

**EVALUACION AGRONOMICA DEL ACONDICIONAMIENTO  
OSMOTICO EN SEMILLAS DE PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.).  
I. EFECTOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO GERMINATIVO,  
BAJO DISTINTAS TEMPERATURAS<sup>1</sup>**

**Agronomic evaluation of the osmotic conditioning of sweet pepper seeds  
(*Capsicum annuum* L.). I. Effects on the germinative process, under  
different temperatures**

**Agustín Aljaro U.<sup>2</sup> y Marcelo Martínez R.<sup>3</sup>**

**S U M M A R Y**

At La Platina Experimental Station (INIA, Santiago), during the 1984/85 season, sweet pepper seeds (*Capsicum annuum* L.) cv. California Wonder 300, were conditioned osmotically by soaking in a — 14 bars solution of magnesium sulphate, at 25° C for 9 days. Treated seeds were dried and exposed to laboratory germination tests, at eight different temperatures: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, and 40° C. Non treated seed was considered as control.

The priming technique improved significantly the speed, uniformity and rate of germination at every thermic regime, and enlarged the optimum temperature range required by this process. On the other hand, significant values of germination in treated seeds were found under and over the optimal thermic levels (5, 10, and 40° C). At these regimes, control seeds did not germinate or they showed very low values.

**INTRODUCCION**

Una de las prácticas tradicionales, empleadas por los agricultores para obtener producciones con caracteres de primor en períodos de mejores expectativas, corresponde a las siembras tempranas de primavera o, incluso, de invierno, protegidas por lo general con polietileno. Entre éstas, cabe mencionar almácigos cubiertos con túneles, pantallas inclinadas, uso de mulch en superficie y las casetas o invernaderos, bajo los cuales

las siembras pueden anticiparse considerablemente, en relación a los establecimientos al aire libre, que se hacen sólo cuando las condiciones climáticas son más templadas. De esta forma, se protege una de las fases del cultivo más sensible a condiciones térmicas subóptimas, como son la germinación de la semilla y su posterior emergencia.

Por otro lado, existen algunas técnicas de manejo tendientes a lograr en períodos fríos una mayor velocidad de crecimiento y, por ende, un mejor nivel de plántulas, como son la agregación de calor al medio ambiente, aéreo y/o subterráneo, y algunos tratamientos a la semilla antes de ser sembrada: pregerminación (Gray y Steckel, 1977), endurecimiento o rusticación (Wickham y Nichols, 1976) y aplicación de hormonas específicas (Thomas, 1981).

En el campo hortícola, es tradicional la práctica de humedecer o remojar en agua libre la semilla, algunas horas previas a la siembra, con el objeto de anticipar la germinación. Esto constituye, en cierto grado, algo

<sup>1</sup> Recepción de originales: 1° de septiembre de 1986

Parte de la tesis presentada por Marcelo Martínez R., para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Se agradece la colaboración del Comité de Tesis, Facultad de Agronomía, U. Austral de Valdivia. Trabajo presentado en el XXXVII Congreso Agronómico Anual, Santiago, 1986.

<sup>2</sup> Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

<sup>3</sup> Gran Avenida José Miguel Carrera 6843, Depto. 31, Santiago, Chile.

similar a la nueva técnica del acondicionamiento osmótico (A.O.): esto es, permitir el inicio del proceso germinativo antes que la semilla sea sembrada. Sin embargo, a diferencia de A.O., la práctica del remojo de la semilla en agua libre, permite la activación del metabolismo germinativo en forma incontrolada, no presentando una barrera o freno a la inconveniente aparición de radículas.

En el A.O., la semilla es remojada en una solución osmótica, la cual hidrata la semilla parcialmente, hasta un nivel específico que impide la aparición de radículas (potencial osmótico entre  $-5$  y  $-15$  bar, según la especie). Este nivel se establece cuando los potenciales de la solución y de la semilla llegan a un equilibrio. En este punto, la semilla no puede continuar hidratándose y, en consecuencia, no completa todo el requerimiento hídrico, deteniéndose el proceso de germinación y evitando de este modo la aparición de radículas. La semilla queda sin embargo en un estado germinativo muy avanzado.

