วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (1) : 165-178

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ หลังการเคลือบร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช และอายุเก็บรักษา

Changes of Tomato Seeds Quality after Coating with Plant Growth Regulators and Longevity

ณัฐชญา สายคำวงศ์[1] และบุญมี ศิริ[1]*
Natchaya Saikhamwong[1] and Boonmee Siri[1]*

บทคัดย่อ

มะเขือเทศเป็นพืชผักเศรษฐกิจที่ปลูกและบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ทำให้ปริมาณความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย แต่เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ใช้บางส่วนมีความงอกและความแข็งแรงต่ำ การให้สารควบคุมการเจริญเติบโตพืชแก่เมล็ดพันธุ์จะช่วยกระตุ้นการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าที่ดี การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช จากนั้นติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้าของเมล็ดมะเขือเทศหลังการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ เตรียมสารเคลือบเมล็ดพันธุ์โดยใช้ Gum Arabic ที่ความเข้มข้น 3% เป็นพอลิเมอร์ ร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช 4 ชนิด ประกอบด้วย 9 กรรมวิธี ดังนี้ เมล็ดไม่เคลือบ (T1), เมล็ดเคลือบด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียว (T2), เมล็ดเคลือบด้วยสารเคลือบผสม 2% GA_3 (T3), 0.5% IAA (T4), 0.2% IBA (T5) และ 0.1% NAA (T6) ตามลำดับ, เมล็ดเคลือบด้วยสารเคลือบผสม 2% GA_3 + 0.5% IAA (T7), 2% GA_3 + 0.2% IBA (T8) และ 2% GA_3 + 0.1% NAA (T9) ตามลำดับ หลังการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย 2% GA_3 + 0.5% IAA และ 2% GA_3 + 0.2% IBA มีแนวโน้มทำให้ความยาวรากของต้นกล้ามะเขือเทศมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ และการเคลือบเมล็ดด้วย 2% GA_3 + 0.2% IBA ทำให้ความงอก ความเร็วในการงอก ความสูงต้น และความยาวรากของต้นกล้ามะเขือเทศดีมากกว่าการเคลือบเมล็ดด้วยวิธีการอื่นๆ หลังจากการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 6 เดือน

คำสำคัญ: การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ สารควบคุมการเจริญเติบโต จิบเบอเรลลิน ออกซิน

Abstract

The tomato is an economic vegetable, planting and consumed widely. The demand for tomato seeds increased. But some of tomato seeds have low germination and vigor. The plant growth regulators treat to the seed will help stimulate the germination and growth of seedlings. The objective of this experiment was to study effect of tomato seed coating with plant growth regulators. Then follow the quality changes of seed and growth of seedling of tomato seeds after being stored in different conditions. The experiment design was Completely Randomized Design (CRD) with 4 replications. Using 3% Gum Arabic was a polymer with 4 plant growth regulators. This experiment consisted of 9 treatments as follows: non-coated seed (T1), coated with coating substance (T2), coated with coating 2% GA_3 (T3), 0.5% IAA (T4), 0.2% IBA (T5) and 0.1% NAA (T6) respectively, coated with coating 2% GA_3 + 0.5% IAA (T7), 2%

[1]ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ. เมือง จ. ขอนแก่น 40002
*Corresponding author, Email: boonmee@kku.ac.th

GA_3 + 0.2% IBA (T8) and 2% GA_3 + 0.1% NAA (T9) respectively. After tested quality of seeds the result found that the seed coating with 2% GA_3 + 0.5% IAA and 2% GA_3 + 0.2% IBA had tend to tomato seedling root length more than non-coated seed. And the seed coating with 2% GA_3 + 0.2% IBA makes germination, speed of germination, shoot length and root length of tomatoes seedling better than the coated seed other methods after the seed storage under different conditions for 6 months.

Keywords: seed enhancement, plant growth regulator, gibberellins, auxin

คำนำ

มะเขือเทศเป็นพืชผักเศรษฐกิจที่นิยมปลูกและบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั่วโลกเป็นระยะเวลานาน และมีแนวโน้มความต้องการใช้เพื่อบริโภคผลสดและแปรรูปในอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์เพื่อการส่งออกที่สำคัญของโลก โดยในปี 2559 มีการรายงานว่าไทยมีปริมาณการส่งออกเมล็ดพันธุ์ควบคุม 21,115.89 ตัน คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 5,550 ล้านบาท (สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย, 2559) เมล็ดพันธุ์พืชที่ดีจำเป็นจะต้องมีความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์สูงตามมาตรฐานการส่งออก แต่ในการผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศในปัจจุบันยังพบปัญหาที่สำคัญ คือ เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศบางส่วนมีความงอกและความแข็งแรงต่ำ อันเป็นผลมาจากเมล็ดพันธุ์มีขนาดเล็กมีอาหารสะสมในเมล็ดน้อยรวมถึงกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกิดความเสียหายต่อเกษตรกรผู้ผลิตและบริษัทผู้ส่งออกเมล็ดพันธุ์ (บุญมี และคณะ, 2554)

การให้ฮอร์โมนพืชแก่เมล็ดพันธุ์จะช่วยกระตุ้นการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าที่ดี การใช้ Gibberellins (GA) จะช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดและสร้างเอนไซม์ที่จำเป็นสำหรับการย่อยอาหารสะสมภายในเมล็ด (Chauhan *et al.,* 2009) นอกจากนี้ยังมีฮอร์โมนพืชในกลุ่มออกซินซึ่งมีบทบาทที่สำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโตในส่วนต่างๆ ของต้นพืช ช่วยเร่งอัตราการงอกทำให้รากและลำต้นของต้นกล้ายืดยาวขึ้นได้ (Yang, 2006) ในธรรมชาติส่วนใหญ่จะพบออกซินในรูปของ Indole-3-acetic acid (IAA) และยังพบว่ามีสารสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติคล้ายกับ IAA ถูกนำมาใช้เร่งการเกิดรากและเพิ่มจำนวนรากซึ่งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าเมื่อย้ายปลูก ได้แก่ Indole-3-butyric acid (IBA) และ Alpha-naphthalene acetic acid (NAA) (พัชรา, 2554) การให้สารออกฤทธิ์แก่เมล็ดพันธุ์นั้น ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ (Seed coating) ซึ่งเป็นเทคนิคการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ใช้กันมากในธุรกิจเมล็ดพันธุ์ วิธีการนี้ประยุกต์มาจากวิธีการเคลือบยาโดยนำมาใช้แทนวิธีการคลุกเมล็ดพันธุ์ (Seed dressing) เมล็ดพันธุ์ที่ได้รับการเคลือบยังสามารถใช้ประโยชน์จากสารออกฤทธิ์ไปได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากเมล็ดพันธุ์รับสารเคลือบและสารออกฤทธิ์อย่างสม่ำเสมอในแต่ละเมล็ด (Taylor and Harman, 1990; บุญมี, 2558)

