ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชสวน)

ปริญญา

พืชสวน	พืชสวน
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง ผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์พริก

Effect of Chemical Priming on the Germination of Pepper Seeds

(*Capsicum annuum* L.)

นามผู้วิจัย นายนิติภูมิ เจริญศรีสัมพันธ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(อาจารย์พิจิตรา แก้วสอน, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(อาจารย์ปริยานุช จุลกะ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฏฐ พิชกรรม, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์พริก

Effect of Chemical Priming on the Germination of Pepper Seeds (*Capsicum annuum* L.)

โดย

นายนิติภูมิ เจริญศรีสัมพันธ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชสวน)

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิติภูมิ เจริญศรีสัมพันธ์ 2555: ผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์พริก ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชสวน) สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์พิจิตรา แก้วสอน, Ph.D. 67 หน้า

ศึกษาผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหยวก ณ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2553 ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2554 พบว่า เมล็ดพริกหยวกที่ถูกกระตุ้นความงอกด้วยสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.015% มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกในห้องปฏิบัติการและในสภาพโรงเรือนสูงที่สุด (70.5 และ 88.1% ตามลำดับ) และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุดคือ 9.1 วัน ในขณะที่เมล็ดพริกหยวกที่ถูกกระตุ้นความงอกด้วยสารละลาย Salicylic acid (SA) ความเข้มข้น 0.015% มีความงอกในห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือนต่ำที่สุด (62.3 และ 79.8% ตามลำดับ) และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุดคือ 9.9 วัน เมื่อพิจารณาระยะเวลาการบ่มเมล็ดพันธุ์ พบว่า การบ่มเมล็ดเป็นเวลา 1 วัน มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกในห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือนสูงที่สุด (81.5 และ 90.5% ตามลำดับ) และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่บ่ม (9.2 และ 10.3 วัน ตามลำดับ) ดังนั้นการกระตุ้นความงอกเมล็ดพันธุ์พริกหยวกด้วยสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.015% ร่วมกับการบ่มเมล็ดเป็นเวลา 1 วัน มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกเป็นเวลา 6 เดือน ทำให้ความงอกในห้องปฏิบัติการและความงอกในสภาพโรงเรือนลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก

___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Nitiphum Charoensrisumphan 2012: Effect of Chemical Priming on the Germination of Pepper Seeds (*Capsicum annuum* L.). Master of Science (Horticulture), Major Field: Horticulture, Department of Horticulture. Thesis Advisor: Miss Pichittra Kaewsorn, Ph.D. 67 pages.

The effect of chemical priming on the germination of pepper seeds were investigated at Department of Horticulture, Kasetsart University, Bangkhen Campus during September in 2010 to July 2011. The results revealed that primed seeds in 0.015% GA_3 tended to gave highest germination in both laboratory and greenhouse (70.5 and 88.1%, respectively) and shortest mean germination time (9.1 days). While primed seeds in 0.015% salicylic acid (SA) showed lowest germination in both laboratory and greenhouse (62.3 and 79.3%, respectively) and longest mean germination time (9.9 days). Moreover, seed incubating for 1 day gave higher germination in both laboratory and greenhouse (81.5 and 90.5%, respectively) and shorter mean germination time than non-incubation (9.2 and 10.3 days, respectively). Therefore, primed seeds in 0.015% GA_3 with seed incubating for 1 day tended to gave shortest mean germination time. In addition, the storage of primed seeds for 6 months showed decreasing of germination in both laboratory and greenhouse when compared with control (non-priming).

_____ _____ __ / __ / __

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. พิจิตรา แก้วสอน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ ดร.ปริยานุช จุลกะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เป็นอย่างยิ่งที่กรุณาให้คำปรึกษาในเรื่องการเรียน การค้นคว้าวิจัย และให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุเทวี ศุขปราการ ผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งเป็นผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรียา บุญกอแก้ว ประธานการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ห้องปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือ ตลอดจนเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการศึกษาและการทำวิจัยตลอดมาจนสำเร็จ

นิติภูมิ เจริญศรีสัมพันธ์

พฤษภาคม 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	20
ผลและวิจารณ์	25
สรุปและข้อเสนอแนะ	46
สรุป	46
ข้อเสนอแนะ	46
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	47
ภาคผนวก	57
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหยวก 30
2 ผลของชนิดสารเคมีและระยะเวลาการบ่มเมล็ดพันธุ์พริกหยวกในการกระตุ้นความงอกต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ 37
3 คุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน 44

ตารางผนวกที่

1 เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำหรือสารละลายของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่เวลาต่าง ๆ 61
2 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารเคมีต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหยวก 62
3 อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดสารเคมีกับระยะเวลาการบ่มของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านกระตุ้นความงอกต่อเวลาเฉลี่ยในการงอก 63
4 ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดตาย และเมล็ดสดไม่งอกของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีและระยะเวลาการบ่มเมล็ดที่แตกต่างกัน 64
5 อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดสารเคมีกับระยะเวลาการบ่มของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน ต่อความงอกในห้องปฏิบัติการและความงอกในสภาพโรงเรือน 65
6 ผลของอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านกระบวนการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีและระยะเวลาการบ่มเมล็ดที่แตกต่างกันและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน ต่อต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดตาย และเมล็ดสดไม่งอก 66

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ระยะของการดูดน้ำที่มีผลต่อกระบวนการงอกของเมล็ดโดยทั่วไป	6
2	ระยะเวลาการดูดน้ำหรือสารละลายของเมล็ดพันธุ์พริกหยวก	26
3	ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหยวก	31
4	เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีและระยะเวลาในการบ่มที่แตกต่างกัน	38
5	ผลของชนิดสารเคมีต่อต้นอ่อนผิดปกติของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอก	38
6	ผลของระยะเวลาในการบ่มเมล็ดต่อต้นอ่อนผิดปกติของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอก	39
7	ความงอกในห้องปฏิบัติการของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีและระยะเวลาการบ่มเมล็ดที่แตกต่างกัน หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	45
8	ความงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีและระยะเวลาการบ่มเมล็ดที่แตกต่างกัน หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	45

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
1	ต้นอ่อนปกติ (a), ใบเลี้ยงมีรูปร่างผิดปกติมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (b), ส่วนยอดติดอยู่ในเปลือกหุ้มเมล็ด (c), รากแก้วเจริญเติบโตช้า (d), ลำต้นใต้ใบเลี้ยงเจริญเป็นวง (loop) (e), ใบเลี้ยงเกิด necrotic บริเวณจุดเจริญ (f), ไม่มีรากแก้ว (g), เชื้อราเข้าทำลาย (h)	58
2	เมล็ดสดไม่งอก (a), เมล็ดตาย (b)	58
3	การแช่เมล็ดพันธุ์พริกหยวกร่วมกับการให้อากาศในระหว่างการกระตุ้นความงอก	59
4	การบ่มเมล็ดพันธุ์พริกหยวกภายหลังการกระตุ้นความงอก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์	59
5	การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พริกหยวกภายหลังกระบวนการบ่มเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 เปอร์เซ็นต์	60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์พริก

Effect of Chemical Priming on the Germination of Pepper Seeds
(*Capsicum annuum* L.)

คำนำ

พริกเป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในหลายประเทศทั่วโลก ทั้งในประเทศเขตร้อนและเขตอบอุ่น เนื่องจากพริกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย และมีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเป็นแหล่งพลังงาน ธาตุอาหาร และวิตามินต่าง ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เหล็ก แคลเซียม วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินอี เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสี กลิ่นและรสชาติที่ไม่สามารถใช้ผลผลิตจากพืชชนิดอื่นมาทดแทนได้ (Poulos, 1993) ในประเทศไทยเกษตรกรนิยมปลูกพริกมาเป็นเวลานาน โดยมีพื้นที่ปลูกและผลผลิตมากเป็นอันดับ 1 ของพืชผักทั้งหมด คือประมาณร้อยละ 20-30 ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ ในพ.ศ. 2547 พื้นที่ปลูกพริกของประเทศไทยมีทั้งสิ้น 490,000 ไร่ และมีผลผลิตต่อปี 548,800 ตัน และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในพ.ศ. 2550 พื้นที่ปลูกพริกของประเทศไทยมีทั้งสิ้น 590,965 ไร่ และมีผลผลิตต่อปีสูงถึง 655,649 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2553) การปลูกพริกมีหลายวิธี ได้แก่ การหว่าน หรือการหยอดเมล็ดโดยตรงในแปลงปลูก การเพาะกล้าแล้วย้ายปลูกในแปลงเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยม เพราะได้ต้นกล้าที่แข็งแรงและใช้เมล็ดพันธุ์น้อยกว่าวิธีอื่น ๆ (พิทักษ์, 2540) ดังนั้นการปลูกพริกเพื่อให้ประสบความสำเร็จจึงต้องคำนึงถึงเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ โดยเมล็ดพันธุ์ต้องมีคุณภาพดีคือ มีความงอกสูง ตรงตามพันธุ์ สามารถเจริญเป็นต้นกล้าที่แข็งแรงได้ (Harrington, 1972) แต่ปัญหาที่เกษตรกรผู้ปลูกพริกมักพบอยู่เสมอคือ เมล็ดพริกมีความงอกต่ำ งอกช้า และงอกไม่สม่ำเสมอ ทำให้กำหนดแผนการปลูกได้ยาก และบางครั้งเมล็ดอาจถูกเชื้อโรคที่อยู่ในดินเข้าทำลายเนื่องจากเมล็ดอยู่ในดินนานเกินไป โดยมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย เช่น เมล็ดเสื่อมคุณภาพ การพักตัวของเมล็ด สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ด หรืออาจมีโรคและแมลงติดมากับเมล็ด

การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์มีหลายวิธีที่ทำให้เมล็ดพันธุ์งอกได้เร็วและสม่ำเสมอมากขึ้น ซึ่งการกระตุ้นความงอกของเมล็ดก่อนปลูก หรือ seed priming เป็นวิธีการที่ได้รับความสนใจมากวิธีหนึ่ง (Bradford, 1986) seed priming ได้รับการวิจัยและพัฒนาสำหรับเมล็ดพันธุ์พืชสวน (Welbaum *et al*., 1998) เพื่อเพิ่มความงอก ความเร็วในการงอก และเพิ่มความสม่ำเสมอของต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กล้า ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมการผลิตต้นกล้าพริก มะเขือเทศ หอมใหญ่ แครอท ไม้ประดับ และพืชสมุนไพรหลายชนิด (Halmer, 2008) การกระตุ้นความงอก (seed priming) มีหลายวิธี เช่น osmopriming, hydropriming และ solid matrix priming ซึ่ง osmopriming เป็นการแช่เมล็ดในสารละลายที่มีค่าความต่างศักย์ของน้ำในระดับที่ต่ำ เพื่อชะลอการดูดน้ำของเมล็ดให้ช้าลง สารที่นำมาใช้เพื่อเพิ่มความหนืดของน้ำ มี 2 ประเภท คือ inorganic salt เช่น KNO_3, Na_2SO_4, $KHPO_4$ และ organic salt เช่น polyethylene glycol (PEG), manitol, sorbitol (Frett *et al.,* 1991) เป็นต้น วิธีการนี้สามารถควบคุมปริมาณน้ำที่เมล็ดดูดซึมได้ (McDonald, 2000) ซึ่งบางครั้งสารดังกล่าวจะช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจนและธาตุอาหารอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน แต่หากได้รับสารในปริมาณหรือความเข้มข้นที่ไม่เหมาะสมอาจเป็นพิษต่อต้นอ่อนที่งอกออกมาได้ (Copeland and McDonald, 1995) การกระตุ้นความงอกวิธีนี้นิยมใช้กับเมล็ดขนาดเล็ก เช่น แครอท พริก และมะเขือเทศ (McDonald, 2000) การกระตุ้นความงอกเมล็ดพริกด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดระยะเวลาในการงอกและเพิ่มความงอกของเมล็ด (Amjad, 2007) นอกจากนี้การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเมล็ดพันธุ์ (seed performance) (Finch-Savage *et al*., 1991) การแช่เมล็ดพริกในสารละลายจิบเบอเรลลิน (gibberellin) ความเข้มข้น 0.03 เปอร์เซ็นต์ มีดัชนีการงอกสูงที่สุด แสดงว่าเมล็ดมีความแข็งแรงสูง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารละลายชนิดอื่น ๆ (เบญจรงค์, 2550) นอกจากนี้ สารละลายกรดซาลิไซลิก (salicylic acid; SA) ยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับเมล็ดพริก โดยทำให้เมล็ดทนต่อสภาพเครียดต่าง ๆ ได้ (Lil and Ji-qing, 2008)

จากเหตุผลข้างต้นจึงมีความจำเป็นในการศึกษาการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์พริกด้วยการใช้สารเคมี KNO_3 GA_3 และ Salicylic acid (SA) ที่ระดับความเข้มข้นและระยะเวลาในการกระตุ้นความงอกที่เหมาะสม เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาทำให้เมล็ดงอกได้เร็วและสม่ำเสมอมากยิ่งขึ้น สามารถนำไปปรับใช้ในธุรกิจการผลิตต้นกล้าพริกต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระยะเวลาการดูดน้ำและสารละลายที่เหมาะสมของเมล็ดพันธุ์พริกหยวก

2. เพื่อศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมในการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหยวก

3. เพื่อศึกษาระยะเวลาการบ่มเมล็ดพันธุ์พริกหยวกในการกระตุ้นความงอก

4. เพื่อศึกษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีและระยะเวลาในการบ่มที่แตกต่างกันที่เก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

พริกเป็นผลผลิตทางการเกษตรอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง โดยใช้ประกอบอาหารทั้งในรูปผักสดและเครื่องเทศ มีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเป็นแหล่งวิตามินเอ วิตามินซี และวิตามินอี เป็นแหล่งของพลังงานและธาตุอาหาร เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เหล็ก และแคลเซียม (Rajput and Parulekar, 1998) ประเทศไทยมีการปลูกพริกอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ ทั้งปลูกเป็นผักสวนครัว และปลูกในเชิงการค้าเพื่อบริโภคในประเทศ และส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ การส่งออกพริกในพ.ศ. 2545 มีมูลค่า 2,838,859 บาท และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นโดยในพ.ศ. 2551 มีมูลค่าการส่งออก 18,441,810 บาท (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

พริกมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Capsicum* sp. อยู่ในวงศ์ Solanaceae เช่นเดียวกับมะเขือเทศ มันฝรั่ง และยาสูบ เป็นพืชฤดูเดียว (annual) หรือหลายฤดู (perennial) (Purseglove *et al.,* 1981) ลำต้นสูงประมาณ 1-6 ฟุต ใบเป็นใบเดี่ยว เรียบไม่มีขน เกิดสลับกัน (alternate) ใบคล้ายรูปหอก (lanceolate) (อักษร, 2523) ดอกเป็นดอกเดี่ยวขนาดเล็ก ออกตามข้อ กลีบดอกสีขาว ขาวอมเขียว หรือม่วง ดอกสมบูรณ์เพศ ก้านดอกค่อนข้างใหญ่หนา อาจตั้งตรงหรือเอียง การเกิดผลมีทั้งตั้งขึ้นและห้อยลง ภายในผลมีเมล็ดจำนวนมาก เรียงตัวกันอย่างหนาแน่นบนรก (placenta) (Thompson and Kelly, 1997; Knott, 1962) พริกที่ปลูกทั่วไปแบ่งเป็น 5 กลุ่ม (Purseglove *et al.,* 1981) ได้แก่

Capsicum annuum L. กลีบดอกสีขาว อับละอองเกสรเพศผู้มีสีม่วง ขอบกลีบเลี้ยงเป็นรอยหยัก มี 1-2 ดอกต่อข้อ ก้านช่อดอกห้อยลง ผลเรียวเล็กจนกระทั่งใหญ่ ความยาวผลอยู่ในช่วง 1-25 เซนติเมตร ความกว้างผลมากกว่า 10 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียว ผลแก่มีสีแดง สีส้มอมแดง หรือสีน้ำตาล

Capsicum frutescens L. กลีบดอกสีเขียวอมเหลือง อับละอองเกสรเพศผู้มีสีม่วง กลีบเลี้ยง มีลักษณะคล้ายรูปถ้วย ขอบเรียบ มี 2-5 ดอกต่อข้อ ก้านดอกตั้งขึ้น ผลเล็กเรียวยาว มีรสเผ็ดจัด ผลอ่อนมีสีเหลือง ผลแก่สีแดง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Capsicum chinense Jacp. กลีบดอกสีขาว อับละอองเกสรตัวผู้มีสีม่วง ขอบกลีบเลี้ยงเป็นรอยหยักเล็กน้อย รอยต่อระหว่างก้านผล กลีบเลี้ยงเป็นร่องชัดเจน มี 2-5 ดอกต่อข้อ ความยาวผลอาจยาวถึง 20 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียว เหลือง ผลแก่สีส้มอมแดง สีเหลืองอมแดง และสีน้ำตาล

Capsicum baccatum L. กลีบดอกสีขาว โคนกลีบมีจุดสีเหลือง มี 1-2 ดอกต่อข้อ อับละอองเกสรเพศผู้มีสีน้ำตาล ขอบกลีบเลี้ยงมีรอยหยักชัดเจน รูปร่างผลมีหลายแบบ ผลอ่อนสีเขียว เหลือง ผลแก่สีแดง สีส้มอมแดง สีน้ำตาล

Capsicum pubescens Ruiz. กลีบดอกสีม่วง โคนกลีบขาวหรือเหลือง อับละอองเกสรเพศผู้มีสีม่วง ต้นและใบมีขนมาก ผลอ่อนสีเขียว ผลแก่สีส้ม สีแดง มีรสเผ็ด เมล็ดมีสีดำ ต้องการอากาศหนาวเย็นในการเจริญเติบโต

