การจัดการธาตุอาหารของต้นแม่พันธุ์ต่อการเกิดรากของกิ่งปักชำมะกรูด

Nutrient Management of Stock Plants on Rooting Ability of Kaffir Lime Stem Cuttings

สุพรรษา เหมหงษ์[1] สุขะวัฒน์ ทองเหลี่ยว[1] สามารถ เศรษฐวิทยา[1]
กฤษณา กฤษณพุกต์[1] และ ลพ ภวภูตานนท์[1]*
Suphansa Hemhong,[1] Sukawat Thongleaw,[1] Samart Sethwitaya,[1]
Krisana Krisanapook[1] and Lop Phavaphutanon[1*]

Received 12 December 2020, Accepted 27 June 2021

ABSTRACT

The effect of chemical fertilizers with different nitrogen, phosphorus and potassium ratios applied to Kaffir lime stock plants on characteristics of new shoots, rooting ability of stem cuttings and establishment of rooted cuttings after transplantation was studied. The stock plants without fertilizer application were served as the control. The chemical fertilizers including 24-7-7, 16-16-16 and 21-7-14 were applied to the stock plants at the rate of 10 g/plant every 10 days for 2 months, starting after pruning of the stock plants to induce re-growing of new shoots. It was found that the 60-day-old vertical shoots on stock plants receiving 3 fertilizer treatments had higher leaf greenness values (SPAD) than those of the control but their shoot characteristics were similar. These shoots were propagated under mist block condition for 75 days. Stem cuttings from the stock plants receiving all 3 fertilizer treatments had higher rooting percentage (60 - 80% rooting) than those from the controlled plants (30% rooting) with higher number of roots/cutting and root quality scores. The 21-7-14 fertilizer yielded the highest rooting percentage (80% rooting). After transplantation of rooted cuttings for 30 days, 100% of cuttings survived. Establishment of rooted cuttings was comparable in all fertilizer treatments with higher percentage of new shoot emergence and root quality scores than those from the control plants.

Keywords: Root number, Root quality, Establishment of rooted cuttings

[1*] ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

Tropical Fruit Research and Development Center, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

[*] Corresponding author: Email address: agrlpv@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการให้ปุ๋ยเคมีที่มีสัดส่วนของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมแตกต่างกัน ต่อลักษณะของกิ่งยอดใหม่ที่เกิดขึ้น การเกิดรากของกิ่งยอดเมื่อนำไปปักชำ และการตั้งตัวของกิ่งปักชำหลังย้ายปลูก เปรียบเทียบกับกิ่งยอดจากต้นแม่พันธุ์ชุดควบคุมที่ไม่ใส่ปุ๋ย (control) โดยใส่ปุ๋ยสูตร 24-7-7 16-16-16 และ 21-7-14 ให้กับต้นแม่พันธุ์ ต้นละ 10 ก. ทุกๆ 10 วัน เป็นเวลา 2 เดือน เริ่มใส่ปุ๋ยครั้งแรกหลังจากตัดแต่งกิ่งเพื่อกระตุ้นให้มียอดใหม่เกิดขึ้น พบว่าการให้ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 สูตรกับต้นแม่พันธุ์ ทำให้กิ่งยอดใหม่ที่อายุ 60 วัน มีค่าความเขียวใบ (SPAD values) มากกว่ากิ่งยอดในชุดควบคุม แต่มีลักษณะกิ่งไม่แตกต่างกัน เมื่อนำกิ่งยอดจากต้นที่แม่พันธุ์ที่มีการใส่ปุ๋ยทั้ง 3 สูตรไปปักชำในกระบะพ่นหมอกเป็นเวลา 75 วัน พบว่ากิ่งปักชำมีการเกิดราก 60 - 80% โดยมีจำนวนราก/กิ่ง และคะแนนคุณภาพรากมากกว่ากิ่งปักชำในชุดควบคุมซึ่งมีการเกิดรากเพียง 30% การใส่ปุ๋ยสูตร 21-7-14 ทำให้กิ่งปักชำมีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากมากที่สุด (80%) หลังจากย้ายปลูกกิ่งปักชำที่เกิดรากแล้วเป็นเวลา 30 วัน พบว่ากิ่งปักชำทั้งหมดรอดชีวิต (100%) กิ่งปักชำจากต้นแม่พันธุ์ที่ใส่ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 สูตร มีการตั้งตัวได้ดีใกล้เคียงกัน มีเปอร์เซ็นต์การผลิยอดใหม่ และคะแนนคุณภาพของรากมากกว่ากิ่งปักชำในชุดควบคุมจากต้นแม่พันธุ์ที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย

