

# ACONDICIONAMIENTO OSMÓTICO DE SEMILLA DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) CON SOLUCIONES SALINAS

R. Mora-Aguilar<sup>1</sup>; J. E. Rodríguez-Pérez<sup>1</sup>; A. Peña-Lomelí<sup>1</sup>; D. A. Campos-Ángeles<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Horticultura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.  
Tel. (595)-9521500 Ext. 6282. Fax: (595)-9521642 y 9521645. Correo-e: morar@taurus1.chapingo.mx (<sup>1</sup>Autor responsable).

<sup>2</sup>Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

## RESUMEN

La papa generalmente es propagada asexualmente aunque es factible usar semilla para este propósito, no obstante su baja calidad fisiológica y estado de reposo cuando está recién cosechada. Dado que el acondicionamiento osmótico mejora la germinación y uniformiza la emergencia, en semilla de papa del cultivar Tollocan cosechada 90 días antes, fue evaluado el efecto de soluciones salinas ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  y  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ), potenciales osmóticos (0, -5, -10, -15, -20, -25 atm) y periodos de acondicionamiento (12, 24, 36, 48, 60 h), así como la persistencia del efecto acondicionador. La prueba estándar de germinación fue realizada a la semana y dos años después del acondicionamiento; los tratamientos se establecieron completamente al azar con arreglo en parcelas subdivididas con cuatro repeticiones y unidad experimental de 50 semillas. La semilla recién acondicionada tuvo mejor comportamiento que la almacenada; la viabilidad y germinación de semilla acondicionada en soluciones de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  o  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  mejoró relativamente (2 %) con respecto al testigo. Los tratamientos en soluciones con potenciales osmóticos de -10 y -5 atm tuvieron 69 y 61 % de viabilidad y germinación, respectivamente; similares resultados arrojó el acondicionamiento por 60 h. Mayor viabilidad (70 a 77 %) tuvo el tratamiento en soluciones de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  de -5 a -10 atm durante 24 a 36 h y de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  de -5 a -10 atm por 12 h, con respecto al testigo (65 %). La germinación también mejoró en las soluciones de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (61 %) y  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (58 %), aunque la solución acuosa solamente y 60 h de imbibición, la promovió más eficientemente (67 %).

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** potencial osmótico, propagación, reposo, semilla, germinación, vigor, almacenamiento.

## OSMOTIC CONDITIONING OF POTATO (*Solanum tuberosum* L.) SEED WITH SALINE SOLUTIONS

### ABSTRACT

Potato is usually propagated asexually, but the use of true seed is also feasible for this purpose, despite its low physiological quality and dormancy when seed has been recently harvested. Given that osmoconditioning improves germination and makes seed emergence uniform, we evaluated the effect of sodium ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) and potassium ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) saline solutions, osmotic potentials (0, -5, -10, -15, -20, -25 atm), conditioning period (12, 24, 36, 48, 60 h), and the persistence of conditioning effect in potato cultivar Tollocan seed that was harvested 90 days early. A standard germination seed test was conducted one week and two years after seed conditioning; treatments were established under a completely random design arranged in split-split-plots with four replications using experimental units of 50 seeds. Recently conditioned seed had better performance than stored seed; viability and germination of seed conditioned in  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  or  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  solutions improved (2 %) relative to the control. Treating in solutions with osmotic potentials of -10 and -5 atm had 69 and 61 % of viability and germination, respectively; similar results were shown by conditioning for 60 h. The highest viability (70 to 77 %) was achieved by treating in solutions of  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  at -5 to -10 atm for 24 or 36 h and  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  from -5 to -10 atm for 12 h when compared to the control (65 %). Germination also improved in solutions of  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (61 %) and  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (58 %) when compared to the control (56 %), although treatment with only water and 60 h of imbibition promoted germination more efficiently (67 %).

**ADDITIONAL KEY WORDS:** osmotic potential, propagation, seed, dormancy, germination, vigor, storage.

## INTRODUCCIÓN

La papa generalmente es propagada en forma vegetativa; sin embargo, este sistema presenta ciertas

desventajas ya que para establecer el cultivo se requieren grandes volúmenes de tubérculo-semilla, cuyos costos de adquisición, transporte y almacenamiento son muy elevados llegando a representar hasta 70 % de los costos

totales de producción. Por este medio, además, ocurre la transmisión de plagas y enfermedades, principalmente de tipo viral, que disminuyen el rendimiento desde 15 hasta 35 % (Qaín, 1998).

En la actualidad uno de los aspectos más innovadores en la producción de esta hortaliza es el uso de la semilla como elemento de propagación, ya que desde hace tiempo sólo ha sido empleada en el mejoramiento genético y hasta años recientes empezó a ser utilizada para su multiplicación comercial debido a su potencial económico y ventajas biológicas (Hernández, 1999; Mora-Aguilar *et al.*, 2003). La producción, transporte y almacenamiento de la semilla de papa son fáciles y baratos, y su uso reduce los problemas asociados con el tubérculo-semilla; no obstante, recién cosechada se encuentra en reposo por lo que germina lenta y heterogéneamente. El periodo necesario para superar dicho estado varía desde 6 hasta 24 meses, pero si la semilla es almacenada bajo condiciones de alta temperatura (27 a 47 °C), en sólo una semana adquiere la máxima capacidad germinativa (Pallais y Falcón, 1992; Pallais, 1995).

