การลดปริมาณโพแทสเซียมในผักที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรพอนิกส์

The potassium concentration decreasing in vegetable planted in hydroponic system

กนกพร มานันตพงศ์ [1], ศิริรัตน์ อนุตระกูลชัย [2], รัฐพล ไกรกลาง [3], พรทิวา กัญยวงศ์หา [4] และ อนงนาฏ ศรีประโชติ [1*]

Kanokporn Manantapong [1], Sirirat Anutrakulchai [2], Rattaphol Kraiklang [3], Pornthiwa Kanyawongha [4] and Anongnat Sriprachote [1*]

(Received 28 Nov. 2019 ; Accepted 25 Dec. 2019)

บทคัดย่อ

งานทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการลดปริมาณโพแทสเซียมในผัก 6 ชนิดให้ต่ำกว่า 200 mg 100 g^{-1} FW เพื่อผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง โดยปลูกด้วยระบบไฮโดรพอนิกส์ ใช้ผักทดลอง 6 ชนิด ประกอบด้วย ผักกาดกวางตุ้ง ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ผักกาดเขียวปลี ผักกาดเขียวน้อย ผักกาดหอม และผักคะน้า วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบไปด้วย 6 ตำรับการทดลองที่มีปริมาณโพแทสเซียมไนเตรตแตกต่างกัน (K3, K1/2, K1/4, K0, 1WK0 และ 2WK0) จำนวน 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่าผักทั้ง 6 ชนิด มีปริมาณโพแทสเซียมลดลงตามปริมาณโพแทสเซียมในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ลดลง ในขณะที่น้ำหนักสด ความสูง และปริมาณคลอโรฟิลล์ ไม่แตกต่างจากผักที่ได้โพแทสเซียมในปริมาณปกติ (3 mM KNO_3) แม้ว่าจะพบอาการใบไหม้ในตำรับ K0 และน้ำหนักสดที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน 2WK0 แต่อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการปลูกผักที่มีโพแทสเซียมต่ำสามารถทำได้ แต่จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม

Abstract

The objective of this experiment was to establish a suitable method for reducing potassium content in 6 kinds of vegetable containing K lower than 200 mg 100 g^{-1} FW which is suitable for chronic kidney disease patients. This experiment was done under the hydroponic system, using 6 varieties

คำสำคัญ: โพแทสเซียม, ผักกินใบ, ไฮโดรพอนิกส์, ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง

[1] สาขาปฐพีศาสตร์และสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
[1] Department of Soil science and Environment, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University
[2] ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002
[2] Department of Medicine, Faculty of Medicine, Khon Kaen University
[3] สาขาวิชาโภชนศาสตร์เพื่อสุขภาพ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
[3] Major of Nutrition for Health, Faculty of Public Health, Khon Kaen University
[4] ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[4] Department of Plant Production Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
[*] Corresponding author: anonsr@kku.ac.th

of leafy vegetables, including chinese cabbage, bok choy, green mustard, indian mustard, lettuce and kale. The experiment design was of completely randomized design with 6 treatments of differenced potassium nitrate levels (K3, K1/2, K1/4, K0, 1WK0 and 2WK0) the decrease of potassium in the nutrient solution. On the other hand, fresh weight, height of vegetables, and the amount of chlorophyll were not different from the control (3 mM KNO_3). Although the necrosis symptoms were found in the K0 treatment, and the significantly decreased of fresh weight in the 2WK0 treatment. However, the result indicating that a suitable method to producing low potassium content vegetable for chronic kidney disease patients could be achieved. However, more advanced research is needed.

บทนำ

ไต (kidney) เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่ในการกรองของเสียออกจากร่างกายรวมทั้งแร่ธาตุโพแทสเซียม (K) หากไตทำงานเป็นปกติจะสามารถขับโพแทสเซียมออกได้สูงถึงร้อยละ 90 ต่อวันของปริมาณที่ร่างกายรับเข้าไป (Kes, 2001) แต่ในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง (chronic kidney disease; CKD) ไตจะไม่สามารถขับโพแทสเซียมออกมาได้หมด เพราะว่าหน่วยไตถูกทำลายลงอย่างต่อเนื่องจนไม่สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ จึงสะสมโพแทสเซียมทำให้เกิดภาวะโพแทสเซียมในเลือดสูง ส่งผลต่อการทำงานของหัวใจและเป็นสาเหตุการเสียชีวิตแบบเฉียบพลันเนื่องจากหัวใจล้มเหลว (Putcha and Allon, 2007) โดยปกติมนุษย์เราควรได้รับโพแทสเซียมจากการบริโภคอาหารวันละประมาณ 2,000-3,000 mg K day^{-1} แต่สำหรับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ควรได้รับไม่เกิน 2,000 mg K day^{-1} ส่วนผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 5 ไม่ควรเกิน 1,500 mg K day^{-1} (Pollock *et al*., 2005) เพื่อการได้รับโภชนาการที่เหมาะสม ดังนั้น ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังควรบริโภคผักและผลไม้วันละ 200-240 กรัม แบ่งเป็น 2 มื้อๆ ละ 100-120 กรัม โดยผักที่บริโภคควรมีระดับโพแทสเซียมไม่เกิน 200 mg 100 g^{-1} FW (ชวลิต, 2561)

