



Universidad del Litoral

Facultad de Ciencias Agrarias

Trabajo final de aplicación

Especialización en Cultivos Intensivos

**“El *priming* de semillas y sus aplicaciones en cultivos  
hortícolas”**

Autor: Ing. José Luis **Castañares**

Director: Ing. Agr. (M. Sc.) Carlos Bouzo

Esperanza, Santa Fe, Argentina

Octubre de 2010

# INDICE

<b>1. Resumen</b>	<b>3</b>
<b>2. Introducción</b>	<b>3</b>
<b>3. Germinación</b>	<b>4</b>
<b>3.1 Definición</b>	<b>4</b>
<b>3.2 Requerimientos para la germinación</b>	<b>6</b>
<b>3.2.1 Agua</b>	<b>6</b>
<b>3.2.2 Temperatura</b>	<b>7</b>
<b>3.3.3 Oxígeno</b>	<b>7</b>
<b>3.3.4 Luz</b>	<b>8</b>
<b>3.3 Dormición de semillas</b>	<b>8</b>
<b>4. Priming</b>	<b>9</b>
<b>5. Aplicaciones del Priming en semillas hortícolas</b>	<b>12</b>
<b>5.1 Apio (<i>Apium graveolens</i> L.)</b>	<b>12</b>
<b>5.2 Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.)</b>	<b>13</b>
<b>5.3 Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.)</b>	<b>15</b>
<b>5.4 Melón (<i>Cucumis melo</i> L.)</b>	<b>16</b>
<b>6. Conclusiones</b>	<b>17</b>
<b>7. Bibliografía</b>	<b>18</b>

## 1. Resumen

Una germinación y emergencia rápidas y uniformes son características deseables a la hora de realizar cualquier cultivo. Distintos factores pueden atentar contra este objetivo, como temperaturas muy altas o muy bajas para una determinada especie, bajo contenido de humedad del suelo, alta salinidad, entre otros. También factores de la propia semilla, como vigor disminuido, dormición, pueden determinar un alejamiento del objetivo enunciado anteriormente. Diversas técnicas se han estudiado para favorecer la rápida germinación y emergencia de las semillas. Entre ellos, el tratamiento de *priming*, que consiste en colocar a las semillas en condiciones que mantengan a las mismas en la fase II de la imbibición, ha tenido una amplia aceptación, desarrollándose numerosas variantes del mismo. Una revisión bibliográfica sobre las investigaciones y aplicaciones más recientes de *priming* en semillas de apio, lechuga, tomate y melón, se presenta en este trabajo.

## 2. Introducción

Las semillas son la conexión entre las plantas madres y su progenie, y la principal forma de diseminación (Gardner *et al*, 1985). Si bien numerosas especies pueden multiplicarse agámicamente, resulta de vital importancia para el mejoramiento genético la reproducción mediante semillas.

Dado el costo que representan las semillas, resulta sumamente importante que las mismas germinen de manera adecuada, es decir de una manera rápida y uniforme.

Diversos métodos se han venido empleando para mejorar la velocidad de germinación y la uniformidad de las semillas. Entre ellos pueden mencionarse el recubrimiento o *coating* y el *priming* (Wien, 1997).

El propósito del presente trabajo es ofrecer una revisión bibliográfica de las aplicaciones del *priming* en semillas de diversos cultivos hortícolas. Si bien resultaría imposible agotar toda la información existente del tema, se intentará ser lo mas abarcativo posible.

Previamente se expondrán algunas definiciones que resultarán importantes para comprender lo que es el proceso de germinación y la técnica del *priming*.

### **3. Germinación**

#### **3.1 Definición**

La germinación puede definirse como el proceso mediante el cual, en condiciones apropiadas, el eje embrionario prosigue su desarrollo que había sido interrumpido durante la madurez fisiológica. La misma concluye en el momento en que se produce la emisión de la radícula (Moreira de Carvalho & Nakagawa, 1988).

En semillas que naturalmente se deshidratan durante la última etapa de su desarrollo (ortodoxas), como es el caso de la mayoría de las hortícolas, el proceso de germinación comienza con la absorción de agua (imbibición) por parte de la semilla seca. Bajo condiciones de provisión de agua suficiente, el proceso de hidratación se puede dividir en tres fases (Bewley & Black, 1985):

Fase I. Dado que el potencial agua ( $\psi$ ) de las semillas secas es muy negativo (generalmente entre -350 y -50 Mpa; Roberts & Ellis, 1989) y el del agua cercano a 0 Mpa, el gradiente para la absorción de agua es muy grande. La velocidad inicial de imbibición estará determinada además por la permeabilidad de la cubierta seminal, el contacto entre la semilla y el sustrato y la conductividad hidráulica del suelo o sustrato (Hadas, 1982; Koller & Hadas, 1982; Vertucci, 1989).

Esta fase se caracteriza fisiológicamente por una reanudación del proceso respiratorio, lo que resulta en la producción de grandes cantidades de energía, la cual en gran parte, será utilizada en una serie de reacciones bioquímicas. Aunque se incrementa la intensidad respiratoria, la fase es estrictamente física (de imbibición). Aquí el  $Q_{10}$  es menor a 2, lo que indica que las reacciones no dependen de la acción de enzimas. Por otra parte, aunque se reinicia el proceso respiratorio el Cociente Respiratorio puede ser ( $CO_2/O_2$ ) puede ser mayor a 1 debido a que el  $O_2$  no ingresa fácilmente debido a la impermeabilidad de la cubierta seminal, entre otros factores.

En esta primera fase se inicia el desdoblamiento de las sustancias de reserva (carbohidratos, proteínas, lípidos) que deberán sustentar el crecimiento del eje embrionario. Las reservas son

desdobladas en sustancias de menor tamaño, lo que permitiría su transporte más fácil en etapas posteriores. El desdoblamiento de grandes moléculas puede influir en una mayor disminución del potencial osmótico de la semilla y con ello facilita más aún el ingreso de agua (Moreira de Carvalho & Nakagawa, 1988).

