



Acondicionamiento mátrico y osmótico de SEMILLAS HORTICOLAS

Por: José M. Durán Altisent y Norma Retamal Parra*

INTRODUCCION

Por acondicionamiento mátrico y osmótico de semillas se entiende el conjunto de tratamientos que reciben las semillas, previos al envasado, con dos propósitos fundamentales: 1) Reducir el tiempo necesario para germinar, especialmente cuando se trata de semillas cuya germinación va a tener lugar en condiciones poco favorables y 2) conseguir una nascencia más uniforme, tratando de lograr que la mayor parte de las semillas den lugar a plántulas útiles para el trasplante en el menor tiempo posible.

En realidad, con el acondicionamiento mátrico u osmótico de semillas, lo único que se persigue es adelantar y sincronizar la germinación, de tal modo que la nascencia sea rápida y uniforme. El nombre de *primed seeds* (semillas adelantadas), que a veces reciben las semillas pre-acondicionadas, refleja precisamente este aspecto. El término *priming*, sin traducción directa al castellano, fue acuñado por Heydecker *et al.* (1973) para referirse a las técnicas que se utilizan para hidratar de forma controlada las semillas. Esta hidratación, que debe ser reversible, nunca debe llegar a producir una radícula visible fuera de los tegumentos seminales, fenómeno que se conoce con el nombre de protusión radicular.

La diferencia que existe entre un tratamiento mátrico y osmótico radica fundamentalmente en los materiales que se utilizan para anticipar la germinación y lograr una nascencia más uniforme: una matriz sólida, con o sin aditivos, en el acondicionamiento mátrico y una solución acuosa, mineral u orgánica, en el acondicionamiento osmótico. Los tratamientos osmóticos, que alcanzaron su máximo desarrollo en la

década de los 80, están siendo sustituidos por los tratamientos mátricos que, como veremos más adelante, consiguen las mismas ventajas y carecen de algunos inconvenientes que presentan los tratamientos osmóticos.

BENEFICIOS DEL ACONDICIONAMIENTO DE SEMILLAS

Los beneficios agronómicos que genera el acondicionamiento mátrico u osmótico de

semillas han sido analizados y comentados por diversos autores. Los trabajos de Bradford (1986), Khan (1992) y Gray *et al.* (1993) son algunos de los más conocidos. Con carácter general y por lo que a las especies hortícolas de trasplante se refiere (apio, cebolla, lechuga, melón, pimiento, puerro, tomate y zanahoria), los trabajos anteriormente descritos nos llevan a la conclusión de que, el acondicionamiento mátrico u osmótico de semillas, puede traer las

Tabla 1
GERMINACION DE SEMILLAS PRE-ACONDICIONADAS DE TOMATE (LYCOPERSICON ESCULENTUM MILL), A DIFERENTES TEMPERATURAS. DENTRO DE CADA COLUMNA, LOS VALORES MEDIOS SEGUIDOS POR LA MISMA LETRA NO PRESENTAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS (p > 0.05)

TRATAMIENTO	DÍAS DE GERMINACIÓN			
	2	4	6	8
Temperatura: 20 °C				
Testigo	0 ^c	2 ^c	50 ^c	80 ^b
Agua destilada	0 ^c	6 ^c	70 ^b	86 ^{a,b}
KNO ₃ (0.3 M)	22 ^a	88 ^a	94 ^a	94 ^a
KH ₂ PO ₄ (0.3 M)	10 ^b	56 ^b	80 ^b	82 ^b
Temperatura: 25 °C				
Testigo	0 ^c	42 ^c	86 ^a	92 ^a
Agua destilada	2 ^c	64 ^b	88 ^a	94 ^a
KNO ₃ (0.3 M)	76 ^a	90 ^a	90 ^a	90 ^a
KH ₂ PO ₄ (0.3 M)	50 ^b	88 ^a	92 ^a	94 ^a
Temperatura: 30 °C				
Testigo	0 ^c	10 ^c	54 ^c	72 ^c
Agua destilada	2 ^c	56 ^b	92 ^a	94 ^a
KNO ₃ (0.3 M)	56 ^a	82 ^a	82 ^b	84 ^b
KH ₂ PO ₄ (0.3 M)	16 ^b	80 ^a	90 ^{a,b}	90 ^{a,b}
Temperatura: 20/30 °C				
Testigo	0 ^c	38 ^b	76 ^b	90 ^a
Agua destilada	6 ^b	82 ^a	86 ^{a,b}	90 ^a
KNO ₃ (0.3 M)	44 ^a	86 ^a	88 ^a	88 ^a
KH ₂ PO ₄ (0.3 M)	40 ^a	86 ^a	86 ^{a,b}	86 ^a