โพแทสเซียม (K) เป็นแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ มีมากเป็นอันดับ 3 ในร่างกาย รองจากแคลเซียมและฟอสฟอรัส ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ หัวใจและระบบประสาท ช่วยรักษาระดับสมดุลอิเล็กโทรไลต์และค่าพีเอช (pH) ของระบบของเหลวในร่างกาย ควบคุมการทำงานของเอนไซม์และการไหลเวียนของของเหลว ทำหน้าที่รักษาสมดุลน้ำและเกลือแร่ ซึ่งหากร่างกายมีระดับโพแทสเซียมที่มากเกินไป หรือน้อยเกินไปอาจเป็นอันตรายถึงชีวิต โดยปกติแล้วมนุษย์ควรมีระดับโพแทสเซียมในเลือดอยู่ระหว่าง 3.5-5.0 mEq L^{-1} ถ้าในเลือดมีระดับโพแทสเซียมสูงกว่าค่าที่กำหนด จะส่งผลต่อการทำงานของหัวใจผิดปกติ เกิดอาการช็อค หมดสติและเสียชีวิตในที่สุด (Talukder *et al*., 2016) นอกจากนี้โพแทสเซียมยังเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชอีกด้วย โดยพืชจะดูดใช้โพแทสเซียมในปริมาณ

Key words : Potassium, Leafy vegetable, Hydroponic, Chronic Kidney Disease (CKD)

ที่สูงกว่าธาตุอื่น รองมาจากไนโตรเจน เพราะพืชต้องการโพแทสเซียมเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและนำไปพัฒนาส่วนต่างๆ ของพืช โพแทสเซียมจะทำหน้าที่ควบคุมการเปิดและปิดของปากใบ ควบคุมสมดุลน้ำในเซลล์ ควบคุมการแลกเปลี่ยนแร่ธาตุระหว่างนอกเซลล์และในเซลล์ของพืช รวมไปถึงกระบวนการสังเคราะห์แสงในพืชและยังมีส่วนสำคัญสำหรับคุณภาพผลผลิตทางการเกษตร เช่น สีสัน ความกรอบ รสชาติ กลิ่น ขนาด และระยะเวลาในการเก็บรักษา (ยงยุทธ, 2552)

จากรายงานของชวลิต (2561) ปริมาณโพแทสเซียมในผักจะแบ่งออก 3 ระดับ ดังนี้ 1) ผักที่มีโพแทสเซียมสูง (กลุ่มผักสีเข้ม) มีปริมาณโพแทสเซียม 200-400 mg 100 g^{-1} FW ขึ้นไป เช่น ผักโขม ใบขี้เหล็ก ผักหวาน ฟักทอง แขนงกะหล่ำ ผักกวางตุ้ง ถั่วฝักยาว ผักชี ต้นกระเทียม ปวยเล้ง บร็อคโคลี่ และคะน้า 2) ผักที่มีโพแทสเซียมปานกลาง 100-200 mg 100 g^{-1} FW เช่น เห็ดนางฟ้า พริกหวาน มะระจีน มะเขือยาว มะเขือเทศ ถั่วงอก และถั่วลันเตา และ 3) ผักที่มีโพแทสเซียมต่ำ (กลุ่มผักสีซีด) ต้องมีโพแทสเซียมไม่เกิน 100 mg 100 g^{-1} FW เช่น บวบเหลี่ยม ถั่วพู หอมหัวใหญ่ ผักกาดขาว กะหล่ำปลี เห็ดหูหนูขาว แตงกวา และฟักเขียว และจากการสำรวจผักที่จำหน่ายในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น พบว่า ผักกินใบที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมอยู่ในระดับสูง (200-400 mg 100 g^{-1} FW) ขึ้นไป คือ ผักกวางตุ้ง 227.5-237.5 mg 100 g^{-1} FW, ผักกวางตุ้งฮองเต้ 226.7-267.1 mg 100 g^{-1} FW, ผักกาดเขียวปลี 280.0 mg 100 g^{-1} FW, ผักกาดเขียวน้อย 220.0 mg 100 g^{-1} FW และผักคะน้า 210.0-212.1 mg 100 g^{-1} FW ยกเว้นผักกาดหอม 140.5-166.0 mg 100 g^{-1} FW มีปริมาณโพแทสเซียมอยู่ในระดับปานกลาง (100-200 mg 100 g^{-1} FW) ซึ่งผันแปรตามแหล่งผลิต จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมในผัก ได้แก่ สภาพแวดล้อม แหล่งที่ปลูก ชนิด และอัตราการใส่ปุ๋ย ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิต และชนิดของผัก ซึ่งเป็นตัวกำหนดปริมาณโพแทสเซียม โดยผักกลุ่มสีเข้มต้องการโพแทสเซียมที่สูงกว่าผักกลุ่มสีซีด

