

Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja⁽¹⁾

Adriana Rita Salinas⁽²⁾, Ana Maria Yoldjian⁽²⁾, Roque Mario Craviotto⁽³⁾ y Vilma Bisaro⁽²⁾

Resumen – El objetivo de este trabajo fue estudiar las alteraciones producidas por el deterioro en semillas de soja (*Glycine max* L. Merrill) utilizando diferentes pruebas de vigor. Se utilizaron semillas de soja de diferentes cultivares en 1997 y 1998, las cuales fueron sometidas a la prueba de germinación y diferentes pruebas de vigor: envejecimiento acelerado; conductividad eléctrica; deterioro controlado y tetrazolio. El deterioro controlado en semillas con 22% de humedad mostró ser un mejor indicador de la disminución del vigor de la semilla de soja que el envejecimiento acelerado. La conductividad eléctrica en semillas individuales podría ser considerada una buena prueba de vigor para detectar alteraciones producidas en las membranas citoplasmáticas en un estadio temprano del deterioro de las semillas. La clasificación de la viabilidad y el vigor a través de la prueba de tetrazolio está dada por el lugar donde se produce el daño y no por el tipo de daño que sufre la semilla.

Términos para índice: germinación, viabilidad de la semilla, deterioro, envejecimiento.

Vigor tests and physiological quality of soybean seeds

Abstract – The objective of this work was to study soybean (*Glycine max* L. Merrill) seed alterations produced by deterioration using different vigor tests. Soybean seeds of different cultivars were used in 1997 and 1998, which were submitted to standard germination test and the vigor tests: accelerated aging; electric conductivity; controlled deterioration and tetrazolium. The controlled deterioration with an elevation of the seed humidity to 22%, showed to be a better indicator of the diminishing of soybean seed vigor than the accelerated aging. The electric conductivity in individual seeds would be considered a good vigor test to detect the alterations produced in the cytoplasmic membranes in an early stage of the seed deterioration. The tetrazolium test by the evaluation of the different kinds of injuries suffered by the seeds, depends on the place where the seed is damaged not on the kind of injury suffered by the seed.

Index terms: germination, seed longevity, deterioration, senescence.

Introducción

La disponibilidad de semilla de alta calidad es importante para todos los sectores de la agricultura. El análisis de pureza y las pruebas de germinación han sido ampliamente utilizadas en la evaluación de la calidad de las semillas durante aproximadamente

un siglo. Sin embargo, en los últimos tiempos se ha dado énfasis en las mediciones de otros componentes de la calidad de semillas, tales como: sanidad, pureza genética y vigor. La composición química de la semilla de soja, con elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados, sufre importantes reducciones en su calidad fisiológica en relativamente cortos períodos de tiempo (Ferguson, 1995).

Ciertos lotes de semillas que presentan porcentajes de germinación elevados y similares pueden presentar comportamientos diferenciados cuando son sembrados en condiciones idénticas sin estrés en el campo. En este caso es necesario evaluar el vigor.

Los requerimientos necesarios para ser cumplidos por las pruebas de vigor fueron indicados por algunos autores (McDonald, 1980; Matthews & Powell,

⁽¹⁾ Aceptado para publicación en 4 de abril de 2000.

⁽²⁾ Universidad Nacional de Rosario (UNR), Fac. de Ciencias Agrarias, Casilla de Correo 14, Código Postal S2125ZAA Zavalla, Santa Fe, Argentina. E-mail: asalinas@fcagr.unr.edu.ar, ayoldjia@agatha.unr.edu.ar, vbisaro@fcagr.unr.edu.ar

⁽³⁾ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria, Ruta 11, Km 353, Código Postal 2206 Oliveros, Santa Fe, Argentina. E-mail: eolivier@inta.gov.ar

1980; Perry, 1981), y se pueden resumir en cuatro: 1) tener una buena base teórica, más que estar basado en una relación empírica; 2) ser relativamente simple y barato, para poder ser utilizado, requiriendo un mínimo de equipamiento técnico sofisticado que permita ser adaptado; 3) tiene que haber una buena relación entre los resultados de la prueba y el resultado práctico de la prueba de vigor. Este último se refiere a la emergencia en el campo o al potencial de almacenamiento de la semilla, pero también puede ser emergencia en invernáculo o crecimiento de plántulas; 4) mostrar un comportamiento semejante entre lotes de semillas en relación a su comportamiento potencial y repetitividad de los resultados, tanto dentro, como entre laboratorios. Esto es importante si los resultados de las pruebas de vigor son utilizados para tomar decisiones sobre comercialización o almacenamiento de semillas.