คำสำคัญ: จำนวนราก คุณภาพของราก การตั้งตัวของกิ่งปักชำ

คำนำ

การผลิตมะกรูดเพื่อตัดใบจำหน่ายเป็นการค้า จะปลูกต้นพันธุ์ในระยะชิด ใช้ระยะปลูก 50 x 50 ซม. ในพื้นที่ 1 ไร่ ใช้กิ่งพันธุ์ประมาณ 5,000 กิ่ง (อภิชาต และ อัมพา, 2557) โดยการผลิตกิ่งพันธุ์ในปัจจุบันนิยมใช้วิธีการตอนกิ่ง (air layering) เพราะมีต้นทุนต่ำและมีการเกิดรากได้ดีกว่าการปักชำ (stem cutting) ซึ่งยังได้ผลไม่ดีนักเพราะ เกิดรากน้อย ใบร่วง เน่าเสีย หรือกิ่งยังคงเขียวสดแต่ไม่เกิดราก แต่การปักชำเป็นวิธีที่ทำได้ง่าย รวดเร็ว และใน 1 รอบปีสามารถผลิตกิ่งพันธุ์จากต้นแม่พันธุ์ต้นหนึ่งๆ ได้ในจำนวนที่มากกว่าการตอนกิ่ง การจัดการธาตุอาหารให้กับต้นแม่พันธุ์อย่างเหมาะสม ทำให้มีจำนวนกิ่งที่มีคุณภาพเพื่อนำไปขยายพันธุ์มากขึ้น เป็นกิ่งที่มีอาหารสะสมเพียงพอที่จะใช้จนกระทั่งมีการเกิดราก (Gibson & Cerveny, 2005) บทบาทของธาตุอาหารต่อการเกิดรากของกิ่งปักชำ ส่วนหนึ่งเกี่ยวข้องกับความสมดุลของคาร์โบไฮเดรตกับไนโตรเจน (C/N ratio) ในเนื้อเยื่อ กิ่งยอดอายุน้อยที่ยังมีลักษณะอวบน้ำ มีไนโตรเจนในเนื้อเยื่อสูง แต่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำ มักเกิดรากไม่ดี และเน่าเสียง่าย ขณะที่กิ่งยอดที่เข้าสู่ระยะบริบูรณ์ ซึ่งมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น และมีไนโตรเจนต่ำลง เกิดรากได้ดี (นันทิยา, 2538)

ระดับธาตุอาหารของต้นแม่พันธุ์มีผลต่อความสำเร็จในการปักชำกิ่ง ต้นแม่พันธุ์ที่มีระดับธาตุอาหารเหมาะสมจะให้กิ่งปักชำที่มีคุณภาพจำนวนมาก และกิ่งปักชำสามารถเกิดรากได้ดี (Dick *et al*. 2004) Dag *et al*. (2012) รายงานว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) อัตราต่างๆ คือ N 0.4 – 14.1 มิลิโมล/ล. P 0.01 – 0.62 มิลิโมล/ล. และ K 0.25 – 5.33 มิลิโมล/ล. ตามลำดับ กับต้นแม่พันธุ์มะกอกโอลีฟซึ่งเป็นไม้ยืนต้นที่มีเนื้อไม้ (woody perennials) แล้วนำกิ่งมาปักชำพบว่า การให้ปุ๋ย N กับต้นแม่พันธุ์ในอัตราที่เพิ่มขึ้น ทำให้จำนวนกิ่งปักชำที่เกิดราก น้ำหนักราก และการรอดชีวิตของกิ่งปักชำลดลง ในขณะที่ปุ๋ย P และ K อัตราต่างๆ มีผลเพียงเล็กน้อยต่อการเกิดราก

และการรอดชีวิตของกิ่งปักชำ มีรายงานว่าการให้ปุ๋ย N กับต้นแม่พันธุ์ไม้ประดับยืนต้นประเภทไม่มีเนื้อไม้ (herbaceous perennials) 4 ชนิด ได้แก่ Gaura Dianthus Perovskia และ Salvia ในอัตรา 100 - 150 mg/L ให้จำนวนกิ่งปักชำที่มีคุณภาพเพิ่มขึ้น และเกิดรากได้ดี ขณะที่การให้ไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้นให้ผลดีขึ้นเพียงเล็กน้อย และการให้ไนโตรเจนในอัตราต่ำคือ 50 mg/L ทำให้ต้นแม่พันธุ์มีจำนวนกิ่งที่จะนำมาปักชำได้ลดลง (Twardowski *et al*. 2012)

ในการผลิตมะกรูดระยะชิดเพื่อตัดใบ แนะนำให้ใช้ปุ๋ยเคมีที่มีสัดส่วนของธาตุ N สูงกว่า P และ K เพื่อเร่งการเจริญเติบโตทางกิ่งและใบ ให้ได้กิ่งยอดมะกรูดที่มีใบสมบูรณ์จำนวนมากซึ่งเป็นลักษณะทางคุณภาพที่พึงประสงค์ (รวี,สามารถ, และสุขะวัฒน์, 2558) สอดคล้องกับความเข้มข้นของ NPK ในเนื้อเยื่อของใบและกิ่งยอดมะกรูดอายุ 45 วัน ซึ่งเป็นระยะพร้อมตัดไปจำหน่ายที่มีความเข้มข้นของ N มากกว่า K และ P ตามลำดับ คือ 2.74% N, 0.07% P และ 1.01% K ในส่วนของใบ และ 1.07% N, 0.06% P และ 0.59% K ในส่วนของกิ่ง (สุวิทย์ และคณะ, 2561) กิ่งยอดที่ได้เหล่านี้นอกจากจำหน่วยเป็นใบมะกรูดแล้วยังสามารถนำไปปักชำให้เกิดรากได้ดีเช่นกัน (สุขะวัฒน์ และคณะ, 2561ก; สุขะวัฒน์ และคณะ, 2561ข) แต่การให้ปุ๋ยที่มีสัดส่วน N สูงอาจทำให้พืชมีการเจริญเติบโตทางกิ่งใบมากกว่าปกติ ใบมีขนาดใหญ่ ยอดใหม่มีลักษณะอวบ และอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของศัตรูพืชและเชื้อโรคต่างๆ (Weinbaum, Johnson, & DeJong, 1992) กิ่งยอดมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตลดลง และเกิดรากได้น้อยลงเมื่อนำมาปักชำ (Hartmann, Kester& Davies,1990) การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการให้ปุ๋ยเคมีที่มีสัดส่วนของ N P และ K แตกต่างกันกับต้นแม่พันธุ์มะกรูดต่อลักษณะของกิ่งยอดที่ได้ การเกิดรากของกิ่งยอดที่นำไปปักชำ และการตั้งตัวของกิ่งปักชำหลังย้ายปลูก

