วารสารเกษตร 20 (1) : 32 – 43 (2547)

Journal of Agriculture 20 (1) : 32 – 43 (2004)

ผลของโปแตสเซียมคลอเรตต่อปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม และฮอร์โมน ในรากลำไย

Effect of Potassium Chlorate on Nitrogen, Phosphorus, Potassium and Hormone Content of Longan Root

ดารณี เกียรติสกุล [1/] และ ตระกูล ตันสุวรรณ[1/]

Daranee Kiatsakun[1/] and Tragool Tunsuwan[1/]

Abstract: Effect of potassium chlorate on content of nitrogen, phosphorus, potassium and hormones of longan root were conducted on November 2000 at the Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. One year old propagated longans var. Dor were grown with fine sand in 12 inches diameter pots. The data were collected for four consecutive weeks after treatments. The result revealed that there was no flower in untreated plants. On the other hand, the flowering was observed in the treated plants after 18 days. The content of nitrogen, phosphorus and potassium three weeks after treatment were not different from untreated plants. The concentration of root auxin, cytokinin and ethylene in treated plants on the second week, prior to flowering time were higher than untreated plants. The correlation among mineral nutrients between root, leaf and shoot and the correlation between root hormones of treated were different from untreated plants.

[1/] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1/] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของโปแตสเซียมคลอเรตที่มีต่อปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียมและฮอร์โมนในรากลำไย เมื่อเดือนพฤศจิกายน 2543 ที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ กับลำไยพันธุ์ดอต้นกิ่งตอนอายุ 1 ปี ปลูกในกระถางขนาด 12 นิ้ว บรรจุด้วยทรายละเอียด บันทึกผลการทดลองสัปดาห์ละครั้ง รวม 4 สัปดาห์หลังราดสาร ผลการทดลองพบว่าต้นที่ไม่ใส่สารไม่ออกดอก แต่ต้นที่ใส่สารสามารถสังเกตเห็นตาดอกในวันที่ 18 ของการทดลอง ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียมใน 3 สัปดาห์แรกไม่มีความแตกต่างจากต้นที่ไม่ได้รับสาร แต่ออกซิน ไซโตไคนินและเอทธิลีนในรากของต้นที่ได้รับสารมีปริมาณสูงกว่าต้นที่ไม่ได้รับสารในสัปดาห์ที่ 2 ซึ่งเป็นช่วงเวลาก่อนออกดอก ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารในราก ยอดและใบ และความสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนในรากของต้นที่ได้รับสารแตกต่างจากต้นที่ไม่ได้รับสาร

Index words: โปแตสเซียมคลอเรต, ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โปแตสเซียม, ฮอร์โมน, ลำไย
Potassium Chlorate, Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Hormone, longan

คำนำ

ลำไย (*Euphoria longana* Lam.) เป็นไม้ผลเขตกึ่งร้อน ต้องการอุณหภูมิต่ำประมาณ 15-20^0 ซ เป็นเวลานาน 2-4 สัปดาห์เพื่อกระตุ้นการออกดอก เมื่อลำไยไม่ได้รับอุณหภูมิที่ต่ำพอจะไม่ออกดอกหรือออกดอกน้อย (รวี , 2542) ปัจจุบันเกษตรกรหันมานิยมใช้สารโปแตสเซียมคลอเรต ($KClO_3$) ในการบังคับให้ลำไยออกดอก โปแตสเซียมคลอเรตเมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้โปแตสเซียมอิออน (K^+) และอนุมูลคลอเรตอิออน (ClO_3^-) (ธนะชัย, 2542) คลอเรตเป็นสารตั้งต้น (substrate) ของเอนไซม์ Nitrate reductase (NR) โดยคลอเรตจะถูกรีดิวส์ไปเป็นคลอไรต์ (ClO_2^-) และไฮโปคลอไรต์ (ClO^-) อย่างไรก็ตามเป็นที่ยอมรับกันแพร่หลายว่าฮอร์โมนเกี่ยวข้องกับการออกดอกของพืชหลายชนิด ลิ้นจี่ที่ปลูกในสภาพความชื้นต่ำ อุณหภูมิ 30/20 ^{0}ซ ในช่วงกลางวันและกลางคืน ส่วนรากได้รับอุณหภูมิ 12.5^{0}ซจะไม่ออกดอกอาจเนื่องจากมีการสะสมแป้งที่ยอดน้อย และอาจเกี่ยวข้องกับการที่มีปริมาณจิบเบอริลลินสูงขณะที่มีกิจกรรมของไซโตไคนินต่ำ (Menzel *et al*., 1989) แต่ Chen (1991) พบว่าปริมาณไซโตไคนินจะต่ำในตาที่ยังไม่เปลี่ยนเป็นตาดอก และจะเพิ่มปริมาณขึ้นหลายเท่าหลังจากที่เริ่มพัฒนาเป็นตาดอก ในลำไยก็พบว่าปริมาณไซโตไคนินชนิด zeatin และ zeatin riboside สูงขณะเริ่มสร้างตาดอก (Chen *et al*., 1997) แต่จากการทดลองของ Hegele *et al*. (in print) กลับพบว่าลำไยก่อนออกดอกมีปริมาณไซโตไคนินสูงแต่มีออกซินต่ำ เช่นเดียวกับลำไยที่พ่นด้วยเอทธิฟอนพบว่ามีปริมาณไซโตไคนิน และ ABA (absciscic acid) สูงขึ้นซึ่งอาจเป็นฮอร์โมนที่ทำให้ลำไยออกดอกในขณะที่จิบเบอริลลินยับยั้งการออกดอก (Qiu, *et al*. 2001).

