	37.47±0.38	53.67±1.88	5.33±1.53	3.37±0.45b
	1.2	38.00±2.36	52.80±0.17	4.00±1.00	5.53±1.28a
	1.1+Foliar	36.03±2.51	51.66±0.92	5.00±1.00	2.83±0.15b
	CV%	3.62	3.19	25.54	12.87
	F-test	ns	ns	ns	*
	Mean	37.03	52.62	4.75	3.93
90	1	34.00±2.65	55.20±4.29	4.00±0.00	3.60±0.36
	1.1	32.56±1.61	57.33±1.79	4.33±0.58	3.60±0.53
	1.2	32.50±2.68	56.63±2.89	4.33±0.58	3.80±0.61
	1.1+Foliar	34.03±2.89	56.22±2.01	5.33±1.52	3.10±0.60
	CV%	8.09	2.78	10.06	16.72
	F-test	ns	ns	ns	ns
	Mean	33.27	56.35	4.50	3.53

Remarks: ^{1/} Average ± SD (n = 3) and different letters in the same column represent significant differences among treatments (LSD's test, $p \leq 0.05$); DAP = Days after planting

Table 2 Phosphorus nutrient requirements on growth at number of tuber, tuber size and number tuber weight per plant in potato plants at 60 and 90 days after planting

DAP	P rates (g/bag) ^{1/}	Number of tuber/plant ^{1/}	tuber size <20 mm ^{1/}	tuber size 20-40 mm ^{1/}	tuber size 40-65 mm ^{1/}	tuber weight/pot ^{1/}
60	1	13.33±3.51	3.67±3.21	6.33±4.04	0.00±0.00b	176.00±18.33
	1.1	11.67±1.53	4.00±1.73	7.33±1.53	0.33±0.58b	192.00±8.72
	1.2	12.33±1.15	3.67±2.31	6.67±0.58	2.00±1.00a	220.67±39.00
	1.1+Foliar	11.00±3.46	3.33±0.58	7.66±3.00	0.00±0.00b	185.33±14.19
	CV%	24.20	66.64	42.12	78.93	11.39
	F-test	ns	ns	ns	*	ns
	Mean	12.08	3.67	7.00	0.58	193.50
90	1	9.17±0.77	1.33±0.76	5.33±0.58	2.67±0.58	245.67±14.44
	1.1	9.83±1.04	1.67±0.50	5.67±0.58	2.67±0.58	249.60±14.01
	1.2	9.50±0.87	1.00±0.00	5.50±0.87	3.00±0.00	251.33±8.33
	1.1+Foliar	9.33±1.53	1.67±0.58	5.00±1.00	2.67±0.58	235.17±17.77
	CV%	6.68	43.75	15.10	18.18	11.68
	F-test	ns	ns	ns	ns	ns
	Mean	9.46	1.42	5.38	2.75	245.44

Remarks: ^{1/}Average ± SD (n = 3) and different letters in the same column represent significant differences among treatments (LSD's test, $p \leq 0.05$); DAP = Days after planting

ความเข้มข้นฟอสฟอรัสและการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนต่างๆ ของมันฝรั่ง

ผลการศึกษาระดับฟอสฟอรัสที่ต่างกันต่อความเข้มข้นและการดูดใช้ธาตุอาหารของมันฝรั่งในส่วนลำต้น ราก และหัวมันฝรั่งที่ระยะเก็บเกี่ยว 90 วัน หลังปลูก (Table 3) พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในส่วนของ ลำต้น ราก และหัวอยู่ในช่วงร้อยละ 0.52 - 0.60 0.61 - 0.75 และ 0.52 - 0.54 ตามลำดับ สำหรับการดูดใช้ธาตุอาหาร พบว่า มีการดูดใช้ในส่วนหัวสูงสุดอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.28 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง คิดเป็นร้อยละ 82 - 83 ของการดูดใช้ทั้งหมดต่อต้น รองลงมาเป็นการดูดใช้ที่ลำต้น

0.04 - 0.05 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง คิดเป็นร้อยละ 15 - 17 ของการดูดใช้ทั้งหมดต่อต้น และมีการดูดใช้ที่ราก 0.005 - 0.007 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง คิดเป็นการดูดใช้ทั้งหมดต่อต้นเพียงร้อยละ 2 ของปริมาณที่ใส่ฟอสฟอรัสตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษา Kititui (2013) ที่มีการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยที่มีผลต่อการผลิตมะเขือม่วง พบปริมาณฟอสฟอรัสในใบมะเขือม่วง ร้อยละ 0.42 - 0.47 และพบความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในส่วนลำต้น ราก และหัวมันฝรั่งนั้นเพียงพอต่อความต้องการของมันฝรั่งที่มีความต้องการเพียงร้อยละ 0.3 - 0.5 (Wolf, 1913)