Existe duda acerca del mecanismo exacto que provoca esta actividad germinativa durante el A.O. La explicación más frecuente, se refiere a que se satisface parcialmente el requerimiento hídrico de la semilla. Sin embargo, dado que el A.O. se efectúa bajo un régimen térmico óptimo, generalmente a  $25^{\circ}\text{C}$ , es probable que al mismo tiempo se satisfagan parte de los requerimientos de temperatura; por ello, la semilla una vez sembrada, presenta bajas necesidades en agua, en suma térmica y/o en temperatura base. Por último, también existe la posibilidad que haya un efecto catalizador o activador bioquímico en la semilla, por parte del soluto que compone la solución osmótica. Sales como cloruro de sodio, nitrato de potasio, sulfato de magnesio y otras sustancias usadas para estos efectos, podrán estar, por mecanismos desconocidos, activando la germinación (efecto vigorizante).

Dado que el objetivo de este trabajo es aportar elementos que conduzcan a su aplicación tecnológica y, de esta forma, lograr ventajas en germinación, emergencia o productividad de los cultivos, no interesa por ahora, aclarar el mecanismo preciso de acción del A.O., lo cual podría constituir a futuro una nueva línea de trabajos.

Dentro de este contexto, durante la última década se han intensificado las investigaciones referidas a la técnica de acondicionamiento de las semillas, en soluciones osmóticas de bajo potencial. Diversos autores han obtenido resultados satisfactorios, en especies hortícolas: cebolla (Peterson, 1976), pimiento (Yaklich y Orzolek, 1977), nabo (Gray y Steckel, 1977), zanahoria (Aljaro, 1978), lechuga (Cantliffe, Shuler y Guedes, 1981), perejil (Ely y Heydecker, 1981), apio

(Biddington y otros, 1982), tomate (Wolfe y Sims, 1982), betarraga (Khan y otros, 1983), espinaca (Atherton y Farooque, 1983), zanahoria (Brocklehurst y Dearman, 1983; Szafirowska, Kahn y Peck, 1981) y pimiento (Aljaro y Wyneken, 1985).

Recientemente, investigaciones desarrolladas en Chile (Aljaro y Wyneken, 1985), trabajando con semilla de pimiento, determinaron algunas ventajas valiosas de este tipo de tratamientos, llegando a concluir que tanto el comportamiento germinativo como la emergencia a nivel de almácigos, resultaron superiores a los detectados en la semilla control, sin tratamiento. De todas las soluciones analizadas por estos investigadores, se determinó que la más efectiva correspondía a la de un potencial de  $-14$  bar, usando como soluto sulfato de magnesio al 311,5 por mil.

La actual investigación contempla un análisis detallado de esta técnica de acondicionamiento de la semilla y sus efectos, en distintas fases del cultivo:

- En el proceso de la germinación, realizada bajo diferentes temperaturas.
- En el proceso de emergencia en el campo, bajo condiciones de almácigos protegidos con túnel de polietileno y sin protección alguna.
- En la precocidad, productividad y calidad del cultivo.

En el presente artículo se presentan los resultados relacionados con la primera etapa de la investigación: la germinación.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en la Estación Experimental La Platina (INIA), comuna de La Pintana, Area Metropolitana, desde julio de 1984 hasta mayo de 1985. La semilla utilizada correspondió al cultivar California Wonder 300.

De acuerdo con los antecedentes informados por Aljaro (1978) y Aljaro y Wyneken (1985), se utilizó una solución tratante de un potencial osmótico de  $-14$  bar, empleándose como soluto sulfato de magnesio, en una concentración de 311,5 por mil. Durante la exposición de la semilla a esta solución por nueve días, la temperatura se mantuvo constante en  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y el sistema empleado fue el de toalla papel absorbente, embebida y dispuesta en cajas plásticas selladas herméticamente, con una cinta de parafina (Parafilm).