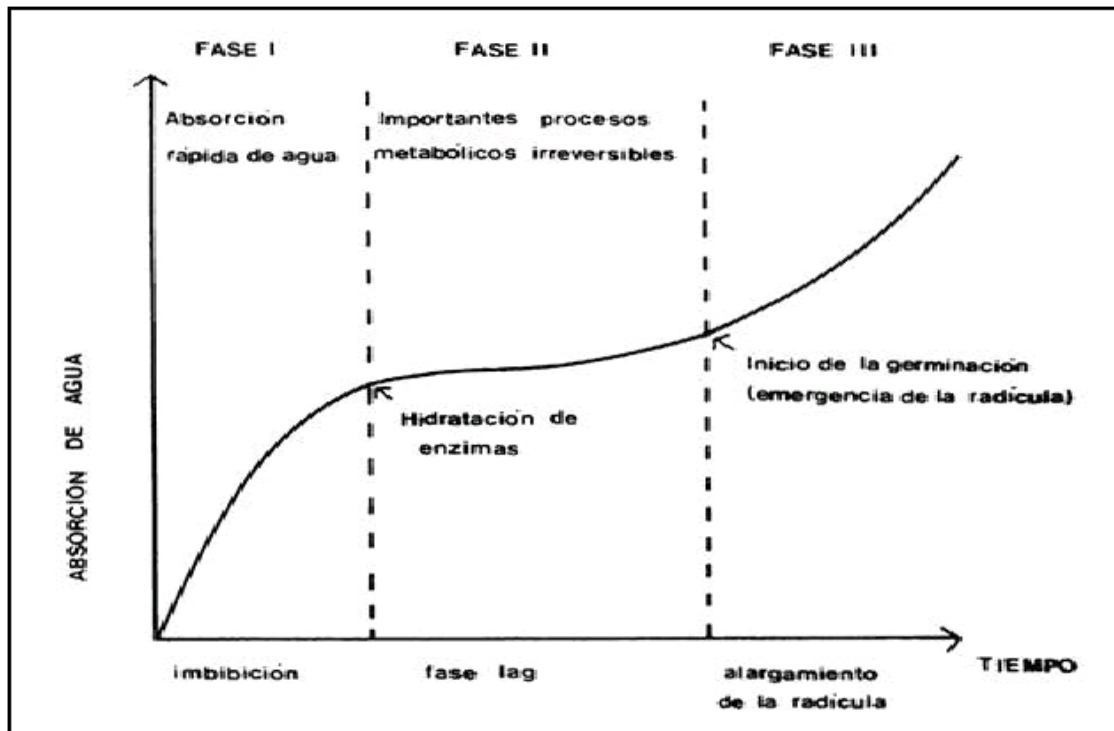
Fase II. A medida que el  $\psi$  de la semilla aumenta durante la imbibición y el gradiente de  $\psi$  entre ésta y el suelo disminuye, el contenido de agua se aproxima a un *plateau*. En esta fase tiene lugar la mayor parte de los eventos metabólicos, en preparación para la siguiente fase. Durante este lapso la respiración se incrementa y se produce un transporte activo de las sustancias desdobladas en la fase anterior, desde el tejido de reserva hacia el eje embrionario. Estas sustancias serán el sustento de los procesos de rediferenciación de organelas, dado que durante la madurez de secado la compleja estructura celular sufre un proceso de desdiferenciación que permite a la semilla mantenerse viable a pesar del estado deshidratado. Asimismo durante esta fase se acentúan mecanismos de reparación de daños que pueden haberse producido durante la madurez de secado por la desregulación del metabolismo respiratorio, a los que se pueden adicionar daños propios del envejecimiento en semillas que se almacenan, responsables de la pérdida del vigor y posteriormente de la viabilidad a medida que los daños se acentúan (Bradford, 1995; Moreira de Carvalho & Nakagawa, 1988).

Esta fase, en relación con la I, es marcadamente más prolongada. Durante la misma la intensidad respiratoria de la semilla también crece de manera muy lenta (Bradford, 1995).

La fase II finaliza con el comienzo de la división celular (inicio de la germinación propiamente dicha). Las semillas en dormición, son también metabólicamente activas en este momento. (Bradford, 1995). Esto indicaría que aunque algunas enzimas como las deshidrogenasas están activas, no necesariamente va a completarse el proceso de germinación.

Fase III. Aunque las semillas en dormición pueden alcanzar la fase II, sólo las semillas en condiciones de germinar entran en esta tercera fase, la cual coincide con la emisión de la radícula. En esta fase se acentúa la entrada de agua (salida del *plateau*), lo que se debe inicialmente al crecimiento celular. A nivel bioquímico, lo que la caracteriza es que las sustancias desdobladas en la fase I y transportadas en la fase II son reorganizadas en sustancias complejas para formar el citoplasma, el protoplasma y las paredes celulares, lo que en última instancia permite el crecimiento del eje embrionario. Aquí la tasa respiratoria se incrementa notablemente porque aparte de la

actividad enzimática y la síntesis de nuevos compuestos, se facilita el ingreso de O<sub>2</sub> (a diferencia de lo que sucedía en la fase I).



**Figura 1:** Esquema del proceso de absorción de agua por semillas en germinación (Bewley & Black, 1985)

### 3.2 Requerimientos para la germinación

#### 3.2.1 Agua

El agua es el factor que más influye en el proceso de germinación. Si bien la hidratación de las semillas puede producirse a bajos contenidos hídricos, por el reducido  $\psi$  de las semillas secas, un mayor contenido de agua es necesario en etapas posteriores dados los requerimientos de la radícula y pelos radiculares (Benech – Arnold & Sánchez, 2004).

Un contenido de agua cercano a la capacidad de campo es generalmente lo óptimo para que se desencadene el proceso de germinación. Contenido de humedad inferior al óptimo puede resultar en un retraso o inhibición de la germinación (Gardner *et al.* 1985).

La presencia de solutos en el medio afecta la disponibilidad de agua debido a la reducción del  $\psi$  al mismo tiempo que puede producirse una toxicidad por iones como sodio y magnesio (Gardner *et al.* 1985).

### **3.2.2 Temperatura**

La germinación involucra numerosos procesos enzimáticos de anabolismo y catabolismo, los cuales son altamente dependientes de la temperatura. La temperatura óptima es aquella que permite lograr el máximo porcentaje de germinación en el menor período de tiempo (Gardner *et al.* 1985).

Las temperaturas cardinales de germinación son la temperatura base, máxima y óptima, las cuales son respectivamente, la temperatura por debajo o por encima de las cuales la germinación no se produce y la temperatura a la cual la germinación ocurre a una mayor velocidad (Benech – Arnold & Sánchez, 2004).

