

ผลของไคโตซานต่อผลผลิตของข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในช่วง ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน

Effect of Chitosan on Yield of Rice Plants Subjected to High Temperature at Different Growth Stages

สุชาดา บุญเลิศนิรันดร์¹ ละอองศรี ศิริเกษร¹ และ กิตติ บุญเลิศนิรันดร์¹
Suchada Boonlertnirun¹, Laongsri Sirikesorn¹ and Kitt Boonlertnirun¹

บทคัดย่อ

ไคโตซาน (chitosan) คือ สารชีวภาพ ที่มีคุณสมบัติกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตพืช และยังสามารถชักนำให้พืชเกิดการสร้างภูมิคุ้มกันเมื่อประสบกับสภาพวิกฤติการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลของการฉีดพ่นไคโตซานต่อศักยภาพการให้ผลผลิต ของข้าวที่ได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิสูงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot in randomized complete block design ทำ 4 ซ้ำโดยที่ ปัจจัยหลักคือ ระยะการเจริญเติบโตของข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในโรงเรือน (สูงกว่าอุณหภูมิภายนอกประมาณ 3-8 องศา) 4 ระยะคือ ระยะต้นกล้า ระยะแตกกอ ระยะสร้างรวงอ่อน และ ได้รับอุณหภูมิปกติ (ควบคุม) ปัจจัยรองคือ การฉีดพ่นไคโตซาน 80 มิลลิกรัมต่อลิตรและ ไม่ฉีดพ่นไคโตซาน ทำการทดลองที่โรงเรือนทดลองของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัด พระนครศรีอยุธยา ระหว่างเดือน เมษายน ถึง กรกฎาคม 2559 ผลการทดลองพบว่าข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงที่ระยะแตกกอ ให้จำนวนกอต่อต้นสูงและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำกว่าระยะการเจริญเติบโตอื่นๆและพบว่า การใช้ไคโตซานมีส่วนช่วยให้ความเขียวของใบข้าวเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะการเจริญเติบโตของข้าวกับการใช้ไคโตซาน โดยพบว่า การฉีดพ่นไคโตซานให้กับข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงที่ระยะแตกกอทำให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงขณะที่เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำ ในขณะที่ข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงที่ระยะสร้างรวงอ่อน และไม่มีการฉีดพ่นไคโตซานให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่ำสุดแต่เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงสุด จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า การฉีดพ่นไคโตซานมีแนวโน้มช่วยให้ต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงมีการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะแตกกอ

คำสำคัญ: อุณหภูมิสูง ไคโตซาน ผลผลิตข้าว ระยะการเจริญเติบโต

Abstract

Chitosan is a bio-substance that stimulates growth and increases plant yield. It also elicits plant immune system under stress condition. The objective was to test chitosan effect on rice yield after being subjected to high temperature at different growth stages. The experimental design was split plot in randomized complete block design with four replications. Main plot was four growth stages of rice plant subjected to high temperature (seedling stage, tillering stage, panicle initiation stage and normal temperature (control) and subplot was chitosan application and no chitosan. The results found that rice plants subjected to high temperature at tillering stage showed higher tiller numbers per plant and lower unfilled grain percentage when compared to those of the other growth stages. Application of chitosan

¹สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000

helped to increase leaf greenness. Furthermore, interaction between rice growth stage subjected to high temperature and chitosan application was significantly found. Rice plants sprayed with chitosan and then subjected to high temperature at tillering stage showed the highest grain yield and filled grain but the lowest unfilled grain. Whereas, rice plants subjected to high temperature at panicle initiation stage and no chitosan exhibited the lowest grain yield and filled grain but the highest unfilled grain. From this study, it could be concluded that foliar application of chitosan tended to increase growth and yield of rice plants under high temperature, especially at tillering stage.