Finalizado el tratamiento, la semilla fue lavada y seca durante 3 hr, en una estufa de aire forzado y a 30 – 33° C. Como semilla control o testigo, se empleó material del mismo origen, pero sin ser sometido al proceso de acondicionamiento.

La evaluación se efectuó a través de análisis de germinación, de acuerdo con las reglas de ISTA (1959). Se dispusieron 100 semillas, sobre dos hojas de papel filtro Whatman Nº 1, en discos Petri de 9 cm de diámetro, los que se ubicaron en cámaras de germinación, en ausencia de luz, reguladas a diferentes temperaturas constantes: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40° C ± 0,5° C. Diariamente, se adicionó la cantidad de agua destilada precisa, para mantener el proceso en condiciones ideales de humedad.

Para medir las diferentes variables, se efectuaron recuentos diarios de las semillas germinadas, hasta un plazo que estuvo determinado por la ausencia de nuevas germinaciones durante tres días consecutivos; se consideró semilla germinada aquélla que presentaba una radícula de 5 mm como mínimo, de acuerdo a lo estipulado por Wickham y Nichols (1976). Las variables consideradas, para cada temperatura de análisis, fueron:

- Porcentaje máximo de germinación.
- Número de días para llegar al 50/o del porcentaje máximo de germinación. Esta variable expresa el tiempo tomado en iniciar el proceso germinativo.

- Número de días para llegar al 950/o del porcentaje máximo de germinación, cuando se puede considerar como terminado el proceso germinativo, constituyendo una estimación de la velocidad de esta etapa del desarrollo de la planta.

- Número de días transcurridos entre el 5 y 950/o de la germinación máxima; esta variable refleja el grado de uniformidad del proceso.

- Tasa de germinación, factor que conjuga la cantidad, velocidad y uniformidad de germinación, permitiendo comparar lotes de semillas entre sí. Según ISTA (1959), esta variable se calcula:

$$\text{Tasa} = \frac{\sum (\text{semillas germ. c/día } Y) \times (\text{días hasta día } Y)}{\text{total de semillas germinadas}}$$

Un valor numérico bajo de la tasa de germinación, indica características de germinación más favorables, en relación a la cantidad, velocidad y uniformidad del proceso.

En relación al método estadístico, éste se ajustó al análisis de variancia de parcelas divididas, con cinco observaciones por tratamiento. Cuando se determinó interacciones o diferencias significativas entre los tratamientos, se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan (50/o) y el análisis de regresión múltiple, para ajustar la respuesta a un modelo matemático.

### CUADRO 1. Análisis de germinación de semillas de pimienta, acondicionadas osmóticamente (T) y los testigos sin tratar (NT), a diferentes regímenes térmicos constantes. Est. Exp. La Platina

TABLE 1. Germination tests of sweet pepper seeds, osmotically conditioned (T) and control (N.T.), under different temperatures. La Platina Exp. Sta., Santiago

