

ผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับฮอร์โมนพืชผสมเพื่อยกระดับคุณภาพ เมล็ดพันธุ์แตงกวาลูกผสม

Effects of seed coating with mixed plant hormones for seed qualities enhancement of hybrid cucumber

จิราภรณ์ หาญสุริย์¹ และ บุญมี สิริ^{*}

Jiraphon Hansuri¹ and Boonmee Siri^{1*}

บทคัดย่อ: ฮอร์โมนพืชเป็นสารอินทรีย์สามารถควบคุมกระบวนการภายในเซลล์และเปลี่ยนกระบวนการทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์ได้ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพความงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์แตงกวาลูกผสมหลังการเคลือบร่วมกับฮอร์โมนพืช โดยทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ โรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ตามกรรมวิธี ดังนี้ 1) เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ 2) เมล็ดพันธุ์เคลือบโดยไม่ใช้ฮอร์โมนพืช 3) เมล็ดพันธุ์เคลือบด้วยสารเคลือบร่วมกับ Gibberellic acid (GA_3) ความเข้มข้น 4% 4) เมล็ดพันธุ์เคลือบด้วยสารเคลือบร่วมกับ Indole-3-acetic acid (IAA) ความเข้มข้น 1.5% 5) เมล็ดพันธุ์เคลือบด้วยสารเคลือบร่วมกับ Indole-3-butyric acid (IBA) ความเข้มข้น 0.1% 6) เมล็ดพันธุ์เคลือบด้วยสารเคลือบร่วมกับ Alpha-naphthalene acetic acid (NAA) ความเข้มข้น 0.1% 7) เมล็ดพันธุ์เคลือบด้วยสารเคลือบร่วมกับ GA_3 ความเข้มข้น 4% ผสมกับ IAA ความเข้มข้น 1.5% 8) เมล็ดพันธุ์เคลือบด้วยสารเคลือบร่วมกับ GA_3 ความเข้มข้น 4% ผสมกับ IBA ความเข้มข้น 0.1% และ 9) เมล็ดพันธุ์เคลือบด้วยสารเคลือบร่วมกับ GA_3 ความเข้มข้น 4% ผสมกับ NAA ความเข้มข้น 0.1% พบว่า เมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยฮอร์โมนพืชผสมทำให้เมล็ดพันธุ์มีการเจริญเติบโตมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบร่วมกับฮอร์โมนพืชชนิดเดียว และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เคลือบในสภาพห้องปฏิบัติการ ส่วนในสภาพเรือนทดลองพบว่า เมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยฮอร์โมนพืชผสม GA_3 ความเข้มข้น 4% ผสมกับ IBA ความเข้มข้น 0.1% ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความเร็วในการออกมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบร่วมกับฮอร์โมนพืชชนิดเดียว ดังนั้นสรุปได้ว่า การเคลือบเมล็ดพันธุ์แตงกวาด้วยฮอร์โมนพืชผสมทำให้ความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าดีกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบร่วมกับฮอร์โมนพืชชนิดเดียว

คำสำคัญ: จิบเบอเรลลิน, ออกซิน, สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช, คุณภาพเมล็ดพันธุ์, แตงกวา

ABSTRACT: Plant hormones are organic substances that control the process within the cell and change the physiological processes of seed. The objective of this experiment was to determine seed quality and development of hybrid cucumber seeds after coating with mixed plant hormones. The experiment was conducted at Seed Quality Testing Laboratory, Seed Processing Plant, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University. The treatments consisted of plant hormones: 1) seed without coating 2) seed coating with polymer 3) seed coating with 4% Gibberellic acid (GA_3) 4) seed coating with 1.5% Indole-3-acetic acid (IAA) 5) seed coating with 0.1% Indole-3-butyric acid (IBA) 6) seed coating with 0.1% Alpha-naphthalene acetic acid (NAA) 7) seed coating with 4% GA_3 + 1.5% IAA 8) seed coating with 4% GA_3 + 0.1% IBA and 9) seed coating with 4% GA_3 + 0.1% NAA. The plant hormone solutions were used 100 ml. per 1 kg seeds weight. The results showed that the coated seed

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

Department of Plant Science and Agricultural Resource, Faculty of Agriculture, KhonKaen University

* Corresponding author: boonmee@kku.ac.th

with mixed plant hormones had more seedling growth than coated seed with single plant hormone and significantly with uncoated seed, tested under laboratory conditions. The coated seeds with mixed plant hormone 4% GA₃ + 0.1% IBA, had higher germination and speed of germination than that with single plant hormone significantly with uncoated seed tested under greenhouse condition. In conclusion, the coated cucumber seeds with mixed plant hormones showed higher germination and seedling growth than the coated seed with the single plant hormone.

Keywords: gibberellins, auxin, plant growth regulator, seed quality, cucumber

บทนำ

เมล็ดพันธุ์ คือ ปัจจัยสำคัญในระบบการเพาะปลูกพืชและยังเป็นจุดเริ่มต้นของความมั่นคงทางอาหาร โดยแตงกวา (*Cucumis sativus* L.) เป็นพืชชนิดหนึ่งที่ให้ผลตอบแทนแก่เกษตรกรค่อนข้างสูง และการผลิตเมล็ดพันธุ์เพื่อการส่งออกในอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์แตงกวาจัดอยู่ในกลุ่มเมล็ดพันธุ์พืชมูลค่าสูง จึงมีปริมาณการส่งออกสูงถึง 64 ตัน คิดเป็นมูลค่า 291.49 ล้านบาท (สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์, 2560) อย่างไรก็ตาม อุตสาหกรรมการผลิตเมล็ดพันธุ์แตงกวาในทางการค้าต้องมีคุณภาพตามมาตรฐานทั้งความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ แต่การผลิตเมล็ดพันธุ์แตงกวายังคงประสบปัญหาที่สำคัญคือ เมล็ดพันธุ์มีความงอกไม่สม่ำเสมอ มีความแข็งแรงของเมล็ดต่ำ และเมล็ดมีการเสื่อมคุณภาพเร็ว อันเนื่องมาจากระบบการผลิตหรือจากระบบการหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดจนปัญหาจากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกษตรกรหรือบริษัทผู้ผลิตแตงกวาได้ผลกระทบตั้งแต่กระบวนการเพาะต้นกล้า

ปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ และประสบความสำเร็จแล้วในพืชหลายชนิด หนึ่งในวิธีการที่ได้รับความนิยมคือการยกระดับเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ (seed coating) โดยข้อดีของการเคลือบเมล็ดพันธุ์คือ สามารถนำพาสารออกฤทธิ์ที่มีความจำเป็นต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชให้ติดไปกับเมล็ดพันธุ์ด้วยอัตราส่วนที่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งฮอร์โมนพืช (บุญมี, 2558; Defang et al., 2010; Mehrabi and Chaichi, 2011) เนื่องจากฮอร์โมนพืชเป็นสารออกฤทธิ์

ที่สามารถควบคุมและส่งเสริมการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชได้ ยกตัวอย่างเช่น ช่วยเร่งอัตราการงอก การงอกราก และการยืดยาวของรากและลำต้นพืชได้ (Qing, 2006) และในส่วนของกระบวนการงอกของเมล็ด มีการแนะนำให้ใช้ฮอร์โมนในกลุ่มออกซิน ซึ่งมีบทบาทสำคัญเพื่อการกระตุ้นการเจริญเติบโต และพัฒนาการของพืช เพราะมีผลเกี่ยวกับการเจริญของลำต้นและราก เช่น Indole-3-butyric acid (IBA) เป็นฮอร์โมนที่มีบทบาทในการควบคุมการพัฒนาของต้นอ่อนของพืช โดยที่ IBA จะช่วยให้เมล็ดงอกเร็วขึ้นและต้นอ่อนจะมีพัฒนาการได้เร็ว (Scarborough and Thompson, 2004) ส่วน Gibberellins พบมากที่สุดในทางการค้าคือ GA₃ มีวัตถุประสงค์การใช้เพื่อเพิ่มความยาวของต้นพืชหรือเพื่อเพิ่มผลผลิตของพืช (Kumlay and Eryigit, 2011) นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมการเจริญเติบโตทางด้านการขยายขนาดและการยืดตัวของเซลล์ และกระบวนการงอกของเมล็ดได้ โดยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ α -amylase ในกระบวนการย่อยสลายแป้งให้เป็นน้ำตาลสำหรับเอ็มบริโอใช้ในการเจริญเติบโตของการแทงราก และยอดในการงอกของเมล็ดพันธุ์ (Appleford and Lenton, 1997; Yamaguchi, 2008) รวมถึงสามารถแก้การพักตัวของเมล็ดพันธุ์ได้ (Gubler et al., 2008; Seo et al., 2009) จากคุณสมบัติดังกล่าว Qing (2006) พบว่าเมื่อเคลือบเมล็ดพันธุ์แตงกวาด้วย GA₃ อัตรา 193 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้เมล็ดแตงมีความงอกเพิ่มขึ้นจากเดิม

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพความงอก และการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์แตงกวาลูกผสมหลังการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับฮอร์โมนพืชผสม

วิธีการศึกษา

การเตรียมสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับฮอร์โมนพืช

เตรียมสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง ($25 \pm 1^\circ\text{C}$) โดยใช้ Polyvinylpyrrolidone (PVP-K90) ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับฮอร์โมนพืช 4 ชนิดในสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ คือ Gibberellic acid (GA_3), Indole-3-acetic acid (IAA), Indole-3-butyric acid (IBA) และ Alpha-naphthalene acetic acid (NAA) โดยแบ่งวิธีการเตรียมสารเคลือบร่วมกับฮอร์โมนพืชได้ 7 สูตร คือ สารเคลือบ+ GA_3 อัตรา 4% (1), สารเคลือบ+IAA อัตรา 1.5% (2), สารเคลือบ+IBA อัตรา 0.1% (3), สารเคลือบ+NAA อัตรา 0.1% (4), สารเคลือบ+ GA_3 4% ผสม IAA 1.5% (7), สารเคลือบ+ GA_3 4% ผสม IBA 0.1% (8) และ สารเคลือบ+ GA_3 4% ผสม NAA 0.1% (9)

การเคลือบเมล็ดพันธุ์แต่งภา

นำสารเคลือบที่เตรียมขึ้นจากหัวข้อที่ 1 มาเคลือบลงบนผิวของเมล็ดพันธุ์แต่งภาด้วยอัตราส่วน 100 มิลลิกรัม/เมล็ด 1 กิโลกรัม โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 9 กรรมวิธีคือ เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เคลือบ (1), เคลือบเมล็ดพันธุ์โดยปราศจากฮอร์โมนพืช (2), การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ GA_3 , IAA, IBA, NAA อัตรา 4%, 1.5%, 0.1%, 0.1% (3, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ), การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ GA_3 4% ผสม IAA 1.5% (7), GA_3 4% ผสม IBA 0.1% (8) และ GA_3 4% ผสม NAA 0.1% (9) โดยใช้เครื่องเคลือบระบบจานหมุน รุ่น SKK10 จากนั้นนำมาลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นระบบลมแห้ง SKK09 ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสจนเมล็ดพันธุ์มี

