

Efecto de los desecantes Paraquat y Glufosinato de amonio en el rendimiento y calidad física y fisiológica de semillas de soja (*Glycine max* L. Merrill)

Effect of the desiccants Paraquat and Glufosinate ammonium in the yield and physical and physiological quality of soybean (*Glycine max* L. Merrill) seeds

José Martín Martínez Moreno¹, Líder Ayala Aguilera^{2*}, Marcela Ayala Benítez³

¹ Prof. Ing. Agr. M.Sc. Docente Investigador, Departamento de Producción Agrícola, Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), Universidad Nacional de Asunción (UNA). San Lorenzo, Paraguay.

² Prof. Ing. Agr. Dr. Docente Investigador, Departamento de Producción Agrícola, Carrera de Ingeniería Agronómica, FCA, UNA. San Lorenzo, Paraguay.

³ Ing. Agr. Egresado de la FCA, UNA. San Lorenzo, Paraguay.

*Autor para correspondencia (semillas@agr.una.py).

Recibido: 18/05/2011; Aceptado: 22/06/2011.

RESUMEN

El uso de desecantes en pre-cosecha de semillas de soja está siendo una práctica cotidiana en el proceso productivo. Se instaló en Guajavi Dpto. de San Pedro, de diciembre de 2010 a abril de 2011 un experimento con el objeto de evaluar el efecto de los desecantes Glufosinato de amonio y Paraquat en el rendimiento, calidad física y fisiológica de semillas de soja variedad Don Mario 7.0 i. El Diseño fue completamente al azar con 3 tratamientos, Paraquat con una dosis de 2 l/ha, Glufosinato de amonio al 15% a razón de 2 l/ha y un testigo sin aplicación y cinco repeticiones. Las variables evaluadas fueron, rendimiento, porcentaje de germinación, vigor, peso de mil semillas, prueba de viabilidad por tetrazolio y germinación y vigor por la prueba de envejecimiento acelerado; sometidas al análisis de varianza y comparación de medias Tukey al 5%. En el rendimiento no se verificó diferencias significativas al igual que en el peso de mil semillas y la viabilidad. En cuanto al vigor, germinación y envejecimiento acelerado se encontraron diferencias significativas, siendo el lote tratado con Glufosinato de amonio el de mayor vigor y germinación con relación al testigo y Paraquat. Se concluye que los herbicidas a base de Glufosinato de amonio y Paraquat propician un acortamiento del tiempo de cosecha, sin que afecte el rendimiento. El uso de Glufosinato de amonio propicia menor pérdida de calidad en la germinación y vigor de las semillas en comparación al Paraquat por el mecanismo de acción del herbicida.

ABSTRACT

The use of pre-harvest desiccant in soybean is being a common practice in the production process. An experiment was installed in Guajavi, Department of San Pedro, from December 2010 to April 2011, in order to evaluate the effect of glufosinate-ammonium and paraquat desiccants on the yield and physical and physiological quality of soybean seeds variety Don Mario 7.0 i. The experimental design was completely randomized with 3 treatments, Paraquat with a dose of 2 L/ha, glufosinate ammonium 15% at the rate of 2 L/ha and a check without application, with five replicates. The evaluated variables were yield, percentage of germination, vigor, thousand-seed weight, proof of viability by tetrazolium and germination and vigor by the accelerated aging test; variables were subjected to analysis of variance and mean comparison by Tukey at 5% error probability. No statistical significant differences were detected in grain yield, thousand-seed weight and viability. Significant statistical differences were found in vigor, germination and accelerated aging, being the seeds treated with glufosinate-ammonium the group with more vigor and germination then the check and the seeds treated with paraquat. It is concluded that the herbicides glufosinate ammonium and paraquat propitiate a shortening of harvest time, without affecting grain yield. The use of glufosinate ammonium leads to less loss of quality in the germination and vigor of seeds in comparison to paraquat, due to the mechanism of action of the herbicide.

Palabras clave: Soja, vigor, germinación, viabilidad.

Key words: Soybean, vigor, germination, viability.

INTRODUCCIÓN

Según Ridner (2006), la soja tiene su origen en el norte y centro de China y ha sido y continúa siendo un alimento milenario de los pueblos del Oriente. De China, este cultivo se fue extendiendo a la India a partir de 1735 y en Europa se difundió en 1740 a través de Francia. En 1765 se introdujo vía Londres en el continente Americano, en Georgia, Estados Unidos. Japón comienza a utilizar el cultivo en los años 1894-1895 después de la guerra china-japonesa. Sin embargo su expansión a gran escala se produjo en 1954 y hasta ahora Estados Unidos lidera la producción mundial.