2. การงอกของเมล็ดพันธุ์

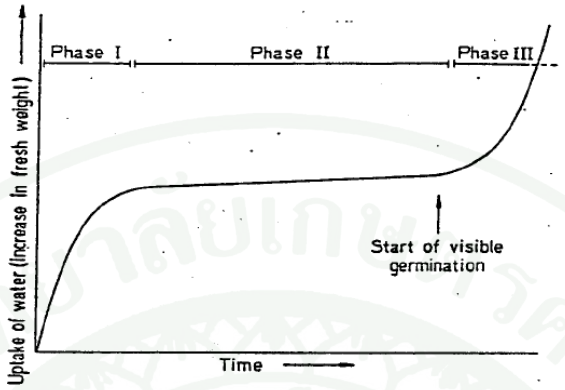
การงอกของเมล็ดเริ่มต้นตั้งแต่การดูดน้ำ (imbibition) และสิ้นสุดที่การยืดตัวของแกนต้นอ่อน ซึ่งโดยปกติจะเป็นการยืดตัวของรากแรกเกิด (radicle) ในระหว่างการงอกของเมล็ดมีกระบวนการต่าง ๆ เกิดขึ้น ได้แก่ การดูดน้ำของโปรตีน (protein hydration) การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างภายในเซลล์ การหายใจ การสังเคราะห์สารโมเลกุลใหญ่ และการยืดตัวของเซลล์ กระบวนการดังกล่าวมีผลร่วมกันทำให้เมล็ดมีการเปลี่ยนแปลงจากต้นอ่อนที่อยู่ในภาวะเงียบ (resting or quiescent embryo) ไปเป็นต้นอ่อนที่มีเมแทบอลิซึมสูง จนกระทั่งมีการเจริญเติบโตปรากฏให้เห็น กระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์มีดังต่อไปนี้ (วันชัย, 2553ก)

2.1 การดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ (Rehydration or Water absorption or Imbibition)

เมล็ดต้องการน้ำเพื่อใช้ในกระบวนการงอก เนื่องจากน้ำช่วยเพิ่มอัตราเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการงอก ดังนั้นกระบวนการแรกที่เกิดขึ้นคือ การดูดน้ำของเมล็ด เมื่อเมล็ดได้รับน้ำหรือความชื้น ในระยะแรกโมเลกุลของน้ำเข้าสู่เมล็ดโดยการแพร่ (diffusion) แรงดูดน้ำของเมล็ดที่เกิดขึ้นในระยะแรกนี้เรียกว่า imbibitional force ซึ่งแรงดูดน้ำจะลดลงเมื่อเมล็ดดูดน้ำเข้าไปมากขึ้น หลังจากนั้นเมล็ดจะมีการดูดน้ำโดยผ่านกระบวนการออสโมซีส (osmosis) เรียกแรงดูดน้ำนี้ว่า osmotic force ซึ่งมีผลต่อความชื้นสุดท้ายของเมล็ดขณะสิ้นสุด hydration phase ซึ่งโดยทั่วไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความชื้นของเมล็ดที่ระยะนี้จะแตกต่างกันไปตามชนิดพืช อาจผันแปรอยู่ในช่วง 30-60 เปอร์เซ็นต์ Bewley and Black (1978) ได้อธิบายความสัมพันธ์ของน้ำกับกระบวนการงอกได้ ดังนี้ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ระยะของการดูดน้ำที่มีผลต่อกระบวนการงอกของเมล็ดโดยทั่วไป

ที่มา : Bewley and Black (1978)

ระยะที่ 1 เมล็ดมีการดูดซึมน้ำเข้าไปภายในเมล็ดจะทำให้เกิดการขยายขนาดของเมล็ดให้ใหญ่ขึ้น ซึ่งระยะนี้เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว การดูดน้ำเริ่มแรกในระยะนี้เป็นผลมาจาก matric force ของผนังเซลล์และเซลล์อื่น ๆ ในเมล็ด การดูดน้ำในระยะนี้เกิดขึ้นได้ทั้งเมล็ดที่มีการพักตัว เมล็ดที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต

ระยะที่ 2 “ระยะงัน” หรือ “lag phase” เมล็ดจะดูดน้ำจนทำให้ค่าความต่างศักย์ของน้ำภายในเมล็ดอยู่ในสภาพสมดุลกับค่าความต่างศักย์ของน้ำจากสภาพแวดล้อม การดูดน้ำในระยะนี้ใช้เวลานานกว่าระยะที่ 1 และมีกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ เกิดขึ้น เช่น การสังเคราะห์กรดนิวคลีอิคและเอนไซม์ต่าง ๆ มีการย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็กเพื่อเคลื่อนย้ายไปยังจุดเจริญ

ระยะที่ 3 เป็นระยะที่เชื่อมต่อจากระยะที่ 2 แต่ระยะนี้จะใช้เวลาน้อยกว่าระยะที่ 2 และเป็นระยะที่สามารถมองเห็นการงอกของเมล็ดได้ด้วยสายตา โดยเมล็ดจะมีการแทงทะลุของปลายรากผ่านเปลือกหุ้มเมล็ดออกมา เรียกว่า เกิดการงอก และจะมีการเจริญเติบโตต่อไป ซึ่งเมล็ดที่ตายและเมล็ดที่พักตัวจะไม่สามารถเข้าสู่ระยะที่ 3 ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ช่วงเวลาการดูดน้ำในแต่ละระยะขึ้นอยู่กับชนิดของเมล็ดพืช ความสามารถในการดูดซึมน้ำของเปลือกหุ้มเมล็ด ขนาดของเมล็ด การดูดใช้ออกซิเจน และความเข้มข้นของน้ำ โดยทั่วไปการดูดน้ำในระยะที่ 1 มักใช้ระยะเวลาสั้นที่สุด ส่วนระยะที่ 2 หรือ ระยะงัน (lag phase) อาจใช้เวลาหลายชั่วโมงหรือนานเป็นวัน และทั้งสองระยะนี้อาจยืดระยะเวลานานออกไปหากเมล็ดมีการพักตัว (วันชัย, 2553ก) เช่น เมล็ดพริกดูดน้ำจนถึงระยะอิ่มตัวเมื่อแช่เมล็ดเป็นเวลา 5-7 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความชื้นประมาณ 45-50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความชื้นในระยะอิ่มตัวนี้เพียงพอต่อการเกิดกระบวนการต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการงอกภายในเมล็ดพริกได้ (วิลาสินี, 2547)

2.2 การย่อยสลายอาหารและการหายใจ (Digestion and Respiration)

เมื่อน้ำเข้าสู่ภายในเมล็ดในปริมาณที่เพียงพอแล้ว น้ำจะกระตุ้นการทำงานขององค์ประกอบต่าง ๆ และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการหายใจภายในเมล็ด ทำให้เกิดการย่อยสลายอาหารต่าง ๆ เช่น โปรตีนเปลี่ยนไปเป็นกรดอะมิโน แป้งเปลี่ยนไปเป็นกลูโคสและซูโครส แล้วได้พลังงานออกมา พลังงานเหล่านี้จะถูกใช้ไปในการเคลื่อนย้ายสารอาหารต่อไป

2.3 การเคลื่อนย้ายและขนส่งอาหาร (Food mobilization and Transportation)

อาหารที่ถูกย่อยนั้นจะถูกทำให้อยู่ในรูปของสารละลายน้ำได้ (soluble) และเคลื่อนย้ายได้ (translocated form) ไปยังจุดเจริญ และมีการสังเคราะห์เป็นสารประกอบชนิดใหม่ขึ้นมาสำหรับใช้ในการเจริญเติบโตของต้นอ่อนต่อไป

2.4 เมแทบอลิซึม (Metabolism)

เมื่อส่วนของต้นอ่อนภายในเมล็ดได้รับพลังงานและแร่ธาตุอาหารต่าง ๆ ต้นอ่อนเริ่มมีการสร้างหรือสังเคราะห์อาหาร และสารประกอบต่าง ๆ ขึ้นมาใหม่ เพื่อใช้สำหรับการเจริญเติบโตต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.5 การเจริญเติบโต (Resumption of growth)

ส่วนของต้นอ่อนเกิดการยืดตัว (intrusion) เนื่องจากการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของเซลล์ (cell division and elongation) โดยทั่วไปส่วนของรากอ่อน (radicle) จะมีการเจริญเติบโตปรากฏให้เห็นก่อน โดยโผล่ออกมาจากเปลือกหุ้มเมล็ดผ่านทางช่องไมโครพายล์ (micropyle) แล้วดันให้เปลือกหุ้มเมล็ดแตกออก และตามด้วยการเจริญของยอดอ่อนจนได้ต้นกล้า (seedling) ที่เจริญเติบโตเต็มที่พร้อมจะเจริญเติบโตเป็นต้นพืชที่แข็งแรงต่อไป

3. ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ด

เมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นของเมล็ดต่ำและยังไม่มีกระบวนการงอกเกิดขึ้น จัดว่าอยู่ในภาวะเงียบ (quiescent state) ในภาวะนี้เมล็ดสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เป็นระยะเวลานานนับปีหรือสิบปีโดยอาจไม่มีเมแทบอลิซึมเกิดขึ้นเลย และสามารถกลับมามีเมแทบอลิซึมได้อย่างปกติอีกครั้งเมื่อได้รับปัจจัยที่เหมาะสม ซึ่งปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ดปกติที่ไม่มีการพักตัว มีดังนี้ (วันชัย, 2553ก; ชยพร, 2546)

3.1 น้ำหรือความชื้น (Water or Moisture) น้ำทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดอ่อนนุ่มลง จึงมีการดูดซึมออกซิเจนเข้าไปภายในเมล็ดได้สะดวกขึ้น ทำให้เมล็ดหายใจเพิ่มขึ้น และน้ำเป็นตัวละลายโปรโตพลาสซึมทำให้กิจกรรมทางชีวเคมีต่าง ๆ ภายในเมล็ดที่เคยหยุดนิ่งหรือเกิดขึ้นช้า ๆ นั้นมีกิจกรรมมากขึ้น และมีอัตราเร็วขึ้น เช่น การย่อย (digestion) สารโมเลกุลใหญ่ไปเป็นสารโมเลกุลเล็กทำให้สะดวกในการเคลื่อนย้ายและได้พลังงานออกมา อีกทั้งน้ำยังเป็นพาหะช่วยในการเคลื่อนย้ายสารอาหารต่าง ๆ ที่เมล็ดเก็บสะสมไว้ให้ถูกนำไปใช้อย่างรวดเร็วขึ้น เมล็ดพืชทั่วไปต้องการความชื้นในการงอกประมาณ 30-60 เปอร์เซ็นต์

3.2 ออกซิเจน (Oxygen) เมล็ดใช้ออกซิเจนในการหายใจเพื่อย่อยสลายอาหารและได้พลังงานออกมาใช้สำหรับการงอก โดยทั่วไปเมล็ดงอกได้ถ้าในบรรยากาศมีออกซิเจนประมาณร้อยละ 20 และถ้าบรรยากาศมีออกซิเจนมากขึ้นอัตราการงอกจะเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 อุณหภูมิ (Temperature) เมล็ดพืชแต่ละชนิดมีช่วงอุณหภูมิเหมาะสมต่อการงอกและการเจริญเติบโตแตกต่างกัน อุณหภูมิสามารถแบ่งได้ 4 ระดับ ดังนี้

3.3.1 อุณหภูมิที่เหมาะสม (Optimum temperature) คือ อุณหภูมิที่เมล็ดงอกได้เร็วที่สุดและมีการงอกสูงที่สุด ซึ่งเมล็ดพืชทั่วไปมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกอยู่ระหว่าง 15-35 องศาเซลเซียส โดยเมล็ดพริกจะงอกได้ดีที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส (ISTA, 2010)

3.3.2 อุณหภูมิต่ำสุด (Minimum temperature) คือ อุณหภูมิระดับต่ำที่สุดที่เมล็ดสามารถงอกได้แต่งอกช้า ซึ่งถ้าหากอุณหภูมิต่ำกว่านี้เมล็ดจะไม่งอก

3.3.3 อุณหภูมิสูงสุด (Maximum temperature) คือ ระดับอุณหภูมิสูงที่สุดที่เมล็ดสามารถงอกได้ หากอุณหภูมิสูงกว่านี้เมล็ดจะไม่งอกและได้รับอันตราย โดยทั่วไปเมล็ดที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบจะมีความต้องการอุณหภูมิสูงสุดในการงอกต่ำกว่าเมล็ดที่มีแป้ง และน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ ตามลำดับ

3.3.4 อุณหภูมิที่ทำให้เมล็ดตาย (Lethal temperature) คือ ระดับอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิสูงสุด ซึ่งเมล็ดพันธุ์ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ ทำให้เมล็ดตาย

3.4 แสง (Light) เมล็ดพืชบางชนิดจำเป็นต้องใช้แสงในการงอก เช่น พริก มะเขือ มะเขือเทศ ยาสูบ ผักกาดหอม ผักกาดเขียวปลี ผักโขม เทียน ปอกระเจา เป็นต้น (จวงจันทร์, 2529) แสงมีผลในการกระตุ้นหรือยับยั้งการงอกของเมล็ด โดยเมล็ดต้องมีการดูดน้ำก่อน และแสงที่มีผลในการกระตุ้นหรือยับยั้งการงอกของเมล็ดต้องเป็นแสงสุดท้ายที่เมล็ดได้รับ โดยแสงสีแดง (red light) ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร เป็นแสงที่กระตุ้นให้เมล็ดงอก เนื่องจากแสงสีแดงจะไปทำลายการพักตัวของเมล็ดได้โดยชักนำให้เกิดการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน (gibberellin) ขึ้นภายในเมล็ด จิบเบอเรลลินจะไปกระตุ้นความงอกของเมล็ดโดยไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น α- และ β- amylase ผ่านชั้นอะลิวโลน (aleurone layer) ส่วนแสงเหนือแดง (far-red light) ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร เป็นแสงที่ยับยั้งการงอกของเมล็ดเนื่องจากแสงเหนือแดง (far-red light) จะเปลี่ยนรูปของไฟโตโครม (phytochrome) จากไฟโตโครมฟาเรด (phytochrome far-red; Pfr) ไปเป็นไฟโตโครมเรด (phytochrome red; Pr) ซึ่งเป็นรูปไม่แอคทีฟของไฟโตโครมทำให้เมล็ดยังคงพักตัว (ชยพร, 2546)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. **การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์** (Seed priming)

Seed priming เป็นกระบวนการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ก่อนนำไปปลูก โดยแช่เมล็ดในน้ำหรือสารเคมีบางชนิดที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อกระตุ้นให้เกิดกระบวนการงอกขึ้นและทำให้หยุดลงก่อนการงอกของรากจะปรากฏโดยการทำให้เมล็ดแห้งลงอีกครั้ง (Bewley and Black, 1982) เมื่อนำเมล็ดไปเพาะปลูกจะทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้นและงอกได้สม่ำเสมอ เพราะเมื่อเมล็ดดูดน้ำอีกครั้งเมล็ดจะเข้าสู่กระบวนการดูดน้ำในระยะที่ 3 ได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการทำ priming (Varier *et al.,* 2010; Bradford, 1986) การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์มี 3 วิธี คือ

4.1 Hydropriming หรือ Prehydration เป็นวิธีกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ด้วยการนำเมล็ดไปแช่น้ำเป็นระยะเวลาที่เหมาะสม ทำให้เมล็ดงอกได้ดีขึ้น งอกเร็วขึ้น และเป็นการหลีกเลี่ยงสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่าง ๆ (Bradford, 1986) เป็นวิธีที่ปฏิบัติได้ง่าย ไม่มีสารพิษตกค้างในเมล็ดและสิ่งแวดล้อม แต่ข้อเสียคือ ไม่สามารถควบคุมการดูดน้ำของเมล็ดได้ ทำให้กระบวนการทางชีวเคมีต่าง ๆ ภายในเมล็ดเกิดไม่พร้อมกัน ซึ่งเมล็ดบางชนิดอาจดูดน้ำเร็วเกินไปทำให้เกิดความเสียหายกับเมล็ดได้เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดที่แตกต่างกัน (McDonald, 2000) วิลาสินี (2547) ได้ศึกษาการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริกโดยแช่เมล็ดในน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง ร่วมกับการให้อากาศ 30 นาทีต่อ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 วัน และลดความชื้นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 2 วัน พบว่าเมล็ดพริกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกนั้นสามารถงอกราก (days to emergence; DTE) ได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอกจาก 3.99 วัน เป็น 1.27 วัน และมีค่าดัชนีความงอกสูงขึ้นจาก 3.15 เป็น 4.43 นอกจากนี้การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ฟักเขียว โดยแช่เมล็ดในน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 ชั่วโมง ร่วมกับการให้อากาศตลอดเวลา จากนั้นนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีค่าดัชนีความงอกสูงขึ้นจาก 6.80 เป็น 8.33 และมีความงอก 86.25 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอกซึ่งมีความงอก 68.5 เปอร์เซ็นต์ (นาฏญา , 2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 Osmopriming หรือ Osmoconditioning เป็นวิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่เมล็ดในสารละลายที่มีค่าความต่างศักย์ของน้ำในระดับที่ต่ำ เพื่อชะลอการดูดน้ำของเมล็ดให้ช้าลง สารเคมีที่นำมาใช้เพิ่มความหนืดของน้ำ มี 2 ประเภทคือ inorganic salt เช่น KNO_3, Na_2SO_4, $KHPO_4$ และ organic salt เช่น polyethylene glycol (PEG), manitol, sorbitol (Frett *et al.,*1991) วิธีการนี้สามารถควบคุมปริมาณน้ำที่เมล็ดดูดซึมเข้าไปได้ (McDonald, 2000) ซึ่งบางครั้งสารเคมีดังกล่าวจะช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจนและธาตุอาหารอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน แต่หากได้รับสารในปริมาณหรือความเข้มข้นไม่เหมาะสมอาจเป็นพิษต่อต้นอ่อนที่งอกออกมาได้ (Copeland and McDonald, 1995) ดังนั้น การประสบความสำเร็จของวิธีการนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ชนิดและความเข้มข้นของสารละลาย อุณหภูมิ และระยะเวลาในการแช่เมล็ด รวมถึงการลดความชื้นหลังกระบวนการกระตุ้นความงอกแล้ว (Bradford, 1986) การกระตุ้นความงอกวิธีนี้นิยมใช้กับเมล็ดขนาดเล็ก ได้แก่ แครอท พริก และมะเขือเทศ (McDonald, 2000) Kikuti *et al.* (2006) ศึกษาการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริกด้วยวิธี osmopriming โดยแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ที่มีค่าความต่างศักย์ของน้ำ -1.5 MPa เป็นระยะเวลา 9 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบความงอกเพิ่มขึ้นเป็น 73 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่กระตุ้นความงอกด้วย PEG 6000 ที่มีค่าความต่างศักย์ของน้ำ -1.1 MPa เป็นระยะเวลา 8 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก ซึ่งมีความงอก 71 และ 32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ น้ำผึ้ง (2544) รายงานการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริก โดยใช้ PEG 8000 ที่มีค่าความต่างศักย์ของน้ำ -0.5, -1.0, -1.5 และ -2.0 MPa เป็นระยะเวลา 0 4 6 8 และ 12 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าเมล็ดพริกที่แช่ในสารละลาย PEG 8000 ที่มีค่าความต่างศักย์ของน้ำ -0.5 MPa เป็นระยะเวลา 12 วัน มีผลทำให้เมล็ดงอกราก (days to emergence; DTE) ได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอกจาก 2.81 เป็น 1.78 วัน และมีดัชนีการงอกสูงขึ้นจาก 6.86 เป็น 7.03 เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก ซึ่งข้อดีของสารละลาย PEG คือ มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ โมเลกุลของสารมีขนาดใหญ่ ทำให้ไม่สามารถซึมผ่านเข้าไปในเซลล์ได้ และเป็นสารที่มีสมบัติเฉื่อยทางเคมีจึงไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์ที่มีชีวิต (Heydecker and Coolbear, 1977) แต่ถ้าหากใช้สารละลาย PEG ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 5 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปจะทำให้ปริมาณออกซิเจนในสารละลายลดลง อาจเกิดปัญหาการขาดออกซิเจนในขณะแช่เมล็ดได้ เช่น สารละลาย PEG ที่มีค่าความต่างศักย์ของน้ำ -0.7 MPa อาจทำให้ขาดออกซิเจนอย่างรุนแรง (Maxal *et al.,* 1975)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การแช่เมล็ดในสารละลายที่มีค่า osmotic potential ในระดับที่เหมาะสมร่วมกับการให้ออกซิเจนหรือการแช่เมล็ดในสารละลายที่มีออกซิเจนสูง ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ใช้สารเคมี หรือใช้สารเคมีแต่มีปริมาณออกซิเจนในสารละลายต่ำ (Currah and Proctor, 1990) การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริกและมะเขือด้วยวิธี osmoconditioning จะสำเร็จเมื่อมีปริมาณออกซิเจนในสารละลายมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ (Ozbingol *et al.,* 1998) ประเสริฐ (2542) ได้ศึกษาการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริก โดยแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 7 วัน ร่วมกับการให้อากาศ 45 นาทีต่อชั่วโมง ซึ่งมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำประมาณ 7.5 ppm พบว่าเมล็ดงอกราก (days to emergence; DTE) ได้เร็วกว่าเมล็ดที่กระตุ้นความงอกแต่ไม่มีการให้อากาศจาก 4.22 วัน เป็น 1.04 วัน และมีดัชนีการงอกสูงขึ้นจาก 6.31 เป็น 7.69 นอกจากนี้ Ozbingol *et al.* (1999) ได้เปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนในการกระตุ้นความงอกเมล็ดมะเขือเทศด้วยวิธี osmopriming ในสารละลาย PEG ที่มีค่าความต่างศักย์ของน้ำ -1.0 MPa เป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ร่วมกับการให้ออกซิเจน 0 ถึง 21 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณออกซิเจน 21 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอก (T_{50}) เร็วที่สุดประมาณ 25 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณออกซิเจน 5 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีการให้ออกซิเจน ซึ่งมีเวลาเฉลี่ยในการงอก (T_{50}) ช้าที่สุดประมาณ 75 และ 130 ชั่วโมง ตามลำดับ