La calidad fisiológica de la semilla, medida a través de la viabilidad, germinación y vigor, es un factor determinante en la producción de los cultivos (Thakur *et al.*, 1997). La semilla con óptima calidad debe germinar de manera uniforme y rápida bajo diferentes condiciones ambientales; de no ser así, es necesario utilizar técnicas que mejoren esta característica, como es el acondicionamiento osmótico (Pallais, 1989; Mauromicale *et al.*, 1994; Parera y Cantliffe, 1994), que es el proceso mediante el que la semilla es hidratada de manera controlada, por la inmersión en soluciones osmóticas, para activar su metabolismo sin que ocurra la protusión de la radícula (Parera y Cantliffe, 1994; Ozbingol *et al.*, 1998). Este tratamiento aumenta el vigor de las semillas y mejora la velocidad, uniformidad y porcentaje de germinación (Tarquis y Bradford, 1992); durante este proceso se pueden adicionar algunos nutrimentos o sustancias promotoras del crecimiento como reguladores de crecimiento o enzimas para mejorar los resultados del tratamiento (Cavallaro *et al.*, 1994; Thakur *et al.*, 1997).

Diversos productos químicos han sido utilizados para acondicionar las semillas mediante soluciones osmóticas: dentro éstos se encuentran sales inorgánicas ( $K_3PO_4$ ,  $KH_2PO_4$ ,  $MgSO_4$ ,  $NaCl$ ,  $KNO_3$ ,  $KCl$ ,  $Na_2SO_4$ ), componentes orgánicos de bajo peso molecular (manitol, sorbitol, glicerol, sacarosa) y polietilenglicol, aunque la respuesta del tratamiento varía mucho entre estos productos y las especies utilizadas (Frett *et al.*, 1991; Smith y Coob, 1991; Parera y Cantliffe, 1994). El polietilenglicol ha sido más utilizado porque fisiológicamente es más inerte que otros productos químicos y no interfiere con los procesos metabólicos normales; no obstante, las soluciones salinas parecen ser más efectivas en el tratamiento de semillas cuyo embrión está rodeado por tejidos semipermeables que

permiten la absorción de agua pero limitan la difusión de los solutos (Welbaum *et al.*, 1998; Pereira *et al.*, 2002).

Las soluciones osmóticas preparadas con  $KNO_3$  y  $KHPO_4$ , utilizadas de manera separada o en combinación, han disminuido el tiempo promedio de germinación y aumentado el porcentaje de germinación y el vigor en las semillas de *Cucumis melo*, *Solanum tuberosum*, *Capsicum annum*, *Cucurbita pepo* y *Lycopersicum esculentum* (Pallais, 1989; Smith y Coob, 1991; Cavallaro *et al.*, 1994; Mauromicale *et al.*, 1994; Thakur *et al.*, 1997); sin embargo, la duración prolongada del acondicionamiento osmótico puede afectar negativamente la germinación debido a la acumulación de iones en la semilla (Blockhurts *et al.* 1987; Cavallaro *et al.*, 1994).

Además del producto químico utilizado, otros factores que influyen en el efecto del acondicionamiento osmótico de las semillas son la aireación y potencial osmótico de la solución, la calidad de la luz, la temperatura y la duración del tratamiento, la calidad inicial de la semilla, así como el tipo de secado y el periodo de almacenamiento después del tratamiento (Parera y Cantliffe, 1994). La semilla acondicionada será utilizada ampliamente si las ventajas resultantes del tratamiento se mantienen después de ser secada y almacenada por periodos prolongados (Blockhurts *et al.*, 1987), aunque desde un punto de vista práctico, es irrelevante aplicar los tratamientos de acondicionamiento si la semilla se almacenará por periodos prolongados (Parera y Cantliffe, 1994).

Dado lo anterior, los objetivos del trabajo fueron: 1) Conocer la respuesta de la semilla de papa a diferentes potenciales y periodos de acondicionamiento osmótico con soluciones salinas; 2) Determinar los efectos del  $Na_2HPO_4$  y  $KH_2PO_4$  como agentes osmóticos para el acondicionamiento de la semilla de papa; y 3) Determinar la persistencia de los efectos del acondicionamiento osmótico sobre la semilla de papa después del almacenamiento prolongado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado, durante el periodo de Invierno de 1994, en el Laboratorio de Semillas del Departamento de Fitotecnia, con semilla de papa del cultivar Tollocan, recién cosechada y seca, que había sido producida en el ciclo de Primavera-Verano en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, México.