รากมีหน้าที่หลายอย่างทั้งค้ำจุนต้น ดูดน้ำและแร่ธาตุและแลกเปลี่ยนฮอร์โมนกับยอด รากสามารถสังเคราะห์ฮอร์โมนที่สำคัญเช่นไซโตไคนินถูกสร้างที่ปลายรากซึ่งจะเคลื่อนจากรากทางท่อน้ำไปยังส่วนยอดเพื่อควบคุมการเจริญ การสังเคราะห์แสงและการแก่ ABA ถูกสร้างขึ้นที่ปลายราก เมื่อรากขาดน้ำ ปริมาณ ABA ในรากที่สูงขึ้นจะสัมพันธ์

กับความต้านทานปากใบ ถึงแม้เอทธิลีนจะสามารถสร้างได้ในทุกส่วนของพืชเพราะไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้เนื่องจากอยู่ในรูปของก๊าซ แต่ ACC (1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของเอทธิลีนพบว่าถูกเคลื่อนย้ายออกมาจากรากโดยจะพบมากขึ้นเมื่ออยู่ในสภาพขาดออกซิเจน IAA (indole acetic acid) จะเปลี่ยนแปลงระหว่างมีการเจริญเติบโต ใน *Euphorbia escular* พบว่าปริมาณของ free IAA ในรากแก้วหลังจากออกดอกลดลงถึง 40% เมื่อเทียบกับช่วงก่อนออกดอก (Nissen and Foley 1987) สำหรับจิบเบอเรลลิน (GA) แม้ไม่ได้สังเคราะห์ในรากแต่ใน *Phaseolus coccineus* พบว่า GA_{19} ในยอดจะเคลื่อนมาที่รากเพื่อเปลี่ยนเป็น GA_1แล้วถูกส่งกลับไปที่ยอด จะเห็นว่าปริมาณฮอร์โมนที่รากมักสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนที่ยอดและส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปแตสเซียมคลอเรตที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียมในต้นและปริมาณฮอร์โมนในรากที่อาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับการการเกิดตาดอกของลำไย

อุปกรณ์และวิธีการ

ลำไยพันธุ์ดอกิ่งตอนอายุ 1 ปี ปลูกในกระถางขนาด 12 นิ้วที่บรรจุทรายละเอียด ใส่โปแตสเซียมคลอเรตในอัตรา 0.05 ก/ต้น เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ใส่สาร วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อก (RCB) 3 ซ้ำ แต่ละหน่วยทดลองประกอบด้วยลำไย3 ต้นเก็บข้อมูลทุกสัปดาห์เป็นเวลา4 สัปดาห์ติดต่อกัน หลังราดสารหาปริมาณ ไนโตรเจนโดยดัดแปลงจากวิธีของ Ohyama *et al.* (1985, 1986) ฟอสฟอรัสโดยวิธี Colorimetry method และโปแตสเซียมโดยวิธีของ Mizukoshi *et al.* (1994) สำหรับฮอร์โมน IAA หาปริมาณโดยวิธี Mung bean seedling bioassay (Withham *et al*., 1986) GA โดยวิธี Rice microdrop bioassay (Nishijima *et al*., 1992) ไซโตไคนินโดยวิธี Soybean hypocotyl bioassay (Chen *et al*., 1997) และปริมาณเอทธิลีนหาโดยวิธี Submerged vacuum extraction (Saltveit, 1982)