El vigor de las semillas ha sido definido como la sumatoria total de aquellas propiedades de las semillas que determinan el nivel de actividad y el comportamiento de las semillas o de un lote de semillas durante la germinación y emergencia de las plántulas. Las semillas que muestran un buen comportamiento son consideradas de alto vigor, y aquellas que presentan un pobre comportamiento son llamadas semillas de bajo vigor (International Seed Testing Association, 1995). Los aspectos del comportamiento asociados con el vigor de las semillas incluyen: a) tasa y uniformidad de germinación de semillas y crecimiento de plántulas; b) comportamiento en el campo, incluyendo la tasa y uniformidad de la emergencia de las plántulas y c) comportamiento después del almacenamiento y transporte, particularmente la disminución de la capacidad de germinación.

La calidad de las semillas disminuye con el transcurso del tiempo y la tasa de deterioro depende de las condiciones ambientales durante el almacenamiento y el tiempo en que estas permanecen almacenadas. El primer componente de la calidad que muestra señales de deterioro es el vigor de las semillas, seguido por una reducción en la germinación o de la producción de plántulas normales, y finalmente la muerte de las semillas (Ferguson, 1995). Según este autor, el vigor de las semillas se basa en el comportamiento físico o fisiológico de un lote de

semillas, incluyéndose: 1) cambios en los procesos bioquímicos; 2) la tasa y uniformidad de germinación y crecimiento de las plántulas y 3) la germinación o capacidad de emergencia de las semillas al ser expuestas a condiciones de estrés.

Las alteraciones en los procesos bioquímicos son generalmente los primeros cambios detectables que ocurren durante el deterioro de un lote de semillas. La prueba de conductividad eléctrica es considerada una buena prueba de vigor que permite medir el nivel de integridad de las membranas celulares (Ferguson, 1995).

La prueba de conductividad eléctrica permite medir la lixiviación de electrolitos de tejidos vegetales, siendo utilizado para semillas de algunas especies de cultivo por Hibbard & Miller (1928), citados por Hampton (1995). Posteriormente, fue utilizado como una prueba de rutina para evaluar la emergencia a campo de semillas de *Pisum sativum* L. (Matthews & Bradnock, 1968; Arthur & Tonkin, 1991). En la actualidad esta prueba es usada extensivamente en Europa, Australia y Nueva Zelanda para muchas especies (Hampton & Coolbear, 1990). Se evaluó también su utilización en leguminosas que poseen semillas grandes como la soja, entre otras (Hampton, 1995).

Además de las alteraciones en los procesos bioquímicos, condiciones de alta humedad en las semillas y/o elevadas temperaturas durante el almacenamiento, que conducen a un rápido envejecimiento, son tomadas como base para la ejecución de pruebas de vigor. La relación entre la humedad de las semillas y las temperaturas de almacenamiento sugiere que el éxito de un período de almacenamiento a una temperatura y contenidos de humedad determinados, será altamente reproducible para cualquier lote de semillas. La comparación de las respuestas de algunos lotes solo es posible a través del control preciso de la temperatura y contenido de humedad, de tal manera que el mismo grado de envejecimiento o deterioro, podría ser impuesto a cada lote de semillas (Powell, 1995).

Según Powell (1995), la prueba de deterioro controlado permite distinguir el vigor entre lotes de semillas que están sufriendo una disminución en su supervivencia, por estar todas las semillas sometidas a niveles similares de deterioro por alto contenido de humedad y elevada temperatura.

El deterioro controlado a un contenido de humedad constante, refleja el método de almacenamiento de muchas especies en sacos de papel aluminio más que en almacenamiento abierto, reflejando su potencial de almacenamiento, lo que también ocurre con el envejecimiento acelerado (Powell, 1995).

El objetivo de este trabajo fue estudiar las alteraciones en la calidad fisiológica de semillas de soja, provocadas por el envejecimiento natural o artificial, utilizando diferentes métodos de vigor.

Material y Métodos

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Semillas de la Estación Experimental Agropecuaria Oliveros (E.E.A. Oliveros - INTA), Santa Fe, Argentina.

Se utilizaron semillas de soja de las cultivares Dorada 48, Asgrow 6001, Don Mario 49, Golondrina, RA 702, Torcacita, Asgrow 4702, Asgrow 4422, Asgrow 7986 y Asgrow 5409 en 1997 y Asgrow 5409, Don Mario 57, Asgrow 6001, Torcacita 58, Don Mario 4700RR, RA 702, Fainta 570, Asgrow 6444, Fainta 760 y Santafesina en 1998.

Las semillas fueron almacenadas en cámara fría y seca (10°C de temperatura y 60% de humedad relativa del aire, durante el período de realización de las pruebas de laboratorio a fin de evitar el deterioro de las semillas.

