ผลของสารไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดกรีนคอส

Effects of Chitooligosaccharide on Growth and Yield of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) cv. Green Cos

ธีรยุทธ คล้ำชื่น[1*] วิยดา กึ่งกลาง[1] ขวัญชัย ทองอร่าม[1] นิยม บัวบาน[1] พันทิพา ลิ้มสงวน[1] และวัชรพงษ์ พิทักษ์ภากร[2]

Teerayut Klumchaun[1*], Wiyada Kuengklang[1], Kwanchai Thong-aram[1], Niyom Buaban[1], Pantipa Limsanguan[1] and Watcharapong Pitakpakorn[2]

Received date: 11 ก.พ. 65 Revised date: 21 ก.ค. 66 Accepted date: 8 ส.ค. 66

DOI: https://doi.org/10.55003/kmaj.2024.08.16.010

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของสารไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (COS) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดกรีนคอส วางแผนการทดลองแบบ 3×2 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) โดยศึกษา 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 สาร COS ความเข้มเข้น 1, 2 และ 4 มิลลิลิตรต่อลิตร และ ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาการให้สาร COS ทุก 7 และ 14 วันหลังปลูก ร่วมกับตำรับควบคุม (ไม่ให้สารไคโตโอลิโกแซคคาไรด์) จำนวน 4 ซ้ำ ผลการทดลอง พบว่าการให้สาร COS อัตรา 4 มิลลิลิตรต่อลิตร พ่นทุก 14 วัน ส่งผลให้น้ำหนักสดของผักสลัดกรีนคอสสูงที่สุด 134.78 กรัม แตกต่างกับการให้สาร COS อัตรา 4 มิลลิลิตรต่อลิตร พ่นทุก 7 วัน การให้สาร COS อัตรา 2 มิลลิลิตรต่อลิตร พ่นทุก 7 และ 14 วัน และการให้สาร COS 1 มิลลิลิตรต่อลิตรพ่นทุก 7 และ 14 วัน ตามลำดับ ขณะที่การไม่ให้สาร COS ให้น้ำหนักสดน้อยที่สุด 91.87 กรัม

คำสำคัญ: ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ ผักสลัดกรีนคอส ผลผลิต

Abstract

The effects of chitooligosaccharides (COS) on growth and yield of greencos salad were studied. The experimental design was 3×2 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) with 2 factors: Factor 1 was concentration of COS at 1, 2 and 4 ml/L and Factor 2 was administration of COS at 7 and 14 days after planting together with the control (no chitooligosaccharides) using 4 replications. The results showed that COS administration at the rate of 4 ml/L and spraying every 14 days gave the highest fresh weight of greencos salad (134.78 g) when compared to COS at the rate of 4 ml/L and spraying every 7 days, COS administration at the rate of 2 ml/L and spraying every 7 and 14 days and COS 1 ml/L and spraying every 7 and 14 days, respectively. The control (no COS) gave the minimum fresh weight of 91.87 g.

