Agricultural Sci. J. 42 : 1 (Suppl.) : 373-376 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 1 (พิเศษ) : 373-376 (2554)

การปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานโดยออสโมไพรมิงและโซลิตเมทริกซ์ไพรมิง

Improving of Sweet Corn Seed Quality by Osmopriming and Solid Matrix Priming

จิรวัฒน์ บุญสิน[1], อุมา แสงคร้าม[1] และ อารมย์ ศรีพิจิตต์[1]

Jirawat Boonsin[1], Uma Sangkram[1] and Arom Sripichitt[1]

Abstract

The objective of this study was to determine the effects of seed priming on quality of sweet corn seeds. Sweet corn seeds cv. Insee 2 were split into 2 portions for osmopriming and solid matrix priming techniques. For osmopriming, corn seed was primed by polyethylene glycol 8000 (-0.1 MPa) for 8, 16 and 24 hours at 25°C. For solid matrix priming, 150 g of corn seed was incubated in vermiculite and water (300 g : 375 ml) at 10, 25°C and room temperature for 12, 24 and 36 hours. All primed seeds were then determined for their qualities compared with unprimed seeds (control). The results showed that priming could significantly ($p<0.05$) improve corn seed qualities as determined by germination and vigor tests under the laboratory and field conditions. When primed seeds were aged by tray method, it was found that primed seeds by osmopriming for 8 and 16 h still had high germination percentage as the control seeds, while osmopriming for 24 h had lower percentage of seed germination than those of the control. Priming seeds by solid matrix priming at 25°C 36 h resulted in the highest germination percentage. Accelerated aging of the priming seeds reduced the germination percentage significantly. Primed seeds from solid matrix priming at 10°C 12 h had the highest germination percentage after aging but not significantly different from the control and the primed seeds at 10°C 24 h, 25°C 12 h and at room temperature 12 h.

Keywords : Sweet corn, osmopriming, solid matrix priming

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการทำไพรมิงต่อการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 แบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งเปรียบเทียบวิธีการทำออสโมไพรมิง โดยใช้สารละลาย polyethylene glycol 8000 ความเข้มข้น -0.1 MPa เป็นเวลา 8, 16 และ 24 ชม. ที่ 25°ซ ส่วนที่สองเปรียบเทียบวิธีการทำโซลิตเมทริกซ์ไพรมิง โดยนำเมล็ด 150 ก. บ่มใน vermiculite ที่มีน้ำในอัตราส่วน 300 ก. : 375 มล. เป็นเวลา 12, 24 และ 36 ชม. ที่ 10, 25 °ซ และอุณหภูมิห้อง ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังทำไพรมิงเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการทำไพรมิง (ชุดควบคุม) โดยตรวจสอบความงอก และความแข็งแรงของเมล็ด พบว่า การทำไพรมิงทุกวิธีทำให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพดีขึ้นกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาจากความงอกมาตรฐาน ดัชนีการงอก จำนวนวันที่ใช้งอก และน้ำหนักแห้งของต้นกล้า ทั้งในห้องปฏิบัติการและสภาพไร่ แต่เมื่อนำเมล็ดที่ผ่านการทำไพรมิงมาเร่งอายุโดยวิธี tray method พบว่าเมล็ดที่ผ่านการทำออสโมไพรมิง เป็นเวลา 8 และ 16 ชม. ยังคงมีความงอกสูงแต่ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ในขณะที่เมล็ดที่ผ่านการทำออสโมไพรมิงที่ 24 ชม. มีความงอกลดลงต่ำกว่าชุดควบคุม การทำโซลิตเมทริกซ์ไพรมิงที่ 25°ซ 36 ชม. ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงสุด แต่การเร่งอายุทำให้ความงอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนเมล็ดที่ผ่านการทำโซลิตเมทริกซ์ไพรมิงที่ 10°ซ 12 ชม. หลังเร่งอายุยังคงมีความงอกสูงแต่ไม่แตกต่างจากชุดควบคุมและไม่ต่างจากเมล็ดที่ทำไพรมิงที่ 10°ซ 24 ชม., 25°ซ 12 ชม. และ อุณหภูมิห้อง 12 ชม.