Se evaluó la combinación de dos sales inorgánicas (SAL:  $KH_2PO_4$  y  $Na_2HPO_4$ ), cinco potenciales osmóticos (PO: -5, -10, -15, -20 y -25 atm) y cinco periodos de acondicionamiento (TO: 12, 24, 36, 48 y 60 h), generando 50 tratamientos. A éstos se les adicionó cinco tratamientos

con potencial osmótico nulo (agua destilada; 0 atm), combinados con los periodos de acondicionamiento indicados y un tratamiento con potencial osmótico nulo y sin acondicionamiento que representó al testigo absoluto.

Las soluciones osmóticas fueron preparadas en 500 ml de agua destilada, de acuerdo con la relación p/v obtenida mediante la fórmula  $g = PVm/RT$  propuesta por Wiggans y Gardner (1959), en la cual g es la cantidad del soluto (en g), P es la presión osmótica requerida (en atm), V es el volumen de la solución (en litro), m es el peso molecular del producto químico utilizado, R es la constante de los gases ( $0.0825 \text{ atm} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) y T es la temperatura absoluta ( $^{\circ}\text{K}$ ) bajo la cual fue preparada la solución. El acondicionamiento osmótico fue realizado de la manera siguiente: 750 semillas fueron colocadas sobre papel Whatman #1 dentro de cajas de petri de 10 cm de diámetro; se les adicionó la solución osmótica hasta saturación completa y permanecieron así durante el periodo requerido; después del tratamiento fueron lavadas con agua destilada para eliminar los residuos de la solución salina y puestas a secar al ambiente del laboratorio ( $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) durante una semana, hasta que alcanzaron 5 % de humedad.

Con la semilla tratada osmóticamente se llevó a cabo la prueba estándar de germinación conforme lo establece la ISTA (1993); esta prueba fue realizada a los siete días y dos años después del tratamiento; es decir, en semilla sin almacenamiento y con un periodo prolongado de éste. En cajas de petri de 10 cm de diámetro y papel filtro como sustrato, humedecido hasta saturación con agua destilada, se colocaron 50 semillas y se mantuvieron bajo condiciones ambientales ( $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) y a los 14 días de iniciada la prueba se determinó el porcentaje de plántulas normales (PPN) y anormales (PPA), y el porcentaje de semillas muertas (PSM) y duras (PSD), según los criterios propuestos por Moreno (1984); con tales datos se estimó el porcentaje de viabilidad ( $PV = PPN + PPA$ ) y de germinación ( $PG = PPN$ ). Además de estas variables, diariamente fue registrado el número de plántulas emergidas para calcular el índice de velocidad de emergencia (IVE) como lo propuso Maguire (1962).

El análisis estadístico para cada variable fue realizado de acuerdo con un diseño de tratamientos factorial asimétrico  $2 \times 5 \times 5$ , en el diseño experimental completamente al azar con arreglo en parcelas subdivididas con cuatro repeticiones; la parcela grande correspondió a los productos químicos; la parcela mediana a potenciales osmóticos; y la parcela chica al periodo de acondicionamiento. Los datos obtenidos en porcentaje fueron transformados mediante la función arcoseno

$\sqrt{\text{datos en \%}}$  y con éstos fue realizado el análisis de varianza; la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey con probabilidad del 5 %. Por medio de contrastes ortogonales se comparó el efecto de los productos químicos, los potenciales osmóticos y los

periodos de acondicionamiento, con respecto al testigo absoluto, así como el efecto del almacenamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los factores estudiados tuvieron efecto significativo en el porcentaje de germinación y el índice de velocidad de emergencia de la semilla sin almacenamiento (Cuadro 1), mientras que en la semilla almacenada lo tuvieron en el porcentaje de semillas duras, de plántulas anormales y de viabilidad, además de la germinación y la velocidad de emergencia (Cuadro 2).

Además de lo anterior, la mayoría de las variables evaluadas en la semilla sin almacenamiento fue afectada por la interacción de segundo orden SAL x PO x TO, con excepción del porcentaje de semillas muertas y plántulas anormales; lo mismo ocurrió en la semilla almacenada sólo que en ésta también tuvieron efecto las interacciones de primer orden SAL x PO y SAL x TO (Cuadros 1 y 2).

El acondicionamiento osmótico, con base en soluciones de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  o  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , mejoró relativamente la calidad fisiológica de la semilla que no fue almacenada (Cuadro 3): tanto la viabilidad como la germinación aumentaron 2 % debido a la disminución en ocurrencia de semilla duras y plántulas anormales en 3 y 1 %, respectivamente; sin embargo, tal efecto no se mantuvo en la semilla que fue almacenada por dos años. Resultados similares a éstos fueron obtenidos en otros estudios (Pret *et al.*, 1991; Smith y Coob, 1991; Parera y Cantliffe, 1994), lo cual se atribuye a que los productos utilizados como acondicionadores osmóticos no son químicamente inertes y sus iones se acumulan dentro de la semilla durante el acondicionamiento osmótico e interfieren en los procesos metabólicos normales de la germinación, pudiendo provocar la muerte total del embrión o sólo de algunas de sus estructuras morfológicas, repercutiendo negativamente sobre la germinación al aumentar la presencia de semillas duras y de plántulas anormales (Blocklehurst *et al.*, 1987).