La germinación es altamente afectada por la interacción entre temperatura,  $\psi$  del suelo y movimiento del agua en el suelo (Allrup, 1958; Bewley & Black, 1985). Los efectos adversos del estrés hídrico en la germinación se intensifican a medida que la temperatura aumenta (Benech – Arnold & Sánchez, 2004).

### **3.2.3 Oxígeno**

El O<sub>2</sub> es esencial para la degradación de sustancias de reservas durante la germinación (Moreira de Carvalho & Nakagawa, 1988).

No obstante la importancia del O<sub>2</sub> en la germinación, según Siegel y Rosen (1962), la mayoría de las especies no exigen una concentración superior al 10 % para germinar. Esto se debe a las dificultades para la absorción del mismo, por lo que la energía necesaria es obtenida de la respiración anaeróbica.

La provisión de O<sub>2</sub> está estrechamente relacionada por el espesor de la capa de agua que cubre la semilla en germinación y por la cubierta seminal (Come & Tissaoui, 1973). Por otro lado, la

compactación del suelo tiene un efecto negativo en el intercambio gaseoso y en consecuencia en la germinación (Richard & Guerif, 1988)

Pese a todo lo expuesto anteriormente, este elemento, a no ser en circunstancias especiales, difícilmente resulta un factor limitante, a excepción de la fase III, en donde sí comienza a serlo (Moreira de Carvalho & Nakagawa, 1988).

### **3.2.4 Luz**

Las semillas de ciertas especies requieren luz para germinar. Kinzel (1926) identificó la sensibilidad a la luz en numerosas especies y clasificó su germinación en: 1) germinación favorecida por la luz, 2) germinación favorecida por la oscuridad o 3) germinación independiente a la luz u oscuridad. Las semillas en la primera categoría se denominan *fotoblásticas*.

La germinación de la mayoría de los cultivos actuales (excepto lechuga), con una relativamente larga historia de domesticación, es generalmente no fotoblástica (Gardner *et al*, 1985). Las semillas de lechuga se tornan fotoblásticas si al ser colocadas a germinar son sometidas a altas temperaturas (más de 25 á 30 °C según el cultivar), de lo contrario germinan en iguales condiciones que el resto de las semillas (Wien, 1997).

### **3.3 Dormición de semillas**

Las semillas de numerosas especies no germinan pese a ser colocadas en condiciones apropiadas para la germinación. Se dice entonces que estas semillas se encuentran en estado de *dormición* (Gardner *et al*, 1985). La dormición es una ventaja adaptativa que provoca que la germinación se produzca cuando las condiciones ecológicas le sean favorables a la plántula para la supervivencia (Montaldi, 1995).

Existen dos tipos generales de dormición: endógena y exógena. En la dormición endógena, algunas características del embrión impiden la germinación, mientras que en la dormición exógena, ciertas estructuras, como endosperma, cubierta seminal o paredes de los frutos, que recubren el embrión, impiden la germinación (Baskin & Baskin, 1998). En cualquiera de los casos la dormición cesará luego de que las semillas son sometidas a diferentes condiciones o con el transcurso del tiempo.



La presión de selección durante miles de años de domesticación, ha prácticamente eliminado la dormición de la mayoría de especies cultivadas (Gardner *et al*, 1985).

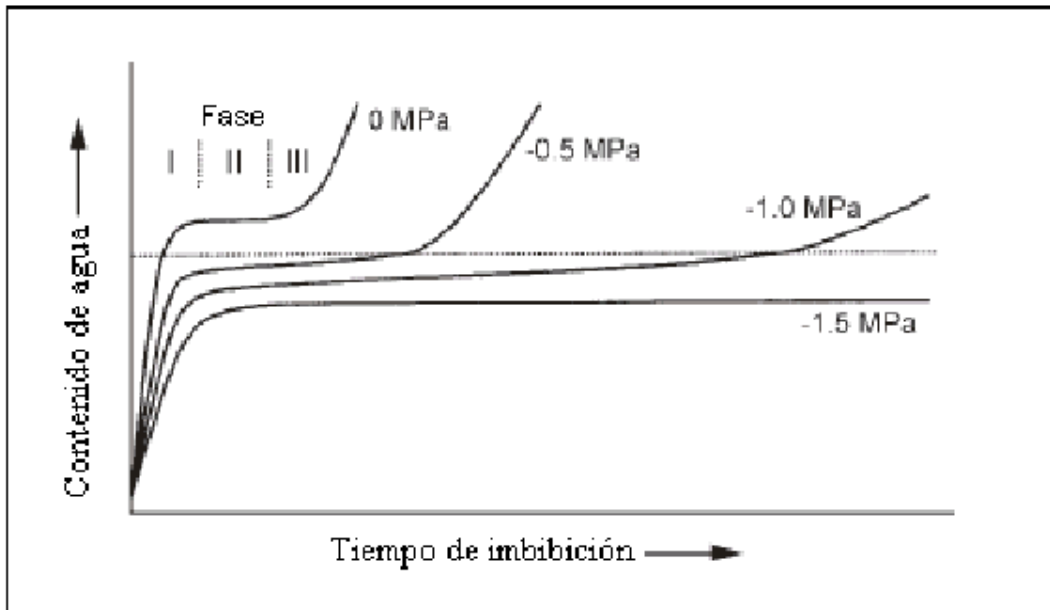
#### 4. Priming

En 1975 Heydecker *et al* estudiando la capacidad natural de las semillas para resistir uno o más ciclos de imbibición y secado, observó que la germinación subsecuente de estas semillas se producía con mayor rapidez y uniformidad. Heydecker definió como *advancement* y *priming*, respectivamente, a estas respuestas observadas.

En la actualidad el término *priming* se usa para describir cualquier metodología de hidratación previa a la siembra, sin discriminar donde y como son embebidas las semillas (Benech – Arnold & Sánchez, 2004).