คำสำคัญ : ข้าวโพดหวาน ออสโมไพรมิง โซลิตเมทริกซ์ไพรมิง

คำนำ

ในปัจจุบันข้าวโพดหวาน (*Zea mays saccharata*) จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่งของไทย จึงทำให้เกษตรกรมีความต้องการเมล็ดพันธุ์เพิ่มมากขึ้น แต่เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เกิดจากการกลายพันธุ์ของยีน ทำให้มีปริมาณน้ำตาลภายในเมล็ดมากกว่าปริมาณแป้ง ส่งผลให้พลังงานที่จำเป็นสำหรับนำไปเลี้ยงต้นอ่อนลดลง เมล็ดพันธุ์จึงมีความงอกและความแข็งแรงลดลง (กฤษฎา, 2530) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จำกัดปริมาณการผลิต ดังนั้นการปรับปรุงการงอกของเมล็ดพันธุ์จึงเป็นเรื่องที่ได้รับความสนใจและมีการศึกษามาโดยตลอด วิธีการหนึ่งที่พบว่าได้ผลดีคือ การทำไพรมิง (priming) โดยการทำไพรมิงเป็นการควบคุมการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ให้พอเพียงต่อการเกิดขึ้นของกระบวนการงอก แต่ไม่อยู่ในระดับที่จะทำให้รากปรากฏออกมาให้เห็น แล้วจึงนำเมล็ดพันธุ์ดังกล่าวไปลดความชื้นเพื่อสะดวกต่อการเก็บรักษาและการจัดการต่อไป เทคนิคนี้ทำให้เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงขึ้น เมล็ดงอกเร็วและมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น (Bewley and Black, 1982) ซึ่งในการทดลองนี้ได้ศึกษาผลของการทำออสโมไพรมิงและโซลิตเมทริกซ์ไพรมิงต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

[1]Division of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาการทำออสโมไพรมิง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบการทำออสโมไพรมิงโดยใช้ระยะเวลาการบ่มเมล็ด 3 ระยะกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการทำไพรมิง (ชุดควบคุม) นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 มาทำออสโมไพรมิงโดยวางเมล็ดในกระดาษเพาะ (between paper) ที่อิ่มตัวด้วยสารละลาย PEG 8000 ที่มีความเข้มข้น -0.1 MPa นำม้วนกระดาษเพาะใส่ในกล่องพลาสติกปิดผนึกด้วยพาราฟิล์ม นำไปบ่มในตู้เพาะที่อุณหภูมิ 25°ซ เป็นเวลา 8, 16 และ 24 ชม. จากนั้นนำเมล็ดมาล้างน้ำกลั่นและซับให้แห้ง นำเมล็ดพันธุ์มาลดความชื้นที่อุณหภูมิห้องจนเมล็ดมีความชื้น 10 ± 1

นำเมล็ดชุดควบคุมและเมล็ดภายหลังการทำไพรมิงมาแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งนำเมล็ดพันธุ์มาตรวจสอบคุณภาพโดยการหาความงอกมาตรฐาน (ISTA, 1993), ดัชนีการงอก (AOSA, 1983), จำนวนวันที่ใช้งอก (Dhillon, 1995) และหาน้ำหนักแห้งของต้นกล้าทั้งในห้องปฏิบัติการและในแปลงทดลอง ส่วนที่สองนำเมล็ดมาเร่งอายุโดยวิธี tray method (AOSA, 1983) ที่อุณหภูมิ 42°ซ เป็นเวลา 4 วัน ก่อนนำเมล็ดพันธุ์มาลดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาตรวจสอบความงอกทั้งในห้องปฏิบัติการและในสภาพแปลงทดลอง

การศึกษาการทำโซลิตเมทริกซ์ไพรมิง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบการทำโซลิตเมทริกซ์ไพรมิง 9 วิธีกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการทำไพรมิง (ชุดควบคุม) นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน 150 ก. ผสมรวมกับ vermiculite ปริมาณ 300 ก. ในถุงพลาสติกใส่น้ำกลั่นปริมาณ 375 มล. ปิดปากถุงให้สนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10, 25°ซ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12, 24, 36 ชม. จากนั้นนำเมล็ดมาล้างด้วยน้ำกลั่นและ ซับให้แห้ง นำเมล็ดพันธุ์มาลดความชื้น แบ่งเมล็ดชุดควบคุมและเมล็ดภายหลังการทำไพรมิงเป็น 2 ส่วนและดำเนินการตรวจสอบคุณภาพเช่นเดียวกับเมล็ดที่ทำออสโมไพรมิง