La prueba de germinación se realizó de acuerdo con las Reglas de Análisis de Semillas (International Seed Testing Association, 1996), utilizándose cuatro repeticiones de 100 semillas para cada cultivar estudiada en 1997 y en 1998. Los resultados se expresaron como porcentaje de plántulas normales. En la prueba de envejecimiento acelerado realizado según el Manual de Pruebas de Vigor (International Seed Testing Association, 1995), las semillas de las cultivares estudiadas en 1997 y 1998 previamente pesadas (42 g), se colocaron en bandejas dentro de una cámara de plástico conteniendo 100 mL de agua (cámara interna), las que a su vez se colocaron dentro de una cámara de envejecimiento acelerado (cámara externa). Las semillas se envejecieron a una temperatura de 41°C durante 48 horas.

La prueba de deterioro controlado se condujo según las indicaciones contenidas en el Manual de Pruebas de Vigor (International Seed Testing Association, 1995). Se deterioraron las semillas de las cultivares estudiadas en 1997 y en 1998. Se determinó el contenido de humedad inicial en base al peso fresco según el método indicado en las Reglas de Análisis de Semillas (International Seed

Testing Association, 1995) y se utilizaron cuatro repeticiones de 100 semillas por cultivar analizado en los años 1997 y 1998. Se elevó el contenido de humedad inicial de las semillas al nivel de humedad deseado a través de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$V = [(100-A) \% (100-B) \times W] - W$$

donde:

V: volumen de agua a ser agregado;

A: contenido de humedad inicial;

B: contenido de humedad deseado;

W: peso de las semillas.

Una vez que se agregó el agua a las muestras, los sobres de polietileno se sellaron con sellador y se colocaron en heladera durante 24 horas para obtener una buena distribución de la humedad en las muestras. Posteriormente los sobres se colocaron en un baño de agua a 50°C durante 24 horas.

La prueba de conductividad eléctrica se realizó mediante el uso del Analizador Automático de Semillas SAD 2007 (MR Consultar Ingeniería e Informática, Rosario, Argentina), que consta básicamente de un cabezal múltiple de medición de 100 celdas y una tarjeta electrónica que se instala en la computadora. Como accesorios se utilizaron un gradilla múltiple de lixiviación de 100 celdas donde se introdujeron las semillas y/o frutos individualmente junto con un volumen de agua deionizada; un módulo agitador-dosificador para el llenado exacto de las celdas y una bandeja lavadora para el lavado de los electrodos del cabezal luego de cada medición. Se determinó como indispensable un medio de lixiviación con una conductividad media de 0 a 5 microsiemens/cm. La operación del equipo requirió un ordenado manejo entre muestras, respetando estrictamente los tiempos (20 horas) y la temperatura de lixiviación en cámara (20-23°C), los volúmenes de agua dentro de cada celda (8 cm³), y la limpieza del material para evitar ensuciar los electrodos y afectar las mediciones.

Se establecieron valores de corte para germinación y vigor para soja a través de la comparación con la técnica de germinación y la prueba de vigor de envejecimiento acelerado. El equipo permite la medición fraccionada en 100, 50 o 25 semillas. Igualmente es posible establecer un valor de corte para semillas dormidas y duras separándolas del poder germinativo. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones de 100 semillas de cada cultivar. Para la realización de la prueba topográfica por tetrazolio, se utilizó una solución al 0.075% de la sal de 2,3,5, cloruro trifenil tetrazolio. Las semillas se acondicionaron colocándolas en rollos de papel toalla humedecido y a temperatura ambiente durante 16 a 18 horas. Para completar la imbibición se sumergieron en

agua durante dos horas antes de la inmersión en la sal de tetrazolio. La reacción se completó en dos horas a 35°C, luego de lo cual se enjuagaron las semillas con agua corriente y se realizaron las observaciones sobre cada semilla individualmente (Craviotto et al., 1995). Se determinaron la viabilidad y el vigor considerando el efecto de daño mecánico, por humedad y chinche. Las variables observadas fueron calidad de las semillas (vigorosas, viables y no viables) y tipo de daño.

Para la realización de las pruebas de germinación, envejecimiento acelerado, conductividad eléctrica y deterioro controlado se utilizaron para cada cultivar cuatro repeticiones de 100 semillas. Luego de realizado el análisis de la variancia, las medias de los tratamientos se compararon a través de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan al nivel del 5% de probabilidad. Los resultados se expresaron en porcentaje y sus datos se transformaron en $\text{arc sen } \sqrt{\% / 100}$. Para la prueba de tetrazolio se utilizó la prueba exacta de Fisher al 5% y al 1% de probabilidad para probar la hipótesis de que no hay relación entre tipo de daño y calidad de semillas para cada cultivar y la prueba de comparaciones múltiples de Duncan al nivel del 5% de probabilidad para la comparación de medias de las variables germinación potencial y vigor potencial.