เนื่องจากผักและผลไม้มีปริมาณโพแทสเซียมสูงจึงเป็นข้อจำกัดและสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังไม่สามารถบริโภคผักและผลไม้ได้ ทำให้ร่างกายขาดวิตามิน เกลือแร่ และโภชนาการอื่นๆ ตามมา ดังนั้นเพื่อให้ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังสามารถบริโภคผักได้ดั่งเช่นคนทั่วไป จึงมีความสนใจที่จะศึกษาแนวทางในการลดปริมาณโพแทสเซียมในผัก โดยนำเอาเทคโนโลยีการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินด้วยระบบไฮโดรพอนิกส์ (hydroponic) มาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากสามารถควบคุมปริมาณธาตุอาหารในสารละลายที่ให้แก่พืชได้ง่าย สามารถผลิตผักและผลไม้ที่มีปริมาณโพแทสเซียมสะสมต่ำ เพื่อเป็นทางเลือกในการบริโภคผักและผลไม้สำหรับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักที่มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำกว่า 200 mg 100 g^{-1} FW สำหรับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

พืชทดลอง

คัดเลือกผักกินใบที่นิยมบริโภค 6 ชนิด ได้แก่ ผักกาดกวางตุ้ง (Chinese cabbage; *Brassica chinensis* Jusl var. parachinensis),

ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ (Bok choy; *Brassica chinensis* var. chinensis), ผักกาดเขียวปลี (Green mustard; *Brassica juncea* L., czernjaew), ผักกาดเขียวน้อย (Indian mustard; *Brassica juncea* L. cruciferae), ผักกาดหอม (Lettuce; *Lactuca sativa* L.) และผักคะน้า (Kale; *Brassica albroglabra*)

สารละลายธาตุอาหารพืช

สารละลายธาตุอาหารพืชสูตร Enshi solution ประกอบด้วย 3.00x10^{-3} M KNO_3, 2.00 x10^{-3} M $Ca(NO_3)_2.4H_2O$, 1.00x10^{-3} M $MgSO_4.7H_2O$, 0.50x10^{-3} M $NH_4H_2PO_4$, 2.31x10^{-5} M H_3BO_3, 2.69x10^{-5} M $C_{10}H_{12}FeN_2NaO_8.3H_2O$, 4.55x$10^{-6}$ M $MnCl_2.4H_2O$, 3.80x10^{-7} M $ZnSO_4.7H_2O$, 1.60 x10^{-7} M $CuSO_4.5H_2O$ และ 1.50 x10^{-8} M $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ (Ogawa *et al*., 2007)