การทดลองนี้จึงนำสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชชนิดต่างๆ ทั้งฮอร์โมนชนิดเดียวและฮอร์โมนสองชนิดผสมกันเพื่อศึกษาผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศหลังจากการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

วิธีการศึกษา

ดำเนินการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ โรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ และโรงเรือนทดลอง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ระหว่างเดือน กันยายน พ.ศ.2559 – มีนาคม พ.ศ.2560 ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการทดลองดังต่อไปนี้

การเคลือบเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช

เตรียมสารเคลือบเมล็ดพันธุ์โดยละลาย Gum arabic ความเข้มข้น 3% โดยน้ำหนัก ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง (25±1°C) เติมสารเติมแต่ง Titanium dioxide (TiO_2) ความเข้มข้น 2%, สีผสมอาหาร ความเข้มข้น 1%, ผงมุก (Merck Ltd., Bangkok, Thailand) ความเข้มข้น 1% และ PEG6000 ความเข้มข้น 1% ผสมร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช 4 ชนิด ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ได้แก่ Gibberellins (GA_3) ความเข้มข้น 2%, Indole-3-acetic acid (IAA) ความเข้มข้น 0.5%, Indoie-3-butyric acid (IBA) ความเข้มข้น 0.2% และ Alpha-naphthalene acetic acid (NAA) ความเข้มข้น 0.1% ประกอบด้วย 9 กรรมวิธีดังนี้ เมล็ดไม่เคลือบ (T1), เมล็ดเคลือบด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียว (T2), เมล็ดเคลือบด้วยสารเคลือบผสม 2% GA_3 (T3), 0.5% IAA (T4), 0.2% IBA (T5) และ 0.1% NAA (T6) ตามลำดับ, เมล็ดเคลือบด้วยสารเคลือบผสม 2% GA_3 + 0.5% IAA (T7), 2% GA_3 + 0.2% IBA (T8) และ 2% GA_3 + 0.1% NAA (T9) ตามลำดับ จากนั้นเคลือบลงผิวของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยเครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์ระบบจานหมุน รุ่น SKK10 ในอัตรา 180 มิลลิลิตรสารเคลือบต่อ 1 กิโลกรัมเมล็ดพันธุ์ แล้วนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบมาลดความชื้นโดยใช้เครื่องลดความชื้นระบบลมแห้ง SKK09 ที่อุณหภูมิ 35°C ให้มีความชื้นใกล้เคียงกับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ก่อนการเคลือบ (7%)

การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการเคลือบและหลังการเก็บรักษา

การตรวจสอบคุณภาพความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการในตู้ควบคุมสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิสลับ คือ อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และ อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง โดยแบ่งวิธีการตรวจสอบดังนี้

ศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการเคลือบ โดยสุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ในแต่ละกรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด มาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการด้วยวิธี Top of paper (TP) ในลักษณะต่างๆ ดังนี้

ความงอกของเมล็ดพันธุ์ ตรวจประเมินจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ โดยวันแรกที่เริ่มนับ (First count) จนถึงวันสุดท้ายที่นับ (Final count) คือวันที่ 5-14 หลังจากเพาะเมล็ดตามลำดับ จากนั้นรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอก (ISTA, 2013) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{ความงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

2.1.2 ความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ ตรวจประเมินจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ ในวันที่ 5 - 14 หลังจากเพาะเมล็ด จากนั้นคำนวณหาความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ตามหลักสากล (AOSA, 1983) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติในวันที่นับครั้งแรก}}{\text{จำนวนวันที่นับครั้งแรก}} + \ldots + \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติในวันที่นับครั้งสุดท้าย}}{\text{จำนวนวันที่นับครั้งสุดท้าย}}$$

ศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันคือ ห้องควบคุมสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิ 15°C ความชื้นสัมพัทธ์ 50% และห้องที่ไม่ควบคุมสภาพแวดล้อม สุ่มตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทุกๆ 2 เดือน เป็นระยะเวลา 6 เดือน ตามวิธีการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในข้อ 2.1

การตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศ

หลังการเคลือบ และการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน สุ่มต้นกล้ามะเขือเทศที่อายุ 14 วันหลังเพาะ จากการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในข้อ 2.1 กรรมวิธีละ 4 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น นำมาวัดความยาวรากโดยวัดจากข้อต่อเหนือดินจนถึงปลายรากแขนง และวัดความสูงต้นโดยวัดความยาวส่วนลำต้นจากข้อต่อเหนือดินจนถึงปลายใบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของลักษณะที่ศึกษาตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แปลงข้อมูลความงอกของเมล็ดพันธุ์เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี Arcsine transformation วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

คุณภาพของเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้าหลังเคลือบเมล็ดร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช

จากการตรวจสอบความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่าไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ โดยจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชไม่มีผลส่งเสริมต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศในทันที ส่วนการตรวจสอบความเร็วในการงอก พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย 0.5% IAA (T4), 2% GA_3 + 0.5% IAA (T7) และ 2% GA_3 + 0.2% IBA (T8) มีความเร็วในการงอกดีที่สุด แต่ไม่แตกต่างในทางสถิติกับเมล็ดไม่เคลือบ ซึ่งเห็นได้ชัดว่าเมล็ดที่ถูกเคลือบด้วย 0.5% IAA, 2% GA_3 + 0.5% IAA และ 2% GA_3 + 0.2% IBA มีผลส่งเสริมต่อความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ ทั้งนี้เพราะ GA_3 จะช่วยกระตุ้นให้ aleurone cells สร้างเอนไซม์เพื่อใช้ในการย่อยอาหารสะสมภายในเมล็ดให้เอ็มบริโอใช้ในการเจริญเติบโต (Choi *et al.,* 1996) ส่วน IAA และ IBA ซึ่งในกลุ่มออกซินที่มีบทบาทช่วยควบคุมการเจริญเติบโตและพัฒนาการของเซลล์ (Davies, 1995) นอกจากนี้ กิตติวรรณ และบุญมี (2559ก) ได้รายงานว่าการเคลือบเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศร่วมกับ 2.0% IAA มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุด อย่างไรก็ตามการเคลือบเมล็ดมะเขือเทศด้วย NAA ที่ความเข้มข้น 0.1% (T6) ทำให้ความงอกและความเร็วในการงอกน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจาก NAA เป็นสารสังเคราะห์ที่มีการออกฤทธิ์ออกซินสูงกว่า IAA และ IBA จึงอาจส่งผลกระทบต่อความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ด ในขณะที่การเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วย IAA ที่ความเข้มข้น 0.5% (T4) และ IBA ที่ความเข้มข้น 0.2% (T5) ไม่ทำให้เมล็ดพันธุ์ที่ได้มีความแตกต่างจากเมล็ดที่ไม่เคลือบ (T0) (ปรารถนา และคณะ, มปป.)

