

ผลของ KNO_3 และ GA_3 ต่อการทำลายการพักตัวของเมล็ดกระชับ (*Xanthium strumarium* L.)Effects of KNO_3 and GA_3 on Breaking Dormancy of Cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) Seedsกานต์ติมา ธีรางกูร¹ พิจิตรา แก้วสอน¹ และทศไนย จารุวัฒนพันธ์¹
Kantima Teerangkul¹, Pichitra Kaewsorn¹ and Tassanai Jaruwattanaphan¹

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาวิธีทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์กระชับด้วยสารละลาย KNO_3 และ GA_3 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เพื่อให้เมล็ดมีความงอกสูงขึ้น โดยทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษซับที่มีน้ำหรือสารละลายชนิดต่าง ๆ เป็นวัสดุที่ให้ความชื้น เป็นเวลา 21 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 5 ทรีตเมนต์ จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 25 เมล็ด ได้แก่ น้ำ reverse osmosis (RO) (ชุดควบคุม) สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ บันทึกข้อมูลที่ 21 วัน หลังทดสอบ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความงอก จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอก ผลการทดลองพบว่าเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษซับด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกสูงที่สุดและไม่แตกต่างทางสถิติ (86.00-96.00 เปอร์เซ็นต์) ส่วนการเพาะเมล็ดบนกระดาษซับด้วยน้ำ RO (ชุดควบคุม) มีความงอกต่ำที่สุด (74.00 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้ การเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษซับด้วยสารละลาย ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ไม่มีผลต่อจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกและเวลาเฉลี่ยในการงอกเมื่อเปรียบเทียบกับผลการเพาะเมล็ดบนกระดาษซับด้วยน้ำ RO (ชุดควบคุม) ดังนั้น สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดกระชับได้

คำสำคัญ: ความงอก ความเร็วในการงอก จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก เวลาเฉลี่ยในการงอก

Abstract

The objective of this research was to break the dormancy of cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) seeds using KNO_3 and GA_3 at different concentrations. Germination was tested in the laboratory using the between paper method (BP), reverse osmosis (RO) water and various chemical solutions as the moistening agents over a period of 21 days. The experiment featured a Completely Randomized Design (CRD) that was composed of 5 treatments with 4 replications, and each replication included 25 seeds: RO water (control), 0.2% and 0.5% KNO_3 solution and 0.02% and 0.05% GA_3 solution. Germination percentage, days to emergence (DTE) and mean germination time (MGT) were recorded at 21 days after testing commenced. The results showed that seeds germinated by the BP method with 0.2% and 0.5% KNO_3 solution and with 0.02% and 0.05% GA_3 solution gave the highest percentages of germination and were not significantly different (86.00-96.00%), while seeds germinated by the BP method with RO water (control) gave the lowest percentage of germination (74.00%). Moreover, the germination test using the BP method with different concentrations of the test solutions had no effect on DTE and MGT when compared with results seen when RO water (control) was used. Thus, the solutions of 0.2% and 0.5% KNO_3 solution, and 0.02% and 0.05% GA_3 solution were well able to break the dormancy of cocklebur seeds.

Keywords: germination, speed of germination, days to emergence, mean germination time

