

ผลของแคลเซียมซิลิเกตจากอุตสาหกรรมซีเมนต์ต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และการสะสมของงาแดงสองสายพันธุ์

Effect of calcium silicate from cement industry on growth, yield components and its accumulation of the 2 red sesame cultivars

พฤกษ์ ชุติมานุกุล^{1*}, รุศมา มฤบดี², อรชิตา มีบุญ¹ และ ศรัณภรณ์ งามล้วน¹

Preuk Chutimanukul^{1*}, Rusama Marubodee², Onchita Meebun¹ and Sarunpirom Ngamluan¹

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120

¹ Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Pathum Thani 12120

² สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ชลบุรี 20110

² Department of Plant Production Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi, Thailand 20110

บทคัดย่อ: งาแดงเป็นพืชเศรษฐกิจของไทยที่นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันโดยผ่านกระบวนการขัดสีและใช้แทนงาขาวที่มีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการ มีลักษณะเด่น คือ ปลูกได้ง่าย ลงทุนต่ำ ทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี ต้องการน้ำน้อยกว่าพืชไร่อื่นๆ หลายชนิด มีความทนทานต่อความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ให้ผลผลิตต่อไร่สูง สามารถต้านทานต่อโรคได้ดี และให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งทำให้งาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 และพันธุ์อุบลราชธานี 2 ได้รับความนิยม เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ที่มีความทนทานต่อความแปรปรวนของสภาพอากาศ และให้ผลผลิตสูง แคลเซียมซิลิเกตมีประโยชน์ต่อพืช เช่น ส่งเสริมพัฒนาการของราก ผล และช่วยเพิ่มผลผลิต ปกป้องพืชจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และลดความเสียหายจากการเข้าทำลายของศัตรูพืช ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณแคลเซียมซิลิเกตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และการสะสมของงาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 และพันธุ์อุบลราชธานี 2 โดยวางแผนการทดลองแบบ 2x5 Factorial in completely randomized design (CRD) จำนวน 8 ซ้ำ ประกอบด้วยปัจจัย A คือ งาแดงสองสายพันธุ์ (พันธุ์อุบลราชธานี 1 และพันธุ์อุบลราชธานี 2) ปัจจัย B คือ ปริมาณแคลเซียมซิลิเกต (0, 200, 400, 600 และ 800 กก./ไร่) จากผลการทดลองพบว่า งาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 มีความสูงและน้ำหนักแห้งลำต้นที่สูงกว่าในทุกระดับของปริมาณแคลเซียมซิลิเกต ด้านองค์ประกอบผลผลิตงาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 2 มีน้ำหนักแห้งฝัก จำนวนฝักต่อต้น และผลผลิตต่อต้นสูงที่สุด และด้านการสะสมซิลิกอนของงาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 ร่วมกับการใส่แคลเซียมซิลิเกต 400 กก./ไร่ ส่งผลให้ในเมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การสะสมสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต; การสะสม; แคลเซียมซิลิเกต; งาแดง; องค์ประกอบผลผลิต

ABSTRACT: Red sesame is an economic crop in Thailand that are popularly consumed in the oil industry through the process of polishing and replacing the white sesame which is insufficient for demand. Their characteristics are easy to grow, low cost, resistant to drought, requires less water than other field crops, resistant to climate changes, high yields per rai, resistant to disease and high amount of antioxidants. Red sesame cultivars such as Ubon Ratchathani 1 and Ubon Ratchathani 2 are popular because there are resistant to climate changes and show a high yield. Calcium silicate is beneficial for plants, for example, supports development of root and fruit and it helps to increase crop productivity, protect the plants from environmental stress conditions and reduce the damage from pest infestation. The aim of this study was to research the optimum calcium silicate level for growth and yield

* Corresponding author; plove9528@hotmail.com

Received: date; February 14, 2020 Accepted: date; November 12, 2020 Published: date; August 5, 2021

components and its accumulation of 2 red sesames; Ubon Ratchathani 1 and 2. The experimental design was 2 × 5 Factorial in completely randomized design (CRD) with 8 replications Factor A consisted of two cultivars of red sesame (Ubon Ratchathani 1 and Ubon Ratchathani 2) and factor B included five calcium silicate levels (0, 200, 400, 600 and 800 kg/rai). The results found that Ubon Ratchathani 1 had higher height and stem dry weight at all levels of calcium silicate. For yield components, Ubon Ratchathani 2 had the highest values for pod dry weight, number of pods/plant and seed yield/plant. Based on silicon accumulation, Ubon Ratchathani 1 with 400 kg/rai of calcium silicate application resulted the highest percentage of silicon on seed with statistical significance.