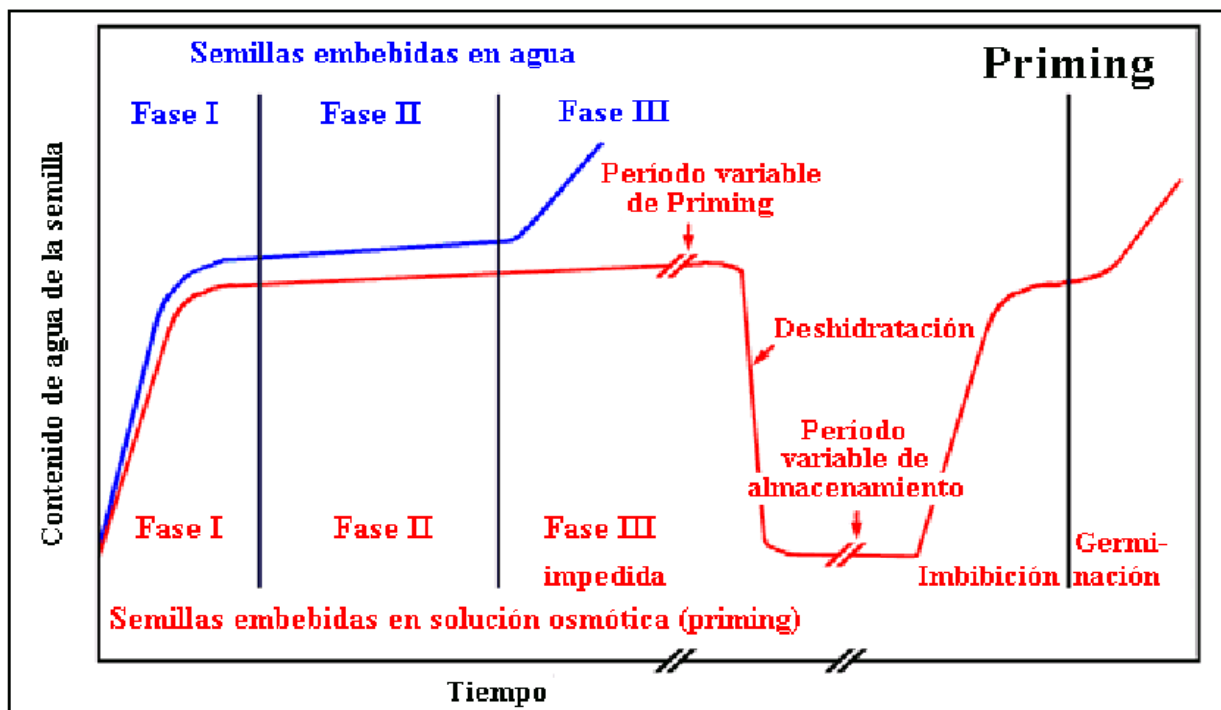
El *priming* consiste en humedecer parcialmente las semillas hasta un contenido de agua cercano pero por debajo del que permita el inicio de la división celular, es decir la germinación propiamente dicha (Heydecker & Coolbear, 1977). Si se impide que el contenido de agua aumente a valores que permitan el comienzo de la división celular, se prolonga la fase II y en consecuencia los procesos anteriormente mencionados de rediferenciación y reparación de estructuras celulares tienen la posibilidad de actuar durante mayor tiempo, lo que determina que las semillas así tratadas aumentan su calidad fisiológica.

La imbibición a altos  $\psi$  ocurre relativamente rápido, sin permitir la ocurrencia del *priming*. Al permitir a las semillas y al medio en que son colocadas las mismas llegar a un equilibrio, la duración de la fase II es prolongada, permitiendo de este modo que tengan lugar los procesos de *priming* (Figura 2). A bajos  $\psi$  (- 1.5 Mpa) el contenido de agua no es suficiente para la ocurrencia de la emergencia radicular.



**Figura 2:** Variación de la duración de cada fase de la imbibición de acuerdo a variaciones de  $\psi$  del medio (Bradford, 1995).

Luego del tratamiento de *priming* las semillas pueden ser deshidratadas, siempre que se respete la velocidad de secado adecuada para cada especie en particular, almacenadas y al ser rehidratadas germinarán más rápidamente que las semillas sin tratar, aún bajo condiciones desfavorables (Valdes & Bradford, 1987; Khan, 1992).



**Figura 3:** Esquematación del *priming* (modificado de: Bradford & Bewley, 2002).

Los mecanismos asociados con el *priming* aún no han sido completamente dilucidados (Cantliffe *et al.*, 1984).

Existen diferentes técnicas de *priming* (Leubner, 2006) que se conocen como *osmopriming*, *priming* mátrico e *hidropriming*:

*Osmopriming*: Las semillas son colocadas en soluciones con un  $\psi$  reducido (no inferior a -1.5 MPa, dado que podría ser perjudicial para las mismas; Bradford, 1986), y luego de un determinado tiempo enjuagadas y secadas. El bajo  $\psi$  se logra con el agregado de agentes osmóticos como el polietilenglicol (PEG), un compuesto orgánico de alto peso molecular, inerte y no tóxico para las semillas; o algunas sales inorgánicas. Una de las ventajas del empleo de sales inorgánicas respecto del PEG es su mayor facilidad para el manipuleo y remoción de las semillas (Han Yoon *et al.*, 1997). Un inconveniente que pueden presentar las soluciones de PEG, es que comparadas con las de sales inorgánicas presentan una mayor viscosidad, lo cual puede afectar el intercambio gaseoso (Han Yoon *et al.*, 1997; Smith & Cobb, 1991). El *osmopriming* es la principal técnica empleada por su simplicidad y resultados.

Priming mátrico: Las semillas son colocadas en una matriz sólida, insoluble (vermiculita, diatomea, polímeros altamente absorbentes de agua, etc.) con una cantidad limitada de agua. Este método determina una lenta imbibición de las semillas.

Hidropriming: Consiste en la adición continua de una cantidad limitada de agua a las semillas. La hidratación también puede ser regulada manteniendo a las semillas en una atmósfera saturada.

## 5. Aplicaciones del *Priming* en semillas hortícolas

### 5.1 Apio (*Apium graveolens* L.)

Entre las dicotiledóneas, la germinación del apio ha sido una de las más estudiadas. Las semillas de apio poseen un embrión rudimentario, el cual debe crecer antes de la germinación y requiere luz para que se desencadene la misma, siendo muy sensible a temperaturas moderadas altas (Wien, 1997; Bouzo *et al*, 2007).