อุปกรณ์และวิธีการ

ต้นแม่พันธุ์มะกรูดที่ใช้ในการทดลองปลูกในระยะชิด (50 x 50 ซม.) อายุประมาณ 5 ปี มีความสมบูรณ์และสม่ำเสมอ ทำการตัดแต่งกิ่งเพื่อกระตุ้นให้เกิดการผลิยอดใหม่ จากนั้นใส่ปุ๋ยเคมีที่มีสัดส่วนของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมแตกต่างกันให้กับต้นแม่พันธุ์ คือ สูตร 24-7-7 16-16-16 และ 21-7-14 ในอัตรา 10 ก./ต้น เริ่มใส่ปุ๋ยทางดินครั้งแรกทันทีหลังการตัดแต่งกิ่ง และใส่ปุ๋ยต่อเนื่องทุกๆ 10 วัน เป็นเวลา 2 เดือน (ระยะเวลาที่ยอดใหม่ใช้ในการพัฒนาจากตาเริ่มผลิจนกิ่งยอดได้ขนาดที่พร้อมตัดไปปักชำ) คิดเป็นปริมาณปุ๋ยรวมที่ให้เท่ากับ 14.4-4.2-4.2 N-P_2O_5-K_2O ก./ต้น 9.6-9.6-9.6 N-P_2O_5-K_2 ก./ต้น และ 12.6-4.2-8.4 N-P_2O_5-K_2 ก./ต้น ตามลำดับ โดยกำหนดให้ต้นแม่พันธุ์ที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีเป็นชุดควบคุม (control) หลังการตัดแต่งกิ่งประมาณ 7 วัน ตาเริ่มผลิออกมาเป็นยอดใหม่ และกำหนดให้ยอดใหม่ที่มีความยาวประมาณ 1 ซม. มีอายุเท่ากับ 1 วัน ซึ่งต้นแม่พันธุ์ต้นหนึ่งๆ ผลิยอดใหม่ได้หลายยอด และมีขนาดกิ่งยอดที่แตกต่างกัน เมื่อกิ่งยอดมีอายุ 60 วัน ซึ่งเป็นระยะที่พร้อมจะตัดกิ่งไปปักชำ เลือกตัดเฉพาะกิ่งยอดที่สมบูรณ์ ไม่มีร่องรอยความเสียหายจากโรคและแมลงศัตรู และมีความยาวไม่น้อยกว่า 20 ซม. จากต้นแม่พันธุ์ในตำรับทดลองต่างๆ เพื่อใช้ในการทดลอง ทำการวัดค่าความเขียวใบจากกิ่งยอดตัวแทน โดยวัดค่าจาก 3 ใบ/กิ่งยอด ด้วยเครื่อง Chlorophyll meter (Minolta SPAD-502, Konica-Minolta, Japan) บันทึกลักษณะของกิ่งยอดและใบ หากพบความผิดปกติเนื่องจากการได้รับปุ๋ยเคมีที่มีสัดส่วนของธาตุไนโตรเจนสูง

การเตรียมกิ่งปักชำและการเกิดรากของกิ่งปักชำ

หลังจากตัดกิ่งยอดจากต้นแม่พันธุ์แล้ว นำมาตัดเป็นกิ่งปักชำความยาว 20 ซม. ริดใบให้เหลือ 4 - 5 ใบ/กิ่ง ตัดโคนกิ่งเฉียง 45 องศา กรีดโคนกิ่งในแนวตั้ง 3 - 4 รอย เพื่อเพิ่มพื้นที่การเกิดราก จุ่มโคนกิ่งปักชำในสารละลาย Indole-3-butyric acid (IBA) 0.3% นาน 5 วินาทีแล้วยกขึ้น จากนั้นปักชำกิ่งในแก้วพลาสติกใสที่บรรจุทรายและถ่านแกลบอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร นำไปวางในกระบะพ่นหมอกซึ่งอยู่กลางแจ้ง ตั้งเวลาให้พ่นหมอกทุกๆ 5 นาทีในเวลากลางวัน นานครั้งละ 5 วินาที หลังจากปักชำเป็นเวลา 75 วัน ตรวจสอบการเกิดราก โดยบันทึกจำนวนกิ่งปักชำที่เกิดราก สังเกตสภาพกิ่งชำที่ไม่เกิดรากว่ายังคงเขียวสด และมีใบติดอยู่ หรือเกิดการเน่าเสียและมีใบร่วง นับจำนวนรากต่อกิ่ง และให้คะแนนคุณภาพรากของกิ่งปักชำในระดับ 1 - 5 คะแนน โดยการประเมินด้วยสายตาจากความสมบูรณ์แข็งแรงของราก ขนาดของราก จำนวนรากหลักที่พัฒนาออกมาจากโคนกิ่งปักชำ และจำนวนรากแขนงที่พัฒนาจากรากหลัก (Figure 1)