La soja se clasifica botánicamente en: Subreino Cormobionta; División Spermatophyta; Subdivisión Angiospermae; Clase Dicotyledoneae; Subclase Archiclamydae; Orden Rosales; Suborden Leguminosinae; Familia Leguminosae; Subfamilia Papilionaceae, Fabaceae; Tribu phaseoleae; Sub-tribu Phaseolinae, Glycininae; Género *Glycine* L.; Sub-género *Glycine* subg. Sojo (Moench); Especie *Glycine max* (L) Merrill (Melchior, citado por Gazzoni, 1995).

La estructura de la planta consiste en un tallo principal, que puede tener crecimiento determinado o indeterminado siendo el crecimiento indeterminado dominante. Las ramas en las variedades comerciales crecen formando un ángulo agudo con el tronco y están cubiertas de pubescencia fina y densa (León 2000).

Según Abiatte (2003) las hojas son del tipo trifoliolada, que van desde el color verde claro al oscuro y los folíolos miden de 5 a 10 cm. Las flores son pequeñas y pueden ser blancas o violáceas-púrpuras y se encuentran en las axilas de las ramificaciones en grupo de 5 a 10.

Las vainas son planas e hirsutas, con 2 a 4 semillas, miden de 2 a 5 centímetros de largo y cerca de 1 centímetro de ancho; maduran entre los 80 y 140 días. Las semillas varían de ovoides a esféricas y el color generalmente es uniforme y puede ser amarillo, verde, castaño o negro (León 2000).

Según el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Argentina - INTA (1998) la soja puede producir altos rendimientos tanto en suelos arcillosos como arenosos, dependiendo de la variedad, pH y nutrientes del suelo. El pH no influye tanto sobre la planta como sobre la bacteria fijadora de nitrógeno, la cual tiene una reacción óptima entre 6 y 6,5.

Se considera que son necesarios entre 400 y 600 mm de agua bien distribuida durante el ciclo de cultivo. Los rendimientos máximos de este cultivo se alcanzan cuando las temperaturas diurnas son de 25 a 30 °C y las nocturnas entre 18 y 25 °C (Morales 1991).

Según Bragachini (2010), en el caso del cultivo de soja, se debe comenzar la cosecha cuando la humedad del grano es de 16,5%, por día de atraso en la cosecha de soja las pérdidas de precosecha, como de cosechadora, se incrementan cada una en 5,5 kg/ha/día, lo que daría un total de 11 kg/ha/día. Por lo tanto adelantando la cosecha las pérdidas de precosecha se reducen a cero y las pérdidas por cosechadora pueden bajar un 50% respecto al promedio

Según Syngenta (2011a), los herbicidas controlan las malas hierbas al interferir con la forma en que éstas crecen. Esto se logra mediante varios "modos de acción": evitan que las plantas elaboren los carbohidratos, proteínas o lípidos esenciales o secan las hojas y tallos. Conocer la forma de acción de un herbicida es importante para comprender cómo usarlo de la forma más efectiva

El Paraquat, es un herbicida de contacto no selectivo, con compuestos bipyridílicos, que desvía el flujo de electrones en el extremo terminal del fotosistema I. La acción de este herbicida es dependiente de la luz para promover el flujo de electrones y del oxígeno para producir el superóxido fitotóxico, peróxido de hidrógeno, y altamente dañan radicales libres hidroxil (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO 1996a).

Según Syngenta (2011b), estos radicales fitotóxicos interactúan rápidamente con los lípidos de las membranas y con los aminoácidos de las proteínas y ácidos nucleicos enzimáticos, produciendo rápida filtración de las membranas y destrucción del tejido foliar, lo que da una apariencia de mojado por agua que es seguida de necrosis y desecación.

El uso del Paraquat está prohibido en varios países tales como: Austria (1993), Dinamarca (1995), Finlandia (1986), Kuwait (1985), Malasia (2002), Eslovenia (1997), Suecia (1983). Su uso es restringido en: Alemania (1993), Hungría (1991), Indonesia (1990), Corea (1991), Togo (1999), Estados Unidos (1997) (Calle 2003).

El Glufosinato de amonio, es un herbicida de post-emergencia, no selectivos, que se absorbe por el follaje, pero tiene acción sistémica limitada. Se usa como desecante para facilitar la cosecha en varios cultivos. Es resistente a las lluvias después de 4 a 6 horas (FAO 1996 b).

Otro herbicida utilizado en la desecación de cultivos es el Glufosinato de amonio, un inhibidor de la sintetasa de la glutamina, posee como grupo químico el ácido fosfónico (Palou et al. 2008) que inhibe la biosíntesis de glutamina, la cual funciona como fuente de amonio en gran cantidad de enzimas. Además actúa sobre la fotosíntesis al inhibir

la fotorrespiración y la formación de los aminoácidos histidina y metionina (Cordón 2004).

Los aminoácidos son componentes esenciales de las proteínas. El bloqueo de la síntesis de aminoácidos afecta la biosíntesis enzimática y el metabolismo vegetal en general. Los denominados aminoácidos esenciales solamente se encuentran en plantas y microorganismos, por lo que los herbicidas que inhiben su biosíntesis tienden a ser de baja toxicidad para los mamíferos (FAO 1996 b).

