Agricultural Sci. J. 38 : 5 (Suppl.) : 168-172 (2007) ว. วิทย. กษ. 38 : 5 (พิเศษ) : 168-172 (2550)

ผลของการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่มีคุณภาพต่างกัน โดยวิธีการทำ seed priming
The effect of seed priming on different of sweet pepper seed quality

พจนา สีขาว[1] **และบุญมี ศิริ**[1]
Potjana Srikaow[1] and Boonmee Siri[1]

Abstract

The objective of this experiment focuses on the effect of seed priming on sweet pepper seeds after accelerated aging with various priming conditions. The sweet pepper seeds were accelerated aging by treated at 42°C with relative humidity 100% for 10 days. The accelerated aging seeds were taken on day 0, 3 and 6 and then soaked in priming solution at 15°C. The four different conditions of chemical solutions with optimum concentration and soaking time are 200 mg/L Vitamin C for 12 hours, -1.5 MPa PEG6000 for 6 days, 3%KNO_3 for 6 hours, and 1%KNO_3 with 1%KH_2PO_4 for 6 hours. The results showed that all conditions of seed priming enhanced seed germination and germination index. Moreover, priming seeds with 200 mg/L Vitamin C and 1%KNO_3 with 1%KH_2PO_4 exhibited the obvious enhancing seed germination in both laboratory test and field determination. The results would pave the way to improve the seed quality by using seed priming method.

Keywords: sweet pepper (*Capsicum annuum* L.), sweet pepper seed, seed priming, chemical solutions, seeds quality

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริกหวานจากการกระตุ้นการงอกของเมล็ดด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ โดยวิธี seed priming ดำเนินการทดลองโดยนำเมล็ดพันธุ์พริกหวานมาทำให้เสื่อมคุณภาพในระดับต่างๆ ด้วยการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 วัน โดยสุ่มตัวอย่างนำเมล็ดออกจากตู้เร่งอายุทุกๆ วัน จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเร่งอายุและผ่านการเร่งอายุที่เวลานาน 3 และ 6 วัน มากระตุ้นการงอกโดยการแช่เมล็ดด้วยสารเคมี ความเข้มข้นและเวลาต่างกัน 4 วิธี คือ 1)Vitamin C ความเข้มข้น 200 mg/l เป็นเวลา 12 ชั่วโมง 2)Polyethylene glycol 6000 ความเข้มข้น -1.5 MPa เป็นเวลา 6 วัน 3)KNO_3 ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และ 4)KNO_3 ความเข้มข้น 1% ร่วมกับ KH_2PO_4 ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยการแช่สารละลายแต่ละชนิดใช้อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส หลังกระตุ้นการงอกด้วยวิธีการต่างๆ พบว่า การกระตุ้นการงอกของเมล็ดด้วยทุกวิธีการทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดเพิ่มมากขึ้น โดยการกระตุ้นการงอกโดยใช้ Vitamin C และ KNO_3 ร่วมกับ KH_2PO_4 ทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เพาะในห้องปฏิบัติการและเรือนทดลองเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้วิธีอื่น

คำสำคัญ : พริกหวาน, เมล็ดพันธุ์พริกหวาน, การกระตุ้นการงอก, สารเคมี, คุณภาพของเมล็ดพันธุ์

บทนำ

เมล็ดพันธุ์พริกหวานเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีมูลค่าสูง เมล็ดพันธุ์มีการส่งออกมากกว่าการนำเข้า (ลำใย, 2545) ในด้านการผลิตนั้น เมล็ดพันธุ์จัดเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญที่สุดในการผลิตพืช ดังนั้นจึงต้องมีการใช้เมล็ดพันธุ์ดีที่เพียงพอต่อการเพาะปลูก ซึ่งสาเหตุของปัญหานี้อาจเกิดจากการเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในกระบวนการผลิต และการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดตามธรรมชาติ (Basavaraja et al.,1998) วิธีการปรับปรุงการงอกของเมล็ดพันธุ์พืชก่อนการเพาะปลูกเป็นวิธีที่นำมาใช้การแช่เมล็ดก่อนการเพาะความงอกในห้องปฏิบัติการ และในสภาพไร่ ในสารละลายที่มีความเข้มข้น อุณหภูมิที่เหมาะสม และแช่ในช่วงระยะเวลาที่นานเพียงพอที่จะทำให้เมล็ดมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการเมตาบอลิซึมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในได้ ซึ่งทำให้เมล็ดมีความพร้อมที่จะงอกแต่ไม่ทำให้เมล็ดงอก จากนั้นล้างสารละลายออกแล้วนำเมล็ดไปทำให้แห้งลงระดับหนึ่งก่อนที่จะนำไปปลูก หรือเก็บรักษาต่อไป ซึ่งเรียกวิธีนี้ว่า การทำ Seed Priming เป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทางสรีรวิทยาให้ดีขึ้นโดยเมล็ดจะดูดซับความชื้นจนเพียงพอต่อความต้องการสำหรับการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้า (Bray, 1995 and