เมื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าพบว่าความสูงต้นไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตทุกกรรมวิธีไม่สามารถกระตุ้นความสูงต้นให้ดีมากกว่าหรือแตกต่างกับเมล็ดไม่เคลือบได้ แต่เมื่อตรวจสอบความยาวรากพบว่ามีความแตกต่างในทางสถิติ โดยเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วย 2% GA_3 + 0.5% IAA (T7) ทำให้ต้นกล้ามะเขือเทศมีความยาวรากมากที่สุด (70 มม.) แต่ไม่แตกต่างในทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ไม่เคลือบ (T1) (Table 1) เนื่องจากการเคลือบเมล็ดด้วย 2% GA_3 + 0.5% IAA และ 2% GA_3 + 0.2% IBA มีผลส่งเสริมการยืดยาวของเซลล์รากได้ดี โดยการออกฤทธิ์ของออกซินถูกระบุบทบาทหน้าที่ไว้อย่างชัดเจนเกี่ยวกับกลไกการควบคุมการยืดขยายตัวของเซลล์พืช (Smalle *et al*., 1997; Vandenbussche *et al.,* 2003) ดังนั้นการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชมีผลสนับสนุนการยืดตัวของความสูงต้นอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับงานของ จิราภรณ์ และบุญมี (2560) ที่พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย 4% GA + 1.5% IAA และ 4% GA + 0.1% IBA ส่งเสริมความสูงต้นและความยาวรากดีที่สุด

Table 1 Germination percentage and speed of germination of tomato seeds, shoot length and root length of tomato seedling before after coating process with plant hormone tested under laboratory condition.

Treatment	Germination (%)	Speed of germination (plants/day)	Shoot length (mm)	Root length (mm)
T1[2/]	82	11.56 ab[1/]	74	63 ab[1/]
T2	85	12.23 ab	71	55 b
T3	86	12.34 ab	72	60 ab
T4	86	13.15 a	68	64 ab
T5	86	11.97 ab	70	56 b
T6	74	9.50 c	68	13 c
T7	87	13.39 a	70	70 a
T8	88	13.22 a	74	69 a
T9	78	10.80 bc	71	19 c
F-test	ns	**	ns	**
C.V. (%)	8.80	8.51	4.68	10.90

ns, **: not significantly different and significantly different at $P \leq 0.01$ respectively

[1/] Means within a column with different letters are significantly different $P < 0.05$ according to DMRT.

[2/]T1 = Non-coated seed, T2 = Coating substance coated seed, T3 = Coated seed with 2% GA_3, T4 = Coated seed with 0.5% IAA,T5 = Coated seed with 0.2% IBA, T6 = Coated seed with 0.1% NAA, T7 = Coated seed with 2% GA_3+ 0.5% IAA, T8 = Coated seed with 2% GA_3 + 0.2% IBA and T9 = Coated seed with 2% GA_3 + 0.1% NAA

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการเจริญเติบโตหลังการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

ความงอกหลังการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช

การตรวจสอบความงอกหลังการเก็บรักษาผ่านไป 2 เดือน ทั้งในสภาพควบคุมและไม่ควบคุมสภาพแวดล้อม พบว่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ และเมื่อตรวจสอบในสภาพควบคุมสภาพแวดล้อมในเดือนที่ 4 พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย 2% GA_3 + 0.2% IBA (T8) ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกมากที่สุด (88%) รองลงมาคือ การเคลือบเมล็ดด้วย 2% GA_3 + 0.5% IAA (T7) และ 2% GA_3 + 0.1% NAA (T9) คือ 87% เท่ากัน และแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ไม่เคลือบ (T1) และเมื่อตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในเดือนที่ 6 พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย 2% GA_3 + 0.5% IAA (T7) ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกดีที่สุด (89%) และแตกต่างในทางสถิติกับเมล็ดไม่เคลือบและการเคลือบเมล็ดด้วยวิธีการอื่นๆ (Table 2)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้วนาน 2 เดือน การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชยังคงไม่มีผลส่งเสริมต่อกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ แต่เห็นได้ชัดว่าเมื่อผ่านการเก็บรักษามากกว่า 2 เดือน การเคลือบเมล็ดร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชทำให้เมล็ดมีการเสื่อม

คุณภาพน้อยกว่าเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ โดยเฉพาะการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชผสมระหว่าง 2% GA_3 + 0.5% IAA (T7) และ 2% GA_3 + 0.2% IBA (T8) โดยจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเคลือบเมล็ดด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชผสมสามารถส่งเสริมการทำงานร่วมกันได้ ไม่มีผลขัดขวางต่อกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์ อีกทั้ง GA_3 และ IAA มีหน้าที่สำคัญต่อการทำลายการพักตัวของเมล็ด และส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดได้เพิ่มขึ้นเพื่อกระตุ้นการงอกของเมล็ด (Liu *et al*., 2005; Hentrich *et al.,* 2013; Mohammad and Smith, 2014) และ IBA มีบทบาทสำคัญช่วยกระตุ้นการงอกและการเจริญเติบโตของรากต้นกล้าได้ดี (Davies, 2010)

ส่วนผลการตรวจสอบความงอกหลังการเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมสภาพแวดล้อม เมื่อผ่านไปแล้ว 4 เดือน พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย 0.5% IAA (T4) มีความงอกสูงที่สุด (80%) รองลงมาคือการเคลือบเมล็ดด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียว (T2), เมล็ดเคลือบด้วยสารเคลือบผสม 2% GA_3 + 0.2% IBA (T8) และ 0.2% IBA (T5) (78%, 78% และ 77% ตามลำดับ) แต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ไม่เคลือบ และจากการตรวจสอบในเดือนที่ 6 หลังการเก็บรักษาพบว่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แต่การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของความงอกดีมากกว่าเมล็ดไม่เคลือบ (Table 2)

Table 2 Germination percentage of non-coated tomato seeds and coated tomato seeds tested under laboratory after storage under control and ambient conditions.