¹ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

*Corresponding author, Email: pichitra.k@ku.th

คำนำ

กระชับ (cocklebur) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Xanthium strumarium* L. อยู่ในวงศ์ Asteraceae หรือ Compositae (สำนักงานหอพรรณไม้, 2561) ซึ่งเมล็ดกระชับมีสาร xanthostrumarin glycoside ที่เป็นพิษต่อสัตว์ สารนี้จะคงอยู่จนถึงระยะที่เมล็ดงอกเป็นต้นอ่อนที่มีใบเลี้ยงติดอยู่ เมื่อมีใบจริงสารไกลโคไซด์ (glycoside) จะลดลงอย่างรวดเร็ว และสารนี้จะไม่สลายตัว แม้ตากแดดให้แห้ง (ยิ่งยง ไผสุขสานติวัฒนา, 2547; Kingsbury, 1964) นอกจากสารไกลโคไซด์แล้วในเมล็ดยังมีกรดออกซาลิก (oxalic acid) วิตามินซี (ยิ่งยง ไผสุขสานติวัฒนา, 2547; Chopra et al., 1956) เรซิน (resin) และน้ำมันซึ่งประกอบด้วย oleic acid และ linoleic acid (ยิ่งยง ไผสุขสานติวัฒนา, 2547; Perry and Metzger, 1980) ต้นอ่อน (sprout) กระชับสามารถรับประทานได้โดยปรุงให้สุก มีรสชาติหวาน กรอบ มีกลิ่นหอมอ่อน ๆ จึงเป็นที่นิยมในการบริโภค ราคาในตลาด 120-150 บาท (เคลนิวิธ, 2561) ประกอบอาหารได้หลายชนิด เช่น ยำ แกงส้ม หรือรับประทานเป็นผักสดเครื่องเคียงกับน้ำพริก ในการผลิตต้นอ่อนกระชับทำได้เพียง 2 เดือนต่อปีเท่านั้น คือ เดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม จึงทำให้เกษตรกรต้องพัฒนาวิธีการปลูกผักกระชับเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ให้เพียงพอสำหรับเพาะเป็นต้นอ่อนให้สามารถจำหน่ายได้ทั้งปี (นพดล แสงวิสัย, 2556) การบริโภคต้นอ่อนกระชับที่มีใบจริงกำลังเป็นที่นิยมอย่างมากที่บ้านทะเลน้อย อำเภอเกล้ง จังหวัดระยอง ซึ่งกลุ่มเกษตรกรได้ศึกษาวิธีการปลูกจนทำให้สามารถจำหน่ายต้นอ่อนได้ตลอดทั้งปี (วิสูตร ช่างเหล็ก, 2556) โดยเกษตรกรผู้ปลูกต้นกระชับจะเตรียมดินในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ จากนั้นเก็บเกี่ยวผลแก่นำมาตากแดดให้แห้ง นำผลกระชับไปแช่น้ำโดยเปลี่ยนน้ำวันเว้นวันจนกว่าสีน้ำจะใสขึ้น ซึ่งเกษตรกรต้องแช่ผลกระชับในน้ำสะอาดเป็นเวลานาน 70-80 วัน เพื่อกระตุ้นการงอกของเมล็ด จากนั้นนำผลกระชับไปเพาะในแปลงดินร่วนแล้วกลบด้วยทรายในที่ร่ม ต้นอ่อนเจริญเต็มที่โดยมีความสูงประมาณ 15 เซนติเมตรใช้เวลาประมาณ 8 วัน ต้นอ่อนกระชับคล้ายถั่วงอก โดยลำต้นมีสีขาวและใบจริงสีเขียว เมื่อต้นอ่อนกระชับอายุ 8 วัน จะเก็บเกี่ยวแล้วนำไปจำหน่าย (นพดล แสงวิสัย, 2556) ซึ่งเกษตรกรยังคงมีปัญหาการเพาะเมล็ดเนื่องจากใช้เวลานาน

เมล็ดกระชับมักพบปัญหาความงอกต่ำและใช้ระยะเวลาในการงอกนาน ซึ่งสาเหตุการพักตัวของเมล็ดกระชับเกิดจากการพักตัวทางสรีรวิทยาของเมล็ด (physiological dormancy) (Karimmojeni et al., 2010) และเอ็มบริโอไม่สามารถงอกผ่านเปลือกผลได้ (Esashi and Leopold, 1968) Esashi et al. (1976) รายงานการเพาะเมล็ดกระชับที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ช่วยทำลายการพักตัวของเมล็ดได้และทำให้ใบเลี้ยงมีขนาดใหญ่ขึ้น Esashi and Katoh (1977) รายงานการทำลายการพักตัวของเมล็ดกระชับด้วยการนำเมล็ดมาตัดเอาเฉพาะเอ็มบริโอและใบเลี้ยงวางบนกระดาษกรองที่มีสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 30 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 และ 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ไม่สามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดได้ โดยมีความงอก 0 เปอร์เซ็นต์ Saric et al. (2012) รายงานการบ่มผลกระชับที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 65-80 เปอร์เซ็นต์ และใช้ระยะเวลาในการงอกประมาณ 5 วัน Foroughi et al. (2014) รายงานว่าต้นกระชับที่เจริญในสภาพที่มีร่มเงาส่งผลให้เมล็ดภายในผลมีการพักตัวมากขึ้น และผลของกระชับที่อยู่ตำแหน่งด้านบนจะมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่อยู่ในผลตำแหน่งด้านล่าง นอกจากนี้ในพืชวงศ์เดียวกับกระชับ เช่น ทานตะวัน มีรายงานการแช่เมล็ดทานตะวันในน้ำที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ส่งผลให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 71 เปอร์เซ็นต์ และต้นอ่อนมีความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากที่สุด (รณรงค์ อยู่เกตุ และคณะ, 2557) เมล็ดกระชับมีสาเหตุการพักตัวที่เกิดจากการพักตัวทางสรีรวิทยาของเมล็ด หรือมีสารยับยั้งการงอกภายในเมล็ด และยังไม่พบในรายงานของสมาคมทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ หรือ International Seed Testing Association (ISTA) อย่างไรก็ตาม ISTA (2018) แนะนำวิธีการใช้สารเคมีเพื่อทำลายการพักตัวทางสรีรวิทยาของเมล็ด หรือมีสารยับยั้งการงอกภายในเมล็ด เช่น สารละลายโพแทสเซียมไนเตรด (KNO_3) ความเข้มข้น 0.2-0.5 เปอร์เซ็นต์ แทนการใช้น้ำในครั้งแรกของการเพาะเมล็ด ได้แก่ เมล็ดคะน้า พริก มะเขือ มะเขือเทศ หรือสารละลายกรดจิบเบอเรลลิน (GA_3) ความเข้มข้น 0.02-0.05 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ เมล็ดข้าวไรซ์ ข้าวบาร์เลย์ มันฝรั่ง แทนการใช้น้ำในครั้งแรกของการเพาะเมล็ด อย่างไรก็ตาม มีรายงานการทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์กระชับด้วยวิธีกลแล้วแต่ยังไม่ประสบผลสำเร็จ ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์กระชับด้วยสารละลาย KNO_3 และ GA_3 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เพื่อให้เมล็ดงอกได้สูงขึ้น