Keywords : high temperature, chitosan rice yield, growth stage

คำนำ

ภาวะโลกร้อน (global warming) หมายถึงภาวะที่ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิโลกในช่วงเวลาหนึ่งมีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิโลกในอีกช่วงเวลาหนึ่งซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ส่งผลกระทบต่อความมั่นคงทางอาหารนั่นคือ การผลิตข้าว ซึ่งเป็นธัญพืชส่งออกที่ทำรายได้ให้ประเทศไทยมากที่สุดในแต่ละปี ปัจจุบันปริมาณการส่งออกข้าวลดลง ทั้งนี้อาจเกิดจากหลายสาเหตุและหนึ่งในสาเหตุเหล่านั้นคือ ภาวะโลกร้อน หรือ อุณหภูมิที่สูงขึ้น คำว่า “อุณหภูมิที่สูง” ในที่นี้หมายถึง อุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม ($27-32^{\circ}\text{C}$) สำหรับการเจริญเติบโตของข้าว (Shah *et al.*, 2011) อุณหภูมิที่สูงมีผลทำให้การเจริญเติบโตของลำต้นและรากพืชชะงัก สืบผลเปลี่ยนผลผลิตลดลง (Guilioni *et al.*, 1997; Ismail and Hall, 1999; Vollenweider and Gunthardt-Goerg, 2005) นอกจากนี้ยังพบว่า การที่พืชได้รับอุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานานมีผลต่อการพัฒนาของท่อนพันธุ์ ทำให้การงอกช้าลง และการตั้งตัวของต้นกล้าไม่ดี (Wahid, 2007) และพบว่าการสะสมน้ำหนักแห้ง relative growth rate และ net assimilation rate ของพืช ลดลงเมื่อได้รับอุณหภูมิสูง (Ashraf and Hafeez, 2004; Wahid, 2007) ไคโตซานเป็นสารชีวภาพมีคุณสมบัติกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตในพืชหลายชนิดและยังช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลผลิต (Boonlertnirun *et al.*, 2008; Thobunluepop *et al.*, 2008; Farouk *et al.*, 2008; Ghoname *et al.*, 2010) นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความสูงต้น ความยาวของรากพืช ส่งเสริมการสร้างน้ำหนักแห้งและพื้นที่ใบตลอดจนเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งนี้เพราะในโมเลกุลของไคโตซานมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งไนโตรเจนก็เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของคลอโรฟิลล์ (Sheikha and AL-Malki, 2011) นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็น elicitor คือ กระตุ้นให้พืชเกิดการสร้างภูมิคุ้มกัน (immune) โดยการชักนำให้เกิดการสร้างสาร phytoalexins บางตัวที่มีส่วนทำให้พืชนั้นเกิดความทนทานเมื่ออยู่ในสภาพวิกฤต (stress condition) (Righetti *et al.*, 2007; Ferri *et al.*, 2009) จากคุณสมบัติดังกล่าวของไคโตซานจึงเกิดแนวคิดที่จะนำไคโตซานซึ่งเป็นสารชีวภาพและมีคุณสมบัติดังที่กล่าวข้างต้นมาฉีดพ่นเพื่อสร้างระบบภูมิคุ้มกัน (immune system) และกระตุ้นการเจริญเติบโตให้แก่ข้าวที่ต้องเผชิญกับสภาพอุณหภูมิสูงในสภาวะปัจจุบันการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของไคโตซานต่อผลผลิตของข้าวที่ได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิสูง ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ split plot in randomized complete block design ทำ 4 ซ้ำ ประกอบด้วยปัจจัยหลัก คือ ระยะการเจริญเติบโตของข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงชั่วคราว 4 ระยะคือ

1. อุณหภูมิปกติตลอดฤดูปลูก (normal temperature through cropping season)
2. อุณหภูมิสูงที่ระยะต้นกล้า (high temperature at seedling stage)
3. อุณหภูมิสูงที่ระยะแตกกอ (high temperature at tillering stage)
4. อุณหภูมิสูง ที่ระยะสร้างรวงอ่อน (high temperature at panicle initiation stage)

ปัจจัยรอง คือ

1. การฉีดพ่นไคโตซาน (chitosan)
2. ไม่ฉีดพ่นไคโตซาน (no chitosan)

2. วิธีการทดลอง

ปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในกระถางดินเผาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร ในช่วงต้นเดือนมีนาคม 2559 จำนวน 256 กระถาง (8 กระถาง/สิ่งทดลอง/ซ้ำ) แล้ววางไว้ในที่โล่งแจ้ง (open air) นอกโรงเรือนจนเมื่อต้นกล้าข้าวมีอายุ 14 วัน เริ่มฉีดพ่นไคโตซานครั้งแรกด้วยความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเว้นระยะห่างในการฉีดพ่นครั้งละ 7 วัน โดยฉีดพ่นทั้งหมด 5 ครั้ง หลังจากนั้นเมื่อถึงแต่ละระยะการเจริญเติบโตที่กำหนดในสิ่งทดลอง นำต้นข้าวเข้าภายในโรงเรือนพลาสติกซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าภายนอกประมาณ 3-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำกลับออกมาไว้ข้างนอกโรงเรือนซึ่งเป็นอุณหภูมิปกติ จนถึงระยะเก็บเกี่ยวรายละเอียดของการฉีดพ่นไคโตซานในแต่ละระยะการเจริญเติบโตมีดังนี้