Keywords: growth; accumulation; calcium silicate; red sesame; yield components

บทนำ

งาเป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยมีลักษณะเด่น คือ สามารถปลูกได้ง่าย ลงทุนต่ำ ทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี ต้องการน้ำน้อยกว่าพืชไร่หลายชนิด (วาสนา, 2556) ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกงาปีละประมาณ 4.2 แสนไร่ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในแถบภาคเหนือและภาคอีสานของประเทศ สำหรับผลผลิตของงา (งาแดง งาขาว และงาดำ) มีประมาณ 5 หมื่นตันต่อปี คิดเป็นมูลค่า 400 ล้านบาทต่อปี งาแดงเป็นงาที่เกษตรกรนิยมปลูกมากที่สุด เนื่องจากมีความทนทานต่อความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ และให้ผลผลิตต่อไร่สูง (ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี, 2556) เช่น งาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 มีลักษณะเมล็ดโต สีแดงสม่ำเสมอ ผลผลิตสูงเฉลี่ย 139 กก./ไร่ ต้านทานต่อโรคเหี่ยวจากเชื้อแบคทีเรีย ต้านทานต่อหนอนทอใบงา ไชขาว และมวนฝิ่นเป็นต้น พันธุ์อุบลราชธานี 2 มีลักษณะสีแดงสวย สีสม่ำเสมอให้ผลผลิตสูงเฉลี่ย 138 กก./ไร่ ให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูง 10,451 มก./กก. (ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี, 2558) งาแดงเป็นงาที่ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันค่อนข้างมาก โดยผ่านกระบวนการเอาเปลือกหุ้มเมล็ดออกทำเป็นงาขัด เพื่อให้เมล็ดเป็นสีขาวทดแทนงาขาวที่มีผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งถือเป็นพืชที่มีศักยภาพด้านการตลาด ถึงแม้ว่าจะ เป็นพืชที่สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นและพบมากอย่างต่อเนื่องคือ สภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรุนแรง เป็นผลให้ผลผลิตลดลง ไม่คงที่ และต้องเพิ่มต้นทุนในการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิต นอกจากนี้ยังพบการระบาดของโรคพืชจากเชื้อราและแบคทีเรีย (กรมวิชาการเกษตร, 2551) ดังนั้นการนำวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมซีเมนต์ที่มี ส่วนประกอบของแคลเซียมซิลิเกตมาใช้ เพื่อช่วยในการป้องกันจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ลดการเข้าทำลายของศัตรูพืช และเสริมสร้างการเจริญเติบโตให้แก่พืช เป็นต้น อย่างไรก็ตาม แคลเซียมซิลิเกตจากอุตสาหกรรมซีเมนต์มีลักษณะเป็นผงสีขาว ซึ่งมีธาตุซิลิกอนเป็นองค์ประกอบหลัก โดยแคลเซียมซิลิเกตจากอุตสาหกรรมซีเมนต์นี้มีองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 10, SiO₂ 51.65 %, CaO 37.63 %, Fe₂O₃ 1.83 %, MgO 0.56 % และอื่นๆ 8.33 % ซึ่งพืชจะดูดซิลิกอนจากสารละลายดินไปใช้ประโยชน์ในรูป Si(OH)₄ และกรดโมโนซิลิก (Knight and Kinrade, 2001) จากการศึกษาของ Ma et al. (2001) กล่าวว่า รากของข้าวสามารถดูดซิลิกอนได้ และกลไกการดูดซึมซิลิกอนจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืช เนื่องจากรากของธัญพืชส่วนมากและพืชใบเลี้ยงคู่บางชนิด เป็นพืชที่มีการสะสมซิลิกอนปานกลาง ประมาณ 1-3 % ของซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO₂) (ยงยุทธ, 2552) เมื่อพืชดูดซิลิกอนเข้าไปในเซลล์พืช ทำให้พืชมีการสร้างกลไกความทนทานต่อการเข้าทำลายของโรคและแมลงเพิ่มขึ้น (Marschner, 1995) ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณแคลเซียมซิลิเกตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และการสะสมของงาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 และพันธุ์อุบลราชธานี 2