วิธีการศึกษา

นำผลกระชับจากเกษตรกรในชุมชนบ้านทะเลน้อย อำเภอเกล้ง จังหวัดระยอง ที่เก็บเกี่ยวเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2561 มาแยกเมล็ดออกจากผล ซึ่ง 1 ผล มี 2 เมล็ด จากนั้นนำเมล็ดมาศึกษาวิธีทำลายการพักตัวด้วยการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นที่มีน้ำ reverse osmosis (RO) สารละลาย KNO_3 และ GA_3 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 50 มิลลิลิตรต่อทรีตเมนต์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) มี 5 ทรีตเมนต์ จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 25 เมล็ด

ได้แก่ 1) น้ำ RO (ชุดควบคุม) 2) สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ 3) สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ 4) สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ และ 5) สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์

การบันทึกข้อมูล

ความงอก (germination) นำเมล็ดกระชับมาทดสอบความงอกด้วยวิธีการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้น หรือวิธี between paper (BP) (ISTA, 2018) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 25 เมล็ด วางไว้ในตู้เพาะเมล็ด (germinator) ที่อุณหภูมิสถับ $20 \leftrightarrow 30$ องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในสภาพมืด เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในสภาพมีแสง เป็นเวลา 8 ชั่วโมง โดยนับต้นอ่อนปกติทุกวัน เป็นเวลา 21 วันหลังเพาะเมล็ด (เนื่องจากเมล็ดกระชับยังไม่มีรายงานใน ISTA จึงได้นับต้นอ่อนปกติทุกวันจนเมล็ดไม่สามารถงอกได้ คือ 21 วันหลังเพาะเมล็ด) ต้นอ่อนปกติมีลักษณะระบบรากแก้วสมบูรณ์ ลำต้นตั้งตรง มีใบเลี้ยง 2 ใบ มีสีเขียว การนับครั้งสุดท้าย (final count) ที่ 21 วันหลังเพาะเมล็ด จะนับต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณความงอกของเมล็ดพันธุ์มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ จากสูตร ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (เปอร์เซ็นต์) = (จำนวนต้นอ่อนปกติทั้งหมด / จำนวนเมล็ดทั้งหมด) $\times 100$

จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (days to emergence, DTE) เพาะเมล็ดกระชับตามวิธีการทดสอบความงอก นับจำนวนเมล็ดที่มีรากยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร ทุกวัน เป็นเวลา 21 วัน จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณหาจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก มีหน่วยเป็น วัน จากสูตร $DTE = \sum(n T) / \sum n$ โดย n คือ จำนวนเมล็ดที่มีรากงอก 2 มิลลิเมตร, T คือ จำนวนวันที่เมล็ดแทงราก (Dhillon, 1995)

เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time, MGT) เพาะเมล็ดกระชับตามวิธีการทดสอบความงอก นับต้นอ่อนปกติทุกวัน เป็นเวลา 21 วัน จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณเวลาเฉลี่ยในการงอก มีหน่วยเป็น วัน จากสูตร $MGT = \sum(n T) / \sum n$ โดย n คือ จำนวนต้นอ่อนปกติ, T คือ จำนวนวันที่เมล็ดงอกเป็นต้นอ่อนปกติ (Ellis and Roberts, 1980)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลทางสถิติ (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยลักษณะต่าง ๆ ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสถิติ R (ชูศักดิ์ จอมพุท, 2555)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ความงอก (germination)

วิธีทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์กระชับด้วยการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ reverse osmosis (RO) สารละลาย KNO_3 และ GA_3 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกสูงที่สุด คือ 96.00 ± 1.62 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่เพาะด้วยน้ำ RO (ชุดควบคุม) มีความงอกต่ำที่สุด คือ 74.00 ± 2.52 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม การเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 และ GA_3 ทุกความเข้มข้น มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่เพาะด้วยน้ำ RO (ชุดควบคุม) เพราะสารละลาย KNO_3 สามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดได้ อาจเนื่องจากมีข้อสันนิษฐานว่าสารประกอบจำพวกไนเตรต ไนไตรต์ และเมทิลีน บลู เป็นตัวยับยั้งการหายใจแบบปกติ หรือ tricarboxylic acid (TCA) cycle ดังนั้นจึงทำให้ออกซิเจนเหลือเพียงพอในการขับเคลื่อนกระบวนการทางเลือกอื่น ๆ ซึ่งจากข้อสันนิษฐานกระบวนการเพนโตสฟอสเฟต (pentose phosphate pathway, PPP) เป็นกระบวนการทางเลือกที่สำคัญในการทำลายการพักตัวของเมล็ดโดยอาจใช้ออกซิเจนในการออกซิไดซ์ NADPH นอกจากนี้ สารประกอบจำพวกไนเตรต ไนไตรต์ และเมทิลีน บลู สามารถทำหน้าที่แทนออกซิเจนในการออกซิไดซ์ NADPH ได้เช่นเดียวกัน จึงช่วยกระตุ้นให้เมล็ดดูดซึ่มออกซิเจนและดูดซึมน้ำได้ดี เนื่องจากเมล็ดต้องการออกซิเจนในการหายใจในระหว่างกระบวนการงอกของเมล็ด (วันชัย จันทรประเสริฐ, 2553; Hilton and Thomas, 1986) นอกจากนี้สารละลาย KNO_3 สามารถแตกตัวเป็น K^+ และ NO_3^- โดย NO_3^- เป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจในวิถีเพนโตสฟอสเฟต (pentose phosphate pathway) หรือวิถีทางเลือกของไกลโคไลซิส (glycolysis) จะทำหน้าที่แทนออกซิเจนในการออกซิไดซ์ NADPH (nicotinamide adenosine dinucleotide phosphate) ในกระบวนการหายใจ (respiration) จึงสามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดได้ (วันชัย จันทรประเสริฐ, 2553) ซึ่งสอดคล้องกับ พิจิตรา แก้วสอน และคณะ (2556) รายงานการทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์มะตาด (*Dillenia indica* L.) ซึ่งมีสาเหตุการพักตัวทางสรีรวิทยาของเมล็ด หรือมีสารยับยั้งการงอกภายในเมล็ดเช่นเดียวกับเมล็ดกระชับ พบว่า

การแช่เมล็ดมะตาดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ นาน 12 ชั่วโมง มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 93.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้กระตุ้นความงอก (ชุดควบคุม) มีความงอก 86.00 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ สาร GA_3 มีผลในการกระตุ้นความงอก โดย GA_3 ช่วยเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น α - และ β -amylase เพื่อย่อยแป้งให้เปลี่ยนเป็น น้ำตาล ซึ่งใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม หรือเอนไซม์ protease ช่วยย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโน เพื่อใช้ในกระบวนการ เจริญเติบโตของเอ็มบริโอ (วันชัย จันทน์ประเสริฐ, 2553) ทั้งนี้ GA_3 ยังช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์ และเปลี่ยนระดับ ความสมดุลของฮอร์โมนภายในเมล็ด จึงทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น (จวงจันทร ดวงพัตรา, 2529) สอดคล้องกับ วัชรพล ประทุมทอง และคณะ (2561) รายงานการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์สนคำญี่ปุ่น (*Pinus thunbergii* Parl.) ซึ่งมีสาเหตุการพักตัว จากสารยับยั้งการงอกภายในเมล็ดเช่นเดียวกับเมล็ดกระชับ โดยได้ทำลายการพักตัวด้วยวิธีการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 88.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก มีความงอก 85.00 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ อาริตา วจิสุนทร (2559) รายงานการกระตุ้นความงอกของเมล็ดมะเขือพวงพันธุ์พวงหยกด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.1, 0.3 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.01, 0.03 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ทำให้เมล็ด มีความงอกสูงที่สุดและไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก

Table 1 Effect of KNO_3 and GA_3 at different concentrations on germination, days to emergence and mean germination time.

Treatment	Germination (%)	Days to emergence (days)	Mean germination time (days)
RO water (control)	74.00±2.52 b	4.19±0.42	6.89±0.52 ab
0.2% KNO_3	96.00±1.62 a	4.01±0.62	6.38±0.49 b
0.5% KNO_3	89.00±1.87 a	4.76±0.47	7.48±0.30 a
0.02% GA_3	92.00±1.53 a	4.31±0.61	6.68±0.85 ab
0.05% GA_3	86.00±1.33 a	4.71±0.56	6.88±0.45 ab
F-test	*	ns	*
C.V. (%)	8.90	12.36	8.05

ns and * = not significantly different and significantly different at $P < 0.05$.

Means±S.D. within the column followed by the same alphabet are not significantly different by DMRT.

