

## ผลของโพแทสเซียมต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาของผักกาดหอมที่ปลูก ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

### EFFECT OF POTASSIUM ON PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF LETTUCE (LACTUCA SATIVA VAR. ROMANA) CULTIVATED IN HYDROPONIC SYSTEM

คองเอก ศิริงาม  
Kongake Siringam

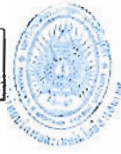
อาจารย์ประจำสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร  
siringam@yahoo.com

#### บทคัดย่อ

ผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) เป็นผักสลัดที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เนื่องจากมีสารต่อต้านอนุมูลอิสระและรงควัตถุที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืช อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของสารต่อต้านอนุมูลอิสระและปริมาณรงควัตถุมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณธาตุอาหารที่พืชได้รับ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงทำการศึกษาผลของความเข้มข้นของโพแทสเซียม (200 250 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหารสูตร Resh Tropical dry summer ดัดแปลงต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาของผักกาดหอมพันธุ์คอสที่ปลูกในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินโดยใช้ระบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 5 ซ้ำ จากการศึกษาพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสารละลายธาตุอาหารมีผลในการเพิ่มการสะสมโพแทสเซียมไอออนและแคลเซียมไอออนในผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 28 วันหลังย้ายปลูก แต่ไม่มีผลต่อการสะสมแมกนีเซียมไอออน รวมทั้งพบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในผักกาดหอมพันธุ์คอสมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มความเข้มข้นของโพแทสเซียมยังส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์คอส ประกอบด้วย จำนวนใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และมวลชีวภาพแห้ง

#### คำสำคัญ

ผักกาดหอม โพแทสเซียม ไฮโดรพอนิกส์ ธาตุอาหาร รงควัตถุ



## ABSTRACT

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is a salad vegetable that contains high nutrition. Since, it contains antioxidant compounds and pigments that plays role on plant growth. However, variation of antioxidant compounds and pigments were related to the changing of plant nutrient. Therefore, this study was to investigate the effect of potassium concentration (200, 250 or 300 mg L<sup>-1</sup>) in modified Resh Tropical dry summer nutrient formula on physiological responses of Cos lettuce cultivated in hydroponic system by using dynamic root floating technique (DRFT) for 14, 21 and 28 days after transplant. The experiment was designed as Completely Randomized Design (CRD) with five replications. The result showed that the enhancement of potassium concentration in the nutrient solution increased the accumulation of potassium ion (K<sup>+</sup>) and calcium ion (Ca<sup>2+</sup>) for 28 days after transplanting Cos lettuce, whereas it was not affected the magnesium ion (Mg<sup>2+</sup>). Additionally, the increasing of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and total carotenoids were related to the enhancement of potassium concentration. Moreover, the increasing of potassium concentration promoted growth of cos lettuce including leaf number, fresh weight, dry weight and dry matter.

### Keywords

Lettuce; potassium; hydroponic; nutrient, pigment

### บทนำ

ผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) จัดอยู่ในวงศ์ Asteraceae เป็นพืชล้มลุกที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชียและยุโรปแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน โดยผักกาดหอมเป็นผักสลัดที่นิยมนำมาบริโภคสดเนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วย น้ำ 94.8 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 1.2 กรัม แคลเซียม 4.0 มิลลิกรัม วิตามินซี 12 มิลลิกรัม ไทอามิน 0.037 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 0.5 มิลลิกรัม ไนอาซิน 0.5 มิลลิกรัม วิตามินเอ 210 หน่วยสากล และพลังงาน 15 แคลอรี (Shoemaker, 1947; Liu et al., 2007) รวมทั้งเป็นพืชที่นิยมนำมาบริโภคในกลุ่มผู้บริโภคน้ำหนัก (Kawashima and Soares, 2003) นอกจากนี้ ผักกาดหอมยังมีสรรพคุณทางสมุนไพร เช่น ขับลมในลำไส้ แก้พิษ ดับกระหาย ขับพยาธิ ขับเหงื่อ แก้ไอ แก้ไข้ รักษาโรคตับ ริดสีดวงทวาร ขับน้ำนม และกระตุ้นการงอกของผล

ฯลฯ เป็นต้น นอกจากนี้ในผักกาดหอมยังมีสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น บีตาแคโรทีน กรดโฟลิก ลูทีน วิตามินซี วิตามินเค ฯลฯ เป็นต้น ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระมีบทบาทสำคัญในการกำจัดอนุมูลอิสระ อย่างไรก็ตามปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผักกาดหอมได้รับผลกระทบจากความผันแปรของสภาพแวดล้อมในการปลูก เช่น พันธุ์พืช ระบบการปลูกพืช ระยะเวลาในการปลูกพืช และระยะเวลาในการเก็บรักษา (Liu et al., 2007; Kopsell et al., 2005)

อนุมูลอิสระคือ โมเลกุลที่ไม่เสถียรเนื่องจากการขาดสมดุลของอิเล็กตรอนภายในร่างกาย ทำให้เกิดอันตรายต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ประกอบด้วย ซูเปอร์ออกไซด์ ไฮดรอกซิล เพอร์ออกไซด์ และไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ หากมีปริมาณมากภายในเซลล์จะเป็นอันตรายต่อเซลล์ได้ เช่น ทำลายดีเอ็นเอ ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ ฯลฯ เป็นต้น แหล่งกำเนิดของอนุมูลอิสระมีทั้งภายในและภายนอกในร่างกาย เช่น มลพิษในอากาศ โอโซน ไนโตรส ออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ฝุ่น คาร์บอนหริ่ อาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว ร่างกายมีกลไกในการกำจัดอนุมูลอิสระ 2 วิธี คือ การใช้เอนไซม์ต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส (SOD) การใช้สารต่อต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินอี บีตาแคโรทีน แอนโทไซยานิน วิตามินซี ฯลฯ เป็นต้น (Gill and Tuteja, 2010)

สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในผักกาดหอม ประกอบด้วย คลอโรฟิลล์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการล้างพิษ และส่งเสริมการทำงานของตับและไต โดยคลอโรฟิลล์ที่พบมากที่สุด ในพืชคือ คลอโรฟิลล์เอ ซึ่งเป็นรงควัตถุที่มีสีเขียวแกมน้ำเงิน และมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช (พันทวี มาไพโรจน์, 2529) ส่วนแคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่มีสีเหลือง ส้ม แดง และน้ำตาล สามารถพบได้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ใบ กลีบดอก ผล และละอองเรณู โดยทั่วไปแคโรทีนอยด์อยู่ร่วมกับคลอโรฟิลล์ภายในคลอโรพลาสต์ (Ranganna, 1977) ทำหน้าที่ดูดซับพลังงานแสงและส่งพลังงานต่อไปยังโมเลกุลของคลอโรฟิลล์เอในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (พันทวี มาไพโรจน์, 2529; อาภัสสรฯ ฆมิตต์, 2536) และป้องกันโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ไม่ให้ถูกทำลายในสภาพที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของแสง (อาภัสสรฯ ฆมิตต์, 2536) และวิตามินซีเป็นวิตามินที่สามารถละลายน้ำได้ วิตามินซีเป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลสามารถพบได้ในพืชหลายชนิด ซึ่งวิตามินซีสามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจากอนุมูลอิสระได้ รวมทั้งส่งเสริมกระบวนการสังเคราะห์วิตามินอี (อาภัสสรฯ ฆมิตต์, 2536)

โพแทสเซียม (K) เป็นธาตุอาหารพืชที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในรูปของโพแทสเซียมไอออน ( $K^+$ ) โดยสามารถพบได้ในเนื้อเยื่อของพืชในรูปของเกลืออนินทรีย์ และเกลืออนินทรีย์ที่สามารถละลายน้ำได้ มีบทบาทสำคัญในด้านสรีรวิทยาและชีวเคมี เช่นการทำงานของเอนไซม์ สมดุลออสโมติก การสังเคราะห์ด้วยแสง การเคลื่อนย้ายธาตุอาหาร

การเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อ (ยงยุทธ โอสดสภา, 2543) นอกจากนี้โพแทสเซียมยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่พืช เช่น เพิ่มความแข็งแรงของผนังเซลล์ ควบคุมการปิด และเปิดปากใบ ควบคุมสมดุลของน้ำภายในเซลล์พืช ฯลฯ เป็นต้น และมีผลต่อการสังเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในพืชด้วย (Kopsell et al, 2005)

### วัตถุประสงค์ในการวิจัย

เพื่อศึกษาความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาของผักกาดหอมพันธุ์คอส

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### อุปกรณ์และวิธีการ

#### 1. การเตรียมต้นพืชและการดำเนินการวิจัย

1.1 การเพาะเมล็ดผักกาดหอม เพาะเมล็ดผักกาดหอมพันธุ์คอส (Cos lettuce) (Tiberius<sup>®</sup>, Rijk Zwaan, Taiwan) ลงในฟองน้ำสำหรับปลูกพืชที่อิมด้วยน้ำ ขนาด 3x3x3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ช่องละ 1 เมล็ด นำฟองน้ำที่เพาะเมล็ดวางลงในกล่องพลาสติก นำไปเก็บไว้ในที่อุณหภูมิประมาณ 27 องศาเซลเซียส เมื่อเมล็ดเริ่มงอกและเจริญเป็นต้นกล้าให้นำต้นกล้าไปไว้ในที่ที่มีแสงแดดรำไร เมื่อต้นกล้าเริ่มมีใบจริงจึงเริ่มให้ความชื้นและสารละลายธาตุอาหารแก่ต้นกล้า โดยเติมสารละลายธาตุอาหารสูตร Resh Tropical Dry Summer (1978) ที่มีค่าการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 0.6 mS/cm ลงในกล่องพลาสติกสูงไม่เกิน 1 เซนติเมตร

1.2 การย้ายต้นกล้าลงปลูกในระบบย้ายต้นกล้าที่มีอายุ 14 วัน ลงปลูกบนแผ่นโฟมขนาด 29.5x45.5x2.5 เซนติเมตร แผ่นละ 3 ต้น โดยมีระยะห่างในการปลูก 10x10 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำแผ่นโฟมวางลงในกระบะสารละลายธาตุอาหาร ขนาด 30x46x17 เซนติเมตร ที่บรรจุสารละลายธาตุอาหารสูตร Resh Tropical Dry Summer (1978) ดัดแปลง ที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่แตกต่างกัน 3 ระดับคือ 200 250 หรือ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าการนำไฟฟ้า (EC) มีค่าระหว่าง 2.0-2.5 mS/cm และค่าความเป็นกรด-เบส ระหว่าง 5.5-6.5 ทำการเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารทุกสัปดาห์

1.3 สภาพแวดล้อมในการทดลองอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนมีค่าอยู่ระหว่าง 27.6-32.8 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในโรงเรือนมีค่าอยู่ระหว่าง 71-92 เปอร์เซ็นต์

## 2. การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตที่อายุ 14 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก ดังนี้

2.1 การสะสมธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์) วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ธาตุอาหาร จากตัวอย่างแห้งของผักกาดหอม โดยวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) โดยใช้เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ อุตตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, 2542)