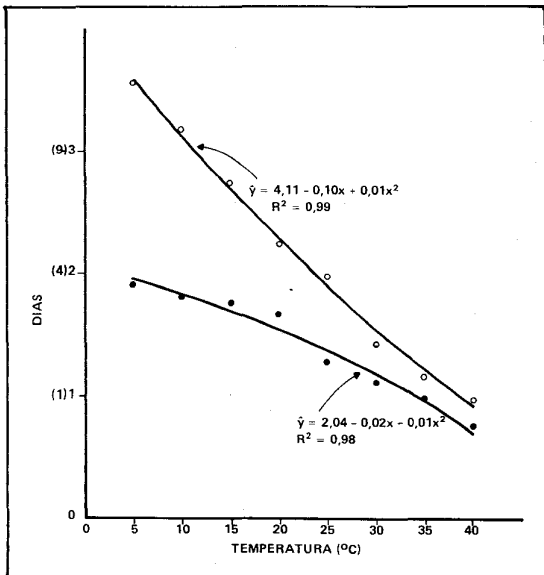
Temp. ° C	Días al 50/o de germinación máx.		Días al 950/o de germinación máx.		Días entre 5 y 950/o de germinación máx.		Tasa de germinación		Porcentaje máximo de germinación	
	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT
5	3,68 A	12,74 A	15,6 A	25,3 A	11,9 A	12,6 C	12,54 A	18,11 A	21,0 F	3,8 D
10	3,34 B	10,11 B	13,3 B	21,6 B	9,9 B	11,5 DE	10,54 B	16,00 B	79,4 E	3,6 D
15	3,09 C	7,60 C	10,9 C	18,9 C	7,8 C	11,2 DE	8,56 C	15,40 C	90,8 ABC	92,8 AA
20	2,75 D	5,10 D	6,2 D	15,5 DE	3,4 F	10,4 F	3,67 E	10,49 D	94,6 A	90,0 AB
25	1,63 E	3,96 E	4,9 F	13,7 F	3,2 G	9,7 G	2,64 FG	7,59 G	94,4 AB	90,0 AB
30	1,23 F	2,04 F	5,0 F	13,0 G	3,7 G	10,4 D	2,41 G	8,00 F	88,8 CD	86,8 B
35	0,94 G	1,36 G	5,3 E	15,3 E	4,3 E	13,9 B	2,70 F	8,14 F	90,8 ABC	93,6 A
40	0,56 H	0,94 H	5,5 E	15,7 D	4,7 D	14,7 A	4,00 D	9,00 E	80,4 CD	11,2 C
$\bar{X}$	2,15 b	5,48 a	8,31 b	17,37 a	6,12 b	11,85 a	5,88 b	11,59 a	80,77 a	58,97 b

Dentro de una misma columna, los valores seguidos por distinta letra mayúscula son diferentes. Dentro de una misma variable, las  $\bar{x}$  con distinta letra minúscula son diferentes (Duncan 50/o).

**RESULTADOS Y DISCUSION**

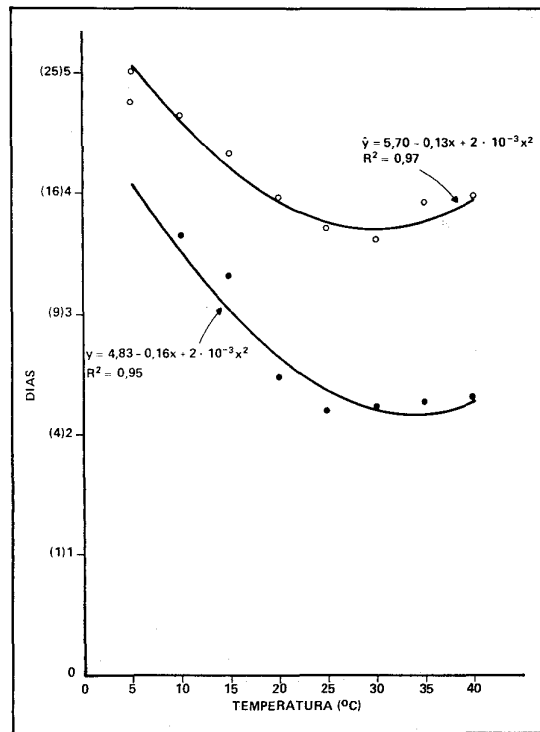
En el Cuadro 1 se presentan los resultados relacionados con las variables velocidad (número de días al 50% y 95% de la germinación máxima), uniformidad, tasa y porcentaje máximo de germinación.

En cuanto a la velocidad inicial o el tiempo tomado en iniciarse el proceso de germinación, los valores señalados en el Cuadro 1 y en la Figura 1 indican que el tratamiento con MgSO<sub>4</sub> alcanzó con mayor rapidez el 50% de la germinación máxima, en todos los regímenes térmicos considerados y, en especial, en las temperaturas más bajas (5 y 10° C). En efecto, al comparar los valores promedios generales para cada tipo de semilla, las tratadas acusaron una superioridad del orden de 150%/o. Al realizar igual comparación, específicamente para las temperaturas bajas (5 y 10° C), la semilla acondicionada obtuvo una ventaja cercana al 200%/o. Similar tendencia se observó en relación a la velocidad final del proceso: al cotejar los valores promedios para semillas tratadas y testigos, se observa que las semillas acondicionadas duplicaron su velocidad para alcanzar el 95% de germinación máxima. Entre 20 y 40° C, la ventaja de las semillas tratadas sobre las testigos, fue en promedio del 170%/o. En la Figura 2 se grafican estos resultados.