การเพาะเมล็ดกระชับระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO และสารละลายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีผลทำให้มีต้นอ่อน ผิดปกติแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 1) โดยเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO พบต้นอ่อนผิดปกติ มากที่สุด คือ 12.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ พบต้นอ่อนผิดปกติ คือ 8.00, 5.00 และ 7.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ต้นอ่อนผิดปกติมีหลายลักษณะ ได้แก่ ไม่มีรากแก้ว รากกุด รากแตก และใบเลี้ยงม้วนงอและมีขนาดเล็ก ส่วนเมล็ด ที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ พบต้นอ่อนผิดปกติที่น้อยที่สุด คือ 1.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีต้นอ่อนผิดปกติลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO ประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ เนื่องจากสาร KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ทำให้เมล็ดพัฒนาเป็นต้นอ่อนสมบูรณ์มากขึ้น

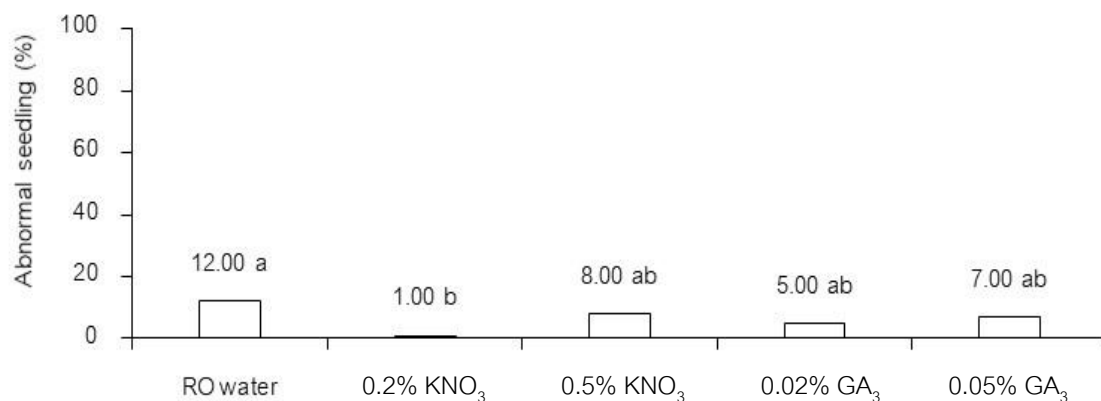


Figure 1 Abnormal seedling of cocklebur seed affected by KNO₃ and GA₃ solution at different concentrations.

การเพาะเมล็ดกระชับระหว่างกระดาดขึ้นด้วยน้ำ RO และสารละลายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ มีผลทำให้มีเมล็ดที่ไม่ออกแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 2) โดยเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาดขึ้นด้วยน้ำ RO และ สารละลาย GA₃ ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ พบเมล็ดที่ไม่ออกมากที่สุด คือ 6.00 เปอร์เซ็นต์ เท่ากัน แสดงว่าสารละลาย GA₃ ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลทำให้เมล็ดที่ยังไม่ออกลดลงหรือมีเมล็ดที่งอกได้ลดลง อาจเป็นเพราะความเข้มข้นของสารละลาย GA₃ ที่ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ สูงเกินไปจึงไม่มีผลกระตุ้นการงอกของเมล็ดกระชับ โดยเมล็ดที่ไม่ออกเป็นเมล็ดที่ดูดน้ำเข้าไปได้ เมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่มีการงอกของเมล็ด ส่วนเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาดขึ้นด้วยสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 0.2 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA₃ ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ พบเมล็ดที่ไม่ออกน้อยที่สุด คือ 1.00 เปอร์เซ็นต์ เท่ากัน แสดงว่ามีผลในการลดปริมาณเมล็ดที่ไม่ออกลง สอดคล้องกับ Hayati et al. (2005) รายงานการทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์มะเขือพวงที่มีสาเหตุจากสารยับยั้งการงอกภายในเมล็ด ซึ่งมีความงอกเริ่มต้นเพียง 40 เปอร์เซ็นต์ และมีเมล็ดที่ไม่ออกสูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ โดยการเพาะเมล็ดบนกระดาดขึ้นที่มีสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าการเพาะเมล็ดบนกระดาดขึ้นที่มีสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 0.2, 0.3 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าสาร KNO₃ ตอบสนองได้ดีกับเมล็ดมะเขือพวงที่มีความเข้มข้นต่ำ เช่นเดียวกับการเพาะเมล็ดมะเขือพวงบนกระดาดขึ้นที่มีสารละลาย GA₃ ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าการเพาะเมล็ดบนกระดาดขึ้นที่มีสารละลาย GA₃ ความเข้มข้น 0.02, 0.03 และ 0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เพราะสารละลาย KNO₃ และ GA₃ มีความเข้มข้นเหมาะสมในการทำลายการพักตัวของเมล็ด โดยสารละลาย KNO₃ ช่วยกระตุ้นให้เมล็ดมีการดูดซึมน้ำออกซิเจนและดูดซึมน้ำได้ดีขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการงอกของเมล็ด เนื่องจากเมล็ดต้องการออกซิเจนในการหายใจในกระบวนการงอกของเมล็ด (Hilton and Thomas, 1986) นอกจากนี้สารละลาย KNO₃ สามารถแตกตัวเป็น K⁺ และ NO₃⁻ โดย NO₃⁻ ที่เมล็ดดูดน้ำไปใช้ช่วยให้เกิดการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้น (สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน, 2518) อีกทั้ง NO₃⁻ ยังเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจในวิถีเพนโดสฟอสเฟต หรือวิถีทางเลือกของไกลโคไลซิส จะทำหน้าที่แทนออกซิเจนในการออกซิไดส์ NADPH ในกระบวนการหายใจจึงสามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดได้ นอกจากนี้สาร GA₃ ยังช่วยเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น α- และ β-amylase เพื่อย่อยแป้งให้เปลี่ยนเป็นน้ำตาล ซึ่งใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม หรือเอนไซม์ protease จะช่วยย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนเพื่อใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอ (วันชัย จันทน์ประเสริฐ, 2553) อีกทั้ง GA₃ ยังช่วยส่งเสริมการงอกของเมล็ด โดยกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์ และเปลี่ยนระดับความสมดุลของฮอร์โมนภายในเมล็ด จึงทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น (จวงจันท์ ดวงพัตรา, 2529)