Keyword: Chitooligosaccharide, Green Cos, yield

[1] สาขาการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130

[2] บริษัท กรีน อินโนเวทีฟ ไบโอเทคโนโลยี จำกัด จ.ปทุมธานี 12120

[1] Crop Production, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12130

[2] Green Innovative Biotechnology Co., Ltd., Pathum Thani 12130

* Corresponding author: E-mail address: Teerayut_k@rmutt.ac.th

คำนำ

จากข้อมูลผลสำรวจการเปลี่ยนแปลงทางการเกษตร พ.ศ. 2561 พบว่าประเทศไทยมีการทำการเกษตรทั้งสิ้น 6 ล้านราย โดยจำนวนผู้ทำการเกษตรของประเทศไทยในปี 2561 เพิ่มขึ้นจากปี 2556 คิดเป็นร้อยละ 1.10 และมีการปลูกพืชผักและสมุนไพร คิดเป็นร้อยละ 6.20 (National Statistical office, 2019) ในปัจจุบันผู้บริโภคได้ตระหนักถึงความสำคัญของการมีสุขภาพที่ดีและหันมาใส่ใจดูแลสุขภาพกันมากขึ้น ตลอดจนการเลือกรับประทานอาหารที่ปราศจากการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต ผู้บริโภคที่รักสุขภาพมักนิยมรับประทานผักบริโภคสดและผักกินใบเป็นส่วนใหญ่ที่เห็นได้เด่นชัดคือ ผักสลัด ผักสลัดกรีนคอส (Green Cos) ชื่อวิทยาศาตร์ *Lactuca sativa* L. เป็นผักสลัดชนิดหนึ่งที่นิยมรับประทานสด (Jirakiattikul & Saelim, 2009) มีจุดเด่นที่รสชาติหวานและให้ความรู้สึกกรอบเบา มีคุณค่าทางโภชนาการสูงประกอบด้วยวิตามินเอ วิตามินซีและโฟเลตที่มีปริมาณมากในกรีนคอส รวมถึงโพแทสเซียม แคลเซียมและเหล็ก ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่มีส่วนช่วยในการทำงานของระบบต่างๆ ภายในร่างกาย นอกจากนี้ยังเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด เนื่องจากมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำ ตลอดจนช่วยในเรื่องการขับถ่ายเพราะมีปริมาณไฟเบอร์สูง นับได้ว่ากรีนคอสเป็นผักสลัดที่มีประโยชน์อย่างมาก (Anonymous, 2017) โดยส่วนประกอบของผักสลัดกรีนคอสนั้นมีน้ำถึงร้อยละ 95 ของน้ำหนักสดและยังเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารในการเจริญเติบโต ในปริมาณที่สูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุไนโตรเจนที่นำไปใช้ในด้านของการเจริญเติบโตทางใบ (Brady and Weil, 2008) แต่ในกระบวนการการผลิตนั้นยังมีปัญหาที่สำคัญอยู่มากคือผักสลัดมีโรคและแมลงศัตรูพืชเข้าทำลายจำนวนมาก ส่งผลให้ผลผลิตตกต่ำ ผลผลิตไม่ได้คุณภาพมาตรฐาน (Srisathit, 2015) ทำให้เกษตรกรต้องใช้สารเคมีในการกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชเป็นจำนวนมาก แต่การใช้สารเคมีมักก่อให้เกิดสารพิษตกค้าง ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม และมีโอกาสกลับมาเป็นซ้ำง่าย หรือดื้อยา อีกทั้งยังเป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ จึงมีแนวคิดการสร้างภูมิคุ้มกันให้พืชจากโรคและแมลงตั้งแต่เริ่มต้น หรือที่เรียกว่า “วัคซีนพืช” โดยใช้ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (chitooligosaccharide) ซึ่งเป็นสารที่สามารถย่อยสลายง่าย ไม่มีอันตรายต่อเกษตรกรและผู้บริโภค มีโมเลกุลขนาดที่เล็กกว่าปากใบพืชทั่วไป สามารถดูดซึมเข้าสู่เซลล์พืชได้อย่างรวดเร็ว พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันทีเป็นสารที่ผลิตจากธรรมชาติไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ละลายได้ดีในกรดอินทรีย์เจือจาง (Green Innovative Biotechnology, 2016) มีศักยภาพในการยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ก่อโรค (Ramirez et al., 2010) มีสารที่ช่วยกำจัดแมลงศัตรูพืช (Rabea et al., 2003) เป็นตัวชักนำการตอบสนองของปฏิกิริยากลไกการป้องกันตัวของพืช สามารถช่วยให้พืชเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตโปรตีนที่เสริมสร้างภูมิคุ้มกัน เสริมสร้างความแข็งแรงให้กับผนังเซลล์ของพืชส่งผลให้ราก ลำต้น กิ่งและใบของพืชให้มีความแข็งแรงมากขึ้น ทั้งยังเพิ่มผลผลิตด้านปริมาณและคุณภาพของพืช ทำให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ผลิตและผู้บริโภคอีกทั้งยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกร ในการซื้อสารเคมีในการป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชและเป็นการลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย (Piyasirananda, 2002) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสม ต่อการใช้สาร COS ในการปลูกผักสลัดกรีนคอส

วิธีการศึกษา

วางแผนการทดลองโดยมี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือ ปริมาตรของสารไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ใช้ฉีดพ่น โดยใช้สารละลายไคโตโอลิโลแซคคาไรด์สำเร็จรูป ออมเนี้ย® ของบริษัท กรีน อินโนเวทีฟ ไบโอเทคโนโลยี จำกัด อัตรา 1, 2 และ 4 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร ปัจจัยที่ 2 คือ จำนวนวันที่ใช้ฉีดพ่นทุก 7 และ 14 วัน วางแผนการทดลองแบบ 3×2 แฟคทอเรียล Factorial experiment in CRD (Completely Randomized Design : CRD) ร่วมกับตำรับควบคุม (ไม่ให้สารไคโตโอลิโกแซคคาไรด์) จำนวน 4 และ 7 ตำรับทดลอง ดังนี้