Resultados y Discusión

La prueba de germinación realizada en las cultivares estudiadas en 1997 mostró diferencias en el comportamiento de las mismas, mostrando la cultivar Asgrow 7986 el mejor desempeño y Don Mario 49 el menor porcentaje de germinación (Cuadro 1). En relación a las cultivares estudiadas en 1998, Asgrow 6001 mostró la mejor germinación y Don Mario 4700 RR, Don Mario 57 y Asgrow 5409 tuvieron el peor desempeño (Cuadro 2).

Según Ferguson (1995), la prueba de germinación ofrece información suficiente sobre el desempeño de un lote de semillas, cuando este es de baja calidad. Un lote que no presente dormición y con 70% de germinación, seguramente se comportará presentando una baja emergencia a campo y se deteriorará rápidamente en el almacenamiento en condiciones desfavorables. La realización de pruebas similares que realicen una medición más acertada de la calidad podría ser de poco valor para estos lotes de semillas, sin embargo el proceso de deterioro puede ocurrir antes de ser visualizadas las variaciones detectables

Cuadro 1. Germinación (%) y vigor (envejecimiento acelerado (%) y conductividad eléctrica ($\mu\text{Siemens/cm}$)) en semillas de soja. Año de 1997⁽¹⁾.

| Cultivar | Germinación (%) | Pruebas de vigor | |
|--------------|-----------------|------------------------------|--|
| | | Envejecimiento acelerado (%) | Conductividad eléctrica ($\mu\text{Siemens/cm}$) |
| Dorada 48 | 82f | 49f | 190,21b |
| Asgrow 6001 | 95b | 78c | 118,92f |
| Don Mario 49 | 80g | 42f | 175,67c |
| Golondrina | 92c | 86b | 115,68f |
| RA 702 | 92c | 73d | 71,01h |
| Torcacita | 96b | 9a | 113,81fg |
| Asgrow 4702 | 87e | 77c | 227,09a |
| Asgrow 4422 | 88e | 66e | 149,12d |
| Asgrow 7986 | 97a | 86b | 105,50g |
| Asgrow 5409 | 90d | 77c | 128,74e |

⁽¹⁾Medias seguidas de igual letra en la vertical no difieren significativamente al 5% de probabilidad (Duncan).

Cuadro 2. Germinación (%) y vigor (envejecimiento acelerado (%) y conductividad eléctrica ($\mu\text{Siemens/cm}$)) en semillas de soja. Año de 1998⁽¹⁾.

| Cultivar | Germinación (%) | Pruebas de vigor | |
|-------------------|-----------------|------------------------------|--|
| | | Envejecimiento acelerado (%) | Conductividad eléctrica ($\mu\text{Siemens/cm}$) |
| Asgrow 5409 | 84ef | 79bc | 56,82d |
| Don Mario 57 | 86def | 65de | 59,00cd |
| Asgrow 6001 | 99a | 76bcd | 112,99a |
| Torcacita 58 | 87de | 74bcd | 81,04b |
| Don Mario 4700 RR | 80f | 58e | 72,36bc |
| RA 702 | 93bc | 91a | 102,25a |
| Fainta 570 | 94bc | 86ab | 56,99d |
| Asgrow 6444 | 90cd | 84abc | 71,29bc |
| Fainta 760 | 96cd | 90a | 62,93cd |
| Santafesina | 92cd | 74cd | 60,21cd |

⁽¹⁾Medias seguidas de igual letra en la vertical no difieren significativamente al 5% de probabilidad (Duncan).

en la germinación de un lote de semillas, siendo esta la principal limitación de la prueba de germinación.

Puede ocurrir que lotes de semillas que presenten porcentajes de germinación elevados o similares,

presenten comportamientos diferenciados cuando se siembran bajo idénticas condiciones sin estrés en el campo. En este caso es necesario evaluar el vigor.

La prueba de envejecimiento acelerado permitió una buena diferenciación del vigor en los cultivares estudiados en 1997 y 1998 (Cuadros 1 y 2). Según Tekrony (1995), cuando los resultados de esta prueba son comparados con los de la germinación del mismo lote de semillas antes del envejecimiento, la germinación de semillas después del envejecimiento será similar a la de la germinación antes del envejecimiento acelerado cuando las semillas son de alto vigor o menores a la de la germinación en semillas con medio o bajo vigor. De esta manera, los resultados pueden ser utilizados para clasificar los lotes de semillas según su vigor y para la toma de decisiones en cuanto a la capacidad de almacenamiento o potencial de siembra de cada lote de semillas. Aquellos lotes de semillas que presenten una germinación después del envejecimiento acelerado, superior al 80%, podrían ser clasificadas como de alto vigor, entre 60-80% como vigor medio, y menores de 60%, como de bajo vigor (Tekrony, 1995).