2.2 การสกัดและวิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุซึ่งนำหนักใบพืช 100 มิลลิกรัม บดใบพืชให้ละเอียดและนำไปพืชบดละเอียดใส่ในขวดแก้วและเติมอะซีโตน ความเข้มข้น 95.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่มี อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในสภาพมืดเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (Chl a) คลอโรฟิลล์บี (Chl b) คลอโรฟิลล์ทั้งหมด (TC) และแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ( $C_{x+c}$ ) สามารถทำได้โดยวัดค่าการ ดูดกลืนแสงของสารละลายที่ได้จากการสกัดใบพืชที่ความยาวคลื่น 662 644 และ 470 นาโนเมตร โดยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง UV-vis spectrophotometer (Jasco V- 550, Jasco Corp., Japan) หลังจากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณ คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ตามวิธีการของ Shabala et al., (1998) และ Lichtenthaler (1987)

$$\text{Chl } a = 9.784D_{662} - 0.99D_{644}$$

$$\text{Chl } b = 21.42D_{644} - 4.65D_{662}$$

$$\text{TC} = \text{Chl } a + \text{Chl } b$$

$$C_{x+c} = \frac{1000D_{470} - 1.90\text{Chl } a - 63.14\text{Chl } b}{214}$$

ค่า D คือ การการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น เท่ากับ i

### 2.3 การเจริญเติบโตของผักกาดหอม

บันทึกข้อมูลหลังจากย้ายปลูกเป็นเวลา 14 21 และ 28 วัน โดยทำการ บันทึกข้อมูลดังนี้

2.3.1 จำนวนใบ (ใบ) โดยนับใบที่มีการเจริญเติบโตที่ดีคือ ใบมีสีเขียวเข้ม มีความยาวใบตั้งแต่ 3 เซนติเมตรขึ้นไป

2.3.2 น้ำหนักสดส่วนต้น (กรัม) โดยนำตัวอย่างส่วนต้นที่เก็บมา ชั่งหาน้ำหนักสด



2.3.3 น้ำหนักแห้งส่วนต้น (กรัม) โดยนำตัวอย่างส่วนต้นที่ผ่านการนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ภายในตู้อบลมร้อน (Memmert, Model 500, Germany) เป็นเวลา 72 ชั่วโมงจนตัวอย่างแห้งสนิทแล้วนำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักแห้ง

### การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ทำการทดลองทั้งหมด 5 ซ้ำ ซ้ำละ 15 ต้น นำข้อมูลการตอบสนองทางสรีรวิทยา มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม SPSS และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01

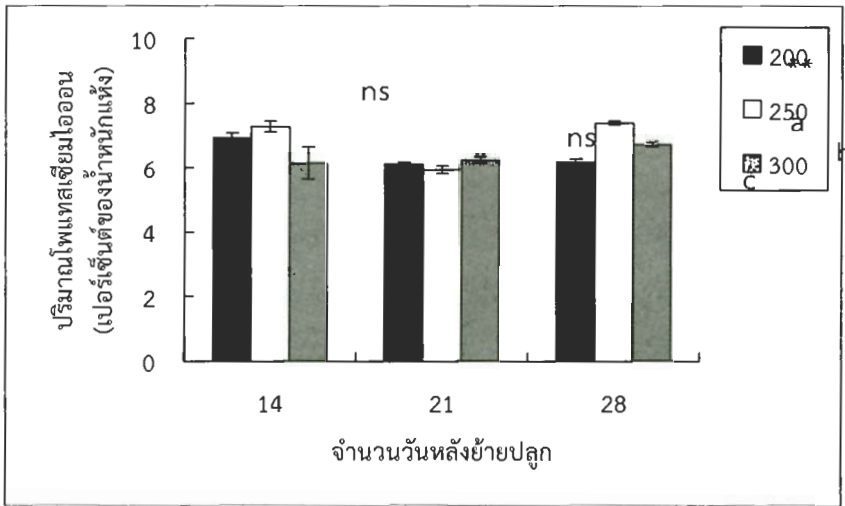
### ผลการวิจัย

#### 1. การสะสมธาตุอาหาร

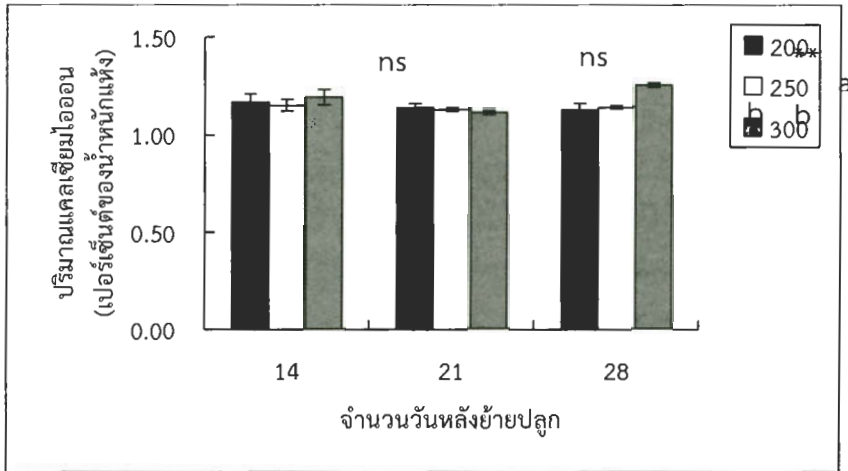
จากการศึกษา พบว่า การสะสมโพแทสเซียมไอออนในผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 14 และ 21 วันหลังย้ายปลูก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 1A) แต่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ในผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 28 วันหลังย้ายปลูก โดยผักกาดหอมพันธุ์คอสที่ได้รับโพแทสเซียมความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการสะสมโพแทสเซียมไอออนมากที่สุด เท่ากับ 7.40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 1A)

การสะสมแคลเซียมไอออนในผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 14 และ 21 วันหลังย้ายปลูก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 1B) แต่พบความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ในผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 28 วันหลังย้ายปลูก โดยผักกาดหอมพันธุ์คอสที่ได้รับโพแทสเซียม ความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการสะสมแคลเซียมไอออนมากที่สุด เท่ากับ 1.25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 1B)