(*) Dpto. Producción Vegetal: Fitotecnia. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.

Nascencia rápida y uniforme

siguientes ventajas: 1) Acelerar la germinación cuando las condiciones ambientales son poco favorables, ya sea por temperaturas del suelo o del sustrato alejadas de las óptimas de cada especie o por problemas de falta (sequía) o exceso (encharcamiento) de humedad en el suelo; 2) mayor uniformidad durante la nascencia, lo que permite disponer de mayor cantidad de plántulas útiles para el trasplante; 3) en algunas especies, aumenta el peso fresco y el crecimiento de la parte aérea durante las primeras fases de cultivo; 4) mejora la implantación del cultivo en suelos con problemas fitosanitarios, especialmente cuando se trata de



Fig. 3: Peso seco de plántulas de pimiento (*Capsicum annum L.*) pre-acondionadas osmóticamente.

Un híbrido para cada necesidad



Girasol Convencional

Tesoro 92

Clip

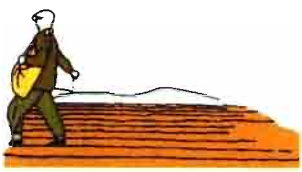
Massa

Girasol Alto Oleico

Marko

VYP-70

Ritmo



SEMILLAS

parcelas infectadas con hongos del suelo (*Fusarium*, *Phyrium* y *Verticilium* entre los más frecuentes) y 5) acelera la maduración y aumenta el rendimiento en algunos casos.

Desde el punto de vista experimental, las semillas *primed* de pimiento presentan menores requerimientos térmicos (Fig. 1), dan lugar a plántulas que se establecen en el terreno definitivo con mayor rapidez (Fig. 2) y presentan un peso seco significativa mente mayor que las no acondicionadas (Fig.3). Las semillas de tomate acondicionadas osmóticamente (Tabla 1) también presentan resultados similares.

Acelerar la germinación en condiciones desfavorables

¿QUÉ OCURRE DURANTE EL ACONDICIONAMIENTO DE SEMILLAS?

De forma resumida, podemos decir que durante la hidratación controlada de semillas (*priming*), además de un aumento considerable de peso, como consecuencia lógica de la entrada de agua hacia el interior de los tejidos seminales, se producen una serie de cambios metabólicos que afectarán favorablemente el proceso subsiguiente de germinación que tendrá lugar en el embrión, cuando las semillas cuenten con condiciones favorables de humedad, temperatura, aireación y en algunos casos iluminación. Estos cambios, que deben ser reversibles en cuanto a la hidratación se refiere, no pueden conducir en ningún caso a la aparición de la radícula; si se produjera, la semilla no podría ser desecada hasta recuperar su contenido inicial de humedad y consecuentemente perdería su valor comercial.

En términos científicos, para explicar lo que acontece durante el acondicionamiento de semillas, se habla de: 1) síntesis de proteínas estrechamente relacionadas con el ciclo celular, algo que requieren las células para poderse dividir y en definitiva crecer; 2) modificación que se producen en el espacio libre que queda entre los cotiledones, el embrión y las cubiertas seminales; 3) de la síntesis o liberación de hormonas relacionadas con la germinación (giberelinas), división celular (citoquininas) o crecimiento (auxinas); 4) síntesis o transformación de algunas materias primas (azúcares, lípidos o prótidos) imprescindibles para la germinación; 5) aparición de moléculas directamente implicadas con el aporte energético (ATP) y 6) síntesis y/o liberación de enzimas hidrolíticas.