ผลการทดลอง

การศึกษาการทำออสโมไพรมิง

การทำออสโมไพรมิงทุกวิธีการสามารถปรับปรุงเมล็ดพันธุ์ให้มีคุณภาพดีขึ้นกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่การทำออสโมไพรมิงทุกระยะเวลา ไม่ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกมาตรฐาน (SG) ทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพไร่แตกต่างกัน โดยมีค่ามากกว่า 90% และ 87% ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพบว่าการทำออสโมไพรมิงเป็นระยะเวลา 8 ชม. แม้จะทำให้ค่าดัชนีการงอก (GI) ในห้องปฏิบัติการต่ำกว่าการทำไพรมิงที่ 16 และ 24 ชม. ก็ตาม แต่ในสภาพไร่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่เมล็ดที่ผ่านการทำไพรมิง 8 ชม. จะทำให้จำนวนวันที่ใช้งอก (DTE) น้อยกว่า (Table 1) เมื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งของต้นกล้า พบว่าการทำไพรมิงทำให้ต้นกล้าที่งอกมีน้ำหนักแห้งสูงกว่าชุดควบคุม แต่ระยะเวลาการทำไพรมิงไม่ทำให้น้ำหนักแห้งของต้นกล้าแตกต่างกัน และเมื่อนำเมล็ดมาทำการเร่งอายุ พบว่าเมล็ดที่ผ่านการทำไพรมิง 8 และ 16 ชม. ยังคงมีความงอกทั้งในห้องปฏิบัติการและในสภาพไร่สูงกว่า 80% และ 75% ตามลำดับและไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ในขณะที่เมล็ดที่ผ่านการทำไพรมิงเป็นระยะเวลา 24 ชม. จะมีความงอกลดลงมากที่สุด (Table 2)

การศึกษาการทำโซลิตเมทริกซ์ไพรมิง

การทำโซลิตเมทริกซ์ไพรมิงทุกวิธีการทำให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานดีขึ้นกว่าชุดควบคุมเช่นเดียวกับการทำออสโมไพรมิง จาก Table 3 และ 4 จะเห็นว่าก่อนการเร่งอายุการทำไพรมิงที่อุณหภูมิ 25°ซ 36 ชม. มีผลให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงสูงสุด และทำให้ต้นกล้ามีน้ำหนักแห้งสูงสุด แต่เมื่อนำเมล็ดมาเร่งอายุ พบว่าเมล็ดที่ผ่านการทำไพรมิงที่ 25°ซ 36 ชม. กลับมีความงอกต่ำสุด โดยเฉพาะความงอกในสภาพไร่ซึ่งลดลงต่ำกว่า 50% ในขณะที่การทำไพรมิงที่ 10°ซ 12 ชม., 10°ซ 24 ชม., 25°ซ 12 ชม., อุณหภูมิห้อง 12 ชม. และอุณหภูมิห้อง 24 ชม. ทำให้เมล็ดหลังการทำไพรมิงมีความงอกสูงกว่า 90% และหลังเร่งอายุเมล็ดยังคงมีความงอกสูงทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพไร่ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากผลการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดและน้ำหนักแห้งของต้นกล้าจะเห็นว่าการทำไพรมิงที่อุณหภูมิ 25°ซ 12 ชม. นอกจากทำให้เมล็ดมีความงอกสูงแล้ว เมล็ดยังมีค่าดัชนีการงอกสูงแล้ว เมล็ดยังมีค่าดัชนีการงอก (GI) สูง และต้นกล้าที่ได้มีน้ำหนักแห้งสูงด้วย

Table 1 Changes in standard germination (SG), germination index (GI) and days to emergence (DTE) of sweet corn seeds as affected by osmopriming.

Osmopriming	SG (%)		GI		DTE (days)	
(hour)	Laboratory[1/]	Field[1/]	Laboratory	Field	Laboratory	Field
NP	87.33b	84.66b	10.39b	10.95	3.21a	3.65a
8	92.00a	87.33ab	11.04b	10.53	2.69c	3.45b
16	91.33a	87.33ab	12.03a	10.95	2.74bc	3.69a
24	93.33a	90.00a	12.32a	11.05	2.81b	3.46a
F-test	*	*	*	ns	*	*
C.V.(%)	2.19	3.02	3.56	5.64	2.14	1.84

NP : nonpriming, ns, * : non-significant and significant at $p \leq 0.05$ level respectively

[1/] Mean values followed by the same letter in the same column are not significantly different according by DMRT.

Table 2 Changes in dry weight of sweet corn seeding and standard germination (SG) after accelerated aging as affected by osmopriming.