En relación a la prueba de conductividad eléctrica, las mediciones realizadas en semillas individuales permitió diferenciar las cultivares estudiadas en 1997 y 1998 (Cuadros 1 y 2). Los resultados obtenidos por este método confirman que las mediciones obtenidas por equipos similares han permitido diferenciar el vigor en ciertas especies, tales como arveja (Hepburn et al., 1984), soja (McDonald & Wilson, 1980), algodón (Smith & Varnil, 1985), maíz (Bekendam et al., 1987), brásicas (Thornton et al., 1990) y ryegrass perenne (Happ et al., 1993).

El principio de este método se basa según Abdul-Baki (1980) en los cambios que ocurren en la organización de las membranas celulares durante el desarrollo de las semillas, antes de ser alcanzado el peso máximo de la materia seca, la desecación de las semillas antes de la cosecha y durante la imbibición antes de la germinación. Powell (1988) consideró que la integridad de las membranas celulares determinada por los cambios bioquímicos deteriorativos y la capacidad para reorganizar y reparar daños, puede ser considerada la causa fundamental de las diferencias en el vigor de las semillas, que son

medidas en forma indirecta a través de la lixiviación de electrolitos durante la prueba de conductividad eléctrica. Los lotes de semillas que muestran una elevada germinación en laboratorio, pero liberan grandes cantidades de electrolitos, luego de la inmersión en agua, son considerados de bajo vigor, presentando el lote de semillas un bajo desempeño en condiciones de estrés. Contrariamente, lotes con una alta germinación y baja liberación de electrolitos son considerados de alto vigor y con mejor capacidad para soportar condiciones de estrés.

Las semillas sometidas a la prueba de deterioro controlado mostraron que tanto las cultivares ensayadas en 1997 (Cuadro 3) como en 1998 (Cuadro 4), con 22% de elevación de la humedad de las semillas, se produce una buena diferenciación en el vigor sin llegar a niveles marcados de deterioro. Si bien con un 23% de elevación de la humedad de la semilla se permite también una buena diferenciación del comportamiento de las cultivares, los niveles de vigor de las mismas pueden alcanzar valores demasiado bajos, inferiores al 30%. Esta prueba de vigor es más drástica en relación al grado de estrés que es sufrido por las semillas en relación al envejecimiento acelerado.

Según Powell (1995), las diferencias en el vigor de las semillas solo son importantes cuando estas ocurren en semillas que tienen una alta germinación y están, por lo tanto, disponibles para la venta, siendo el objetivo de esta prueba de vigor distinguir entre semillas con una elevada germinación pero con una disminución en el vigor.

En la prueba de tetrazolio, las cultivares ensayadas en 1997 (Cuadro 5) y en 1998 (Cuadro 6), mostraron una buena diferenciación en la viabilidad y vigor. Con referencia al número de daños sufridos por las semillas, el mayor porcentaje correspondió a un solo daño, y en menor grado, a dos o más daños. Con relación al tipo de daño sufrido por las semillas, en 1997 (Cuadro 5) el mayor porcentaje correspondió a daño mecánico y por humedad y en menor grado a daño por chinche, mientras que en 1998 (Cuadro 6) se observó un aumento en el porcentaje de ataque de chinche. En semillas que han sufrido dos o más daños en 1997 (Cuadro 5), el mayor porcentaje correspondió a daño mecánico y humedad en forma conjunta, mientras que en 1998 (Cuadro 6), además

Cuadro 3. Germinación (%) de semillas de soja sometidas a deterioro controlado con diferentes niveles de humedad de las semillas. Año de 1997⁽¹⁾.