**FIGURA 1.** Efecto de regímenes térmicos constantes en el número de días para alcanzar 50% de la germinación máxima. Semillas acondicionadas (●) y testigo (○). Días transformados en √ días. ( ) = número de días.

**FIGURE 1.** Effects of different temperatures on number of days needed to get 50% of the maximum germination. Days transformed into √ days. ( ) = number of days. Conditioned seeds (●), control (○).



**FIGURA 2.** Efecto de regímenes térmicos constantes en el número de días para alcanzar 95% de germinación máxima. Semillas acondicionadas osmóticamente (●) y testigo (○). Días transformados a √ días. ( ) = número de días.

**FIGURE 2.** Effects of different temperatures on number of days needed to get 95% of maximum germination. Days transformed into √ days. ( ) = number of days. Conditioned seeds (●), control (○).

Asimismo, al analizar los valores referentes a la variable uniformidad de germinación (Figura 3), queda demostrada la ventaja del acondicionamiento osmótico, en orden a uniformar más el proceso en todos los regímenes térmicos considerados, en especial en el rango térmico de 20 a 40° C, donde la superioridad de las semillas tratadas, al compararlas con el testigo, alcanzó el 200%/o, como promedio. Con respecto a la tasa de germinación (Figura 4), los valores nuevamente indican la superioridad del tratamiento osmótico en todas las temperaturas analizadas; al comparar los promedios de ambos tipos de semillas, se comprueba que las semillas tratadas revelaron una tasa de germinación superior en un 97%/o (valor numérico más bajo).

En cuanto al porcentaje máximo de germinación, los resultados (Cuadro 1 y Figura 5) muestran que el acondicionamiento osmótico lo afectó favorablemente a temperaturas bajas, (5 y 10° C) y altas (40° C).

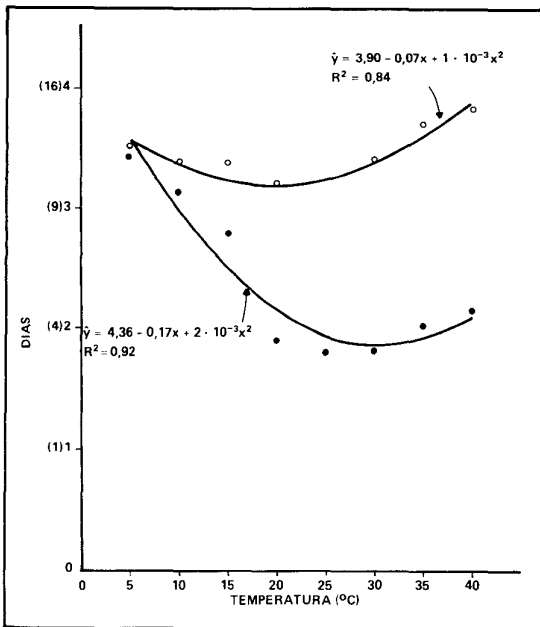


FIGURA 3. Efecto de regímenes térmicos constantes en el número de días entre 5–95% de germinación máxima. Semilla acondicionada osmóticamente (●) y testigo (○). Días transformados a  $\sqrt{\text{días}}$ . ( ) = número de días.

FIGURE 3. Effects of different temperatures on number of days between 5 and 95% of maximum germination. Days transformed into  $\sqrt{\text{days}}$ . ( ) = number of days. Conditioned seeds (●), control (○).