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) ทั้งหมด 6 ตำรับการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ตำรับการทดลองที่ 1 ตำรับควบคุมผักได้รับ 3 mM KNO_3 (K3), ตำรับการทดลองที่ 2 ผักได้รับ 1/2 ของ 3 mM KNO_3 (K1/2), ตำรับการทดลองที่ 3 ผักได้รับ 1/4 ของ 3 mM KNO_3 (K1/4), ตำรับการทดลองที่ 4 ผักไม่ได้รับ 3 mM KNO_3 (K0), ตำรับการทดลองที่ 5 ผักได้รับ 3 mM KNO_3 ตลอดการทดลองจนอายุครบ 38 วัน จากนั้นไม่ได้รับ 3 mM KNO_3 หนึ่งสัปดาห์ก่อนเก็บเกี่ยว (1WK0) และตำรับการทดลองที่ 6 คือ ผักได้รับ 3 mM KNO_3 ตลอดการทดลองจนอายุครบ 31 วัน จากนั้นไม่ได้รับ 3 mM KNO_3 สองสัปดาห์ก่อนเก็บเกี่ยว (2WK0) ตามลำดับ (Table 1) เตรียมต้นกล้าโดยการเพาะเมล็ดผักในที่มืดเป็นเวลา 4 วัน จากนั้นย้ายต้นกล้าลงฟองน้ำเพาะกล้าในสารละลายธาตุอาหารที่มีปริมาณโพแทสเซียม 3 mM KNO_3 เมื่อต้นกล้ามีอายุ 14 วัน ย้ายต้นกล้าลงในสารละลายธาตุอาหารตามตำรับการทดลองดังกล่าวข้างต้น เปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารพืชทุก 2 สัปดาห์ รักษาระดับ pH ที่ 6.5 ด้วย 0.5 M HCl หรือ 0.1 M NaOH และ EC ที่ 1.8 mS cm^{-1} ด้วย 2 M NaCl ตลอดการทดลองจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต (45 วัน)

Table 1 Treatment for cultivations with low potassium concentration of vegetables.

Treatment	Transplant							Harvest
	0	7	14	21	28	31	38	45 days
Treatment 1 = K3	3 mM KNO_3							
Treatment 2 = K1/2	1/2 (3 mM KNO_3)							
Treatment 3 = K1/4	1/4 (3 mM KNO_3)							
Treatment 4 = K0	- KNO_3							
Treatment 5 = 1WK0	3 mM KNO_3						- KNO_3	
Treatment 6 = 2WK0	3 mM KNO_3					- KNO_3		

การเก็บตัวอย่างผลผลิต

เมื่ออายุครบ 45 วัน วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ด้วยเครื่อง SPAD–502 ของ Minolta วัดความสูงของต้น และเก็บผลผลิตชั่งน้ำหนักสด จากนั้นนำผักไปล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา และน้ำกลั่น ตามลำดับ หั่นตัวอย่างเป็นชิ้นเล็กๆ แบ่งผักออกมา 10 กรัม ใส่ถุงซิปล็อค นำไปแช่แข็งเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในน้ำหนักสดต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมและโซเดียมในน้ำหนักสด

ชั่งน้ำหนักผักสด 10 กรัม บดตัวอย่างด้วยโกร่งบดยาให้ละเอียดจนได้ตัวอย่างน้ำผักสกัด (cell sap and xylem sap) นำมาวัดปริมาณโพแทสเซียมและโซเดียมในผักสดด้วยเครื่อง K^+ and Na^+ ion meter ของ Horiba รุ่น LAQUA twin (Chandrappa *et al*., 2016)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละตำรับการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลอง

ผลการลดปริมาณโพแทสเซียมไนเตรต (KNO_3) ในสารละลายธาตุอาหารต่อปริมาณโพแทสเซียมในผัก แสดงไว้ใน Figure 1 จากรูปจะเห็นได้ว่าที่ K0 (ไม่ได้รับโพแทสเซียมตั้งแต่เริ่มปลูก) ผักทุกชนิดมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำกว่า 200 mg 100 g^{-1} FW ในขณะที่ตำรับการทดลอง K3 (ผักที่ได้รับโพแทสเซียม 3 mM KNO_3 ตลอดระยะเวลาการปลูก) ผักมีปริมาณโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 570-760 mg 100 g^{-1} FW ซึ่งสูงเกิน