4.3 Solid matrix priming (SMP) เป็นวิธีกระตุ้นความงอกของเมล็ด โดยควบคุมการดูดน้ำด้วยการใช้วัสดุ (solid carrier) ที่มีค่า matric potential ต่ำ (Kublik *et al.,* 1988) ละลายน้ำได้น้อย ดูดยึดน้ำได้มาก มีพื้นที่ผิวมาก ไม่เป็นพิษกับเมล็ด เช่น ทราย พีทมอส เวอร์มิคูไลท์ เป็นต้น ส่วนวัสดุที่ใช้ในทางการค้า ได้แก่ celite และ micro-cel เป็นวัสดุที่ประกอบด้วย silica และ zonalit ซึ่งมีธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ Ca, K, Mg และ Mn (Jett *et al.,* 1996) โดยวิธีการนี้ใช้ได้ดีกับพืชหลายชนิด เช่น มะเขือเทศ พริก แครอท หอม เป็นต้น (Khan, 1992) แต่ข้อเสียของวิธีการนี้คือ การแยกเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดเล็ก ภายหลังจากผ่านกระบวนการ solid matrix priming ออกจากวัสดุทำได้ยาก (Peterson, 1976) Choudhary *et al.* (2008) ศึกษาการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริก โดยนำเมล็ดพริกผสมกับ Isabgol husk ซึ่งมีคุณสมบัติดูดยึดน้ำได้มาก เป็นระยะเวลา 2 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้นเป็น 90.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอกมีความงอกเพียง 67 เปอร์เซ็นต์ และมีดัชนีความแข็งแรง (vigor index) เช่น ความยาวของยอดและรากเพิ่มขึ้นจาก 244.57 เป็น 578.82 เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. ปัจจัยที่มีผลต่อการกระตุ้นความงอกของเมล็ด (Seed priming)

5.1 สภาพแวดล้อมระหว่างกระตุ้นความงอกของเมล็ด

5.1.1 แสง (Light) เมล็ดพืชบางชนิดต้องใช้แสงในการงอก เช่น พริก มะเขือ มะเขือเทศ ผักกาดหอม (จวงจันทร์, 2529) โดยการให้แสงขณะกระตุ้นความงอกจะช่วยทำลายการพักตัวของเมล็ด ทำให้เมล็ดสามารถงอกได้ดีขึ้น (McDonald, 2000) โดยแสงสีแดง (red light) จะเปลี่ยนรูปของไฟโตโครมจากไฟโตโครมเรด (phytochrome red; Pr) เป็นไฟโตโครมฟาเรด (phytochrome far-red; Pfr) ซึ่งเป็นรูปที่แอคทีฟและสามารถแก้การพักตัวของเมล็ดได้ Hernandaz-Verdugo (2001) รายงานการกระตุ้นความงอกเมล็ดพริก (*Capsicum annuum* L. cv. Chapeteado) ในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในที่มืด พบว่าสามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดพริกได้ โดยมีความงอกประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอกพบว่าไม่มีการงอกของเมล็ด นอกจากนี้การกระตุ้นความงอกในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ร่วมกับการให้แสง 12 ชั่วโมง มีความงอกมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์

5.1.2 ออกซิเจน (Oxygen) เมล็ดพืชจะงอกได้ถ้าในบรรยากาศมีออกซิเจนประมาณร้อยละ 20 และถ้าบรรยากาศมีออกซิเจนมากขึ้น อัตราการงอกจะเพิ่มขึ้น (จวงจันทร์, 2529) Demir and Okcu (2004) ได้ศึกษาการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริก โดยแช่เมล็ดพริก 9 กรัม ในน้ำ 50 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง ร่วมกับการให้อากาศ 1 ลิตรต่อนาที พบว่า เมล็ดงอกเร็วและมีน้ำหนักต้นอ่อนสูงกว่า และมีต้นอ่อนผิดปกติน้อยกว่าการไม่ให้อากาศระหว่างการกระตุ้นความงอก นอกจากนี้ ปริมาณออกซิเจนยังมีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์กระเทียมต้น (*Allium porrum* L.) โดยแช่เมล็ดในสารละลาย PEG 6000 ที่มีค่าความต่างศักย์ของน้ำ -1.5 MPa เป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ร่วมกับการให้ออกซิเจน 3 ถึง 21 เปอรเซ็นต์ พบว่า ปริมาณออกซิเจน 21 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุดคือ 97 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการให้ออกซิเจน 3 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกต่ำที่สุดคือ 17 เปอร์เซ็นต์ (Corbineau, 1994)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.1.3 อุณหภูมิ (Temperature) เมล็ดพืชแต่ละชนิดต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกระตุ้นความงอกแตกต่างกัน เมล็ดพริกต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมในระหว่างการกระตุ้นความงอกด้วยวิธี osmoconditioning ในสารละลาย PEG 8000 ที่ค่าความต่างศักย์ของน้ำ -1.0 MPa คือ 25-30 องศาเซลเซียส (Ozbingol *et al.,* 1998) ในขณะที่เมล็ด sugar beet ต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมในระหว่างการกระตุ้นความงอก 15-25 องศาเซลเซียส (Nelson *et al.,* 1984) นอกจากนี้ นาฏญา (2548) รายงานอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกระตุ้นความงอกของเมล็ดฟักเขียว โดยทำให้เมล็ดงอกเร็วขึ้น เนื่องจากมีดัชนีการงอกสูงที่สุดคือ 9.57 เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 20 และ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งมีดัชนีความงอกเพียง 8.08 และ 8.60 ตามลำดับ แต่อุณหภูมิที่แตกต่างไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดฟักเขียว

5.2 วิธีการกระตุ้นความงอก

การกระตุ้นความงอกของเมล็ดนั้นมีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีจะให้ผลต่อความงอกของเมล็ดแต่ละชนิดแตกต่างกัน Pandita *et al.* (2007) ได้เปรียบเทียบวิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์พริก (*Capsicum annuum* L. cv. Pusa Jwala) ด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ osmopriming (PEG 6000 ที่ค่าความต่างศักย์ของน้ำ -1.0 MPa และบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส), halopriming (KNO_3 ความเข้มข้น 30 mM และบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส), hydropriming (น้ำ และบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) และ solid matrix priming (vermiculite และบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) พบว่าการกระตุ้นความงอกด้วยวิธี solid matrix priming มีผลทำให้เมล็ดงอกได้เร็ว โดยมีดัชนีความงอกสูงกว่าการกระตุ้นความงอกวิธี halopriming, osmopriming และ hydropriming ตามลำดับ คือ 23.85 19.69 17.08 และ 13.05 ตามลำดับ และมีความงอกสูงกว่าคือ 82 79 77 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ข้อเสียของวิธีการนี้คือ ภายหลังจากผ่านกระบวนการ solid matrix priming จะแยกเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดเล็กออกจากวัสดุได้ยาก (Peterson, 1976)

5.3 สารเคมีที่ใช้กระตุ้นความงอกของเมล็ด

เป็นสารที่ใช้เพิ่มประสิทธิภาพในระหว่างการกระตุ้นความงอกของเมล็ด ซึ่งสารเคมีแต่ละชนิดมีองค์ประกอบของสารแตกต่างกันจะแสดงคุณสมบัติที่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.3.1 โพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) จะแตกตัวเป็น K^+ กับ NO_3^- โดยพืชจะต้องรีดิวซ์ NO_3^- ให้เป็น NH_4^+ แล้วนำไปใช้สร้างกรดอะมิโนต่อไป โดยไนเตรทที่เมล็ดดูดเข้าไปจะช่วยให้เกิดการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น มีผลทำให้คุณภาพของเมล็ดเพิ่มขึ้น และ K^+ ทำหน้าที่กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์มากกว่า 40 ชนิด โดยเฉพาะเอนไซม์ที่เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและกระบวนการหายใจ รวมทั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แป้งและโปรตีน (ปิยะดา, 2542) การแช่เมล็ดพริกในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 9 วัน ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดงอกเร็วขึ้น แต่ไม่มีผลต่อความงอก เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก (Sachs *et al.,* 1980)

5.3.2 กรดจิบเบอเรลลิก (Gibberellic acid; GA_3) สามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดพืชได้โดยกระตุ้นความงอกของเมล็ด (Desai *et al.,* 1997) สารละลาย GA_3 จะช่วยเพิ่มกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น α- และ β- amylase (ชยพร, 2546) การแช่เมล็ดพริกในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 3 mM มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกสูงถึง 79 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิสูง 40 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้กระตุ้นความงอกมีความงอกเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ (Carter, 1998) นอกจากนี้ การแช่เมล็ดพริกในสารละลาย GA_{4+7} ความเข้มข้น 100 ppm เป็นระยะเวลา 36 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้นจาก 10.6 วัน เป็น 5.5 วัน (Cantliffe and Watkins, 1983)

5.3.3 กรดซาลิไซลิก (Salicylic acid) เป็นสารประกอบ phenolic ที่พบได้ในพืชทั่วไป มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น การเปิด-ปิดของปากใบ การงอกของเมล็ด การดูดซับประจุ การแสดงออกของเพศดอก และการต้านทานต่อการเข้าทำลายของโรค (นภดล, 2537) กรดซาลิไซลิกยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับเมล็ดพริก โดยทำให้เมล็ดทนต่อสภาพเครียดต่าง ๆ ได้ (Lil and Ji-qing, 2008) การแช่เมล็ดพริกในสารละลายกรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีผลทำให้ต้นกล้าพริกสามารถทนสภาพอากาศหนาวเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้ (Benavides-Mendoza *et al.,* 2002) นอกจากนี้ การแช่เมล็ดแตงเทศด้วยสารละลาย salicylicate ความเข้มข้น 50 mg L^{-1} เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สามารถลดระยะเวลาในการงอกและเพิ่มความงอกของเมล็ดแตงเทศ (Basra *et al.,* 2007) ในขณะที่การแช่เมล็ดข้าวโพดในสารละลายกรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 0.005 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า มีความงอกสูงที่สุด คือ ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่เมล็ดในสารละลายกรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 0.01 และ 0.015 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความงอกเพียง 60 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Farooq *et al.,* 2008)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.3.4 โพลีเอทธิลีนไกลโคล (Polyethylene glycol; PEG) มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ไม่สามารถซึมผ่านเข้าเซลล์ได้ และเป็นสารที่มีสมบัติเฉื่อยทางเคมีจึงไม่เป็นอันตราย (Heydecker and Coolbear, 1977) ซึ่งจะช่วยลดความเสียหายที่ขึ้นกับเมล็ดในระหว่างการกระตุ้นความงอกเนื่องจากเมล็ดดูดน้ำมากจนเกินไป เพราะสาร PEG จะไม่ทำให้น้ำเข้าสู่เซลล์ภายในเมล็ดมากจนเกินไป น้ำที่ได้จะเพียงพอต่อการซ่อมแซมและการจัดเรียงตัวใหม่ของผนังเซลล์ ซึ่งทำให้เกิดการรั่วไหลของสารละลายภายในเซลล์ออกมาภายนอกเซลล์ได้น้อยลง ทำให้กิจกรรมต่าง ๆ ภายในเซลล์ดำเนินไปอย่างปกติ (Khan *et al.,* 1979) พีระยศ และคณะ (2544) รายงานการแช่เมล็ดพริกหวานในสารละลาย PEG 6000 ที่ค่าความต่างศักย์ของน้ำ -1.5 MPa เป็นระยะเวลา 3 วัน สามารถปรับปรุงการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้ โดยค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดลดลงและมีกิจกรรมของเอนไซม์ catalase และ peroxidase สูงขึ้น จึงทำให้เมล็ดมีความงอกสูงขึ้น นอกจากนี้การกระตุ้นความงอกเมล็ดพริกในสารละลาย PEG 6000 ที่ค่าความต่างศักย์ของน้ำ -1.5 MPa เป็นระยะเวลา 10 วัน ทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกลดลงจาก 6 วัน เป็น 2.1 วัน (Saraccoal *et al.,* 1995)

5.4 พันธุ์พืช

เมล็ดพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กันย่อมมีลักษณะทางพันธุกรรม ทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีภายในเมล็ดที่แตกต่างกัน จึงทำให้การตอบสนองต่อการกระตุ้นความงอกได้แตกต่างกัน (Basu *et al.,* 1979) Choudhary *et al.* (2008) ได้ศึกษาการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริก (*Capsicum annuum* L.) พันธุ์ Faizabadi และ Sanyogita ด้วยวิธี osmopriming โดยการแช่เมล็ดในสารละลาย PEG 6000 เป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าเมล็ดพริกพันธุ์ Sanyogita มีความงอก 91.5 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าเมล็ดพริกพันธุ์ Faizabadi ซึ่งมีความงอก 89 เปอร์เซ็นต์

5.5 คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (Seed quality)

คุณภาพของเมล็ดพันธุ์เริ่มต้นมีผลต่อการกระตุ้นความงอกของเมล็ด โดยเมล็ดที่มีความงอกต่ำจนเกินไป หรือความมีชีวิตของเมล็ดต่ำมาก การกระตุ้นความงอกไม่สามารถช่วยให้เมล็ดมีความงอกหรือความมีชีวิตของเมล็ดสูงขึ้นได้ (Trawatha, 1990) นอกจากนี้อายุเมล็ดพันธุ์ที่มีการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันจะมีผลต่อการกระตุ้นความงอกของเมล็ด โดย Demir and Mavi (2004) รายงานว่าเมล็ดแตงโมที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 20 30 และ 40 วันหลังดอกบาน แล้วนำมากระตุ้นความงอกในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน พบว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมล็ดที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 20 วันหลังดอกบาน มีความงอกเพิ่มขึ้น เป็น 82 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก (63 เปอร์เซ็นต์) ส่วนเมล็ดที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 30 และ 40 วันหลังดอกบาน ไม่มีผลทำให้ความงอกสูงขึ้น แสดงว่าเมล็ดแตงโมที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 20 วันหลังดอกบาน สามารถตอบสนองต่อการกระตุ้นความงอกได้ดีกว่าเมล็ดที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 30 และ 40 วันหลังดอกบาน

5.6 การบ่มเมล็ดพันธุ์ (Incubation)

การบ่มเมล็ดพันธุ์หลังจากผ่านกระบวนการกระตุ้นความงอกแล้ว มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้กระบวนการงอกภายในเมล็ดสามารถดำเนินไปได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น เช่น กระบวนการซ่อมแซมการสร้าง DNA RNA และโปรตีน รวมถึงผนังเซลล์ (cell wall) ของเมล็ด สำหรับใช้ในกระบวนการงอกและยังป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากเมล็ดที่เร็วจนเกินไป (Fujikura *et al.,* 1993) วิลาสินี (2547) รายงานว่า การบ่มเมล็ดพริกภายหลังจากกระตุ้นความงอกด้วยวิธี hydropriming เป็นเวลา 2 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีผลทำให้เมล็ดงอกได้เร็วที่สุดและมีดัชนีการงอกสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการบ่มเมล็ดที่ระยะเวลา 1 และ 3 วัน ตามลำดับ นอกจากนี้การบ่มเมล็ดฟักเขียวเป็นเวลา 1 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีผลทำให้เมล็ดมีค่าดัชนีความงอกสูงขึ้นจาก 6.34 เป็น 8.33 และมีความงอก 86.25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่บ่มซึ่งมีความงอก 65 เปอร์เซ็นต์ (นาฏญา, 2548)

