

ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว^{1/}

Effect of Chitosan Application on Growth and Yield of Rice^{1/}

ผู้ทำสัมมนา

นางสาวอนงค์นาถ พสนนท์^{2/}

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.สุภาวดี แก้วระหัน^{3/}

บทคัดย่อ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศปลูกข้าวเป็นพืชหลัก ปัญหาที่พบในการปลูกข้าวส่วนใหญ่เกิดจากสภาพอากาศที่แปรปรวน ขาดน้ำ หรือมีอุณหภูมิสูง ทำให้การเจริญเติบโตทางสรีระและผลผลิตของข้าวลดลง ในงานศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว ที่ได้รับผลกระทบจากสภาวะภัยแล้งหรือสภาวะอุณหภูมิสูง ไคโตซาน (chitosan) คือ สารชีวภาพ ที่มีคุณสมบัติกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตพืช และสามารถชักนำให้พืชเกิดการสร้างภูมิคุ้มกันเมื่อประสบกับสภาพวิกฤติ ซึ่งสังเคราะห์ได้จากเปลือกสัตว์น้ำ นำมาใช้ในการผลิตข้าว เนื่องจากข้าวเมื่อได้รับอุณหภูมิสูง หรือภายใต้สภาวะความเครียดต่างๆ จะทำให้จำนวนกอต่อต้นลดลง ความสูงต้นลดลง และผลผลิตที่ได้ต่ำกว่าข้าวที่ไม่ได้รับสภาวะอุณหภูมิสูง การฉีดพ่นไคโตซานในระยะการเจริญเติบโต 4 ช่วง คือ ระยะต้นกล้า ระยะแตกกอ ระยะสร้างรวงอ่อน และระยะออกรวง ความเข้มข้น 10 ppm ขึ้นไป ให้น้ำหนักเมล็ดข้าวมากที่สุด แต่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง ผลของไคโตรซานช่วยให้ผลผลิตข้าวมากกว่าในสภาวะที่ข้าวเจริญภายใต้อุณหภูมิต่ำ โดยเฉพาะการฉีดพ่นในระยะสร้างรวงอ่อนช่วยส่งเสริมผลผลิต และเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าการฉีดพ่นไคโตซานช่วยให้ต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงช่วยเพิ่มผลผลิต และเปอร์เซ็นต์สูงกว่าการไม่ฉีดพ่นไคโตซาน

คำสำคัญ: ไคโตซาน; ข้าว; การเจริญเติบโต

^{1/}เอกสารประกอบวิชา 1201 480 สัมมนา

^{2/}นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

^{3/}อาจารย์ประจำภาควิชาพืชไร่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญเนื่องจากเป็นพืชอาหารหลักที่มีผลต่อความมั่นคงทางอาหารของประเทศ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศปลูกข้าวเป็นพืชหลัก มีพื้นที่ปลูกข้าวนาปี ทั้งหมดประมาณ 62 ล้านไร่ ผลผลิตรวมประมาณ 26 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2563) ปัจจุบันในการผลิตข้าวยังคงประสบปัญหาต้นทุนการผลิตสูง และผลผลิตต่อไร่ที่ต่ำ เนื่องจากสภาพภัยแล้ง การที่พืชได้รับอุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานานมีผลต่อการพัฒนาของท่อนพันธุ์ ทำให้การงอกช้าลง และการตั้งตัวของต้นกล้าไม่ดี พบว่าการสะสมน้ำหนักแห้ง relative growth rate และ net assimilation rate ของพืชลดลงเมื่อได้รับอุณหภูมิสูง ฉะนั้นการหาแนวทางที่จะช่วยทำให้ต้นข้าวมีความแข็งแรงและทนทานต่ออุณหภูมิ หรือผ่านพ้นสภาพขาดน้ำชั่วคราวแล้วฟื้นตัวได้อย่างรวดเร็ว และไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าว ซึ่งโคโตซานเป็นสารชีวภาพมีคุณสมบัติกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตในพืชหลายชนิดและยังช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลผลิต (Boonlertnirun *et al.*, 2008; Thobunluepop *et al.*, 2008; Farouk *et al.*, 2008; Ghoname *et al.*, 2010) นอกจากนี้ยังกระตุ้นเปอร์เซ็นต์การงอก การตั้งตัวของต้นกล้าของข้าว มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความสูงต้น ความยาวของรากพืช ส่งเสริมการสร้างน้ำหนักรากและพื้นที่ใบ ตลอดจนเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งนี้เพราะในโมเลกุลของโคโตซานมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบซึ่งไนโตรเจนก็เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของคลอโรฟิลล์ (Sheikha and AL-Malki, 2011) นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็น elicitor คือ กระตุ้นให้พืชเกิดการสร้างภูมิคุ้มกัน (immune) โดยการชักนำให้เกิดการสร้างสาร phytoalexins บางตัวที่มีส่วนทำให้พืชนั้นเกิดความทนทานเมื่ออยู่ในสภาพวิกฤต (stress condition) (Righetti *et al.*, 2007; Ferri *et al.*, 2009) การนำโคโตซานซึ่งเป็นสารชีวภาพและมีคุณสมบัติดังที่กล่าวมาข้างต้น มาฉีดพ่นในข้าวเพื่อให้ข้าวมีภูมิคุ้มกันและทนทานต่อสภาพอุณหภูมิที่สูงและสามารถเจริญเติบโตต่อไปจนกระทั่งให้ผลผลิตได้ การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของโคโตซานต่อผลผลิตของข้าวที่ได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิสูง

ข้าวและความสำคัญ

ข้าวเป็นเมล็ดของพืชหญ้า ต้นข้าวมีลักษณะภายนอกบางอย่าง เช่น ใบ กาบใบ ลำต้น และ รากคล้ายต้นหญ้า ที่พบมากในทวีปเอเชีย ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งประชากรโลกบริโภคเป็นอาหารสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชีย ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งมีการปลูกมากที่สุดเป็นอันดับสามทั่วโลก รองจาก ข้าวสาลีและข้าวโพด โดยปกติการปลูกข้าวเป็นแบบปีต่อปี ทว่าในเขตร้อน ข้าวสามารถมีชีวิตอยู่ได้ หลายปีและสามารถไถ่ถอน (ratoon) ได้นานถึง 30 ปี ต้นข้าวสามารถโตได้ถึง 1-1.8 เมตร ขึ้นอยู่กับ พันธุ์และความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นหลัก มีใบเรียวยาว 50-100 เซนติเมตร และกว้าง 2-2.5 เซนติเมตร ช่อดอกห้อยยาว 30-50 เซนติเมตร เมล็ดกินได้เป็นผลธัญพืชยาว 5-12 มิลลิเมตร และหนา 2-3 มิลลิเมตร

ลักษณะที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของข้าว

ราก รากเป็นส่วนที่อยู่ใต้ผิวดิน ใช้ยึดลำต้นกับดินเพื่อไม่ให้ต้นล้มแต่บางครั้งก็มีราก พิเศษเกิดขึ้นที่ข้อซึ่งอยู่เหนือพื้นดินด้วย ต้นข้าวไม่มีรากแก้ว แต่มีรากฝอยแตกแขนงกระจาย อยู่ใต้ผิวดิน

ลำต้น มีลักษณะเป็นโพรงตรงกลางและแบ่งออกเป็นปล้องๆ โดยมีข้อกั้นระหว่าง ปล้อง ความยาวของปล้องนั้นแตกต่างกันจำนวนปล้องจะเท่ากับจำนวนใบของต้นข้าว ปกติมี ประมาณ 20-25 ปล้อง

ใบ ต้นข้าวมีใบไว้สำหรับสังเคราะห์แสง เพื่อเปลี่ยนแร่ธาตุ อาหาร น้ำ และ คาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นแป้ง เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และสร้างเมล็ดของต้นข้าว ใบ ประกอบด้วย กาบใบและแผ่นใบ

การเจริญเติบโตของต้นข้าว แบ่งเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ได้แก่ ระยะกล้า เริ่มตั้งแต่ข้าวเริ่มงอกจากเมล็ด จนกระทั่งเริ่มแตกกอ ระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 20 - 30 วัน การดูแลในระยะนี้ หากบำรุงดินให้มีความ อุดมสมบูรณ์ดีมาตั้งแต่ต้นแล้ว ทำแต่เพียงคอยดูระดับน้ำไม่ให้สูงเกิน และระวังโรคแมลง ศัตรูเลี้ยมมา กัดทำลายและเหยียบย่ำ ระยะแตกกอ เริ่มจากแตกกอไปจนกระทั่งเริ่มสร้างดอก ระยะนี้ใช้เวลา เท่าใดขึ้นอยู่กับชนิด พันธุ์ข้าว เช่น ข้าวหอมมะลิ105 ใช้ระยะเวลา 40 - 60 วัน การดูแลรักษาใน ระยะนี้ ถ้าบำรุงดินให้มีความ อุดมสมบูรณ์ดีมาตั้งแต่ต้นแล้ว ทำแต่เพียงคอยดูระดับน้ำไม่ให้สูงเกิน

และระวังโรคแมลง แต่ถ้าฉีดพ่นฮอร์โมน น้ำหมักแม่ (น้ำหมักที่ช่วยเร่งดอก บำรุงผล ทำให้โตงาม ได้ผลเร็ว) ด้วย จะช่วยให้แตกกอดี 13 ระยะแตกกอ ระยะเริ่มสร้างช่อดอก

ระยะที่ 2 การเจริญเติบโตทางสืบพันธุ์ เริ่มจากเริ่มสร้างดอก ตั้งท้องออกดอก จนถึงการผสมพันธุ์ ระยะนี้จะใช้เวลาเท่าใดขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ข้าว เช่น ข้าวหอมมะลิ 105 ใช้ระยะเวลา 20 - 30 วัน การดูแลรักษาในระยะนี้ ถ้าบำรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์แล้ว ให้อายุระดับน้ำไม่ให้สูงเกิน และระวังโรค แมลง ถ้ามีการฉีดพ่นฮอร์โมนน้ำด้วยจะช่วยให้ข้าวออกรวงโต ระยะออกดอก ระยะให้น้ำนมและข้าวสุก