ACONDICIONAMIENTO OSMÓTICO

Se denomina así por ser una disolución osmóticamente activa la que controla la hidratación progresiva de la semilla. Una disolución osmóticamente activa es aquella que contiene una determinada concentración de sales, calculada de tal forma que, la velocidad de absorción de agua hacia el interior de la semilla, depende de la cantidad de sales que contine la disolución. Para quienes no estén familiarizados con el manejo de soluciones osmóticas, conviene señalar que el potencial osmótico que desarrolla una solución (L), es decir, la fuerza con la que retiene el agua, es tanto mayor (más negativo), cuanto mayor es la concentración de sales que contine.

Las soluciones acondicionadoras de semillas se preparan de forma similar a como se prepara una solución nutritiva para fertirrigación. Las sales inorgánicas más comunmente empleadas van desde el agua de mar hasta el agua oxigenada, pasando por cloruro sódico, fosfato disódico, fosfato monopotásico, fosfato potásico, nitrato amónico, nitrato cálcico, nitrato potásico, nitrato sódico y sulfato magnésico, siendo

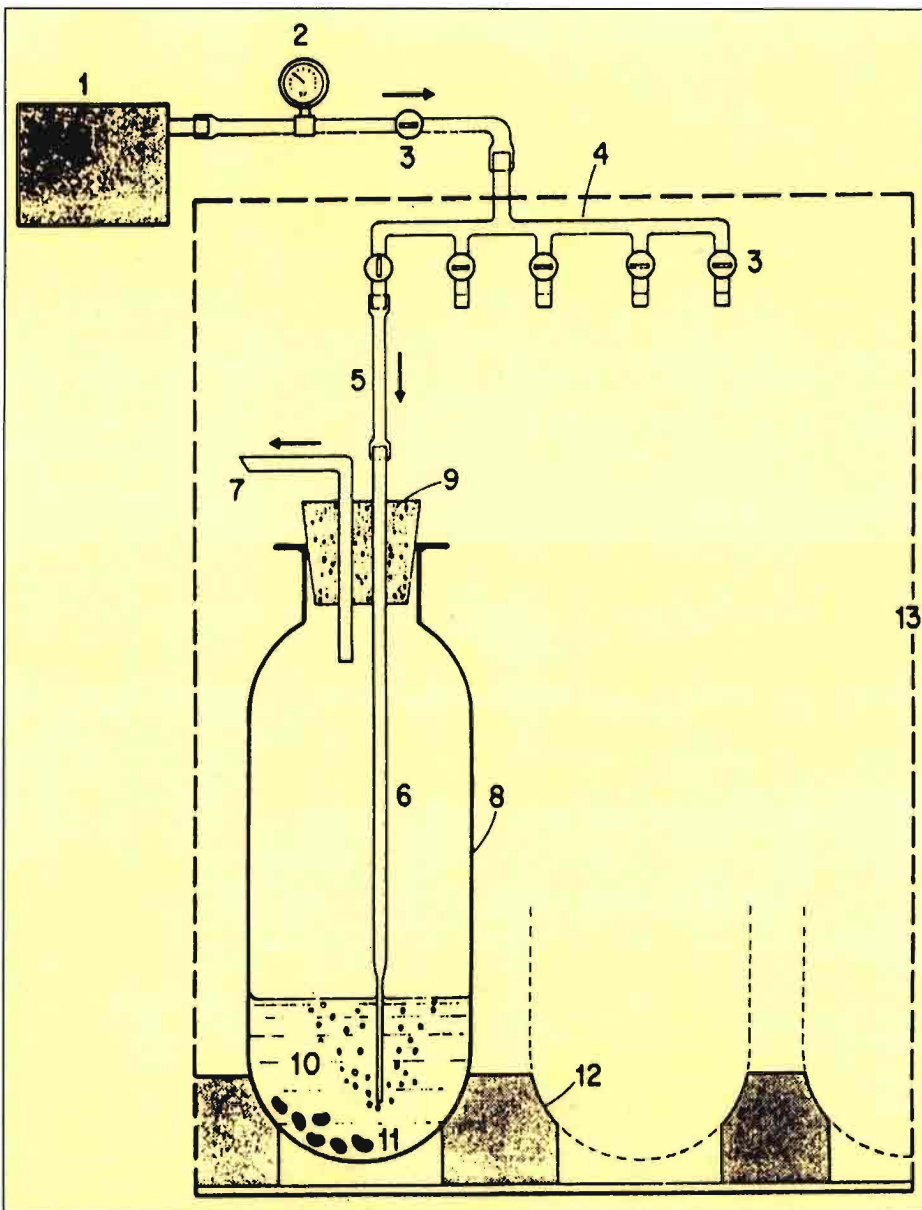


Fig. 4: Esquema del equipo utilizado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (Universidad Politécnica de Madrid) para el acondicionamiento de semillas: 1) Bomba de circulación de aire; 2) manómetro; 3) llave de paso; 4) distribuidor de aire; 5) tubo de conexión; 6) micropipeta para la inyección de aire; 7) tubo para la salida de aire; 8) botella portasemillas; 9) tapón de goma; 10) disolución osmocondicionadora; 11) semillas; 12) soporte y 13) cámara con temperatura controlada.

E| acondicionamiento mátrico resuelve inconvenientes del osmótico

menos frecuente el empleo de nitrato de aluminio o nitrato de cobalto. La concentración óptima, aunque puede variar de una especie a otra, suele estar comprendida entre 0.25 y 0.50 M. Como solutos orgánicos se han utilizado sustancias tales como: ácido ascórbico, adenosín-monofosfato (AMP), glicerol, manitol, polietilenglicol (PEG) y tiourea, siendo el PEG, en sus múltiples formulaciones que van desde PEG-400 a PEG-6000, la más utilizada.

En el mercado existen varios equipos de tamaño reducido (60 x 60 x 90 cm) que per-



Fig. 1: Germinación de semillas de pimienta (*Capsicum annum L.*) pre-acondicionadas osmóticamente.

La solución contra el jopo

¡La resistencia genética!

Korralón

Carlos

Volkán

Germán