5.7 การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์

การลดความชื้นของเมล็ดหลังจากการกระตุ้นความงอกสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การผึ่งให้แห้งในที่ร่ม หรือการใช้ลมร้อนเป่า การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น ซึ่งการลดความชื้นของเมล็ดภายหลังกระบวนการกระตุ้นความงอกเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญต่อคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ หากลดความชื้นด้วยวิธีที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิด mechanical damage กับเมล็ดได้ ซึ่งมีผลทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพและอายุการเก็บรักษาลดลง (Bruggink *et al.,* 1999) นอกจากนี้การลดความชื้นเร็วเกินไปอาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ ในขณะที่การลดความชื้นช้าเกินไปอาจทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของเมล็ด (McDonald, 2000) วิลาสินี (2547) รายงานว่าการลดความชื้นเมล็ดพริกภายหลังการกระตุ้นความงอกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 2 วัน เหมาะสมที่สุดในการลดความชื้นภายหลังการกระตุ้นความงอก โดยมีค่าดัชนีการงอกสูงที่สุดคือ 3.95 ในขณะที่การลดความชื้นด้วยความชื้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สัมพัทธ์ที่ 20 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีค่าดัชนีการงอก 3.61 และ 3.88 ตามลำดับ นอกจากนี้การลดความชื้นเมล็ดฟักเขียวภายหลังการกระตุ้นความงอกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 30 เปอร์เซ็นต์ พบความงอกและดัชนีการงอกสูงสุดคือ 98.50 เปอร์เซ็นต์ และ 9.66 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการลดความชื้นที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบความงอก 95.88 เปอร์เซ็นต์ และดัชนีการงอก 9.38 (นาฏญา, 2548)

5.8 การเก็บรักษา

กระบวนการกระตุ้นความงอกของเมล็ดก่อนนำไปเพาะปลูกทำให้เมล็ดพันธุ์งอกได้เร็วและสม่ำเสมอมากขึ้น (Bradford, 1986) แต่อย่างไรก็ตามเมล็ดที่ผ่านกระบวนการกระตุ้นความงอกจะลดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเก็บรักษาภายใต้สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม โดยเมล็ดจะเกิดกระบวนการ autoxidation จากอนุมูลอิสระที่เมล็ดสร้างขึ้นมาระหว่างเก็บรักษา ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเยื่อหุ้มเซลล์และเยื่อหุ้มออร์แกแนลต่าง ๆ ทำให้เกิดการรั่วไหลของสารต่าง ๆ และสารพันธุกรรมถูกทำลาย ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เซลล์ถูกทำลาย จึงทำให้อายุการเก็บรักษาลดลง ซึ่งเมล็ดที่พบว่าเมื่อผ่านการกระตุ้นความงอกแล้วอายุการเก็บรักษาจะลดลงได้แก่ พริก มะเขือเทศ ผักกาดหอม แครอท ข้าวโพดหวาน หัวหอม เป็นต้น (Alvardo and Bradford, 1988; Bewley, 1986) โดยเมล็ดที่ผ่านกระบวนการกระตุ้นความงอกในช่วงแรกพบว่า เมล็ดมีการสร้างสาร antioxidant จำพวก hydrolytic enzymes เช่น lipoxygenase ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้ช่วยลดอนุมูลอิสระลง จึงทำให้เซลล์ถูกทำลายลดลง ในขณะเดียวกันก็ยังมีการซ่อมแซมเซลล์อีกด้วย แต่เมื่อเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไปช่วงระยะเวลาหนึ่ง พบว่าอนุมูลอิสระจำนวนหนึ่งไปทำลายสาร antioxidant ทำให้มีปริมาณอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น เมล็ดจึงเสื่อมคุณภาพและตายในที่สุด (McDonald, 2000) โดย Thanos *et al.* (1988) รายงานว่า การกระตุ้นความงอกเมล็ดพริกหวาน โดยแช่เมล็ดในสารละลาย Manitol ที่ความต่างศักย์ของน้ำ -0.9 MPa เป็นระยะเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 ปี ที่อุณหภูมิ 5 และ 25 องศาเซลเซียส พบความงอกลดลงจาก 80 เป็น 70 เปอร์เซ็นต์ และความเร็วในการงอกลดลงจาก 7 เป็น 10 วัน นอกจากนี้การเก็บรักษาเมล็ดมะเขือเทศที่ผ่านการกระตุ้นความงอกที่อุณหภูมิ 10-20 องศาเซลเซียส เมล็ดยังคงความมีชีวิตและความแข็งแรง ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าเมล็ดมะเขือเทศสูญเสียความมีชีวิตและความแข็งแรง หลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 เดือน ดังนั้นการเก็บรักษาเมล็ดที่ผ่านกระบวนการกระตุ้นความงอกต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระดับที่ต่ำ (Alvardo and Bradford, 1988)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. ผลของการกระตุ้นความงอกต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของเมล็ด

การกระตุ้นความงอกของเมล็ด (seed priming) ทำให้เกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ภายในเมล็ด ดังนั้นเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกนั้นมีความพร้อมที่จะงอกมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้รับการกระตุ้นความงอก เนื่องจากระหว่างการกระตุ้นความงอกของเมล็ด จะกระตุ้นให้มีการสังเคราะห์และมีกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวกับย่อยสลายอาหารสะสมภายในเมล็ด ในการเคลื่อนย้ายอาหารสะสมต่าง ๆ เพื่อใช้ในการงอกของเมล็ด เช่น เอนไซม์ β- และ α-amylase ที่ย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตเป็นน้ำตาลกลูโคส และเอนไซม์ proteinases ย่อยสลายโปรตีนเป็นกรดอะมิโน เป็นต้น (วันชัย, 2553ก; Varier *et al.,* 2010) นอกจากนี้ระหว่างการทำ hydropriming จะมีการสังเคราะห์เอนไซม์ catalase และ superoxide dismutase (SOD) ขึ้นมาเพื่อป้องกันความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ที่เกิดจากกระบวนการ lipid peroxidation (Bailly *et al.,* 2000)

Soeda *et al.* (2005) พบว่าการทำ osmopriming โดยการแช่เมล็ดกะหล่ำปลีในสารละลาย PEG 6000 เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะเพิ่มความเสถียรของไรโบโซมด้วยการเพิ่มการสังเคราะห์ rRNA และ mRNA ในเมล็ดกะหล่ำปลี แสดงให้เห็นว่าระดับของ RNA เพิ่มขึ้นระหว่างการกระตุ้นความงอกด้วยวิธี osmopriming เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก ส่วน hydropriming จะเพิ่มความสมบูรณ์ของ DNA โดยการซ่อมแซมความเสียหายของ DNA ที่เกิดขึ้นตามอายุของเมล็ด ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้การถอดรหัสและการจำลองแบบของ DNA ดำเนินไปอย่างไม่มีข้อผิดพลาด (Thornton *et al.,* 1993) นอกจากนี้ Powell *et al.* (2000) รายงานการกระตุ้นความงอกของเมล็ดกะหล่ำดอกด้วยการทำ hydropriming โดยการแช่เมล็ดในน้ำร่วมกับการให้อากาศ พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของระดับ nuclear DNA และทำให้การจำลองแบบของ DNA ในเซลล์ของ embryo เกิดขึ้นพร้อม ๆ กันเมื่อเมล็ดดูดน้ำอีกครั้ง (Varier *et al.,* 2010) Corbineau *et al.* (2000) พบว่าการกระตุ้นความงอกของเมล็ดมะเขือเทศด้วยวิธี osmopriming โดยใช้สาร PEG 8000 ที่ค่าความต่างศักย์ของน้ำ -1.0 MPa พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของค่า adenosine triphosphate (ATP) 60 เปอร์เซ็นต์, energy charge จาก 0.11 เป็น 0.75 และ ATP/ADP (adenosine diphosphate) ratio จาก 0.12 เป็น 1.70 และพลังงานเหล่านี้ยังคงอยู่แม้จะลดความชื้นภายหลังจากการกระตุ้นความงอกแล้ว แสดงว่าเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกมีความแข็งแรงมากขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ระยะเวลาการดูดน้ำหรือสารละลายของเมล็ดพันธุ์พริกหยวก

นำเมล็ดพันธุ์พริกหยวกพันธุ์ Hungarian wax ที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 ปี ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้น 8.3 เปอร์เซ็นต์ และความงอกเริ่มต้น 51 เปอร์เซ็นต์ แช่ในน้ำ Reverse osmosis (R.O.) 100 มิลลิลิตร (EC 48 μS/cm, pH 6.3) สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ GA_3 ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ และ Salicylic acid (SA) ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ ซ้ำละ 100 เมล็ด

การบันทึกข้อมูล

1.1 การดูดน้ำของเมล็ด (เปอร์เซ็นต์) ที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 1 ชั่วโมง ด้วยการนำเมล็ดออกมาแล้วซับบริเวณพื้นผิวให้แห้งด้วยกระดาษ แล้วนำไปชั่งน้ำหนักทันที น้ำหนักของเมล็ดที่เพิ่มขึ้นคือ ปริมาณน้ำหรือสารละลายที่เมล็ดดูดเข้าไป เมื่อชั่งน้ำหนักเสร็จแล้วนำเมล็ดกลับไปแช่ต่อทันที คำนวณปริมาณน้ำที่เมล็ดดูดเข้าไปเป็นเปอร์เซ็นต์จากสูตร (Huang, 2003)

$$W\ (\%) = \frac{(W_i - W_O) \times 100}{W_O}$$

โดย W = ปริมาณน้ำที่เมล็ดดูดเข้าไปหลังจาก i ชั่วโมง (เปอร์เซ็นต์)

W_i = น้ำหนักเมล็ดหลังจากดูดน้ำ i ชั่วโมง (กรัม)

W_0 = น้ำหนักเริ่มแรกของเมล็ดก่อนดูดน้ำ (กรัม)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 2 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายในการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหยวก

นำเมล็ดพันธุ์พริกหยวกแช่ในน้ำ R.O. (EC 48 µS/cm, pH 6.3) หรือสารละลาย KNO_3, GA_3, Salicylic acid (SA) เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง (จากการทดลองที่ 1) โดยใช้เมล็ด 50 กรัมต่อน้ำ R.O. 1 ลิตร (วิลาสินี, 2547) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 11 ทรีทเมนต์

ทรีทเมนต์ที่ 1 เมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control)
ทรีทเมนต์ที่ 2 แช่เมล็ดในน้ำ R.O.
ทรีทเมนต์ที่ 3 แช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 4 แช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 5 แช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 6 แช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 7 แช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 8 แช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 9 แช่เมล็ดในสารละลาย SA ที่ความเข้มข้น 0.005 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 10 แช่เมล็ดในสารละลาย SA ที่ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 11 แช่เมล็ดในสารละลาย SA ที่ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์

การบันทึกข้อมูล

2.1 ความงอกมาตรฐาน (Standard germination)

ทดสอบความงอกด้วยวิธีการเพาะบนกระดาษแบบ Top of Paper จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด แล้วนำไปไว้ในตู้เพาะ ที่อุณหภูมิสลับ 20-30 องศาเซลเซียส นับครั้งแรก (first count) ในวันที่ 7 หลังจากเพาะเมล็ด และนับครั้งสุดท้าย (final count) ในวันที่ 14 หลังจากเพาะเมล็ด โดยตรวจนับจำนวนต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย ตามหลักการประเมินความงอกของ International Seed Testing Association (ISTA, 2010) จากนั้นคำนวณความงอกของเมล็ดพันธุ์เป็นเปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$\text{ความงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนต้นอ่อนปกติที่งอก x 100}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}}$$

2.2 ความงอกในสภาพโรงเรือน (Greenhouse germination)

เพาะเมล็ดในโรงเรือน โดยใช้ถาดหลุมพลาสติกและพีทมอสเป็นวัสดุปลูก จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ตรวจนับจำนวนต้นอ่อนปกติ นับครั้งแรก (first count) ในวันที่ 7 หลังจากเพาะเมล็ด และนับครั้งสุดท้าย (final count) ในวันที่ 14 หลังจากเพาะเมล็ด จากนั้นคำนวณความงอกของเมล็ดพันธุ์เป็นเปอร์เซ็นต์

2.3 เวลาเฉลี่ยในการงอก (Mean germination time; MGT)

เพาะเมล็ดเช่นเดียวกับการทดสอบความงอกของเมล็ด ตรวจนับจำนวนต้นอ่อนปกติที่งอกทุกวันหลังเพาะเมล็ด เป็นเวลา 14 วัน จากนั้นคำนวนเวลาเฉลี่ยในการงอกจากสูตร (Ellis and Roberts, 1980)

$$MGT = \frac{(G_1 \times D_1) + (G_2 \times D_2) + \ldots + (G_n \times D_n)}{\text{Total germination}}$$

$G_{1, 2, \ldots, n}$ คือ จำนวนต้นอ่อนปกติที่งอกวันที่ 1, 2, ..., n (n=14)

$D_{1, 2, \ldots, n}$ คือ จำนวนวันที่ 1, 2, ..., n (n=14) นับหลังจากวันเพาะเมล็ด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 3 ผลของชนิดสารเคมีและระยะเวลาการบ่มเมล็ดในการกระตุ้นความงอกต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริกหยวก

นำเมล็ดพริกหยวกซึ่งมีความงอกเริ่มต้น 41 เปอร์เซ็นต์ มากระตุ้นความงอกในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ GA_3 ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ Salicylic acid (SA) ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ (จากการทดลองที่ 2) โดยใช้เมล็ด 50 กรัมต่อน้ำ R.O. 1 ลิตร แช่เมล็ดในระยะเวลา 8 ชั่วโมง (จากการทดลองที่ 1) ร่วมกับการให้อากาศ 45 นาทีต่อชั่วโมง มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำประมาณ 7.5 ppm (ประเสริฐ, 2542) จากนั้นนำเมล็ดมาแช่ในสารละลาย mancozeb 0.25 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร เป็นระยะเวลา 10 นาที เพื่อป้องกันเชื้อรา แล้วล้างเมล็ดผ่านน้ำ R.O. ไหล เป็นระยะเวลา 10 นาที (Huang, 2003) และนำเมล็ดมาบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (วิลาสินี, 2547) ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 0 1 และ 2 วัน จากนั้นนำเมล็ดมาลดความชื้นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 2 วัน (วิลาสินี, 2547) วางแผนการทดลองแบบ 4 x 3 Factorial in CRD มี 2 ปัจจัย จำนวน 4 ซ้ำ ได้แก่

ปัจจัยที่ 1 คือ ชนิดของสารเคมี มี 4 ชนิด คือ

1. น้ำ R.O.
2. สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์
3. สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์
4. สารละลาย Salicylic acid (SA) ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์

ปัจจัยที่ 2 คือ ระยะเวลาในการบ่มเมล็ดพันธุ์ คือ 0 1 และ 2 วัน

การบันทึกข้อมูล

3.1 ความงอกมาตรฐาน ตามวิธีในข้อ 2.1

3.2 ความงอกในสภาพโรงเรือน ตามวิธีในข้อ 2.2

3.3 เวลาเฉลี่ยในการงอก ตามวิธีในข้อ 2.3

3.4 คุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นำเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอก บรรจุในถุงพลาสติกปิดสนิทและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน เปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการกระตุ้นความงอกแต่ไม่มีการเก็บรักษา (0 เดือน) จากนั้นบันทึกข้อมูลดังนี้

3.5.1 ความงอกมาตรฐาน ตามวิธีในข้อ 2.1

3.5.2 ความงอกในสภาพโรงเรือน ตามวิธีในข้อ 2.2

3.5.3 เวลาเฉลี่ยในการงอก ตามวิธีในข้อ 2.3

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยตาราง ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สถานที่และระยะเวลาทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์ ชั้น 5 ห้อง ก.505 และแปลงทดลอง 1 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ ตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2553 ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

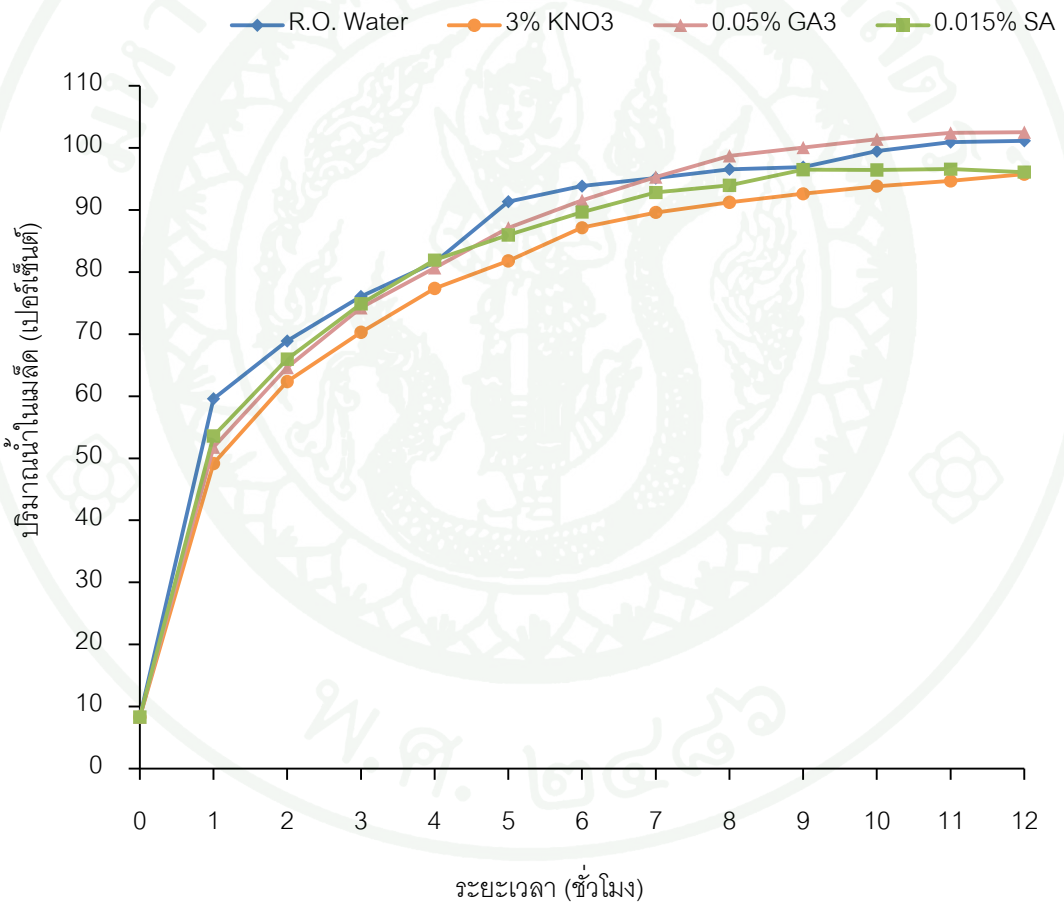
การทดลองที่ 1 ระยะเวลาการดูดน้ำหรือสารละลายของเมล็ดพันธุ์พริกหยวก