| Cultivar | Testigo | Niveles de humedad (%) | | | | | Medias |
|--------------|---------|------------------------|---------|-------|--------|--------|--------|
| | | 19 | 22 | 23 | 24 | 25 | |
| Dorada 48 | 82bcA | 60cdA | 51cdA | 32dB | 44cdAB | 46bcAB | 46,50 |
| Asgrow 6001 | 95abA | 69bcA | 66bcA | 61bAB | 47cB | 14eC | 51,15 |
| Don Mario 49 | 80cA | 52dA | 45dAB | 29dBC | 31dBC | 28dC | 36,75 |
| Golondrina | 92abcA | 65bcdAB | 68bA | 62bAB | 54bcAB | 49bcB | 59,40 |
| RA 702 | 92abcA | 89aA | 91aA | 87aA | 88aA | 86aA | 87,95 |
| Torcacita | 96abA | 58cdA | 59cdA | 61bA | 53bcA | 50bcA | 56,00 |
| Asgrow 4702 | 87abcA | 59cdA | 52bcdAB | 42cdB | 42cdB | 43cdB | 47,45 |
| Asgrow 4422 | 88abcA | 62bcdA | 52bcdAB | 38dB | 13eC | 8eC | 34,65 |
| Asgrow 7986 | 97aA | 78abAB | 82aA | 66bBC | 64bBC | 62bC | 70,35 |
| Asgrow 5409 | 90abcA | 72bcA | 60bcdAB | 57bcB | 54bcB | 50bcB | 58,60 |
| Medias | 89,78 | 66,18 | 62,43 | 53,38 | 48,93 | 43,5 | |

⁽¹⁾Medias seguidas de igual letra minúscula en la vertical, y mayúscula en la horizontal, no difieren significativamente al 5% de probabilidad (Duncan).

Cuadro 4. Germinación (%) de semillas de soja sometidas a deterioro controlado con diferentes niveles de humedad de las semillas. Año de 1998⁽¹⁾.

| Cultivar | Testigo | Niveles de humedad (%) | | | | | Medias |
|-------------------|---------|------------------------|-------|-------|--------|-------|--------|
| | | 19 | 22 | 23 | 24 | 25 | |
| Asgrow 5409 | 84cdA | 75cdB | 72bBC | 68cBC | 68cBC | 66bC | 72,13 |
| Don Mario 57 | 86bcdA | 62eB | 62cdB | 54dC | 47ghC | 47cdC | 59,46 |
| Asgrow 6001 | 99aA | 71dB | 57dC | 57C | 58efC | 34efD | 62,50 |
| Torcacita 58 | 87bcdA | 80bcA | 66bcB | 57dC | 52fgC | 52cC | 65,63 |
| Don Mario 4700 RR | 80dA | 50fB | 43eBC | 44eBC | 43hBC | 40deC | 50,00 |
| RA 702 | 93abA | 88aAB | 85aB | 86aAB | 83aBC | 76aC | 84,92 |
| Fainta 570 | 94abA | 71dB | 71bB | 72bcB | 61deC | 52cD | 70,17 |
| Asgrow 6444 | 90abA | 86abAB | 80aBC | 76bC | 75bcC | 67bD | 78,96 |
| Fainta 760 | 94abA | 92aAB | 85aBC | 84aC | 82abCD | 76aD | 85,33 |
| Santafesina | 92abcA | 59eB | 42eC | 43eC | 41hC | 28fD | 50,75 |
| Medias | 89,78 | 73,38 | 66,3 | 64,03 | 60,83 | 53,60 | |

⁽¹⁾Medias seguidas de igual letra minúscula en la columna y mayúscula en la línea, no difieren significativamente al 5% de probabilidad (Duncan).

de la combinación de daño mecánico y humedad, también se observó el efecto de los daños por chinche y humedad y mecánico y chinche. El estudio de la relación entre calidad y tipo de daño a través de la prueba exacta de Fisher, en semillas con un daño, determinó para el año 1997 que de diez cultivares, solo en cuatro no se rechazara la hipótesis planteada, mientras que en el año 1998 no se rechazó en nueve

de los diez casos. Las relaciones estadísticamente significativas observadas en el año 1997 podrían considerarse espúreas, ya que en todas las cultivares se observa que el mayor número de semillas dañadas corresponde a semillas altamente vigorosas. En semillas con dos o más tipos de daños en ambos años no se rechazó la hipótesis planteada en nueve de los diez casos. Este análisis nos conduce a pensar que la

Cuadro 5. Prueba de tetrazolio en semillas de soja. Año de 1997⁽¹⁾.