Table 3 Phosphorus nutrient requirements in potato at concentration uptake of phosphorus in stems, roots, tubers and total per bag at 90 days after planting

P rates (g/bag) ^{1/}	P Concentration (%) ^{1/}			P uptake (g/pot) ^{1/}			
	Stem	Root	Tuber	Stem	Root	Tuber	Total
1.0	0.55±0.11	0.68±0.09	0.52±0.05	0.04±0.01	0.005±0.001	0.23±0.03	0.27±0.05
1.1	0.52±0.04	0.61±0.05	0.52±0.01	0.04±0.01	0.005±0.001	0.20±0.04	0.24±0.04
1.2	0.60±0.07	0.75±0.15	0.53±0.03	0.05±0.01	0.007±0.001	0.28±0.05	0.34±0.06
1.1+ Foliar	0.52±0.04	0.71±0.19	0.54±0.02	0.04±0.01	0.006±0.003	0.23±0.05	0.28±0.03
CV%	14.76	10.38	5.10	24.18	25.50	16.51	16.130
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mean	0.55	0.69	0.53	0.04	0.01	0.24	0.28

Remarks: ^{1/} Average ± SD (n = 3) and different letters in the same column represent significant differences among treatments (LSD's test, $p \leq 0.05$); DAP = Days after planting

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาระดับฟอสฟอรัสที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งในวัสดุปลูกพบว่า ระดับ 1.0 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันฝรั่ง เนื่องจากทุกระดับฟอสฟอรัสไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต ค่าความเขียวของใบ และจำนวนต้น แต่ส่งผลในช่วงแรกของการเจริญเติบโต ด้านความสูง จำนวนไหล และจำนวนหัว ขนาด 40 - 65 มิลลิเมตร แต่ไม่ส่งผลต่อระยะการเก็บเกี่ยวผลผลิต ต่อจำนวนหัว ขนาดหัว น้ำหนักทั้งหมดต่อถุง ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในต้น ราก หัว และการดูดใช้ฟอสฟอรัสในมันฝรั่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งในวัสดุปลูกสามารถลดการใช้ฟอสฟอรัสจากระดับเดิมลง 0.1 - 0.2 กรัมฟอสฟอรัสต่อถุง ในการผลิตมันฝรั่งพันธุ์ FL2215

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่มอบทุนการศึกษา “ทุนเรียนดี” แก่ผู้วิจัย และขอขอบคุณ

บริษัทเป๊ปซี่-โคล่า (ไทย) เทรดดิ้ง จำกัด ที่อนุเคราะห์สถานที่และสนับสนุนทุนในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

- Aarakit, P., P.O. Josephine and J.L. Joyce. 2021. Growth, yield and phosphorus use efficiency of potato varieties propagated from apical rooted cuttings under variable phosphorus rates. *African Journal of Plant Science* 15(7):173-184.
- Akinrinde, E.A. and T. Gaizer. 2006. Differences in the performance and phosphorus-use efficiency of some tropical rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *Pakistan Journal of Nutrition* 5(3): 206-211.
- Alexopoulos, A.A., T. Varzakas, S. Karras, A. Koriki, A. Kotsiras and I. Xynias. 2019. Effect of nitrogen and phosphorus fertilization on growth components, yield and tuber quality characteristics of two potato cultivars grown