ผลการทดลอง

การทดลองเปรียบเทียบการใส่โปแตส-เซียมคลอเรตกับลำไยที่ไม่ใส่สารพบว่า ต้นที่ไม่ใส่สารไม่ออกดอก แต่ต้นที่ใส่สารสามารถสังเกตเห็นตาดอกด้วยตาเปล่าในวันที่ 18 หลังราดสาร เมื่อตรวจสอบ Cross section ของยอดและตาข้างด้วยกล้องจุลทรรศน์ในสัปดาห์ที่ 2 พบว่ายังไม่มีการสร้างตาดอก ดังนั้นการเก็บข้อมูลในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 จึงเป็นข้อมูลก่อนการสร้างตาดอก ดังรูปที่แสดงยอดของลำไย 4 สัปดาห์หลังราดโปแตสเซียม- คลอเรต (ภาพที่ 1)

1. ผลของโปแตสเซียมคลอเรตต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมในลำไย

ปริมาณไนโตรเจนในใบสูงกว่าในยอดและในยอดจะสูงกว่าในราก ปริมาณไนโตรเจนในรากใบและยอดของต้นที่ราดสารไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับต้นที่ไม่ได้รับสาร ยกเว้น ปริมาณไนโตรเจนของยอดในสัปดาห์ที่ 4 ในยอดของต้นที่ได้รับสารจะมีปริมาณสูงกว่าต้นที่ไม่ได้รับสารอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 1)

ปริมาณฟอสฟอรัสในราก ใบและยอดใกล้เคียงกัน ปริมาณฟอสฟอรัสในต้นที่ได้รับสารไม่แตกต่างจากต้นที่ไม่ได้รับสาร (ตารางที่ 2)

ปริมาณโปแตสเซียมในใบมีปริมาณมากที่สุด ปริมาณโปแตสเซียมในรากและใบของต้นที่ราดสารและต้นที่ไม่ได้ราดสารไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นสัปดาห์ที่ 4 พบว่าต้นที่ราดสารมีปริมาณโปแตสเซียมในยอดสูงกว่าต้นที่ไม่ได้ราดสารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3)



Week 1 Week 2 Week 3 Week 4

Table 1 **The percentage of nitrogen of roots, leaves and shoots at four weeks after treated with $KClO_3$.**

Plant organs	Weeks	Total nitrogen (%)		Sign. differ.
		- KClO3	+ KClO3	
Roots	1	2.49	2.46	ns
	2	2.42	2.51	ns
	3	2.43	2.37	ns
	4	2.06	2.07	ns
Leaves	1	5.00	5.07	ns
	2	5.84	5.37	ns
	3	3.63	3.41	ns
	4	3.26	3.54	ns
Shoots	1	3.01	2.95	ns
	2	2.71	2.43	ns
	3	3.13	3.43	ns
	4	2.33 b	3.76 a	**

Table 2 The percentage of phosphorus of roots, leaves and shoots at four weeks after treated with $KClO_3$.

Plant organs	Weeks	Phosphorus (%)		Sign. differ.
		- $KClO_3$	+ $KClO_3$	
Roots	1	0.32	0.33	ns
	2	0.21	0.19	ns
	3	0.24	0.18	ns
	4	0.17	0.17	ns
Leaves	1	0.20	0.19	ns
	2	0.22	0.20	ns
	3	0.16	0.16	ns
	4	0.17	0.20	ns
Shoots	1	0.25	0.25	ns
	2	0.24	0.26	ns
	3	0.21	0.20	ns
	4	0.29	0.21	ns

Table 3 Potassium content of roots, leaves and shoots at four weeks after treated with $KClO_3$.

Plant organs	Weeks	Potassium (%)		Sign. differ.
		- KClO3	+ KClO3	
Roots	1	0.71	0.60	ns
	2	0.60	0.64	ns
	3	0.62	0.56	ns
	4	0.54	0.54	ns
Leaves	1	0.89	0.86	ns
	2	0.85	0.83	ns
	3	0.86	0.96	ns
	4	0.90	0.87	ns
Shoots	1	0.77	0.77	ns
	2	0.76	0.70	ns
	3	0.74	0.71	ns
	4	0.67 b	0.88 a	*

2. ผลของโปแตสเซียมคลอเรตต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฮอร์โมนในรากของลำไย

ปริมาณสารคล้ายออกซินในรากของต้นที่ได้รับสารมีแนวโน้มสูงกว่าต้นที่ไม่ได้รับสารตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 หลังราดสารแต่มีความแตกต่างทางสถิติในสัปดาห์ที่ 2 หลังจากนั้นจะลดต่ำลง ขณะที่ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินั้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งก่อนและหลังการออกดอก สำหรับสารคล้ายไซโตไคนินในรากของต้นที่ได้รับสารโปแตสเซียมคลอเรตในสัปดาห์ที่ 2 มีปริมาณมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับสารอย่างมีนัยสำคัญ เอทธิลีนในรากของต้นที่ได้รับโปแตสเซียมคลอเรตมีความเข้มข้นสูงกว่าต้นที่ไม่ได้รับสารอย่างมีนัยสำคัญในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 (ตารางที่ 4และภาพที่ 2)