ความชื้นเท่ากับค่าความชื้นเมล็ดพันธุ์ก่อนการเคลือบ (6%)

การตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์หลังการเคลือบ

1. ความงอกของเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ

สุมนับเมล็ดพันธุ์แต่งภาลูกผสมเฉพาะด้วยวิธี between paper 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด จากนั้นนำไปไว้ในตู้เพาะที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และประเมินความงอกครั้งแรก (first count) หลังจากเพาะได้ 4 วัน และนับครั้งสุดท้าย (final count) หลังเพาะได้ 8 วัน ตรวจนับต้นกล้าที่งอกปกติ แล้วนำมาคำนวณความงอกของเมล็ดพันธุ์ (%) (ISTA, 2013)

2. ความงอกของเมล็ดพันธุ์ในสภาพเรือนทดลอง

สุมนับเมล็ดพันธุ์แต่งภาลูกผสมเฉพาะในภาชนะที่มีพีทมอส (peat moss) เป็นวัสดุเพาะ 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด ให้น้ำ 2 ครั้งต่อวัน และประเมินความงอกหลังเพาะเมล็ดครั้งแรก (first count) หลังเพาะ 4 วัน และนับครั้งสุดท้าย (final count) หลังเพาะ 8 วัน ตรวจนับต้นกล้าที่งอกปกติ และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความงอกเช่นเดียวกันกับหัวข้อ 3.1

3. ความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง

ตรวจสอบตามกฎ ISTA (2013) ตรวจนับจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติและจำนวนวันที่เริ่มเพาะ (first count) จนถึงวันสุดท้าย (final count) แล้วนำผลการนับมาคำนวณหาความเร็วในการงอกตามหลักสากลจากสูตร

$$\text{ความเร็วในการงอก} = \frac{\text{จ.น. ต้นกล้าปกติ 4 วันหลังเพาะ}}{\text{จ.น. วันที่นับครั้งแรก (4 วัน)}} + \dots + \frac{\text{จ.น. ต้นกล้าปกติ 8 วันหลังเพาะ}}{\text{จ.น. วันที่นับครั้งสุดท้าย (8 วัน)}}$$

4. การตรวจสอบความยาวรากและความยาวต้น

ตรวจสอบต้นกล้าหลังการประเมินความงอกวันที่ 8 หลังวันเพาะ ทั้งหมด 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น จากนั้นนำมาวัดความยาวต้นและความยาวราก (เซนติเมตร)

การตรวจสอบน้ำหนักแห้งของต้นกล้า

ในสภาพห้องปฏิบัติการตรวจสอบน้ำหนักแห้งโดยสุ่มเลือกต้นกล้าอายุ 8 วันหลังเพาะ ทำโดยกรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น ซึ่งน้ำหนักสด ส่วนการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง สุ่มตัดส่วนลำต้นติดกับวัสดุปลูก

ที่อายุต้นกล้า 8 วันหลังเพาะ ทำโดยกรรมวิธีละ 4 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น ซึ่งนำหนัสดจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนด นำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาผลของการเคลือบเมล็ดต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์แตงกวา ตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แปลงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี Arcsine transformation และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกรรมวิธีการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มของกรรมวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธี orthogonal contrasts

ผลการศึกษาและวิจารณ์

คุณภาพความงอกและความเร็วในการงอกหลังการเคลือบเมล็ดพันธุ์แตงกวาร่วมกับฮอร์โมนพืช

การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า การเคลือบเมล็ดพันธุ์ทุกกรรมวิธี

เปอร์เซ็นต์ความงอกไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ไม่เคลือบ แต่เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ทุกกรรมวิธีมีความงอกสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่เคลือบ แต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับการเคลือบเมล็ดพันธุ์โดยไม่ใช้ฮอร์โมนพืช (Table 1) เมื่อพิจารณาความเร็วในการงอกพบว่า การเคลือบเมล็ดร่วมกับฮอร์โมนพืชทุกกรรมวิธี และการเคลือบเมล็ดด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียวมีความเร็วในการงอกสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ไม่เคลือบทั้ง 2 สภาพการตรวจสอบโดยในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ GA₃ ความเข้มข้น 4% และ IAA ความเข้มข้น 1.5% มีความเร็วในการงอกดีที่สุดและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ ส่วนในสภาพเรือนทดลองพบว่า การเคลือบเมล็ดร่วมกับฮอร์โมนพืชทุกกรรมวิธีมีความเร็วในการงอกดีกว่าเมล็ดไม่เคลือบอย่างชัดเจน และการเคลือบเมล็ดโดยปราศจากฮอร์โมนพืชมีความเร็วในการงอกลดลงเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดเคลือบร่วมกับฮอร์โมนพืชทุกกรรมวิธี (Table 1)

Table 1 Germination and speed of germination of coated cucumber seeds with different plant hormones tested under laboratory and greenhouse conditions

Treatments	Germination ^{1/} (%)		Speed of germination (plants/day)	
	Laboratory	Greenhouse	Laboratory	Greenhouse
Uncoated seed	93	82 ^b	21.39 ^c	19.38 ^c
Coated seed with polymer	94	88 ^a	22.22 ^b	21.35 ^{ab}
Coated seed with GA ₃ 4 %	96	90 ^a	23.39 ^a	21.52 ^{ab}
Coated seed with IAA 1.5 %	96	91 ^a	23.33 ^a	22.67 ^a
Coated seed with IBA 0.1 %	94	91 ^a	22.50 ^{a-c}	22.69 ^a
Coated seed with NAA 0.1 %	99	90 ^a	22.69 ^{ab}	22.00 ^a
Coated seed with GA ₃ 4 % mixed IAA 1.5 %	97	93 ^a	22.27 ^{a-c}	23.13 ^a
Coated seed with GA ₃ 4 % mixed IBA 0.1 %	98	92 ^a	22.71 ^{ab}	22.87 ^a
Coated seed with GA ₃ 4 % mixed NAA 0.1 %	95	92 ^a	22.18 ^{a-c}	22.93 ^a
F-test	ns	**	*	**
C.V. (%)	3.35	3.11	2.85	3.03

ns, *, ** = ns: non significantly, *: significantly different at P<0.05, **: significantly different at P<0.01, respectively.