ปัจจัยหลักที่ 1 อุณหภูมิปกติตลอดฤดูปลูก

ต้นข้าวจะถูกวางอยู่นอกโรงเรือนตลอดฤดูปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ฉีดพ่นทั้งหมด 5 ครั้ง เริ่มฉีดพ่นไคโตซานครั้งแรกเมื่อข้าวอายุ 14 วัน โดยเว้นระยะห่างในการฉีดพ่นครั้งละ 7 วัน

ปัจจัยหลักที่ 2. อุณหภูมิสูงที่ระยะต้นกล้า

เมื่อต้นข้าวอายุ 25 วัน (ระยะต้นกล้า) (ซึ่งฉีดพ่นไคโตซานไปแล้ว 2 ครั้ง) จะย้ายเข้าไป วางในโรงเรือนพลาสติก 7 วัน จากนั้นนำออกมาวางนอกโรงเรือน ฉีดพ่นไคโตซานต่อไปให้ครบ 5 ครั้ง ดูแลปฏิบัติตามปกติจนถึงระยะเก็บเกี่ยว

ปัจจัยหลักที่ 3. อุณหภูมิสูง ที่ระยะแตกกอ

เมื่อต้นข้าวอายุ 45 วัน (ระยะแตกกอ) (ซึ่งฉีดพ่นไคโตซานครบ 5 ครั้งแล้ว) จะย้ายเข้าไปวางในโรงเรือนพลาสติก 7 วัน จากนั้นนำออกมาวางนอกโรงเรือนดูแลปฏิบัติตามปกติจนถึงระยะเก็บเกี่ยว

ปัจจัยหลักที่ 4. อุณหภูมิสูง ที่ระยะสร้างรวงอ่อน

เมื่อต้นข้าวอายุ 55 วัน (ระยะสร้างรวงอ่อน) (ซึ่งฉีดพ่นไคโตซานครบ 5 ครั้งแล้ว) จะย้าย เข้าไปวางในโรงเรือนพลาสติก 7 วัน จากนั้นนำออกมาวางนอกโรงเรือน ดูแลปฏิบัติตามปกติจนถึงระยะเก็บเกี่ยว

3. การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

- ความเขียวใบ วัดโดยใช้ chlorophyll meter (SPAD 502) โดยวัดที่ใบธงสุ่มวัด 5 ต้นๆ ละ 2 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ย

- ความสูง สุ่มวัด 8 ต้น โดยวัดจากโคนต้นจนถึงใบธงแล้วหาค่าเฉลี่ย

- น้ำหนักแห้ง สุ่มข้าว 8 ต้นอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วชั่งน้ำหนักแห้งหาค่าเฉลี่ย

- จำนวนหน่อต่อกอ นับจำนวนหน่อทั้งหมดจาก 8 กอแล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นจำนวนหน่อต่อกอ

- ผลผลิต (น้ำหนักเมล็ด) ซึ่งน้ำหนักเมล็ดข้าวทั้ง 8 กอ (กระถาง) ที่ความชื้น 14%
- เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเมล็ดลีบ โดยการสุ่มซึ่งเมล็ดข้าวมา 300 กรัม แล้วแยกเมล็ดดีและ เมล็ดลีบ แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นก็เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองโดยใช้ LSD (Least Significant Difference) โดยใช้โปรแกรม STAR (Statistical for Agricultural Research)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ความเขียวใบ

ความเขียวของใบข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าการที่ข้าวได้รับอุณหภูมิสูงที่ระยะต้นกล้า มีแนวโน้มกระตุ้นการสร้างคลอโรฟิลล์มากกว่าระยะอื่นๆเมื่อพิจารณาผลของไคโตซานพบว่า ค่าความเขียวของใบข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อมีการฉีดพ่นไคโตซาน และแตกต่างทางสถิติจากการไม่ฉีดพ่น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะไคโตซานเป็นสารที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นไนโตรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์สอดคล้องกับงานของ Salachna and Zawadzinska (2014) ซึ่งพบว่าการใช้ไคโตซานชนิด medium- และ high-molecular-weight มีผลทำให้ ค่าความเขียวใบ (SPAD) ของต้น potted freesia เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะการเจริญเติบโตของข้าวได้รับอุณหภูมิสูงกับการใช้ไคโตซาน (Table 1).