ตำรับทดลองที่ 1 ไม่ให้สาร COS
ตำรับทดลองที่ 2 สาร COS 1 มิลิลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร ฉีดพ่นทางใบทุก 7 วัน
ตำรับทดลองที่ 3 สาร COS 1 มิลิลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร ฉีดพ่นทางใบทุก 14 วัน
ตำรับทดลองที่ 4 สาร COS 2 มิลิลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร ฉีดพ่นทางใบทุก 7 วัน
ตำรับทดลองที่ 5 สาร COS 2 มิลิลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร ฉีดพ่นทางใบทุก 14 วัน
ตำรับทดลองที่ 6 สาร COS 4 มิลิลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร ฉีดพ่นทางใบทุก 7 วัน
ตำรับทดลองที่ 7 สาร COS 4 มิลิลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร ฉีดพ่นทางใบทุก 14 วัน

การเตรียมต้นกล้า โดยการเพาะเมล็ดผักสลัดกรีนคอสในถาดเพาะเมล็ดที่ใส่พีทมอสจำนวน 1 เมล็ดต่อหลุมเป็นจำนวน 2 ถาด รดน้ำปริมาตร 1-1.50 ลิตร ให้ชุ่มทุกวัน วันละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นทำการย้ายต้นกล้าปลูกลงกระถางขนาด 8 นิ้ว บรรจุดินแห้งเนื้อละเอียดกระถางละ 1.50 กิโลกรัม ซึ่งดินที่ใช้มีค่าวิเคราะห์ดังนี้ ค่าพีเอชดินเท่ากับ 7.54 (เป็นด่างเล็กน้อย)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.11% (ระดับต่ำ) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail.P) 237.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ระดับสูงมาก) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K) 136.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ระดับสูงมาก) และปริมาณอินทรียวัตถุ 2.55% (ระดับค่อนข้างสูง)

การเตรียมสารละลาย COS ด้วยใช้ปิเปตดูดสาร COS 1 มิลลิลิตร ละลายในน้ำ 999 มิลลิลิตร สาร COS 2 มิลลิลิตร ละลายในน้ำ 998 มิลลิลิตร และสาร COS 4 มิลลิลิตร ละลายในน้ำ 996 มิลลิลิตร จากนั้นนำสาร COS แต่ละอัตราใส่กระบอกฉีดน้ำ (Foggy) เพื่อพ่นผักสลัด โดยผักสลัดคอสจะได้รับสาร COS 15 มิลลิลิตรต่อต้น

การใส่ปุ๋ย ทำการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 1.40 กรัมต่อกระถาง โดยแบ่งใส่จำนวน 2 ครั้ง ครั้งละ 0.70 กรัมต่อกระถางที่อายุผักสลัด 7 และ 25 วัน หลังย้ายปลูก รดน้ำทุกวันในเวลาเช้าและเย็นปริมาตร 500 มิลลิลิตรต่อต้น

การเก็บข้อมูลผักสลัดที่อายุ 35 วันหลังย้ายปลูก (5 สัปดาห์) ได้แก่ การเจริญเติบโต คือ ความสูง โดยใช้ไม้บรรทัดและวัดรวบต้นจากโคนต้นถึงปลายยอดสูงสุด จำนวนใบ นับจำนวนใบทุกใบที่มีการคลี่ออกมา ความกว้างทรงพุ่ม วัดความกว้างของใบที่แผ่ออกมาจากซ้ายสุดถึงขวาสุดของใบที่กว้างที่สุดโดยใช้ไม้บรรทัด ส่วนผลผลิตบันทึกน้ำหนักผลผลิตสดต่อต้นโดยตัดที่โคนต้นเหนือดินแล้วนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักสองตำแหน่ง หลังจากนั้นนำไปอบแห้งที่เครื่องอบลมร้อนเป็นเวลา 72 ชั่วโมง อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส และบันทึกผลน้ำหนักแห้ง