ระยะที่ 3 การเจริญเติบโตทางเมล็ด หลังจากการผสมพันธุ์ของดอกข้าว เมล็ดข้าวจะเริ่ม เป็นน้ำนม เป็นแป้ง จนกระทั่งเมล็ดสุก โดยใช้เวลา 25 - 30 วัน ขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ข้าว การดูแลรักษาในระยะนี้ ควรตัดพันธุ์ข้าวปนออกจากแปลงเพื่อให้ได้ข้าวพันธุ์ที่ต้องการอย่างบริสุทธิ์ ให้อายุระดับน้ำตอนเมล็ดข้าว กำลังจะสุก เพื่อเพิ่มความหอมให้แก่ข้าวหอมมะลิ 105

ในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโตของข้าว ต้องการน้ำในระดับที่แตกต่างกัน ซึ่งการปลูกข้าวในประเทศไทยมีการเขตกรรมปลูกข้าวแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้น้ำซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 นิเวศน์ คือใช้น้ำฝน และน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินหรือชลประทาน การปลูกข้าวในพื้นที่อาศัยน้ำฝน การควบคุมปริมาณน้ำ หรือจัดการน้ำในแปลงนาให้มีความสัมพันธ์กับช่วงอายุการเจริญเติบโตของข้าวผู้ปลูกข้าวในเขตใช้น้ำฝนจะต้องทราบและศึกษาสภาพภูมิอากาศ ในพื้นที่แต่ละแหล่งปลูกเป็นอย่างดีเพื่อจัดการปลูกภายใต้ความสัมพันธ์ของดิน น้ำ พืช เป็นไปอย่างใกล้ชิดมาก เพื่อให้การผลิตข้าวประสบความสำเร็จ ได้รับผลผลิตตามวัตถุประสงค์ต่อไป แต่ในบางปีที่เกษตรกรประสบปัญหาสภาพการแปรปรวนของฝน เช่นฝนตกน้อยหรือมากเกินไป หรือมีการกระจายตัวของฝนไม่สม่ำเสมอก็อาจส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของข้าวและมีผลทำให้ได้รับผลผลิตต่ำ แม้แต่ในเขตชลประทานในบางปีที่มีปริมาณน้ำต้นทุนน้อย การผลิตข้าวนาปรังที่อยู่ในเขตชลประทานย่อมได้รับผลกระทบ ลัดดาวัลย์ และคณะ (2544) รายงานว่าปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวนาชลประทานประมาณ 15 ล้านไร่ แต่มีเพียง 1.5 ล้านไร่ เท่านั้นที่มีศักยภาพได้รับน้ำชลประทานอย่างสมบูรณ์และไม่มีปัญหาการขาดแคลนน้ำในระหว่างฤดูปลูก ซึ่งการที่ปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการต้องของข้าว ก็จะทำให้ผลผลิตลดลง เราจึงต้องใช้สารที่ช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าว ถึงแม้ว่าจะอยู่ในช่วงที่ขาดน้ำ หรือในช่วงที่อุณหภูมิสูง โดยโคโตซานช่วยให้พืชทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่มีชีวิต เช่น ความเครียดที่เกิดจากความแห้งแล้ง โคโตซานสำหรับพืชนั้นจะช่วยให้พืชมีโมเลกุลที่เล็กลง ทำให้ดูดซึมธาตุอาหารและแร่ธาตุที่จำเป็นต่างๆได้ดี อีกทั้งยังช่วยในการเพิ่มผลผลิตให้กับพืชสวน พืชไร่เป็น

อย่างดี ซึ่งไคโตซานนี้เป็นสารอินทรีย์วัตถุที่มีส่วนช่วยในการพัฒนาพืชพันธุ์ให้มีความแข็งแรง มีคุณภาพ และได้ผลผลิตที่ดียิ่งขึ้นที่ ช่วยให้พืชแข็งแรง และมีภูมิคุ้มกันโรคยิ่งขึ้น

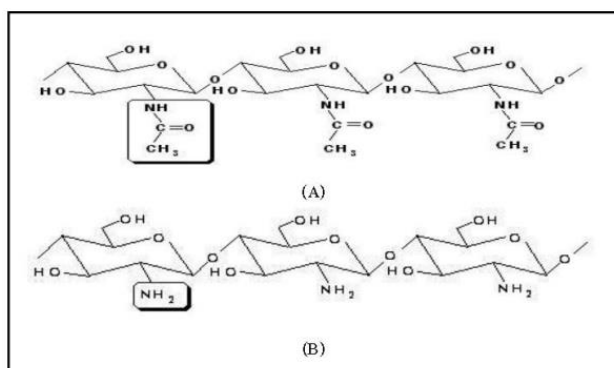
ไคโตซาน (chitosan)