วิธีการศึกษา

วางแผนการทดลองแบบ 2x5 Factorial in CRD จำนวน 8 ซ้ำ ซ้ำละ 1 กระจ่าง กระจ่างละ 1 ต้น ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ A คือ งาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 และพันธุ์อุบลราชธานี 2 ปัจจัยที่ B คือ ปริมาณแคลเซียมซิลิเกต (ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมซีเมนต์ของบริษัท Taiheiyo Cement Corporation, Japan) 5 อัตรา ได้แก่ 0, 200, 400, 600, 800 กก./ไร่ (0, 3.21, 6.41, 9.62, 12.82 ก./กระจ่าง)

การเตรียมการปลูกและการดูแลรักษา

นำเมล็ดงาแดงทั้งสองสายพันธุ์ มาเพาะลงในถาดหลุมเพาะกล้าขนาด 2.4×2.4×4.0 ซม. (กว้าง×ยาว×สูง) ด้วยวัสดุเพาะกล้า ย้ายปลูกเมื่อต้นกล้ามีอายุ 16 วัน หรือเมื่อมีใบจริงงอก ลงในกระถางขนาด 10 นิ้ว กระถางละ 1 ต้นที่บรรจุด้วยดิน กระถางละ 5 กก. โดยใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 20 กก./ไร่ (0.32 กก./กระถาง) เมื่องาแดงทั้งสองสายพันธุ์มีอายุ 7 วันหลังย้ายปลูก บันทึกข้อมูลดังนี้

การบันทึกข้อมูล

การเจริญเติบโตทางลำต้น บันทึกข้อมูลตั้งแต่ระยะต้นกล้าจนถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา ได้แก่ ความสูงต้น (วัดจากโคนต้น บริเวณเหนือดินจนถึงสุดปลายใบ) น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (ลำต้น และใบ) และน้ำหนักแห้งราก โดยบันทึกผลการเจริญเติบโตทุก ๆ 21 วัน เมื่อครบกำหนดการเก็บเกี่ยวทำการตัดแยกต้นงาเป็น 4 ส่วน คือ ลำต้น ใบ ราก และฝัก แล้วนำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดแล้วนำออกมาบันทึกข้อมูลน้ำหนักแห้ง

องค์ประกอบผลผลิต บันทึกข้อมูลองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักแห้งฝักต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตต่อต้น

การสะสมซิลิกอน วิเคราะห์ปริมาณซิลิกอนในส่วนต่างๆ ของงาแดง ได้แก่ ใบ ลำต้น ราก ฝัก และเมล็ด ตามวิธีของ Nayar et al. (1975)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's Multiple's Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS ver. 9.0

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษามูลของปริมาณแคลเซียมซิลิเกตและงาแดงสองสายพันธุ์ต่อการเจริญเติบโต

เมื่อเปรียบเทียบงาแดงสองสายพันธุ์ร่วมกับการใช้แคลเซียมซิลิเกตจากอุตสาหกรรมซีเมนต์ที่แตกต่างกัน พบว่า งาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 มีความสูง (97.87 ซม.) น้ำหนักแห้งลำต้น (5.26 ก.) น้ำหนักแห้งราก (1.33 ก.) น้ำหนักแห้งใบ (2.49 ก.) มากกว่างาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 2 อย่างมีนัยสำคัญ (Table 1) สำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์งาแดง และปริมาณแคลเซียมซิลิเกตนั้น พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อน้ำหนักแห้งราก และน้ำหนักแห้งใบ แต่มีปฏิสัมพันธ์ต่อความสูงต้น และน้ำหนักแห้งลำต้น ซึ่งจากการทดลอง พบว่า งาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 ร่วมกับการใส่แคลเซียมซิลิเกต 400 กก./ไร่ส่งผลให้มีความสูงที่สุด (101.11 ซม.) และงาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 ร่วมกับการใส่แคลเซียมซิลิเกต 800 กก. ส่งผลให้น้ำหนักแห้งลำต้นสูงที่สุด (6.15 ก.) (Table 2) การที่แคลเซียมซิลิเกตมีผลทำให้การเจริญเติบโตของงาดีขึ้น เนื่องมาจากซิลิกอนในรูปของกรดโมโนซิลิกที่พืชดูดได้จะสะสมในผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อชั้นผิว มีลักษณะบาง ๆ เรียกว่าชั้นซิลิกา (silica layer) ซึ่งประกอบด้วยซิลิกอน เซลลูโลส แพคติน และแคลเซียมช่วยทำให้ผนังเซลล์และใบพืชมีความแข็งแรง จึงถือว่าซิลิกอนช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ ซึ่งธาตุพืชส่วนมากและพืชใบเลี้ยงคู่บางชนิดเป็นพืชที่มีการสะสมซิลิกอนปานกลาง ประมาณ 1-3 % ของซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO₂) (ยงยุทธ, 2552) สอดคล้องการรายงานของพงศกร และคณะ (2558) พบว่าการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยสารละลายแคลเซียมซิลิเกตความเข้มข้น 2 กก./ลิตร ร่วมกับการใส่แคลเซียมซิลิเกตทางดินที่อัตรา 5-10 กก./ไร่ ส่งผลให้น้ำหนักแห้งและความสูงต้นของต้นข้าวโพดสูงที่สุด นอกจากนี้จากการสังเกตอาการของโรคและแมลงด้วยตา (ไม่ได้แสดงข้อมูล) พบว่า ต้นงาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 และงาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 2 พบหนอนผีเสื้อหัวกะโหลกและไรขาวเพียงเล็กน้อยเมื่ออยู่ในระยะออกดอกถึงติดฝักในแปลงทดลอง