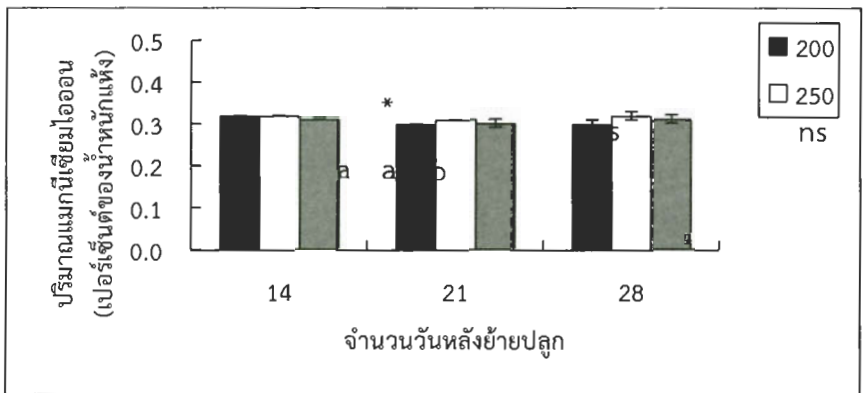
การสะสมแมกนีเซียมไอออนในผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 14 วันหลังย้ายปลูก มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ภาพที่ 1C) โดยผักกาดหอมพันธุ์คอสที่ได้รับโพแทสเซียมความเข้มข้น 200 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการสะสมแมกนีเซียมไอออนมากที่สุด เท่ากับ 0.32 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ในผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก (ภาพที่ 1C)



(A)



(B)



(C)

ภาพที่ 1 ปริมาณโพแทสเซียมไอออน (A) แคลเซียมไอออน (B) และแมกนีเซียมไอออน (C) ในผักกาดหอมพันธุ์คอสที่ได้รับ



สารละลายธาตุอาหารสูตร Resh Tropical dry summer (1978) ดัดแปลงที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่แตกต่างกัน (200 250 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ปลูกภายในระบบ DRFT เป็นเวลา 14 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก

## 2. ปริมาณรงควัตถุ

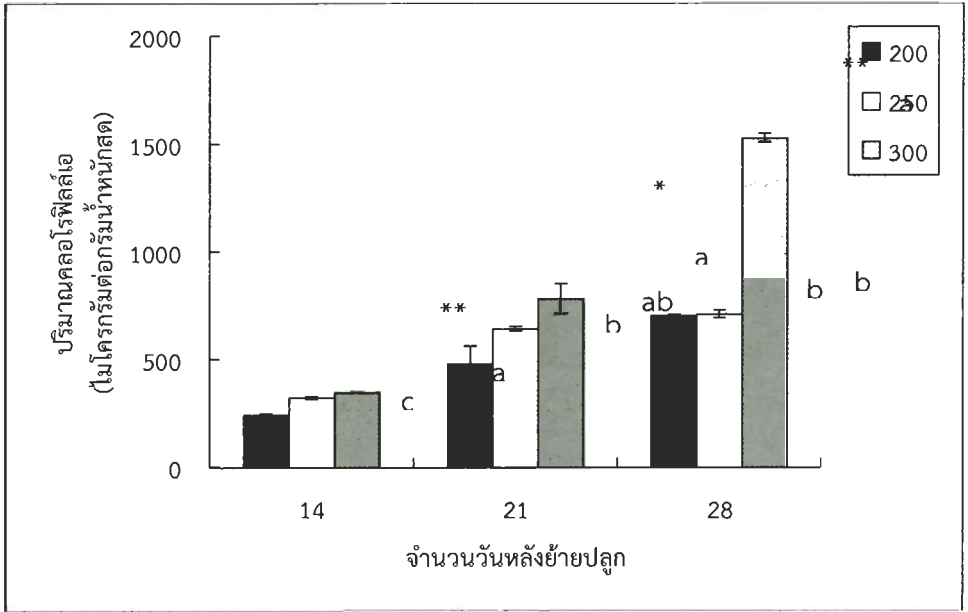
ปริมาณคลอโรฟิลล์เอในผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 14 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ภาพที่ 2A) โดยผักกาดหอมพันธุ์คอสที่ได้รับโพแทสเซียมความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอมากที่สุด เท่ากับ 347.1 782.9 และ 1529.9 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ภาพที่ 2A)

ปริมาณคลอโรฟิลล์บีในผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 14 และ 21 วันหลังย้ายปลูก มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ (ภาพที่ 2B) โดยผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 14 และ 21 วันหลังย้ายปลูก ซึ่งได้รับโพแทสเซียมความเข้มข้น 250 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์บีมากที่สุด เท่ากับ 174.0 และ 417.5 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ภาพที่ 2B) แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 28 วันหลังย้ายปลูก (ภาพที่ 2B)

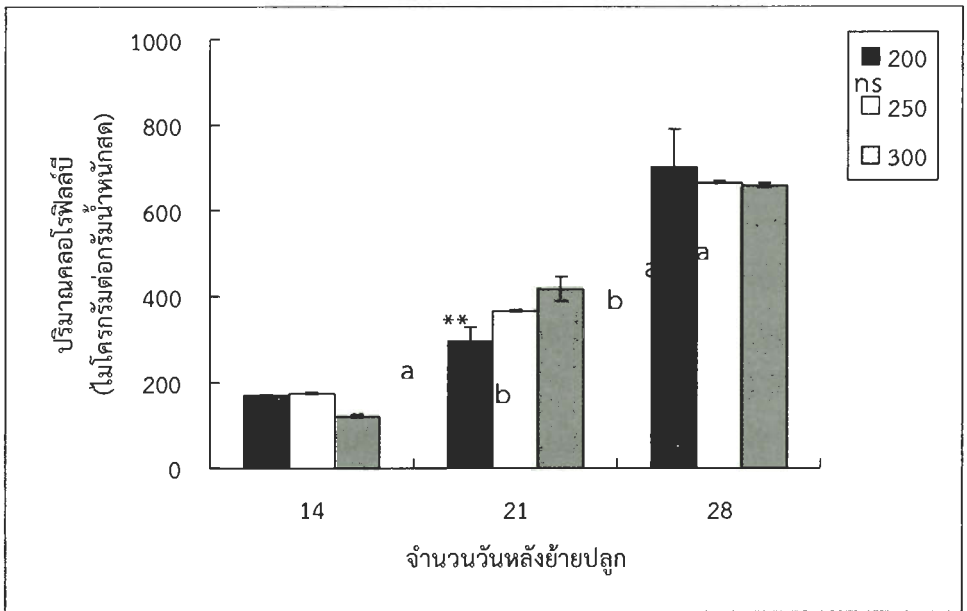
ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 14 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ (ภาพที่ 2C) โดยผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 14 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก ซึ่งได้รับโพแทสเซียมความเข้มข้น 250 300 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากที่สุด เท่ากับ 484.3 1200.4 และ 2229.0 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ภาพที่ 2C)

ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 14 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ (ภาพที่ 2D) โดยผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 14 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก ซึ่งได้รับโพแทสเซียมความเข้มข้น 250 300 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดมากที่สุด เท่ากับ 239.9 1221.3 และ 1185.4 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ภาพที่ 2D)

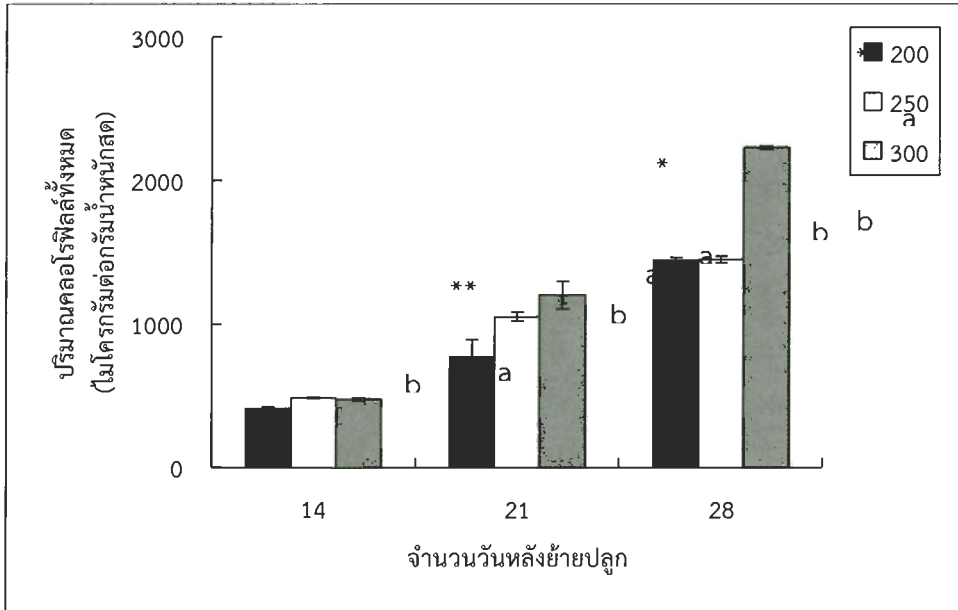




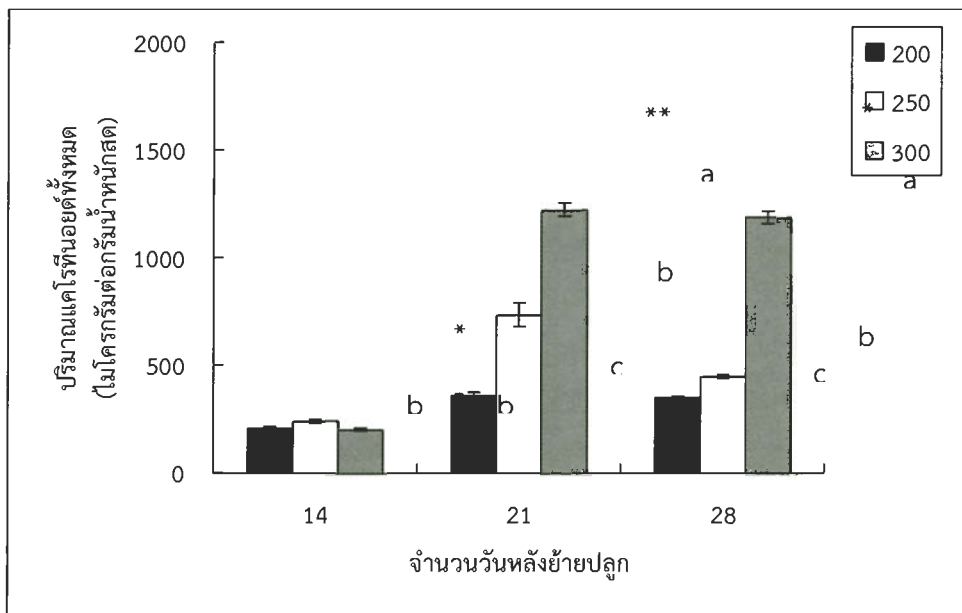
(A)



(B)



(C)



(D)

ภาพที่ 2 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (A) คลอโรฟิลล์บี (B) คลอโรฟิลล์ทั้งหมด (C) และแคโรทีนอยด์ทั้งหมด (D) ในผักกาดหอม

พันธุ์คอสที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร Resh Tropical dry summer (1978) ดัดแปลง ที่มีความเข้มข้นของ

โพแทสเซียมที่แตกต่างกัน (200 250 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ปลูกภายในระบบ DRFT เป็นเวลา 14 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก

