การใช้ประโยชน์ของแคลเซียมซิลิเกตต่อการเติบโตและสารต้านอนุมูลอิสระในยอดผักกาดกวางตุ้ง

Utilization of calcium silicate application on growth and antioxidant activities in baby leaf green petiole

อภัสนันท์ ทานะมัย[1], สุภาพร มัยกูล[1] และ พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง[1*]

Apatsanan Thanamai[1], Supaporn Maikul[1] and Pornpairin Rungcharoenthong[1*]

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของแคลเซียมซิลิเกตต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในยอดผักกาดกวางตุ้ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทั้งหมด 6 ตำรับทดลอง และจำนวน 12 ซ้ำ ใส่แคลเซียมซิลิเกตผสมกับวัสดุปลูกในอัตรา 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 กิโลกรัม/ไร่ ทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ผลผลิต ปริมาณรงควัตถุ สารประกอบฟีนอล และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ผลการทดลองพบว่าการใส่แคลเซียมซิลิเกตส่งเสริมให้การเจริญเติบโต ผลผลิต ปริมาณรงควัตถุและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในยอดผักกาดกวางตุ้งสูงกว่าตำรับที่ไม่ใส่แคลเซียมซิลิเกต (ควบคุม) โดยที่อัตรา 10 กิโลกรัม/ไร่ให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 44.33%

คำสำคัญ: แคลเซียมซิลิเกต, เติบโต, ผลผลิต, ผักกาดกวางตุ้ง, สารต้านอนุมูลอิสระ

ABSTRACT: The aim of this study to investigated the effects of calcium silicate on growth, yield and antioxidants activities in baby leaf green petiole. The experiment was Completely Randomized Design (CRD) in 6 treatments with 12 replications. Calcium silicate mixed into planting media at 0, 5, 10, 15, 20 and 25 kg/rai. Plant growth, yield, pigment, phenolic compounds and antioxidant activities (EC_{50}) were investigated. The results showed that calcium silicate application enhanced the growth, yield, pigment and antioxidant activities. higher than non-calcium silicate application (control). In addition, calcium silicate application at a rate 10 kg/rai gave the maximum yield about that 44.33 %.

Keywords: calcium silicate, growth, yield, green petiole, antioxidant activities

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, Nakhonpathom, 73140

[2] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, Nakhonpathom, 73140

* Corresponding authors: faasprr@ku.ac.th

บทนำ

ผักกาดกวางตุ้ง (*Brassica chinensis* Jusl.) เป็นพืชล้มลุกมีช่วงอายุการเจริญเติบโตสั้น อายุเก็บเกี่ยว 30-45 วันหลังเพาะเมล็ด นิยมปลูกจำนวนมากทั้งในประเทศไทยและประเทศแถบเอเชีย จากสถิติปี 2558 มีพื้นที่ปลูกผักกาดกวางตุ้ง 76,001 ไร่ ผลผลิต 116,206 ตัน ผลผลิตต่อไร่ 1,529 กิโลกรัม และมูลค่าผลผลิต 1,404.406 ล้านบาท (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558) ผักกาดกวางตุ้งมีแคลเซียมสูง ช่วยบำรุงรักษาสายตา เสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง ป้องกันโรคกระดูกพรุน ช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ เนื่องจากมีสารต้านอนุมูลอิสระ และมีเส้นใยปริมาณมากสามารถควบคุมน้ำหนักได้และยังมีกรดโฟลิคช่วยป้องกันความผิดปกติของระบบประสาทส่วนกลางของทารก นอกจากนี้พื้นที่ทำการเพาะปลูกผักกาดกวางตุ้งมักเป็นพื้นที่เดิม จึงมีผลทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง มีการระบาดของโรคแมลง และมีการสะสมสารเคมีจึงส่งผลกระทบต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค (สุรเดช, 2556) จึงมีแนวทางแก้ไขปัญหาและจัดการธาตุอาหารในพืชโดยใช้ธาตุเสริมประโยชน์ ซึ่งซิลิคอนจัดเป็นธาตุเสริมประโยชน์และสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยเพิ่มพื้นที่ใบ ทำให้พืชสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้พืชมีอัตราสังเคราะห์ด้วยแสงมากขึ้น (Bokhtiar et al., 2012) ยังสามารถกระตุ้นให้พืชมีการสร้างสารทุติยภูมิ และเอนไซม์ เช่น เอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase (PAL) ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดหนึ่งรวมถึงช่วยให้ลำต้นพืชตั้งตรงแข็งแรงไม่ล้มง่าย และส่งเสริมให้พืชมีความทนทานต่อสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม (Takahashi, 1968; Rahman et al., 1998) อย่างไรก็ตามจากการรายงานการศึกษาซิลิคอนส่วนใหญ่ในประเทศไทยเป็นการให้ซิลิคอนในรูปของแคลเซียมซิลิเกต ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการถลุงเหล็ก หาซื้อได้ง่ายและราคาถูก (พงศกร และ 2558; สุรชัย และคณะ 2558) ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงสนใจศึกษาผลของแคลเซียมซิลิเกตต่อการเจริญเติบโต คุณภาพ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในยอดผักผักกาดกวางตุ้ง

วิธีการศึกษา

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 12 ซ้ำ และ6 ตำรับทดลอง ได้แก่ ให้แคลเซียมซิลิเกตในอัตรา 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 กิโลกรัม/ไร่ ผสมดินในถุงดำขนาด 9x18 นิ้วหลังจากนั้นหยอดเมล็ดผักกาดกวางตุ้งลงในถุงเพาะๆ ละ 16 เมล็ด เมื่อพืชมีอายุได้ 7 วันหลังเพาะเมล็ดทำการถอนแยกให้เหลือถุงละ 12 ต้น และใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-16 ในอัตรา 10 กิโลกรัม/ไร่ โดยฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงตามความจำเป็นโดยเก็บข้อมูลความสูงจำนวนใบและน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งที่อายุ 21วันหลังเพาะเมล็ดหลังจากนั้นแบ่งตัวอย่างพืชออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนแรก นำตัวอย่างพืชสดไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักแห้ง และส่วนที่สองนำไปวิเคราะห์หาปริมาณรงควัตถุโดยการสกัดด้วย 80% acetone (Arnon, 1949) สารประกอบฟีนอลโดยการสกัดด้วย 20% methanol และใช้ Gallic acid เป็นสารมาตรฐาน (Singleton et al., 1999) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยการสกัดด้วย absolute ethanol โดยใช้ Trolox และ Ascorbic acid เป็นสารมาตรฐาน (ดัดแปลงจาก Brand-Williams et al., 1995) แล้วนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางสถิติด้วยโปรแกรม R

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การใส่แคลเซียมซิลิเกตทางดินที่อัตราต่างกันส่งผลให้ความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของยอดผักผักกาดกวางตุ้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ การใส่แคลเซียมซิลิเกตให้ความสูงน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของยอดผักกาดกวางตุ้งสูงกว่าการไม่ใส่

แคลเซียมซิลิเกต (ตำรับควบคุม) (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาผลของการใส่ซิลิคอนในพริกหวาน มะเขือเทศ และพริกขี้หนูพบว่าซิลิคอนสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตด้านความสูง และน้ำหนักแห้งของพริกหวาน (กุลินดา และคณะ 2557) มะเขือเทศ (ชลธิชา และคณะ 2559, กมลวรรณและคณะ 2559) และพริกขี้หนู (เอกรินทร์ และคณะ 2559) ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากการใส่ซิลิคอนทำให้ใบพืชตั้งตรง ส่งผลให้มีพื้นที่ใบในการรับแสงเพิ่มขึ้น ทำให้พืชมีอัตราสังเคราะห์ด้วยแสงมากขึ้น และสร้างอาหารเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhao et al. (2013) พบว่า ที่ให้ซิลิคอนในรูปของโซเดียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร สามารถเพิ่มความสูง และความแข็งแรงของก้านช่อดอกได้ดีที่สุด

Table 1 Effect of calcium silicate application on growth of baby leaf green petiole.