Table 1 Effect of chitosan on leaf greenness (spad unit) of rice subjected to high temperature at different growth stages.

Growth stage of rice (M)	Application method (S)		(M) Average
	Chitosan	No chitosan	
Normal temperature through cropping season	46.95	41.75	44.35
High temperature at seedling stage	49.69	46.83	48.26
High temperature at tillering stage	45.26	41.36	43.31
High temperature at panicle initiation stage	46.01	45.20	45.60
(S) Average	46.98	43.79	
LSD _{0.05} (M)		ns	
LSD _{0.05} (S)		2.48	
LSD _{0.05} (M x S)		ns	
C.V. (M) (%)		12.43	
C.V. (S) (%)		7.11	

ns = non significant difference, LSD 0.05 = Least significant difference at $P < 0.05$

2. ความสูง

ความสูงของข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูง ในช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตที่ต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามผลการทดลองมีแนวโน้มเช่นเดียวกับความเขียวใบ นั่นคือ ความสูงเฉลี่ยของข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูง ในช่วงที่เป็นต้นกล้าจะมากกว่าระยะเวลาเจริญเติบโตอื่นๆ สอดคล้องกับงานของ Laza *et al.* (2015) ที่พบว่า อุณหภูมิ กลางคืนสูงมีผลทำให้ ความสูง พื้นที่ใบและความยาวของกาบใบข้าว (leaf sheath) เพิ่มขึ้น และยังพบว่าการฉีดพ่น ไคโตซานไม่ทำให้ความสูงของข้าวแตกต่างทางสถิติจากการไม่ใช้ไคโตซาน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Boonlertnirun *et al.* (2008) ซึ่งพบว่าการใช้ไคโตซานไม่มีผลต่อความสูงของต้นกล้าของข้าว (Table 2)

Table 2 Effect of chitosan on plant height(cm.) of rice subjected to high temperature at different growth stages.

Growth stage of rice(M)	Application method (S)		(M) Average
	Chitosan	No chitosan	
Normal temperature through cropping season	104.07	103.25	103.66
High temperature at seedling stage	106.80	105.65	106.22
High temperature at tillering stage	105.45	103.62	104.53
High temperature at panicle initiation stage	107.22	101.70	104.46
(S) Average	105.88	103.55	
LSD _{0.05} (M)		ns	
LSD _{0.05} (S)		ns	
LSD _{0.05} (M x S)		ns	
C.V. (M) (%)		2.60	
C.V. (S) (%)		2.63	

ns = non significant difference

3. น้ำหนักแห้ง

ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในการสะสมน้ำหนักแห้งของข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูง ในช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตที่ต่างกัน สอดคล้องกับงานของ Mainali *et al.* (2014) ซึ่งรายงานไว้ว่า อุณหภูมิสูงไม่มีผลต่อ น้ำหนักต้นของหญ้า *Andropogongerardii* และ ใบของ tall-grass prairie (Mainali, 2007) และไม่มีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดลูกผสม (Hatfield, 2016) และการฉีดพ่นไคโตซานก็ไม่มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของข้าวแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาเจริญเติบโตของข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงกับการฉีดพ่นไคโตซาน โดยพบว่า การสะสมน้ำหนักแห้งของข้าวสูงสุดเมื่อข้าวได้รับอุณหภูมิสูงที่ระยะสร้างรวงอ่อนและ มีการฉีดพ่นไคโตซาน (Table 3) อธิบายได้ว่า ที่ระยะสร้างรวงอ่อนเป็นระยะที่เข้าสู่ reproductive phase ซึ่งมีการสะสมน้ำหนักแห้งค่อนข้างน้อยหรือสิ้นสุดลงแล้วจึงทำให้ระยะนี้ได้รับผลกระทบน้อยในเรื่องการสะสมน้ำหนักแห้งเมื่อข้าวได้รับอุณหภูมิสูง ซึ่งให้ผลในทำนองเดียวกับงานทดลองของ Mainali *et al.* (2014) ที่รายงานไว้ว่า การให้อุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิห้อง

5-10 องศาเซลเซียส *Andropogongerardii* ใน growth chamber มีผลทำให้ น้ำหนักรากเพิ่มขึ้น 40 เปอร์เซ็นต์ และงานของ El-Sawy *et al.*(2010) ซึ่งรายงานว่าการใช้ไคโตซาน ทำให้ Faba bean มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ

Table 3 Effect of chitosan on dry weight (g/plant) of rice subjected to hightemperature at different growth stages.