เมล็ดพันธุ์พืชโดยทั่วไปมีความชื้นต่ำประมาณ 8-13 เปอร์เซ็นต์ การที่เมล็ดงอกได้ต้องอาศัยปัจจัยต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการงอกอย่างเพียงพอ ดังนั้นกระบวนการแรกที่เกิดขึ้นคือ การดูดน้ำของเมล็ดเพื่อให้ความชื้นของเมล็ดเพิ่มขึ้นและอยู่ในปริมาณที่เพียงพอต่อการเกิดกระบวนการต่าง ๆ สำหรับการงอก (จวงจันทร์, 2529) โดยเมล็ดจะดูดน้ำตามค่าความต่างศักย์ของน้ำ (water potential) ที่แตกต่างกันระหว่างภายในและภายนอกเมล็ด การเคลื่อนที่ของน้ำจะเคลื่อนที่ตามระดับของพลังงานจากค่าความต่างศักย์ของน้ำสูงไปสู่บริเวณที่มีค่าความต่างศักย์ของน้ำต่ำ การเคลื่อนที่ของน้ำเป็นไปในลักษณะของการแพร่ (diffusion) น้ำบริสุทธิ์มีค่าความต่างศักย์ของน้ำสูงที่สุดคือมีค่าเป็นศูนย์ ส่วนค่าความต่างศักย์ของสารละลายหรือน้ำที่มีอนุภาคหรือสารประกอบละลายอยู่มีค่าเป็นลบ (วันชัย, 2553 ก) ซึ่งกระบวนการนี้เมล็ดต้องได้รับน้ำในระยะเวลาหนึ่งและแตกต่างกันไปตามชนิดพืช (Bewley and Black, 1978)

จากการศึกษาการดูดน้ำหรือสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ ของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่มีความชื้นเริ่มต้นภายในเมล็ด 8.3 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง พบว่าหลังจากแช่เมล็ดในน้ำหรือสารละลายดังกล่าวเป็นเวลา 1 ชั่วโมง มีผลทำให้เมล็ดดูดน้ำหรือสารละลายอย่างรวดเร็ว โดยเมล็ดที่แช่ในน้ำหรือสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณน้ำภายในเมล็ดประมาณ 60 53 และ 52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่การแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณน้ำภายในเมล็ดน้อยที่สุดประมาณ 49 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นเมล็ดพริกจะดูดน้ำหรือสารละลายดังกล่าวจนถึงระยะอิ่มตัวเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ซึ่งมีปริมาณน้ำหรือสารละลายดังกล่าวภายในเมล็ดอยู่ในช่วง 91-98 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 2) ซึ่งปริมาณน้ำในระยะอิ่มตัวนี้เพียงพอต่อการเกิดกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์พริก แสดงว่าการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ ไม่ทำให้การดูดน้ำของเมล็ดช้าลง ซึ่งสอดคล้องกับ Yong-qing (1995) รายงานการแช่เมล็ดมะเขือเทศในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลต่อลิตร ไม่มีผลโดยตรงต่อการดูดน้ำของเมล็ด เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่เมล็ดในน้ำและสารละลาย abscisic acid ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลต่อลิตร ในขณะที่การแช่เมล็ดพริกในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดดูดน้ำช้ากว่าการแช่เมล็ดในน้ำหรือสารละลาย GA_3 และ SA เพราะว่าสารละลาย KNO_3 มีผลทำให้ค่าความต่างศักย์ของน้ำอยู่ในระดับที่ต่ำ (McDonald, 2000) อย่างไรก็ตามการดูดน้ำที่ระยะเวลา 8 ชั่วโมง หลังการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 พบว่าเมล็ดพันธุ์พริกหยวกมีปริมาณน้ำซึ่งเพียงพอต่อการเกิดกระบวนการงอกเช่นเดียวกัน ดังนั้นระยะเวลาการดูดน้ำหรือสารละลาย GA_3 SA และ KNO_3 จนถึงระยะอิ่มตัวคือ 8 ชั่วโมง หลังจากแช่เมล็ด ซึ่งแตกต่างจากวิลาสินี (2547) ที่พบว่าเมล็ดพริกพันธุ์บางช้างดูดน้ำได้อย่างเพียงพอต่อการงอกเมื่อแช่เมล็ดในน้ำเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง อาจเป็นเพราะเมล็ดพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กันมีลักษณะองค์ประกอบทางเคมีภายในเมล็ดที่แตกต่างกัน ย่อมมีอัตราการดูดน้ำที่ต่างกัน (วันชัย, 2553ข)



ภาพที่ 2 ระยะเวลาการดูดน้ำหรือสารละลายของเมล็ดพันธุ์พริกหยวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 2 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายในการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหยวก

การให้สารส่งเสริมการงอกกับเมล็ดในระหว่างการกระตุ้นความงอก จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเมล็ดพันธุ์ (seed performance) เช่น สารควบคุมการเจริญเติบโต ธาตุอาหาร เป็นต้น (McDonald, 2000; Pessarakli, 2002) จากการทดลองนำเมล็ดพันธุ์พริกหยวกมาแช่ในน้ำ R.O. หรือสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.01 0.015 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.005 0.01 และ 0.015 เปอร์เซ็นต์ โดยแช่เมล็ดเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง (จากการทดลองที่ 1) ที่อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 26 องศาเซลเซียส จากนั้นประเมินคุณภาพของเมล็ดพันธุ์โดยพิจารณาจากความงอกในห้องปฏิบัติการ ความงอกในสภาพโรงเรือน และเวลาเฉลี่ยในการงอก จากการทดลองพบว่า

2.1 ความงอกมาตรฐาน (Standard germination)

ชนิดและความเข้มข้นของสารละลายมีผลทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหยวก ในห้องปฏิบัติการแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1) โดยการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ความงอกในห้องปฏิบัติการสูงที่สุดคือ 75.0 และ 71.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ (65.0 และ 66.0 เปอร์เซ็นต์) สารละลาย SA ความเข้มข้น 0.005 และ 0.01 เปอร์เซ็นต์ (67.5 เปอร์เซ็นต์ เท่ากัน) และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ (63.0 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) มีความงอกต่ำที่สุดคือ 51.0 เปอร์เซ็นต์ หรือการแช่เมล็ดในน้ำมีความงอกเพียง 54.0 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 KNO_3 และ SA ที่ความเข้มข้นดังกล่าวทำให้เมล็ดมีความงอกสูงขึ้น เนื่องจาก GA_3 ช่วยในการสังเคราะห์เอนไซม์ hydrolase เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์น้ำตาลภายในเมล็ด และ GA_3 ยังมีผลต่อกระบวนการย่อยสลายพันธะเปปไทด์ ทำให้มีกิจกรรมของเอนไซม์ protease สูงขึ้น ทำให้มีกรดอะมิโนอิสระเพิ่มขึ้น โดยกรดอะมิโนมีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงขึ้น (Plus and Lambeth, 1974) ส่วน SA มีส่วนช่วยในการขยายขนาดของเซลล์ และส่งเสริมให้ระดับของ hydrogen peroxide (H_2O_2) เพิ่มขึ้น ซึ่ง H_2O_2 สามารถกระตุ้นการงอกและการหายใจของเมล็ดได้ (Harfouche *et al*., 2007) และ KNO_3 ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงขึ้น เนื่องจากไนเตรทจะช่วยให้เมล็ดสามารถดูดซึมก๊าซ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ออกซิเจนได้ดีขึ้น ซึ่งมีผลช่วยในกระบวนการหายใจและการย่อยสลายอาหารภายในเมล็ด (Hilton and Thomas, 1986) นอกจากนี้ไนเตรทยังเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจในวิถีทางเลือก เช่น pentose phosphate pathway เป็นต้น โดยไนเตรทสามารถทำหน้าที่แทนออกซิเจนในการออกซิไดซ์ NADPH ในกระบวนการหายใจ ซึ่งสามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดได้ (วันชัย, 2553ก) นอกจากนี้ การแช่เมล็ดพันธุ์พริกหยวกในน้ำ และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) มีต้นอ่อนผิดปกติมากที่สุดคือ 38.0 36.0 และ 35.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยลักษณะของต้นอ่อนผิดปกติที่พบ ได้แก่ ส่วนยอดติดอยู่ในเปลือกหุ้มเมล็ด ใบเลี้ยงมีรูปร่างผิดปกติมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น (ภาพผนวกที่ 1)

2.2 ความงอกในสภาพโรงเรือน (Greenhouse germination)

ชนิดและความเข้มข้นของสารละลายในการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกไม่มีผลต่อความงอกในสภาพโรงเรือน โดยการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มทำให้ความงอกในสภาพโรงเรือนสูงที่สุดคือ 69.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มความงอกในสภาพโรงเรือนต่ำที่สุดคือ 48.0 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1)

2.3 เวลาเฉลี่ยในการงอก (Mean germination time; MGT)

เวลาเฉลี่ยในการงอกแสดงถึงความเร็วในการงอกของเมล็ด หากเวลาเฉลี่ยในการงอกมีค่าน้อยแสดงว่าเมล็ดสามารถงอกได้เร็วและมีความแข็งแรงสูง ซึ่งจากการทดลองพบว่า ชนิดและความเข้มข้นของสารละลายมีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหยวก (ภาพที่ 3) โดยการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.05 และ 0.015 เปอร์เซ็นต์ มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุดคือ 9.7 และ 10.1 วัน ตามลำดับ อาจเนื่องจาก GA_3 ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ เช่น α- และ β-amylase ซึ่งเกี่ยวข้องกับการย่อยสลายอาหารสะสมของเมล็ด เพื่อใช้ในกระบวนการงอก (Copeland and McDonald, 1995) จึงทำให้เมล็ดงอกเร็วขึ้น รองลงมาคือการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ (10.4 วัน) ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ (10.8 วัน) และสารละลาย SA ทั้ง 3 ระดับความเข้มข้น (10.9 วัน เท่ากัน) ในขณะที่เมล็ดที่แช่ในน้ำและเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) มีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุดคือ 12.6 12.3 และ 12.2 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ เบญจรงค์ (2550) รายงานว่าการแช่เมล็ดพริกพันธุ์บางช้างในสารละลาย GA_s ความเข้มข้น 0.03 เปอร์เซ็นต์ มีค่าดัชนีการงอกสูงกว่าการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าเมล็ดงอกได้เร็วกว่า

ดังนั้นการแช่เมล็ดพันธุ์พริกหยวกในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด จึงเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ในการทดลองที่ 3 ต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหยวก

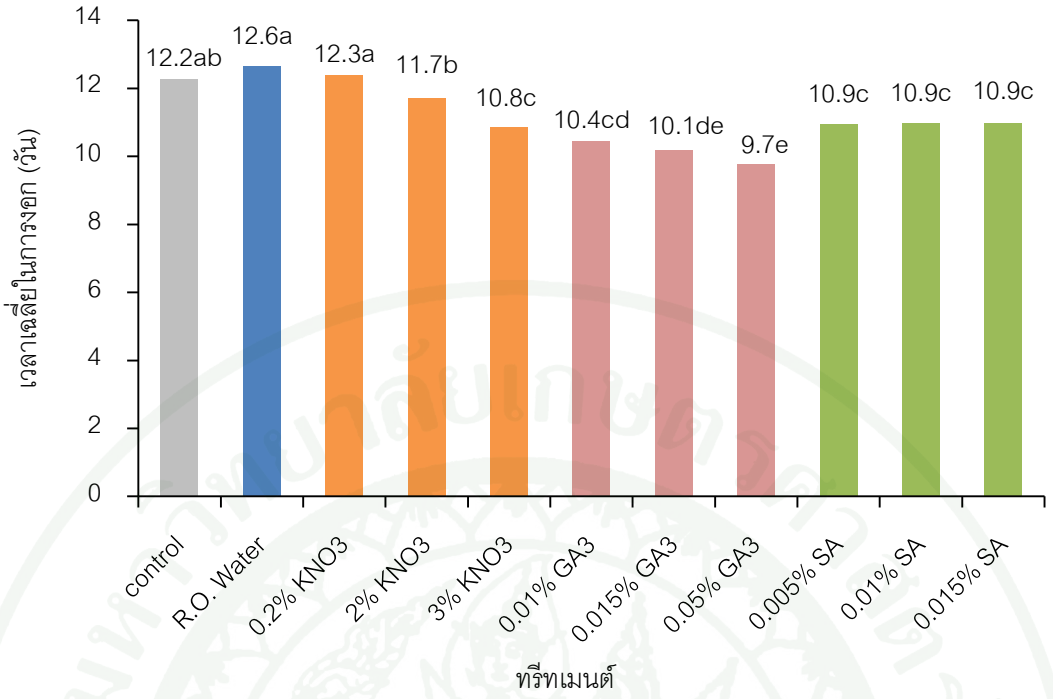
ทรีทเมนต์	ความงอกในห้องปฏิบัติการ (เปอร์เซ็นต์)	ความงอกในสภาพโรงเรือน (เปอร์เซ็นต์)	ต้นอ่อนผิดปกติ (เปอร์เซ็นต์)	เมล็ดตาย (เปอร์เซ็นต์)	เมล็ดสดไม่งอก (เปอร์เซ็นต์)
Control	51.0 d[1/]	60.0	35.0 a	10.0	4.0
R.O. Water	54.0 cd	54.5	38.0 a	4.0	4.0
0.2% KNO_3	56.0 bcd	63.5	36.0 a	4.0	4.0
2% KNO_3	65.0 abc	48.0	24.0 b	4.0	7.0
3% KNO_3	66.0 abc	50.5	23.0 b	3.5	7.5
0.01% GA_3	63.0 abcd	63.0	22.5 b	8.0	6.5
0.015% GA_3	75.0 a	69.5	19.5 b	4.0	1.5
0.05% GA_3	57.0 bcd	65.0	29.5 ab	5.5	8.0
0.005% SA	67.5 ab	60.0	23.5 b	3.0	6.0
0.01% SA	67.5 ab	59.5	23.0 b	6.5	3.0
0.015% SA	71.5 a	62.0	20.0 b	4.5	4.0
F-test	*	ns	*	ns	ns
C.V. (%)	12.79	18.11	23.94	63.74	75.03

หมายเหตุ [1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P >0.05) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหยวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 3 ผลของชนิดสารเคมีและระยะเวลาการบ่มเมล็ดในการกระตุ้นความงอกต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหยวก

Seed priming เป็นกระบวนการกระตุ้นความงอกของเมล็ดก่อนนำไปปลูก โดยแช่เมล็ดในน้ำหรือสารเคมีบางชนิดที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อกระตุ้นให้เกิดกระบวนการงอกเกิดขึ้นและทำให้หยุดลงก่อนการงอกของรากจะปรากฏโดยการทำให้เมล็ดแห้งลงอีกครั้ง (Bewley and Black, 1982) จากการทดลองนำเมล็ดพันธุ์พริกหยวกแช่ในน้ำ R.O. หรือสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง ร่วมกับการให้อากาศ 45 นาทีต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 26 องศาเซลเซียส แล้วนำเมล็ดไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 0 1 และ 2 วัน จากนั้นนำเมล็ดมาลดความชื้นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 2 วัน จากการทดลองพบว่า

3.1 ความงอกมาตรฐาน (Standard germination)

การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริกหยวกในน้ำและสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ความงอกในห้องปฏิบัติการสูงที่สุดคือ 76.1 และ 70.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่การกระตุ้นความงอกด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกในห้องปฏิบัติการต่ำที่สุดคือ 67.0 และ 62.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) นอกจากนี้การกระตุ้นความงอกในสารละลาย SA และ KNO_3 พบต้นอ่อนผิดปกติสูงที่สุดคือ 30.3 และ 23.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่การกระตุ้นความงอกในสารละลาย GA_3 และน้ำ มีต้นอ่อนผิดปกติน้อยที่สุดคือ 16.6 และ 19.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 5) โดยลักษณะของต้นอ่อนผิดปกติที่พบ ได้แก่ ส่วนยอดติดอยู่ในเปลือกหุ้มเมล็ด ใบเลี้ยงมีรูปร่างผิดปกติมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีรากแก้ว เป็นต้น (ภาพผนวกที่ 1) อาจเนื่องจากระดับความเข้มข้นของสารละลาย SA และ KNO_3 ยังไม่เหมาะสม จึงส่งผลให้มีความงอกต่ำที่สุดและพบต้นอ่อนผิดปกติมากที่สุด โดย SA ที่ความเข้มข้นสูงอาจเป็นพิษ ซึ่งจะลดการแบ่งเซลล์ในระหว่างการงอกของเมล็ด (Elmer, 2005) ทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำที่สุด และเกิดลักษณะต้นอ่อนผิดปกติ ซึ่งสอดคล้องกับ Farooq *et al.* (2008) พบว่าการกระตุ้นความงอกเมล็ดข้าวโพดในสารละลาย SA ที่ความเข้มข้น 0.005% เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกและสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เช่น Superoxide dismutase (SOD), Catalase (CAT) เป็นต้น สูงกว่าการกระตุ้นความงอกในสารละลาย SA ที่ความเข้มข้น 0.015% นอกจากนี้ ประเสริฐ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(2542) พบว่า การกระตุ้นความงอกเมล็ดพันธุ์พริกในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 7 วัน ทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำ เนื่องจากเกิดต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติโดยมีส่วนประกอบของรากและใบเลี้ยงไม่สมบูรณ์ สาเหตุของความผิดปกตินี้อาจมาจากความเป็นพิษของเกลือต่อต้นอ่อน ในขณะที่การกระตุ้นความงอกในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกิดต้นอ่อนผิดปกติน้อยที่สุด อาจเป็นเพราะว่า GA_3 กระตุ้นให้เกิดการยืดตัวของเซลล์ ทำให้เกิดแรงดันให้เปลือกหุ้มเมล็ดหลุดจึงพบต้นอ่อนผิดปกติน้อยที่สุด

เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาการบ่มเมล็ดพันธุ์พริกหยวก พบว่า การบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 1 วัน มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกในห้องปฏิบัติการสูงที่สุดคือ 81.6 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เมล็ดที่ไม่บ่มและเมล็ดที่บ่มเป็นระยะเวลา 2 วัน มีความงอกในห้องปฏิบัติการต่ำที่สุดคือ 61.5 และ 63.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับการไม่บ่มเมล็ดและบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 2 วัน ทำให้มีต้นอ่อนผิดปกติมากที่สุดคือ 27.1 และ 26.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 1 วัน มีต้นอ่อนผิดปกติน้อยที่สุดเพียง 14.1 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 6) แสดงว่าการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 1 วัน ทำให้ต้นอ่อนผิดปกติลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่บ่ม แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาการบ่มเป็น 2 วัน ทำให้ต้นอ่อนผิดปกติเพิ่มสูงขึ้น อาจเป็นเพราะการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 2 วัน ทำให้ต้นอ่อนภายในเมล็ดเกิดการยืดยาว และเมื่อนำเมล็ดไปลดความชื้นทำให้เกิดความเสียหายกับต้นอ่อน จึงเกิดต้นอ่อนผิดปกติเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 1 วัน ดังนั้นการบ่มเมล็ดพันธุ์ในระยะเวลาที่เหมาะสม จะทำให้กระบวนการงอกภายในเมล็ดสามารถดำเนินไปได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น เช่น กระบวนการซ่อมแซมและการสร้าง DNA RNA และโปรตีน รวมถึงผนังเซลล์ (cell wall) ของเมล็ด เพื่อใช้ในกระบวนการงอกและยังป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากเมล็ดที่เร็วจนเกินไป (Fujikura *et al.,* 1993) นอกจากนี้การบ่มเมล็ดแตงกวาในสารละลาย PEG ที่มีค่าความต่างศักย์ของน้ำ -1.5 MPa ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่ามีปริมาณ sucrose และ oligosaccharide เช่น raffinose stachyose เพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณน้ำตาลเหล่านี้น่าจะมีส่วนช่วยรักษาเสถียรภาพของเมมเบรน (membrane) และโปรตีนของเมล็ดที่ผ่านกระบวนการกระตุ้นความงอก ตามสมมติฐาน water replacement hypothesis (วันชัย, 2553ข) ดังนั้นกระบวนการบ่มเมล็ดภายหลังจากการกระตุ้นความงอกจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 ความงอกในสภาพโรงเรือน (Greenhouse germination)

ชนิดของสารเคมีมีผลต่อความงอกในสภาพโรงเรือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการกระตุ้นความงอกในน้ำและสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ความงอกในสภาพโรงเรือนสูงที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 88.3 86.6 และ 88.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่การกระตุ้นความงอกในสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกต่ำที่สุดคือ 79.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับความงอกในห้องปฏิบัติการ โดย SA ทำให้ความงอกในห้องปฏิบัติการต่ำเช่นกัน (ตารางที่ 2) โดยความงอกในสภาพโรงเรือนมีค่าสูงกว่าความงอกในห้องปฏิบัติการเนื่องจากการทดสอบความงอกในสภาพโรงเรือนใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะ ซึ่งมีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบประมาณ 0.6-1.4 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีอินทรียวัตถุไม่น้อยกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งมีคุณสมบัติเหมาะสมที่ใช้เป็นวัสดุปลูก โดยมีโครงสร้างโปร่ง ระบายอากาศได้ดี (สมเพียร, 2524)

ดังนั้นการกระตุ้นความงอกด้วย GA_3 ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกในห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือนสูงสุด เนื่องจาก GA_3 สามารถส่งเสริมความงอกของเมล็ด โดยช่วยเพิ่มกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น α- และ β- amylase (ชยพร, 2546) นอกจากนี้ GA_3 ยังกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ mannanase ซึ่งเอนไซม์ชนิดนี้เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายอาหารในเอนโดสเปิร์ม (endosperm) จึงช่วยลดการจำกัดในการเจริญเติบโตของต้นอ่อน (mechanical constraint) ในระหว่างการงอกของเมล็ดพริก จึงทำให้เมล็ดมีความงอกสูงขึ้น (Groot and Karssen, 1987)

เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาการบ่มเมล็ดมีผลต่อความงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 1 วัน มีความงอกในสภาพโรงเรือนสูงที่สุดคือ 90.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่บ่มและบ่มเป็นระยะเวลา 2 วัน มีความงอกในสภาพโรงเรือนเพียง 83.1 และ 83.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 เวลาเฉลี่ยในการงอก (Mean germination time; MGT)

เวลาเฉลี่ยในการงอกแสดงให้เห็นถึงความเร็วในการงอก หากเวลาเฉลี่ยในการงอกมีค่าน้อยแสดงว่าเมล็ดพันธุ์เหล่านั้นสามารถงอกได้เร็วและมีความแข็งแรงสูง ซึ่งจากทดสอบความงอกเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุดคือ 9.1 วัน รองลงมาคือ การกระตุ้นความงอกในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ (9.5 วัน) ในขณะที่การกระตุ้นความงอกด้วย SA ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ พบเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุดคือ 9.9 และ 9.7 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 2) แสดงว่าการกระตุ้นความงอกด้วย GA_3 ทำให้เมล็ดมีความแข็งแรงสูงขึ้น เพราะมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ Cantliffe and Watkins (1983) พบว่ากรดจิบเบอเรลลิก สามารถส่งเสริมให้เมล็ดพริกงอกได้เร็วขึ้น โดยเมล็ดพริกที่ผ่านกระบวนการกระตุ้นความงอกในสารละลาย GA_{4+7} ความเข้มข้น 100 ppm เป็นระยะเวลา 36 ชั่วโมง และนำเมล็ดไปลดความชื้น ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้นจาก 10.6 วัน เป็น 5.5 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก

ระยะเวลาในการบ่มเมล็ดพันธุ์ภายหลังจากการกระตุ้นความงอกมีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหยวก โดยการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 1 และ 2 วัน มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุดคือ 9.2 และ 9.1 วัน ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่ไม่บ่มมีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุดคือ 10.3 วัน (ตารางที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับ วิลาสินี (2547) รายงานการบ่มเมล็ดพริกพันธุ์บางช้าง เป็นระยะเวลา 2 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดมีการงอกของราก (days to emergence) เร็วที่สุดคือ 1.27 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่บ่มเมล็ด ซึ่งมีการงอกของรากช้าที่สุดคือ 3.9 วัน

เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดสารเคมีกับระยะเวลาการบ่มเมล็ดพันธุ์พริกหยวก พบว่า มีอิทธิพลร่วมกันต่อเวลาเฉลี่ยในการงอก โดยการกระตุ้นความงอกในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 2 วัน มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุดคือ 8.4 วัน ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการกระตุ้นความงอกในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 2 วัน และ GA_3 ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 1 วัน (8.8 และ 8.7 วัน ตามลำดับ) ในขณะที่การกระตุ้นความงอกใน SA ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ และ KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และ GA_3 ความเข้มข้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

0.015 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีการบ่มเมล็ด พบเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุดคือ 10.7 10.5 และ 10.2 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 4)

ดังนั้นการกระตุ้นความงอกเมล็ดพันธุ์พริกหยวกในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 1 วัน มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ผลของชนิดสารเคมีและระยะเวลาการบ่มเมล็ดพันธุ์พริกหยวกในการกระตุ้นความงอกต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

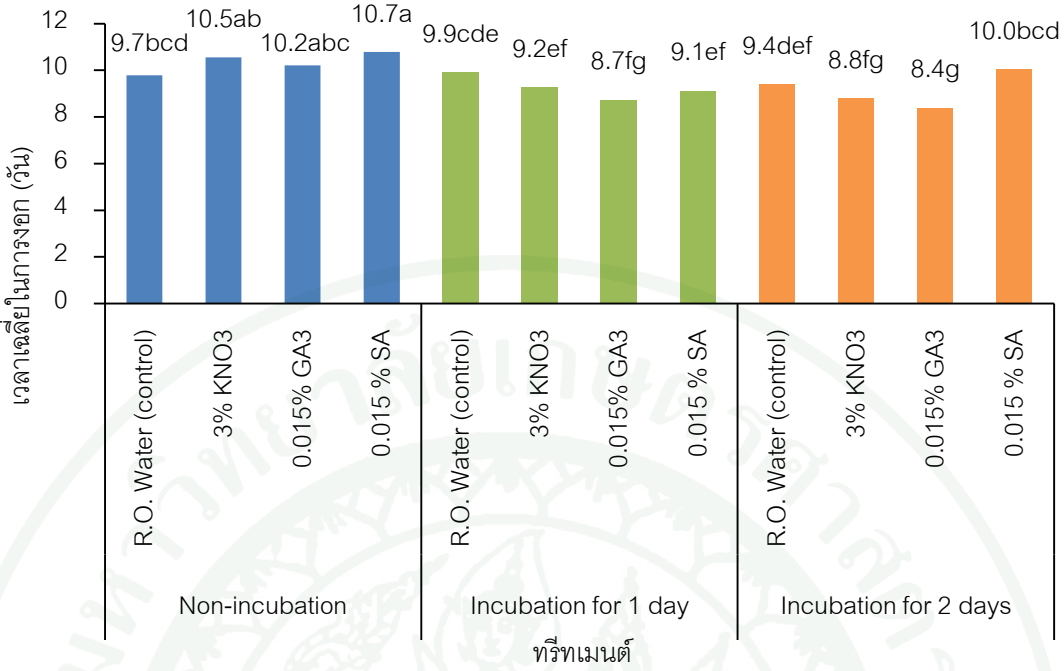
ปัจจัย	ความงอกในห้องปฏิบัติการ (เปอร์เซ็นต์)	ความงอกในสภาพโรงเรือน (เปอร์เซ็นต์)	เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)
สารเคมี (A)			
R.O. Water (control)	76.1 a[1/]	88.3 a	9.7 ab
3% KNO_3	67.0 bc	86.6 a	9.5 b
0.015% GA_3	70.5 ab	88.1 a	9.1 c
0.015% SA	62.3 c	79.8 b	9.9 a
F-test	*	*	*
ระยะเวลาการบ่มเมล็ด (B)			
non-incubation	61.5 b	83.1 b	10.3 a
incubation 1 day	81.6 a	90.5 a	9.2 b
incubation 2 days	63.8 b	83.6 b	9.1 b
F-test	*	*	*
AxB	ns	ns	*
C.V. (%)	9.98	6.10	4.36

หมายเหตุ [1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($P > 0.05$) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

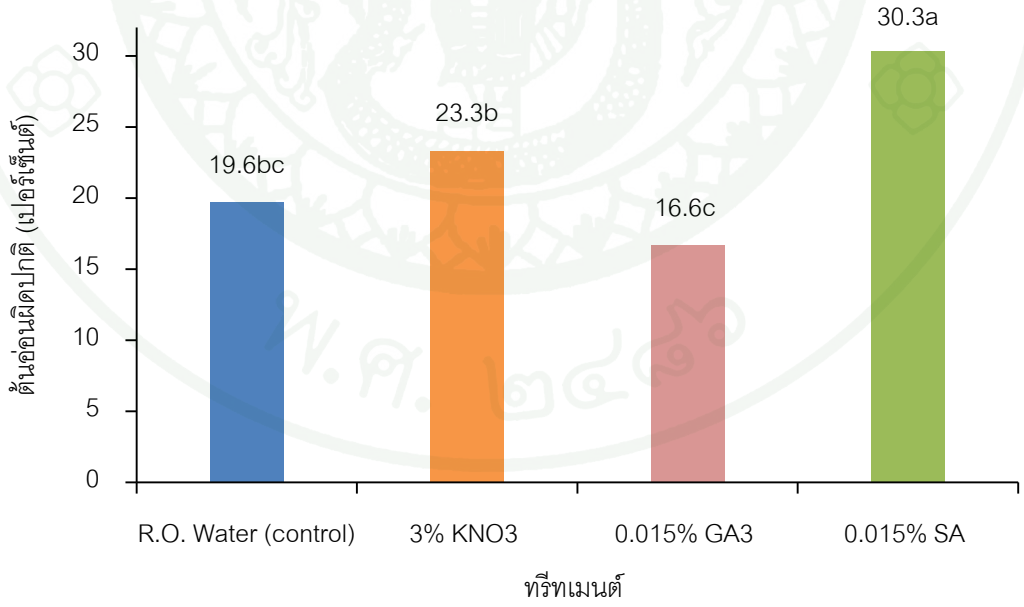
* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

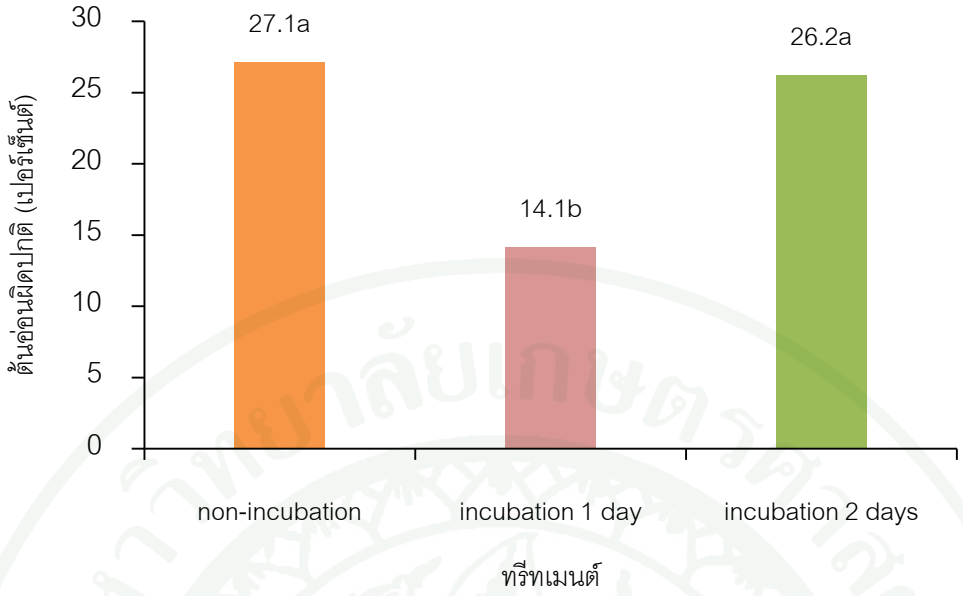


ภาพที่ 4 เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีและระยะเวลาในการบ่มที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 5 ผลของชนิดสารเคมีต่อต้นอ่อนผิดปกติของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 ผลของระยะเวลาในการบ่มเมล็ดต่อต้นอ่อนผิดปกติของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอก

3.5 คุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการกระตุ้นความงอกส่วนใหญ่มักพบว่าอายุการเก็บรักษาของเมล็ดลดลง เนื่องจากเมล็ดได้ถูกกระตุ้นให้พร้อมสำหรับการงอกแล้ว และเมื่อนำเมล็ดมาเก็บรักษาทำให้กระบวนการต่าง ๆ ที่พร้อมสำหรับการงอกของเมล็ดเกิดการเสื่อมคุณภาพ ทำให้อายุการเก็บรักษาลดลง (Bewley, 1986)

3.5.1 ความงอกมาตรฐาน (Standard germination)

เมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกในสารเคมีทุกชนิดหลังจากเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าความงอกในห้องปฏิบัติการลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกแต่ไม่มีการเก็บรักษา (0 เดือน) มีความงอกประมาณ 62-76 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) โดยการกระตุ้นความงอกในสารละลาย SA มีผลทำให้ความงอกในห้องปฏิบัติการต่ำที่สุดคือ 9.8 เปอร์เซ็นต์ ในขณะเมล็ดที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผ่านการกระตุ้นความงอกในสารละลาย GA_3 KNO_3 และน้ำ มีความงอกในห้องปฏิบัติการไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 19.5 17.5 และ 16.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) แสดงว่าการเก็บรักษาเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกทำให้ความแข็งแรงของเมล็ดลดลง ซึ่งแตกต่างจาก Georghiou *et al.* (1987) รายงานว่า การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริกในสารละลาย manitol มีค่าความต่างศักย์ของน้ำ -0.991 MPa เป็นระยะเวลา 4 วัน แล้วนำมาเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มีผลทำให้เมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกยังคงความงอกมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยในการงอก (T_{50}) 14 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอกมีความงอกเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยในการงอก (T_{50}) 27 วัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานทดลองนี้ อาจเป็นเพราะเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่นำมาใช้ในการทดลองนี้มีคุณภาพต่ำ เนื่องจากมีความงอกในห้องปฏิบัติการเริ่มต้นเพียง 41 เปอร์เซ็นต์ และมีเวลาเฉลี่ยในการงอก 11.9 วัน ดังนั้นเมล็ดที่มีความแข็งแรงต่ำจึงไม่สามารถเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน เพราะในช่วงแรกของการกระตุ้นความงอก เมล็ดมีการสร้างสาร antioxidant จำพวก hydrolytic enzymes เช่น lipoxygenase ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้ช่วยลดอนุมูลอิสระลง จึงทำให้เซลล์ถูกทำลายลดลง ในขณะเดียวกันยังมีการซ่อมแซมเซลล์อีกด้วย แต่เมื่อเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไปช่วงระยะเวลาหนึ่งพบว่าอนุมูลอิสระจำนวนหนึ่งไปทำลายสาร antioxidant ทำให้มีปริมาณอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น เมล็ดจึงเสื่อมคุณภาพและตายในที่สุด (McDonald, 2000) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองนี้ โดยเมื่อเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบเมล็ดตายที่เพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 20-33 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 6) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกแต่ไม่มีการเก็บรักษา (0 เดือน) มีเมล็ดตายอยู่ในช่วง 2-7 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 4)

ในขณะที่ระยะเวลาการบ่มเมล็ดมีผลต่อความงอกในห้องปฏิบัติการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการเพิ่มระยะเวลาการบ่มเมล็ดของเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกและเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกในห้องปฏิบัติการลดลง โดยเมล็ดที่ไม่มีการบ่มเมล็ดมีความงอกสูงสุดคือ 30.4 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 1 และ 2 วัน ทำให้ความงอกในห้องปฏิบัติการลดลงคือ 21.1 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดสารเคมีกับระยะเวลาการบ่มเมล็ด พบว่ามีอิทธิพลร่วมกันต่อความงอกในห้องปฏิบัติการของเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอก และเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน โดยเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกในสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไม่มีการบ่มเมล็ด มีแนวโน้มทำให้ความงอกในห้องปฏิบัติการสูงที่สุดคือ 33.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการกระตุ้นความงอกด้วย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ ร่วมกับไม่มีการบ่มเมล็ด พบความงอกในห้องปฏิบัติการ 29.5 และ 26.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่เมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกในสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 1 วัน และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ น้ำ สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 2 วัน ทำให้เมล็ดมีความงอกในห้องปฏิบัติการต่ำที่สุด 5.0 4.5 3.0 2.0 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 7)

3.5.2 ความงอกในสภาพโรงเรือน (Greenhouse germination)

เมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกในสารเคมีทุกชนิด แล้วนำเมล็ดไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน พบความงอกในสภาพโรงเรือนลดลง โดยเมล็ดที่ผ่านกระตุ้นความงอกในสารละลาย SA มีผลทำให้ความงอกในในสภาพโรงเรือนต่ำที่สุดคือ 11.6 เปอร์เซ็นต์ ในขณะเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลาย GA_3 น้ำ และ KNO_3 พบความงอกในสภาพโรงเรือนไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 21.1 19.8 และ 17.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีดังกล่าวแต่ไม่มีการเก็บรักษา (0 เดือน) ซึ่งมีความงอกในสภาพโรงเรือนอยู่ในช่วง 79-88 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

ในขณะที่ระยะเวลาการบ่มเมล็ดของเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอก หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน มีผลต่อความงอกในสภาพโรงเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการเพิ่มระยะเวลาการบ่มเมล็ด ทำให้เมล็ดผ่านการกระตุ้นความงอกหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน มีความงอกในสภาพโรงเรือนลดลง โดยเมล็ดที่ไม่มีการบ่มเมล็ดมีความงอกสูงที่สุดคือ 37.2 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 1 และ 2 วัน ทำให้ความงอกในสภาพโรงเรือนลดลง คือ 24.5 และ 11.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ซึ่งการบ่มเมล็ดภายหลังการกระตุ้นความงอก ทำให้กระบวนการงอกสามารถดำเนินไปได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น (Fujikura *et al.,* 1993) โดยระหว่างกระบวนการงอกจะเกิดเมแทบอลิซึมต่าง ๆ เช่น เอนไซม์ต่าง ๆ มีกิจกรรมสูงขึ้น มีการย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรท ไขมัน และโปรตีน เป็นต้น จนได้เป็นโมเลกุลเล็ก เช่น น้ำตาล กรดอะมิโน เป็นต้น และเคลื่อนย้ายสารอาหารไปยังจุดเจริญ โดยพลังงานที่ใช้ในกระบวนการเหล่านี้มาจาก ATP (adenosine triphosphate) ซึ่งผลิตโดยไมโตคอนเดรีย (วันชัย, 2553ก) ซึ่งสอดคล้องกับ Corbineau *et al.* (2000) พบว่าการกระตุ้นความงอกของเมล็ดมะเขือเทศ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้วยวิธี osmopriming โดยใช้สาร PEG 8000 ที่ค่าความต่างศักย์ของน้ำ -1.0 MPa พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของค่า ATP 60 เปอร์เซ็นต์, energy charge จาก 0.11 เป็น 0.75 และ ATP/ADP ratio (adenosine triphosphate/adenosine diphosphate) จาก 0.12 เป็น 1.70 และพลังงานเหล่านี้ยังคงอยู่แม้จะลดความชื้นภายหลังจากการกระตุ้นความงอกแล้ว แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาการบ่มเมล็ดภายหลังการกระตุ้นความงอก อาจทำให้กระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการบ่มดำเนินไปได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น จึงทำให้ปริมาณอาหารสะสมภายในเมล็ดลดลง หรือเปลี่ยนไปอยู่ในรูปอื่น ๆ และถูกใช้ไปในกระบวนการหายใจของเมล็ดระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นเมื่อนำเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกร่วมกับการเพิ่มระยะเวลาการบ่มเมล็ดพันธุ์ มาเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน จึงทำให้เมล็ดมีความงอกในสภาพโรงเรือนลดลง แสดงว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการกระตุ้นความงอก เป็นระยะเวลา 6 เดือน ทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกแต่ไม่มีการเก็บรักษา (0 เดือน) พบความงอกในสภาพโรงเรือนอยู่ในช่วง 83-90 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดสารเคมีกับระยะเวลาการบ่มเมล็ด พบว่ามีอิทธิพลร่วมกันต่อความงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอก และเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน โดยเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกในสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการไม่บ่มเมล็ด มีแนวโน้มทำให้ความงอกในสภาพโรงเรือนสูงที่สุดคือ 39.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกในน้ำ สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการไม่บ่มเมล็ด พบความงอกในสภาพโรงเรือน 34.5 30.5 และ 30.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่เมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกในสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 1 วัน และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ สารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ น้ำ และสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 2 วัน ทำให้เมล็ดมีความงอกในสภาพโรงเรือนต่ำที่สุด 3.5 2.5 1.5 1.0 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 8)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.5.3 เวลาเฉลี่ยในการงอก (Mean germination time; MGT)

เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมี และระยะเวลาการบ่มที่แตกต่างกัน นำมาเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยเมล็ดที่ผ่านกระบวนการกระตุ้นความงอกจะลดระยะเวลาการเก็บรักษา เพราะเมล็ดเกิดกระบวนการ autoxidation จากอนุมูลอิสระที่เมล็ดสร้างขึ้นมาระหว่างเก็บรักษา ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเยื่อหุ้มเซลล์และเยื่อหุ้มออร์แกแนลต่าง ๆ ทำให้เกิดการรั่วไหลของสารต่าง ๆ และสารพันธุกรรมถูกทำลาย ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เซลล์ถูกทำลาย จึงทำให้อายุการเก็บรักษาลดลง ซึ่งเมล็ดที่พบว่าเมื่อผ่านการกระตุ้นความงอกแล้วอายุการเก็บรักษาจะลดลงได้แก่ พริก มะเขือเทศ ผักกาดหอม แครอท ข้าวโพดหวาน หัวหอม เป็นต้น (Alvardo and Bradford, 1988; Bewley, 1986) สอดคล้องกับ Argerich *et al.* (1989) พบว่าเมล็ดมะเขือเทศที่ผ่านการกระตุ้นความงอกแล้วนำมาเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก จึงทำให้มีอายุการเก็บรักษาลดลง แสดงว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอก เป็นระยะเวลา 6 เดือน ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของเมล็ด ซึ่งการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดเป็นปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ (inexorable process) ไม่สามารถผันกลับได้ (irreversible) และการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดจะแตกต่างระหว่างประชากรของเมล็ด เช่น ชนิด พันธุ์ กองเมล็ดพันธุ์ (Delouche, 1973)

ดังนั้นการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอก เป็นระยะเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกต่ำลง และไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการเพาะปลูก ซึ่ง Wallace (1995) แนะนำว่าเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอก ควรลดความชื้นเมล็ดให้อยู่ในระดับที่ต่ำ ซึ่งเมล็ดพริกควรมีความชื้นก่อนเก็บรักษาอยู่ที่ 9.8 เปอร์เซ็นต์ (Georghiou *et al.,* 1987) และสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เป็นระยะเวลา 2 เดือน โดยความงอกของเมล็ดไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งสอดคล้องกับ วิลาสินี (2547) พบว่า เมล็ดพริกพันธุ์บางช้างที่ผ่านการกระตุ้นความงอกในน้ำ เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง ร่วมกับการให้อากาศ 30 นาทีต่อชั่วโมง และบ่มเมล็ดที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 วัน แล้วนำมาลดความชื้นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกสามารถเก็บรักษาได้ 9 สัปดาห์ โดยเมล็ดพริกยังคงความงอกและดัชนีความงอกในระดับที่สูงคือ 95 เปอร์เซ็นต์ และ 3.5 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 คุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน

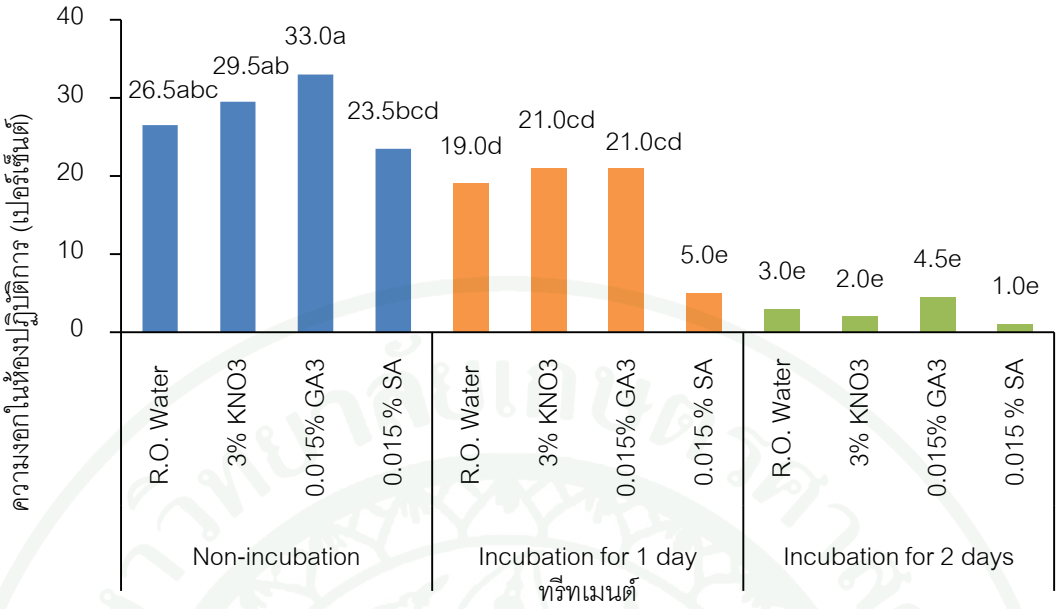
ปัจจัย	ความงอกในห้องปฏิบัติการ (เปอร์เซ็นต์)	ความงอกในสภาพโรงเรือน (เปอร์เซ็นต์)	เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)
สารเคมี (A)			
R.O. Water	16.1 a[1/]	19.8 a	10.0
3% KNO_3	17.5 a	17.8 a	9.0
0.015% GA_3	19.5 a	21.1 a	10.5
0.015% SA	9.8 b	11.6 b	9.6
F-test	*	*	ns
ระยะเวลาการบ่มเมล็ด (B)			
non-incubation	30.4 a	37.2 a	11.4
incubation 1 day	21.1 b	24.5 b	11.4
incubation 2 days	10.0 c	11.5 c	10.2
F-test	*	*	ns
AxB	*	*	ns
C.V. (%)	28.39	35.29	32.44

หมายเหตุ [1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($P > 0.05$) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

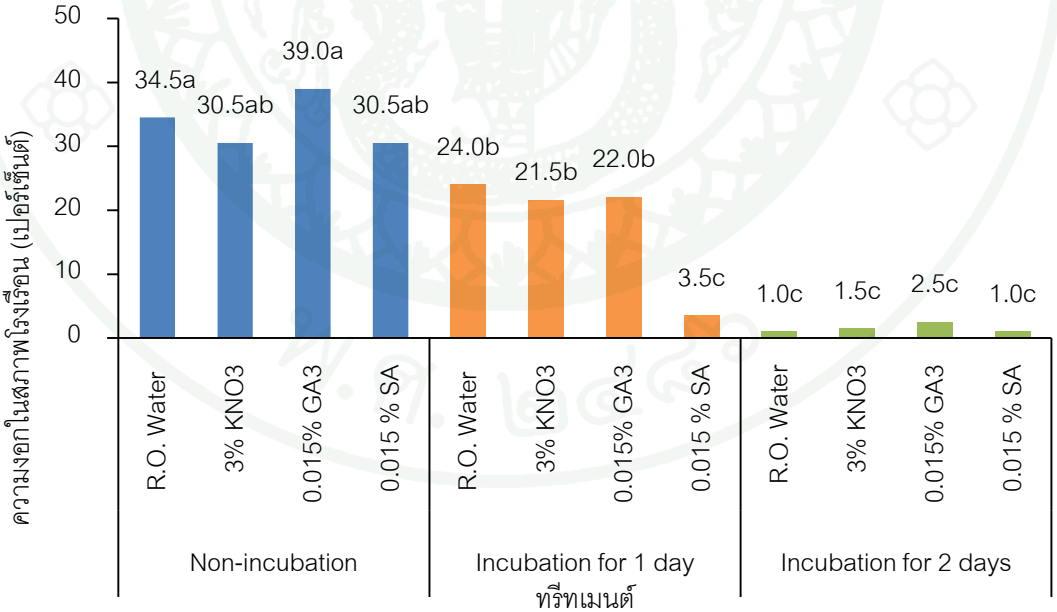
* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 ความงอกในห้องปฏิบัติการของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีและระยะเวลาการบ่มเมล็ดที่แตกต่างกัน หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน



ภาพที่ 8 ความงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีและระยะเวลาการบ่มเมล็ดที่แตกต่างกัน หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. ระยะเวลาในการดูดน้ำ R.O. หรือสารละลาย GA_3, Salicylic acid และ KNO_3 จนถึงระยะอิ่มตัวคือ 8 ชั่วโมง หลังจากแช่เมล็ด

2. การกระตุ้นความงอกเมล็ดพริกหยวกในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มทำให้ความงอกในห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือนสูงที่สุด และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด

3. การบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 1 วัน มีแนวโน้มทำให้ความงอกในห้องปฏิบัติการ ความงอกในสภาพโรงเรือนสูงที่สุด และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่บ่มและบ่มเป็นระยะเวลา 2 วัน

4. การกระตุ้นความงอกเมล็ดพริกหยวกในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการบ่มเมล็ดเป็นระยะเวลา 1 วัน มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด

5. การเก็บรักษาเมล็ดพริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกเป็นระยะเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ต่ำลง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกแล้วนำไปเก็บรักษาทุก ๆ เดือน เพื่อดูแนวโน้มระยะเวลาการเก็บรักษาที่เหมาะสมของเมล็ดพันธุ์พริกที่ผ่านการกระตุ้นความงอก

2. ควรศึกษาการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์พริกมากกว่าหนึ่งพันธุ์ที่มีคุณภาพเริ่มต้นต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองต่อการกระตุ้นความงอก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2551. **ปริมาณและมูลค่าการส่งออกผักสด 20 ชนิดปี 2545-2551.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. แหล่งที่มา: http://as.doa.go.th/ard/stat/stat_146.pdf, 10 เมษายน 2554.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2553. **สถานการณ์การผลิตพืชปี 2547-2550.** ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. **เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์**. กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ.

ชยพร แอคะรัจน์. 2546. **วิทยาการเมล็ดพันธุ์**. ฐานเกษตรกรรม, นนทบุรี.

นภดล จรัสสัมฤทธิ์. 2537. **ฮอร์โมนและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช**. ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

นาฏญา โสภา. 2548. **การกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักเขียวโดยวิธี** Hydropriming. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

น้ำผึ้ง ทองดี. 2544. **ผลของการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกด้วยสารโพลีเอทธิลีนไกลคอลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์บางช้าง**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เบญจรงค์ ธิกุลวงษ์. 2550. **การเปรียบเทียบผลของ KNO_3 และ GA ที่มีผลต่อความงอกของพริก "บางช้าง 365"**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประเสริฐ ประภานภสินธุ์. 2542. **การกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกด้วยวิธี** Hydropriming **และ** Osmopriming. ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยะดา ธีรกุล. 2542. **ธาตุอาหารพืช**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิทักษ์ เทพสมบูรณ์. 2540. **การปลูกพริก**. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

พีระยศ แข็งขัน, บุญมี ศิริ, เกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร, ปริญดา ศรีวิเศษ, ประดิษฐ์ สุคนธวารินทร์ และพจน์ ศรีบุญลือ. 2544. การใช้สารเคมีเพื่อชะลอและปรับปรุงการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน. **ว.วิทย์.กษ.** 32(5-6): 183-193.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2553ก. **สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

_____. 2553ข. **เอกสารประกอบคำสอนวิชาสรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

วิลาสินี รามนัฏ. 2547. **การกระตุ้นการงอกเมล็ดพันธุ์พริกโดยวิธี Hydropriming**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมเพียร เกษมทรัพย์. 2524. **ไม้ดอกกระถาง**. โรงพิมพ์พิทยา, กรุงเทพฯ

อักษร ศรีเปล่ง. 2523. พริก. **ข่าวสารเกษตรศาสตร์** 25(4): 9-21.

Alvarado, A.D. and K. J. Bradford. 1988. Priming and storage of tomato (*Lycopersicon lycopersicum)* seeds. **Seed Sci. & Technol.** 16: 601-612.

Amjad, M., K. Ziaf, Q. Iqbal, I. Ahmad, M.A. Riaz and Z.A. Saqib. 2007. Effect of seed priming on seed vigour and salt tolerance in hot pepper. **Pak. J. Agri. Sci.** 44(3): 408-416.

Argerich, C.A., K.J. Bradford and A.M. Tarquis. 1989. The effect of priming and ageing on resistance to deterioration of tomato seeds. **J. Exp. Bot.** 40: 593-598. **Oxford Abstracts** (1989): Abstract No. 10.1093

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bailly, C., A. Benamar, F. Corbineau and D. Come. 2000. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affectd by priming. **Seed Sci. Res.** 10: 35-42. **CAB Abstracts** (2007): Abstract No. 693732.

Basra, S.M.A., M. Farooq, H. Rehman and B.A. Saleem. 2007. Improving the germination and early seedling growth in melon (*Cucumis melo* L.) by pre-sowing salicylicate treatments. **Agriculture & Biology** 9(4): 550-554.

Basu, R.N. and P. Pal. 1979. Physiological control of seed deterioration in rice. **Indian J. Agric. Sci.** 49(1): 1-6.

Benavides-Mendoza. A., H. Ramirez-Rodriguez, V. Robledo-Torres, J. Hernandez-Davila, J. G. Ramirez-Mezquitic, E. Bacopulos-Tellez, A. Sandoval-Rangel and M.A. Bustamante-Garcia. 2002. Seed treatment with salicylates modifies stomatal distribution, stomatal density, and the tolerance to cold stress in pepper seedling. *In* **Proceedings of the 16th International Pepper Conference Tampico.** 10-12 November 2002. Department of Horticultura, University of Autonoma Agraria Antonio Narro, Mexico.

Bewley, J.D. 1986. Membrane changes in seed as related to germination and the perturbations resulting from deteriorating in storage. **Crop Sci.** 27-47.

Bewley, J.D. and M. Black. 1978. **Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination. Vol I. Development, Germination and Growth.** Springer Verlag, Berlin.

_____and_____. 1982. **Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination. Vol II. Viability, Dormancy and Environment Control.** Springer Verlag, Berlin.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bradford, K.J. 1986. Manipulation of seed water relation via osmotic priming to improve germination under stress condition. **HortScience** 21: 1105-1112.

Bruggink, G.T., J.J.J. Ooms and P. van der Toorn. 1999. Induction of longevity in primed seeds. **Seed Sci. Res.** 9: 49-53.

Cantliffe, D.J. and J.T. Watkins. 1983. More rapid germination of pepper seeds after seed treatment. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 96: 99-101.