Ca_2SiO_4 (kg/rai)	Plant height (cm)	Leaf number	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
0	12.07 b	4.95	5.15 b	0.58 b
5	12.47 ab	4.82	6.06 ab	0.68 ab
10	12.53 ab	4.92	7.39 a	0.74 ab
15	13.02 ab	5.37	6.59 ab	0.68 ab
20	12.77 ab	5.00	5.97 ab	0.63 ab
25	13.70 a	5.02	7.40 a	0.80 a
F-test	*	ns	*	*
C.V. (%)	11.65	7.63	19.86	22.63

Mean within the same columns followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT at $P< 0.05$

การใส่แคลเซียมซิลิเกตมีแนวโน้มส่งเสริมให้พืชสังเคราะห์ปริมาณรงควัตถุมากขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Table 2) โดยการใส่แคลเซียมซิลิเกตที่อัตรา 15 กิโลกรัม/ไร่ส่งเสริมให้ปริมาณรงควัตถุเอและรงควัตถุทั้งหมดมีปริมาณสูงเท่ากับ 0.349 และ 0.569 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อเยื่อ ตามลำดับ ขณะที่การใส่แคลเซียมซิลิเกตอัตรา 10, 15 และ 20 กิโลกรัม/ไร่ให้ปริมาณรงควัตถุบีมากที่สุดเท่ากับ 0.227, 0.219 และ 0.191 มิลลิกรัม/กรัม เนื้อเยื่อ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Marschner (1995) กล่าวว่าซิลิคอนช่วยเพิ่มการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยเพิ่มความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ต่อพื้นที่ใบและเพิ่มปริมาณเอนไซม์ RubisCo ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์และส่งผลให้มีการเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตในพืชมากยิ่งขึ้นเนื่องจากซิลิคอนเป็นตัวกระตุ้นในการสังเคราะห์เอนไซม์ RubisCo ซึ่งเป็นเอนไซม์ในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชเพื่อสร้างน้ำตาล และสอดคล้องกับการรายงานของ Ahmed et al. (2011) กล่าวว่าการให้ซิลิคอนในรูปกรดซิลิซิกที่ 0.8 มิลลิโมลซิลิคอน จะทำให้พื้นที่ใบ น้ำหนักใบ คลอโรฟิลล์ น้ำหนักใบแห้ง และน้ำหนักรากแห้งเพิ่มขึ้น

การใส่แคลเซียมซิลิเกตมีแนวโน้มส่งเสริมให้พืชมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับตำรับควบคุม (Table 3) กล่าวคือ ค่า EC_{50} มีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับค่า EC_{50} ของสารมาตรฐาน troloxและ ascorbic acid ของตำรับควบคุมแสดงให้เห็นว่าการใส่แคลเซียมซิลิเกตมีผลทำให้พืชมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในแตงกวาพบว่าการให้ซิลิคอนสามารถเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้มากขึ้นจากการสร้างเอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) , phospholipid hydroperoxide

glutathione peroxidase (GSH-Px), ascorbate peroxidase (APX) และ total glutathione (GSH) ทำให้แตงกวาสามารถทนต่อสภาพแวดล้อม และสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม และการสะสมซิลิคอนที่มากขึ้นสามารถเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและช่วยลดการเกิด lipid peroxidation (Liu et al., 2009)

Table 2 Effect of calcium silicate on pigment in baby leaf green petiole.

Ca_2SiO_4 (kg/rai)	Pigment (mg/g tissue)		
	Chlorophyll A	Chlorophyll B	Total Chlorophyll
0	0.226 b	0.173 ab	0.398 bc
5	0.216 c	0.119 b	0.335 c
10	0.293 ab	0.227 a	0.519 ab
15	0.349 a	0.219 a	0.569 a
20	0.289 ab	0.191 a	0.480 ab
25	0.264 ab	0.178 ab	0.441 ab
F-test	*	*	*
C.V. (%)	16.23	21.05	17.28

Mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT at $P< 0.05$

Table 3 Effect of calcium silicate on phenolic compound and antioxidant activity in baby leaf green petiole.

Ca_2SiO_4 (kg/rai)	Phenolic compound (mg GAE/g tissue)	EC_{50} (mg /ml)
0	0.801	9.849 a
5	0.683	5.726 c
10	0.738	7.203 b
15	0.718	5.837 c
20	0.775	6.333 bc
25	0.716	5.294 c
F-test	ns	*
C.V. (%)	19.82	12.19

Mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT at $P< 0.05$

จากผลการทดลองพบว่าการใส่แคลเซียมซิลิเกตที่อัตรา 10 และ 25 กิโลกรัม/ไร่ มีปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้นสูงเมื่อเทียบกับชุดควบคุมซึ่งเท่ากับ 44.33 และ 44.48 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาด้านต้นทุนการผลิตแล้วพบว่าการใส่แคลเซียมซิลิเกตที่อัตรา 10 กิโลกรัม/ไร่เป็นอัตราที่เหมาะสมสำหรับการผลิตยอดผักกาดกวางตุ้ง