El potencial osmótico de las soluciones utilizadas afectó la calidad fisiológica de la semilla en forma diferencial (Cuadro 4). Tal efecto fue más evidente en la semilla que no fue almacenada después de haber sido acondicionada, alcanzando 69 y 61 % de viabilidad y germinación, respectivamente cuando el potencial osmótico de la solución varió entre -10 y -5 atm; en estas condiciones la ocurrencia de semillas duras y de plántulas anormales fue solamente de 4 y 2 %, en cada caso, mientras que el índice de velocidad de emergencia fue alto (6.6 a 6.8) en soluciones con potencial osmótico de 0 a -10 atm. Resultados similares a los indicados se han obtenido en estudios realizados en *Apium graveolens* L. (Singh *et al.*, 1985), *Licopersicum esculentum* (Cavallaro *et al.*, 1994), *Daucus carota* L. (Parera y Cantliffe, 1994) y *Capsicum annum* (Thakur *et al.*, 1997).

**CUADRO 1. Factores de variación, cuadrados medios y significancia estadística en la calidad fisiológica de semilla de papa acondicionada osmóticamente y sin almacenamiento postratamiento.**

FV	GL	PSD	PSM	PPA	PG	PV	IVE
SAL	1	0.004 <sup>NS</sup>	0.005 <sup>NS</sup>	0.005 <sup>NS</sup>	0.056*	0.004 <sup>NS</sup>	3.054*
SAL x REP	6	0.007	0.006	0.006	0.004	0.004	0.359
PO	4	0.014 <sup>NS</sup>	0.004 <sup>NS</sup>	0.004 <sup>NS</sup>	0.019*	0.018*	2.328*
SAL x PO	4	0.004 <sup>NS</sup>	0.009 <sup>NS</sup>	0.009 <sup>NS</sup>	0.009 <sup>NS</sup>	0.007 <sup>NS</sup>	0.639 <sup>NS</sup>
SAL (PO x REP)	24	0.006	0.102	0.010	0.006	0.005	0.573
TO	4	0.005 <sup>NS</sup>	0.069*	0.067*	0.016*	0.003 <sup>NS</sup>	1.654*
SAL x TO	4	0.025 <sup>NS</sup>	0.001 <sup>NS</sup>	0.001 <sup>NS</sup>	0.032*	0.022*	2.872*
PO x TO	16	0.005 <sup>NS</sup>	0.006 <sup>NS</sup>	0.006 <sup>NS</sup>	0.005 <sup>NS</sup>	0.004 <sup>NS</sup>	0.541 <sup>NS</sup>
SAL x PO x TO	16	0.014*	0.007 <sup>NS</sup>	0.007 <sup>NS</sup>	0.010*	0.011*	0.965*
SAL x PO(TO x REP)	120	0.005	0.007	0.007	0.005	0.005	0.516

<sup>NS</sup>, \*; \*\*: No significativa y significativa a una  $P \leq 0.05$  y  $0.01$ , respectivamente.

FV: Factor de variación; GL: Grados de libertad; PSM: Porcentaje de semillas muertas; PSD: Porcentaje de semillas duras; PPA: Porcentaje de plántulas anormales; PV: Porcentaje de viabilidad; PG: Porcentaje de germinación; IVE: Índice de velocidad de emergencia; SAL: Producto químico; REP: Repetición; PO: Potencial osmótico; TO: Tiempo de acondicionamiento.

**CUADRO 2. Factores de variación, cuadrados medios y significancia estadística para algunas variables de la calidad fisiológica de semilla de papa acondicionada osmóticamente y con almacenamiento postratamiento.**

FV	GL	PSD	PSM	PPA	PG	PV	IVE
SAL	1	0.054*	0.011 <sup>NS</sup>	0.092*	0.034*	0.114*	6.601*
SAL x REP	6	0.002	0.003	0.005	0.003	0.001	0.342
PO	4	0.128*	0.016 <sup>NS</sup>	0.024*	0.175*	0.212*	6.727*
SAL x PO	4	0.034*	0.014 <sup>NS</sup>	0.003 <sup>NS</sup>	0.069*	0.067*	2.177*
SAL (PO x REP)	24	0.008	0.007	0.007	0.009	0.007	0.338
TO	4	0.481*	0.072*	0.075*	0.640*	0.663*	14.294*
SAL x TO	4	0.028*	0.010 <sup>NS</sup>	0.019*	0.026*	0.031*	0.714 <sup>NS</sup>
PO x TO	16	0.023*	0.015 <sup>NS</sup>	0.015*	0.038*	0.036*	1.071*
SAL x PO x TO	16	0.031*	0.136 <sup>NS</sup>	0.010 <sup>NS</sup>	0.032*	0.031*	1.331*
SAL x PO(TO x REP)	120	0.009	0.011	0.007 <sup>NS</sup>	0.007	0.007	0.310

<sup>NS</sup>, \*; \*\*: Diferencia significativa y significativa una  $P \leq 0.05$  y  $0.01$ , respectivamente.