Estos híbridos han demostrado un alto control de las razas de jopo mas distribuidas por España.



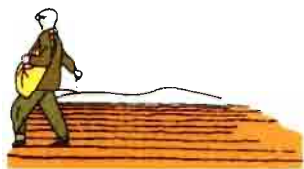


Fig. 2: Emergencia (nascencia) de plántulas de pimienta (*Capsium annuum L.*) pre-acondicionadas osmóticamente

miten realizar el acondicionamiento osmótico de pequeñas cantidades de semillas (50–100 g de semilla en tubos de 500 – 1000 mL de solución acuosa), bajo condiciones controladas de temperatura (10–40 °C) e iluminación, siendo uno de los más conocidos el *Seed Primer* (mod. FD130) que distribuye Fluid Drilling (Warwickshire, UK). Un sistema de características similares, aunque mucho más económico, es el que utilizamos en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid (Fig. 4).

Tanto desde el punto de vista técnico como agronómico, el acondicionamiento osmótico de semillas presenta algunos inconvenientes: 1) Pérdida de iones, que pueden llegar a ser insustituibles, durante la germinación; 2) dificultad a la hora de elegir la concentración óptima, con el inconveniente de que si se elige una solución muy diluida las semillas pueden llegar a germinar en la propia solución y si se elige una concentración demasiado elevada, es probable que las semillas no absorban suficiente cantidad de agua y no puedan convertirse en una verdadera semilla *primed* o haya que alargar incesantemente el tratamiento y 3) posibles efectos tóxicos de algunos iones sobre las semillas de algunas especies o cultivares.

ACONDICIONAMIENTO MATRICO

El acondicionamiento mátrico de semillas resuelve o evita la mayor parte de los inconvenientes que presenta el acondicionamiento osmótico; además ofrece las siguientes ventajas: 1) No hay efectos tóxicos, que pueden presentarse con la presencia de cloruros o nitratos; 2) ni negativos,

como la germinación anticipada de semillas en la propia disolución acondicionadora, ocasionada por una baja concentración del soluto; 3) no se producen lixiviados, lo que elimina la pérdida de iones que pueden ser necesarios para la germinación o crecimiento de la joven plántula; 4) no precisa de aireación, basta tan sólo un breve movimiento diario de agitación; 5) permite la desinfección previa de las semillas y 6) permite la incorporación de cualquier tipo de aditivos (insecticidas, fungicidas, fertilizantes, reguladores de crecimiento), incluidos los biológicos, que como en el caso de Kodiak®, procede de la actividad de determinados microorganismos (*Bacillus subtilis*).