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance : ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการทดลองผลของการให้สาร COS โดยเมื่อปลูกผักสลัดกรีนคอสเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์พบว่าความสูงเฉลี่ย จำนวนใบเฉลี่ย และความกว้างเฉลี่ยของผัดสลัดกรีนคอสทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) การให้สาร COS อัตรา 4 มิลลิลิตรต่อลิตร พ่นทุก 14 วัน ให้จำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุดจำนวน 25.12 ใบ และการไม่ให้สาร COS ให้จำนวนใบเฉลี่ยน้อยที่สุด 23.19 ใบ ส่วนความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อให้สาร COS อัตรา 4 มิลลิลิตรต่อลิตร พ่นทุก 14 วัน (Table 1) ด้านน้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัดกรีนคอส พบว่าการให้สาร COS อัตรา 4 มิลลิลิตรต่อลิตร พ่นทุก 14 วัน ให้น้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุด 134.78 กรัม ขณะที่ไม่ให้สาร COS ให้น้ำหนักสดของผักสลัดกรีนคอสน้อยที่สุด 91.87 กรัม ส่วนน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผัดสลัดกรีนคอส พบว่าในทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) ส่วนด้านการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน พบว่าอัตราการให้และจำนวนวันที่ให้สาร COS อัตรามีผลต่อน้ำหนักสดของผักสลัดกรีนคอส โดยการให้สาร COS อัตรา 4 มิลลิลิตรต่อลิตร พ่นทุก 14 วัน ให้น้ำหนักสดสูงที่สุด (Table 2 และ 3)

Table 1 Effect of use chitooligosaccharide levels on plant height, number of leaves, canopy width of Green Cos at 5 weeks

Treatments Chitooligosaccharide (ml/L)	Days	Growth		
		Plant height (cm.)	Number of leaves	Canopy width (cm.)
0		24.61	23.19	24.81
1	7	24.90	24.44	25.94
	14	24.26	24.19	25.25
2	7	24.91	24.37	25.56
	14	24.18	24.19	25.06
4	7	25.04	24.31	25.69
	14	25.57	25.12	26.00
F-test		ns	ns	ns
C.V. (%)		11.67	9.24	6 .42

nsnot significant.

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different by DMRT at P=0.05.

Table 2 Fresh weight and Dry weight of Green Cos

Treatments Chitooligosaccharide (ml/L)	Day	Yield	
		Fresh Weight (g.)	Dry Weight (g.)
0		91.87 c	5.79
1	7	110.00 b	5.26
	14	102.45 bc	5.02
2	7	105.2 b	5.54
	14	107.92 b	5.51
4	7	105.92 b	5.60
	14	134.78 a	5.27
F-test		*	ns
C.V. (%)		18.57	21.35

*significant at 0.05 probability levels.

nsnot significant.

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different by DMRT at P=0.05.

Table 3 The statistically analysis of results by parameters combination of Green Cos on with day 7 and 14 in combination with volume 1, 2 and 4 ml/L

Parameters	Plant height (cm.)	Number of leaves	Canopy width (cm.)	Fresh Weight (g.)	Dry Weight (g.)
Day	ns	ns	ns	ns	ns
Volume	ns	ns	ns	*	ns
Day x Volume	ns	ns	ns	*	ns
C.V. (%)	17.53	17.98	29.79	18.57	21.35

*significant at 0.05 probability levels.

nsnot significant.

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different by DMRT at P=0.05.

Figure 1 The growth of green cos vegetables in each experiment.

Figure 2 Fresh produce, each experimental thing**.**

จากการทดลองพบว่าความสูงต้น จำนวนใบและความกว้างทรงพุ่มของผักสลัดกรีนคอสนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตุ พบว่าการให้สาร COS อัตรา 4 มิลลิลิตรต่อลิตร ฉีดพ่นทุก 14 วัน มีแนวโน้มให้ความสูงต้น จำนวนใบ และความกว้างทรงพุ่มของผักสลัดกรีนคอสมากกว่าการให้ COS อัตราอื่น ทั้งนี้ สาร COS ประกอบด้วยไคตินและไคโตซาน ซึ่งมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการเจริญเติบโตและผลผลิต (Kotsaeng & Chompusaen, 2013; Boonlertnirun et al., 2013) และเป็นตัวช่วยเร่งอัตราการเจริญเติบโต ปรับสภาพดินสำหรับเพาะปลูกพืช สามารถยึดเกาะกับพื้นผิวดินได้ดีทนต่อการถูกชะล้าง ลดการระเหยของน้ำ อีกทั้งยังเป็นตัวควบคุมการปลดปล่อยแร่ธาตุ และสารอาหารให้แก่พืช (Khongthong, 2009) จึงทำให้การเจริญเติบโต น้ำหนักสดของผักสลัดกรีนคอสมากที่สุด นอกจากนี้สาร COS ยัง เป็นสารที่สามารถย่อยสลายง่าย มีโมเลกุลขนาดที่เล็กกว่าปากใบพืชทั่วไป สามารถดูดซึมเข้าสู่เซลล์พืชได้อย่างรวดเร็ว พืชจึงนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันทีเป็นสารที่ผลิตจากธรรมชาติไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ละลายได้ดีในกรดอินทรีย์เจือจาง (Green Innovative Biotechnology, 2016) มีศักยภาพในการยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ก่อโรค (Ramirez et al., 2010) มีสารที่ช่วยกำจัดแมลงศัตรูพืช (Rabea et al., 2003) เป็นตัวชักนำการตอบสนองของปฏิกิริยากลไกการป้องกันตัวของพืช สามารถช่วยให้พืชเพิ่มประสิทธิภาพ ในการผลิตโปรตีนที่เสริมสร้าง