Means within a columns with different letters are significantly different (P ≤ 0.05) according to DMRT

1/ Data are transformation by the arcsine before statistical analysis.

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มของเมล็ดพันธุ์ไม่เคลือบกับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบทุกวิธีการพบว่า ในสภาพห้องปฏิบัติการเปอร์เซ็นต์ความงอกไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แต่จะพบความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบความเร็วในการงอกทั้ง 2 สภาพการตรวจสอบ ส่วนในสภาพเรือนทดลองการเคลือบเมล็ดพันธุ์ทุกกรรมวิธีมีความงอกมากกว่าเมล็ดไม่

เคลือบอย่างชัดเจน ส่วนการเปรียบเทียบการเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยฮอร์โมนเดียว กับการเคลือบกับเมล็ดพันธุ์ด้วยฮอร์โมนผสมพบว่าในสภาพห้องปฏิบัติการมีความงอกไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แต่เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า การเคลือบฮอร์โมนผสมมีแนวโน้มของความงอกดีมากกว่าการเคลือบเมล็ดด้วยฮอร์โมนชนิดเดียว (Table 2)

Table 2 Comparison by orthogonal contrast of seed quality of hybrid cucumber seed coated with difference plant hormones tested under laboratory and greenhouse conditions

Treatments ^{1/}	Germination (%)		Speed of germination (plants/day)	
	Laboratory	Greenhouse	Laboratory	Greenhouse
1 vs 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	ns	**	**	**
2 vs 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	ns	**	ns	**
3, 4, 5, 6 vs 7, 8, 9	ns	**	**	**
3 vs 4 vs 5 vs 6	ns	**	**	**
7 vs 8 vs 9	ns	*	**	**
3 vs 7, 8, 9	ns	**	**	**

ns, *, ** = ns: non significantly, *: significantly different at $P < 0.05$, **: significantly different at $P < 0.01$, respectively.

Means within a columns with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) according to Orthogonal contrasts

^{1/1}: Uncoated seed, 2: Coated seed with polymer, 3: Coated seed with GA₃ 4%, 4: Coated seed with IAA 1.5%, 5: Coated seed with IBA 0.1%, 6: Coated seed with NAA 0.1%, 7: Coated seed with GA₃ 4% mixed IAA 1.5%, 8: Coated seed with GA₃ 4% mixed IBA 0.1%, 9: Coated seed with GA₃ 4% mixed NAA 0.1%

เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มของการเคลือบเมล็ดด้วยฮอร์โมนเดียวด้วยชนิดและอัตราแตกต่างกันพบว่า ในสภาพเรือนทดลอง การเคลือบเมล็ดด้วย IAA 1.5%, IBA 0.1% และ NAA 0.1% มีแนวโน้มของความงอกและความเร็วในการงอกดีมากกว่าการเคลือบเมล็ดด้วย GA₃ 4% และแตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนการเปรียบเทียบกลุ่มของการเคลือบเมล็ดด้วยฮอร์โมนผสมด้วยชนิดและอัตราแตกต่างกันพบว่า เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง การเคลือบเมล็ดด้วย GA₃ 4% + IAA 1.5% มีความงอกและความเร็วในการงอกสูงที่สุด และการเปรียบเทียบกลุ่มของการเคลือบเมล็ดด้วย GA₃ เพียงอย่างเดียว กับการใช้ GA₃ ผสมร่วมกับฮอร์โมนชนิดอื่นๆ มีผลชัดเจนหลังการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองว่าการใช้ฮอร์โมน GA₃ ผสมรวมกับฮอร์โมนพืชชนิดอื่นๆ มีความงอกและความเร็วในการ

งอกมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเคลือบเมล็ดโดยใช้ GA₃ เพียงอย่างเดียว

ฮอร์โมนพืชเป็นกลุ่มของสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และกลุ่มสารสังเคราะห์ ซึ่งมีอิทธิพลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชเพื่อช่วยกระตุ้นหรือส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในรูปแบบแตกต่างกัน (Davies, 2010) โดยจากการทดลองนี้ได้คัดเลือกกลุ่มของฮอร์โมนพืชที่มีผลต่อความงอก และช่วยพัฒนาการเจริญเติบโตของต้นกล้า (Cleland, 1995; Bialek et al., 1992) ซึ่งจากผลการทดลองเห็นได้ชัดว่า การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับฮอร์โมนทุกชนิดมีแนวโน้มกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ได้ดีเพิ่มขึ้นจากเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบร่วมกับฮอร์โมนพืช โดยการเคลือบเมล็ดร่วมกับฮอร์โมนเดี่ยวคือ IAA IBA และ NAA ชัดเจนว่าเป็นฮอร์โมนที่มีผลต่อการยกระดับ

คุณภาพเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น ซึ่ง Indole-3-acetic acid (IAA) มีผลช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ด (Ahmad et al., 2001; Hentrich et al., 2013; Mohammad and Smith, 2014) และส่งเสริมกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์เพิ่มสูงขึ้น (Hirasawa, 1989, Ahmad and Hayat, 1999) ยกตัวอย่างจากการรายงานของ Thornalley (1990) พบว่า ในการงอกของเมล็ดถั่วลิสง มีกิจกรรมของเอนไซม์ glyoxalase ถูกควบคุมโดยฮอร์โมนพืช IAA ส่งผลให้เซลล์มีการพัฒนาและการเจริญเติบโต เนื่องจาก IAA ส่งเสริมการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของรากด้านข้างทำให้พื้นที่ผิวบนรากเพิ่มขึ้นนำไปสู่ความสามารถดูดซับน้ำและธาตุอาหารได้เพิ่มขึ้น (Magidin et al., 2003; Liphadzi et al., 2006) ส่วน Indole-3-butyric acid (IBA) มีส่วนสำคัญช่วยส่งเสริมการงอกเพื่อให้ต้นกล้ามีพัฒนาการการเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์และการทดลองของ Pandit et al. (2011) พบว่าการใช้ฮอร์โมน IBA อัตรา 3,000 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ต้นกล้าแอปเปิ้ลมีความยาวรากและจำนวนต้นกล้าสูงที่สุดเช่น การทดลองของ Jennifer and Thompson (2004) พบว่าการแช่เมล็ดถั่วด้วย IBA ทำให้เมล็ดพันธุ์งอกได้เร็วขึ้นกว่าเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำเปล่า และจากการตอบสนองของ NAA หลังการเคลือบร่วมกับเมล็ดยังคงพบว่ามีความงอกเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่เคลือบ เพราะ NAA ส่วนใหญ่มีบทบาทช่วยกระตุ้นการงอกราก แต่ยังไม่มียารายงานที่ชัดเจนเกี่ยวกับการส่งเสริมการงอกของเมล็ดพันธุ์ อย่างไรก็ตาม การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ NAA ไม่มีผลต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ต่ำกว่าส่วน Gibberellins (GA) มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มคุณภาพความงอกของเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืช โดย GA มีบทบาทสำคัญต่อการทำลายการพักตัวของเมล็ด การขยายตัวของเซลล์เอมบีไอ และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดเพื่อกระตุ้นการงอก (Iglesias and Babiano, 1997; Liu et al., 2005; Hentrich et al., 2013) โดยเฉพาะ α -amylase (Davies, 2010) ยกตัวอย่างเช่นการทดลองของ Reza et al. (2015) พบว่าหลังจากการแช่เมล็ดพันธุ์ *Rheum*

khorsanicum ร่วมกับ GA_3 อัตรา 500 ppm ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด (81%) และพบว่า การใช้ GA_3 สามารถส่งเสริมความงอกของเมล็ด และเพิ่มความยาวราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากในข้าวสาลี (Turkyilmaz, 2012) นอกจากนี้พบว่า การเคลือบเมล็ดร่วมกับฮอร์โมนพืชผสม ไม่มีผลขัดขวางต่อกระบวนการงอกของเมล็ด และมีแนวโน้มช่วยส่งเสริมกันและกันเพื่อช่วยยกระดับคุณภาพความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ได้

คุณภาพการเจริญเติบโตของต้นกล้าหลังการเคลือบเมล็ดพันธุ์แต่งการร่วมกับฮอร์โมนพืช

การตรวจสอบความยาวรากในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย GA_3 4% + IBA 0.1% มีความยาวรากดีที่สุดและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่เคลือบและการเคลือบเมล็ดด้วยวิธีการอื่นๆ ส่วนการตรวจสอบความยาวต้นพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย GA_3 4% + NAA 0.1% มีความยาวต้นมากกว่าและแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่เคลือบ และการเคลือบเมล็ดด้วยฮอร์โมนผสมวิธีการอื่นๆ มีความยาวต้นดีมากกว่าและแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดเคลือบเมล็ดด้วยฮอร์โมนเดี่ยวและเมล็ดไม่เคลือบ จากการตรวจสอบน้ำหนักแห้งของต้นกล้าพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย NAA, GA_3 และ IAA มีน้ำหนักแห้งต้นกล้า คือ 0.190, 0.187 และ 0.187 กรัม ตามลำดับ มากกว่าการเคลือบเมล็ดด้วยวิธีการอื่นๆ ส่วนการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย GA_3 4% + NAA 0.1% มีความยาวต้นสูงที่สุดคือ 10.9 เซนติเมตร รองลงมาคือการเคลือบเมล็ดด้วย GA_3 4% + IAA 1.5 % มีความยาวต้น 10.2 เซนติเมตร และแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดเคลือบเมล็ดด้วยฮอร์โมนเพียงอย่างเดียว การเคลือบด้วยพอลิเมอร์ และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่เคลือบ เมื่อตรวจสอบน้ำหนักแห้งพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย GA_3 4%, IAA 1.5% และ GA_3 4% + NAA 0.1% มีน้ำหนักแห้งต้นดีที่สุดและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ

Table 3 Seedling growths of coated cucumber seeds with different plant hormones tested under laboratory and greenhouse conditions