Se ha observado una interrelación entre los requerimientos de luz y temperatura para germinar. A bajas temperaturas (10 – 15°C) la germinación puede producirse aún en oscuridad, mientras que a temperaturas superiores (18 - 20°C) la germinación se vuelve dependiente de la luz, pudiéndose producir una termoinhibición (Tanne & Cantliffe, 1989).

Se cree que la luz, a través de los fitocromos, estimularía la biosíntesis de giberelinas (GAs), las cuales son esenciales para la germinación (Thomas *et al*, 1975).

El *priming* puede ser empleado en semillas de apio tanto para condiciones de germinación óptimas como así también para temperaturas supraóptimas o condiciones del suelo alejadas de lo ideal (Bradford, 1986; Drew & Dearman, 1993; Leatherwood *et al*, 2007).

Parera *et al* (1993) estudió los efectos del *priming* mátrico en la germinación de semillas de apio bajo condiciones de temperatura supraóptimas. Con tratamientos de 8 a 16 días de duración obtuvo una germinación superior al 80 % a una temperatura de 30°C, mientras que en semillas no tratadas sólo se logró un 2 % de germinación.

La mejora en la germinación de las semillas con tratamientos de *priming* y en condiciones de temperatura supraóptimas, no se debe a un incremento en la viabilidad de las semillas tratadas, sino a una mejora de la habilidad de las mismas para superar la termoinhibición (Drew & Dearman, 1993; Nakamura *et al*, 1982; Thomas, 1984).

Brocklehurst & Dearman (1983) observaron una mejora en la velocidad de emergencia de semillas con un tratamiento de *priming*, en sustratos de pobre calidad, aunque no se produjo un aumento en el porcentaje final de germinación.

Salter & Darby (1976) detectaron una mejor sincronización en la germinación luego que las semillas fueron sometidas a un *priming* empleando una mezcla de sales ( $KNO_3 + K_3PO_4$ ) como agente osmótico y un  $\Psi$  de -1 MPa; esta mezcla resultó más efectiva que el PEG.

El agregado de reguladores de crecimiento ( $GA_{4+7}$  y etileno) a la solución osmótica ha demostrado mejorar aún más los resultados (Pressman, 1997).

## **5.2 Lechuga (*Lactuca sativa* L)**

Entre los principales problemas que pueden presentarse en semillas de lechuga pueden mencionarse la sensibilidad a altas temperaturas y los requerimientos de luz para germinar, lo cual puede traducirse en una baja uniformidad de germinación y posterior crecimiento (Wien, 1997). Esto ha estimulado el interés por el estudio de diferentes metodologías a fin de aliviar estos efectos indeseables (Nascimento & Cantliffe, 1999).

En general, temperaturas por encima de 30°C afectan negativamente la germinación. Esto puede ocurrir por dos procesos: el primero, conocido como termoinhibición, se da cuando las semillas de lechuga son embebidas a temperaturas que resultan inhibitorias para un cultivar específico; las semillas germinarán sólo si la temperatura disminuye por debajo de este nivel. El segundo proceso, denominado termodormición o dormición secundaria, ocurre cuando las semillas son embebidas pero, a diferencia de lo anterior, mantenidas a altas temperaturas por 72 horas o más, lo que determina que las mismas no germinen aún si la temperatura disminuyera a un valor favorable para ese proceso (Khan, 1981). En ambos casos el efecto inhibitorio de las altas temperaturas se da durante la imbibición; una vez iniciada la división

y elongación celular del embrión, la germinación no se ve afectada (Gray, 1977; Cantliffe *et al*, 2008, Schwember & Bradford, 2010).

Existe una interacción entre luz y temperatura. A temperaturas de 20 – 25°C la mayoría de los cultivares no requieren luz para germinar, mientras que a altas temperaturas, las semillas requieren luz roja para germinar (Nascimento & Cantliffe, 1999).

Valdes *et al*, (1985), comprobó que con un tratamiento de *priming* (-21.5 MPa) la germinación de las semillas de lechuga en suelos del Valle Imperial de California, pasó de un 20% para las semillas no tratadas, a un 69 % en semillas tratadas. Estos resultados fueron corroborados por Valdes & Bradford (1987) y Duman (2006), en condiciones de alta temperatura, tanto en laboratorio como en campo.

Nascimento (2003), realizó un tratamiento de *priming* a semillas que luego fueron sometidas a condiciones de germinación de 35°C. Obtuvo como resultado una germinación cercana al 100 % en semillas tratadas, contra un 4 % de semillas no tratadas.

Resulta muy importante el cuidado en la preparación de las soluciones osmóticas. Guedes & Cantliffe (1980) sugieren que la temperatura del tratamiento debería ser de 15°C, en condiciones de luz, con buena aireación y una duración no superior a 12 horas.

Además del *priming* osmótico, el *priming* mátrico, ha demostrado resultar efectivo, aunque aun no ha sido estudiado en profundidad (Khan, 1992).

Un efecto indeseable muy frecuente en semillas que han sido sometidas al tratamiento de *priming* es la reducción notable de la longevidad de las mismas durante el almacenamiento, comparado con semillas sin tratar (McDonald, 1999; Tarquis & Bradford, 1992, Hill *et al*, 2008). Sin embargo Schwember & Bradford (2005), utilizando semillas de lechuga y comparando diferentes condiciones de secado posterior al tratamiento, comprobaron que al disminuir la velocidad del secado, es posible retardar la pérdida de viabilidad durante el almacenamiento de tales semillas.

### 5.3 Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

La germinación del tomate es fuertemente dependiente de la temperatura, con valores óptimos entre 16 y 19 °C y una mínima de 11 °C, aunque existen diferencias en función del cultivar (Di Benedetto, 2005).

Mauromicale y Cavallaro (1997) compararon dos compuestos diferentes a usar como agentes osmóticos para los tratamientos de *priming* (PEG y  $\text{KNO}_3 + \text{K}_2\text{HPO}_4$ ) y dos duraciones del tratamiento (6 y 8 días). Su interés se centró en la respuesta de semillas primadas y colocadas a germinar en condiciones de temperaturas sub-óptimas. El tratamiento con las sales potásicas y con 8 días de duración, resultó en una mejora de la uniformidad de la germinación, mientras que en las condiciones mencionadas, el PEG mostró tener un impacto negativo. Esto se condice con investigaciones realizadas por Argerich & Bradford (1989), Dahal *et al.* (1990) y Venkatasubramanian & Umarani (2007).