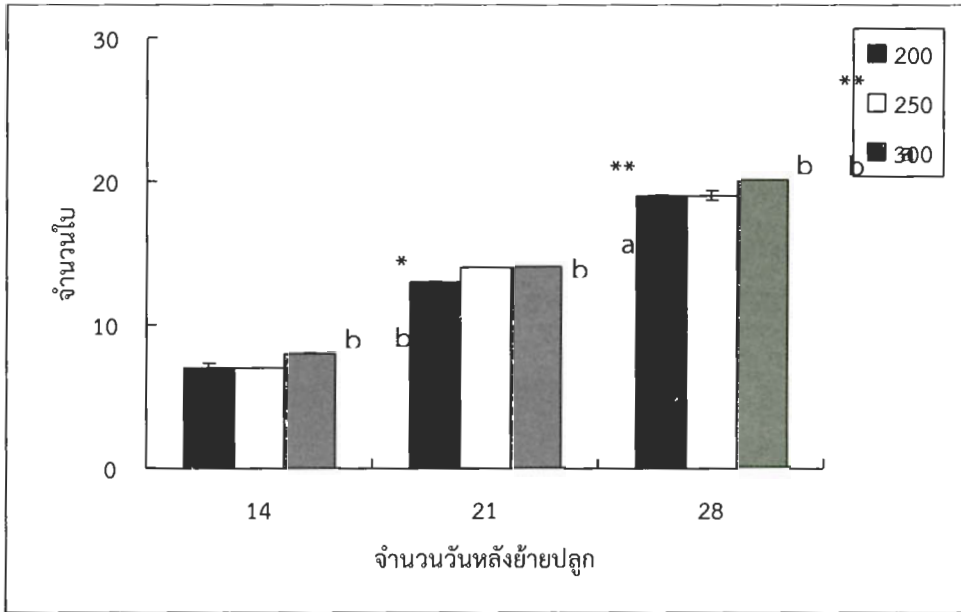
### 3. การเจริญเติบโต

จำนวนใบของผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 14 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 0.01 และ 0.01 ตามลำดับ (ภาพที่ 3A) โดยผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 14 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก ซึ่งได้รับโพแทสเซียมความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนใบมากที่สุด เท่ากับ 8 14 และ 20 ใบตามลำดับ (ภาพที่ 3A)

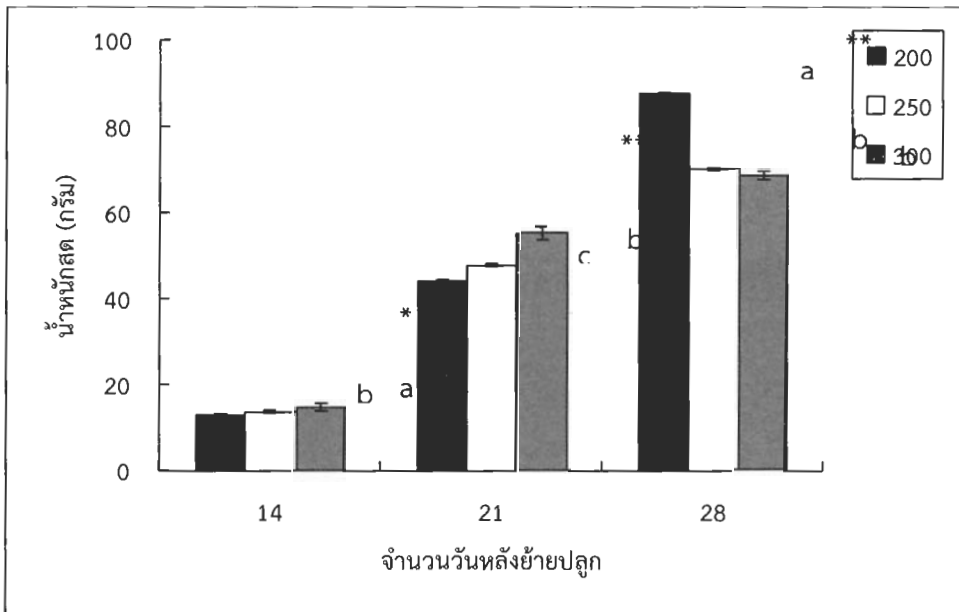
น้ำหนักสดของผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 14 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 0.01 และ 0.01 ตามลำดับ (ภาพที่ 3B) โดยผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 14 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก ซึ่งได้รับโพแทสเซียมความเข้มข้น 300 300 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดมากที่สุด เท่ากับ 14.53 55.11 และ 87.57 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ภาพที่ 3B)

น้ำหนักแห้งของผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 14 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 0.01 และ 0.01 ตามลำดับ (ภาพที่ 3C) โดยผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 14 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก ซึ่งได้รับโพแทสเซียมความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแห้งมากที่สุด เท่ากับ 0.68 2.44 และ 5.35 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ภาพที่ 3C)

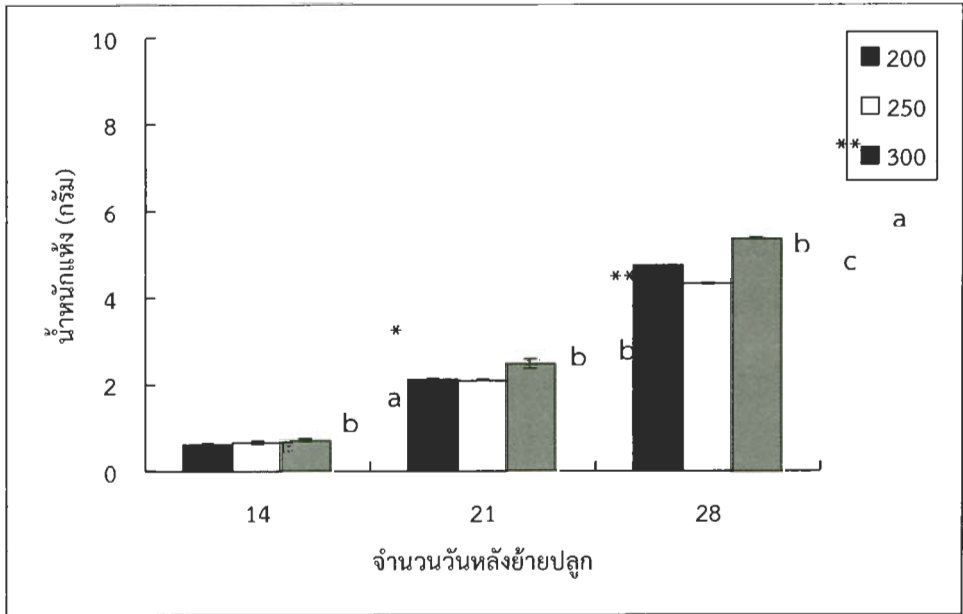
มวลชีวภาพแห้งของผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 14 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 0.01 และ 0.01 ตามลำดับ (ภาพที่ 3D) โดยผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 14 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก ซึ่งได้รับโพแทสเซียมความเข้มข้น 200 200 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีมวลชีวภาพแห้งมากที่สุด เท่ากับ 4.93 4.65 และ 8.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 3D)