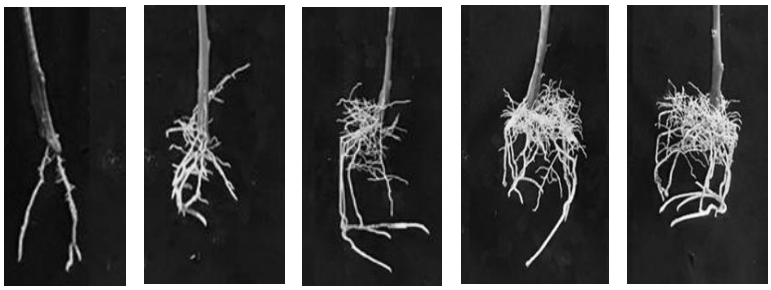

Figure 1 Root quality of cuttings was ranked in the scale of 1 – 5 based on their root vigor, root size, number of main roots developed from the base of the cuttings and development of branch roots from the main roots.

การตั้งตัวของกิ่งปักชำหลังการย้ายปลูก

ทำการย้ายปลูกกิ่งปักชำที่เกิดรากลงในกระถางพลาสติกขนาด 6 นิ้ว โดยใช้ดิน แกลบ ปุ๋ยคอก และขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1:1:1 โดยปริมาตรเป็นวัสดุปลูก เมื่อครบ 30 วัน บันทึกจำนวนต้นที่รอดชีวิต และจำนวนต้นที่มีการตั้งตัวได้ในระยะแรกหลังการย้ายปลูก ซึ่งพิจารณาจากความสามารถของกิ่งปักชำในการผลิยอดใหม่ และยอดมีการเติบโตต่อได้ และกิ่งปักชำมีการพัฒนาของรากเพิ่มขึ้น จากนั้นสุ่มต้นตัวแทน 5 ต้นจากแต่ละตำรับทดลองเพื่อประเมินการพัฒนาของรากหลังการย้ายปลูก โดยการให้คะแนนคุณภาพของรากในระดับ 1 - 5 คะแนน ซึ่งพิจารณาจากความสมบูรณ์แข็งแรงของราก ขนาดของราก จำนวนรากใหม่ที่เกิดขึ้นหลังการย้ายปลูก และมีการพัฒนาออกจากบริเวณตุ้มรากเดิม

แผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 4 ตำรับทดลอง (Treatment) คือ 1) ใส่ปุ๋ยสูตร 24-7-7 2) ใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-16 3) ใส่ปุ๋ยสูตร 21-7-14 และ 4) ชุดควบคุมที่ไม่ใส่ปุ๋ย ในแต่ละตำรับทดลองใช้กิ่งยอดจำนวน 20 กิ่ง (4 ซ้ำๆ ละ 5 กิ่ง) วิเคราะห์อิทธิพลของตำรับทดลองด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับ

ความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม SPSS version 15 for Window

ผลและวิจารณ์

กิ่งยอดมะกรูดอายุ 60 วัน จากต้นในชุดควบคุมซึ่งไม่ใส่ปุ๋ยเคมี และต้นที่ได้รับปุ๋ยเคมีที่มีสัดส่วนของ NPK ที่แตกต่างกัน มีความยาวกิ่ง จำนวนใบเฉลี่ย และมีขนาดใบไม่แตกต่างกัน โดยมีความยาวกิ่งเฉลี่ย 22.5 ซม. และจำนวนใบเฉลี่ย 17 ใบ ไม่พบลักษณะผิดปกติของกิ่งยอด และใบใหม่ เนื่องจากได้รับปุ๋ยเคมีที่มีสัดส่วนของ N สูง การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ทำให้กิ่งยอดมะกรูดมีค่าความเขียวใบมากกว่ากิ่งยอดในชุดควบคุม ส่วนกิ่งยอดมะกรูดจากต้นที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 24-7-7 และ 21-7-14 มีค่าความเขียวใบไม่แตกต่างจากต้นในชุดควบคุม (Table 1) หลังการตัดแต่งกิ่ง ต้นแม่พันธุ์ในทุกตำรับการทดลองมีจำนวนยอดใหม่ และขนาดของยอดใหม่ที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน โดยต้นที่มีจำนวนยอดใหม่มาก จะมีสัดส่วนของกิ่งยอดที่มีขนาดเล็ก สั้น มีใบน้อย เพิ่มขึ้น แต่ไม่ได้บันทึกข้อมูลจำนวนกิ่งยอดที่ได้คุณภาพ และกิ่งยอดที่มีขนาดเล็กไม่เหมาะนำมาปักชำของต้นแม่พันธุ์แต่ละต้นไว้ จากความแปรปรวนดังกล่าว ในการทดลองนี้จึงเลือกเฉพาะกิ่งยอดที่มีความสมบูรณ์ มีความยาวไม่น้อยกว่า 20 ซม. จากตำรับทดลองต่างๆ มาทำการปักชำ กิ่งยอดในแต่ละตำรับการทดลองจึงมีลักษณะไม่แตกต่างกัน ประกอบกับมีการให้ปุ๋ยต้นแม่พันธุ์ต่อเนื่องมาตั้งแต่ก่อนเริ่มการทดลอง จึงคาดว่าธาตุอาหารในดินและในเนื้อเยื่อพืชอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการเติบโตและพัฒนาในระยะสั้น การใส่ปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ จึงให้ผลใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับรายงานของ Boughalleb, Mhamdi, & Hajlaoul (2011) ที่พบว่าการให้ปุ๋ย NPK ที่มีสัดส่วนของ N ต่างกันถึง 2 เท่า คือ 180-90-180 และ 360-90-180 N-P_2O_5-K_2O กก./เฮกตาร์ กับเลมอนพันธุ์ Eureka และส้มพันธุ์ Maltese ต้นอายุน้อยที่ปลูกในสภาพแปลง ไม่ทำให้จำนวนใบและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกิ่งแตกต่างกัน และทำให้ความยาวยอดและพื้นที่ใบรวมเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในยอดใหม่ที่เกิดขึ้นในฤดูใบไม้ผลิ ฤดูร้อน และฤดูใบไม้ร่วง ซึ่งการที่พืชทดลองไม่ตอบสนองต่อปุ๋ย N ที่ให้ในอัตราเพิ่มขึ้นนั้น สัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารสะสมในเนื้อเยื่อของต้นพันธุ์ซึ่งอยู่ในระดับเพียงพอมาตั้งแต่ก่อนย้ายปลูกลงแปลง