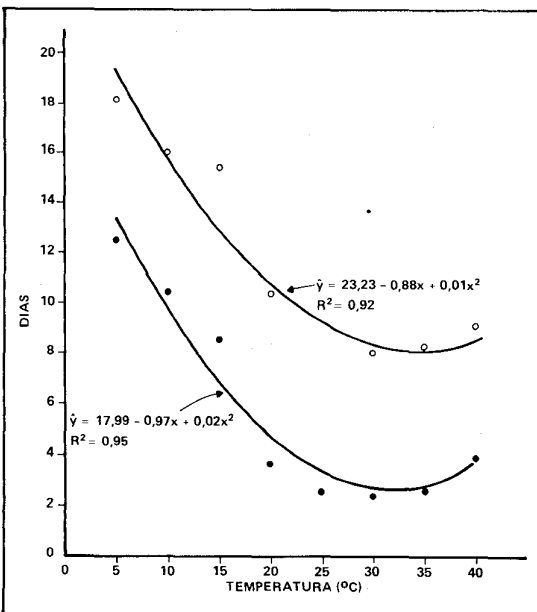


FIGURA 4. Efecto de regímenes térmicos constantes, en tasa de germinación (días). Semillas acondicionadas osmóticamente (●) y testigo (○).

FIGURE 4. Effects of different temperatures on germination rate. Conditioned seeds (●), control (○).

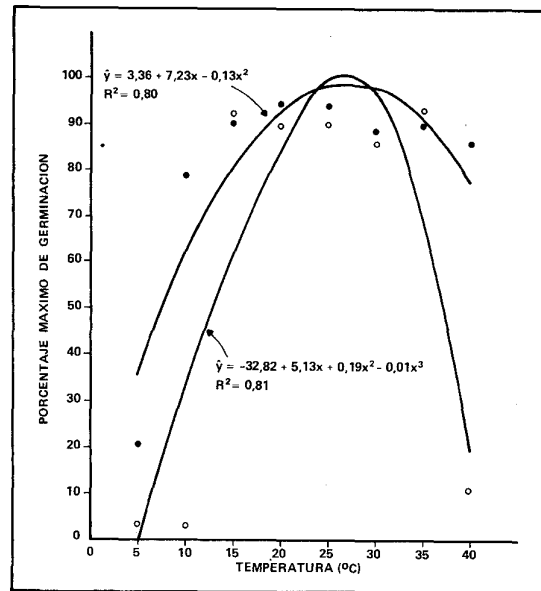


FIGURA 5. Efecto de regímenes térmicos constantes en porcentaje máximo de germinación. Semillas acondicionadas osmóticamente (●) y testigo (○).

FIGURE 5. Effects of different temperatures on maximum germination. Conditioned seeds (●), control (○).

Entre 15 y 35° C, sin embargo, no existió diferencias significativas. Al confrontar los valores promedio de esta variable para todas las temperaturas, las semillas sin tratamiento presentaron una germinación final inferior a las acondicionadas, en un 37%.

Por otra parte el óptimo térmico se encontró: para velocidad de inicio de la germinación, a los 40° C, en ambos tipos de semillas; para velocidad final, entre 25–30° C, en semillas tratadas, y sólo a 30° C, en las no tratadas; para uniformidad de germinación, a 25–30° C, en las tratadas, y 25° C, en las no tratadas; para tasa de germinación, entre 25–35° C, en ambos tipos de semillas; y para porcentaje máximo de germinación, entre 15–40° C, en las semillas tratadas, y 15–35° C, en las testigos.

## CONCLUSIONES

- El acondicionamiento osmótico mejoró sustancialmente la velocidad, uniformidad y tasa de germinación de la semilla de pimienta bajo todos los regímenes térmicos estudiados (entre 5 y 40° C).
- En el rango térmico de 15 a 35° C, el valor final de germinación para ambos tipos de semilla fue similar. Sin embargo, a temperaturas de 5, 10 y 40° C,

la semilla acondicionada alcanzó cifras considerablemente superiores. Este hecho adquiere relevancia agronómica cuando las condiciones ambientales durante el establecimiento no son las adecuadas, como ocurre en siembras tempranas, por lo general.

— El tratamiento osmótico amplió los rangos óptimos térmicos para las distintas variables observadas durante el proceso germinativo.