Table 4 Content of IAA and auxin-like substances (μ g g^{-1}FW), GA-like substances (μ g g^{-1}FW), cytokinin-like substances (ng g^{-1} FW) and ethylene (ppm) in root of plants treated with $KClO_3$ (+ $KClO_3$) compared with untreated plants (- $KClO_3$) at four weeks after treatments

Hormones	Weeks	- $KClO_3$	+ $KClO_3$	Sign. differ.
IAA	1	13.05 ± 1.31	20.53 ± 1.85	ns
	2	9.90 ± 0.63	18.83 ± 1.47	*
	3	15.14 ± 2.08	16.43 ± 2.27	ns
	4	8.64 ± 2.57	6.98 ± 1.72	ns
GA_3	1	0.119 ± 0.03	0.146 ± 0.04	ns
	2	0.271± 0.03	0.250 ± 0.06	ns
	3	0.321± 0.06	0.302 ± 0.03	ns
	4	0.271 ± 0.07	0.323 ± 0.09	ns
Cytokinins	1	0.060 ± 0.01	0.041 ± 0.01	ns
	2	0.057 ± 0.00	0.108 ± 0.01	*
	3	0.114 ± 0.00	0.088 ± 0.01	ns
	4	0.121 ± 0.01	0.123 ± 0.01	ns
Ethylene	1	0.114 ± 0.02	0.124 ± 0.03	ns
	2	0.105 ± 0.03	0.137 ± 0.03	*
	3	0.160 ± 0.02	0.220 ± 0.01	*
	4	0.277 ± 0.02	0.333 ± 0.04	ns

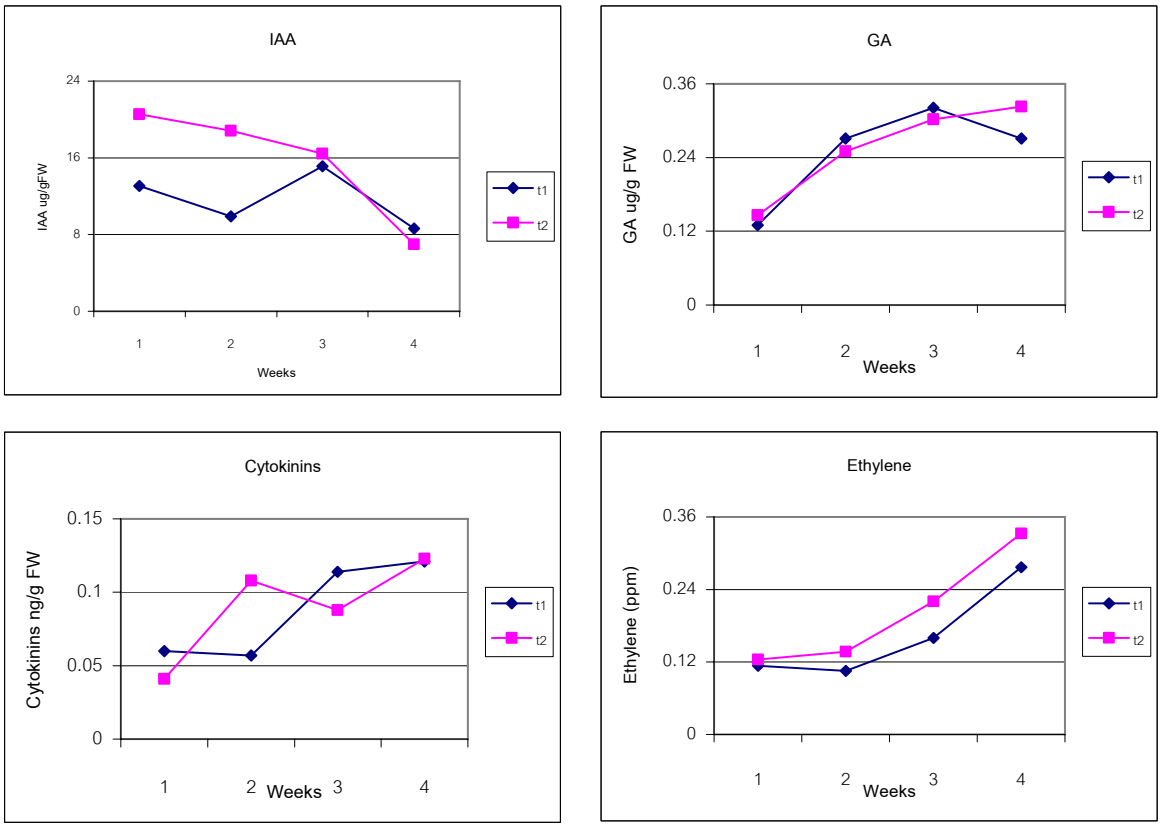


Figure 2 Hormone contents of root of plants treated with $KClO_3$ (T2) compared with untreated plants (T1).

3. ความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม

ในต้นที่ไม่ได้รับสาร ความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนในรากและยอดสูงกว่าในรากและใบ (r = .8897 and .6336 ตามลำดับ) พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างโปแตสเซียมในรากและยอด (r=.8563)ขณะที่ไม่พบความสัมพันธ์ของฟอสฟอรัสระหว่างราก ใบและยอด แต่พบว่าฟอสฟอรัสในรากมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับโปแตสเซียมในราก (r = .9929) และพบความสัมพันธ์ในเชิงลบระหว่างไนโตรเจนในยอดและฟอสฟอรัสในยอด(r = -. 8861) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารพบว่าเมื่อใดก็ตาม ที่พบว่ามีไนโตรเจนในรากสูงจะพบปริมาณฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมในรากสูง และปริมาณไนโตรเจนและโปแตสเซียมในยอดก็สูงด้วย (ภาพที่ 3)

ในต้นที่ได้รับสารพบความสัมพันธ์ในเชิงลบระหว่างไนโตรเจนในยอดกับไนโตรเจนในใบ (r = -.9272) และราก (r = -.8797) พบความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างโปแตสเซียมในยอดและราก (r = -. 7204) นอกจากนั้นยังพบความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างไนโตรเจนในยอดและโปแตสเซียมในรากอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (r = -1.0000) สรุปว่าเมื่อใดก็ตามที่ปริมาณไนโตรเจนและโปแตสเซียมในยอดสูงจะพบว่า ปริมาณไนโตรเจนและโปแตสเซียมในรากจะต่ำ ดังภาพที่ 3

4. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฮอร์โมนในราก

ในต้นที่ไม่ได้รับสารไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างออกซินกับจิบเบอเรลลินและไซโตไคนิน แต่พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างไซโตไคนินและเอทธิลีน ไซโตไคนินกับจิบเบอเรลลิน และความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างออกซินและเอทธิลีน ดัง ตารางที่ 5

ในต้นที่ได้รับสารพบว่าออกซินมีความสัมพันธ์เชิงลบกับฮอร์โมนในรากทุกตัว โดยเฉพาะเอทธิลีน (r = -.978) ขณะที่พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างจิบเบอริลลินกับไซโตไคนิน และเอทธิลีน ส่วนไซโตไคนินและ เอทธิลีนก็พบความสัมพันธ์เชิงบวกเช่นกัน (ตารางที่ 6)

รูปแบบความสัมพันธ์ของฮอร์โมนในรากของต้นที่ได้รับสารคล้ายกับต้นที่ไม่ได้รับสารโปแตสเซียมคลอเรต แต่ความสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนในรากของต้นที่ได้รับสารมีความสัมพันธ์กันมากกว่าในต้นที่ไม่ได้รับสาร

Table 5 The correlation of root hormones of untreated plants.

	IAA	GA	Cytokinins	Ethylene
IAA	1.000	-.027	.022	-.457
		p= .973	p= .978	p= .543
GA		1.000	.622	.351
			p= .378	p= .649
Cytokinins			1.000	.845
				p= .155
Ethylene				1.000

Table 6 The correlation of root hormones of treated plants.

	IAA	GA	Cytokinins	Ethylene
IAA	1.000	- .755	- .712	-.978
		p= .245	p= .288	p= .022
GA		1.000	.875	.814
			p= .125	p= .186
Cytokinins			1.000	.674
				p= .326
Ethylene				1.000

สรุปผลและวิจารณ์

1. ผลของโปแตสเซียมคลอเรตต่อปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปแตสเซียม

โปแตสเซียมคลอเรตไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปแตส- เซียมในลำไย โดยปริมาณไนโตรเจนของราก ใบและยอดของต้นที่ได้รับสารไม่แตกต่างจากต้นที่ไม่ได้รับสารใน 3 สัปดาห์แรกของการทดลอง ส่วนในสัปดาห์ที่ 4 ปริมาณไนโตรเจนในยอดของต้นที่ได้รับสารมีสูงกว่าในยอดของต้นที่ไม่ได้รับสารอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะที่ยอดของต้นที่ได้รับสารเป็นช่อดอกซึ่งต้องใช้ไนโตรเจนสูงเพื่อการเจริญเติบโตเนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของโปรตีนเมมเบรน กรดนิวคลิอิกและสารอื่น ๆ ที่สำคัญต่อการแบ่งเซลล์และการเจริญ-เติบโต แต่เมื่อตรวจหาปริมาณไนเตรทพบว่าไน- เตรทของรากในสัปดาห์ที่ 2 ของต้นที่ได้รับสารมีปริมาณมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับสารอย่างมีนัยสำคัญ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) แสดงว่าไนเตรทในรากของต้นที่ได้รับสารถูก รีดิวส์ได้น้อย ซึ่งอาจมีสาเหตุเนื่องมาจากคลอไรท์ (ClO_2^-) ซึ่งเป็นคลอเรตที่ถูกรีดิวส์โดย nitrate reductase (NR) เป็นสารที่ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์นี้ (LaBrie, 1991) ส่งผลให้ไน-เตรทที่รากซึ่งจะถูกรีดิวส์โดยเอนไซม์นี้เช่นกันถูก รีดิวส์ได้น้อยลง หรืออาจเป็นเพราะปริมาณสารคล้ายออกซินของรากสูงในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ออกซินกระตุ้นการปลดปล่อย H^+ เหมาะต่อการสร้างเอนไซม์ glutamate dehydrogenase และลดปริมาณ glutamine synthetase (Sahulka, 1981) ใน Arabidopsis พบกรดอะมิโน 4 ชนิดที่มีปริมาณมากถึง 60-64 % คือ glutamine, glutamate, aspartate และ asparagine (Lam *et al*., 1996)ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของกรดอะมิโน อาจทำให้พืชสร้างโปรตีนชนิดใหม่ชักนำให้เกิดกิจกรรมอื่นที่ต่างไปจากเดิม เพราะแม้แต่ปริมาณ free lysine ที่เพิ่มมากขึ้นใน *Lemna paucicostata* เนื่องจากปลูกในอาหารที่ไม่มีไนโตรเจน ก็สามารถชักนำให้พืชนี้ออกดอกได้ (Tanaka *et al*., 1993)

ปริมาณฟอสฟอรัสในต้นที่ได้รับสารไม่แตกต่างจากต้นที่ไม่ได้รับสาร ทั้งนี้อาจเป็นเพราะฟอสฟอรัสในบางระบบอยู่ในสภาวะสมดุลย์ เช่น การเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสผ่านเมมเบรนทาง phosphate translocator เมื่อ inorganic phosphate (P_i) ถูกดูดผ่านเมมเบรนเข้าไป triose phosphates ก็จะเคลื่อนออกมาจากคลอโรพลาสต์แทน พืชนอกจากจะดูดฟอสฟอรัสจากดินแล้วยังได้ฟอสฟอรัสที่เคลื่อนย้ายมาจากใบแก่ (Mengel and Kirkby, 1987) สำหรับโปแตสเซียมที่มีปริมาณสูงในสัปดาห์ที่ 4 ของต้นที่ได้รับสารอาจเป็นเพราะ โปแตสเซียมเกี่ยวข้องกับการขนถ่ายอาหารที่ผ่านทางท่ออาหาร โดยเฉพาะต้นที่ได้รับสารซึ่งที่ยอดกลายเป็นช่อดอกซึ่งเป็นแหล่งที่ใช้อาหารอย่างมาก

2. ผลของโปแตสเซียมคลอเรตต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฮอร์โมนในราก

ปริมาณออกซินในรากของต้นที่ได้รับสารในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 มีปริมาณสูงคล้ายกับปริมาณออกซินในรากของ *Euphorbia escular* ก่อนการออกดอกแล้วจะลดลงถึง 40 % หลังออกดอก (Nissen and Foley, 1997) แต่ปริมาณออกซินที่ยอดของยาสูบลดลงก่อนการออกดอก (Bernier *et al*., 1993) ทำนองเดียวกับลำไยที่พบปริมาณออกซิน (IAA) ในยอดของลำไยมีปริมาณค่อนข้างต่ำหลังราดสาร โปแตสเซียมคลอเรตได้ 1 สัปดาห์ (Hegele *et al*., 2003)