Table 1 Leaf greenness values of 60 days old Kaffir lime shoots from stock plants receiving chemical fertilizer with different NPK ratios

Fertilizers	Leaf greenness value (SPAD unit)
Control	63.3b[1/]
Chemical fertilizer	
24-7-7	65.8b
16-16-16	69.1a
21-7-14	66.4ab

Note: [1/]Means followed by the same letter(s) are not significantly different by Duncan's New Multiple Range Test at p-value $\geq$ 0.05.

การเกิดรากของกิ่งปักชำ

หลังการปักชำในกระบะพ่นหมอกนาน 75 วัน พบว่า กิ่งปักชำจากต้นแม่พันธุ์ที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีการเกิดรากได้ 60 – 80% มีจำนวนราก 4.1 – 4.9 ราก/กิ่ง และมีคะแนนคุณภาพราก 2.1 – 2.5 คะแนน ซึ่งมีค่ามากกว่ากิ่งปักชำจากต้นในชุดควบคุมซึ่งเกิดรากเพียง 30% มีจำนวนราก 1.5 ราก/กิ่ง และคะแนนคุณภาพราก 1.3 คะแนน โดยการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 21-7-14 ส่งผลให้มีจำนวนกิ่งที่เกิดรากมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 และ 24-7-7 ตามลำดับ แต่ไม่ส่งผลให้จำนวนราก และคุณภาพรากของกิ่งปักชำแตกต่างกัน (Table 2) Gibson *et al*. (2005) รายงานว่าสัดส่วนของปุ๋ย NPK ที่เหมาะสมสำหรับต้นแม่พันธุ์ ซึ่งทำให้มีจำนวนกิ่งปักชำที่มีคุณภาพเพิ่มขึ้น และกิ่งปักชำสามารถเกิดรากได้ดี ผันแปรไปตามชนิดของพืช เช่น สัดส่วนระหว่าง N กับ K ที่เหมาะสมสำหรับต้นแม่พันธุ์ New Guinea impatient คือ 3:1 ส่วนต้นแม่พันธุ์ Dianthus คือ 1:2 และให้ปุ๋ย P ต่ำกว่า N ประมาณ 15 – 20% ในการทดลองนี้พบว่า การให้ปุ๋ยสูตร 24-7-7 ซึ่งมี N สูงกว่าสูตรอื่นๆ แต่มี P และ K ต่ำ (N:P:K = 3.4:1:1) ทำให้มีจำนวนกิ่งที่เกิดรากลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการให้ปุ๋ยเคมีอีก 2 สูตร คาดว่าเป็นเพราะสัดส่วนของ N ในปุ๋ยที่ให้นั้นมากเกินไป จากการศึกษาผลของการให้ปุ๋ย โดยเฉพาะปุ๋ย N กับต้นแม่พันธุ์ไม้ยืนต้นประเภทไม่ผลัดใบต่อการเกิดรากของกิ่งปักชำ พบว่าการให้ปุ๋ย N ในอัตราที่เพิ่มขึ้น แม้จะให้ผลดีคือทำให้มีจำนวนกิ่งที่จะนำไปปักชำได้เพิ่มขึ้น แต่ ทำให้อัตราการเกิดราก และการรอดชีวิตของกิ่งปักชำลดลง (Rowe, Blazich, & Weir, 1999; Henry, Blazich, & Hinesley, 1992) ซึ่งเป็นเพราะการได้รับปุ๋ย N เพิ่มขึ้นทำให้กิ่งปักชำมีระดับคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (total non-structural carbohydrates) ที่จำเป็นต่อการกระบวนการเกิดราก และพัฒนาการของรากลดลง เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมของไนโตรเจนในพืชได้แก่ การรีดิวซ์ไนเตรทไปไนไตรท์ และแอมโมเนียมไอออน และการนำแอมโมเนียมไอออนไปสร้างเป็นกรดอะมิโนเพิ่มขึ้น (Haissig, 1986; Rowe, Blazich, & Weir, 1999) ในขณะที่การให้ปุ๋ย P และ K มีผลต่อการเกิดรากของกิ่งปักชำไม่เด่นชัด ยกเว้นกรณีที่ให้ในอัตราที่ต่ำไป พืชได้รับ P และ K ไม่เพียงพอจนแสดงอาการขาดธาตุอาหาร จะส่งผลให้การเกิดรากของกิ่งปักชำลดลง (Dag *et al*. 2012)