Treatment	Germination (%)					
	Control conditions			Ambient conditions		
	Periods of storage (month)			Periods of storage (month)		
	2	4	6	2	4	6
T1[2/]	81	78 b[1/]	80 bcd[1/]	86	73 ab[1/]	79
T2	84	80 b	87 ab	80	78 a	77
T3	84	84 ab	79 cd	86	73 ab	83
T4	81	84 ab	82 a-d	78	80 a	86
T5	85	82 ab	80 bcd	81	77 a	82
T6	81	78 b	76 d	80	69 bc	81
T7	88	87 a	89 a	80	75 ab	80
T8	91	88 a	87 ab	75	78 a	85
T9	87	87 a	86 abc	79	63 c	82
F-test	ns	*	*	ns	**	ns
C.V. (%)	8.38	4.96	5.22	5.40	6.02	5.02

ns, *, **: not significantly different, significantly different at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$ respectively

[1/] Means within a column with different letters are significantly different $P < 0.05$ according to DMRT.

[2/] T1 = Non-coated seed, T2 = Coating substance coated seed, T3 = Coated seed with 2% GA_3, T4 = Coated seed with 0.5% IAA,T5 = Coated seed with 0.2% IBA, T6 = Coated seed with 0.1% NAA, T7 = Coated seed with 2% GA_3+ 0.5% IAA, T8 = Coated seed with 2% GA_3 + 0.2% IBA and T9 = Coated seed with 2% GA_3 + 0.1% NAA

จากผลของการเก็บรักษาผ่านไปแล้ว 2 เดือน ความงอกของเมล็ดพันธุ์ยังคงไม่มีความแตกต่างอย่างชัดเจนในทุกกรรมวิธีการเคลือบ และพบการเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อยเมื่อผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 4 เดือน แต่ยังคงไม่พบความแตกต่างแม้ผ่านการเก็บไปแล้วนาน 6 เดือน โดยการเคลือบเมล็ดด้วย IAA มีแนวโน้มของความงอกดีมากกว่าและแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ เพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบในสภาพแวดล้อมไม่ควบคุมผลของ IAA ซึ่งเป็นออกซินจากธรรมชาติ อาจรวมตัวกับสารเคลือบที่เป็นอนุพันธ์สกัดจากธรรมชาติที่ได้จากยางไม้คือกรัมอะระบิค (gum arabic) (Daoub *et al.*, 2016) ทำให้สามารถถูกตรึง หรือถูกฉาบให้ติดแนบแน่นกับเมล็ดได้นานมากกว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชชนิดอื่นๆ จึงมีแนวโน้มสามารถออกฤทธิ์ส่งเสริมการงอกของเมล็ดได้ดีมากกว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชชนิดอื่นๆ แม้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม

ความเร็วในการงอกหลังการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช

จากการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการที่ผ่านการเก็บรักษาในห้องควบคุมสภาพแวดล้อมเป็นระยะเวลา 2 เดือน พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย 2% GA_3 + 0.2% IBA (T8) ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความเร็วในการงอกดีที่สุด (13.65 ต้น/วัน) และแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่เคลือบ และไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อตรวจสอบความงอกในเดือนที่ 4 ส่วนการตรวจสอบในเดือนที่ 6 พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียว (T2) ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความเร็วในการงอกดีที่สุด (14.89 ต้น/วัน) แต่ไม่แตกต่างจากเมล็ดที่เคลือบเมล็ดด้วย 2% GA_3 + 0.5% IAA (T7) และเมล็ดที่เคลือบเมล็ดด้วย 2% GA_3 + 0.2% IBA (T8) และมีความแตกต่างในทางสถิติกับเมล็ดไม่เคลือบ (Table 3)

ส่วนการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเก็บรักษาในห้องไม่ควบคุมสภาพแวดล้อม เมื่อผ่านไป 2 เดือนพบว่าเมล็ดไม่เคลือบ (T1) มีความเร็วในการงอกมากที่สุด (13.11 ต้น/วัน) รองลงมาคือการเคลือบเมล็ดด้วย 2% GA_3 (T3) (12.68 ต้น/วัน) ส่วนการตรวจสอบในเดือนที่ 4 พบว่าเมล็ดไม่เคลือบ (T1), เมล็ดเคลือบด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียว (T2), เมล็ดเคลือบด้วยสารเคลือบผสม 0.5% IAA (T4), เมล็ดเคลือบด้วยสารเคลือบผสม 0.2% IBA (T5) และเมล็ดเคลือบด้วยสารเคลือบผสม 2% GA_3 + 0.2% IBA (T8) มีความเร็วในการงอกดีที่สุดและแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ และเมื่อตรวจสอบในเดือนที่ 6 พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย 0.5% IAA (T4) มีความเร็วในการงอกสูงที่สุดคือ 12.68 ต้น/วัน และแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่เคลือบ (T1) เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการงอกในสภาพควบคุมสภาพแวดล้อมเห็นได้ชัดว่า การเคลือบเมล็ดร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตทุกชนิดมีแนวโน้มส่งเสริมความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศได้เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่เคลือบ ยกเว้นการเคลือบเมล็ดด้วย NAA ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ นาตยาและคณะ (2557) ว่า NAA มีผลทำให้เมล็ดงอกได้ช้าลง ทั้งนี้เพราะ NAA เป็นสารสังเคราะห์ที่มีฤทธิ์ของออกซินค่อนข้างสูง จึงทำให้มีผลในเชิงลบต่อการพัฒนาของเมล็ด

Table 3 Speed of germination of non-coated tomato seeds and coated tomato seeds tested under laboratory after storage under control and ambient conditions.

