ผลของวิธีการทำ matrixpriming และอุณหภูมิที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม

Effects of matrix priming methods and different temperatures on changes to hybrid tomato seed quality

อรนุช เดียมขุนทด[1] และ บุญมี ศิริ[1*]

Orranut Diumkhunthod[1] and Boonmee Siri[1*]

บทคัดย่อ: การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของวิธีการทำ matrix priming และอุณหภูมิที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม ดำเนินการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์ โรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยใช้วัสดุตัวกลาง 4 ชนิด คือ calcium silicate, vermiculite, zeolite และ talcum มีการควบคุมอุณหภูมิเพื่อเตรียมการงอกที่ 15 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นนำเมล็ดมาลดความชื้นลงให้เมล็ดพันธุ์มีความชื้นใกล้เคียงกับความชื้นเดิม ด้วยเครื่องลดความชื้นแบบลมแห้งและการหมุนเหวี่ยง รุ่น KKU 40-2 นำเมล็ดมาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่างๆ คือ ความงอกและความเร็วในการงอก ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิในการเตรียมการงอกมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการเตรียมการงอกที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดมีคุณภาพสูงสุด โดยเฉพาะการทำ matrix priming ด้วย calcium silicate, vermiculite และ zeolite ทำให้ความงอกและความเร็วในการงอกของมะเขือเทศมากที่สุด เมื่อตรวจสอบทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง

คำสำคัญ: การเตรียมงอก, อุณหภูมิ, วัสดุตัวกลาง, คุณภาพ, มะเขือเทศลูกผสม

ABSTRACT: The objective of this study was to investigate the effects of matrix priming methods and different temperature levels on changes to quality of hybrid tomato seeds. The experiment was conducted at the Seed Quality Testing Laboratory, Seed Processing Plant, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University. Matrix priming with 4 kinds of media material (calcium silicate, vermiculite, zeolite and talcum) was used. The primed seeds were incubated at 15°C and 25°C for 5 days. After the priming process, the moisture content of seeds was reduced to its initial values by the rotating modified air seed dryer machine (Model KKU 40-2). Then, the primed seeds were tested for seed quality. The results indicated that level of temperature had significant influence on primed seed quality. The primed seeds grown at 15°C produced the highest quality. In addition, the primed seeds which went through the matrix priming methods that used calcium silicate, vermiculite and zeolite had the highest germination percentages and speeds of germination under laboratory and greenhouse conditions.

Keywords: seed priming, temperature, media material, seed quality, hybrid tomato seed

บทนำ

เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมีความสำคัญในแวดวงการผลิตเมล็ดพันธุ์ของประเทศไทย โดยมีการส่งออกเป็นอันดับสองรองจากข้าวโพด ด้วยมูลค่าการส่งออก 638 ล้านบาท (สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย, 2555) แต่ปัญหาการผลิตเมล็ดพันธุ์ที่สำคัญคือ เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศบางส่วนที่ผลิตได้มีความงอกและความแข็ง

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002
Department of Plant Science and Agricultural Resource, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