มีข้อสังเกตว่า กิ่งปักชำจากต้นในชุดควบคุมมีการเกิดรากไม่สม่ำเสมอ กิ่งที่เกิดรากได้ส่วนใหญ่มีรากน้อยและรากไม่แข็งแรง กิ่งที่ไม่เกิดรากส่วนใหญ่ใบร่วง และเน่า มีเพียงบางส่วนที่กิ่งยังเขียวสดแต่ไม่เกิดราก ส่วนกิ่งปักชำจากต้นที่ใส่ปุ๋ยเคมีทั้งสามสูตรไม่พบอาการเน่า หรือ ใบร่วง กิ่งปักชำที่ไม่เกิดรากยังคงเขียวสด กิ่งปักชำบางส่วนที่เกิดรากได้ดีมีจำนวนรากต่อกิ่งมากและมีคะแนนคุณภาพรากสูง พบว่ารากเริ่มเติบโตวนไปตามแนวก้นถ้วยแก้วพลาสติกที่ใช้เป็นภาชนะปักชำ

แม้ว่ากิ่งปักชำจากต้นแม่พันธุ์ที่มีการให้ปุ๋ยและชุดควบคุมที่ไม่ใส่ปุ๋ย มีลักษณะเริ่มต้น ขนาด และค่าความเขียวใบใกล้เคียงกัน แต่การให้ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 สูตรกับต้นแม่พันธุ์มะกรูด ทำให้กิ่งปักชำเกิดรากได้ดี มีจำนวนรากมาก และมีคะแนนคุณภาพรากสูงกว่ากิ่งปักชำจากต้นแม่พันธุ์ที่ไม่ใส่ปุ๋ยอย่างเด่นชัด ส่วนหนึ่งเป็นเพราะการให้ปุ๋ยกับต้นแม่พันธุ์ช่วยให้ใบของกิ่งปักชำไม่ร่วงระหว่างการปักชำในกระบะพ่นหมอก ซึ่งใบของกิ่งปักชำสามารถสังเคราะห์แสง และสร้างคาร์โบไฮเดรตได้ระหว่างการปักชำ (Dick *et al*., 1996) การศึกษาการปักชำกิ่งไม้ยืนต้น *Triplochiton scleroxylon* พบว่า ใบของกิ่งปักชำจากต้นแม่พันธุ์ที่ได้รับปุ๋ยอย่างเพียงพอ มีอัตราการสังเคราะห์แสงมากกว่า และกิ่งปักชำเกิดรากได้เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกิ่งปักชำจากต้นแม่พันธุ์ที่ไม่ใส่ปุ๋ย (Dick *et al.* 2004; Pellicer *et al.* 2000) รายงานว่า

คาร์โบไฮเดรตกว่า 80% ที่พบในรากของกิ่งปักชำสน (Larch) ได้มาจากการสังเคราะห์แสงที่เกิดขึ้นระหว่างการปักชำ ซึ่งยืนยันความสำคัญของการคงอยู่ของใบของกิ่งปักชำกับการเกิดราก

Table 2 Rooting percentage and root quality of Kaffir lime stem cuttings from stock plants receiving chemical fertilizers with different NPK ratios. Cuttings were propagated under intermittent mist for 75 days

Treatments	Rooting (%)	Root number (no./cutting)	Root quality (score)
Control	30d[1/]	1.5b[2/]	1.3b[2/]
Chemical fertilizer			
24-7-7	60c	4.5a	2.1a
16-16-16	70b	4.1a	2.2a
21-7-14	80a	4.9a	2.5a

Note: [1/] Means in each column followed by the same letter(s) were not statistically different by Duncan's New Multiple Range Test at *p*-value $\geq$ 0.05.