Growth stage of rice(M)	Application method (S)		(M) Average
	Chitosan	No chitosan	
Normal temperature through cropping season	792.00	727.00	759.50
High temperature at seedling stage	824.25	759.50	791.87
High temperature at tillering stage	827.25	821.75	824.50
High temperature at panicle initiation stage	864.50	774.00	819.25
(S) Average	827	770.56	
LSD _{0.05} (M)		ns	
LSD _{0.05} (S)		ns	
LSD _{0.05} (M x S)		55.88	
C.V. (M) (%)		5.72	
C.V. (S) (%)		4.54	

ns = non significant difference, LSD 0.05 = Least Significant Difference at P<0.05

4. จำนวนหน่อตอก

ต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงระยะการเจริญเติบโตที่ต่างกันมีผลทำให้จำนวนหน่อตอกต้นแตกต่างกันทางสถิติ การแตกกอในข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในระยะแตกกอ สูงกว่าการแตกกอของข้าวระยะต้นกล้าและข้าวที่ไม่ได้รับอุณหภูมิสูง แต่ไม่แตกต่างจากระยะการสร้างรวงอ่อนซึ่งอธิบายได้ว่า ทั้งสองระยะการเจริญเติบโตนี้ได้รับผลกระทบน้อยจากอุณหภูมิสูง เนื่องจากข้าวได้การแตกกอไปแล้วก่อนที่จะได้รับอุณหภูมิสูง ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Hasanuzzaman *et al.* (2013) ซึ่งรายงานว่าการตอบสนองต่ออุณหภูมิสูงของพืชจะแปรปรวนไปตาม ความรุนแรง และช่วงเวลาที่ได้รับ ตลอดจนระยะการเจริญเติบโตของพืชขณะที่การใช้ไคโตซาน ไม่มีผลทำให้การแตกกอของข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงแตกต่างกันทางสถิติจากข้าวที่ได้รับอุณหภูมิปกติ และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงระยะการเจริญเติบโตที่ต่างกันกับการใช้ไคโตซาน (Table 4)

Table 4 Effect of chitosan on tillers (tillers/plant) of rice subjected to high temperature at different growth stages.

Growth stage of rice(M)	Application method (S)		(M) Average
	Chitosan	No chitosan	
Normal temperature through cropping season	62.75	64.50	63.62
High temperature at seedling stage	63.50	68.50	66.00
High temperature at tillering stage	82.25	72.50	77.37
High temperature at panicle initiation stage	74.75	74.25	74.50
(S) Average	70.81	69.93	
LSD _{0.05} (M)		6.48	
LSD _{0.05} (S)		ns	
LSD _{0.05} (M x S)		ns	
C.V. (M) (%)		8.14	
C.V. (S) (%)		9.57	

ns = non significant difference, LSD 0.05 = Least significant difference at $P < 0.05$

5. ผลผลิตข้าว

ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อต้นข้าวได้รับอุณหภูมิสูงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ กันทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้าวเป็นพวก warm season specie ซึ่งสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพที่อุณหภูมิสูงขึ้น จึงไม่ทำให้ผลผลิตได้รับผลกระทบมากนัก (Trivedi, 2015) อย่างไรก็ตามพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะการเจริญเติบโต ของข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูง กับการใช้ไคโตซาน โดยพบว่าต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงแตกกอ และมีการฉีดพ่นไคโตซาน ให้ผลผลิตสูงสุด สอดคล้องกับงานของ Boonlertnirun *et al.* (2013) ซึ่งรายงานว่าการแช่เมล็ดข้าวก่อนปลูกด้วยไคโตซานแล้วฉีดพ่นอีก 4 ครั้ง ก่อนที่ข้าวจะเข้าสู่สภาวะขาดน้ำ มีผลทำให้ผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ใช้ไคโตซาน ในขณะที่ผลผลิตต่ำสุดได้รับจาก ข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงสร้างรวงอ่อนและไม่มีการฉีดพ่นไคโตซาน (Table 5) ซึ่งผลการทดลองนี้ใกล้เคียงกับงานของ Wollenweber *et al.* (2003) ที่พบว่าพืชที่ได้รับ heat stress ในช่วง reproductive phase จะได้รับความเสียหายมากกว่าในช่วง vegetative phase เพราะได้รับผลกระทบโดยตรงต่อจำนวนและน้ำหนักเมล็ด

Table 5 Effect of chitosan on grain yield (g/pot) of rice subjected to high temperature at different growth stages.