- under organic production system. *Acta Horticulturae* 1242: 191-198.
- Atkinson, D., B. Geary, J. Stark, S. Love and J. Windes. 2003. Potato varietal responses to nitrogen rate and timing. *Proceedings of the 6th Western Nutrient Management Conference*, Salt Lake City. pp. 149-155.
- Chiang Mai Royal Agricultural Research Center. 2017. Production of quality potato tubers. Chiang Mai Royal Agricultural Research Center, Horticultural Research Institute Department of Agriculture Ministry of Agriculture and Cooperatives, Chiang Mai. [in Thai]
- Economic Times. 2023. Develop "potato tubers" to supply the industry worth more than 15 billion baht/year. Available: <https://www.thansettakij.com/economy/518696> (July 18, 2023). [in Thai]
- Ekelöf, J. 2007. Potato yield and Tuber set as affected by phosphorus fertilization. Master's Thesis in Horticultural Science, Department of Horticulture, Swedish University.
- Fernandes, A.M., R.P. Soratto, L. A. Moreno and R. M. Evangelista. 2015. Effect of phosphorus nutrition on quality of fresh tuber of potato cultivars. *Bragantia Campinas* 74(1): 102-109.
- Gildemacher, P.R., P. Demo, I. Barker, W. Kaguongo, G. Woldegiorgis, W.W. Wagoire, M. Wakahiu, C. Leeuwis and P.C. Struik. 2009. A description of seed potato systems in Kenya, Uganda and Ethiopia. *American Journal of Potato Research* 86: 373-382.
- Gitari, H.I., N.N. Karanja, C.K.K. Gachene and S. Kamau. 2018. Nitrogen and phosphorous uptake by potato (*Solanum tuberosum* L.) and their use efficiency under potato-legume intercropping systems. *Field Crops Research* 222: 78-84.
- Hopkins, B., B.G Hopkins, D.A. Horneck and A.E. Macguidwin. 2014. Improving PUE through potato rhizosphere modification and extension. *American Journal of Potato Research* 91(2): 161-174.
- Inthasan, J. 2014. Soil fertility. Deprint Limited Partnership, Chiang Mai. [in Thai]
- Kititui, U. 2013. Efficiency of fertilizer usage on eggplant production in Mae Taeng district, Chiang Mai province. Master's Thesis in Soil Science. Faculty of Agricultural Production, Maejo University. [in Thai]
- Lohacharoen, W., S. Patthanodom, P. Keatpratabjai, W. Thongngam, I. Nuntagij, S. Ruamrungsri and J. Kumchai. 2014. Effects of nutrients deficiencies on growth and development and nutrients in leaves of sweet pepper. *Journal Agricultural*, 30(1): 39-48. [in Thai]
- Marchner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. San Diego, United States of America.
- Moorby, J. 1978. The physiology of growth and tuber yield. *In*: P.M. Harris (ed). *The potato crop: The scientific basis for improvement*. Chapman and Hill, London.
- Murphy, J. and J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* 27: 31-36.

- Nyiraneza, J., B. Bizimungu, A.J. Messiga, K.D. Fuller and Y. Jiang. 2017. Potato yield and PUE of two new potato cultivars in New Brunswick, Canada. NRC Research Press 97(5): 784-795.
- Office of Agricultural Economics. 2022. Cultivated area, harvested area, yield and potato yield per rai in 2022 Cultivated area, harvested area, yield and potato yield per rai in 2022. Available: <https://oae.go.th/uploads/files/2025/05/22/f1eccc5c4d4872e1.pdf> (July 7, 2023). [in Thai]
- Pequerul, A., C. Perez, P. Madero, J. Val and E. Monge. 1993. A rapid wet digestion method for plant analysis. pp.3-6. In: M.A.C. Frago and M.L. van Beusichem (eds.). Optimization of plant nutrition. Kluwer Academic Publishers, Spain.
- Pongtaweewoon, N., P. Sutigoolabud, S. Ongrasert and P. Noree. 2008. Influence of phosphorus application rate on growth and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.), cv. Atlantic. Proceeding of the 10th Graduate Research Conference, 18 January 2008, Khon Kaen University. Khon Kaen, Thailand. [in Thai]
- Salim, B.B.M., H.G. Abd El-Gawad and A. Abou El-Yazied. 2014. Effect of foliar spray of different potassium sources on growth, yield and mineral composition of potato (*Solanum tuberosum* L.). Middle East Journal of Applied Sciences 4(4): 1197-1204.
- Sekhar, V.C. and W.M. Iritani. 1978. Starch to sugar interconversion in *Solanum tuberosum* L. influence of inorganic ions. Journal of the Potato Association of America 55: 345-350.
- Wasilewska-Nascimento, B., D. Boguszewska and K. Zarzy. 2020. Challenges in the production of high-quality seed potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in the tropics and subtropics. Agronomy 10(260): 1-15.
- Warit, B. and N. Damumpai. 2003. Potato. Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai. [in Thai]
- Westermann, D.T. 1993. Fertility management. pp.77-86. In: R.C. Rowe (eds.). Potato health management. Minnesota, USA.
- Westra, A., P. Nolte, J. Whitworth and J. Durrin. 2020. Seed potato production and certification. p.65-68. In: S. Jeffrey, M. Thornton and P. Nolte (eds.). Potato production systems. University of Idaho. Springer Nature, Switzerland AG.
- Westermann, D.T. and G.E. Kleinkopf. 1983. Phosphorus dynamics in potato plants. Proceedings of the 34th Northwest Fertilizer Conference, Portland, Oregon. pp. 89-97.
- Wolf, B. 1913. Diagnostic techniques for improving crop production. Food Products Press, New York.