No sólo las temperaturas pueden tener un efecto negativo en la germinación de tomate, sino que, al igual que en numerosas especies, una baja disponibilidad de agua en el suelo pueden demorar o reducir la germinación o emergencia del cultivo de tomate (Liptay *et al.*, 1982). Liptay & Tan (1985), comprobaron que en semillas con un tratamiento de *priming* con PEG y en condiciones de estrés hídrico severo el porcentaje de germinación fue marcadamente superior con respecto a semillas no tratadas. En condiciones de estrés no demasiado severo, la germinación fue más rápida y uniforme, aunque el porcentaje final de germinación no fue superior con respecto al testigo. Esto último se condice con resultados obtenidos por Afzal *et al.* (2009).

Respecto de la respuesta al *priming* en condiciones de salinidad del suelo, Cano *et al.* (1991) reportó un mayor rendimiento en fruto en algunos cultivares creciendo en suelos salinos y cuando las semillas fueron acondicionadas osmóticamente con una solución 1M de NaCl por 36 horas. Esta respuesta podría ser el resultado de una mayor capacidad de ajuste osmótico de esta semillas dado que las plantas provenientes de las mismas poseen más Na y Cl en las raíces y más azúcares y ácidos orgánicos en hojas que las plantas provenientes de semillas sin tratamiento alguno (Cayuela *et a.*, 1996; Cuartero & Fernández-Muñoz, 1999).

Los efectos del *priming* en la conservación de las semillas también han sido objeto de interés y estudio (Argerich *et al*, 1988; Klein & Yonit, 1994; Yongqing *et al*, 1996; Rao *et al*, 2005). Se ha observado que las semillas primadas pierden su vigor y viabilidad más rápidamente en comparación con aquellas semillas sin tratamiento (Argerich *et al*, 1989; Argerich & Bradford, 1989). Sin embargo Klein & Yonit (1994) realizaron el tratamiento de *priming* a altas temperaturas (50, 60 y 70 °C), emplearon CaCl<sub>2</sub> como agente osmótico y comprobaron que la calidad de las semillas se mantenía hasta por tres meses almacenándolas a 5 °C. Una posible explicación a este hecho está en que el Ca en la solución puede proteger a las paredes celulares y membranas en las semillas en imbibición, minimizándose el envejecimiento.

#### 5.4 Melón (*Cucumis melo L.*)

Una de las aplicaciones del *priming* en semillas de melón, que ha sido objeto de estudio, es la influencia del mismo en la germinación bajo condiciones de temperaturas sub – óptimas. Las bajas temperaturas (menos de 17° C) tienen un efecto negativo en la germinación. Diversos autores reportaron una mejora en la velocidad y porcentaje de germinación en estas condiciones desfavorables (Nerson & Grovers, 1986; Bradford *et al*, 1988; Nascimento & West, 2000).

Aún en temperaturas de germinación óptimas, el *priming* ha demostrado aumentar la velocidad de germinación, aunque no se manifieste un aumento en el porcentaje de germinación (Nascimento, 2003).

Otro efecto que ha sido observado, es la mejora en la germinación y establecimiento de las plántulas en condiciones de salinidad del suelo (Nascimento, 2002; Guzmán & Olave, 2006).

Una ventaja adicional del *priming*, también observada, es una reducción de la adherencia del tegumento en las semillas de melón durante el proceso de germinación. Si esto ocurre, la germinación se torna más lenta (Nascimento & West, 1988b).

La respuesta del *priming* en función del tipo de agente osmótico empleado, también ha sido estudiada. Nascimento (2003) comparó diferentes agentes osmóticos (KNO<sub>3</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub> + KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, manitol y PEG) y observó que el *priming* con las sales resulta en una mayor velocidad de



germinación que cuando se emplea manitol o PEG, aunque en el porcentaje de germinación se ve reducido.

Las condiciones de secado luego del tratamiento pueden influir en la conservación de la viabilidad de las semillas tratadas durante el almacenamiento (Nascimento & West, 2000). Estos autores observaron una reducción del vigor y germinación de las semillas tratadas osmóticamente, luego de 12 meses de almacenamiento.

## **6. Conclusiones**

Por todo lo expuesto en párrafos anteriores, queda de manifiesto que el rango de aplicaciones del *priming* de semillas es muy amplio y de sumo interés para cultivos hortícolas, donde aún en condiciones de germinación óptimas, puede resultar beneficiosa su realización.

Las investigaciones en este tema aún no han llegado a su fin, ni mucho menos, ya que la misma aún podría aún ampliarse a numerosos cultivos hortícolas. También podría resultar de sumo interés la profundización del estudio de cómo evitar la reducción de la longevidad de las semillas tratadas.

## 7. Bibliografía

- Afzal, I.; Munir, F. ; Ayub, C.M. ; Basra, S.M.A. ; Hameed, A.; Nawaz, A. 2009. Changes in antioxidant enzymes, germination capacity and vigour of tomato seeds in response of priming with polyamines. *Seed Science and Technology*, 37: 765-770.
- Allrup, S. 1958. Effect of temperature on uptake of water in seeds. *Physiologia Plantarum*, 11: 99 – 105.
- Argerich, C. A.; Bradford, K. J.; Tarquis, A. M. 1988. The effects of priming and ageing on resistance to deterioration of tomato seeds. *Journal of Experimental Botany*, 40: 593 – 598.
- Argerich, C. A.; Bradford, K. J. 1989. The effects of priming and ageing in seed vigour in tomato. *Journal of Experimental Botany*, 40: 599 – 607.
- Baskin, C. C; Baskin, J. M. 1998. *Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination*. Ed. Academic Press. San Diego, California, USA. 27 pp.
- Benech – Arnold, R; Sánchez, R. 2004. *Handbook of Seed Physiology: Applications to Agriculture*. The Haworth Press. New York. 5 – 10 pp.
- Bewley, J.D; Black, M. 1985. *Seeds: Physiology of Development and Germination*. Ed. Plenum Press. New York London. 118-121 pp.
- Bouzo, C. A.; Favaro, J. C.; Pilatti, R. A. 2007. Improving the Germination of Celery Seeds at High Temperature. *J. Agri. Soc. Sci.*,3: 67 – 70.
- Bradford, K. J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming improves germination under stress conditions. *Proc. Seed Germination Under Environ. Stress. HortScience*, 2: 1105-1112.