สรุป

การใส่แคลเซียมซิลิเกตทางดินส่งเสริมให้ผักกาดกวางตุ้งมีการเจริญเติบโตดีเพิ่มผลผลิต ปริมาณรงควัตถุ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยอัตราแคลเซียมซิลิเกตที่เหมาะสม คือ 10 กิโลกรัม/ไร่

เอกสารอ้างอิง

กมลวรรณ คงสุดรู้, ศุภชัย อำคากนกกร, สินมาธงชัย มาลา และพรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง. 2559. การใช้ประโยชน์ของปุ๋ยแคลเซียมซิลิเกตต่อการผลิตกล้ามะเขือเทศในชุดดินปากช่อง. แก่นเกษตร44(พิเศษ 1):246-251.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2558. เนื้อที่ ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ และมูลค่าผลผลิตผักกาดเขียวกวางตุ้ง. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/index_question.php?wcad=1&t=&-filename, 25 เมษายน 2559.

กุลินดา แท่นจันทร์ธงชัย, มาลาพรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง และศุภชัย อำคา. 2557. การใช้ประโยชน์ของแคลเซียมซิลิเกตต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของพริกหวานในระบบไฮโดรโปนิกส์. แก่นเกษตร 42(พิเศษ 3):887-893.

ชลธิชา เสนาพันธ์พรไพรินทร์, รุ่งเจริญทองภัณฑิรา คชวัฒน์ และศุภชัย อำคา. 2559. ผลของแคลเซียมซิลิเกตต่อการเจริญเติบโตและลักษณะสัณฐานวิทยาของใบของมะเขือเทศ.แก่นเกษตร 44(พิเศษ 1):153-159.

พงศกร นิตย์มีพรไพรินทร์, รุ่งเจริญทองศุภชัย อำคา และธงชัย มาลา. 2558. ผลของการเคลือบเมล็ดด้วยแคลเซียมซิลิเกตและการให้ทางดินต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. แก่นเกษตร 43(พิเศษ 1):76-82.

สุรชัย พิริยวิรุตม์ศุภชัย, อำคาธงชัย มาลา และพรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง. 2558. ผลของปุ๋ยแคลเซียมซิลิเกตต่อการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์และการผลิตกล้าเมล่อน. แก่นเกษตร. 43(พิเศษ 1):349-353

สุรเดช นุธรรม. 2556. การศึกษาข้อมูลเบื้องลึกของผักกาดกวางตุ้ง. แหล่งที่มา: http://Suradatappblog.wordpress.com, ค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน2559.

Ahmed, M, F. Hassen, U. Qadeer and M. Aslam. 2011. Silicon application and drought tolerance mechanism of sorghum. Afr. J. Agri. Res. 6(3): 594-607.

Arnon, D. I. 1949. Copper enzyme in isolated chloroplast. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*.Plant Physiol. 24:1-15.

Bokhtiar, S.M., R.H. Hai, R.L. Yang and V.A. Dalvi. 2012. Effects of silicon on yield contributing parameters and its accumulation in abaxial epidermis of sugarcane leaf blades using energy dispersive x-ray analysis. Journal of Plant Nutrition. 35: 1255-1275.

Brand-Williams, W., M. E. Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT Food Science Technology. 28(1): 25-30

Liu, J. J., S. H. Lin, P. I. Xu, X.J. Wang and J. G. Bai. 2009. Effects of exogenous silicon on the activities of antioxidant enzymes and lipid peroxidation in chilling-stressed cucumber leaves. AgiSci in China.1075-1086.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed. Academic Press, New York.

Rahman, M. T. K. Kawamura, H. Kayama and T. Hara. 1998. Varietal differences in the growth of rice plant in response to aluminum and silicon. Soil Science and Plant Nutrition. 44(3): 423-431.

Singleton, V. L., R. Orthofer and R. M. Lamuela-Ravenros. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Methods in Enzymology. 299: 152-178.

Takahashi, E. 1968. Silica as nutrient to the rice plant. Jarq-Japan Agricultural Research Quarterly. (3): 1-4.

Zhao, D., C. Han, J. Tao and Z. Hao. 2013. Silicon application enhances the mechanical strength of inflorescence stem in herbaceous peony (*Paeonialactiflora* Pall.). Scientia.Horticulturae.151: 165-172.