Table 1 Effect of calcium silicate from cement industry on growth and yield components of the 2 red sesame cultivars

Factors	Growth				Yield components			
	Height (cm)	Stem dry weight (g)	Root dry weight (g)	Leaf dry weight (g)	Pod dry weight (g)	1,000 seed weight (g)	Pod no./plant	Seed yield/plant (g)
Sesame Cultivars (A)								
Ubong Ratchathani1	97.87 ^a	5.26 ^a	1.33 ^a	2.49 ^a	26.02 ^a	3.20	36.42 ^b	5.35
Ubong Ratchathani2	80.13 ^b	3.60 ^b	0.94 ^b	0.98 ^b	22.49 ^b	3.10	38.02 ^a	5.35
Calcium Silicate (B)								
0 kg/rai	91.22	5.33	1.34	1.86	30.10 ^a	3.00 ^c	46.49 ^a	5.28 ^b
200 kg/rai	91.18	4.74	1.18	1.71	23.85 ^{bc}	3.10 ^{bc}	32.36 ^b	6.37 ^a
400 kg/rai	91.50	4.81	1.23	1.76	26.17 ^{ab}	3.20 ^{ab}	36.97 ^b	5.41 ^b
600 kg/rai	86.13	3.90	0.90	1.70	20.34 ^c	3.30 ^a	32.16 ^b	5.01 ^b
800 kg/rai	85.00	4.28	1.08	1.63	20.82 ^c	3.00 ^c	38.11 ^b	4.67 ^b
A	**	**	**	*	*	ns	ns	ns
B	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**
A*B	*	*	ns	ns	*	ns	**	**
CV(%)	5.75	19.55	28.35	17.51	25.95	7.79	13.85	13.85

*There were statistically significant difference at 95%, ** There were statistically significant difference at 99%, ns not significant difference

Means followed by different letters within column in each factor are significantly different at the 0.05 level

Table 2 Interaction between the 2 red sesame cultivars and calcium silicate on growth and yield components of the 2 red sesame cultivars

Factors	Calcium Silicate (Kg/rai) (B)	Sesame Cultivars (A)		Average
		Ubon Ratchathani1	Ubon Ratchathani2	
Height(cm)	0	94.50 ^{ab}	87.94 ^{bc}	91.22
	200	97.88 ^a	84.47 ^c	91.18
	400	101.11 ^a	81.89 ^{cd}	91.50
	600	97.63 ^a	74.64 ^{de}	86.13
	800	98.25 ^a	71.75 ^e	85.00
	Average	97.87	80.13	
Stem dry weight(g)	0	5.36 ^{ab}	5.30 ^{ab}	5.33
	200	5.54 ^{ab}	3.64 ^{bcd}	4.59
	400	6.07 ^a	3.54 ^{cd}	4.81
	600	4.99 ^{abc}	2.82 ^d	3.91
	800	6.15 ^a	2.41 ^d	4.28
	Average	5.26	3.60	
Pod dry weight (g)	0	27.05 ^{ab}	33.15 ^a	30.10
	200	25.01 ^{bc}	22.68 ^{bcd}	23.85
	400	29.38 ^{ab}	22.97 ^{bcd}	26.17
	600	22.59 ^{bcd}	18.09 ^{cd}	20.34
	800	26.05 ^{ab}	15.58 ^d	20.82
	Average	26.02	22.49	
Pod no./plant	0	37.72 ^b	55.27 ^a	46.49
	200	35.22 ^b	29.50 ^b	32.36
	400	39.27 ^b	34.66 ^b	36.97
	600	33.11 ^b	31.22 ^b	32.16
	800	36.77 ^b	39.44 ^b	38.11
	Average	36.42	38.02	
Seed yield/plant	0	5.27 ^b	5.29 ^b	5.28
	200	5.41 ^b	7.33 ^a	6.37
	400	5.54 ^b	5.29 ^b	5.41
	600	5.30 ^b	4.73 ^c	5.01
	800	5.22 ^c	4.12 ^c	4.67
	Average	5.35	5.35	