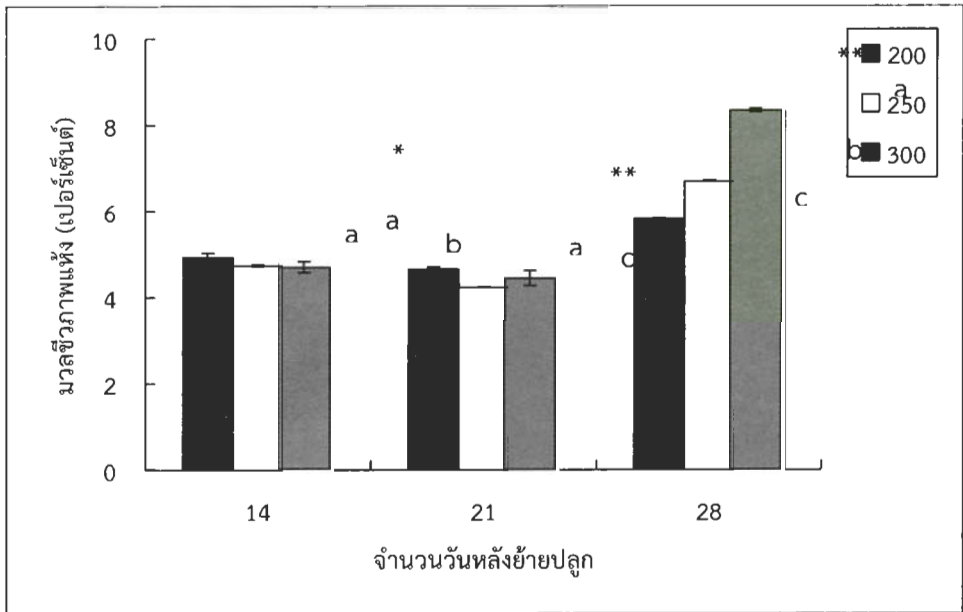
(A)



(B)



(C)



(D)

ภาพที่ 3 จำนวนใบ (A) น้ำหนักสด (B) น้ำหนักแห้ง (C) และมวลสีเขียวแห้ง (D) ในผักกาดหอมพันธุ์คอสที่ได้รับสารละลาย

ธาตุอาหารสูตร Resh Tropical dry summer (1978) ดัดแปลง ที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่แตกต่างกัน (200 250 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ปลูกภายในระบบ DRFT เป็นเวลา 14 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก



## อภิปรายผลการวิจัย

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่สามารถพบได้ในเนื้อเยื่อเจริญ และสามารถเคลื่อนย้ายได้ภายในพืช โดยปริมาณโพแทสเซียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 100-400 มิลลิกรัมต่อลิตร (นพดล เรียบเลิศหิรัญ, 2538) จากการศึกษาพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสารละลายธาตุอาหารสูตร Resh Tropical dry summer (1978) ดัดแปลงมีผลทำให้การสะสมโพแทสเซียมไอออนในผักกาดหอมพันธุ์คอสเพิ่มขึ้นในช่วง 14 และ 21 วันหลังย้ายปลูก ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นส่งเสริมการดูดซึมโพแทสเซียมไอออนและส่งผลทำให้การสะสมโพแทสเซียมไอออนภายในพืชเพิ่มขึ้น

ส่วนแคลเซียมไอออนในผักกาดหอมพันธุ์คอสเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น แม้ว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสารละลายธาตุอาหารเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าผักกาดหอมพันธุ์คอสยังคงมีการดูดซึมและการสะสมแคลเซียมไอออนที่เพิ่มขึ้น เพื่อให้พืชมีแคลเซียมไอออนที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Ashraf et al. (2010) ที่รายงานว่า การได้รับความเข้มข้นของโพแทสเซียม 3 มิลลิ โมลาร์ มีผลทำให้การสะสมโพแทสเซียมไอออนในอ้อยเพิ่มขึ้น รวมทั้งผักกาดหอมพันธุ์คอสเป็นผักกาดหอมที่มีลำต้นและใบขนาดใหญ่ทำให้มีความต้องการใช้แคลเซียมไอออนในการนำไปประโยชน์ในการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืชได้ (ยงยุทธ ไอสถสภา, 2543)

การสะสมแมกนีเซียมไอออนในผักกาดหอมพันธุ์คอสไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าผักกาดหอมพันธุ์คอสได้รับปริมาณแมกนีเซียมไอออนที่เพียงพอต่อความต้องการจากสารละลายธาตุอาหารสูตร Resh (1978) ดัดแปลง ส่งผลทำให้การเพิ่มความเข้มข้นของโพแทสเซียมไม่มีผลต่อการสะสมแมกนีเซียมไอออน

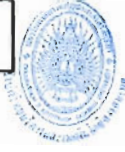
ปริมาณรงควัตถุในผักกาดหอมพันธุ์คอส ประกอบด้วย คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์ บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมด เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสารละลายธาตุอาหารสูตร Resh (1978) ดัดแปลงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นส่งเสริมกระบวนการสังเคราะห์รงควัตถุต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ส่งผลทำให้ปริมาณรงควัตถุชนิดต่าง ๆ เพิ่มขึ้น การเพิ่มความเข้มข้นของโพแทสเซียมมีผลทำให้ปริมาณรงควัตถุโดยเฉพาะอย่างยิ่งคลอโรฟิลล์ในข้าวเพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์คอส ประกอบด้วย จำนวนใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และมวลชีวภาพแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสารละลายธาตุอาหารสูตร Resh (1978) ดัดแปลงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นไปได้