องค์ประกอบทางเคมีของไคโตซาน

ไคโตซานเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ได้มาจากการเปลี่ยนแปลงของไคติน (chitin) โครงสร้างพื้นฐานของไคตินและไคโตซานคล้ายกับเซลลูโลสกล่าวคือ เซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์เส้นตรงของกลูโคสหรือมีกลูโคสเป็นหน่วยย่อย ส่วนไคตินและไคโตซานมีอนุพันธ์ของกลูโคสเป็นหน่วยย่อย องค์ประกอบไคตินและไคโตซาน (กมลศิริ, 2559) มีดังนี้

1) ไคติน คือสารอินทรีย์ที่เกิดในธรรมชาติเป็นผลึกที่แข็งแรง พบในเปลือกกุ้งและปู กับอยู่ในแกนแข็งปลาหมึก เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำและละลายยากในกรดอินทรีย์ ไคตินเป็นพอลิเมอร์ที่มีลักษณะสายยาวหน่วยย่อยที่มาต่อกันได้สายยาวนี้คืออนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสซึ่งมีชื่อว่า N-acetyl glucosamine

2) ไคโตซานเป็นโมเลกุลพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีหมู่เอมีโน ($-NH_2$) มาประกอบกัน เรียกว่า polyamino glucose มีสูตรโมเลกุล $(C_6H_{12}O_4N)_n$ ไคโตซานมีชื่อทางเคมีว่า poly- β -(1,4)-2-amino-2-deoxy-D-glucose ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคติน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยากำจัดหมู่อะซีติล (deacetylation) ออกจากไคตินในสารละลายต่างเข้มข้น จึงทำให้โครงสร้างของไคตินบางส่วนเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะหมู่ฟังก์ชันที่มี ชาติไนโตรเจนในรูปของหมู่อะเซตามิโด ($NH-CO-CH_3$) เปลี่ยนไปเป็นหมู่เอมีโน (NH_2) (สาวิกา, 2556) ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างทางชีวเคมีของไคติน (A) – ไคโตซาน (B)

ที่มา: สาวิกา (2556)

กระบวนการผลิตไคโตซาน

กระบวนการผลิตไคโตซานมี 4 ขั้นตอนสำคัญ คือ การกำจัดเกลือแร่ การกำจัดโปรตีน การฟอกสี และการสกัดไคโตซาน ดังนี้

1. การกำจัดเกลือแร่ เป็นขั้นตอนการสกัดเปลือกของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง โดยการนำวัตถุดิบมาทำปฏิกิริยากับ กรดซึ่งโดยทั่วไปใช้กรดไฮโดรคลอริกเจือจาง 1-8 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1-3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ปฏิกิริยาดังกล่าวหากใช้เวลานานถึง 24 ชั่วโมง จะทำให้ไคตินแตกสลายได้ (ภาควรรณ, 2552; สำนักหอสมุด และศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555)

2. การกำจัดโปรตีน เป็นขั้นตอนการแยกโปรตีนออกโดยนำส่วนหัว-เปลือกกุ้ง กระดองปูและแกนหมึก มาบดก่อน นำมาแยกเอาโปรตีนออก ขั้นตอนการแยกโปรตีนนี้ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 1-10 เปอร์เซ็นต์อุณหภูมิประมาณ 65-100 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา (reaction time) ขึ้นอยู่กับวิธีและสภาวะที่ใช้ในการสกัดโปรตีน หากปล่อยให้กากเหล่านี้ทำปฏิกิริยานานเกินไปในสภาวะรุนแรงจะ ทำให้สายโซ่ของไคตินถูกตัด (depolymerization) และยังเกิดปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิติกด้วย (Stevens, 2002; สำนักหอสมุด และศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555)

3. การฟอกสี การผลิตไคตินจากขั้นตอนดังกล่าวไว้ข้างต้นนั้นพบว่า ไคตินที่ได้มักจะยังคงมีสี ดังนั้นหากต้องการ ไคตินฟอกขาวจะต้องนำ ไคตินมาผ่านกระบวนการแยกสีโดยสารสี(pigment) ในไคตินสามารถกำจัดได้โดยการ ฟอกสีด้วย สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ หรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี, 2555) ซึ่งสารฟอกสีเหล่านี้ จะกำจัดสารสีในไคตินทำให้สายโซ่โมเลกุลสั้นลง (น้ำหนักโมเลกุล ต่ำลง) (สุปราณี, 2544) หลักการฟอกสีคือ นำเปลือกสัตว์ทะเลที่กำจัดเกลือแร่และโปรตีนออกแล้วมากำจัดสีด้วย การแช่ในเมทานอลและอะซิโตนหลายๆ ครั้ง ก่อนนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งน้ำหนักสารแห้งที่ได้โดยสารสุดท้ายที่ได้ในขั้นตอนนี้คือ ไคติน (ภาควรรณ, 2552)

4. การสกัดไคโตซาน การสกัดไคโตซานเกิดจากปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิติกของไคตินหรือที่เรียกว่า ปฏิกิริยา deacetylation ทำให้เอน-อะซิติกกลูโคซามีนซึ่งเป็นโมเลกุลเดี่ยวของไคตินถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคซามีน ดังนั้นจาก ไคตินจึงเปลี่ยนเป็นไคโตซาน ขั้นตอนการสกัดไคโตซานจากไคตินสามารถทำได้โดยการแช่ไคตินในสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทำให้หมู่อะซิติกบาง