Treatment	Speed of germination (plant/day)					
	Control conditions			Ambient conditions		
	Periods of storage (month)			Periods of storage (month)		
	2	4	6	2	4	6
T1[2/]	10.80 c[1/]	11.33	12.82 d[1/]	13.11 a[1/]	11.13 a[1/]	10.28 cd[1/]
T2	10.47 cd	12.33	14.89 a	12.37 ab	11.01 a	9.79 d
T3	11.87 bc	11.60	12.13 d	12.68 a	9.57 b	11.81 ab
T4	10.70 c	12.95	13.36 bcd	11.65 ab	11.32 a	12.68 a
T5	11.51 bc	12.95	12.90 d	12.28 ab	11.11 a	12.20 ab
T6	8.85 d	9.83	10.57 e	9.45 c	8.30 bc	9.80 d
T7	12.77 ab	13.26	14.57 ab	11.30 abc	9.39 bc	11.07 bc
T8	13.65 a	13.28	14.42 abc	11.37 ab	11.61 a	12.04 ab
T9	11.24 bc	11.96	13.17 cd	10.50 bc	8.01 c	11.68 ab
F-test	**	ns	**	*	**	**
C.V. (%)	8.59	11.93	5.82	9.65	8.16	6.53

ns, *, **: not significantly difference, significantly different at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$ respectively

[1/] Means within a column with different letters are significantly different $P < 0.05$ according to DMRT.

[2/]T1= Non-coated seed, T2 = Coating substance coated seed, T3 = Coated seed with 2% GA_3,
T4 = Coated seed with 0.5% IAA,T5 = Coated seed with 0.2% IBA, T6 = Coated seed with 0.1% NAA,
T7 = Coated seed with 2% GA_3+ 0.5% IAA, T8 = Coated seed with 2% GA_3 + 0.2% IBA and T9 = Coated seed with 2% GA_3 + 0.1% NAA

ซึ่งจากงานทดลองนี้พบว่า เมื่อใช้ที่ระดับความเข้มข้น 0.1% จะมีผลกระทบต่อความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ กิตติวรรณ และบุญมี (2558) ได้ทำการทดลองแล้วพบว่าการเคลือบเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วย IAA ในอัตราที่แตกต่างกัน ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกที่สูงและงอกได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ ส่วนการตรวจสอบในสภาพแวดล้อมไม่ควบคุมพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 4 เดือน เมล็ดไม่เคลือบมีแนวโน้มของความเร็วในการงอกดีมากกว่าการเคลือบทุกกรรมวิธี แต่จะเห็นได้ชัดว่าเมื่อผ่านการเก็บรักษาไปแล้วนาน 6 เดือน การเคลือบเมล็ดร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช โดยเฉพาะ IAA และ IBA มีผลส่งเสริมความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศได้ดีมากกว่าเมล็ดไม่เคลือบ ซึ่งการเคลือบเมล็ดพันธุ์อาจมีผลกระทบต่อกระบวนความเร็วในการงอกของเมล็ด เนื่องจากสารเคลือบถูกฉาบจนครอบคลุมเมล็ด ทำให้เมล็ดถูกสารเคลือบปิดกั้นรูไมโครไพล์ (micropyle) และไฮลัม (hilum) มีผลทำให้เมล็ดดูดซับน้ำและอากาศได้ช้า จึงส่งผลทำให้เมล็ดที่ผ่านการเคลือบทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของความเร็วในการงอกน้อยมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ เช่นเดียวกับ West *et al.* (1985) ที่รายงานว่าการเคลือบเมล็ด

พันธุ์ถั่วเหลืองด้วย polyvinylidene chloride (PVDC) ในอัตรา 50% ในน้ำ (w/v) เมื่อกลายสภาพเป็นแผ่นฟิล์ม จะสามารถควบคุมการแลกเปลี่ยนความชื้นระหว่างเมล็ดพันธุ์และอากาศในระหว่างการเก็บรักษาได้ เนื่องจากสารเคลือบที่เป็นเยื่อบางๆ นั้นไปปิดช่องเปิดตามธรรมชาติที่ผิวของเยื่อหุ้มเมล็ดพันธุ์ทำให้อัตราความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์แตกต่างกัน

ความสูงต้นหลังการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช

เมื่อตรวจสอบในสภาพควบคุมสภาพแวดล้อมหลังการเก็บรักษาผ่านไป 2 เดือน ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่หลังจากผ่านไป 4 เดือน พบว่าความสูงของต้นกล้ามะเขือเทศลดลง โดยการเคลือบเมล็ดด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียว (T2) มีความสูงต้นดีที่สุดและแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ และเมื่อตรวจสอบในเดือนที่ 6 ยังคงไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนการตรวจสอบในสภาพแวดล้อมไม่ควบคุม พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย 2% GA_3 + 0.5% IAA (T7) มีความยาวต้นสูงที่สุดและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ จากนั้นเมื่อผ่านไป 4 เดือน พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย 2% GA_3 + 0.2% IBA (T8) และเมล็ดไม่เคลือบ (T1) มีความสูงต้นดีที่สุด และจากการตรวจสอบในเดือนที่ 6 พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย 2% GA_3 + 0.5% IAA (T7) มีความยาวต้นสูงที่สุดคือ 99 มิลลิเมตร และแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่เคลือบ (T1)

จากผลการตรวจสอบในสภาพควบคุมสภาพแวดล้อมแสดงให้เห็นว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาหลังการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช มีแนวโน้มส่งเสริมการเจริญเติบโตความสูงต้นของต้นกล้ามะเขือเทศเพียงเล็กน้อย แต่ยังคงไม่แสดงความสูงต้นที่แตกต่างอย่างชัดเจน อาจเนื่องมาจากสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชที่ใช้เคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ ไม่สามารถคงสภาพการออกฤทธิ์เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นได้ในระยะเวลานาน ซึ่งผลการทดลองในเดือนที่ 4 แสดงให้เห็นว่า เมล็ดพันธุ์ที่ถูกเคลือบด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียว (T2) ยังคงสามารถรักษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศได้ (Jacob *et al*., 2016) แต่ผลการทดลองหลังการเก็บรักษาในห้องควบคุมสภาพแวดล้อมพบว่า หลังการเคลือบเมล็ดด้วยฮอร์โมนพืชทุกชนิดมีความสูงของต้นกล้าลดลงจากเดิม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฮอร์โมนพืชสูญเสียประสิทธิภาพส่งเสริมการยืดยาวของต้นกล้ามะเขือเทศหลังผ่านการเก็บรักษานาน 2 เดือน และเมื่อผ่านการเก็บรักษา 6 เดือน จึงยังไม่พบความแตกต่างในทางสถิติ จากผลการทดลองหลังการเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมสภาพแวดล้อม แสดงให้เห็นความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อเมล็ดอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ และความชื้นสูง ส่งผลให้เมล็ดเกิดกระบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ด เมล็ดมีอัตราการหายใจหรือเผาผลาญอาหารเพิ่มสูงขึ้นจากเดิม จึงมีผลทำให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพ ซึ่งอัตราการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์จะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะอุณหภูมิและความชื้นที่สูงจะทำให้อัตราการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (บุญมี, 2558) และ Yilmaz and Aksoy (2007) ที่รายงานว่าสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาส่งผลต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชที่ถูกเคลือบให้ติดอยู่ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ สามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นได้ดีมากขึ้นจากเดิม 10 - 20 มิลลิเมตร โดยเฉพาะการเคลือบเมล็ดด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชผสมระหว่าง 2% GA_3 + 0.5% IAA (T7) และ 2% GA_3 + 0.2% IBA (T8) ผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานทดลองของ กิตติวรรณ (2559) ที่รายงานว่าการเคลือบเมล็ดมะเขือเทศด้วย GA (ความเข้มข้น 1.5%, 2.0% และ 2.5%), IBA (ความเข้มข้น 0.2%, 0.3% และ 0.4%) และ IAA (ความเข้มข้น 1.0%, 1.5% และ 2.0%) ในทุกๆ อัตรา มีแนวโน้มของความสูงต้นกล้ามากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เคลือบ เมื่อเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมเป็นระยะเวลา 10 เดือน