FV: Factor de variación; GL: Grados de libertad; PSM: Porcentaje de semillas muertas; PSD: Porcentaje de semillas duras; PPA: Porcentaje de plántulas anormales; PV: Porcentaje de viabilidad; PG: Porcentaje de germinación; IVE: Índice de velocidad de emergencia; SAL: Producto químico; REP: Repetición; PO: Potencial osmótico; TO: Tiempo de acondicionamiento.

**CUADRO 3. Efecto del acondicionamiento osmótico con soluciones de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  y  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  en la calidad fisiológica de semilla de papa en dos periodos de almacenamiento.**

Variable	Sin Almacenamiento				Con Almacenamiento			
	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	MAO <sup>w</sup>	Testigo	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	MAO	Testigo
PSD	30.2 a <sup>y</sup>	29.5 b	29.9 B <sup>z</sup>	32.5 A	43.8 b	46.4 a	45.1 A	33.0 B
PSM	3.2 a	3.0 b	3.1 A	2.5 B	9.9 b	11.2 a	10.7 A	6.5 B
PPA	9.6 a	7.2 b	8.4 B	9.0 A	13.9 b	11.4 b	12.8 B	16.0 A
PV	66.7 b	67.5 a	67.1 A	65.0 B	46.2 a	42.4 b	44.4 B	60.5 A
PG	57.1 b	60.3 a	58.7 A	56.0 B	32.4 a	31.0 b	31.8 B	44.5 A
IVE	6.3 b	6.6 a	6.5 A	6.4 A	2.9 a	2.6 b	2.7 A	2.8 A

<sup>w</sup>Medio de los agentes osmóticos; PSD: Porcentaje de semillas duras; PSM: porcentaje de semillas muertas; PPA: porcentaje de plántulas anormales; PV: porcentaje de viabilidad; PG: porcentaje de germinación; IVE: Índice de velocidad de emergencia.

<sup>y</sup>Medias con la misma letra minúscula, dentro de la misma fila y condición de almacenamiento, son iguales estadísticamente según la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

<sup>z</sup>Medias con la misma letra mayúscula, dentro de la misma fila y condición de almacenamiento, son iguales estadísticamente, según la prueba de contrastes ortogonales a una  $P \leq 0.05$ .



**CUADRO 4. Efecto de la presión osmótica (PO) en soluciones de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  y  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  en la calidad fisiológica de semilla de papa en dos condiciones de almacenamiento.**

PO	Sin Almacenamiento						Con Almacenamiento					
	PSD	PSM	PPA	PV	PG	IVE	PSD	PSM	PPA	PV	PG A	IVE
0	28.7 d <sup>y</sup>	3.8 a	6.5 f	67.5 c	61.0 b	6.6 ab	55.1 a	9.8 c	11.4 c	35.1 e	23.7 f	2.0 c
-5	28.6 d	2.8 bc	7.2 e	68.6 b	61.4 a	6.6 ab	52.8 b	12.3 a	10.2 d	34.8 e	24.6 e	2.2 c
-10	27.5 e	3.0 b	9.9 a	69.4 a	59.5 c	6.8 a	47.1 c	11.1 b	12.9 b	41.7 d	28.8 d	2.6 b
-15	30.5 c	2.6 c	7.4 d	66.8 d	50.4 c	6.5 ab	40.5 e	9.9 c	13.1 b	49.5 b	36.4 b	3.1 a
-20	31.0 b	3.0 b	8.9 b	65.9 e	56.9 d	6.4 ab	45.6 d	9.4 d	13.4 a	44.9 c	31.5 c	2.8 ab
-25	31.5 a	3.8 a	8.4 c	64.6 f	56.2 e	6.14 b	39.4 f	9.9 c	13.6 a	50.6 a	37.0 a	3.1 a
Media	29.6 B <sup>z</sup>	3.1 A	8.0 B	67.1 A	59.0 A	6.5 A	46.7 A	10.4 A	12.4 B	42.8 B	30.3 B	2.6 A
T.A.	32.5 A	2.5 B	9.0 A	65.0 B	56.0 B	6.4 A	33.0 B	6.5 B	16.0 A	60.5 A	44.5	2.8 A

PSD: Porcentaje de semillas duras; PSM: porcentaje de semillas muertas; PPA: porcentaje de plántulas anormales; PV: porcentaje de viabilidad; PG: porcentaje de germinación; IVE: Índice de velocidad de emergencia; T.A.: Testigo absoluto.