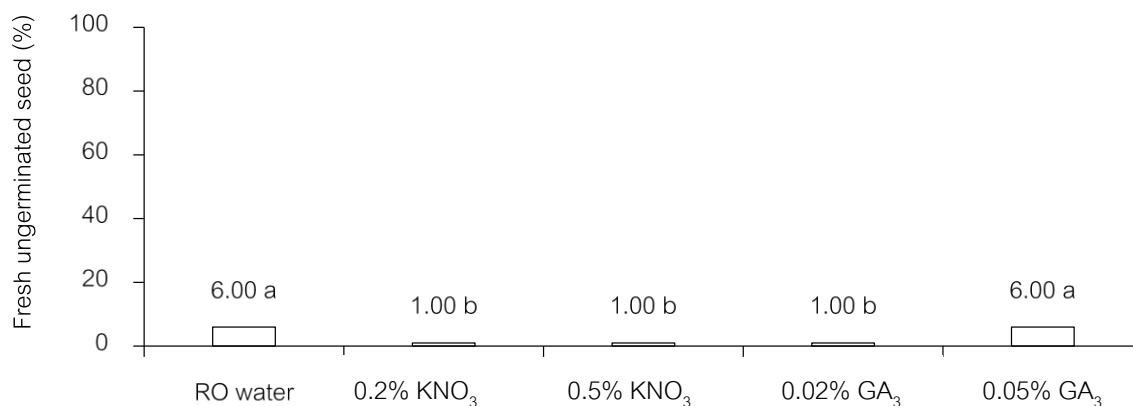


Figure 2 The fresh ungerminated seed of cocklebur seed affected by KNO₃ and GA₃ solution at different concentrations.

การเพาะเมล็ดกระชับระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO และสารละลายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้เมล็ดตายแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 3) โดยมีเมล็ดตายเพียงเล็กน้อยประมาณ 1.00-8.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมล็ดตายมีการเข้าทำลายของเชื้อรา โดยมีเส้นใยสีขาวเจริญบนผิวของเมล็ด โดยเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO พบเมล็ดตายมากที่สุด คือ 8.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 0.2 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA₃ ความเข้มข้น 0.02 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ โดยมีเมล็ดตายเพียง 1.00-2.00 เปอร์เซ็นต์

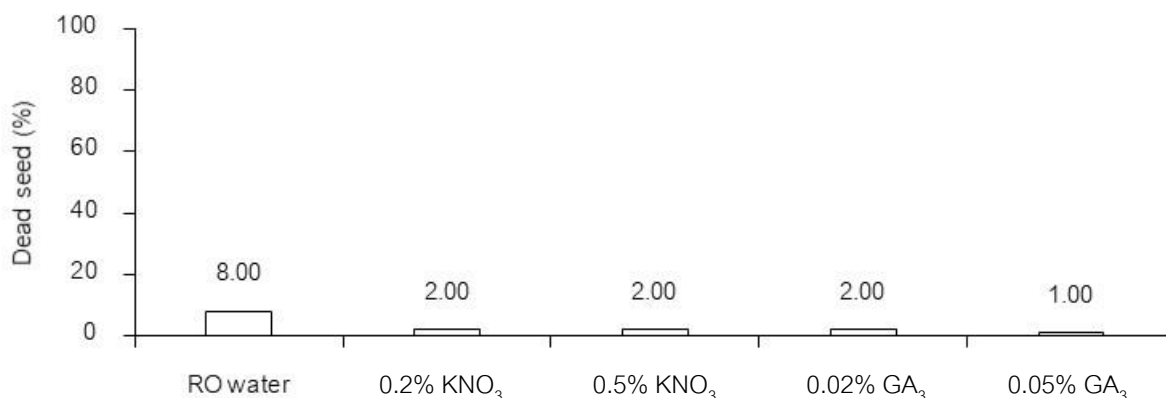


Figure 3 Dead seed of cocklebur seed affected by KNO₃ and GA₃ solution at different concentrations.

จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (days to emergence, DTE)

จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกเป็นค่าที่แสดงความเร็วในการงอกของเมล็ด หากเมล็ดมีค่าจำนวนวันที่มีรากงอกน้อย แสดงว่าเมล็ดมีความแข็งแรงและสามารถงอกได้เร็ว (Dhillon, 1995) วิธีทำลายการพักตัวของเมล็ดกระชับโดยเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO หรือสารละลายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกประมาณ 4.01±0.62 ถึง 4.76±0.47 วัน แสดงว่าการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้เมล็ดแทงรากได้เร็วขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO แต่เมล็ดสามารถพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้แตกต่างกัน โดยมีเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) สอดคล้องกับ กาญจนา สวัสดิ์ (2559) รายงานการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริกชี้ฟ้าพันธุ์สามเดือน ด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA₃ ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่แทงรากแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่แช่ในน้ำและเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก แต่การแช่เมล็ดพริกชี้ฟ้าในสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดที่แช่ในน้ำ RO และเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก ตามลำดับ

นอกจากนี้ อาริตา วจีสุนทร (2559) รายงานการกระตุ้นความงอกของเมล็ดมะเขือพวงพันธุ์พวงหยกด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.1, 0.3 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.01, 0.03 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่แทงรากแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่แช่ในน้ำ RO แต่การแช่เมล็ดมะเขือพวงในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.3 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าการแช่เมล็ดในน้ำ RO

เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time, MGT)

เวลาเฉลี่ยในการงอกเป็นค่าแสดงความเร็วในการงอกของเมล็ด หากเมล็ดมีค่าเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยแสดงว่าเมล็ดนั้นแข็งแรง งอกได้เร็ว และพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็ว (Ellis and Roberts, 1980) วิธีทำการเพาะเมล็ดของเมล็ดกระชับ โดยเฉพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO หรือสารละลายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ มีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 6.38 ± 0.49 วัน และไม่แตกต่างทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่น ๆ ยกเว้นเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 7.48 ± 0.30 วัน และไม่แตกต่างทางกับทรีตเมนต์อื่น ๆ ยกเว้นเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วกว่าการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 1 วัน อาจเป็นเพราะการใช้สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมกว่าความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าศักย์ (water potential) สูงกว่าสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้เมล็ดดูดน้ำได้เร็วขึ้น จึงทำให้น้ำภายในเมล็ดเพียงพอต่อกระบวนการงอกได้เร็ว เมล็ดสามารถงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็วกว่าการใช้สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ทุกทรีตเมนต์ไม่มีผลทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO แสดงว่าสารละลายดังกล่าวไม่มีผลในการกระตุ้นให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ กาญจนา สวัสดิ์ (2559) ที่รายงานการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริกชี้ฟ้าด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมล็ดพริกเมื่อถูกกระตุ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้นสูงมักมีผลทำลายการพักตัวของเมล็ด นอกจากนี้ สุคนธ์ สุขแก้ว (2559) รายงานการแช่เมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าการแช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ แต่การแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้การตอบสนองของชนิดสารเคมีและความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมในการทำลายการพักตัวของเมล็ดที่มีสาเหตุจากสภาวะยับยั้งการงอกภายในเมล็ดขึ้นอยู่กับชนิดของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน และปริมาณของสารยับยั้งการงอกภายในเมล็ดแตกต่างกัน (Copeland and McDonald, 1995)

สรุปผลการศึกษา

เมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกสูงที่สุดและไม่แตกต่างทางสถิติ (86.00-96.00 เปอร์เซ็นต์) แต่แตกต่างจากการเพาะเมล็ดบนกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO (ชุดควบคุม) มีความงอกต่ำที่สุด (74.00 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้พบว่าเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้นด้วยสารละลายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ไม่มีผลต่อจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกและเวลาเฉลี่ยในการงอกเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่เพาะระหว่างกระดาษขึ้นด้วยน้ำ RO (ชุดควบคุม)

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา สวัสดิ์. 2559. ผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีต่อคุณภาพของเมล็ดพริกชี้ฟ้าพันธุ์สามเดือน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จวงจันทร์ ดวงพิตร. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชูศักดิ์ จอมพุท. 2555. สถิติ: การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชด้วย "R". กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เดลินิวส์. 2561. วิจัยและพัฒนา การปลูกกระชับ. <https://www.dailynews.co.th/agriculture/643928> (16 พฤษภาคม 2562).