Table 4 Shoot length of non-coated tomato seedlings and coated tomato seedlings tested under laboratory after storage under control and ambient conditions.

Treatment	Shoot length (mm)					
	Control conditions			Ambient conditions		
	Periods of storage (month)			Periods of storage (month)		
	2	4	6	2	4	6
T1[2/]	75	69 b[1/]	85	69 cd[1/]	69 abc[1/]	83 bcd[1/]
T2	79	82 a	82	77 ab	73 a	80 bcd
T3	79	69 b	89	76 abc	67 bc	89 ab
T4	68	69 b	83	73 abc	70 abc	72 d
T5	74	67 bc	91	77 ab	70 ab	81 bcd
T6	69	63 c	79	63 d	65 bc	73 cd
T7	72	67 bc	82	79 a	68 bc	99 a
T8	72	70 b	87	71 bc	73 a	87 ab
T9	73	68 b	82	70 bcd	69 abc	84 bc
F-test	ns	**	ns	**	*	**
C.V. (%)	6.54	4.12	6.87	5.88	4.05	8.69

ns, *, **: not significantly difference, significantly different at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$ respectively

[1/] Means within a column with different letters are significantly different $P < 0.05$ according to DMRT.

[2/]T1 = Non-coated seed, T2 = Coating substance coated seed, T3 = Coated seed with 2% GA_3, T4 = Coated seed with 0.5% IAA,T5 = Coated seed with 0.2% IBA, T6 = Coated seed with 0.1% NAA, T7 = Coated seed with 2% GA_3 + 0.5% IAA, T8 = Coated seed with 2% GA_3 + 0.2% IBA and T9 = Coated seed with 2% GA_3 + 0.1% NAA

ความยาวรากหลังการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช

จากการตรวจสอบความยาวรากหลังการเก็บรักษาในสภาพควบคุมสภาพแวดล้อม เมื่อผ่านไป 2 เดือน พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียว (T2) มีความยาวรากดีที่สุดและแตกต่างในทางสถิติกับเมล็ดไม่เคลือบ (T1) และการเคลือบเมล็ดด้วย 0.1% NAA (T6) และ 2% GA_3 + 0.1% NAA (T9) มีความยาวรากน้อยที่สุด คือ 12 และ 23 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ จากนั้นตรวจสอบความยาวรากเมื่อผ่านไป 4 เดือน พบว่าการเคลือบเมล็ดทุกกรรมวิธียกเว้นการเคลือบเมล็ดที่ผสม NAA (T6และT9) ทำให้ต้นกล้ามีความยาวรากมากกว่าเมื่อเปรียบกับเมล็ดไม่เคลือบ และพบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย 0.1% NAA (T6) และ 2% GA_3 + 0.1% NAA (T9) ทำให้ต้นกล้ามีความยาวรากน้อยกว่าวิธีการอื่นๆ เมื่อผ่านไป 6 เดือนยังคง พบว่าวิธีการเคลือบเมล็ดด้วย 0.1% NAA (T6) และ 2% GA_3 + 0.1% NAA (T9) ยังคงมีความยาวรากน้อยที่สุดและแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดไม่เคลือบ นอกจากนี้พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย 2% GA_3 (T3) และ 0.2% IBA (T5) มีความยาวรากดีที่สุดคือ 80 มิลลิเมตรเท่ากัน ส่วนการตรวจสอบในสภาพไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมและผ่านไปแล้ว 2 เดือน พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย 2% GA_3 + 0.5% IAA (T7) มีความยาวรากดีที่สุดและแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดไม่เคลือบ และเมื่อตรวจสอบ

หลังการเก็บรักษานาน 4 เดือน พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย 0.1% NAA (T6) และ 2% GA_3 + 0.1% NAA (T9) ยังคงมีความยาวรากน้อยที่สุด และเมื่อผ่านไป 6 เดือน ยังคงพบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบด้วย 0.1% NAA (T6) และ 2% GA_3 + 0.1% NAA (T9) ยังคงมีความยาวรากน้อยที่สุด แต่การเคลือบเมล็ดด้วย 0.2% IBA (T5) และ 2% GA_3 + 0.2% IBA (T8) มีความยาวรากดีที่สุดและแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่เคลือบ

Table 5 Root length of non-coated tomato seedlings and coated tomato seedlings tested under laboratory after storage under control and ambient conditions.

Treatment	Root length (mm)					
	Control conditions			Ambient conditions		
	Periods of storage (month)			Periods of storage (month)		
	2	4	6	2	4	6
T1[2/]	59 b[1/]	42 b[1/]	59 bc[1/]	63 b[1/]	63 a[1/]	60 bc[1/]
T2	72 a	59 a	66 abc	66 b	58 a	50 cd
T3	66 ab	61 a	80 a	69 ab	56 a	79 ab
T4	66 ab	68 a	76 ab	70 ab	64 a	65 bc
T5	69 ab	61 a	80 a	71 ab	61 a	83 a
T6	12 c	10 c	16 d	15 d	12 b	9 e
T7	66 ab	67 a	55 c	79 a	62 a	76 ab
T8	68 ab	64 a	75 ab	73 ab	70 a	87 a
T9	23 c	18 c	23 d	30 c	16 b	38 d
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	11.99	16.40	18.62	9.78	16.52	16.45

**: significantly different at $P \leq 0.01$ respectively

[1/] Means within a column with different letters are significantly different $P < 0.05$ according to DMRT.