ไซโตไคนินในรากของต้นที่ได้รับสารในสัปดาห์ที่ 2 สูงกว่าต้นที่ไม่ได้รับสาร คล้ายกับ *Synapsis alba* ที่มีปริมาณไซโตไคนินในรากสูงก่อนออกดอก โดยมากเป็นไซโตไคนินชนิด zeatin riboside รองลงมาคือ isopentenyladenine (Bernier *et al*., 1993) ใน *Rosa hybrida* ก็พบปริมาณไซโตไคนินของ xylem sap จะลดลงหลังมีการแตกตา (Dieleman *et al*., 1997) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของไซโตไคนินในระยะสั้น ๆ จะลดการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากรากสู่ต้นเพื่อลดการเจริญเติบโตที่ยอดก่อนที่จะออกดอก แต่ในขณะที่พืชสร้างตาดอกจะพบ กิจกรรมของ zeatin และ zeatin riboside สูงในบริเวณยอด (Chen *et al*., 1997) ส่วนปริมาณจิบเบอริลลินในรากของต้นที่ได้รับสารและไม่ได้รับสารไม่มีความแตกต่างกันอาจเป็นเพราะจิบเบอริล-ลินเกี่ยวข้องกับการเจริญของรากมากกว่าจะเกี่ยวข้องกับการออกดอกของลำไย เพราะโดยทั่วไปแล้วจิบเบอริลลินจะยับยั้งการออกดอกของไม้ยืนต้น (Blazquez *et al*., 1998)

ปริมาณเอทธิลีนในรากของต้นที่ได้รับสารเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 ต่างจากต้นที่ไม่ได้รับสาร ออกซินในรากอาจชักนำให้เกิดการสร้าง ACC ซึ่งเป็นสารที่จำเป็นต่อการสร้างเอทธิลีน อย่างไรก็ตามใน *Chenopodium rubrum* พบว่าปริมาณเอทธิ-ลีนในรากไม่ได้ขึ้นกับปริมาณออกซินหรือความมืด (Ullmann *et al*., 1985) ปริมาณเอทธิลีนมักเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ไม่เฉพาะถูกกระตุ้นจากสภาพแวด-ล้อมเท่านั้นแต่จะเปลี่ยนแปลงตามการเจริญเติบโตตามปกติ (Hooykaas *et al*., 1999) เอทธิลีนที่เกิดขึ้นในใบและยอดอาจเนื่องจากถูกส่งสัญญาณมาจากราก (Roberts *et al*. 2002)

3. ผลของโปแตสเซียมคลอเรตต่อความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปแตสเซียม

ในต้นที่ได้รับสารพบว่าปริมาณ N และ K มีความสัมพันธ์เชิงบวกทั้งในรากและในยอด เมื่อ N และ K ในยอดมีปริมาณสูง K ในใบจะมีปริมาณสูงเช่นกัน อาจเนื่องจาก K เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของ ATPase ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายซูโครสออกจากใบ K ยังช่วยเคลื่อนย้ายซูโครสออกจากเซลล์สู่ช่องว่างระหว่างเซลล์ทำให้อาหารเคลื่อนย้ายเข้าสู่ท่ออาหารได้เร็ว และเคลื่อนย้ายไปยังส่วน ต่าง ๆ ที่ต้องการใช้น้ำตาลโดยเฉพาะยอดได้เร็วขึ้นเพราะ K ทำให้ค่า osmotic potential ในท่ออาหารสูงขึ้น (Marschner, 1986)

ในรากของต้นที่ได้รับสารพบว่าออกซินมีความสัมพันธ์เชิงลบกับจิบเบอริลลิน ไซโตไคนินและเอทธิลีน และพบปริมาณออกซิน ไซโตไคนินและเอทธิลีนสูงในสัปดาห์ที่ 2 ก่อนการออกดอก ซึ่งดูเหมือนว่าจะไม่ใช่เพื่อการเจริญเติบโตของรากเพราะพบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่ไม่ใช่โครงสร้างและน้ำตาลรีดิวส์ในรากไม่มีการเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด แต่ปริมาณสารดังกล่าวกลับสูงขึ้นที่ยอดอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2- 4 (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงปริมาณฮอร์โมนในราก อาจเป็นส่วนหนึ่งที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเพื่อกระตุ้นให้พืชสร้างตาดอก

สรุปว่าโปแตสเซียมคลอเรตสามารถชักนำให้ลำไยออกดอกได้โดยอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรทและฮอร์โมนบางชนิดในรากซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณสารที่อยู่ในส่วนยอด ผลของการเปลี่ยนแปลงสารเหล่านี้อาจส่งสัญญาณไปยังยีนส์ที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกแล้วมีผลทำให้ลำไยออกดอกได้

เอกสารอ้างอิง

ธนะชัย พันธ์เกษมสุข. 2542. ลำไยกับสารประกอบคลอเรต. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ 53 หน้า.

รวี เสรฐภักดี. 2542. การออกดอกของลำไยและการใช้สารบังคับ. เคหการเกษตร 23(4): 88-96.

Bernier, G., A. Havelange, C. Houssa, A. Petitjean, and P. Lejeune. 1993. Physiological signals that induce flowering. Plant Cell. 5: 1147-1155.