* Corresponding author: boonmee@kku.ac.th

แรงต่ำ เนื่องจากกระบวนการผลิต กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม จึงส่งผลต่อธุรกิจการค้าเมล็ดพันธุ์ รายได้ของเกษตรกรผู้รับจ้างผลิตและผู้ส่งออก ซึ่งปัญหาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ดังกล่าวได้มีการศึกษาและรายงานไว้ว่าเมล็ดพันธุ์เหล่านี้สามารถนำมาปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นได้โดยการเตรียมความงอกให้แก่เมล็ดก่อนนำไปปลูก หรือที่เรียกว่าวิธีการทำ seed priming ซึ่งการเตรียมการงอกนี้มีหลายวิธีด้วยกัน และวิธีการทำ matrix priming เป็นวิธีการหนึ่งที่ควบคุมการดูดน้ำของเมล็ดให้คล้ายกับการดูดความชื้นในธรรมชาติของพืชที่อยู่ในวัสดุปลูก โดยเมล็ดจะถูกผสมเข้ากับของแข็งที่เปียกแต่จะหยุดกิจกรรมก่อนการโผล่ของรากออกมาจากเปลือกของเมล็ด (Gray et al., 1990; Hardegree and Emmerich, 1992) ซึ่งวิธีการนี้ มีการศึกษาและประสบความสำเร็จทั้งเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดเล็กและขนาดใหญ่ คือ ข้าวโพด หัวหอม พริก มะเขือเทศ แครอท และบล็อคโคลี่ ด้วย calcium silicate ที่มีน้ำหนักเบา พรุนมีคุณสมบัติในการเกาะยึดของสารกับน้ำได้ดี ไม่เกาะกันเป็นก้อน ไม่ละลายน้ำ สามารถควบคุมการดูดน้ำของเมล็ดและรักษาน้ำที่จะนำไปใช้ในเมล็ดโดยอาศัยความต่างศักย์ของน้ำ แต่การเตรียมการงอกให้ประสบความสำเร็จได้นั้นมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะอุณหภูมิที่ใช้มีผลโดยตรงต่อปฏิกิริยาเคมีและกิจกรรมของเอนไซม์ในกระบวนการทางสรีรวิทยาและชีวเคมีต่างๆ (วันชัย, 2538) นอกจากนี้อุณหภูมิยังส่งผลต่อค่าศักย์ของน้ำ (water potential) และการดูดน้ำเข้าไปสู่เมล็ด ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกและการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการจะศึกษาวิธีการทำ matrix priming และอุณหภูมิที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม

วิธีการศึกษา

การทำ matrix priming

การทำ matrixpriming ด้วยวัสดุตัวกลาง 5 ชนิด ได้แก่ control, calcium silicate, vermiculite, zeolite และ talcum โดยนำเมล็ดมะเขือเทศใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วคลุกเมล็ดกับน้ำพอเปียกจากนั้นใส่วัสดุตัวกลางข้างต้นคลุกจนเข้ากัน (อัตราส่วนเมล็ด 10 กรัม : น้ำ 5 มิลลิลิตร : วัสดุตัวกลาง 1 กรัม) นำเมล็ดใส่ถุงที่ปิดสนิท นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 15 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เมื่อครบกำหนดเวลานำเมล็ดออกมาล้างด้วยน้ำเปล่าโดยล้างผ่านน้ำไหลเป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้นซับน้ำที่ผิวเมล็ดและนำไปลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นแบบลมแห้งและการหมุนเหวี่ยง รุ่น KKU 40-2 จนมีความชื้นอยู่ระหว่าง 6-8 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพในลักษณะต่างๆ ได้แก่ ความงอก และความเร็วในการงอกทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและในสภาพเรือนทดลอง

การบันทึกข้อมูล

ตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่างๆ ได้แก่ ความงอก และความเร็วในการงอกในห้องปฏิบัติการและในสภาพเรือนทดลอง ตามวิธีมาตรฐานของ ISTA (2004) ดำเนินการทดลองที่ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ โรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

1. ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เพาะในห้องปฏิบัติการ

สุ่มนับเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ 100 เมล็ดต่อซ้ำ จำนวน 3 ซ้ำ วางบนกระดาษเพาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตรที่ชื้น ซึ่งซ้อนกันอยู่ 2 ชั้น ในจานแก้ว (petridish) แล้วปิดทับด้วยกระดาษเพาะ 1 ชั้น จากนั้นนำไปไว้ในตู้เพาะที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 20-30 องศาเซลเซียส การประเมินความงอกหลังเพาะเมล็ดแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ เมื่ออายุ 3 วัน นับทุกวันจนถึง 5 วัน โดยนับจากเมล็ดที่มีความยาวของรากโผล่พ้นจากเมล็ด (radicle emergence) ที่มีความยาว 5 มิลลิเมตร และประเมินความงอกหลังเพาะเมล็ดเมื่ออายุ 5 วัน นับทุกวันจนถึง 14 วัน (ISTA, 2004) โดยการตรวจนับต้นกล้าที่งอกปกติ (seed germination)

2. ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เพาะในเรือนทดลอง

สุ่มนับเมล็ดมะเขือเทศ 100 เมล็ดต่อซ้ำเพาะลงในถาดเพาะที่มีวัสดุพีทมอส (peat moss) ในสภาพ