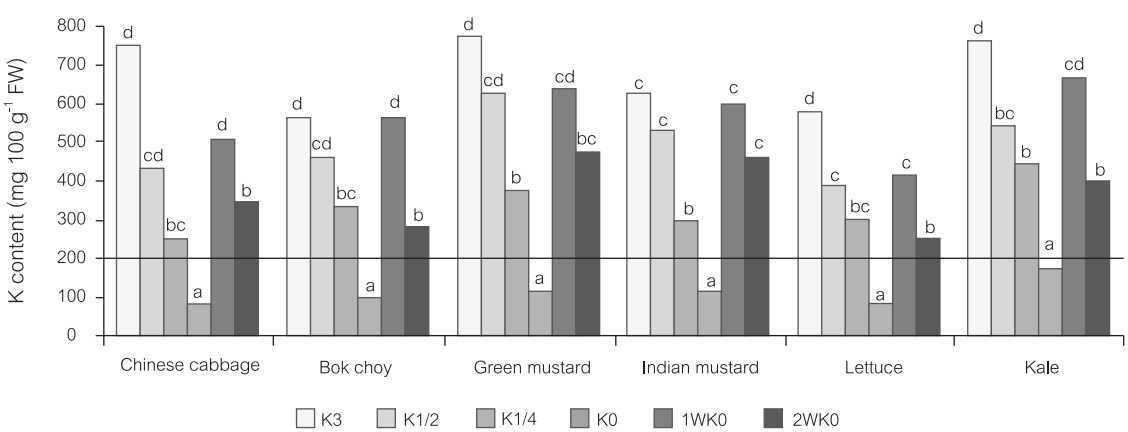

Figure 1 Potassium content in fresh weight of vegetables at the harvest as affected by potassium restricted treatment. The different letters indicated significantly different according to Duncan's new multiple range test at $p < 0.05$ (n=3). The black line is an expected value which is 200 mg K 100 g^{-1} FW for CKD patients that can be consumed.

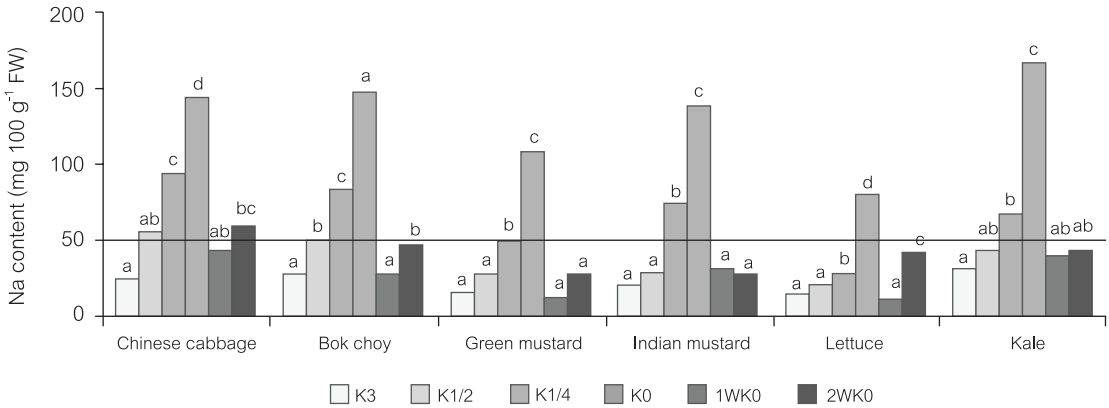

Figure 2 Sodium content in fresh weight of vegetables at the harvest as affected by potassium restricted treatment. The different letters indicated significantly different according to Duncan's new multiple range test at $p < 0.05$ (n=3). The black line is an expected value which is 50 mg Na 100 g^{-1} FW for CKD patients that can be consumed.

กว่าระดับปริมาณโพแทสเซียมในผักที่ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังจะสามารถบริโภคได้คือ ไม่เกิน 200 mg 100 g^{-1} FW ต่อวัน เนื่องจากผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะ 3-5 ควรได้รับปริมาณโพแทสเซียมน้อยกว่า 2,000 มิลลิกรัม และควรบริโภคผักอย่างน้อย 100-120 กรัมต่อวัน ดังนั้นผักที่เหมาะสำหรับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังควรมีปริมาณโพแทสเซียมน้อยกว่า 200 mg 100 g^{-1} FW โดยปริมาณโพแทสเซียมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามปริมาณของโพแทสเซียมไนเตรตในสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งลดลงในตำรับการทดลองที่ลดโพแทสเซียมลง 1/2 และ 1/4 ของ 3 mM KNO_3 ตามลำดับ เช่นเดียวกับตำรับการทดลอง 1WK0 และ 2KW0 ปริมาณโพแทสเซียมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับตำรับการทดลอง K3 จะเห็นได้ว่าในทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับการทดลองที่ไม่ได้รับโพแทสเซียม 3 mM KNO_3 (K0) ผักทุกชนิดมีปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่า 200 mg 100 g^{-1} FW