<sup>y</sup>Medias con la misma letra minúscula, dentro de la misma fila y condición de almacenamiento, son iguales estadísticamente según la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

<sup>z</sup>Medias con la misma letra mayúscula, dentro de la misma fila y condición de almacenamiento, son iguales estadísticamente según la prueba de contrastes ortogonales a una  $P \leq 0.05$ .

La calidad fisiológica de la semilla también fue afectada en forma diferencial por la duración del acondicionamiento osmótico (Cuadro 5). La semilla acondicionada por 60 h que no fue almacenada, tuvo mayor viabilidad (68 %), germinación (61 %) y velocidad de emergencia (6.7), además mostró menor ocurrencia de semillas duras (29 %) y plántulas anormales (6.5 %) con respecto al testigo absoluto. La viabilidad y germinación de la semilla almacenada fue afectada negativamente por la duración del periodo de acondicionamiento, siendo más drástico conforme éste fue más prolongado: con 12 h de acondicionamiento hubo 55 % de viabilidad y 43 % de germinación, y con 60 h estas variables sólo alcanzaron 25 y 16 %, respectivamente.

Los efectos positivos del periodo de acondicionamiento osmótico obtenidos en la semilla recientemente tratada no persistieron durante el almacenamiento; en ésta, conforme fue más prolongado

el periodo de acondicionamiento (60 h), tendió a aumentar la presencia de semillas muertas y duras, alcanzando valores de 14 y 61 %, respectivamente (Cuadro 5); tales efectos negativos se pueden atribuir a la alteración que sufre la concentración de carbohidratos solubles en la semilla, provocando una reducción en la tolerancia a la desecación de las membranas celulares, en la integridad de las proteínas y en la tasa de crecimiento de las plántulas (Welbaum *et al.*, 1998). Resultados similares a los de este estudio han sido informados en otras especies olerícolas en las que se incluye al perejil y chile, jitomate y lechuga, tratadas con polietilenglicol,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{KNO}_3$  o  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , respectivamente (Argerich y Bradford, 1990; así mismo, coinciden con lo señalado por Parera y Cantliffe (1994) en el sentido de que la duración ideal del tratamiento de acondicionamiento osmótico de las semillas varía con el tipo de ósmosis, el potencial osmótico de la solución, la temperatura ambiental y de la solución, y la especie vegetal, entre otros factores.

**CUADRO 5. Efecto de la duración del acondicionamiento osmótico (DA) con base en soluciones salinas de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  y  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , sobre la calidad fisiológica de semilla de papa bajo dos periodos de almacenamiento.**

DA (h)	Sin Almacenamiento						Con Almacenamiento					
	PSD	PSM	PPA	PV	PG	IVE	PSD	PSM	PPA	PV	PG	IVE
12	30.6 a <sup>y</sup>	3.5 b	9.9 a	65.8 e	55.9 d	6.2 b	33.0 e	11.5 b	12.1 c	55.4 a	43.3 a	3.4 a
24	30.7 a	1.6 e	9.2 b	67.6 b	58.4 c	6.4 ab	40.8 d	11.3 b	16.5 a	47.9 b	31.3 d	3.0 ab
36	30.3 b	2.4 d	8.3 c	67.2 c	58.9 b	6.5 ab	47.3 b	7.6 d	12.9 b	45.1 c	32.2 c	2.7 c
48	28.6 d	4.6 a	7.9 d	66.7 d	58.7 b	6.5 ab	43.7 c	8.3 e	12.2 c	48.0 b	35.7 b	2.9 bc
60	28.9 c	3.1 e	6.5 e	67.9 a	61.4 a	6.7 a	60.7 a	14.0 a	9.4 d	25.2 d	15.8 e	1.8 d
Media	29.8 B <sup>z</sup>	3.0 A	8.4 B	67.0 A	53.6 B	6.5 A	45.1 A	10.5 A	12.6 B	44.3 B	31.6 B	2.7 A
T.A.	32.5 A	2.5 B	9.0 A	65.0 B	56.0 A	6.4 A	33.0 B	6.5 B	16.0 A	60.5 A	44.5 A	2.8 A

PSD: Porcentaje de semillas duras; PSM: porcentaje de semillas muertas; PPA: porcentaje de plántulas anormales; PV: porcentaje de viabilidad; PG: porcentaje de germinación; IVE: Índice de velocidad de emergencia; T.A.: Testigo absoluto.

<sup>y</sup>Medias con la misma letra minúscula, dentro de la misma fila y condición de almacenamiento, son iguales estadísticamente según la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

<sup>z</sup>Medias con la misma letra minúscula, dentro de la misma fila y condición de almacenamiento, son iguales estadísticamente según la prueba de contrastes ortogonales a una  $P \leq 0.05$ .

Los resultados obtenidos en la semilla que fue almacenada, probablemente se deban a las condiciones que prevalecieron durante ese periodo pues no hubo control de la humedad y temperatura ambiental, mismas que debieron mantenerse controladas para evitar los procesos de deterioro inherentes a la misma edad de la semilla, como lo indican diversos autores (Pallais y Falcón, 1992; Taylor *et al.*, 1998).