ส่วนหรือทั้งหมดจะถูกดึงออกจากโพลิเมอร์ แล้วแต่กรรมวิธีที่ใช้ สำหรับในอุตสาหกรรมการผลิตไคโตซานนั้นต้องนำเปลือกกุ้งสดน้ำหนักถึง 100 กิโลกรัม มาผ่านขั้นตอนการสกัด เพื่อให้ได้ไคโตซานเพียง 3-5 กิโลกรัมเท่านั้น (Hongpattarakere and Riyaphan, 2008; สำนักหอสมุดและ ศูนย์สารสนเทศ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555)

บทบาทของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของพืช

เนื่องจากไคโตซานเป็นสารประกอบที่มีประจุบวกมาก จึงสามารถจับกับชีวโมเลกุลต่างๆ ในเซลล์ได้ เช่น ดีเอ็นเอ (DNA) เยื่อหุ้มเซลล์และองค์ประกอบบางส่วนของผนังเซลล์ นอกจากนี้ ยังจับกับตัวรับ (receptors) ของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นให้พืชมีความต้านทานต่อสภาพแวดล้อม เช่นเดียวกับการกระตุ้นของอีลิซิเตอร์ (elicitors) แต่ไคโตซานเข้าจับกับตัวรับอื่นและใช้วิธีการส่งสัญญาณที่แตกต่างออกไปจากอีลิซิเตอร์ แล้วกระตุ้นให้พืชมีการตอบสนองและปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (du Jadin, 2015)

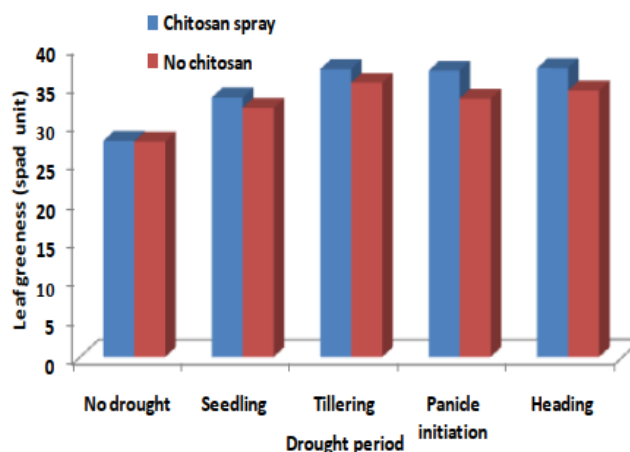
ผลของไคโตซานต่อพืชมี 4 ด้าน คือ

- 1) คุณภาพด้านโภชนาการของพืชดีขึ้นเนื่องจากพืชสะสมสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิ (secondary metabolite) บางชนิด ซึ่งมีผลดีต่อสุขภาพของมนุษย์
- 2) ช่วยให้พืชทนต่อโรค โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคพืชที่เกิดจากเชื้อรา
- 3) ช่วยให้พืชทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่มีชีวิต เช่น ความเครียดที่เกิดจากความแห้งแล้ง (drought stress) ความเค็มของดิน (salinity stress) และความหนาวเย็นของอากาศ (cold stress) กลไกส่วนหนึ่งมาจากบทบาทในการควบคุมการปิดปากใบทำให้พืชสูญเสียน้ำจากการคายน้ำลดลง คล้ายกับผลของกรดแอบซิกต่อการปิดปากใบ
- 4) ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช

ความเขียวของใบ

(สุชาติ และคณะ, 2561) รายงานว่าความเขียวของใบข้าวความเขียวของใบข้าวได้รับผลกระทบที่ต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) จากการขาดน้ำที่ระยะการเจริญเติบโตที่ต่างกัน โดยพบว่า ความเขียวของใบข้าวที่เกิดการขาดน้ำที่ระยะแตกกอ ระยะสร้างรวงอ่อน และระยะออกรวง มีค่าค่อนข้างสูงและไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่แตกต่างทางสถิติกับความเขียวของใบข้าวที่ขาดน้ำที่ระยะต้นกล้า และไม่มี การขาดน้ำ ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ และยังพบความแตกต่างทางสถิติในด้านความเขียวของใบข้าวระหว่างข้าวที่มี การฉีดพ่นไคโตซานและไม่มีการฉีดพ่น โดยพบว่า การฉีดพ่นไคโตซานมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยความเขียวของใบข้าว

สูงกว่าใบข้าวที่ไม่มีการฉีดพ่นไคโตซานอย่างเด่นชัด (Figure 1) สอดคล้องกับงานของ LiQiang *et al.* (2010) ซึ่งพบว่า การใช้ไคโตซานกับต้นกล้าแตงกวาในสภาพขาดน้ำมีผลทำให้ ปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น 6.7 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างระยะการเจริญเติบโตของข้าวที่ขาดน้ำ กับ การฉีดพ่นไคโตซานไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Figure 1)



LSD.05 (drought period, M) = 2.97

LSD.05 (application, S) = *

LSD.05 (M*S) = ns

CV(%) = 6.85

Figure 1 Effects of chitosan on leaf greenness under drought stress at various rice growth stages.