- Bradford, K.J.; May, D.M.; Hoyle, B.J.; Sibinsky, S.; Scott, S.J.; Tyler, K.B. 1988. Seed and soil treatments to improve emergence of muskmelon from cold or crusted soils. *Crop Science*, 28: 1001-1005.
- Bradford, K. J. 1995. Water Relations in Seed Germination (pp.351-396). En Jaime Kigel and Gad Galili (eds.). "Seed Development and Germination". Ed. Marcel Dekker, Inc, New York.
- Bradford, K. J.; Bewley, J.D. 2002. Seeds: Biology, Technology and Role in Agriculture (pp. 210-239). En Chrispeels M. J.; Sadava, D (eds.). *Plants, Genes and Crop Biotechnology*. Ed. Jones and Barlett. Boston.
- Brocklehurst, P. A.; Dearman, J. 1983. Interactions between seed priming treatments and nine sees lots of carrot, celery and onion. *Annals of Applied Biology*, 102: 585 – 593.
- Cano, E.A., Bolarión, M.C., Perez-Alfocea, F., Caro, M., 1991. Effect of NaCl priming on increased salt tolerance in tomato. *Journal Horticultural Science*, 66: 621–628.
- Cantliffe, D; Fischer, J. M.; Nell, T. A. 1984. Mechanism of Seed Priming in Circumventing Thermodormancy in Lettuce. *Plant Physiology*, 75: 290-294
- Cantliffe, D; Fischer, J. M.; Nell, T. A. 2008. Structural Changes in Lettuce Seed During Germination at High Temperature Altered by Genotype, Seed Maturation Temperature, and Seed Priming. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, 133: 300-311.
- Cayuela, E., Perez-Alfocea, F., Caro, M., Bolarión, M.C., 1996. Priming of seeds with NaCl induces physiological changes in tomato plants grown under salt stress. *Physiologia Plantarum*, 96: 231– 236.
- Come, D.; Tissaoui, T. 1973. Interrelated effects of imbibition, temperatura and oxygen on seed germination (pp 157 – 168). En Heydecker, W. (Ed.), *Seed Ecology*. Ed. Butterworth, Londres.
- Cuartero, J.; Fernández-Muñoz, R. 1999. Tomato and Salinity. *Scientia Horticulturae*, 78: 83–125.

- Dahal, P.; Bradford, K. J.; Jones, R. A. 1990. Effects of priming and endosperm integrity on seed germination rates of tomato genotypes. I. Germination at suboptimal temperatures. *Journal of Experimental Botany*, 41: 1431 - 1439.
- Di Benedetto, A. 2005. Manejo de Cultivos Hortícolas. Bases ecofisiológicas y tecnológicas. Ed. Orientación Gráfica. Buenos Aires. 229 – 230 pp.
- Drew, R. L. K.; Dearman, J. 1993. Effect of osmotic priming on germination characteristics of celeriac (*Apium graveolens* L. var. *rapaceum*). *Seed Science and Technology*, 21: 411 – 415.
- Duman, I. 2006. Effects of seed priming with PEG or K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> on germination and seedling growth in lettuce. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 9: 923-928.
- Gardner, F. P; Pearce, R. B; Mitchell, R. L. 1985. *Physiology of Crops Plants*. Iowa State University Press. Ames, Iowa. 224-229 pp.
- Guedes, A. C.; Cantliffe, D. J. 1980. Germination of lettuce seeds at high temperature after seed priming. *Journal of Horticultural Science*, 50: 349-361.
- Guzmán, M; Olave, J. 2006. Response of growth and biomass production of primed melon seed (*Cucumis melo* L. cv. Primal) to germination salinity level and N-forms in nursery. *Journal of Food, Agriculture and Environment* ,4: 163-165.
- Gray, D. 1977. Temperature sensitive phases during the germination of lettuce (*Lactuca sativa* L.) seeds. *Annals of Applied Biology*, 86: 77 – 86.
- Hadas, A. 1982. Seed-soil contact and germination (pp. 507-527). En Khan (ed.), *The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination*. Ed. Elsevier, Amsterdam.
- Heydecker, W.; Higgins, J.; Turner, Y. J. 1975. Invigoration of seeds? *Seed Science and Technology*, 3: 881 – 888.

- Han Yoon, B. Y.; Lang, H. J.; Cobb, B. G. 1997. Priming with salt solutions improves germination of pansy seed at high temperatures. *HortScience*, 32 (2): 248-250.
- Heydecker, W.; Coolbear, P. 1977. Seed treatments for improved performance survey and attempted prognosis. *Seed Science Technology*, 5: 353-425.
- Hill, H. ; Bradford, K.J.; Cunningham, J.; Taylor, A.G. 2008. Primed Lettuce Seeds Exhibit Increased Sensitivity to Moisture During Aging. *Acta Horticulturae* 782: 135-141
- Khan, A. A. 1981. Hormonal regulation of primary and secondary seed dormancy. *Israel Journal of Botany*, 29: 207-224.
- Khan, A. A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. *Horticultural Reviews*, 14:131-181.
- Kinzel, W. 1926. *Frost und Licht, Neve Tabellen*. Stuttgart: Eugen Ulmer.
- Klein, J. D.; Yonit, H. 1994. Growth of tomato plants following short – term high – temperature seed priming with calcium chloride. *Seed Science Technology*, 22: 223-230.
- Koller, D.; Hadas, A. 1982. Water relations in the germination of seeds. En Lange, O. P.; Nobel, P. S.; Osmond, C.B.; Ziegler, H. (ed). *Physiological Plant Ecology II. Encyclopedia of Plant Physiology*. Springer-Verlag, Berlin,12: 401-431.
- Leatherwood, W. R.; Mason Pharr, L. O. Williamson, J. 2007. Carbohydrate Content and Root Growth in Seeds Germinated Under Salt Stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 132: 876-882.
- Leubner, G. 2006. *The Seed Biology Place: Seed Technology*. [http:// www.seedbiology.de](http://www.seedbiology.de). Acceso 10 de mayo de 2010.
- Liptay, A.; Bolton, E. F.; Dirks, V. A. 1982. A comparison of field – seeded and transplanted tomatoes grown on a clay soil. *Can. J. Plant Sci*, 6: 483 – 487.