Treatments	Laboratory condition			Greenhouse condition	
	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Seedling dry weight (g)	Shoot length (cm)	Shoot dry weight (g)
Uncoated seed	7.2 ^e	8.9 ^c	0.180 ^{ab}	7.0 ^c	0.390 ^c
Coated seed with polymer	7.9 ^{de}	9.2	0.170 ^{bc}	7.2 ^c	0.420 ^b
Coated seed with GA ₃ 4 %	7.5 ^e	10.1 ^{bc}	0.187 ^a	7.2 ^c	0.467 ^a
Coated seed with IAA 1.5 %	8.7 ^{cd}	9.0 ^c	0.187 ^a	7.1 ^c	0.440 ^a
Coated seed with IBA 0.1 %	9.3 ^c	9.8 ^{bc}	0.177 ^{ab}	7.8 ^c	0.427 ^b
Coated seed with NAA 0.1 %	6.9 ^e	9.5 ^c	0.190 ^a	7.3 ^c	0.433 ^b
Coated seed with GA ₃ 4 % mixed IAA 1.5 %	10.5 ^b	10.9 ^{ab}	0.183 ^{ab}	10.2 ^b	0.420 ^b
Coated seed with GA ₃ 4 % mixed IBA 0.1 %	12.8 ^a	10.9 ^{ab}	0.183 ^{ab}	9.6 ^b	0.427 ^b
Coated seed with GA ₃ 4 % mixed NAA 0.1 %	10.6 ^b	11.5 ^a	0.177 ^b	10.9 ^a	0.467 ^a
F-test	**	**	*	**	**
CV. (%)	6.83	6.26	4.93	7.14	12.63

*,** = *: significantly different at P<0.05, **: significantly different at P<0.01, respectively.

Means within a columns with different letters are significantly different (P≤ 0.05) according to DMRT

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มของเมล็ดพันธุ์ไม่เคลือบกับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบทุกวิธีการพบว่า เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการการเคลือบเมล็ดพันธุ์ทุกวิธีการมีความยาวรากมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างกันของความยาวต้นและน้ำหนักแห้งต้นกล้าส่วนในสภาพเรือนทดลองพบว่า การเคลือบเมล็ดทุกวิธีการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเคลือบเมล็ดร่วมกับ

ฮอร์โมนพืช มีความยาวต้น และน้ำหนักแห้งต้นกล้ามีความแตกต่างกับเมล็ดไม่เคลือบอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยพอลิเมอร์ กับการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับฮอร์โมนทุกวิธีการพบว่าในสภาพห้องปฏิบัติการการเคลือบเมล็ดด้วยฮอร์โมนพืชทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของความยาวรากและความยาวต้นกล้าปกติมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติ

Table 4 Comparison by orthogonal contrast of seedling quality of hybrid cucumber seed coated with difference plant hormones tested under laboratory and greenhouse conditions

Treatments ^{1/}	Laboratory condition			Greenhouse condition	
	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Seedling dry weight (g)	Shoot length (cm)	Shoot dry weight (g)
1 vs 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	**	ns	ns	**	**
2 vs 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	**	*	ns	**	ns
3, 4, 5, 6 vs 7, 8, 9	*	ns	ns	ns	**
3 vs 4 vs 5 vs 6	ns	ns	ns	ns	**
7 vs 8 vs 9	ns	ns	ns	ns	**
3 vs 7, 8, 9	ns	ns	ns	ns	**

ns, **, * = ns: non significantly, *: significantly different at P<0.05, **: significantly different at P<0.01, respectively.

^{1/1}: 1: Uncoated seed, 2: Coated seed with polymer, 3: Coated seed with GA₃ 4%, 4: Coated seed with IAA 1.5%, 5: Coated seed with IBA 0.1%, 6: Coated seed with NAA 0.1%, 7: Coated seed with GA₃ 4% mixed IAA 1.5%, 8: Coated seed with GA₃ 4% mixed IBA 0.1%, 9: Coated seed with GA₃ 4% mixed NAA 0.1%

เมื่อเปรียบเทียบกับผลการเคลือบเมล็ดด้วยพอลิเมอร์เพียงอย่างเดียวกับกลุ่มของการเคลือบเมล็ดด้วยฮอร์โมนชนิดเดียวและการเคลือบเมล็ดด้วยฮอร์โมนผสมพบว่า ในสภาพห้องปฏิบัติการ ความยาวรากมีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างกันของความยาวต้น และน้ำหนักแห้งต้นกล้าเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่าความสูงต้นไม่แตกต่างกันแต่จะพบความแตกต่างกันของน้ำหนักแห้งต้นกล้า โดยฮอร์โมนเดี่ยวมีแนวโน้มของน้ำหนักแห้งต้นกล้ามากกว่าการเคลือบเมล็ดด้วยฮอร์โมนผสม ส่วนการเปรียบเทียบกลุ่มของการเคลือบเมล็ดด้วยฮอร์โมนเดี่ยว ด้วยชนิดและอัตราแตกต่างกัน และการเปรียบเทียบกลุ่มของการเคลือบเมล็ดด้วยฮอร์โมนผสมด้วยชนิดและอัตราแตกต่างกัน พบว่าเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการความยาวราก ความยาวต้น และน้ำหนักแห้งต้นกล้าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า น้ำหนักแห้งต้นมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ทั้งการเปรียบเทียบกลุ่มของการเคลือบเมล็ดด้วยฮอร์โมนเดี่ยว และการเปรียบเทียบการเคลือบเมล็ดด้วยฮอร์โมนผสม

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของต้นกล้าแดงกว่าแสดงให้เห็นว่า การเคลือบเมล็ดร่วมกับฮอร์โมนผสมมีการตอบสนองของความยาวรากและความยาวต้นในสภาพห้องปฏิบัติการ และความยาวต้นเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองอย่างชัดเจน ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าบทบาทหน้าที่ของฮอร์โมนต่างชนิดสามารถเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ได้และมีผลต่อการส่งเสริมพัฒนาการการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้เนื่องจากฮอร์โมนพืชที่เลือกใช้ในการทดลองนี้เป็นกลุ่มของออกซินซึ่งโดยปกติเป็นฮอร์โมนที่มีความจำเป็นต่อพืชเพื่อใช้ในการกระบวนการเจริญเติบโต (Woodward and Bartel, 2005; Vanneste and Friml, 2009) และจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเคลือบเมล็ดร่วมกับฮอร์โมนผสมต้นกล้าสามารถนำฮอร์โมนไปใช้ได้ทันทีในกระบวนการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืช (บุญมี, 2558) (Table 3) โดยอิทธิพลของ IAA มีผล