นอกจากนี้องค์การอนามัยโลกกำหนดเอาไว้ว่าผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังควรได้รับโซเดียม (Na) ไม่เกิน 5% ของปริมาณโซเดียมที่ได้จากอาหารในแต่ละวันหรือน้อยกว่า 50 mg 100 g^{-1} FW (WHO, 2012) จาก Figure 1 พบว่า ผักทุกชนิดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร K3, K1/2, K1/4, 1WK0 และ 2WK0 มีปริมาณโซเดียมต่ำกว่า 50 mg 100 g^{-1} FW ยกเว้น ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ผักกาดเขียวน้อย และผักคะน้า ที่มีปริมาณโซเดียมสูงกว่า 50 mg 100 g^{-1} FW ในตำรับการทดลอง K1/4 ในขณะที่ผักกาดกวางตุ้งมีเพียงตำรับการทดลอง K3 และ 1WK0 เท่านั้น ที่มีปริมาณโซเดียมน้อยกว่า 50 mg 100 g^{-1} FW จาก Figure 2 แม้ว่าในตำรับการทดลอง K0 ผักทุกชนิดจะมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำกว่า 200 mg 100 g^{-1} FW ก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาจากปริมาณโซเดียมพบว่ามีปริมาณสูงกว่า 50 mg 100 g^{-1} FW (Figure 2)

Table 2 แสดงน้ำหนักสด ความสูง และปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักในทุกตำรับการทดลอง

เมื่อเทียบกับตำรับการทดลอง K3 ผลการทดลองพบว่าผักทุกชนิดมีน้ำหนักสดไม่แตกต่างกันในทุกตำรับการทดลอง ยกเว้นตำรับการทดลอง 2WK0 ผักกาดกวางตุ้ง (59.0 กรัม), ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ (14.0 กรัม), ผักกาดเขียวปลี (16.3 กรัม), ผักกาดเขียวน้อย (31.3 กรัม), ผักกาดหอม (8.3 กรัม) และผักคะน้า (5.7 กรัม) ตามลำดับ ผักมีน้ำหนักสดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ความสูงและปริมาณคลอโรฟิลล์มีค่าใกล้เคียงกันในทุกตำรับการทดลอง

Table 2 Changes in fresh weight, height and SPAD of vegetables (chinese cabbage, bok choy, green mustard, indian mustard, lettuce and kale) at the harvest as affected by potassium restricted treatments

Type of vegetable	Treatment					
	K3	K1/2	K1/4	K0	1WK0	2WK0
	Fresh weight (g)					
Chinese cabbage	95.6±34.1^{b*}	74.7±5.5^{ab}	72.3±5.7^{ab}	83.3±6.5^{ab}	74.3±5.6^{ab}	59.0±24.5^{a}
Bok choy	24.0±7.6^{ab}	27.3±8.1^{ab}	22.7±4.6^{ab}	21.3±14.6^{ab}	33.7±5.6^{b}	14.0±3.0^{a}
Green mustard	33.7±21.1^{ab}	45.7±12.4^{b}	38.7±10.1^{b}	32.0±6.3^{ab}	41.7±4.9^{b}	16.3±4.9^{a}
Indian mustard	63.3±17.8^{b}	48.3±22.5^{ab}	42.3±16.6^{ab}	33.0±2.0^{a}	34.7±16.3^{ab}	31.3±8.5^{a}
Lettuce	25.3±12.2^{b}	25.0±2.7^{b}	18.7±3.2^{ab}	18.0±3.6^{ab}	20.7±6.5^{b}	8.3±3.2^{a}
Kale	11.0±4.0	13.0±5.3	7.7±1.5	14.3±8.4	7.7±0.6	5.7±0.6
	Height (cm)					
Chinese cabbage	41.8±20.4	46.6±3.34	44.7±2.2	43.3±7.3	46.8±2.6	30.1±17.4
Bok choy	28.9±3.7^{b}	28.4±2.9^{b}	28.4±2.6^{b}	32.1±3.3^{b}	29.0±0.4^{b}	20.0±6.5^{a}
Green mustard	28.2±2.7^{ab}	29.7±1.7^{bc}	29.5±2.5^{bc}	26.2±2.0^{ab}	31.4±0.9^{c}	24.1±2.7^{a}
Indian mustard	28.4±16.6^{ab}	42.6±5.1^{ab}	45.9±2.9^{b}	38.3±3.2^{ab}	39.7±4.8^{ab}	37.5±8.5^{ab}
Lettuce	41.5±7.4^{abc}	47.3±3.8^{c}	44.2±1.3^{abc}	45.6±4.3^{bc}	35.5±4.3^{ab}	33.5±10.3^{a}
Kale	28.9±5.2^{bc}	34.7±7.58^{c}	29.2±2.8^{bc}	33.0±4.8^{c}	22.1±5.5^{ab}	19.7±1.5^{a}
	SPAD (%)					
Chinese cabbage	33.1±6.0	39.7±2.1	37.4±3.7	37.5±2.4	36.1±3.3	35.0±1.9
Bok choy	28.9±4.1^{ab}	34.8±4.2^{b}	26.4±2.6^{a}	31.9±2.0^{ab}	29.3±4.5^{ab}	29.6±5.7^{ab}
Green mustard	26.5±2.0^{ab}	28.6±2.3^{b}	26.3±0.7^{ab}	25.5±1.0^{a}	26.0±1.7^{ab}	26.7±0.3^{ab}
Indian mustard	25.3±3.3	25.9±0.6	28.3±4.8	27.1±2.3	24.6±1.1	24.3±2.5
Lettuce	13.3±4.3	12.9±3.8	11.9±1.7	12.4±1.7	14.0±0.7	10.8±2.0
Kale	39.7±4.8^{ab}	44.1±2.6b	36.5±2.3^{a}	44.7±1.5^{b}	40.4±3.6^{ab}	41.8±1.6^{ab}