ได้ว่าภายในเซลล์พืชมีปริมาณโพแทสเซียมมากกว่าธาตุอื่น ๆ ซึ่งโพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในการลดศักย์ออสโมติกภายในเซลล์ของเนื้อเยื่อพืช และหากมีปริมาณโพแทสเซียมมากเซลล์พืชสามารถเก็บสะสมโพแทสเซียมส่วนเกินไว้ในแวคิวโอล โดยโพแทสเซียมในส่วนนี้มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการขยายขนาดของเซลล์ การปรับความเต่งภายในเซลล์ (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543) และสภาพการนำน้ำของปากใบ ทั้งนี้การขยายขนาดของเซลล์และการปรับความเต่งภายในเซลล์มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช โดยการสะสมน้ำหนักแห้งในพืชมีค่าสูงสุดเมื่อพืชได้รับโพแทสเซียมในระดับที่เหมาะสม (Scibor-Marchocka, 1970; Gremigni et al., 2001) ที่รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง จำนวนใบ และพื้นที่ใบของชาเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหาร

### สรุปผลการวิจัย

การสะสมธาตุอาหาร ปริมาณรงควัตถุ และการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์คอสได้รับอิทธิพลจากความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสารละลายธาตุอาหารสูตร Resh (1978) ดังต่อไปนี้

1. การสะสมโพแทสเซียมไอออนมีปริมาณสูงสุด ในผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 28 วัน หลังย้ายปลูก ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีโพแทสเซียมความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร
2. การสะสมแคลเซียมไอออนมีปริมาณสูงสุด ในผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 28 วัน ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีโพแทสเซียมความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร
3. การสะสมแมกนีเซียมไอออนมีปริมาณสูงสุด ในผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 14 วัน ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีโพแทสเซียมความเข้มข้น 200 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดมีปริมาณสูงสุด ในผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 28 วัน หลังย้ายปลูก ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีโพแทสเซียมความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร
5. การเจริญเติบโต ประกอบด้วย จำนวนใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และมวลชีวภาพแห้งมีค่าสูงสุดใน ผักกาดหอมพันธุ์คอสที่มีอายุ 28 วัน หลังย้ายปลูก ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีโพแทสเซียมความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร



## เอกสารอ้างอิง

ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จงรัชฎ์ จันทร์เจริญสุข. (2542). **การวิเคราะห์ดินและพืช.**

กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
นพดล เรียบเลิศศิริ. (2538). **การปลูกพืชไร่ดิน.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์รั้วเขียว.  
พันธ์วิ มาไพโรจน์. (2529). **การสังเคราะห์แสงและการหายใจ.** เชียงใหม่: ภาควิชา  
ชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ยงยุทธ โอสธสภ. (2543). **ธาตุอาหารพืช.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อภิรักษ์ หลักชัยกุล. (2539). **การศึกษาเปรียบเทียบวัสดุเพื่อใช้เป็นวัสดุปลูกพืชไม้ใช้ดิน  
ในผักกาดหอม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อาภัสสร ฆมิตท์. (2536). **ชีวเคมี.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาสรีรวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์.  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Ashraf, M., Ahmatullah, R., Ahmad, R., Bhatti, A.S., Afzal, M., Sarwar, A.,  
Maqsood, M.A. and Kanwal, S. (2010). Amelioration of salt stress in  
sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) **Pedosphere.** 20(2), 153-162.

Gill, S.S. and Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant  
machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant  
Physiology and Biochemistry.** 48, 909-930.

Gremigni, P., Wong, M.T.F., Edwards, N.K., Harris, D.J. and Hamblin, J. (2001).  
Potassium nutrition effects on seed alkaloid concentrations, yield  
and mineral content of lupins (*L. angustifolius*). **Plant Soil.** 237, 131-  
142.

Kawashima, L.M. & Soares, L.M.V. (2003). Mineral profile of raw and cooked  
leafy vegetables consumed in Southern Brazil. **J. Food Composition  
and Analysis.** 16, 605-611.

Kopsell D.A., Kopsell, D.E. & Curran-Celentano, J. (2005). Carotenoid and  
Chlorophyll Pigments in Sweet Basil Grown in the Field and  
Greenhouse. **Hortscience.** 40(5), 1230-1233.

Li, Y., Qin, J., Mattson, N.S. & Ao, Y. (2013). Effect of potassium application  
on celery growth and cation uptake under different calcium and  
magnesium levels in substrate culture. **Scientia Horticulturae.** 158,  
33-38.



- Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**. 148, 350-380.
- Liu, X., Ardo, S., Bunning, M., Parry, J., Zhou, K., Stushnoff, C., Stoniker, F., Liangli, Y. and Kendall, P. (2007). Total phenolic content and DPPHd radical scavenging activity of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown in Colorado. **Food Science and Technology**. 40(3), 552-557.
- Ranganna, S. (1977). **Manual of fruit & vegetable products**. New Dehli : Tata Me Graw Hill Publishing Co.
- Resh, H.M. (1978). **Hydroponic food production**. California: Woodbridge press
- Scibor-Marchocka A. (1970). Comparative studies on the homologous types of bitter and fodder white lupine. **Acta Agrobotanica**. 23(1), 23-38.
- Shabala, S.N., Shabala, S.I., Martynenko, A.I., Babourina, O. & Newman, I.A. (1998). Salinity effect on bioelectric activity, growth, Na<sup>+</sup> accumulation and chlorophyll fluorescence of maize leaves: a comparative survey and prospects for screening. **Australian Journal of Plant Physiology**. 25, 609-616.
- Shoemaker, J.S. (1947). **“Salad Crop” vegetable growing**. New York: John Wiley and Sons. Inc.