ต่อการส่งเสริมการยืดตัวของเซลล์ และการงอกรากของต้นกล้าได้ (Zhao, 2010) เช่นการศึกษาของ Ivanchenko et al. (2010) พบว่า ฮอร์โมน IAA มีผลกระตุ้นการเจริญเติบโตของ *Arabidopsis thaliana* ส่งผลทำให้รากของต้นกล้ายาวเพิ่มขึ้น 12.5 nM เมื่อเปรียบเทียบกับต้นกล้าที่ไม่ได้ใช้ฮอร์โมน ต่อมา Maku et al. (2014) พบว่าต้นกล้า *Tetrapleura tetraptera* (Thaub) เมื่อได้รับฮอร์โมน IAA ความเข้มข้น 0.02 กรัม/มิลลิลิตร มีผลต่อการยืดขยายของลำต้นดีมากกว่าต้นกล้าที่ไม่ได้รับฮอร์โมน

ส่วนฮอร์โมน IBA เห็นได้ชัดจากผลการทดลองโดยสามารถทำงานร่วมกับ GA_3 ได้เป็นอย่างดี จึงส่งผลทำให้ความยาวรากของแดงกว่าดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกวิธีการทดลอง (Table 3) โดย IBA มีรายงานมานานมากกว่า 30 ปี ที่มีผลส่งเสริมต่อการยืดขยายและการเพิ่มจำนวนราก (Tremblay et al., 1986) และจากการรายงานของ Jennifer and Thompson (2004) พบว่า การแช่เมล็ดด้วย IBA มีผลต่อการงอกของเมล็ดได้เร็วขึ้น มากกว่าการแช่เมล็ดน้ำเปล่า นอกจากนี้บทบาทหน้าที่ของ GA_3 พบว่า มีผลกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดเพื่อควบคุมการแบ่งเซลล์ และกระตุ้นการเจริญเติบโตของลำต้น ขนาดของใบ และขนาดของรากในต้นกล้า (Davies, 2010; Martinez et al., 2016) และ Sevik and Guney (2013) พบว่า การแช่เมล็ดสระแทนใน GA_3 ด้วยความเข้มข้น 5,000 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งหลังปลูกมีผลทำให้ความยาวของต้นสูงเพิ่มขึ้นจากเดิมที่ไม่ได้แช่เมล็ดด้วยฮอร์โมน 74% ส่วน NAA จากการทดลองแสดงให้เห็นว่ามีผลต่อความยาวต้นและความยาวรากในต้นกล้าแดงกว่าเมล็ดไม่ได้เคลือบร่วมกับฮอร์โมนอย่างชัดเจน (Table 3) โดยบทบาทที่สำคัญของ NAA คือกระตุ้นการเกิดรากของต้นกล้าพืชได้ดี และเมื่อถูกเคลือบร่วมกับ GA_3 ซึ่งมีความสำคัญต่อการกระตุ้นการยืดขยายของเซลล์ จึงทำให้ต้นกล้าที่ผ่านการเคลือบด้วย GA_3 และ NAA มีแนวโน้มของความยาวต้นและรากมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

สรุป

การศึกษากาการเคลือบเมล็ดพันธุ์แต่งกวลูกผสมด้วยฮอร์โมนพืชผสมทั้ง 4 ชนิดในความเข้มข้นที่เหมาะสมเพื่อตรวจสอบคุณภาพความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าแต่งกวลูกผสมว่า เมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยฮอร์โมนพืชทำให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพความงอกความเร็วในการงอก และความยาวของต้นกล้าดีกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบโดยไม่ใช้ฮอร์โมนพืช และเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยฮอร์โมนพืชผสมทำให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพความงอกและความเร็วในการงอกดีกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยฮอร์โมนพืชชนิดเดียวส่วนเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยฮอร์โมนพืชผสมทั้งสามกรรมวิธีทำให้เมล็ดพันธุ์มีความเร็วในการงอกดีกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบร่วมกับฮอร์โมนพืช GA₃ ชนิดเดียว และเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบร่วมกับฮอร์โมนพืช GA₃ ผสมกับฮอร์โมนพืช IBA มีความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์สูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบร่วมกับฮอร์โมนพืชผสม GA₃ ผสมกับ IAA และ GA₃ ผสมกับ NAA