± Each value shows the mean ± standard deviation.

* Mean within the same row followed by different letter are significantly different according to Duncan's multiple range test at p <0.05 (n=3).

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองปลูกผักในสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีปริมาณโพแทสเซียมไนเตรตแตกต่างกัน พบว่า การลดปริมาณโพแทสเซียมไนเตรตในสารละลายธาตุอาหารลงสามารถลดปริมาณธาตุโพแทสเซียมในผักสดได้ในทุกตำรับการทดลอง โดยเฉพาะในตำรับการทดลอง K0 ที่สามารถลดปริมาณโพแทสเซียมลงได้ต่ำกว่า 200 mg 100 g^{-1} FW ในขณะที่ตำรับการทดลอง K1/2, K1 /4, 1WK0 และ 2WK0 แม้ว่าปริมาณโพแทสเซียมจะลดลงแต่ยังคงสูงกว่าปริมาณที่ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังจะสามารถบริโภคได้ในแต่ละวัน คือ 200 mg 100 g^{-1} FW (Pollock *et al*., 2005) แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่าในตำรับการทดลอง K0 ผักมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำกว่า 200 mg 100 g^{-1} FW แต่กลับพบว่าผักแสดงอาการใบไหม้บริเวณขอบใบและก้านใบแข็ง เนื่องจากขาดโพแทสเซียม นอกจากนี้ ในตำรับ K0 ผักยังมีปริมาณโซเดียมสูงกว่า 50 mg 100 g^{-1} FW ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงเกินกว่าที่กลุ่มผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังสามารถรับได้ในแต่ละวัน (WHO, 2012) การที่พืชมีปริมาณโซเดียมสูงนั้นเนื่องจากพืชต้องนำเอาโซเดียมไปทำหน้าที่ทดแทนโพแทสเซียมที่ลดต่ำลง เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ (Wakeel *et al*., 2011) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Tomemori *et al*., 2002 ที่พบว่าผักปวยเล้งที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีโพแทสเซียมต่ำ จะดูดใช้โซเดียมสูงกว่าปวยเล้งที่ได้รับโพแทสเซียมในปริมาณปกติ

ในขณะที่ตำรับการทดลอง 1WK0 และ 2WK0 แม้ว่าปริมาณโซเดียมจะต่ำกว่า 50 mg 100 g^{-1} FW แต่พบว่าปริมาณโพแทสเซียมยังคงสูงเกินกว่า 200 mg 100 g^{-1} FW แม้ว่าจะมีแนวโน้มลดลงก็ตามซึ่งต่างจากผลการทดลองของ Ogawa *et al*., 2007 ที่พบว่าเมื่องดการให้โพแทสเซียมก่อนเก็บผลผลิต มีปริมาณโพแทสเซียมลดต่ำกว่า 50 mg 100 g^{-1} FW นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่าการงดให้โพแทสเซียมก่อนเก็บผลผลิต 2 สัปดาห์ ยังส่งผลต่อคุณภาพผลผลิต คือน้ำหนักสด ความสูง และปริมาณคลอโรฟิลล์ เนื่องจากโพแทสเซียมมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักทั้งในด้านการสังเคราะห์แสงและฮอร์โมนที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของรากและยอด (Marek *et al*., 2019; Ogawa *et al*., 2012) สอดคล้องกับการทดลองของ Prajapati and Modi (2012) ที่รายงานว่า เมื่อพืชขาดโพแทสเซียมมีผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง

สรุป

จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การจะปลูกผักที่มีปริมาณโพแทสเซียมให้อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่า 200 mg 100 g^{-1} FW นั้น สามารถทำโดยอาศัยหลักการปลูกพืชในระบบไฮโดรพอนิกส์ ด้วยการลดปริมาณโพแทสเซียมไนเตรตในสารละลายธาตุอาหารลง ผลการทดลองระยะเริ่มต้นพบว่าการลดปริมาณโพแทสเซียมในผักลงที่ K1/2 และ K1/4 สามารถลดปริมาณโพแทสเซียมลงได้ อีกทั้งปริมาณโซเดียมในผักไม่เกิน 50 mg 100 g^{-1} FW โดยที่น้ำหนักสด ความสูง และปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่แตกต่างจากการได้รับโพแทสเซียม 3 mM KNO_3 อย่างไรก็ตาม แม้ว่าปริมาณโพแทสเซียมในผักจะลดลง แต่เนื่องจากโพแทสเซียมในผักยังสูงกว่า 200 mg 100 g^{-1} FW ดังนั้นการทดลองนี้ยังต้องมีการพัฒนาต่อไปเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสม

ของปริมาณโพแทสเซียมไนเตรตที่ควรเติมในสารละลายธาตุอาหารพืชต่อไป เพื่อให้ปริมาณโพแทสเซียมไม่เกิน 200 mg 100 g^{-1} FW และมีปริมาณโซเดียมไม่เกิน 50 mg 100 g^{-1} FW ในขณะเดียวกันก็ยังคงรักษาคุณภาพของผักไว้เช่นเดิม

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่นและโครงการป้องกันและชะลอโรคไตเรื้อรังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (CKDNET) มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่มอบทุนสนับสนุนในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ชวลิต รัตนกุล. 2561. อาหารบำบัดในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะก่อนฟอกเลือด. Home page: http://www.nephrothai.org/images/3.%EA5%E%B8%94.pdf. Accessed 16 December 2019.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

Chandrappa, G., A.A. Ahmad., N.V. Hue and T.J.K. Radovich. 2016. A correlation of rapid cardy meter sap test and ICP spectrometry of dry tissue for measuring potassium (K^+) concentrations in Pak Choi (*Brassica rapa* Chinensis group). Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 47(17), 2046-2052. Doi:10.1080/00103624.2016.1208752

Kes, P. 2001. Hyperkalemia: A potentially lethal clinical condition. Acta Clin Croat. 40(3): 215-225.

Marek, S., A. Soukup and E. Tylova. 2019. Potassium in root growth and development. Plant. 8(435). Doi:10.3390/plants8100435

Ogawa, A., S. Taguchi and C. Kawachima. 2007. A cultivation of spinach with low potassium content for patients on dialsis. Jpn. J. Crop Sci. 76(2): 232-237. (In Japan with English abstract)

Ogawa, A., T. Eguchi, and K. Toyofuku. 2012. Cultivation method for leafy vegetable and tomatoes with low potassium content dialysis patients. Environ. Control Biol. 50(4): 407-414.

Pollock, C., D. Voss, E. Hodson and C. Crompton. 2005. The CARI guidelines. Nutrition and growth in kidney disease. Nephrol. (Carlton). 10: S177-S230. Doi:10.1111/j.1440-1797.2005.00506_1.x

Prajapati, K. and H.A. Modi. 2012. The importance of potassium in plant growth – A review. Indian J. Plant Sci. 1(02-03): 177-186

Putcha, N. and M. Allon. 2007. Management of hyperkalemia in dialysis patients. Semin Dial. 20(5): 431-439. Doi:10.1111/j.1525-139X.2007.00312.X

Talukder, M.R., M. Asaduzzaman, M. Ueno, M. Kawaguchi, S. Yano, T. Ban, H. Tanaka and T. Asao. 2016. Low potassium content vegetable research for chronic kidney disease patients in Japan. Nephrol Open J. 2(1): 1-8.

Tomemori, H., K. Hamamura and K. Tanabe. 2002. Interactive effects of sodium and potassium on the growth and photosynthesis of spinach and komatsuna. Plant Prod. Sci. 5(4) 281-285.

Wakeel, A., M. Farooq, M. Qadir and S. Schubert. 2011. Potassium substitution by sodium in plants. Critical Reviews in Plant Sci. 30(4) 401–413. Doi:10.1080/07352689.2011.587728

World Health Organization. 2012. Effect of reduced sodium intake on blood pressure, renal function, blood lipids and other potential adverse effects. Home page: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/79325/9789241504911eng.pdf;jsessionid=83251154EDBAF09E886C0A8F32372451?sequence=1. Accessed 25 November 2019