ที่มา: สุชาดา และคณะ (2556)

จำนวนหน่อตอก

(Hasanuzzaman *et al.* 2013) รายงานว่าต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงระยะการเจริญเติบโตที่ต่างกันมีผลทำให้จำนวนก่อดันแตกต่างกันทางสถิติ การแตกกอในข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในระยะแตกกอ สูงกว่าการแตกกอของข้าวระยะต้นกล้าและข้าวที่ไม่ได้รับอุณหภูมิสูง แต่ไม่แตกต่างจากระยะการสร้างรวงอ่อนซึ่งอธิบายได้ว่า ทั้งสองระยะการเจริญเติบโตนี้ ได้รับผลกระทบน้อยกว่าอุณหภูมิสูง เนื่องจากข้าวได้การแตกกอไปแล้วก่อนที่จะได้รับอุณหภูมิสูง ซึ่งสอดคล้องกับงานของ สุชาดา, (2561) ซึ่งรายงานว่าการตอบสนองต่ออุณหภูมิสูงของพืชจะแปรปรวนไปตาม ความรุนแรงและช่วงเวลาที่ได้รับ ตลอดจนระยะการเจริญเติบโตของพืชขณะที่การใช้ไคโตซาน ไม่มีผลทำให้การแตกกอของข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงแตกต่างกันทางสถิติจากข้าวที่ได้รับอุณหภูมิปกติ และไม่พบ

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงระยะการเจริญเติบโตที่ต่างกันกับการใช้ไคโตซาน (Table 1)

Table 1 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	

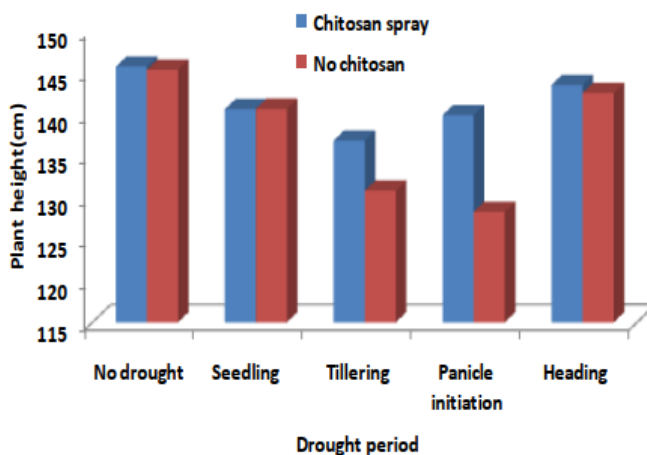
ns = non-significant difference, LSD 0.05 = Least significant difference at P<0.05

ที่มา: สุชาดา และคณะ (2561)

ความสูงต้น

การเจริญเติบโตด้านความสูงจะชะงัก ถ้าข้าวขาดน้ำในช่วงระยะ vegetative แต่จะไม่มีผลต่อความสูงถ้าขาดน้ำในช่วง reproductive สำหรับการฉีดพ่นไคโตซาน และไม่ฉีดพ่นไคโตซาน พบว่าไม่มีผลทำให้ความสูงของข้าวแตกต่างกันทางสถิติ การใช้ไคโตซานในต้นกล้าข้าวโพดที่อยู่ในสภาพ abiotic stress ไม่มีผลทำให้ความยาวของต้นกล้าของข้าวโพดเพิ่มขึ้น และไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่าง ระยะการเจริญเติบโตของข้าวที่ขาดน้ำกับการฉีดพ่นไคโตซาน และงานทดลองของ สุชาดา และคณะ, (2556) รายงานว่าการทำให้ข้าวขาดน้ำที่ระยะการเจริญเติบโตที่ต่างกัน มีผลทำให้ความสูงของข้าวแตกต่างกันทางสถิติ การขาดน้ำที่ระยะออกรวงและระยะต้นกล้าไม่มีผลทำให้ความสูงของข้าวแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และไม่แตกต่างจากความสูงของข้าวที่ไม่

ขาดน้ำ แต่การขาดน้ำที่ระยะแตกกอและสร้างรวงอ่อน มีผลทำให้ ความสูงของข้าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 2)



Plant height

LSD.05 (drought period, M) = 8.28

LSD.05 (application, S) = ns

LSD.05 (M*S) = ns

CV(%) = 5.88

Figure 2 Effects of chitosan on plant height (a) under drought stress at various rice growth stages

ที่มา; สุชาติ และคณะ (2556)

น้ำหมักเมล็ด

(กนกวรรณ, 2559) ศึกษาผลของไคโตซานต่อน้ำหมักเมล็ดรวมของข้าวเจ้าหอมนิล โดยการให้สารไคโตซานความเข้มข้นระดับต่างๆ ในฤดูกาลปลูกที่ 1 และ 2 พบว่าฤดูกาลปลูกไม่มีผลทำให้น้ำหมักเมล็ดรวมแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีน้ำหมักเมล็ดรวมเฉลี่ย 110.90 และ 114.10 กรัม/ตำรับ ทดลอง ตามลำดับ และการให้สารไคโตซานความเข้มข้น 0, 2, 4, 8, 10 และ 16 มล./ล. มีผลทำให้น้ำหมักเมล็ดรวมเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีน้ำหมักเมล็ดรวมเฉลี่ย 102.50, 114.00, 111.20, 114.40, 120.70 และ 112.40 กรัม/ตำรับ (Table 2)

Table 2 Effect of chitosan on total seeds weight of Hom-nin rice in 2 seasons.