ภูมิคุ้มกันตนเองได้ ทั้งยังเพิ่มผลผลิตด้านปริมาณและคุณภาพ ช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงให้กับผนังเซลล์ของพืชทำให้พืชแข็งแรง ส่งผลให้ราก ลำต้น กิ่งและใบของพืช มีความแข็งแรงมากขึ้น (Green Innovative Biotechnology, 2016) ส่วนน้ำหนักแห้งของผักสลัดกรีนคอส พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกตำรับการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Chakhatrakan & Yenjai (2006) รายงานว่าการใช้สารโอลิโกไคโตซานที่มีคุณสมบัติเดียวกันกับไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอม 5 ระดับความเข้มข้น ไม่มีผลต่อความสูงและความกว้างทรงพุ่ม แต่มีผลต่อจำนวนใบและน้ำหนักสด เหมือนกับการให้สาร COS อัตรา 4 มิลลิลิตรต่อลิตร พ่นทุก 14 วัน ให้น้ำหนักสดของผักสลัดกรีนคอสสูงที่สุด

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาผลของการให้สาร COS ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดกรีนคอส พบว่าการให้สาร COS อัตรา 4 มิลลิลิตรต่อลิตร พ่นทุก 14 วัน ให้น้ำหนักสดของผักสลัดกรีนคอสสูงที่สุด

เอกสารอ้างอิง

Anonymous. (2017). **Green Cos by BioBonics**. Retrieved from: https://biobonics.com/green-cos-by-biobonics. (in Thai).

Boonlertnirun, S., Suvarnnasara, R., & Boonlertnirun, K. (2013). Application of chitosan in combination with nitrogen fertilizer in rice production. In **Proceedings of the 53th Kasetsart University**, pp.687-694. Kasetsart University. (in Thai).

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). Soil colloids: seat of soil chemical and physical acidity. In N. C. Brady and R. R. Weil, ed., **The Nature and Properties of Soils**, pp. 311-358. Pearson Education Inc.

Chakhatrakan, S., & Yenjai, K. (2006). **Effect of Oligochaitosan on Growth and Yield of *Lactuca Sativa* Grown under Hydroponics System**. Thai Science and Technology Journal, 14(1), 16-24. (in Thai).

Green Innovative Biotechnology. (2016). **Product Green Innovative Biotechnology**. Retrieved from: http://www.gib.co.th. (in Thai).

Jirakiattikul, Y., & Saelim, N. (2009). Growth of Leaf Lettuce cv. Red Oak Grown in Hydroponics with Different Nutrient Solutions. **Thai Science and Technology Journal**, 17(2), 81-88. (in Thai).

Khongthong, S. (2009). Chitin-Chitosan. **Journal of Industrial Education**, 1, 1-3. (in Thai).

Kotsaeng, N., & Chompusaen, P. (2013). Effects of Chitosan on Chinese Kale Growth. **In Proceedings of the 9th Mahasarakham University Conference: Research to the ASEAN Community 2nd**, pp.305-478. Mahasarakham University. (in Thai).

National Statistical Office. (2019). **Agricultural Change Survey 2018**. Retrieved from: https://gnews.apps.go.th/news?news=44164. (in Thai).

Piyasirananda, P. (2002). **Growing Vegetables by Reducing the Use of Chemicals**. Retrieved from: http://www.ldd.go.th/Lddwebsite/web_ord/Technical/pdf/P_Technical10017.pdf. (in Thai).

Srisathit, R. (2015). **Appropriate Technologies for Safe Vegetable Production in the Central, the West and the Upper Northeast Thailand.** Retrieved from: https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2261. (in Thai).

Rabea, E. I., Badawy, M. E. T., Stevens, C. V., Smagghe, G., & Steurbaut, W. (2003). Chitosan as antimicrobial agent: applications and mode of action. **Biomacromolecules,** 4(6), 1457-1465.

Ramirez, M. A., Rodriguez, A. T., Alfonso, L., & Peniche, C. (2010). Chitin and its derivatives as biopolymers with potential applications. **Biotecnologia Aplicada**, 27(4), 270-276.