Means followed by different letters within cultivars in each factor are significantly different at the 0.05 level.

การศึกษามวลของปริมาณแคลเซียมซิลิเกตและงาแดงสองสายพันธุ์ต่อองค์ประกอบผลผลิต

เมื่อเปรียบเทียบงาแดงสองสายพันธุ์ร่วมกับการใช้แคลเซียมซิลิเกตจากอุตสาหกรรมซีเมนต์ที่แตกต่างกัน พบว่า งาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 2 มีจำนวนฝักต่อต้น (38.02 ฝัก) มากกว่างาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และงาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 มีผลผลิตต่อต้น (5.35 ก.) เท่ากับงาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 2 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้งาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 มีน้ำหนักแห้งฝัก (26.02 ก.) มากกว่างาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 2 อย่างมีนัยสำคัญ และงาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (3.20 ก.) มากกว่างาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 2 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) สำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์งาแดง และปริมาณแคลเซียมซิลิเกตนั้น พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด แต่มีปฏิสัมพันธ์ต่อน้ำหนักแห้งฝักจำนวนฝักต่อต้น และผลผลิตต่อต้น ซึ่งจากการทดลอง พบว่า งาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 2 ร่วมกับการไม่ใส่แคลเซียมซิลิเกตส่งผลให้มีน้ำหนักแห้งฝักสูงที่สุด (33.15 ฝัก) แต่ไม่แตกต่างกับงาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 ร่วมกับการใส่แคลเซียมซิลิเกต 400 และ 800 กก./ไร่ (29.38 และ 26.05 ฝัก ตามลำดับ) งาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 2 ร่วมกับการไม่ใส่แคลเซียมซิลิเกตส่งผลให้มีจำนวนฝักต่อต้นสูงที่สุด (55.27 ฝัก) งาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 2 ร่วมกับการใส่แคลเซียมซิลิเกต 200 กก./ไร่ ส่งผลให้มีผลผลิตต่อต้นสูงที่สุด (6.37 ก.) (Table 2) สอดคล้องกับการศึกษาของยงยุทธ (2552) รายงานว่า ความเป็นประโยชน์ของแคลเซียมซิลิเกตที่มีต่อพืชนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถในการสะสมแคลเซียมซิลิเกตในพืชแต่ละชนิดหรือสายพันธุ์ของพืช เช่นเดียวกับการศึกษาของ Kaerlek (2012) รายงานว่า หากพืชได้รับแคลเซียมซิลิเกตในปริมาณที่เหมาะสมและเพียงพอ จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งการศึกษาของ Guével et al. (2007) กล่าวว่า ความเป็นประโยชน์ของซิลิกอนต่อพืชจะเกิดขึ้นได้ ก็ต่อเมื่อพืชอยู่ภายใต้สภาวะความเครียด เช่น ซิลิกอนสามารถเพิ่มผลผลิตของข้าว ข้าวโพด (*Zea mays*) เมื่ออยู่ในสภาวะแห้งแล้ง (Liang et al., 2005) และซิลิกอนยังช่วยให้ข้าวสาลี ข้าวโพด อาลฟาฟ่า อ้อย และมะเขือเทศได้รับผลกระทบจากความเค็มน้อยลง (ยงยุทธ, 2552)