[2/]T1 = Non-coated seed, T2 = Coating substance coated seed, T3 = Coated seed with 2% GA_3, T4 = Coated seed with 0.5% IAA,T5 = Coated seed with 0.2% IBA, T6 = Coated seed with 0.1% NAA, T7 = Coated seed with 2% GA_3+ 0.5% IAA, T8 = Coated seed with 2% GA_3 + 0.2% IBA and T9 = Coated seed with 2% GA_3 + 0.1% NAA

จากการพิจารณาผลการเก็บรักษาเมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับฮอร์โมนพืชในสภาพควบคุมสภาพแวดล้อม โดยจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชมีแนวโน้มส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากต้นกล้ามะเขือเทศดีมากกว่าเมล็ดไม่เคลือบ โดยเฉพาะการออกฤทธิ์ของ GA_3, IAA และ IBA มีผลสนับสนุนการเจริญเติบโตของรากได้ดีมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่เคลือบ อย่างไรก็ตามพบว่าการเคลือบเมล็ดร่วมกับ NAA ยังคงมีผลกระทบต่อความยาวรากของต้นกล้ามะเขือเทศทั้งหลังการเคลือบและหลังการเก็บรักษาตลอดระยะเวลา 6 เดือน เนื่องจาก NAA ที่ใช้ในการทดลองในอัตรา 0.1% (T6 และ T9) มีความเป็นพิษต่อพัฒนาการ

ของรากต้นกล้ามะเขือเทศอย่างชัดเจน คล้ายกับการรายงานของ Bakrim *et al*. (2007) พบว่าการแช่เมล็ดมะเขือเทศในฮอร์โมนพืชที่ความเข้มข้น 0.18% และ 0.018% ส่งผลยับยั้งการยืดยาวของเซลล์รากต้นกล้ามะเขือเทศ

ส่วนผลการทดลองของความยาวรากหลังการตรวจสอบในสภาพไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมแสดงให้เห็นว่าการเคลือบเมล็ดด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชผสมระหว่าง 2% GA_3 + 0.5% IAA (T7) และ 2% GA_3 + 0.2% IBA (T8) มีแนวโน้มช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตด้านความยาวรากได้ค่อนข้างดีมากกว่าวิธีการอื่นๆ เนื่องจากบทบาทของออกซินเป็นฮอร์โมนพืชที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช (Woodward and Bartel, 2005; Vanneste and Friml, 2009) ถึงแม้เมล็ดพันธุ์จะถูกเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม แต่การออกฤทธิ์ของสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชพืชที่ถูกเคลือบติดกับเมล็ดพันธุ์ยังคงสามารถออกฤทธิ์เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากได้ โดยเฉพาะกรรมวิธีการเคลือบเมล็ดด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชผสมคือ GA_3 2% + IAA 0.5% (T7) และ GA_3 2% + IBA 0.2% (T8) เพราะสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชเหล่านี้มีหน้าที่สำคัญต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ดีในเซลล์ราก (Ljung *et al.* 2005; Ikeda *et al.* 2009; Petersson *et al*. 2009) และจากกลไกส่งเสริมพัฒนาการของรากพืช คล้ายกับการรายงานของ Chauhan (2009) พบว่าการแช่เมล็ดถั่วดำและถั่วฮอร์สแกรมใน GA_3 และ IAA ที่ความเข้มข้นต่างกัน โดยการใช้ GA_3 10 ppm ทำให้ความงอก ความยาวรากและความยาวยอดอ่อนสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ และ กิตติวรรณ และบุญมี (2559ข) ที่พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย 0.2 % IBA มีแนวโน้มสนับสนุนการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าที่ดีกว่าเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ

สรุปผลการศึกษา

จากผลของการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช และผลของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพแวดล้อมแตกต่างกันพบว่าการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชชนิดต่างๆ ทำให้ความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศไม่แตกต่างในทางสถิติ แต่การเคลือบเมล็ดด้วย 2% GA_3 + 0.5% IAA และ 2% GA_3 + 0.2% IBA มีแนวโน้มทำให้ต้นกล้ามะเขือเทศมีความยาวรากมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และหลังจากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชชนิดต่างๆ ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันเป็นเวลา 6 เดือน เมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วย 2% GA_3 + 0.2 IBA % ทำให้ความงอก ความเร็วในการงอก ความสูงต้น และความยาวรากของมะเขือเทศดีมากกว่าการเคลือบเมล็ดด้วยวิธีการอื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ที่สนับสนุนทุนในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณ บริษัท เอจี ยูนิเวิร์ลแซล จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ และขอขอบคุณโรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการดำเนินงานทดลองครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กิตติวรรณ กล้ารอด และบุญมี ศิริ. 2558. ผลของการเคลือบด้วยฮอร์โมน IAA ต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม. แก่นเกษตร. 43 (1)(พิเศษ). 260-267.

กิตติวรรณ กล้ารอด และบุญมี ศิริ. 2559(ก). อิทธิพลของการเคลือบเมล็ดด้วยฮอร์โมนพืชต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 34(3): 143-156.

กิตติวรรณ กล้ารอด และบุญมี ศิริ. 2559ข. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังการเคลือบร่วมกับฮอร์โมนพืช. แก่นเกษตร. 44 (1)(พิเศษ). 339-344.

กิตติวรรณ กล้ารอด. 2559. ผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับฮอร์โมนพืชต่อคุณภาพเมล็ดและอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จิราภรณ์ หาญสุริย์ และบุญมี ศิริ. 2560. การเปรียบเทียบชนิดและอัตราของฮอร์โมนพืชที่ใช้เคลือบเมล็ดต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์แตงกวาหลังการเร่งอายุ. แก่นเกษตร. 45(1)(พิเศษ). 307-313.

นาตยา มนตรี. กีรติ ข่อยแก้ว. สุกัญญา แสนภักดี และ อัญจนา จันทร์ปะทิว. 2557. ผลของออกซินต่อการงอกของเมล็ดและการพัฒนาของต้นกล้าหนอนตายหยากในสภาพปลอดเชื้อ. แก่นเกษตร. 42(3)(พิเศษ). 335-340.