Para llevar a cabo el acondicionamiento mátrico de semillas es preciso encontrar la relación óptima entre los tres componentes que intervienen en el proceso: semilla (S), matriz (M) y fase acuosa (A), esta última con o sin aditivos. En la literatura anglosajona, el acondicionamiento mátrico de semillas suele identificarse con las siglas SMP (*Solid Matrix Priming*) que, traducido al castellano podría interpretarse como acondicionamiento de semillas mediante una matriz sólida. A diferencia de lo que sucede con el acondicionamiento osmótico, donde apenas existen patentes, el acondicionamiento mátrico de semillas ha dado lugar a varias patentes, siendo la primera (US Patent: 4912874) la que Kamterter Products Inc. registró en Estados Unidos de América en 1990.

Como soporte mátrico se suelen utilizar materiales ligeros (80–120 kg/m³), provistos de una gran capacidad de absorción de agua, que puede llegar a ser de 400–600 veces su volumen inicial, caracterizados por

su gran superficie específica (90–100 cm²/g) y un tamaño de partículas muy reducido (< 100 µm). La mayor parte de los materiales utilizados son derivados de arcillas expandidas (Vermiculita-2 y Agro-Lig®) mediante tratamientos térmicos a alta temperatura (1200 °C) o proceden de tierra de diatomeas (Micro-Cel E®).

Tanto en el caso del acondicionamiento osmótico como mátrico, para que el tratamiento sea efectivo, las semillas deben permanecer íntimamente en contacto con la disolución (acondicionamiento osmótico) o con la matriz sólida (acondicionamiento mátrico), durante varios (1–7) días, a temperatura ambiente (tratamiento mátrico) o controlada a 20–25 °C (tratamiento osmótico). En los tratamientos mátricos, la relación óptima S:M:A (semilla:matriz:agua) debe ser determinada experimentalmente para cada especie y en algunos casos, para cada cultivar. A título de ejemplo, algunos autores han descrito que la relación óptima para semillas de pimienta y tomate es 1:0.4:1.5, durante 3–7 días, a temperatura ambiente. Los potenciales mátricos que desarrollan las relaciones S:M:A más comúnmente utilizadas suele estar comprendido entre –2.0 y –2.5 MPa.

SECADO DE LAS SEMILLAS

Una vez finalizado el acondicionamiento mátrico u osmótico las semillas que se encuentran más o menos hidratadas y deben ser rápida y cuidadosamente secadas, hasta restaurar la humedad de equilibrio que contenían en el momento de iniciar el tratamiento. De cómo se realice esta operación dependerá, en gran medida, la calidad final de la semilla. Aunque pueden utilizarse varios métodos de secado, se suele recomendar el empleo de aire seco (40–60 %) a 25–35 °C, con una velocidad de circulación del aire comprendida entre 0.7 y 1.4 m/s.

BIBLIOGRAFIA

- BRADFORD, K.J. (1986). Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *HortScience*, 21, 1105–1112.
- GRAY, D.; ROWSE, H.R.; FINCH-SAVAGE, W.E.; BUJALSKI, W.; NIENOW, A.W. (1993). Priming of seeds: Scaling up for commercial use. *Fourth International Workshop on Seeds: Basic and Applied Aspects of Seed Biology*, Angers (France), pp. 927–934.
- HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; GULLIVER, R.L. (1973). Accelerated germination by osmotic seed treatment. *Nature*, 246, 42–44.
- KHAN, A.A. (1992). Preplant physiological seed conditioning. *Horticultural Review*, Vol. 14 (ed. Jules Janick). Jhon Wiley & Sons, New York, pp. 131–181.