El efecto conjunto de los factores estudiados fue significativo sobre la viabilidad y germinación de la semilla (Cuadros 6 y 7). En general, la semilla recientemente tratada, alcanzó valores más altos de viabilidad cuando el acondicionamiento osmótico se llevó a cabo con soluciones de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  de -5 a -10 atm por 24 a 36 h (70 a 73 %) y en soluciones de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  de 0 a -5 atm y 60 h (70 a 72%) o

**CUADRO 6. Efecto de la interacción entre producto químico, potencial osmótico (PO) y periodo de acondicionamiento en la calidad fisiológica de la semilla de papa sin almacenamiento.**

PO (atm)	$\text{KH}_2\text{PO}_4$						$\text{Na}_2\text{HPO}_4$					
	12	24	36	48	60	Media	12	24	36	48	60	Media
<b>Porcentaje de Viabilidad</b>												
0	70 <sup>z</sup>	69	63	66	72	68.5	70	69	63	66	72	68
-5	69	70	71	73	66	70	63	76	68	63	70	68
-10	68	72	73	66	73	70	77	66	67	72	64	69
-15	61	69	68	69	68	67	71	67	64	65	69	67
-20	57	62	70	68	66	64	67	71	66	63	73	68
-25	57	62	64	62	73	63	72	65	65	69	61	63
Media	63	67	68	67	69	67	70	69	65	66	68	68
<b>Porcentaje de Germinación</b>												
0	64	60	54	62	67	61	64	60	54	62	67	61
-5	58	61	64	66	60	62	56	69	63	56	64	61
-10	55	56	62	57	66	59	67	57	60	62	55	60
-15	52	57	57	62	62	58	64	62	57	58	65	61
-20	44	51	57	57	59	53	59	62	60	57	67	61
-25	42	54	54	55	65	54	65	57	59	60	54	59
Media	52	56	58	60	63	58	62	61	58	59	62	61

<sup>z</sup>Los valores de viabilidad y germinación para el testigo absoluto fueron: 65 y 56 %, respectivamente.

**CUADRO 7. Efecto de la interacción entre producto químico, potencial osmótico (PO) y periodo de acondicionamiento en la calidad fisiológica de la semilla de papa con almacenamiento prolongado.**

PO (atm)	$\text{KH}_2\text{PO}_4$						$\text{Na}_2\text{HPO}_4$					
	12	24	36	48	60	Media	12	24	36	48	60	Media
<b>Porcentaje de Viabilidad</b>												
0	54 <sup>z</sup>	35	34	43	11	35	54	35	34	43	11	35
-5	50	34	38	52	16	38	59	43	26	30	4	32
-10	58	47	54	58	24	48	53	44	35	40	6	36
-15	54	58	53	61	40	53	59	46	44	57	24	46
-20	56	55	50	30	35	45	55	47	47	47	29	45
-25	58	44	51	59	26	48	56	63	54	48	49	54
Media	55	45	47	50	25	45	57	46	40	44	20	41
<b>Porcentaje de Germinación</b>												
0	43	17	22	30	7	24	43	17	22	30	7	23
-5	40	22	23	32	12	26	52	29	6	21	1	23
-10	42	27	38	50	14	34	39	28	25	25	4	24
-15	43	41	37	50	24	39	48	28	36	47	13	34
-20	44	36	33	19	21	30	40	34	36	33	22	32
-25	42	27	36	48	14	33	46	44	44	35	36	41
Media	42	28	32	38	15	31	45	30	28	32	14	30

<sup>z</sup> Los valores de viabilidad y germinación para el testigo absoluto fueron: 61 y 45 %, respectivamente.

de -5 a -10 atm por 12 h (71 a 77 %), con respecto al testigo absoluto (65 %) (Cuadro 6).

Aunque la germinación, en promedio, también manifestó buena respuesta en los tratamientos con  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (61 %) y  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (58 %), con respecto al testigo absoluto (56 %), se detectó que, independientemente del producto químico y de la presión osmótica de la solución, los tratamientos con solución acuosa carente de soluto (agua destilada; 0 atm) y duración de 60 h, promovieron la germinación en forma más eficiente (67 %); es decir, la imbibición sólo en agua favoreció los diferentes procesos de la germinación, lográndose incrementos en la viabilidad y germinación de 7 y 11 %, en cada caso, con respecto al testigo absoluto que no recibió ningún tipo de tratamiento (Cuadro 6).

La semilla almacenada tuvo un comportamiento diferencial debido al efecto de los agentes osmóticos, de manera que el  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  fue relativamente mejor que el  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  para acondicionar la semilla (Cuadro 7); en tales productos, la viabilidad y germinación alcanzaron valores de 56 a 58 y de 42 a 46 %, respectivamente con potenciales de -25 atm y 12 h de acondicionamiento. No obstante e independientemente del productos químico utilizado, la calidad fisiológica de la semilla tendió a disminuir conforme aumentó la duración del acondicionamiento, sin que fuese definida la tendencia por efecto de la presión osmótica de la solución.