เอกสารอ้างอิง

- บุญมีศิริ. 2558.การปรับปรุงสภาพและการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์. คลังนานาวิทยา, ขอนแก่น.
- สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์. 2560. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเมล็ดพันธุ์ควบคุมประจำปี 2559. แหล่งข้อมูล <https://goo.gl/SytTpo>. ค้นเมื่อ 1 มีนาคม 2560.
- Ahmad, A., and S. Hayat. 1999. Response of nitrate reductase to substituted IAA in pea seedlings in Srivastava. pp. 252–259. In: G.C., Singh, K., Pal, M. (Eds.), Plant physiology for sustainable agriculture, Pointer Publisher, Jaipur, India.
- Ahmad, A., O.S., Hayat, Q., Fariduddin, and S. Alvi. 2001. Germination and α -amylase activity in the grains of wheat, treated with chloroindole acetic acids. Seed Technol. 23: 88-91.
- Appleford, N.E.J., and J.R.Lenton. 1997. Hormonal regulation of α -amylase gene expression in germinating wheat (*Triticum aestivum*) grains. Physiol Plant. 100: 534–542.
- Bialek I., L. Michalczuk, and J.D. Cohen. 1992. Auxin biosynthesis during seed germination in *Phaseolus vulgaris*. Plant Physiol. 100: 509-517.
- Cleland, R.E. 1995. Auxin and cell elongation. pp.214-227. In: P.J. Davies, ed. Plant Hormones. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- Davies, P.J. 2010. Plant hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action. Springer Dordrecht Heidelberg London, New York.
- Defang, Z., M. Xiang, and W. Juanjuan. 2010. Effects of an environmentally friendly seed coating agent on combating head smut of corn caused by *Sphacelotheca reiliana* and corn growth, Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development. 2: 108-112.
- Gubler, F., T. Hughes, P. Waterhouse, and J. Jacobsen. 2008. Regulation of dormancy in barley by blue light and after-ripening: effects on abscisic acid and gibberellins metabolism. Plant Physiol. 147: 886–896.
- Hentrich, M., C. Boettcher, and P. Duchting. 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.
- Hirasawa, E. 1989. Auxins induce α -amylase activity in pea cotyledons. Plant Physiol. 91: 484-486.
- ISTA. 2013. International Rules for Seed testing. Seed Science and technology. Glattbrugg, Switzerland.
- Jennifer, S., and M. Thompson. 2004. Do rooting hormones affect the germination rate of seeds. California state science fair 2004 project summary.
- Kumlay, A.M., and T. Eryigit. 2011. Growth and development regulators in plants: plant hormones. Igdir University Journal of the Institute of Science and Technology. 1: 47–56.
- Liphadzi, M.S., M.B. Kirkham, and G.M. Paulsen. 2006. Auxin enhanced root growth for phytoremediation of sewage sludge amended soil. Environmental Technology. 27: 695-704.
- Liu P.P., N. Koizuka, T.M. Homrichhausen, J.R. Hewitt, R.C. Martin, and H. Nonogaki. 2005. Large-scale screening of Arabidopsis enhancer-trap lines for seed germination-associated genes. Plant J. 41: 936-944.

- Iglesias, R.G., and M.J. Babiano. 1997. Endogenous abscisic acid during the germination of chick-pea seed. *Physiologia Plantarum*. 100: 500–504.
- Ivanenko, M.G., S. Napsucialy-Mendivil, and J.G. Dubrovsky. 2010. Auxin-induced inhibition of lateral root initiation contributes to root system shaping in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Journal*. 64: 740–752.
- Maku, J., O.A.E.Gbadamosi, and S.A. Oke. 2014. Effect of some growth hormones on seed germination and seedling growth of *tetrapleura tetraptera* (Thaub). *International Journal of Plant Research*. 4: 36-42.
- Magidin, M., J.K. Pittman, K.D. Hirschi, and B. Bartel. 2003. ILR2: a novel gene regulating IAA conjugate sensitivity and metal transport in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal*. 35: 523-534.
- Martinez J.L., D. Petranovic, and J. Nielsen. 2016. Heme metabolism in stress regulation and protein production: From Cinderella to a key player. *Bioengineered*. 7: 112-115.
- Mehrabi, H.R. and M.R. Chaichi. 2011. Effect of seed coating methods on germination speed of *Onobrychis sativa* at different drought stress levels and sowing depths seed coating technologies and treatments for onion: Challenges and Progress, *International Conference on Biology, Environment and Chemistry*. 24: 246–249.
- Mohammad, M., and D.L. Smith. 2014. Plant hormones and seed germination. *Environmental and experimental botany*. 99: 110-121.
- Pandit, A.H., K.M. Bhat, M.S.Wani, and M.A. Mir. 2011. Effect of IBA on cuttings of MM 106 and MM 111 apple rootstocks. *ActaHorticulturae*. 903: 431-433.
- Qing, Y.W. 2006. Effects of GA₃, 6-BA and 2, 4-D Applied in Cucumber Seed Film Coating (Abstract). Available: <https://goo.gl/UdnoN6>. Accessed May 1, 2017.
- Reza, D., M.R. Hassandokht, and V. Nazeri. 2015. Effects of moist stratification, GA₃ and seed age on seed germination of *Rheum khorasanicum* B. Baradaran & A. Jafari. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 2: 168-173.
- Scarborough, J., and M. Thompson. 2004. Do rooting hormones affect the germination rate of seed. California state science fair 2004 project summary.
- Seo, M., E. Nambara, G. Choi, and S. Yamaguchi. 2009. Interaction of light and hormone signals in germinating seeds. *Plant Mol. Biol.* 69: 463–472.
- Sevik, H., and K. Guney. 2013. Effects of IAA, IBA, NAA, and GA₃ on Rooting and Morphological Features of *Melissa officinalis* L. Stem Cuttings. *The Scientific World Journal Volume*; Article ID 909507.
- Thornalley, P.J. 1990. The glyoxalase system: new developments towards functional characterization of a metabolic pathway fundamental to biological life *Biochem. J.* 269: 1–11.
- Tremblay, F.M., and M. Lalonde. 1984. Requirements for in vitro propagation of seven nitrogen-fixing *Alnus* species. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 3: 189-199.
- Turkylmaz, B. 2012. Effects of salicylic and gibberellic acids on wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. *Bangladesh J. Bot.* 41: 29-34.
- Vanneste, S., and J. Friml. 2009. Auxin: a trigger for change in plant development. *Cell*. 136: 1005–1016.
- Woodward, A.W., and B. Bartel. 2005. Auxin: regulation, action, and interaction. *Ann Bot.* 95: 707–735.
- Yamaguchi, S. 2008. Gibberellin metabolism and its regulation. *Annu Rev Plant Biol.* 59: 225–251.
- Zhao, Y. 2010. Auxin biosynthesis and its role in plant development. *Annu Rev. Plant Biol.* 61: 49–64.