- Liptay, A.; Tan, C. S. 1985. Effect of various levels of available water on germination of polyethylene glycol (PEG) pretreated or untreated tomato seeds. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 6: 748 – 751.
- Mauromicale, G. Cavallaro, V. 1997. A comparative study of different compounds on priming of tomato seed germination under suboptimal temperatures. *Seed Science Technology*, 25: 399 – 408.
- McDonald, M. B. 1999. Seed deterioration: Physiology, repair and assessment. *Seed Science Technology*, 27: 177 – 237.
- Montaldi, E. R. 1995. *Principios de Fisiología Vegetal*. Ediciones Sur. La Plata. Argentina. 236-238 pp.
- Moreira de Carvalho, N; Nakagawa, J. 1988. *Semillas: Ciencia, Tecnología y Producción*. Ed. Hemisferio Sur S.R.L. Montevideo, Uruguay: 101-135
- Nakamura, S.; Teranishi, T; Aoki, M. 1982. Promoting effect of polyethylene glycol on the germination of celery and spinach seeds. *Journal of the Japanese Society of Horticultural Science*, 50: 461 – 467.
- Nascimento, W.M.; West, S.H. 1988b. Priming and seed orientation affect emergence, seedcoat adherence and seedling development of muskmelon transplants. *HortScience*, 33: 847-848.
- Nascimento, W.M.; Cantliffe, D.J. 1999. Circumventing thermodormancy in lettuce. *Acta Horticulturae*, 504: 147-152.
- Nascimento, W.M.; West, S.H. 2000. Drying during muskmelon (*Cucumis melo* L.) seed priming and its effects on seed germination and deterioration. *Seed Science & Technology*, 28: 211-215.
- Nascimento, W.M. 2002. Sementes de melão osmoticamente condicionadas: vale a pena utilizá-las? *Horticultura Brasileira*, 20: 133-135.

- Nascimento, W.M. 2003. Preventing thermoinhibition in a sensitive lettuce genotype by seed imbibition at low temperature. *Scientia Agricola*, 60: 477-480.
- Nascimento, W.M. 2003. Muskmelon SEED seed germination and seedling development in response to seed priming. *Scientia Agricola*, 60: 71-75.
- Nerson, H.; Govers, A. 1986. Salt priming of muskmelon seeds for low - temperature germination. *Scientia Horticulturae*, 28: 85-91.
- Parera, C. A.; Qiao, P.; Cantliffe, D. J. 1993. Enhanced celery germination at stress temperature via solid matrix priming. *HortScience*, 28: 20 – 22.
- Pressman, E. 1997. Celery (pp. 390-391). En Wien, H. C (ed.). *The Physiology of Vegetable Crops*. Ed. CAB International. New York.
- Rao, R.G.S.; Singh, P.M.; Rai, M. 2005. Effect of seed maturity and priming on viability and vigour in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *European Journal of Horticultural Science*, 70 (4): 177-182.
- Richard, G; Guerif, J. 1988. Modelisation des transferts gazeux dans le lit semance: Application au diagnostic des conditions d'hypoxie des semance de beterrave sucriere (*Beta vulgaris* L.) pendant la germination. *Agronomie*, 8: 539 – 547.
- Roberts, E. H; Ellis, R. H. 1989. Water and seed survival. *Annals of Botany*, 63: 39-52.
- Salter, P. J.; Darby, R. J. 1976. Synchronization of germination of celery seeds. *Annals of Applied Biology*, 84: 415 – 424.
- Schwember, A. R.; Bradford, K. J. 2005. Drying rates following priming affect temperature sensitivity of germination and longevity of lettuce seeds. *HortScience*, 40: 778 – 781.

- Schwember, A. R.; Bradford, K. J. 2010. A genetic locus and gene expression patterns associated with the priming effect on lettuce seed germination at elevated temperatures. *Plant Molecular Biology*, 73 (1-2): 105-118.
- Siegel, S. M.; Rosen, L. A. 1962. Effects of reduced oxygen tension on germination and seedling growth. *Physiologia Plantarum*, 15: 437 – 444.
- Smith, P. T. Cobb, B.G. 1991. Physiological and enzymatic activity of pepper seeds (*Capsicum annum* L.) during priming. *Plant Physiology*, 82: 433-439.
- Tanne, I.; Cantliffe, D. J. 1989. Seed treatments to improve rate and uniformity of celery seed germination. *Proc. Fla. State Hort. Soc*, 102: 319 – 322.
- Tarquis, A. M.; Bradford, K. J. 1992. Prehydration and priming treatments that advance germination also increase the rate of deterioration of lettuce seeds. *Journal of Experimental Botany*, 43: 307 – 417.
- Thomas, T. H. 1984. Changes in endogenous cytokinins of celery (*Apium graveolens* L.) seeds following an osmotic or growth regulator seed soak treatment. *Plant Growth Regulation*, 2: 135 – 141.
- Thomas, T. H.; Palevitch, D.; Biddington, N. I., Autin, R. B. 1975. Growth regulators and the phytochrome – mediated dormancy of celery seeds. *Physiological Plant Research*, 35: 101 – 106.
- Valdes, V.M.; Bradford, K.J. 1987. Effect of seed coating and osmotic priming on the germination of the lettuce seeds. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 112: 153 – 156.
- Valdes, V.M.; Bradford, K.J.; Mayberry, K.S. 1985. Alleviation of thermodormancy in coated lettuce seeds by seed priming. *HortScience*, 20; 1112-1114.
- Venkatasubramanian, A.; Umarani, R. 2007. *Seed Science and Technology*, 35: 487-493.



- Vertucci, C. W. 1989. The kinetics of seed imbibition: controlling factors and relevance to seedling vigor. En Stanwood, P.C; McDonald, M.B. (eds). Seed moisture. Crop Science Society of America, Special publication, v.14, p.93-115.
- Wien, H. C. 1997. Lettuce (pp. 479-484) En Wien, H. C (ed.). The Physiology of Vegetable Crops. Ed. CAB International. New York.
- Yongqing, L.; Bino, R. J.; Van Der Burg, W. J.; Groot, S. P. C.; Hilhorst, H. W. M. 1996. Effects of osmotic priming on dormancy and storability of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seeds. Seed Science Research, 6: 49 – 55.