### LITERATURA CITADA

- ARGERICH, A. C.; BRADFORD, K. J. 1990. Influence of seed vigour and preplant herbicides on emergence, growth and yield of tomato. *HortScience* 25: 288-291.
- BLOCKLEHURST, P. A.; DEARMAN, J.; DREW, R. L. K. 1987. Recent developments in osmotic treatment of vegetable seeds. *Acta Horticulturae* 215: 193-200.
- CAVALLARO, V.; MAUROMICALE, G.; DI VINCENZO, G. 1994. Effects of seed osmoconditioning on emergence characteristics of the tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *Acta Horticulturae* 362: 213-219.
- HERNÁNDEZ, A. 1999. La producción de papa por semilla sexual. *Revista Cultivos Tropicales* 20: 57-71.
- FRETT, J. J.; PILL, W. G.; MORNEAU, D. C. 1991. A comparison of priming agents for tomato and asparagus seeds. *HortScience* 26: 1158-1159.
- ISTA (INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION). 1993. International Rules for Seed Testing. *Seed Science and Technology*. Vol. 21. Supplement.
- MAGUIRE, J. D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2: 176-177.
- MAUROMICALE, G.; CAVALLARO, V.; IERMA, A. 1994. Effects of seed osmoconditioning on emergence characteristics of the summer squash (*Cucurbita pepo* L.). *Acta Horticulturae* 362: 221-227.
- MORA-AGUILAR, R.; PEÑA-LOMELÍ, A.; RODRÍGUEZ-PÉREZ, J. E.; PÉREZ-PÉREZ, L. M.; GONZÁLEZ-LAINES, R. 2003. Floración, rendimiento y calidad de semilla en genotipos de papa. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 9(2):179-192.
- MORENO, M. E. 1984. Análisis Físico y Biológico de Semillas Agrícolas. Instituto de Biología, UNAM. D. F., México, 383 p.
- OZBINGOL, N.; CORBINEAU, F.; COME, D. 1998. Responses of tomato seeds to osmoconditioning as related to temperature and oxygen. *Seed Science Research* 8: 377-384.
- PALLAIS, N. 1989. Osmotic priming of true potato seed: Effects of seed age. *Potato Research* 32: 235-244.
- PALLAIS, N. 1995. Storage factors control germination and seedling establishment of freshly harvested true potato seed. *Amer. Potato J.* 72: 427-436.
- PALLAIS, N.; FALCÓN, R. 1992. Calidad de la semilla sexual y manejo en postcosecha, pp. 11-20. *In: Taller de Semilla Sexual de Papa en Latinoamérica*. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú.
- PARERA, A. C.; CANTLIFFE, D. J. 1994. Presowing seed priming. *Horticultural Reviews* 16: 109-141.
- PEREIRA K., A. L.; OLIVEIRA, J. A.; FILHO, S. M.; FRAGA, A. C. 2002. Armazenamento e qualidade fisiológica de sementes de algodao submetidas ao condicionamiento osmótico. *Ciencias Agrot.* 26: 439-443.
- QAIN, M. 1998. Transgenic Virus Resistant Potatoes in Mexico: Potential Socioeconomic Implications of North-South Biotechnology Transfer. *ISAAA Briefs #7*. ISAAA, Ithaca, N. Y., USA 48 p.
- SINGH, H.; MORSS, S.; ORTON, T. J. 1985. Effects of osmotic pretreatment and storage on germination of celery seed. *Seed Science and Technology* 13: 551-558.
- SMITH, P. T.; COOB, B. G. 1991. Accelerated germination of pepper seed by priming with salt solutions and water. *HortScience* 26: 417-419.
- TARQUIS, A. M.; BRADFORD, K. J. 1992. Pherhydration and priming treatments that advance germination also increase the rate of deterioration of lettuce seeds. *Journal of Experimental Botany* 43: 307-317.
- THAKUR, A.; THAKUR, P. S.; BHARWAY, J. 1997. Influence of seed osmoconditioning on germination potential and seedling performance of bell peper. *Seed Research* 25: 25-30.
- TAYLOR, D. G.; ALLEN, P. S.; BENNETT, M. A.; BRADFORD, K. J.; BURRIS, J. S.; MISRA, M. K. 1998. Seed enhancements. *Seed Science Research* 8: 245-256.
- WELBAUM, G. E.; SHEN, Z.; OLUOCH, M. O.; JETT, L. W. 1998. The evolution and effects of priming vegetable seeds. *Seed Science and Technology* 20: 209-235.
- WIGGANS, S. C.; GARDNER, F. P. 1959. Effectiveness of various solutions for simulating drought conditions as measured by germination and seedling growth. *Agronomy Journal* 51: 315-318.