Chitosan(B) (ml/L)	Season(A)				
	Total seeds weight (g/treatment)				
	Season 1		Season 2		Ave (B)
0	106.60	ab	98.40	b	102.50 B
2	114.30	ab	113.70	ab	114.00 AB
4	114.40	ab	108.00	ab	111.20 AB
8	103.40	ab	125.50	a	114.40 AB
10	117.30	ab	124.10	a	120.70 A
16	109.70	ab	115.00	ab	112.40 AB
Ave(A)	110.90		114.10		
A	ns				
B	*				
A*B	ns				
C.V.(%)	17.06				

^{1/}Means followed by the same letter in a column are not significantly different by DMRT at $P \leq 0.01$.

ที่มา: กนกวรรณ และคณะ (2559)

(สุชาดา และคณะ, 2561) ทดสอบผลของการฉีดพ่นไคโตซานต่อศักยภาพการให้ผลผลิต ของข้าวที่ได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิสูงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆกันโดยที่ ปัจจัยหลักคือระยะการเจริญเติบโตของข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในโรงเรือน (สูงกว่าอุณหภูมิภายนอกประมาณ 3-8 องศา) 4 ระยะคือระยะต้นกล้า ระยะแตกกอ ระยะสร้างรวงอ่อน และ ได้รับอุณหภูมิปกติ (ควบคุม) ปัจจัยรอง คือ การฉีดพ่นไคโตซาน 80 มิลลิกรัมต่อลิตร และไม่ฉีดพ่นไคโตซาน ระหว่างเดือน เมษายน ถึง กรกฎาคม 2559 ผลการทดลองพบว่าข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงที่ระยะแตกกอ ให้จำนวนก่อด้านสูงและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำกว่าระยะการเจริญเติบโตอื่นๆ และพบว่าการใช้ไคโตซานมีส่วนช่วยให้ความเขียวของใบข้าวเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะการเจริญเติบโตของข้าวกับการใช้ไคโตซาน โดยพบว่าการฉีดพ่นไคโตซานให้กับข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงที่ระยะแตกกอทำให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงขณะที่เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำ ในขณะที่ข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงที่ระยะสร้างรวงอ่อนและไม่มีการฉีดพ่นไคโตซานให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่ำสุดแต่เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงสุด จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า การฉีดพ่นไคโตซานมีแนวโน้มช่วยให้ต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงมีการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่ดีขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะแตกกอ

5.ผลผลิตข้าว

(สุชาติ, 2561) รายงานว่าผลผลิตเฉลี่ยของข้าวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อต้นข้าวได้รับอุณหภูมิสูงที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ กันทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้าวเป็นพวก warm season specie ซึ่งสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพที่อุณหภูมิสูงขึ้น จึงไม่ทำให้ผลผลิตได้รับผลกระทบมากนัก (Trivedi, 2015) อย่างไรก็ตามพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะการเจริญเติบโต ของข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงกับการใช้ไคโตซาน โดยพบว่าต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงแตกกอ และมีการฉีดพ่นไคโตซานให้ผลผลิตสูงสุด (Table 3) สอดคล้องกับงานของ Boonlertnirun *et al.* (2013) ซึ่งรายงานว่าการแช่เมล็ดข้าวก่อนปลูกด้วยไคโตซานแล้วฉีดพ่นอีก 4 ครั้ง ก่อนที่ข้าวจะเข้าสู่สภาวะขาดน้ำ มีผลทำให้ผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ใช้ไคโตซาน ในขณะที่ผลผลิตต่ำสุดได้รับจาก ข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงสร้างรวงอ่อนและไม่มีการฉีดพ่นไคโตซาน

Table 3 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 × 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

ที่มา: สุชาติ และคณะ (2561)

เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเมล็ดลีบ

(สุชาติ, 2561) รายงานว่าต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในแต่ละระยะการเจริญเติบโตไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีแตกต่างกันทางสถิติ (Table 4) แต่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ (Table 5) โดยพบว่า ต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในระยะแตกกอ มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบมีจำนวนน้อยสุด ซึ่งแตกต่างทางสถิติจากต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในระยะสร้างรวงอ่อนซึ่งมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบมากที่สุด ซึ่งอธิบายได้ว่า ต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงช่วงแตกกอซึ่งยังอยู่ในช่วงของ vegetative phase จึงยังไม่ส่งผลกระทบต่อการสะสมอาหารในเมล็ด จึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีมากกว่า ในขณะที่ถ้าได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงระยะสร้างรวงอ่อน ซึ่งเป็นช่วงเข้าสู่ ระยะ reproductive phase จึงส่งผลกระทบต่อตรงต่อการสะสมอาหารในเมล็ด ทำให้เกิดเมล็ดลีบมาก เปอร์เซ็นต์ดอกเป็นหมันจะสูงเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงออกดอก (flowering) และตั้งท้อง (booting) (Table 4 และ 5) สอดคล้องกับงานของ Boonlertnirun *et al.* (2006) พบว่า การใช้ไคโตซานแช่เมล็ดข้าวชนิดพันธุ์อีก 4 ครั้งมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในระยะสร้างรวงอ่อนและไม่มีการฉีดพ่นไคโตซานมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่ำสุดและเมล็ดลีบสูงสุด (Table 4 และ 5)