Osmopriming (hour)	Seedling dry weight (g/50 seedling)		Accelerated aging (SG, %))	
	Laboratory[1/]	Field[1/]	Laboratory	Field
NP	0.745b	0.901b	81.33a	76.00a
8	0.798a	0.962ab	84.66a	77.33a
16	0.782a	0.975a	86.66a	79.33a
24	0.797a	0.924ab	76.66b	69.33b
F-test	*	*	*	*
C.V.(%)	2.25	3.75	6.11	4.18

NP : nonpriming, * significant at $p \leq 0.05$ level respectively.

[1/]Mean values followed by the same letter in the same column are not significantly different according by DMRT.

Table 3 Changes in standard germination (SG), germination index (GI) and days to emergence (DTE) of sweet corn seeds as affected by solid matrixpriming.

Solid matrixpriming	SG (%)		GI		DTE (days)	
	Laboratory[1/]	Field[1/]	Laboratory	Field	Laboratory	Field
NP	87.33d	84.66b	10.39c	10.95b	3.21a	3.65ab
10°c 12 h	92.66bc	90.00a	12.20ab	10.63b	3.01abc	3.55abc
10°c 24 h	94.00abc	90.66a	11.48abc	10.52b	2.82c	3.36cd
10°c 36 h	94.66abc	92.00a	11.72ab	10.68b	3.03abc	3.28d
25°c 12 h	95.33abc	91.33a	12.56ab	10.79b	3.02abc	3.75a
25°c 24 h	96.00ab	93.33a	11.98ab	10.94b	2.87bc	3.67ab
25°c 36 h	97.33a	94.00a	12.63a	12.01a	2.41d	3.28d
room temperature 12 h	91.33c	90.00a	11.35bc	11.09ab	3.20a	3.46bcd
room temperature 24 h	93.33abc	91.33a	11.79ab	11.10ab	3.15a	3.38cd
room temperature 36 h	95.33abc	92.00a	11.78ab	11.50ab	3.08ab	3.38cd
F-test	*	*	*	*	*	*
C.V.(%)	2.40	2.75	5.29	4.83	4.12	3.85

NP : nonpriming, * significant at $p \leq 0.05$ level respectively.

[1/]Mean values followed by the same letter in the same column are not significantly different according to DMRT.

Table 4 Changes in dry weight of sweet corn seedling and standard germination (SG) after accelerated aging as affected by solid matrixpriming.

Solid matrixpriming	Seedling dry weight (g/50 seedling)		Accelerated aging (SG, %))	
	Laboratory[1/]	Field[1/]	Laboratory	Field
NP	0.745e	0.901e	81.33a	76.00a
10°c 12 h	0.772de	0.903e	82.66a	78.66a
10°c 24 h	0.814abc	0.912de	78.66ab	76.00a
10°c 36 h	0.802bcd	0.966cd	65.33dc	50.66c
25°c 12 h	0.813abc	1.004bc	81.33ab	76.00a
25°c 24 h	0.821ab	1.029b	72.00bc	64.00b
25°c 36 h	0.849a	1.091a	62.66d	47.33c
room temperature 12 h	0.780cde	0.944de	80.00ab	74.66a
room temperature 24 h	0.796bcd	0.952cde	73.33abc	69.33ab
room temperature 36 h	0.819abc	1.002bc	64.66dc	50.00c
F-test	*	*	*	*
C.V.(%)	2.60	3.08	6.67	7.79

NP : nonpriming, * significant at $p \leq 0.05$ level respectively.

[1/]Mean values followed by the same letter in the same column are not significantly different according to DMRT.