Carter, A.K. 1998. Using ethephon and GA_3 to overcome thermoinhibition in 'Jalapeno M.' pepper seeds. **HortScience** 33(6): 1026-1027.

Choudhary, V.K., S. Kumari, A.K. Chaurasia, M. Naseem, A. Gupta and R.K. Maiti. 2008. Effect of priming and ageing on seed quality parameters of chilli (*Capsicum annuum*). **Agric. Environ. & Biotech.** 1(3): 111-116.

Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 1995. **Seed Science and Technology.** Chapman & Hill, New York.

Corbineau, F., N. Ozbingol, D. Vineland and D. Come. 2000. Improvement of tomato seed germination by osmopriming as related to energy metabolism, pp. 467-474. *In* **Proceedings of the 6th International Workshop on Seeds.** 1999, Seed Biology Advances and Applications. Mérida, México.

Corbineau, F., M.A. Picard and D. Come. 1994. Germinability of leek seeds and its improvement by osmopriming. **Acta Hort.** 371: 45-52.

Currah, L. and F.J. Proctor. 1990. **Onion in Tropical Regions.** Natural Resources Institute, Bellentin.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Delouche, J.C. 1973. Precepts of seed storage, pp. 93-122. *In* **Proceeding of the Mississippi State Seed Processors shortcourse**. 1973: 93-122.

Demir, I. and K. Mavi. 2004. The effect of priming on seedling emergence of differentially matured watermelon (*Citrullus lanatus* L.) seeds. **Scientia Hort .** 102: 467-473.

Demir, I. and G. Okcu. 2004. Aerated hydration treatment for improved germination and seedling growth in aubergine (*Solanum melongena*) and pepper (*Capsicum annuum*). **Ann. Appl. Biol.** 144: 121-123.

Desai, B.B., P.M. Kotecha and D.K. Salunkhe. 1997. **Seed Handbook Biology, Production, Processing and Storage**. Marecl Deaker, Inc, New York.

Ellis, R.H. and D.J. Roberts. 1980. Improved equation for the prediction of seed longevity. **Ann. Bot**. 45: 13-30.

Elmer, W. H. 2005. Management of fusarium wilt of cyclamen with biologicals and induced resistance. Research Report. F-2005-5. **Floriculture industry reseach and scholarship.** Trust, New Haven, CT.

Farooq, M., T. Aziz, S.M.A. Basra, M.A. Cheema and H. Rehman. 2008. Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid. **J. Agronomy & Crop Science**. 194: 161-168.

Finch-Savage, W.E., D. Gray and G.M. Dickson. 1991. The combined effects of osmotic priming with plant growth regulators and fungicide soaks on the seed quality of five bedding plant species. **Seed Sci. & Technol.** 19: 495-503.

Frett, J.J., W.G. Pill and D.C. Morneau. 1991. A comparison of priming agent for tomato and asparagus seed. **HortScience** 26: 1158-1159.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Fujikura, Y., H.L. Kraak, A.S. Basra and C.M. Karssen. 1993. Hydropriming a simple and inexpensive priming method. **Seed Sci. & Technol.** 21: 369-642.

Georghiou, K., C.A. Thanos and H.C. Passam. 1987. Osmoconditioning as a means of counteracting the ageing of pepper seeds during high-temperature storage. **Ann. Bot.** 60: 279-285.

Groot, S.P.C. and C.M. Karssen. 1987. Gibberellins regulate seed germination in tomato by endosperm weakening: a study with gibberellin-deficient mutants. **Planta** 171: 525-531.

Halmer, P. 2008. Seed technology and seed enhancement. **Acta Hort.** 771: 17-26

Harfouche, A.L., E. Rugini, F. Mencarelli, R. Botondi and R. Muleo. 2007. Salicylic acid induces H_2O_2 production and endochitinase gene expression but not ethylene biosynthesis in *Castanea sativa in vitro* model system. **Journal of Plant Physiology** 165: 734-744.

Harrington, J.F. 1972. Seed storage and longevity, pp. 147-245. *In* T.T. Kozlowski (ed.). **Seed Biology**. Vol III. Academic Press, New York.

Hernandez-Verdugo, S., K. Oyama and C. Vazquez-Yanes. 2001. Differentiation in seed germination among populations of *Capsicum annuum* along a latitudinal gradient in Mexico. **Plant Ecology** 155: 245-257.

Heydecker, W.J. and P. Coolbear. 1977. Seed treatment for improved performance survey and attempted prognosis. **Seed Sci. & Technol.** 5: 353-425.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Hilton, T.R. and J.A. Thomas. 1986. Regulation of pregerminative rates of respiration in seeds of various seed species by potassium nitrate. **J. Exp. Bot.** 37: 1516-1524.

Huang, R. 2003. **Effect of Priming Treatment on Germination Performance and Storability of Triploid Watermelon Seed.** M.S. thesis, Kasetsart University.

International Seed Testing Association. 2010. **International Rules for Seed Testing.** ISTA, Brassersdorf, Switzerland.

Jett, L.W., G.E. Welbaum and R.D. Morse. 1996. Effect of matric and osmotic priming treatments on broccoli seed germination. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 121: 423-429.

Khan, A.A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Reviews** 13: 131-181.

_____., C.M. Karssen, E.F. Leue, and C.H. Roe. 1979. Preconditioning of seed to improve performance. **Plant Regulation and World Agriculture.** Plenum Press. New York.

Kikuti, A.L.P., H. Kikuti and K. Minami. 2006. Physiological conditioning in sweet pepper seeds. **Revista Ciencia Agronomica** 36: 243-248.

Knott, J.E. 1962. **Handbook for Vegetable Growers.** John Wiley and Son Inc, New York.

Kubik. K.K., J.A. Eastin and K.M. Eskridge. 1988. Solid matrix priming of tomato and pepper, pp. 86-89. *In* **Proceeding of International Conference Stand Est.** 27-29 April 1988. Hortic. Crops Amer. Soc. of Hortic. Sci. Lancaster, Pennsylvania, USA.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Lil, F. and W. Ji-qing. 2008. Effect of different osmotic agents on germination and vigor of *Capsicum* seeds. **Hubei Agricultural Science**. 64-72. **CNKI Abstracts** (2008): Abstract No. 20080728.

McDonald, M.B. 2000. Seed priming, pp. 287-325. *In* Bewley, J.D. and M. Black. (eds.). **Seed Technology and its Biological Basic**. Sheffield Acaademic Press. England.

Mexal, L., J.T. Fisher, J. Osteryoung and C.P. Reid. 1975. Oxygen avaibility in polyethylene glycol solution and its implication in plant water relation. **Plant Physiol.** 55: 20-24.

Nelson, J.M., A. Jenkins and G.C. Sharples. 1984. Soaking and other seed pretreatment effects on germination and emergence of sugarbeet at high temperature. **Seed Sci. & Technol.** 9: 79-86.

Ozbingol, N., F. Corbineau and D. Come. 1998. Responses of tomato seeds to osmoconditioning as related to temperature and oxygen. **Seed Sci. Res.** 8: 377-384.

Ozbingol, N., F. Corbineau, S.P.C. Groot, R.J. Bino and D. Come. 1999. Activation of the cell cycle in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seed during osmoconditioning as related to temperature and oxygen. **Ann. Bot**. 84: 245-251.

Pandita, V.K., A. Anand and S. Nagarajan. 2007. Enhancement of seed germination in hot pepper following presowing treatments. **Seed Sci. & Technol**. 35(2): 282-290.

Pessarakli M. 2002. **Handbook of Plant and Crop Physiology**. Marecl Deaker, Inc, New York.

Peterson, J. R. 1976. Osmotic priming of onion seeds-the possibility of a commercial-scale treatment. **Scientia Hort**. 5: 207-214.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Poulos, J.M. 1993. Pepper breeding, pp. 85-151. *In* M.L. Chadha, A.K.M. Amazad Hossain and M. Hossain (eds.). **Breeding of Solanaceous and Cole Crops.** Asian Vegetable Research and Development Center. Tainan, Taiwan.

Powell, A.A., L.J. Yule, H.C. Jing, S.P.C. Groot, R.J. Bino and H.W. Pritchard. 2000. The influence of aerated hydration seed treatment on seed longivity as assessed by the viability equations. **J.Exp. Bot.** 353: 2031-2043.

Puls, E.E. and V.N. Lambeth. 1974. Chemical stimulation of germination rate in aged tomato seed. **Journal of the American Society of Horticultural Science** 99: 9-12.

Purseglove, J.W., E.G. Brown, C.L. Green and S.R.J. Robbins. 1981. **Spices. Vol I.** Longman Inc, New York.

Rajput, J.C. and Y.R. Parulekar. 1998. *Capsicum*, pp. 203-224. *In* D.K. Salunkhe and S.S. Kadam (eds.). **Handbooks of Vegetable Science and Technology: Production, Composition, Storage and Processing.** Marecl Dekker Inc, New York.

Sachs, M., D.J. Cantliff and J.T. Watkins. 1980. Germination of pepper seed at low temperatures after various pretreatments. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 93: 258-260.

Saraccoal, F., J.R. Binoa, J.H.W. Bergervoeta and S. Lanterial. 1995. Influence of priming-induced nuclear replication activity on storablility of pepper (*Capsicum annuum* L.) seed. **Seed Sci. Res.** 5: 25-29. **CAB Abstracts** (2008): Abstract No. 134576.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Soeda, Y., K.C.J.M. Maurice, O. Vorst, A.M.M.L. van Houwelingen, G.M. Stoopen, C.A. Maliepaard, J. Kodde, R.J. Bino, S.P.C. Groot and A.H.M. van der Geest. 2005. Gene expression programs during *Brassica oleracea* seed maturation, osmopriming, and germination are indicators of progression of the germination process and the stress tolerance level. **Plant Physiology** 137: 354-368.

Thanos, C.A., K. Georghiou and H.C. Passam. 1988. Osmoconditioning and ageing of pepper seeds during storage. **Ann. Bot**. 63: 65-69.

Thompson, H.C. and W.C. Kelly. 1997. **Vegetable Crops.** McGraw-Hill Co. Inc, New York.

Thornton, J.M., A.R.S. Collins and A.A. Powell. 1993. The effect of aerated hydration on DNA synthesis in embryos of *Brassica oleracea* L. **Seed Sci. Res.** 3: 195-199. **CAB Abstracts** (2008): Abstract No. 1353168.

Trawatha, S.E., J.J. Steiner and K.J. Bradford. 1990. Laboratory vigor tests to predict pepper seedling field emergence performance. **Crop Sci**. 30: 713-717.

Varier, A., A.K. Vari and M. Dadlani. 2010. The subcellular basic of seed priming. **Current Science** 99: 450-456.

Wallace G.P. 1995. Low water potential and presowing germination treatments to improve seed quality, pp. 319-357. *In* Basra, S.A.M. (ed.). **Seed Quality Basic Mechanisms and Agricultural Implications.** Food Products Press. New York, USA.

Welbaum, G.E., Z. Shen, M.O. Oluoch and L.W. Jett. 1998. The evolution and effect of priming vegetable seeds. **Seed Technology** 20: 209-235.

Yong-qing L., L. Ze-min., H.W.M. Hilhorst and C.M. Karsen. 1995. Water relations of tomato seeds during imbibition and osmotic priming. **Acta Botanica Sinica** 37: 956-962.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 1 ต้นอ่อนปกติ (a), ใบเลี้ยงมีรูปร่างผิดปกติมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (b), ส่วนยอดติดอยู่ในเปลือกหุ้มเมล็ด (c), รากแก้วเจริญเติบโตช้า (d), ลำต้นใต้ใบเลี้ยงเจริญเป็นวง (loop) (e), ใบเลี้ยงเกิด necrotic บริเวณจุดเจริญ (f), ไม่มีรากแก้ว (g), เชื้อราเข้าทำลาย (h)

ภาพผนวกที่ 2 เมล็ดสดไม่งอก (a), เมล็ดตาย (b)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 3 การแช่เมล็ดพันธุ์พริกหยวกร่วมกับการให้อากาศในระหว่างการกระตุ้นความงอก

ภาพผนวกที่ 4 การบ่มเมล็ดพันธุ์พริกหยวกภายหลังการกระตุ้นความงอก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 5 การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พริกหยวกภายหลังกระบวนการบ่มเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำหรือสารละลายของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่เวลาต่าง ๆ

ทรีทเมนต์	R.O. Water	3% KNO_3	0.05% GA_3	0.015% SA
0 ชั่วโมง	8.3	8.3	8.3	8.3
1 ชั่วโมง	59.6	49.2	51.8	53.6
2 ชั่วโมง	68.9	62.4	64.6	66.0
3 ชั่วโมง	76.1	70.3	74.2	74.9
4 ชั่วโมง	81.6	77.4	80.7	81.9
5 ชั่วโมง	91.3	81.8	87.1	86.0
6 ชั่วโมง	93.8	87.1	91.6	89.7
7 ชั่วโมง	95.1	89.6	95.3	92.8
8 ชั่วโมง	96.6	91.2	98.7	94.0
9 ชั่วโมง	96.9	92.6	100.1	96.5
10 ชั่วโมง	99.5	93.8	101.4	96.4
11 ชั่วโมง	101.0	94.7	102.4	96.6
12 ชั่วโมง	101.2	95.8	102.5	96.1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารเคมีต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหยวก

ทรีทเมนต์	เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)
Control	12.2 ab[1/]
R.O. Water	12.6 a
0.2% KNO_3	12.3 a
2% KNO_3	11.7 b
3% KNO_3	10.8 c
0.01% GA_3	10.4 cd
0.015% GA_3	10.1 de
0.05% GA_3	9.7 e
0.005% SA	10.9 c
0.01% SA	10.9 c
0.015% SA	10.9 c
F-test	*
C.V. (%)	3.44

หมายเหตุ [1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P >0.05) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดสารเคมีกับระยะเวลาการบ่มของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านกระตุ้นความงอกต่อเวลาเฉลี่ยในการงอก

ทรีทเมนต์	เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)
R.O. Water+non-incubation	9.7 bcd[1/]
R.O. Water+incubation 1 day	9.9 cde
R.O. Water+incubation 2 days	9.4 edf
3% KNO_3+non-incubation	10.5 ab
3% KNO_3+incubation 1 day	9.2 ef
3% KNO_3+incubation 2 days	8.8 gf
0.015% GA_3+non-incubation	10.2 abc
0.015% GA_3+incubation 1 day	8.7 gf
0.015% GA_3+incubation 2 days	8.4 g
0.015% SA+non-incubation	10.7 a
0.015% SA+incubation 1 day	9.1 ef
0.015% SA+incubation 2 days	10.0 bcd
F-test	*
C.V. (%)	4.36

หมายเหตุ [1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P >0.05) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดตาย และเมล็ดสดไม่งอกของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีและระยะเวลาการบ่มเมล็ดที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	ต้นอ่อนผิดปกติ (เปอร์เซ็นต์)	เมล็ดตาย (เปอร์เซ็นต์)	เมล็ดสดไม่งอก (เปอร์เซ็นต์)
สารเคมี (A)			
R.O. Water (control)	19.6 bc[1/]	2.3	2.0 b
3% KNO_3	23.3 b	4.6	5.0 a
0.015% GA_3	16.6 c	7.3	5.5 a
0.015% SA	30.3 a	5.0	2.3 b
F-test	*	ns	*
ระยะเวลาการบ่มเมล็ด (B)			
non-incubation	27.1 a	5.7	5.6 a
incubation 1 day	14.1 b	3.2	1.1 b
incubation 2 days	26.2 a	5.5	4.3 a
F-test	*	ns	*
AxB	ns	ns	ns
C.V. (%)	24.72	77.87	59.79

หมายเหตุ [1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P >0.05) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดสารเคมีกับระยะเวลาการบ่มของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน ต่อความงอกในห้องปฏิบัติการและความงอกในสภาพโรงเรือน

ทรีทเมนต์	ความงอกในห้องปฏิบัติการ (เปอร์เซ็นต์)	ความงอกในสภาพโรงเรือน (เปอร์เซ็นต์)
R.O. Water+non-incubation	26.5 abc[1/]	34.5 a
R.O. Water+incubation 1 day	19.0 d	24.0 b
R.O. Water+incubation 2 days	3.0 e	1.0 c
3% KNO_3+non-incubation	29.5 ab	30.5 ab
3% KNO_3+incubation 1 day	21.0 cd	21.5 b
3% KNO_3+incubation 2 days	2.0 e	1.5 c
0.015% GA_3+non-incubation	33.0 a	39.0 a
0.015% GA_3+incubation 1 day	21.0 cd	22.0 b
0.015% GA_3+incubation 2 days	4.5 e	2.5 c
0.015% SA+non-incubation	23.5 bcd	30.5 ab
0.015% SA+incubation 1 day	5.0 e	3.5 c
0.015% SA+incubation 2 days	1.0 e	1.0 c
F-test	*	*
C.V. (%)	28.39	35.29

หมายเหตุ [1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P >0.05) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ผลของอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านกระบวนการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีและระยะเวลาการบ่มเมล็ดที่แตกต่างกันและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน ต่อต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดตาย และเมล็ดสดไม่งอก

ปัจจัย	ต้นอ่อนผิดปกติ (เปอร์เซ็นต์)	เมล็ดตาย (เปอร์เซ็นต์)	เมล็ดสดไม่งอก (เปอร์เซ็นต์)
สารเคมี (A)			
R.O. Water	22.0	33.5 a[1/]	30.3 bc
3% KNO_3	25.1	20.6 b	40.0 a
0.015% GA_3	22.1	32.8 a	25.5 c
0.015% SA	23.8	33.3 a	33.0 b
F-test	ns	*	*
ระยะเวลาการบ่มเมล็ด (B)			
non-incubation	40.3 a	7.8 c	21.5 c
incubation 1 day	22.6 b	26.6 b	31.7 b
incubation 2 days	11.3 c	39.3 a	39.4 a
F-test	*	*	*
AxB	*	*	*
C.V. (%)	32.00	22.94	23.97

หมายเหตุ [1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P >0.05) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นายนิติภูมิ เจริญศรีสัมพันธ์

เกิดวันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2530

สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

ประวัติการศึกษา วท.บ. (พืชศาสตร์) มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ตำแหน่งปัจจุบัน -

สถานที่ทำงานปัจจุบัน บริษัท 108 เทคโนฟาร์ม จำกัด

ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ -

ทุนการศึกษาที่ได้รับ ทุนนิสิตช่วยสอน วิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านพืชสวน (01015271) ภาคปลาย ปีการศึกษา 2553

ทุนนิสิตแลกเปลี่ยนโครงการ Training program on the conservation, management and use of genetic resources: a part of the curriculum for certificate of genetic resource curator ประเทศญี่ปุ่น ภาคต้น ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์