Growth stage of rice(M)	Application method (S)		(M) Average
	Chitosan	No chitosan	
Normal temperature through cropping season	618.00	593.00	605.50
High temperature at seedling stage	659.00	623.00	641.00
High temperature at tillering stage	663.00	630.00	646.50
High temperature at panicle initiation stage	655.00	550.00	602.50
(S) Average	648.75	599.00	
LSD _{0.05} (M)		ns	
LSD _{0.05} (S)		ns	
LSD _{0.05} (M x S)		61.68	
C.V. (M) (%)		8.17	
C.V. (S) (%)		6.42	

ns = non significant difference, LSD 0.05 = Least significant difference at $P < 0.05$

6. เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเมล็ดลีบ

ต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในแต่ละระยะการเจริญเติบโตไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีแตกต่างกันทางสถิติ (Table 6) แต่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ (Table 7) โดยพบว่า ต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในระยะแตกกอ มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบมีจำนวนน้อยสุด ซึ่งแตกต่างทางสถิติจากต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในระยะสร้างรวงอ่อนซึ่งมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบมากที่สุด ซึ่งอธิบายได้ว่า ต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงช่วงแตกกอซึ่งยังอยู่ในช่วงของ vegetative phase จึงยังไม่ส่งผลกระทบต่อการสะสมอาหารในเมล็ด จึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีมากกว่า ในขณะที่ถ้าได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงระยะสร้างรวงอ่อน ซึ่งเป็นช่วงเข้าสู่ ระยะ reproductive phase จึงส่งผลกระทบโดยตรงต่อการสะสมอาหารในเมล็ด ทำให้เกิดเมล็ดลีบมาก เปอร์เซ็นต์ดอกเป็นหมันจะสูงเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงออกดอก (flowering) และตั้งท้อง (booting) (Aghamolki *et al.*, 2014; Saini and Aspinall, 1982) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะการเจริญเติบโตของข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงกับการใช้ไคโตซานโดยพบว่าต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในระยะต้นกล้าและมีการฉีดพ่นไคโตซาน ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงสุดและเมล็ดลีบต่ำสุด สอดคล้องกับงานของ Boonlertnirun *et al.* (2006) พบว่า การใช้ไคโตซานแช่เมล็ดข้าวฉีดพ่นอีก 4 ครั้งมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในระยะสร้างรวงอ่อนและไม่มีการฉีดพ่นไคโตซานมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่ำสุดและเมล็ดลีบสูงสุด (Table 6 และ 7) นอกจากนี้ จากการทดลองยังพบว่า มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายใน และภายนอกโรงเรือนค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 5 °C (Figure 1)

Table 6 Effect of chitosan on filled grain percentage (%) of rice subjected to high temperature at different growth stages.

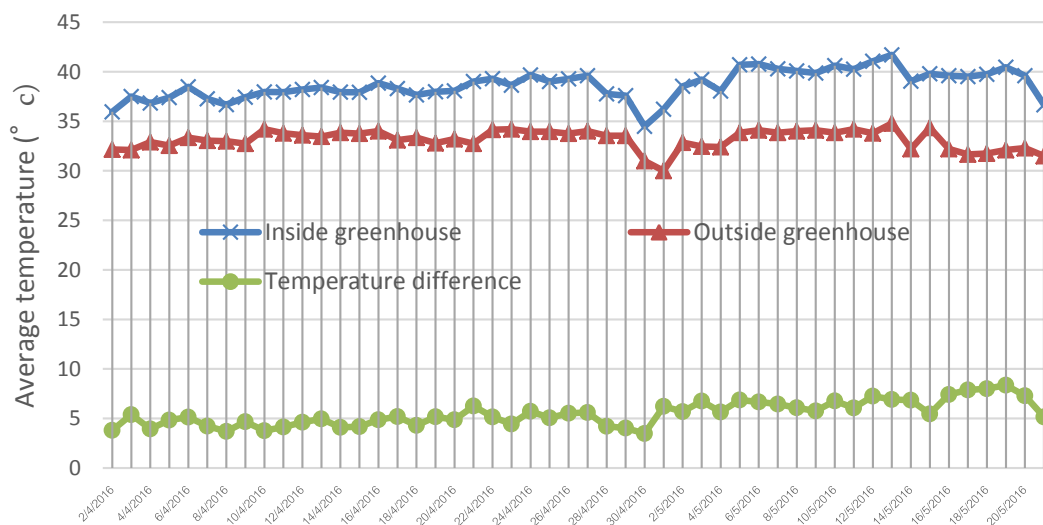
Growth stage of rice(M)	Application method (S)		(M) Average
	Chitosan	No chitosan	
Normal temperature through cropping season	89.20	89.10	89.15
High temperature at seedling stage	90.20	89.00	89.60
High temperature at tillering stage	90.50	90.10	90.30
High temperature at panicle initiation stage	89.20	87.00	88.10
(S) Average	89.80	88.80	
LSD _{0.05} (M)		ns	
LSD _{0.05} (S)		ns	
LSD _{0.05} (M x S)		1.29	
C.V. (M) (%)		1.37	
C.V. (S) (%)		0.940	