เรือนทดลอง ให้น้ำ 2 ครั้งต่อวัน และการประเมินความงอกหลังเพาะเมล็ดแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ เมื่ออายุ 3 วัน นับทุกวันจนถึง 5 วัน โดยนับจากต้นที่มีความสูงของส่วน hypocotyl โผล่พ้นวัสดุปลูกที่มีความสูง 2 มิลลิเมตร (hypocotyl emergence) และประเมินความงอกหลังเพาะเมล็ดเมื่ออายุ 5 วัน นับทุกวันจนถึง 14 วัน (ISTA, 2004) โดยการตรวจนับต้นกล้าที่งอกปกติ (seed germination)

3. ความเร็วในการงอกของเมล็ด

ค่าความเร็วในการงอกของเมล็ดที่เพาะในห้องปฏิบัติการและในสภาพเรือนทดลอง สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ความเร็วในการงอก} = \sum \left[\frac{\text{จ.น.ต้นกล้าปกติ 5 วันหลังเพาะ...+ ...จ.น.ต้นกล้าปกติ 14 วันหลังเพาะ}}{\text{จ.น.วันที่ตรวจนับครั้งแรก (5 วัน) ... จ.น.วันที่ตรวจนับครั้งสุดท้าย (14 วัน)}} \right]$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ ตามแผนการทดลอง 2x5 Factorial Experiments in CRD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป SAS

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. ความงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมที่เพาะในห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง

จากการศึกษาพบว่าการทำ matrix priming ด้วยวัสดุตัวกลาง 5 ชนิด และอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 2 ระดับ มีผลให้ความงอกในห้องปฏิบัติและสภาพเรือนทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และพบปฏิกิริยาสัมพันธ์ของทั้งสองปัจจัย (Tables 1, 3) ซึ่งการทำ matrix priming ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพสูงที่สุด และทุกกรรมวิธีทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดชุดควบคุม โดยเฉพาะการทำ matrix priming ด้วย calcium silicate, vermiculite และ zeolite ทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง (Tables 1, 3) เนื่องจากการให้ความชื้นโดยวิธีการ matrix priming เป็นการควบคุมการดูดน้ำของเมล็ดให้คล้ายกับการดูดความชื้นในธรรมชาติของพืชที่อยู่ในวัสดุปลูก โดยเมล็ดจะถูกผสมเข้ากับของแข็งที่เปียก แต่จะหยุดกิจกรรมก่อนการงอกของราก (Gray et al., 1990; Hardegree and Emmerich, 1992) ของแข็ง (วัสดุตัวกลาง) จะทำหน้าที่เป็นตัวพาจะทำให้ค่า matrix potential ต่ำ ซึ่ง วันชัย (2538) ได้อธิบายไว้ว่า ในดินหรือในวัสดุปลูกจะมีค่า water potential ของตัวเอง ซึ่งต่างจากเซลล์เมล็ดในดินหรือวัสดุปลูกจะมีเพียงค่า matrix potential ส่วนค่า osmotic potential จะมีเฉพาะดินที่เป็นเกลือ และไม่มีค่า pressure potential ในดิน ดังนั้นความแตกต่างของ water potential ระหว่างดินกับภายในเซลล์ของเมล็ดจึงเป็นตัวระบุอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายนอกเซลล์เข้าสู่เมล็ด โดยน้ำจะเคลื่อนที่จากที่มีค่า water potential สูงไปสู่ที่ที่มีค่า water potential ต่ำกว่าเสมอ ส่วนน้ำจะมีความสามารถในการจับยึดกับผิวของเมล็ด (Khan, 1992) ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยลดความเสียหายเนื่องจากการดูดซับน้ำ ไม่ให้น้ำเข้าสู่เซลล์ภายในเมล็ดมากเกินไป ทำให้เมล็ดมีการซ่อมแซมและจัดเรียงตัวใหม่ของผนังเซลล์ (Khan et al., 1979) ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Khan (1992) ศึกษาผลของการทำ matrix priming กับเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศและมะเขือม่วง ทำให้ความงอกและความสม่ำเสมอของต้นกล้าเพิ่มขึ้น ต่อมา Ewa et al. (2003) ได้ศึกษาอิทธิพลของ matrix conditioning ต่อการงอกของเมล็ดหัวหอม โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการงอกคือ 20 องศาเซลเซียส จึงได้ทำการศึกษาอุณหภูมิต่างๆ กัน พบว่า อุณหภูมิที่ต่ำกว่า optimal temperature (5-20 °C) ทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าอุณหภูมิสูง (25-40 °C) จากนั้นได้ศึกษาอิทธิพลของ matrix conditioning ด้วย Microcel E (calcium silicate) ที่อุณหภูมิต่างกัน (5-25 °C) เป็นเวลา 5 วัน พบว่าที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอก น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น และลดการรั่วไหลของอิเล็กตรอน (electron leakage) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดปกติ

2. ความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมที่เพาะในห้องปฏิบัติการและในสภาพเรือนทดลอง

จากการศึกษาพบว่าการทำ matrix priming ด้วยวัสดุตัวกลาง 5 ชนิด และอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 2 ระดับ มีผลทำให้ความเร็วในการทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และพบปฏิกิริยาสัมพันธ์ของทั้งสองปัจจัย **(Tables 2, 4)** การทำ matrix priming ด้วยอุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 15 และ 25 องศาเซลเซียส พบว่าการทำ matrix priming ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความเร็วในการงอกมากกว่าการทำ matrix priming ด้วยอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเมล็ดชุดควบคุมกับวัสดุตัวกลาง 4 ชนิด พบว่าการทำ matrix priming ด้วย calcium silicate, vermiculite และ zeolite ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความเร็วในการงอกเพิ่มขึ้น **(Tables 2, 4)** เพราะอุณหภูมิมีผลต่อปฏิกิริยาเคมีและกิจกรรมของเอนไซม์ในกระบวนการทางสรีรวิทยาและชีวเคมีต่างๆ (วันชัย, 2538) และวัสดุตัวกลางเหล่านี้มีคุณสมบัติที่มีความพรุน สามารถควบคุมการดูดน้ำของเมล็ดและรักษาความชื้นที่จะนำไปใช้ในเมล็ดโดยอาศัยความต่างศักย์ของน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Hasan (1998) ศึกษาการทำ matrix conditioning กับเมล็ดถั่วฝักยาว โดยใช้ขี้เลื่อยและเวอร์มิคูไลต์ ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน พบว่า ความสม่ำเสมอและความเร็วในการงอกเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมการงอก เช่นเดียวกัน Gokhan and Jermaine (2006) ทำการศึกษา matrix conditioning โดยใช้ Microcel-E (calcium silicate) กับเมล็ดพันธุ์พริก เป็นเวลา 5 วัน พบว่า การทำ matrix conditioning สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความงอกและยังลดเวลาเฉลี่ยในการงอกถึง 10 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับไม่ผ่านการเตรียมการงอก

Table 1 Effects of matrixpriming methods and different temperatures on germination percentage under laboratory.

Matrix priming methods	Radical emergence Temperature (°C)		AVG	Seed germination Temperature (°C)		AVG
	15	25		15	25	
1. control	68	53	60 b	74	52	63 c
2. Calcium silicate	100	100	100 a	96	97	96 a
3. Vermiculite	98	98	98 a	98	96	97 a
4. Zeolite	100	100	100 a	99	95	97 a
5. Talcum	100	100	100 a	99	64	82 b
AVG	93 a	90 b		93 a	81 b	
DMRT at p<0.01						
Temperature (Temp)	**			**		
Matrixpriming methods (MM)	**			**		
Temp x MM	**			**		

AVG = Avarage

Table 2 Effects of matrixpriming methods and different temperatures on speed of germination under laboratory.

Matrix priming methods	Speed of radical emergence Temperature (°C)		AVG	Speed of germination Temperature (°C)		AVG
	15	25		15	25	
1. control	22.56	13.88	18.22 b	11.82	7.98	9.90 c
2. Calcium silicate	33.22	33.22	33.22 a	15.89	16.07	15.98 a
3. Vermiculite	32.78	32.78	32.78 a	16.27	15.94	16.10 a
4. Zeolite	33.22	33.22	33.22 a	16.40	15.72	16.06 a
5. Talcum	33.22	33.22	33.22 a	16.46	10.31	13.39 b
AVG	30.99 a	29.26 b		15.37 a	13.20 b	
DMRT at p<0.01						
Temperature (Temp)	**			**		
Matrixpriming methods (MM)	**			**		
Temp x MM	**			**		

AVG = Avarage

Table 3 Effects of matrixpriming methods and different temperatures on germination percentage under greenhouse.