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทำไพรมิงเมล็ดพันธุ์สามารถทำให้เมล็ดพันธุ์มีอัตราการงอกเพิ่มขึ้นและมีความสม่ำเสมอในการตั้งตัวของต้นกล้า (Karssen *et al*., 1989 ; Halmer, 2000) เนื่องจากการทำไพรมิงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมี ปรับปรุงความเสียหายของเมมเบรน และส่งเสริมกระบวนการทางสรีรวิทยาในกระบวนการงอกของเมล็ด (Dell'Aquila and Tritto, 1991; Garcia *et al.,* 1995) รวมทั้งยังมีบทบาทในการกำจัดอนุมูลอิสระและสารประกอบ peroxides ที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เซลล์พืชถูกทำลาย (Chiu *et al.,* 2003) ในการทดลองนี้การทำออสโมไพรมิงและโซลิตเมทริกซ์ไพรมิงที่ทำให้ความงอกสูงสุดคือ การบ่มเมล็ด ที่อุณหภูมิ 25°ซ เป็นเวลา 24 ชม. และ 36 ชม. ตามลำดับ แต่เมื่อนำเมล็ดมาเร่งอายุก็พบว่าความงอกมาตรฐานลดลง อาจเนื่องจากเมล็ดที่แช่น้ำเป็นระยะเวลานานเกินไปเยื่อหุ้มเซลล์จะเสื่อมสภาพมากขึ้น และเมื่อนำเมล็ดมาเร่งอายุจึงทำให้ความงอกมาตรฐานลดลงอย่างชัดเจนและแตกต่างจากเมล็ดชุดควบคุม แต่การทำออสโมไพรมิงและโซลิตเมทริกซ์ไพรมิง ที่อุณหภูมิ 25°ซ โดยการบ่มเมล็ดที่ 8 ชม.และ12 ชม. ตามลำดับ เมล็ดพันธุ์ยังคงมีความงอกมาตรฐานสูงทั้งก่อนการเร่งอายุและภายหลังการเร่งอายุ อีกทั้งยังใช้ระยะเวลาในการทำสั้นกว่า ไม่ต้องใช้พลังงานในการลดอุณหภูมิมากจึงทำให้สิ้นเปลืองพลังงานน้อยลง ดังนั้นการทำออสโมไพรมิงและโซลิตเมทริกซ์ไพรมิง จึงน่าจะเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานได้

สรุป

การทำไพรมิงเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานทุกวิธีการ ทั้งออสโมไพรมิงและโซลิตเมทริกซ์ไพรมิง ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงในการงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้น แต่จากผลการทดลองที่ได้พบว่าไม่ควรทำไพรมิงโดยใช้เวลาบ่มนาน (24 ชม. และ 36 ชม.ในการทำออสโมไพรมิงและโซลิตเมทริกซ์ไพรมิง ตามลำดับ) เพราะเมล็ดจะมีความงอกลดลงมากหลังเร่งอายุ ควรทำออสโมไพรมิงและโซลิตเมทริกซ์ไพรมิงโดยบ่มที่อุณหภูมิ 25°ซ เป็นเวลา 8 ชม. และ 12 ชม. น่าจะเหมาะสมที่สุด เพราะแม้หลังการทำไพรมิงเมล็ดจะมีความงอกต่ำกว่าการบ่มเป็นเวลานาน แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ และหลังการเร่งอายุเมล็ดก็ยังคงมีความงอกสูงและไม่แตกต่างจากชุดควบคุม

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2530. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 6 - 7.

ไม่ปรากฏชื่อผู้แต่ง. 2552ก. ไม่ลองไม่รู้เพื่อเกษตรวันนี้. 24 กุมภาพันธุ์ 2553. http://www.nakaintermedia.com/triplesystems/modules.php?name

AOSA.1983. Seed Vigor Testing Handbook Contribution No.32 to the Handbook on Seed testing. Association of Official Seed Analysts. 93p.

Bewley, J.D. and M. Black. 1982. Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination. Vol.2. Viabillity, Dormancy, and Environmental Control. Springer Verlay, New York. 375p.

Chiu, K. Y., C.L.Chen and J. M. Sung. 2003. Partial vacumm storage improves the longevity of primed *sh-2* sweet corn seeds. Scien. Hortic. 98: 99-111.

Dell'Aquila, A. and V. Tritto. 1991. Germination and biochemical activities in wheat seeds following delayed harvesting, ageing and osmotic priming . Seed Sci. and Technol. 19: 73-82.

Dhillion, N.P.S. 1995. Seed priming of male sterile muskmelon(*Cucumis melo L*.) for low temperature germination. Seed Sci. and Technol. 23: 881–884.

Garcia, F. C., L. F. Jimenez. and J. M. Vazquez-Ramos. 1995. Biochemical and cytological studies on osmopriming maize seeds. Seed Sci. Res. 5: 15-23.

Halmer, P. 2000. Commercial Seed Treatment Technology. In: Black, M. and Bewley, J. D. (eds.). Seed technology and it biological basis. Sheffield Academic Press. England. 419p.

Karssen, C. M., A. Haigh, P. Van der Toorn and R. Weges. 1989. Physiological mechanisms involved in seed priming. In: Taylorson, R. B. (ed.). Recent advances in the development and germination of seed. Plenum Press. NewYork. 269-280.

ISTA. 1993. International rules for seed testing. Seed Sci. and Technol. 21: supplement