ns = non significant difference, LSD 0.05 = Least significant difference at P<0.05

Table 7 Effect of chitosan on unfilled grain percentage (%) of rice subjected to high temperature at different growth stages.

Growth stage of rice(M)	Application method (S)		(M) Average
	Chitosan	No chitosan	
Normal temperature through cropping season	10.80	10.90	10.85
High temperature at seedling stage	9.80	11.00	10.40
High temperature at tillering stage	9.50	9.90	9.70
High temperature at panicle initiation stage	10.80	13.00	11.90
(S) Average	10.22	11.20	
LSD _{0.05} (M)		1.87	
LSD _{0.05} (S)		ns	
LSD _{0.05} (M x S)		1.29	
CV (M) (%)		11.40	
CV (S) (%)		7.86	

ns = non significant difference, LSD 0.05 = Least significant difference at P<0.05



Timings during rice plants subjected into plastic greenhouse (date)
(2 April-21 May 2016)

Figure 1 Comparison temperature between inside and outside plastic greenhouse during rice plants subjected into plastic greenhouse (from seedling stage to panicle initiation stage of rice plants).

สรุป

การฉีดพ่นไคโตซานให้กับต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่ต่างกันดังนี้

1. ต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงที่ระยะแตกกอ ส่งผลให้จำนวนหน่อตอกสูง และเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำ กว่าระยะการเจริญเติบโตอื่นๆ

2. การใช้ไคโตซานมีส่วนช่วยให้ความเขียวของใบข้าวเพิ่มมากขึ้น

3. พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะการเจริญเติบโตของข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงกับการใช้ไคโตซานโดยพบว่า การฉีดพ่นไคโตซานให้กับข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงที่ระยะแตกกอ ทำให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงขณะที่เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำ ในทางตรงกันข้ามข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงที่ระยะสร้างรวงอ่อนและไม่มีไคโตซานให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่ำสุดแต่เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงสุด

จากผลการทดลองนี้ สรุปได้ว่า การฉีดพ่นไคโตซานมีแนวโน้มช่วยให้ต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงมีการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่ดีขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งการฉีดพ่นไคโตซานในระยะแตกกอ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่สนับสนุนทุนวิจัยและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Aghamolki, M.T.K., M. K.Yusop, F. C. Oad, H.Zakikhani, H. Jaafar, S. K. Syed Muhammad, and M. H.Musa.2014. Heat stress effects on yield parameters of selected rice cultivars at reproductive growth stages. *Agriculture and Environment*. 12: 741-746.
- Ashraf, M. and M.Hafeez.. 2004.Thermotolerance of pearl millet and maize at early growth stages: growth and nutrient relations. *Biol. Plant*.48: 81–86.
- Boonlertnirun, S., E. Sarobol, S. Mechoui and I. Sooksathan. 2006. Effect of molecular weight of chitosan on rice yield Potential cv. Suphanburi1. *Kasetsart J. (Nat. Sci)*. 40: 854-861.
- Boonlertnirun, S., C. Boonraung and R. Suvanasara. 2008. Application of chitosan in rice production. *Journal of Metals, Materials and Minerals*.18: 47-52.
- Boonlertnirun, S., R. Suvannasara and K. Boonlertnirun. 2013. Effects of chitosan application before being subjected to drought on physiological changes and yield potential of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Applied Sciences Research*. 9: 6140-6145.
- El-Sawy, N. M., H. A. Abd El-Rehim, A. M. Elbarbary and E. A. Hegazy.2010. Radiation-induced degradation of chitosan for possible use as a growth promoter in agricultural purposes. *Carbohydrate Polymers*.79: 555–562.
- Ferri, M., A.M.Tassoni,L. Righetti, M.J. Naldrett and N. Bagni. 2009. Chitosan treatment induces changes of protein expression profile and stilbene distribution in *Vitis vinifera* cell suspensions. *Proteomics*. 9: 610-624.
- Farouk, S., K. M. Ghoneem and A. A. Ali. 2008. Induction and expression of systematic resistance to downy mildew disease in cucumber plant by elicitors. *Egyptian Journal of Phytopathology*. 1-2: 95-111.
- Ghoname, A. A., M. A.EL-Nemr, A. M. R. Abdel-Mawgoud and W. A. El-Tohamy. 2010. Enhancement of sweet pepper crop growth and production by application of biological, organic and nutritional solutions. *Research Journal of Agriculture and Biological Science*. 6:349-355.
- Guilioni, L., J. Wery and F. Tardieu. 1997. Heat stress-induced abortion of buds and flowers in pea: is sensitivity linked to organ age or to relations between reproductive organs? *Ann. Bot*. 80:159–168.
- Hatfield, J. L. 2016. Increased temperatures have dramatic effects on growth and grain yield of three maize hybrids. *Agric. Environ. Lett*. 1:150006 doi: 10.2134/ael2015.10.0006.
- Hasanuzzaman, M., K. Nahar, M. Mahabub, R. A. Roychowdhury and M. Fujita. 2013. physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. *Int. J.Mol Sci*. 14: 9643–9684.
- Ismail, A. M. And A.E. Hall. 1999. Reproductive-stage heat tolerance, leaf membrane thermo stability and plant morphology in cowpea. *Crop Sci*. 39:1762–1768.
- Laza, M. R. C., H. Sakai, W.Cheng, T. Tokida, S. Peng and T. Hasegawa. 2015. Differential response of rice plants to high night temperatures imposed at varying developmental phases. *Agricultural and Forest Meteorology*. 209–210: 69–77.
- Mainali, K. 2007. Impact of heat waves on plant-soil links in tall-grass prairie [MS thesis]. University of Toledo.
- Mainali, K. P., S. A. Heckathorn, D. Wang, M. N. Weintraub, J. M. Frantz and E. W. Hamilton. 2014. Impact of a short-term heat event on C and N relations in shoots vs. roots of the stress-tolerant C4 grass, *Andropogon Gerardii*. *J. Plant Physiol*. 171: 977-985.
- Righetti, L., M. Franceschetti, M. Ferri, A. Tassoni and N. Bagni. 2007. Resveratrol production in *Vitis vinifera* cell suspensions treated with several elicitors. *Caryologia*. 60:169-171.
- Saini, H.S.and D. Aspinall.1982. Abnormal sporogenesis in wheat (*Triticum aestivum* L.) induced by short periods of high temperature. *Ann. Bot*. 49: 835–846.
- Salachna, P. and A. Zawadzinska. 2014.Effect of chitosan on plant growth, flowering and corms yield of potted freesia. *Journal of Ecological Engineering*.15: 97-102.
- Shah, F., J. Huang, K. Cui, L. Nie, T. Shah, C. Chen and K. Wang. 2011. Impact of high- temperature stress on rice plant and its traits related to tolerance. *Journal of Agricultural Science*.1-12. doi:10.1017/S0021859611000360.

- Sheikha, S. A. and F. M. Al-Malki. 2011. Growth and chlorophyll responses of bean plants to chitosan applications. *European Journal of Scientific Research*. 50: 124-134.
- Thobunluepop, P., E. Pawelzik and S. Verasilp. 2008. The perspective effects of various seed coating substances on rice seed variety Khao Dawk Mali 105 storability I: The case study of physiological properties. *Pak. J. Biol. Sci.* 11: 2291-2299.
- Trivedi, A. K. 2015. Adaptations and mechanisms of heat stress tolerance of plants. *Academic Research Journal of Agricultural Science and Research*. 3: 151-160.
- Vollenweider, P. and M.S. Gunthardt-Goerg. 2005. Diagnosis of abiotic and biotic stress factors using the visible symptoms in foliage. *Environ. Pollut.* 137: 455-465.
- Wahid, A. 2007. Physiological implications of metabolites biosynthesis in net assimilation and heat stress tolerance of sugarcane sprouts. *J. Plant Res.* 120: 219-228.
- Wollenweber, B., J.R. Porter and J. Schellberg. 2003. Lack of interaction between extreme high-temperature events at vegetative and reproductive growth stages in wheat. *J. Agron. Crop Sci.* 189: 142-150.