- นพดล แสงวิสัย. 2556. ผักกระชับเมืองแก่งกิ โฉมสองร้อย. ไทยรัฐ. <https://www.thairath.co.th/content/344699> (16 พฤษภาคม 2562).
- พิจิตรา แก้วสอน, สุรศักดิ์ เกษมสิริสวัสดิ์, ปริญญช จุลกะ และจำนงค์ โสมกุล. 2556. การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์มะตาด (*Dillenia indica* L.) ด้วยน้ำ, GA_3 และ KNO_3 . วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(2): 85-88.
- ยิ่งยง ไพบูลย์สถานศิริวัฒนา. 2547. กระชับ. ใน *ราชบัณฑิตยสถาน, หนังสืออนุกรมวิธานพืช อักษร ก*. พิมพ์ครั้งที่ 2. น. 26-27.
- กรุงเทพฯ: หจก. อรุณการพิมพ์.
- รณรงค์ อยู่เกตุ, ภัทรพล บุตรจิ๋ว และวิไลลักษณ์ ชินะจิตร. 2557. ผลของวัสดุเพาะกล้าและการแช่เมล็ดพันธุ์ที่มีต่อการผลิตทานตะวันงอก. *แก่นเกษตร* 42(3): 926-930.
- วัชรพล ประทุมทอง, พิจิตรา แก้วสอน และทิศไฉน จารุวัฒนพันธ์. 2561. การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์สนดำญี่ปุ่น (*Pinus thunbergii* Parl.) ด้วยสารละลายกรดจิบเบอเรลลิน. ใน *รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 56 (สาขาพืช)*. น. 9-16.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2553. *สรรพวิทย์เมล็ดพันธุ์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิสูตร ช่างเหล็ก. 2556. ผักกระชับจากผักพื้นบ้านสู่ธุรกิจชุมชน. วารสาร "เพื่อน" SCG Chemicals 3(15): 4-4.
- สรสิทธิ์ วัชรโยธยาน. 2518. *ความอุดมสมบูรณ์ของดิน*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานหอพรรณไม้. 2561. กระชับ. กลุ่มงานพฤกษศาสตร์ป่าไม้. www.dnp.go.th/botany (10 พฤษภาคม 2562).
- สุคุณวัตร สุขแก้ว. 2559. ผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีต่อคุณภาพของเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อารिता วิจิณทร. 2559. ผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีต่อคุณภาพของเมล็ดมะเขือพวงพันธุ์พวงหยก. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Chopra, R. N., Nayar, S. L., and Chopra, I. C. 1956. *Glossary of Indian medicinal plants*. New Delhi: CSIR.
- Copeland, L. O., and McDonald, M. B. 1995. *Principles of seed science and technology*. New York: Springer Science & Business Media.
- Dhillon, N. P. S. 1995. Seed priming of male sterile muskmelon (*Cucumis melo* L.) for low temperature germination. *Seed Science and Technology* 23: 881-884.
- Ellis, R. H., and Roberts, E. H. 1980. Improved equation for the prediction of seed longevity. *Annals of Botany* 45(1): 13-30.
- Esashi, Y., and Leopold, A. C. 1968. Physical forces in dormancy and germination of *Xanthium* seeds. *Plant Physiology* 43: 871-876.
- Esashi, Y., and Katoh, H. 1977. Dormancy and impotency of cocklebur seeds IV. effects of gibberellic acid, benzyladenine, thiourea and potassium nitrate on growth of embryonic axis and cotyledon segments. *Plant Physiology* 59: 117-121.
- Esashi, Y., Katoh, H., Hata, Y., and Goto, N. 1976. Dormancy and impotency of cocklebur seeds: VII. inability of dormant cotyledons to form chlorophyll. *Plant Physiology* 59: 122-125.
- Foroughi, A., Gharekhloo, J., and Ghaderi-Far, F. 2014. Effect of plant density and seed position on mother plant on physiological characteristic of cocklebur (*Xanthium strumarium*) seeds. *Planta Daninha* 32(1): 61-68.
- Hayati, N. E., Sukprakarn, S., and Juntakool, S. 2005. Seed germination enhancement in *Solanum stramonifolium* and *Solanum torvum*. *Kasetsart Journal (Natural Science)* 39: 368-376.
- Hilton, J. R., and Thomas, J. A. 1986. Regulation of pregerminative rates of respiration in seeds of various weed species by potassium nitrate. *Journal of Experimental Botany* 37: 1516-1524.
- ISTA. 2018. *International rules for seed testing*. International Seed Testing Association (ISTA). Switzerland: Basserdorf.
- Karimmojeni, H., Zareh, A., Keshtkar, E., Mashhadi, H. R., and Alizadeh, H. M. 2010. Dormancy breaking of cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) seeds. *Iranian Journal of Field Crop Science* 41(3): 503-511.
- Kingsbury, J. M. 1964. *Poisonous plants of the United States and Canada*. USA: Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N. J.
- Perry, L. M., and Metzger, J. 1980. *Medicinal plants of east and southeast Asia*. England: The MIT Press, Cambridge (Mass.).
- Saric, M., Bozic, D., Pavlovic, D., Elezovic, I., and Vrbicanin, S. 2012. Temperature effects on common cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) seed germination. *Romanian Agricultural Research* 29: 389-393.

วันรับบทความ (Received date) : 3 ก.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 19 ต.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 6 ธ.ค. 62