บุญมี ศิริ มัสยา เอื้อประชา และวิทวัส ธีรธิติ. 2554. ผลของสูตรตำรับสารเคลือบที่แตกต่างกันต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสม 3 พันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42(1)(พิเศษ): 477-480.

บุญมี ศิริ. 2558. การปรับปรุงสภาพและการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 239.

ปรารถนา จันทร์ทา พัชราพรรณ คงเพชรศักดิ์ และสุกานดา ดอกสันเทียะ. ฮอร์โมนพืช (Plant Hormone). โครงการส่งเสริมการผลิตเอกสารชุดการเรียนที่เป็นการสรุปเนื้อหาในรูปสื่ออิเล็กทรอนิกส์. 84.

พัชรา ลิมปนะเวช. 2554. การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการเกษตร. สืบค้นข้อมูลจาก http://www.phukhieo.ac.th. ค้นเมื่อ 26 กรกฎาคม 2560

สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย. 2559. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเมล็ดพันธุ์ควบคุม ประจำปี 2559. สืบค้นข้อมูลจากhttps://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:3vH3atHySIgJ: www.thasta.com/pdf/2012. ค้นเมื่อ 28 กรกฎาคม 2560.

AOSA. 1983. Seed vigor testing handbook. Association of official Seed Analysis. Available:http: http://www.aosaseed.com/seed_vigor_testing_handbook. Aug. 13, 2016.

Bakrim, A., M. Lamhamdi, F. Sayah and F. Chibi. 2007. Effects of plant hormones and 20-hydroxyecdysone on tomato (*Lycopersicum esculentum*) seed germination and seedlings growth. African Journal of Biotechnology. 6(24): 2792-2802.

Chauhan J.S., Y.K. Tomar, N. Indrakumar Singh, Seema Ali and Debarati. 2009. Effect of growth hormones on seed germination and seedling growth of black gram and horse gram. Journal of American Science. 5(5): 79-84.

Choi S.T., H.K. Ahn and Y.D. Chang, 1996. Effect of crude extracts and chopped shoot application of Allium spp. on rice growth. Korean Journal of Crop Science. 41(6): 625-633.

Daoub, R.M., A.H., ElmubarakMisran, M., Hassan, E.A. and M.E., Osman. 2016. Characterization and functional properties of some natural Acacia gums. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. In press.

Davies PJ. 1995. Plant hormones. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Davies, P.J.. 2010. Plant hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action. Springer Dordrecht Heidelberg London New York.

Hentrich M., C. Böttcher, P. Düchting, Y. Cheng, Y. Zhao and O. Berkowitz. 2013. The jasmonic acid signaling pathway is linked to auxin homeostasis through the modulation of YUCCA8 and YUCCA9 gene expression. Plant J. 74: 626-637.

Ikeda, A., EC. Gabazza, J. Morser, I. Imoto, M. Kuroda, CN. D'Alessandro-Gabazza, K. Hara, DB. Ruiz, PG. Bernabe, M. Katsurahara, M. Toda, Y. Kobayashi, Y. Yano, Y. Sumida, K. Suzuki, O. Taguchi and Y. Takei. 2009. Presence of thrombin-activatable fibrinolysis inhibitor in Helicobacter pylori-associated gastroduodenal disease. Helicobacter. 14(2): 147-155.

ISTA. 2013. International Rule for Seed Testing: Rules 2013. International Seed Testing Association. Zurich. Switzerland.

Jacob, S.R., M.A. Kumar, E. Varghese and S.N. Sinha. 2016. Hydrophilic polymer film coat as a micro-container of individual seed facilitates safe storage of tomato seeds. Scientia horticulturae. 204: 116-122.

Liu, A., B. Wang and LA. Niswande. 2005. Mouse intraflagellar transport proteins regulate both the activator and repressor functions of Gli transcription factors. Development. 132: 3103-3111.

Ljung, Karin, K. Hull Anna, Celenza John, Yamada Masashi, Estelle Mark, Normanly Jennifer, and Sandberga Göran. 2005. Sites and regulation of auxin biosynthesis in Arabidopsis roots. Plant Cell. 17(4): 1090-1104.

Mohammad, M. and D.L. Smith. 2014. Plant hormones and seed germination. Environmental and Experimental Botany. 99: 110-121.

Petersson, S.V., A.I. Johansson, M. Kowalczyk, A. Makoveychuk, J.Y. Wang, T. Moritz, M. Grebe, P.N. Benfey, G. Sandberg and K. Ljung. 2009. An auxin gradient and maximum in the Arabidopsis root apex shown by high-resolution cell-specific analysis of IAA distribution and synthesis. Plant Cell, 21: 1659-1668.

Smalle J., M. Haegman, J. Kurepa, M. VanMontagu and D. VanderStraeten. 1997. Ethylene can stimulate Arabidopsis hypocotyl elongation in the light. Proc Natl Acad Sci USA. 94: 2756-2761.

Taylor A.G. and G.E. Harman. 1990. Concepts and technologies of selected seed treatments. Annual Review of Phytopathology.

Vandenbussche, Filip, H. Vriezen Willem, Smalle Jan, J.J. Laarhoven Lucas, J.M. Harren Frans and Van Der Straeten Dominique. 2003. Ethylene and auxin control the Arabidopsis response to decreased light intensity. Plant Physiol. 133(2): 517-527.

Vanneste, S and J. Friml. 2009. Auxin: a trigger for change in plant development. Cell. 136(6): 1005-1016.

West, S.H., S.K. Loftin, M. What, C.D. Batich and C.L. Beatty. 1985. Polymer as moisture barrier to main seed quality. Crop Science. 25: 941-944.

Woodward, AW and B. Bartel. 2005. Auxin: regulation, action, and interaction. Annals of Botany. 95(5): 707-735.

Yang Wen Qing. 2006. Effects of GA_3, 6-BA and 2,4-D applied in cucumber seed film coating (Abstract). Available: http://www.dissertationtopic.net/doc/1002130. Aug. 11, 2016

Yilmaz D.D. and A. Aksoy. 2007. Physiological effect of different environmental condition on the seed germination of *Rumex scutatus* L (polygonaceae). Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 23(1-2): 24-29.

วันรับบทความ (Received date) 4 ก.ย. 2560
วันแก้ไขบทความ (Revised date) 5 มิ.ย. 2561
วันตอบรับบทความ(Accepted date) 31 ก.ค. 2561