| Cultivar | Potencial de germinación (%) | Vigor (%) | Porcentaje del total de semillas con daño | | | | | | | | | | | |
|--------------|------------------------------|-----------|---|---------------|----------------------|---------|---------|---------------|------------------------------|------------------|------------------|------------|---------------|--|
| | | | Semillas dañadas (%) | | Semillas con un daño | | | | Semillas con dos o más daños | | | | Significancia | |
| | | | 1 daño | 2 o más daños | Mecánico | Chinche | Humedad | Significancia | Chinche Humedad | Mecánico Chinche | Mecánico Humedad | Tres daños | | |
| Dorada 48 | 82c | 68cd | 49 | 12 | 37 | 33 | 31 | ns | 17 | 26 | 48 | 9 | ns | |
| Asgrow 6001 | 87abc | 80abc | 64 | 10 | 9 | 2 | 90 | ** | 5 | 0 | 95 | 0 | ** | |
| Don Mario 49 | 89abc | 79abc | 39 | 8 | 68 | 13 | 19 | ns | 13 | 38 | 50 | 0 | * | |
| Golondrina | 91ab | 83ab | 63 | 6 | 21 | 6 | 74 | ** | 0 | 8 | 92 | 0 | ns | |
| RA 702 | 96a | 91a | 25 | 2 | 11 | 2 | 58 | ** | 0 | 0 | 100 | 0 | ns | |
| Torcaeta | 93ab | 88ab | 28 | 3 | 65 | 7 | 27 | ns | 0 | 33 | 67 | 0 | ns | |
| Asgrow 4702 | 85a | 65d | 43 | 26 | 48 | 7 | 45 | ** | 8 | 23 | 63 | 6 | * | |
| Asgrow 4422 | 74d | 53e | 43 | 18 | 47 | 9 | 13 | ns | 0 | 11 | 83 | 6 | ns | |
| Asgrow 7986 | 94ab | 85ab | 42 | 8 | 57 | 1 | 42 | ** | 6 | 0 | 94 | 0 | ns | |
| Asgrow 5409 | 85bc | 78bc | 37 | 8 | 81 | 4 | 15 | ns | 0 | 27 | 11 | 0 | ns | |

⁽¹⁾Medias seguidas de igual letra en la vertical no difieren significativamente al 5% de probabilidad (Duncan); los resultados se analizaron mediante la prueba exacta de Fisher cuadrado al 5% y 1% de probabilidad. ^{ns} No significativo. * y ** Significativo al 5% y 1% de probabilidad, respectivamente.

Cuadro 6. Prueba de tetrazolio en semillas de soja. Año de 1998⁽¹⁾.

| Cultivar | Potencial de germinación (%) | Vigor (%) | Porcentaje del total de semillas con daño | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------------|-----------|---|---------------|---------------------------|---------|---------|---------------|------------------------------|------------------|------------------|------------|---------------|--|
| | | | Semillas dañadas (%) | | Semillas con un solo daño | | | | Semillas con dos o más daños | | | | Significancia | |
| | | | 1 daño | 2 o más daños | Mecánico | Chinche | Humedad | Significancia | Chinche Humedad | Mecánico Chinche | Mecánico Humedad | Tres daños | | |
| RA 702 | 96ab | 95a | 13 | 13 | 28 | 60 | 12 | ns | 0 | 100 | 0 | 2 | ns | |
| Asgrow 6001 | 94ab | 90ab | 28 | 3 | 41 | 38 | 21 | ns | 40 | 20 | 20 | 0 | ns | |
| Asgrow 5409 | 96ab | 92a | 20 | 4 | 24 | 12 | 4 | ns | 57 | 29 | 14 | 0 | * | |
| Don Mario 4700 RR | 78c | 62d | 45 | 8 | 28 | 31 | 38 | ns | 19 | 44 | 38 | 0 | ns | |
| Don Mario 57 | 88b | 77c | 33 | 3 | 51 | 12 | 37 | * | 40 | 20 | 40 | 0 | ns | |
| Torcaeta 58 | 90ab | 87ab | 23 | 3 | 76 | 11 | 13 | ns | 20 | 40 | 40 | 0 | ns | |
| Fainta 570 | 97a | 92a | 24 | 3 | 22 | 8 | 18 | ns | 17 | 17 | 67 | 3 | ns | |
| Santafesina | 93ab | 82bc | 52 | 0 | 53 | 11 | 37 | ns | 24 | 0 | 76 | 2 | ns | |
| Asgrow 6444 | 99a | 94a | 26 | 1 | 31 | 50 | 19 | ns | 0 | 50 | 50 | 0 | ns | |
| Fainta 760 | 98a | 95a | 17 | 0 | 64 | 30 | 6 | ns | 0 | 0 | 0 | 0 | ns | |

⁽¹⁾Medias seguidas de igual letra en la vertical no difieren significativamente al 5% de probabilidad (Duncan); los resultados se analizaron mediante la prueba exacta de Fisher cuadrado al 5% de probabilidad. ^{ns} No significativo. * Significativo al 5% de probabilidad.

calidad de la semilla no está influenciada por el tipo de daño sino por el lugar donde se produce el daño.

Las pruebas de vigor ensayadas mostraron ser buenos indicadores del vigor, y la combinación de dos o más métodos permitiría complementar la información acerca del comportamiento de las semillas con relación a su potencial de almacenamiento y capacidad para una rápida emergencia en condiciones de campo.