การศึกษามวลของการสะสมซิลิกอนในส่วนต่างๆของพืช

เมื่อเปรียบเทียบงาแดงสองสายพันธุ์ร่วมกับการใช้แคลเซียมซิลิเกตจากอุตสาหกรรมซีเมนต์ที่แตกต่างกัน พบว่า งาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 มีปริมาณซิลิกอนในส่วนของฝัก (0.470%) มากกว่างาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 2 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนงาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 2 มีปริมาณซิลิกอนในส่วนของลำต้น (0.471%) และราก (0.470%) มากกว่างาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ และ งาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 มีปริมาณซิลิกอนในส่วนของใบ (0.470%) และเมล็ด (0.468%) เท่ากับงาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 2 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) สำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์งาแดง และปริมาณแคลเซียมซิลิเกตนั้น พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อปริมาณซิลิกอนในส่วนของใบ ลำต้น ราก และฝัก แต่มีปฏิสัมพันธ์ต่อปริมาณซิลิกอนในส่วนของเมล็ด ซึ่งจากการทดลอง พบว่า งาแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 ร่วมกับการใส่แคลเซียมซิลิเกตที่ 400 กก./ไร่ ส่งผลให้มีปริมาณซิลิกอนในส่วนของเมล็ดสูงที่สุด (0.473%) (Table 4) จากผลการทดลองพบว่า การใช้แคลเซียมซิลิเกตในปริมาณที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการสะสมของซิลิกอนในส่วนของใบ ลำต้น ราก และฝักของงาแดงทั้งสองสายพันธุ์ อย่างไรก็ตามการใช้แคลเซียมซิลิเกตในปริมาณที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ซิลิกอนมีการสะสมในเมล็ดงาแดงทั้งสองสายพันธุ์ที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้ซิลิกอนสามารถกระจายไปสะสมตามส่วนต่างๆ ดังกล่าวได้อย่างอิสระและมีปริมาณการสะสมซิลิกอนที่ใกล้เคียงกัน ในด้านการตอบสนองต่อความเข้มข้นหรือปริมาณของซิลิกอนนั้น ยงยุทธ (2552) รายงานว่า จะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยเฉพาะชนิดและสายพันธุ์ของพืชด้วย ในด้านการเคลื่อนย้ายซิลิกอนนั้น จากการรายงานของ Balasta et al. (1989) กล่าวว่า ซิลิกอนจะเคลื่อนย้ายจากรากไปยังส่วนเหนือดินผ่านทางไซเล็ม โดยปริมาณการสะสมซิลิกอนจะขึ้นอยู่กับอัตราการคายน้ำของอวัยวะนั้นๆ อีกทั้งการสะสมจะเกิดขึ้นเสมอที่บริเวณปลายสุดของการคายน้ำ เนื่องจากมีอัตราการคายน้ำสูง จึงมีการสะสมซิลิกอนมากขึ้น จากการสะสมซิลิกอนที่มากขึ้นไม่เป็นอันตรายต่อพืช (ยงยุทธ, 2552)

Table 3 Accumulation of silicon in different 2 red sesame cultivars under different calcium silicate levels

Factors	The amount of silicon (%Si ₂)				
	Leaf	Stem	Root	Pod	seed
Sesame Cultivars (A)					
Ubon Ratchathani1	0.470	0.470	0.468	0.470	0.468
Ubon Ratchathani2	0.470	0.471	0.470	0.469	0.468
Calcium Silicate (B)					
0 kg/rai	0.470	0.471	0.468	0.470	0.468 ^b
200 kg/rai	0.470	0.471	0.468	0.467	0.466 ^c
400 kg/rai	0.470	0.472	0.469	0.469	0.468 ^b
600 kg/rai	0.471	0.469	0.470	0.471	0.468 ^b
800 kg/rai	0.470	0.471	0.471	0.469	0.469 ^a
A	ns	ns	ns	ns	ns
B	ns	ns	ns	ns	*
A*B	ns	ns	ns	ns	*
CV(%)	22.54	34.01	22.55	53.05	36.80

*There were statistically significant difference at 95%, ns not significant difference

Means followed by different letters within column in each factor are significantly different at the 0.05 level

Table 4 Interaction between the 2 red sesame cultivars and calcium silicate on accumulation of silicon

Factors	Calcium Silicate (Kg/rai) (B)	Sesame Cultivars (A)		Average
		Ubon Ratchathani1	Ubon Ratchathani2	
seed	0	0.468 ^c	0.468 ^c	0.468
	200	0.466 ^d	0.466 ^d	0.466
	400	0.473 ^a	0.465 ^e	0.468
	600	0.466 ^d	0.471 ^b	0.468
	800	0.468 ^c	0.471 ^b	0.469
	Average	0.468	0.468	