## RESUMEN

En la Estación Experimental La Platina (INIA, Santiago), se acondicionó osmóticamente semilla de pimiento (*Capsicum annuum* L.) cv. California Wonder 300, utilizando una solución de sulfato de magnesio, de un potencial de - 14 bar, a 25° C por un período de 9 días. La semilla acondicionada y secada posteriormente a 30° C por 180 min, se sometió a análisis germinativo, bajo ocho temperaturas diferentes: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40° C. Como testigo, se consideró semilla del mismo origen, pero sin tratar.

El acondicionamiento osmótico mejoró sustancialmente la velocidad, uniformidad y tasa del proceso germinativo y amplió los rangos térmicos óptimos requeridos por la semilla de pimiento. Por otra parte, esta técnica permitió niveles significativos de germinación a temperaturas subóptimas (5 y 10° C) y supra-óptima (40° C), en contraste con la semilla control, que presentó niveles mínimos o nulos a dichas temperaturas.

## LITERATURA CITADA

- ALJARO, A. 1978. Osmotic conditioning of carrot seed (*Daucus carota* L.) cv. Chantenay red cored, and its effects on speed and spread of germination. Thesis M.Sc. University of Edinburgh, Scotland, 64 p.
- ALJARO, A. y WYNEKEN, L. 1985. Acondicionamiento osmótico de semilla de pimiento (*Capsicum annuum* L.) y sus efectos sobre la germinación y emergencia. Agricultura Técnica (Chile) 45 (4): 293-300.
- ATHERTON, J. and PAROOQUE, A. 1983. High temperature and germination in spinach. II. Effects of osmotic priming. *Scientia Horticulturae* 19: 221-227.
- BIDDINGTON, N.; BROCKLEHURST, P.; DEARMAN, A.; and DEARMAN, J. 1982. The prevention of dehydration injury in celery seeds by polyethylene glycol, abscisic acid, dark, and high temperature. *Physiologia Plantarum* 55: 407-410.
- BROCKLEHURST, P. and DEARMAN, J. 1983. Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion. II. Seedling emergence and plant growth. *Ann. Appl. Biol.* 102: 584-593.
- CANTLIFFE, D.; SHULER, K.; and GUEDES, A. 1981. Overcoming seed thermodormancy in heat sensitive romaine lettuce by seed priming. *Hort Science* 16 (2): 196-198.
- ELY, P.R. and HEYDECKER, W. 1981. Fast germination of parsley seeds. *Scientia Horticulturae* 15: 127-136.
- GRAY, D. and STECKEL, J.R.A. 1977. Effect of presowing treatments of seeds on the germination and establishment of parsnips. *J. Hort. Sci.* 52: 525-534.
- ISTA—International Seed Testing Association. 1959. International rules for seed testing. *Trad. Proceeding of ISTA* 24 (3): 12 p.
- KAHN, A.; PECK, N.; TAYLOR, A.; and SAMIMY, C. 1983. Osmo-conditioning of beet seeds to improve emergence and yield in cold soil. *Agronomy J.* 75: 788-794.
- PETERSON, J. 1976. Osmotic priming of onion seeds; the possibility of a commercial-scale treatment. *Scientia Horticulturae* 5: 207-214.
- SZAFIROWSKA, A.; KAHN, A.; and PECK, N. 1981. Osmo-conditioning of carrot seeds to improve seedling establishment and yield in cold soil. *Agronomy J.* 73: 845-848.
- THOMAS, T. 1981. Seed treatments and technique to improve germination. *Scientific Horticulturae* 32: 47-57.
- WICKHAM, B. and NICHOLS, M. 1976. Germination studies with "hardened" vegetable seed. *J. Exp. Agric.* 4: 457-461.
- WOLFE, D. and SIMS, W. 1982. Effects of osmoconditioning and fluid drilling of tomato seed on emergence rate and final yield. *Hort. Science* 17 (6): 936-937.
- YAKLICH, R. and ORZOLEK, M. 1977. Effect of polyethylene glycol 6000 on pepper seed. *Hort. Science* 12: 263-264.