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

McDonald, 2000) แต่การทำ Seed Priming ให้สำเร็จขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย พันธุ์พืช อายุของเมล็ดพันธุ์ ระยะเวลาในการแช่เมล็ด อุณหภูมิ ชนิด และความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์ ซึ่งในการทดลองนี้ได้ศึกษาผลของการทำ seed priming ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่มีคุณภาพเบื้องต้นต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์พริกหวาน

นำเมล็ดพันธุ์พริกหวานมาเร่งอายุ โดยใช้อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 100 เปอร์เซ็นต์ แล้วจึงสุ่มตัวอย่างทุกๆ 24 ชั่วโมง จนถึง 240 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุแล้วมาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่างๆ แล้วนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ 0, 3 และ 6 วัน ไปทำ seed priming

2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหวานหลังการกระตุ้นการงอกของเมล็ดด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ

การกระตุ้นการงอกของเมล็ดด้วยสารเคมี 4 ชนิด คือ 1)Vitamin C ความเข้มข้น 200 mg/L เป็นเวลา 12 ชั่วโมง 2)Polyethylene glycol 6000 ความเข้มข้น -1.5 MPa เป็นเวลา 6 วัน 3)KNO_3 ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และ 4)KNO_3 ความเข้มข้น 1% ร่วมกับ KH_2PO_4 ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยใช้อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นำเมล็ดพริกหวานที่ไม่ผ่านการเร่งอายุและผ่านการเร่งอายุที่เวลานาน 3 และ 6 วัน จากหัวข้อที่ 1 มาใส่ลงในบิกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นจึงเทสารละลายที่เตรียมจากสารเคมีแต่ละชนิดตามความเข้มข้นที่กำหนด โดยให้เมล็ดพันธุ์จมอยู่ในสารละลายแต่ละชนิดจากนั้นปิดปากบิกเกอร์แก้วด้วยแผ่นอะลูมิเนียมฟลอยด์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วจึงนำไปไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิเป็นระยะเวลาตามที่กำหนด เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วจึงล้างเมล็ดด้วยน้ำเปล่าโดยการล้างผ่านน้ำไหลประมาณ 5 นาที แล้วจึงทำให้แห้งในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนระดับความชื้นของเมล็ดพันธุ์อยู่ระหว่าง 7–8 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่างๆ ได้แก่ ความงอกในห้องปฏิบัติการและในสภาพเรือนทดลอง ความเร็วในการงอก และน้ำหนักแห้งของต้นกล้า

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่มีคุณภาพต่างกัน โดยวิธี seed priming พบว่าการกระตุ้นการงอกของเมล็ดด้วยทุกวิธีการทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดเพิ่มมากขึ้น โดยเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเร่งอายุมีความงอกของเมล็ดเมื่อเพาะในห้องปฏิบัติการเพิ่มมากที่สุดหลังจากกระตุ้นการงอกของเมล็ดด้วย Vitamin C และ KNO_3 ร่วมกับ KH_2PO_4 ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้กระตุ้นการงอกของเมล็ด และการกระตุ้นการงอกของเมล็ดด้วยทุกวิธีการทำให้ความงอกของเมล็ดเมื่อเพาะในสภาพเรือนทดลองเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้กระตุ้นการงอกของเมล็ด เป็นไปในทางเดียวกันกับเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 6 วัน เมื่อนำมากระตุ้นการงอกของเมล็ดด้วยกรรมวิธีต่างๆ แล้ว พบว่า Vitamin C ทำให้เมล็ดพันธุ์พริกหวานมีความงอกของเมล็ดที่เพาะในห้องปฏิบัติการเพิ่มขึ้นมากที่สุด และเมื่อเพาะความงอกของเมล็ดในสภาพเรือนทดลอง พบว่าหลังจากกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ด้วย Vitamin C และ KNO_3 ร่วมกับ KH_2PO_4 แล้วทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้นมากที่สุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้กระตุ้นการงอกของเมล็ด (Table 1)