การตั้งตัวหลังการย้ายปลูก

ทำการย้ายกิ่งปักชำที่เกิดรากแล้วจากตำรับทดลองต่างๆ ลงปลูกในกระถางขนาด 6 นิ้ว ใช้ดินผสมเป็นวัสดุปลูก เพื่อติดตามการตั้งตัวในระยะแรกหลังการย้ายปลูกของกิ่งปักชำพบว่า หลังการย้ายปลูก 30 วัน กิ่งปักชำทั้งหมดรอดชีวิต กิ่งปักชำจากต้นแม่พันธุ์ที่ใส่ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 สูตร มีการตั้งตัวได้ดี มีการผลิยอดใหม่ทั้งหมด (ตั้งตัวได้ 100%) และยอดใหม่มีการเติบโตดี ไม่พบการร่วงของใบ ขณะที่กิ่งปักชำจากต้นในชุดควบคุมมีอาการใบร่วง มีจำนวนต้นที่มีการผลิใบใหม่ ตั้งตัวได้เพียง 67% ส่วนต้นที่เหลือยังคงเขียวสด แต่ยังไม่มีการผลิยอดใหม่ (Table 3) จากการสุ่มตัวอย่างต้นตัวแทนในแต่ละตำรับทดลองมาตรวจสอบสภาพของรากพบว่า กิ่งปักชำจากต้นแม่พันธุ์ที่ใส่ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 สูตร มีการพัฒนาของรากเพิ่มขึ้นหลังการย้ายปลูก มีรากใหม่ที่เติบโตออกจากตุ้มรากเดิมเพิ่มขึ้น มีคะแนนคุณภาพราก 3.4 - 4.2 คะแนน ซึ่งดีกว่ากิ่งปักชำจากต้นในชุดควบคุมที่มีการพัฒนาของรากใหม่หลังการย้ายปลูกไม่ดีนัก มีคะแนนคุณภาพรากเพียง 1.3 คะแนน (Table 3) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กิ่งปักชำที่ได้จากต้นแม่พันธุ์ที่ใส่ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 สูตร ซึ่งเกิดรากได้ดี มีจำนวนรากต่อกิ่ง และคะแนนคุณภาพของรากมากนั้น สามารถตั้งตัวหลังการย้ายปลูกได้ดีกว่ากิ่งปักชำจากต้นแม่พันธุ์ที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย ช่วยลดความสูญเสียเนื่องจากต้นตาย และเพิ่มโอกาสที่จะประสบความสำเร็จในการปลูกพืชในระยะแรก สอดคล้องกับการทดลองย้ายปลูกกิ่งพันธุ์สน Douglas fir (Ritchie, 1993) และ Loblolly pine Goldfarb *et al*. (1998) ที่พบว่า กิ่งพันธุ์ที่มีระบบรากดี มีจำนวนรากต่อกิ่งมาก สามารถตั้งตัวและเติบโตได้ดีกว่ากิ่งพันธุ์ที่มีจำนวนรากต่อกิ่งน้อยในระยะแรกหลังการย้ายปลูก อย่างไรก็ตาม เมื่อเวลาผ่านไปหลายปี กิ่งพันธุ์ทั้งสองกลุ่มมีการเติบโตไม่แตกต่างกัน

Table 3 Establishment (rooted cuttings with new shoot emergence) and root quality of Kaffir lime rooted cuttings after transplantation for 30 days. Cuttings were taken from stock plants receiving chemical fertilizers with different NPK ratios and propagated under intermittent mist for 75 days

Treatments	Cutting with new shoots (%)	Root quality (score)
Control	67b[1/]	2.0b[1/]
Chemical fertilizer		
24-7-7	100a	3.6a
16-16-16	100a	3.4a
21-7-14	100a	4.2a

Note: [1/] Means in each column followed by the same letter(s) were not statistically different by Duncan's New Multiple Range Test at *p*-value $\geq$ 0.05.

สรุป

การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 24-7-7 16-16-16 และ 21-7-14 กับต้นแม่พันธุ์มะกรูดซึ่งปลูกในระยะชิด (50 x 50 ซม.) ในอัตรา 10 ก./ต้น ทุก 10 วัน เป็นเวลา 2 เดือน ระหว่างที่กิ่งยอดใหม่กำลังพัฒนาทำให้กิ่งยอดใหม่ที่อายุ 60 วันซึ่งเป็นระยะที่พร้อมตัดไปปักชำ มีค่าความเขียวใบเพิ่มขึ้น แต่มีลักษณะของกิ่งและใบไม่แตกต่างจากกิ่งยอดจากต้นควบคุมที่ไม่ใส่ปุ๋ย เมื่อนำกิ่งยอดที่มีอายุ 60 วันนี้ไปปักชำในกระบะพ่นหมอกเป็นเวลา 75 วันพบว่า กิ่งปักชำจากต้นแม่พันธุ์ที่ได้รับปุ๋ยเคมีทั้ง 3 สูตร มีจำนวนกิ่งที่เกิดราก จำนวนรากต่อกิ่ง และคะแนนคุณภาพรากของกิ่งปักชำมากกว่ากิ่งปักชำจากต้นควบคุมที่ไม่ใส่ปุ๋ย โดยปุ๋ยสูตร 21-7-14 ทำให้มีจำนวนกิ่งปักชำที่เกิดรากมากที่สุด เมื่อย้ายปลูกกิ่งปักชำที่เกิดรากแล้วพบว่า กิ่งปักชำจากต้นแม่พันธุ์ที่ได้รับปุ๋ยเคมีทั้ง 3 สูตร มีการตั้งตัวหลังย้ายปลูกได้ดีกว่า มีจำนวนกิ่งปักชำที่ผลิยอดใหม่และยอดสามารถเจริญเติบโตต่อได้ และคะแนนคุณภาพของรากมากกว่ากิ่งปักชำจากต้นแม่พันธุ์ที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย

เอกสารอ้างอิง

นันทิยา วรรธนะภูติ. (2538). *การขยายพันธุ์พืช.* (น. 447) กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตว์.