Blazquez, M. A., R. green, O. Nilsson, M. T. Sussman and D. Weigel. 1998. Gibberellins promote flowering of Arabidopsis by activation the LEAFY promoter. Plant Cell. 10: 791-800.

Chen, W. S. 1991. Changes in cytokinins before and during early flower bud differentiation in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) Plant Physiol. 96: 1203-1206.

Chen, W., K. Huang and H. Yu. 1997. Cytokinins from terminal buds of *Euphoria longana* during different growth stages. Physiol. Plant. 99: 185-189.

Dieleman, J., F. Verstappen, B. Nicander, D. Kuiper, E. Tillberg and J. Tromp. 1997. Cytokinins in *Rosa hybrida* in relation to bud break [Online]. Available http//www.bio21.bas.bg/ipp/BJPP26_1-2_39-47.pdf[2003, Jan 9].

Hegele, M., D. Naphrom, P. Manochai, A. Chattrakul, P. Sruamsiri and F. Bangerth. Effect of leaf age on the response of flower induction and related hormonal changes in longan trees after potassium chlorate treatment. Acta Hort. (In print)

Hooykaas, P. J. J., M. A. Hall and K. R. Libbenga. 1999. Biochmistry and Molecular Biology of Plant Hormones. Elsevier Science. Netherlands. 541 pp.

LaBrie, S. T., J. Q. Wilkinson and N.M. Crawford. 1991. Effect of chlorate treatment on nitrate reductase and nitrate reductase gene expression in *Arabidopsis thaliana*. Plant Physiol. 97: 873-879.

Lam, H. –M., K. T. Coschigano, I.C. Oliveira, R. Melo-Oliveira and G. M. Coruzzi. 1996. The molecular-genetics of nitrogen assimilation into amino acids in higher plants. Ann.Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 47: 569-593.

Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press INC. (London) Ltd. 674 p.

Mengel, K. and E. A. Kirkby. 1987. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute, Bern, Switzerland. 685 p.

Menzel, C. M., T. S. Rasmussen and D. R. Simpson. 1989. Effects of temperature and leaf water stress on growth and flowering of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). J. of Horticultural Science.64(6): 739-752.

Mizukoshi, K., T. Nishiwaki, N. Ohtake, R. Minagawa, K. Kobayashi, T. Ikarashi and T. Ohyama. 1994. Determination of tungsten concentration in plant materials by HNO_3-$HClO_3$ digestion and colorimetric method using thiocyanate. Bull. Fac. Agri. Niigata Univ., 46: 51-56.

Nishijima, T., M. Koshioka and H. Yamaji. 1992. A non-dwarf rice seedling bioassay for gibberellins. Plant Physiol. 98: 962-965.

Nissen, S. J. and M.E. Foley. 1987. *Euphorbia escula* L. root and root bud indole-3-acetic levels at three phenologic stages. Plant Physiol. 84: 287-290.

Ohyama, T., T. Ikarashi and A. Baba. 1985. Nitrogen accumulation in the roots of tulip plant (*Tulipa gesneriana*). Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr. 31: 581-588.

Ohyama, T., T. Ikarashi and A. Baba. 1986. Analysis of the reserve carbohydrate in bulb scales of autumn planting bulb plant. Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr. 57: 119-125.

Roberts, J. A., A. Hussain, I. B. Taylor and C. R. Black. 2002. Use of mutants to study long-distance signaling in response to compacted soil. J. Exp. Bot. 53 (366): 45-50.

Qiu, J., X. Luo and D. Wu. 2001. Regulation of flower bud differentiation in longan. Acta Hort. 558: 225-228.

Sahulka, J. 1981. Regulation of enzymes involved in inorganic N metabolism in pea roots. *In* Structure and Function of Plant Roots. Martinus Nijhaff/Dr. W. Junk Publishers, The Netherlands. 415 p.

Saltveit, M. E. Jr. 1982. Procedures for extracting and analyzing internal gas samples from plant tissue by gas chromatography. HortScience. 17(6): 878-881.

Tanaka O, Y. Fukuoka, F. Okamoto , H. Nishimura , N. Nishimura and G. Takeba . 1993. Lysine reverses the inhibition of flowering by elastatinal, a protease inhibitor in *Lemna paucicostata* 151. Plant Cell Physiol. 34: 473-479.

Ullmann, J., F. Seidlova, J. Krekule and L. Pavlova. 1985. *Chenopodium rubrum* as a model plant for testing the flowering effects of PGRs. Biol. Plant. 27: 367-372.

Whitham, F.H., D.F. Blaydes and R. M. Devlin. 1986. Exercises in Plant Physiology. Prindle, Neber & Schmidt, 324 p.