เมื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่มีคุณภาพต่างกันหลังจากการกระตุ้นการงอกของเมล็ด พบว่า เมื่อนำเมล็ดที่ไม่ผ่านการเร่งอายุมากระตุ้นการงอกของเมล็ดด้วย Vitamin C และ KNO_3 ร่วมกับ KH_2PO_4 สามารถทำให้เมล็ดงอกได้เร็วที่สุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้กระตุ้นการงอกของเมล็ด ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3 และ 6 วัน (Table 2)

และเมื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักแห้งของต้นกล้า พบว่า เมื่อกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุและเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน ด้วยทุกวิธีการทำให้เมล็ดมีน้ำหนักแห้งของต้นกล้ามากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้กระตุ้นการงอกของเมล็ด โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 6 วัน พบว่า หลังจากกระตุ้นการงอกของเมล็ดด้วยทุกวิธีการทำให้น้ำหนักแห้งของต้นกล้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นการงอกของเมล็ดซึ่งไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้กระตุ้นการงอก (Table 3)

Table 1 Change of germination of sweet pepper seeds from different accelerated aging periods by seed priming methods.

Solution treatments	Accelerated aging periods (days)					
	0		3		6	
	Laboratory[1/]	Field[1/]	Laboratory	Field	Laboratory	Field
Control	90.00b	82.66b	74.00b	76.33	68.66c	53.00d
Vitamin C	96.66a	92.33a	89.00a	77.66	74.00b	74.00a
PEG6000	88.33b	94.33a	74.66b	79.66	71.00bc	58.33c
KNO_3	92.33b	93.66a	82.33ab	77.00	71.33bc	65.00b
$KNO_3 + KH_2PO_4$	96.00a	94.66a	87.66a	76.66	85.66a	71.33a
F-test	**	**	**	ns	**	**
C.V.(%)	2.77	2.27	5.56	2.78	3.46	3.00

ns, ** non-significant and significant at $p \leq 0.01$ level. respectively.

[1/]Means within a column followed by the same letter do not different significantly according to DMRT.

Table 2 Change of germination index of sweet pepper seeds from different accelerated aging periods by seed priming methods.

Solution treatments	Accelerated aging periods (days)					
	0		3		6	
	Laboratory[1/]	Field[1/]	Laboratory	Field	Laboratory	Field
Control	10.52d	11.37b	8.23c	9.83b	7.17d	6.39e
Vitamin C	13.16a	12.87a	10.87a	10.52a	8.64b	9.83a
PEG6000	11.20c	13.10a	9.31bc	10.41a	7.88c	7.33d
KNO_3	12.38b	13.09a	10.30ab	10.40a	7.94c	8.33c
$KNO_3 + KH_2PO_4$	12.86a	13.21a	11.22a	10.47a	9.38a	9.25b
F-test	**	**	**	*	**	**
C.V.(%)	1.75	1.76	6.41	2.40	4.12	2.95

*, ** significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$ level. respectively.

[1/]Means within a column followed by the same letter do not different significantly according to DMRT.

Table 3 Change of seedling dry weight of sweet pepper seeds from different accelerated aging periods by seed priming methods.

Solution treatments	Accelerated aging periods (days)					
	0		3		6	
	Laboratory[1/]	Field	Laboratory	Field[1/]	Laboratory	Field
Control	0.034b	0.092	0.036	0.081ab	0.036	0.078
Vitamin C	0.034b	0.102	0.034	0.096a	0.038	0.089
PEG6000	0.037ab	0.100	0.035	0.073b	0.036	0.091
KNO_3	0.040a	0.101	0.036	0.094a	0.036	0.082
$KNO_3 + KH_2PO_4$	0.039a	0.101	0.035	0.093a	0.032	0.092
F-test	*	ns	ns	*	ns	ns
C.V.(%)	5.74	10.67	8.28	10.74	9.21	10.24

ns, * non-significant and significant at $p \leq 0.05$ level. respectively.