รวี เสรฐภักดี, สามารถ เศรษฐวิทยา, และสุขะวัฒน์ ทองเหลี่ยว. (2558). *เทคนิคการผลิตมะกรูดตัดใบเชิงการค้า.* (น. 5) เอกสารวิชาการลำดับที่ 2, ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

สุขะวัฒน์ ทองเหลี่ยว, สามารถ เศรษฐวิทยา, ธญานี สีบุตรา, กฤษณา กฤษณพุกต์, และ ลพ ภวภูตานนท์. (2561). ผลของอายุกิ่งยอดต่อการเกิดรากของกิ่งปักชำมะกรูด. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 49*(1), (พิเศษ), 426-429.

สุขะวัฒน์ ทองเหลี่ยว, สามารถ เศรษฐวิทยา, อดิศร หงส์ตะนุ, กฤษณา กฤษณพุกต์, และ ลพ ภวภูตานนท์. (2561). ผลของ NAA และขนาดของกิ่งต่อการเกิดรากของกิ่งปักชำมะกรูด. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 49*(1), (พิเศษ), 422-425.

สุวิทย์ ธีระกุลพิศุทธิ์, สุขะวัฒน์ ทองเหลี่ยว, สามารถ เศรษฐวิทยา, ภาสันต์ ศารทูลทัต, และลพ ภวภูตานนท์. (2561). ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สูญเสียไปกับผลผลิตใบมะกรูด. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร,* 49(1), (พิเศษ), 351-354.

อภิชาต ศรีสะอาด และอัมพา คำวงษา. (2557). *สารพันเทคนิคการผลิตมะนาวนอกฤดู & มะกรูดตัดใบ (ระยะชิด) อาชีพสร้างเงินล้าน.* (น. 107). กรุงเทพฯ: นาคา อินเตอร์มีเดีย.

Boughalleb, F., Mhamdi, M., & Hajlaoul, H. (2011). Response of young citrus trees to NPK fertilization under greenhouse and field conditions. *Agricultural Journal, 6*(3), 66-73.

Dag, A., Erel, R., Ben-Gal, A., Zipori, I., & Yermiyahu, U. (2012). The effect of olive tree stock plant nutritional status on propagation rate. *HortScience, 47*(2) , 307-310.

Dick, J. M., Bisset, H., & McBeath, C. (1996). Provenance variation in rooting ability of Calliandra calothyrsus. *Forest Ecology and Management, 87*, 175-184.

Dick, J. M., Leakey, R. R. B., McBeath, C., Harvey, F., Smith, R. I., & Woods, C. (2004). Influence of nutrient application rate on growth and rooting potential of the West African hardwood Triplochiton scleroxylon. *Tree Physiology, 24*, 35-44.

Gibson, J. L., & Cerveny, C. B. (2005). Stock plant production and management basics for small greenhouse businesses. *EDIS, 2005*(15).

Gibson, L., Whipker, B., Nelson, P., Dole, J., & Cerveny, C. (2005). Stock plant and cutting nutrition. *Greenhouse Product News magazine,* 48-52.

Goldfarb, B., Surles, S. E., Thetford, M., & Blazich, F. A. (1998). Effects of root morphology of rooted stem cuttings of loblolly pine on growth in a nursery and the first year in the field. *Southern Journal of Applied Forestry, 22*(4), 231-234.

Haissig, B. E. (1986). Metabolic processes in adventitious rooting of cuttings. In Jackson M. B. (ed.), *New Root Formation in Plants and Cuttings* (pp. 141-190). Netherlands: Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht.

Hartmann, H. T., Kester, D. E., & Davies, F. T. Jr. (1990). *Plant Propagation: Principles and Practices* (5th ed.). (p. 647). USA, New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

Henry, P. H., Blazich, F. A., & Hinesley, L. E. (1992). Nitrogen Nutrition of Containerized Eastern Redcedar. II. Influence of Stock Plant Fertility on Adventitious Rooting of Stem Cuttings. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 117*(4), 568-570.

Pellicer, V., Guehl, J. M., Daudet, F. A., Cazet, M., Riviere, L. M., & Maillard, P. (2000). Carbon and nitrogen mobilization in Larix × eurolepis leafy stem cuttings assessed by dual 13C and 15N labeling: relationships with rooting. *Tree Physiology, 20*, 807-814.

Ritchie, G. A., Tanaka, Y., Meade, R., & Duke, S. D. (1993). Field survival and early height growth of Douglas-fir rooted cuttings: relationship to stem diameter and root stem quality. *Forest Ecology and Management, 60*(3-4), 237-256.

Rowe, D. B., Blazich, F. A., & Weir, R. J. (1999). Mineral nutrient and carbohydrate status of loblolly pine during mist propagation as influenced by stock plant nitrogen fertility. *HortScience, 34*(7), 1279-1285.

Twardowski, C. M., Crocker, J. L., Freeborn, J. R., & Scoggins, H. L. (2012). Quantity and quality of cuttings as influenced by stock plant nutrition of herbaceous perennials. *HortScience, 22*(1), 89-93.

Weinbaum, S. A., Johnson, R. S., & DeJong, T. M. (1992). Causes and consequences of overfertilization in orchards. *HortTechnology, 2*(1), 112-121.