Matrix priming methods	Radical emergence Temperature (°C)		AVG	Seed germination Temperature (°C)		AVG
	15	25		15	25	
1. control	75	68	71 c	73	68	71 c
2. Calcium silicate	98	98	97 a	97	96	97 a
3. Vermiculite	96	94	95 a	96	94	95 a
4. Zeolite	98	92	95 a	97	89	93 a
5. Talcum	99	56	78 b	99	64	82 b
AVG	93 a	81 b		92 a	82 b	
DMRT at p<0.01						
Temperature (Temp)	**			**		
Matrixpriming methods (MM)	**			**		
Temp x MM	**			**		

AVG = Avarage

Table 4 Effects of matrixpriming methods and different temperatures on speed of germination under greenhouse.

Matrix priming methods	Speed of radical emergence Temperature (°C)		AVG	Speed of germination Temperature (°C)		AVG
	15	25		15	25	
1. control	14.88	13.97	14.43 c	11.56	10.93	11.25 c
2. Calcium silicate	28.82	28.93	28.88 a	16.06	15.98	16.02 a
3. Vermiculite	29.46	29.44	29.45 a	15.98	15.60	15.79 a
4. Zeolite	29.96	27.89	28.93 a	16.02	14.88	15.45 a
5. Talcum	30.44	14.12	22.28 b	16.36	10.57	13.47 b
AVG	26.71 a	22.87 b		15.20 a	13.59 b	
DMRT at p<0.01						
Temperature (Temp)	**			**		
Matrixpriming methods (MM)	**			**		
Temp x MM	**			**		

AVG = Avarage

สรุป

การทำ matrixpriming ด้วยวัสดุที่แตกต่างกัน ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความเร็วในการงอกทั้งในห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลองมีความแตกต่างกัน และพบปฏิกิริยาสัมพันธ์ของทั้งสองปัจจัย โดยการเตรียมการงอกที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ร่วมกับการทำ matrixpriming ด้วย calcium silicate, vermiculite และ zeolite ทำให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพสูงที่สุด

คำขอบคุณ

ขอบคุณโรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น บริษัท เอจี ยูนิเวอร์แซล จำกัด และและทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณ สถานที่ วัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2537. สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. จตุจักร, กรุงเทพฯ.

สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย. 2555. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเมล็ดพันธุ์ควบคุม ประจำปี 2555. แหล่งข้อมูล: http://www.thasta.com/welcom.asp. ค้นเมื่อ 24 มกราคม 2556.

Ewa, K., P.K. Justyna, and J. Kepczynski. 2003. Effect of matriconditioning on onion seed germination, seedling emergence and associated physical and metallic events. Plant Growth Regulation. 41: 269-278

Gokhan, H., and W. Jermaine. 2006. Optimum matricondition treatments for improving pepper seed germination. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 119: 282-283.

Gray, D., J.R.A. Steckel, and L.J. Hands. 1990. Responses of vegetable seeds to controlled hydration. Annual Botany. 66: 227-235.

Harddegree, S.P., and W.E. Emmerich. 1992. Seed germination response of four south-western range grasses to equilibration at sub-germinatio matric-potentials. Agronomy Journal. 84: 994-998.

Hasan, A., S. Ilyas, D. Sudarsono, and U.J. Siregar. 1998. Effect of invigoration treatment applied on different levels of seed vigor on physiological and biochemical changes in yard-long bean (*Vignaunguiculata* L. Walp.) seeds. Thesis, Graduate School, Bogor Agricultural University. P. 74.

ISTA. 2004. The Germination Test. International Rules for Seed Testing.

Khan, A.A. 1992. Pre-plant physiological seed conditioning. In Horticultural Reviews 14. John Willey and Sons, New York, P.131-181.

Khan, A.A., C.M. Karssen, E.F. Leue, and C.H. Roe. 1979. Precondition of Seed to Improved Performance. Plant Regulation and World Agriculture. Plenum press, New York.