Conclusiones

1. El deterioro controlado con una elevación de la humedad de las semillas a 22%, es un mejor indicador de la calidad de las semillas que el envejecimiento acelerado.

2. La conductividad eléctrica es considerada una buena prueba de vigor para detectar indirectamente las alteraciones en las membranas citoplasmáticas, en estadios tempranos del deterioro de las semillas.

3. La clasificación de la viabilidad y el vigor a través de la prueba de tetrazolio es dada por el lugar donde se produce el daño y no por el tipo de daño que sufre la semilla.

Referências

ABDUL-BAKI, A. A. Biochemical aspects of seed vigour. **HortScience**, Alexandria, v. 15, n. 6, p. 765-771, 1980.

ARTHUR, T. J.; TONKIN, J. H. B. Testando o vigor das sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 1, n. 3, p. 38-41, 1991.

BEKENDAM, J.; KRAAK, H. L.; VOS, J. Studies of field emergence and vigour on onion, sugarbeet, flax and corn. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 215, n. 2, p. 83-94, 1987.

CRAVIOTTO, R. M.; FARED, M.; MONTERO, M. **Prueba topográfica por tetrazolio**: patrones para la especie soja. Oliveros : Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 1995. 20 p.

FERGUSON, J. An introduction to seed vigour testing. In: SEED VIGOUR TESTING SEMINAR, 1995, Copenhagen. **[Proceedings...]** Zurich : International Seed Testing Association, 1995. p. 1-9.

HAMPTON, J. G. Conductivity test. In: SEED VIGOUR TESTING SEMINAR, 1995, Copenhagen. **[Proceedings...]** Zurich : International Seed Testing Association, 1995. p. 10-28.

HAMPTON, J. G.; COOLBEAR, P. Potential versus actual seed performance: can vigour testing provide an answer? **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 18, n. 2, p. 215-228, 1990.

HAPP, K.; McDONALD, M. B.; DANNEBERGER, T. K. Vigour testing in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 21, n. 2, p. 375-381, 1993.

HEPBURN, H. A.; POWELL, A. A.; MATTHEWS, S. Problems associated with the routine application of electrical conductivity measurements of individual seeds in the germination testing of pea and soybean. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 12, n. 2, p. 403-413, 1984.

HIBBARD, R. P.; MILLER, E. V. Biochemical studies on seed viability. I. Measurements of conductance and reduction. **Plant Physiology**, Rockville, v. 3, n. 3, p. 335-352, 1928.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (Zurich, Suíça). **Handbook of vigor test methods**. 2. ed. Zurich, 1995. 117 p.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (Zurich, Suíça). Rules. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 24, p. 335, 1996. Supplement.

McDONALD, M. B. Assessment of seed quality. **HortScience**, Alexandria, v. 15, n. 6, p. 784-788, 1980.

McDONALD, M. B.; WILSON, D. O. ASA-610 ability to detect changes in soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, Lincoln, v. 5, n. 1, p. 56-66, 1980.

MATTHEWS, S.; BRADNOCK, W. T. Relationship between seed exudation and field emergence in peas and French beans. **Horticultural Research**, Edinburgh, v. 8, n. 2, p. 89-93, 1968.

MATTHEWS, S.; POWELL, A. A. Controlled deterioration: a new vigour test for crop seeds. In: HEBBLETHWAITE, P. D. (Ed.). **Seed production**. London : Butterworths, 1980. p. 647-660.

PERRY, D. A. Introduction, methodology and application of vigour tests, seedling growth and evaluation tests. In: PERRY, D. A. (Ed.). **Handbook of vigour tests methods**. Zurich : International Seed Testing Association, 1981. p. 3-20.

POWELL, A. A. The controlled deterioration test. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION, 24., 1995, Copenhagen. **Seed**

- vigour testing:** contributions to a seminar. Zurich : International Seed Testing Association, 1995. p. 73-87.
- POWELL, A. A. Seed vigour and field establishment. **Advances in Research and Technology of Seeds**, Wageningen, v. 11, n. 1, p. 29-61, 1988.
- SMITH, C. W.; VARNIL, J. J. Fungicide and temperature affect leachate-predicted germination of cotton. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, n. 1, p. 9-12, 1985.
- TEKRONY, D. M. Accelerated ageing. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION, 24., 1995, Copenhagen. **Seed vigour testing:** contributions to a seminar. Zurich : International Seed Testing Association, 1995. p. 816-822.
- THORNTON, J. M.; POWELL, A. A.; MATTHEWS, S. Investigation of the relationship between seed leachate conductivity and the germination of *Brassica* seed. **Annals of Applied Biology**, Wellesbourne, v. 117, n. 2, p. 129-135, 1990.