[1/]Means within a column followed by the same letter do not different significantly according to DMRT.

ทั้งนี้เนื่องจาก Sathiyamoorthy และ Nakamura (1995) อธิบายว่า การป้องกันสารอินทรีย์ที่จะถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย โดยการใช้สารบางชนิดเช่น วิตามินซี และวิตามินอี จับกับอนุมูลอิสระ แทนที่อนุมูลอิสระจะจับกับสารอนินทรีย์ภายในเซลล์เมล็ด จนทำให้เกิดการเสียสภาพ เป็นวิธีการหนึ่งที่ลดการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ สอดคล้องกับงานทดลองของ พจนา และ บุญมี (2549) ได้ศึกษาการทำ seed priming กับเมล็ดพันธุ์พริกหวานสด โดยแช่เมล็ดด้วย Vitamin C ความเข้มข้น 400 mg/L, KNO_3 ความเข้มข้น 4 % และ NaCl ความเข้มข้น 200 mM เป็นเวลา 30 และ 60 นาที โดยใช้อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า ทุกวิธีการสามารถทำให้ความเร็วในการงอกของเมล็ด และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าเพิ่มขึ้น และได้ผลเช่นเดียวกับงานของ บุญมี และคณะ (2550) ซึ่งได้ทดลองในเมล็ดมะเขือเทศลูกผสมโดยใช้ KNO_3 ความเข้มข้น 2% และ NaCl ความเข้มข้น 200 mM ทำให้ความงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้น 26.33% และ 28.67% ตามลำดับ

ส่วน KNO_3 จะแตกตัวเป็น K^+ และ NO_3^- โดยไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบของโปรโตพลาสซึมและผนังของเซลล์พืชจะอยู่ในรูปของ NO_3^- พืชจะต้องรีดิวซ์ NO_3^- ให้เป็น NH_4^+ แล้วนำ NH_4^+ ไปใช้สร้างกรดอมิโนต่อไป ซึ่ง N เป็นองค์ประกอบของสารชีวะโมเลกุลมากมายในเซลล์พืชไม่ว่าจะเป็นโปรตีน กรดอะมิโน คลอโรฟิลล์ โคเอนไซม์และฮอร์โมนบางชนิด (ปิยะดา, 2542; สุมนทิพย์, 2542ข) โดยไนเตรทที่เมล็ดดูดเข้าไป จะช่วยให้เกิดการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น มีผลทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น (สรสิทธิ์, 2518) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Revas et al. (1984) ได้ศึกษาการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดพริก โดยทำการแช่เมล็ดใน 3% KNO_3 ระยะเวลา 144 ชั่วโมง และแช่ในสารละลาย polyethylene glycol 6000 ที่มีค่าความต่างศักย์ของน้ำเท่ากับ -4 bar นาน 120 ชั่วโมง พบว่า สามารถทำให้อัตราการงอกเพิ่มขึ้น โดยเมล็ดที่แช่ในสารละลาย 3% KNO_3 การงอก hypocotyl ของเมล็ดใช้เวลาในการงอกประมาณ 1-3 วัน ซึ่งเร็วกว่าเมล็ดที่แช่ด้วย PEG_{6000} และเมล็ดที่แช่ใน KNO_3 ให้ผลในการงอกเร็วขึ้น โดยจะเร่งการเจริญเติบโตของต้นกล้าให้เร็วขึ้น ส่วนการแช่เมล็ดใน PEG_{6000} ปรากฏว่าไปขัดขวางการเจริญเติบโตของต้นกล้า ส่วน K^+ จะละลายอยู่ในไซโทพลาสซึมและแวคคิวโอลทำหน้าที่หลักในการรักษาค่าออสโมติกโพเทนเชียลของเซลล์ นอกจากนี้ K^+ ยังทำหน้าที่กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์มากกว่า 40 ชนิด โดยเฉพาะเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แป้งและโปรตีน (ปิยะดา, 2542; สุมนทิพย์, 2542ข)