Table 4 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

ที่มา: สุชาติ และคณะ (2561)

Table 5 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 $P < 0.05$

ที่มา: สุชาติ และคณะ (2561)

สรุป

ในการศึกษาผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว การฉีดพ่นไคโตซานมีแนวโน้มช่วยให้ต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงมีการเจริญเติบโตทางสรีระหรือผลผลิตที่เพิ่มขึ้น การฉีดพ่นไคโตซานในระยะการเจริญเติบโต 4 ช่วง คือ ระยะต้นกล้า ระยะแตกกอ ระยะสร้างรวงอ่อน และระยะออกรวง ความเข้มข้น 10 ppm ขึ้นไป โดยความสูงของต้นข้าวจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงในระยะแตกกอและสร้างรวงอ่อน น้ำหนักเมล็ดจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความเข้มข้นของไคโตซานที่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับ การได้ฉีดสารไคโตซาน และพบว่าการฉีดพ่นไคโตซานมีผลทำให้ความเขียวของใบแตกต่างทางสถิติกับความเขียวของใบข้าวที่ขาดน้ำที่ระยะต้นกล้า การฉีดพ่นไคโตซานมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยความเขียวของใบข้าวสูงกว่าใบข้าวที่ไม่มีการฉีดพ่นไคโตซานอย่างเด่นชัด จำนวนหน่อต่อต้นของข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ฉีดพ่นไคโตซาน ต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในระยะแตกกอ มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบมีจำนวนน้อยสุด ซึ่งแตกต่างทางสถิติจากต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในระยะสร้าง

รวงอ่อนซึ่งมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบมากที่สุด ต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงแตกกอ และมีการฉีดพ่นไคโตซานให้ผลผลิตสูงสุด ดังนั้นไคโตซานจึงควรเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เมื่อข้าวประสบปัญหาภัยแล้งหรือสภาพอุณหภูมิที่สูง เพื่อที่จะให้ได้ผลผลิตที่เพิ่มเมื่อเปรียบเทียบกับการที่ไม่ฉีดไคโตซาน

เอกสารอ้างอิง

- กนกวรรณ วัฒนากร และ พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง. 2559. ผลของไคโตซานต่อผลผลิตข้าวเจ้าหอมนิล 2 ฤดูกาล. แก่นเกษตร (44)1.
- นุชนาฏ ตันวรรณ ศุภชัย อำคา กนกกร สีนมา และกษิธีเดช ชีรินิตยาธาร. 2560. ผลของไคโตซานเพื่อเพิ่มผลผลิตและปริมาณสารทุติยภูมิในข้าว. แก่นเกษตร (45)1.
- ยงยุทธ โอสดสภา. 2557. การใช้สารเร่งเชิงชีวภาพเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช. วารสารดินและปุ๋ย 36(1):1-4.
- สุชาดา บุญเลิศนิรันดร์ ละอองศรี ศิริเกษตร และกิติ บุญเลิศนิรันดร์. 2561. ผลของไคโตซานต่อผลผลิตของข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างกัน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 36(2):73-84.
- สุชาดา บุญเลิศนิรันดร์ ระวีวรรณ สุวรรณศร กิตติ บุญเลิศนิรันดร์ และ ประพจน์ พรหมสมบูรณ์. 2556. ผลของการฉีดพ่นไคโตซานต่อศักยภาพการให้ผลผลิตของข้าวภายใต้สภาพขาดน้ำที่ระยะการเจริญเติบโตแตกต่างกัน. วารสารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ 1(1):30-40.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. การนำเข้าและส่งออก. แหล่งที่มา: <https://www.oae.go.th> สืบค้นเมื่อวันที่ 12 มิถุนายน 2565.
- สาวิกา กัลปพฤกษ์ ผกาพรรณ กีก้อง และ สิทธิ กุหลาบทอง. 2556. ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงสัตวัน้ำ วารสารวิชาการ. Veridian E-Journal. 6(2): 984-993.
- Aghamolki, M.T.K., M. K.Yusop, F. C. Oad, H.Zakikhani, H. Jaafar, S. K. Syed Muhammad, and M. H.Musa.2014. Heatstress effects on yield parameters of selected rice cultivars at reproductive growth stages. Agriculture and Environment 12:741-746.
- Joanna Kociecka and Daniel Liberacki. 2021. The Potential of Using Chitosan on Cereal Crops in the Face of Climate Change. 10:1-27.