Means followed by different letters within cultivars in each factor are significantly different at the 0.05 level

สรุป

งานทั้งสองสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อแคลเซียมซิลิเกตที่แตกต่างกันในแต่ละด้าน ด้านการเจริญเติบโตงานแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 มีความสูงและน้ำหนักแห้งลำต้นที่สูงกว่าในทุกระดับของปริมาณแคลเซียมซิลิเกต ด้านองค์ประกอบผลผลิตงานแดงพันธุ์อุบลราชธานี 2 มีน้ำหนักแห้งฝัก จำนวนฝักต่อต้น และผลผลิตต่อต้นสูงที่สุด และด้านการสะสมซิลิกอนของงานแดงพันธุ์อุบลราชธานี 1 ร่วมกับการใส่แคลเซียมซิลิเกต 400 กก./ไร่ ส่งผลให้ในเมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การสะสมสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามการนำ

วัสดุจากอุตสาหกรรมซีเมนต์ที่มีแคลเซียมซิลิเกตเป็นองค์ประกอบมาใช้ในการปลูกยางแดงยังมีน้อยมาก ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับกลไกทางสรีรวิทยาของพืชและปฏิกิริยาในดินต่อการใช้แคลเซียมซิลิเกตต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย และขอขอบคุณ บริษัท Taiheiyo Cement Corporation Co., Ltd., Japan ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลและวัสดุอุปกรณ์

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2551. गा. แหล่งข้อมูล: <http://it.doa.go.th/vichakan/news.phpnewsid>. ค้นเมื่อ 7 พฤศจิกายน 2561.
- พงศกร นิตยมี, พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง, ศุภชัย อ่ำคา และ ธงชัย มาลา. 2558. ผลของการเคลือบเมล็ดด้วยแคลเซียมซิลิเกตและการให้ทางดินต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ สาขาพฤกษศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม
- ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วาสนา วงษ์ใหญ่. 2556. เทคโนโลยีการปลูกยางด้วยเครื่องปลูกแบบโรยเมล็ดเป็นแถว. ภาควิชาไร่นา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศุภย์วิชัยพีชไร้อุบลราชธานี. 2556. "งาแดง" พันธุ์ใหม่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง. แหล่งข้อมูล: http://gms.oae.go.th/Z_Show.asp. ค้นเมื่อ 11 พฤศจิกายน 2561.
- ศุภย์วิชัยพีชไร้อุบลราชธานี. 2558. งาแดงพันธุ์ใหม่ พันธุ์อุบลราชธานี 2 จุดเด่น ผลผลิต-สารต้านอนุมูลอิสระ. แหล่งข้อมูล: <https://web.facebook.com/ก้าวเกษตร>. ค้นเมื่อ 8 พฤศจิกายน 2561.
- Balasta, M. L. F. C., C. M. Perez, B. O. Juliano, C. P. Villareal, J. N. A. Lott, and D. B. Roxas. 1989. Effect of silica level on some properties of *Oryza sativa* straw and hull. Canadian Journal of Botany. 67: 2356-2363.
- Guével, M. H., J. G. Menzies, and R. R. Bélanger. 2007. Effect of root and foliar applications of soluble silicone on powdery mildew control and growth of wheat plants. European Journal of Plant Pathology. 119: 429-436.
- Kaerlek, W.J. 2012. Effect of Silicon on Plant Growth and Drought Stress Tolerance. All Graduate Theses and Dissertations. Utah State University.
- Knight, C. T. G., and S. D. Kinrade. 2001. A primer on the aqueous chemistry of silicon. In: Silicon in agriculture. Elsevier, Amsterdam. 57-84.
- Li, Q., C. Ma, and Q. Shang. 2007. Effects of silicon on photosynthesis and antioxidant enzymes of maize under drought stress. Yingyong Shengtai Xuebao. 18: 531-536.
- Ma, J. F., S. Goto, K. Tamai, and M. Ichii. 2001. Role of root hairs and lateral roots in silicon uptake by rice. Plant Physiology. 127: 1773-1780.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed. Academic Press, NewYork.
- Nayar, P. K., A. K. Misra, and S. Patnaik. 1975. Rapid microdetermination of silicon in rice plant. Plant Soil. 42: 497-494.