และเมื่อใช้ร่วมกับ KH_2PO_4 ซึ่งเป็นสารในกลุ่มของฟอสเฟต (PO_4^-) ฟอสฟอรัสในเซลล์พืชในรูปของ $H_2PO_4^-$ และดูด HPO_4^{2-} ได้บ้างเล็กน้อย ฟอสฟอรัสภายในเนื้อเยื่อพืชส่วนใหญ่ จะอยู่ในรูปของฟอสเฟตเอสเตอร์ เช่น sugar phosphates ชนิดต่างๆ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในกระบวนการหายใจ การสังเคราะห์แสง และเมตาบอลิซึมหลักอื่นๆ ทั้งนี้ยังเป็นส่วนประกอบของ ATP ADP Pi และ PPi ซึ่งมีบทบาทในเมตาบอลิซึมของพลังงานภายในเซลล์ และยังเป็นส่วนประกอบของโปรโตพลาสซึมและผนังเซลล์ของพืช (ปิยะดา, 2542; สุมนทิพย์, 2542ข) สอดคล้องกับงานของ Giri and Schillinger (2003) ได้ศึกษาการทำ seed priming กับเมล็ดข้าวสาลี โดยใช้สารละลาย คือ น้ำ, KCl ความเข้มข้น 2 และ 4%, KH_2PO_4 ความเข้มข้น 0.5 และ 1%, Polyethylene Glycon (PEG) ความเข้มข้น 10 และ 20% และเมล็ดที่ไม่ใช้สารเคมี เป็นเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ภายใต้แสงปกติ แล้วตรวจสอบความงอกของเมล็ดพบว่า สารเคมีทุกชนิดทำให้เมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้น

สรุป

การกระตุ้นการงอกของเมล็ดด้วยทุกวิธีการทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสารเคมีที่สามารถยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้สูงขึ้นและทำให้มีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้กระตุ้นการงอกของเมล็ด คือ Vitamin C ความเข้มข้น 200 mg/l แช่เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และ KNO_3 ความเข้มข้น 1% ร่วมกับ KH_2PO_4 ความเข้มข้น 1% แช่เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

คำขอบคุณ

บริษัท เอ.จี. ยูนิเวอร์แซล จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้เมล็ดพันธุ์พริกหวาน โรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ สาขาวิชาพืชไร่ และศูนย์วิจัยและควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สาขาวิชากีฏวิทยา ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

ลำใย โกวิทยากร. 2545. ความสำคัญของเมล็ดพันธุ์ในธุรกิจการเกษตร. การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บุญมี ศิริ, ณัฐธิดา ทองนาค, ปิยะนุช เทียงดีฤทธิ์ และ พจนา สีขาว. 2550. ผลของการกระตุ้นการงอกด้วยสารเคมีต่างชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม. วารสารแก่นเกษตร. 35(ฉบับพิเศษ): 64-71.

ปิยะดา ธีรกุล. 2542. ธาตุอาหารพืช. สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

พจนา สีขาว และ บุญมี ศิริ. 2549. ผลของการคัดแยกโดยใช้ของเหลวและการกระตุ้นการงอกของเมล็ดเปียกด้วยสารเคมีต่างชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริกหวาน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 37(6)(พิเศษ): 177-180.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2518. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุมนทิพย์ บุนนาค. 2542ข. ธาตุอาหารพืชและการลำเลียง. สรีรวิทยาเบื้องต้นของพืช. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

Basavaraja, P.K., A. Nagaraja, R.C. Jagadeesha, H.S. Yogeesha, and H. Junathaiah. 1998. Effect of copper ore tailings on fruit yield and seed quality of chilli. Kanataka Journal of Agricultural Sciences 11: 815-817.

Bray, C.M. 1995. Biochemical process during the osmopriming of seeds. In seeds development and germination. USA. 767-789.

Giri, G. S. and W. F. Schillinger. 2003. Seed priming winter wheat for germination, emergence,and yield. Crop Science. 43:2135-2141.

McDonald, M.B. 2000. Seed deterioration: Physiology, repair and assessment. Seed Science and Technology 27: 177- 237.

Rivas, M., F.J. Sundstrom, and R.L. Edwards. 1984. Germination and crop development of hot pepper after seed priming. Hort. Science. 19(2): 279-281.

Sathiyamoorthy, P. and S. Nakamura. 1995. Free radical induced lipid peroxidation in seeds. Israel Journal of Plant Science.4:295-302.