El objetivo de este trabajo de investigación es evaluar el efecto de los desecantes Glufosinato de amonio y Paraquat en el rendimiento y calidad física y fisiológica de las semillas de soja; comparando los rendimientos en los diversos tratamientos; el porcentaje de germinación, vigor, peso de mil semillas, viabilidad por la prueba de tetrazolio y envejecimiento acelerado.

METODOLOGÍA

El experimento se realizó del 22 de Diciembre de 2010 a Abril de 2011 en el Distrito de Guajaiví, Departamento de San Pedro, Paraguay; cuyas coordenadas geográficas son latitud sur 24°29'23,12" y 56°23'58,06" longitud norte con una altitud de 265 metros sobre el nivel del mar.

El ensayo fue instalado sobre una parcela de producción comercial de semillas de soja variedad Don Mario 7.0 i. El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar con tres tratamientos, correspondientes a dos herbicidas desecantes y un testigo sin aplicación; con cinco repeticiones. T1 sin aplicación de desecantes hasta su maduración, T2: Paraquat en la dosis de 2 L/ha utilizando 200 litros de solución por hectárea en estado R8, T3: Glufosinato de Amonio al 15% en la dosis de 2 L/ha utilizado 200 litros de solución por hectárea en estado R8.

Cada unidad experimental consistió en cinco hileras de diez metros de largo separadas por surcos de 0,45 metros de ancho. La cantidad de plantas establecidas fue de 18 plantas por metro lineal y la parcela útil estaba constituida por las 3 hileras centrales descontando 0,5 metros del borde.

Para la aplicación se utilizó un aplicador de precisión con tanque de dióxido de carbono y 4 picos pulverizadores de tipo abanico con presión constante de 60 libras. El desecante Paraquat fue aplicado en el estado de R8 y la cosecha de semillas se realizó a los 5 días posteriores a la aplicación cuando las plantas perdieron la totalidad de las hojas y con humedad del 14% que fue determinada por muestreo aleatorio con ayuda de un humidímetro digital.

El herbicida Glufosinato de amonio fue aplicado en estado R8 y la cosecha se realizó 8 días después, el procedimiento de cosecha para los dos tratamientos fue manual, cada mazo cosechado fue atado y etiquetado por separado por tratamiento y repeticiones.

El tratamiento testigo sin aplicación de desecante fue cosechado 10 días después de la aplicación de los desecantes en los demás tratamientos, cuando las plantas perdieron la totalidad de las hojas y con una humedad de 14%, cosechado y etiquetado de la misma manera que los demás tratamientos.

Posteriormente las plantas cosechadas de cada uno de los tratamientos fueron trilladas con la ayuda de una trilladora eléctrica y acondicionadas en bolsas de papel acartonado e identificadas con etiquetas por tratamientos y repeticiones.

Las semillas acondicionadas fueron remitidas al laboratorio de Análisis de Calidad de Semillas de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción y permanecieron en cámara fría a 10 °C y 20% de humedad relativa hasta que fueron sometidos a las pruebas de calidad.

Las variables que fueron medidas son:

- i) Rendimiento, fueron cosechadas todas las plantas correspondientes a la parcela útil, después de la trilla las semillas fueron pesadas en una balanza digital de 2 decimales de precisión. El resultado fue expresado en kg/ha.
- ii) Germinación y vigor, 5 repeticiones de 100 semillas colocadas en sustrato de arena desinfectada y humedecida con 154 mL de agua destilada por bandeja, colocadas en germinador a 25 °C por 7 días. Al 5º día se realizó la lectura del vigor y al 7º día el porcentaje de plántulas normales germinadas.
- iii) Peso de mil semillas, 8 repeticiones de 100 semillas para cada tratamiento, colocadas en la estufa a 40 °C por 48 h, luego fueron pesadas en una balanza digital con precisión de 2 decimales, el resultado expresado en gramos.
- iv) Viabilidad por Tetrazolio, 4 repeticiones de 50 semillas, las semillas fueron colocadas en la solución del Tetrazolio a una temperatura de 30 °C sin luz durante 24 h, luego se hizo la lectura de semillas viables y no viables.
- v) Envejecimiento acelerado, 2 repeticiones de 100 semillas por tratamiento, se colocaron en el horno a 40 °C por 48 h de manera a simular las condiciones de mal almacenamiento, colocándose posteriormente en arena lavada esterilizada y agua destilada en un germinador a 25° C, haciendo la lectura de vigor al 5º día y la de germinación al 7º día.

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza para detectar si existe diferencia significativa.

Para aquellas variables que presentaron significancia se aplicó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **Tabla 1** se observan los datos de rendimiento (kg/ha) y peso de mil semillas (g) de soja var. Don Mario 7.0 i, en función a diferentes tratamientos con desecantes, Paraquat, Glufosinato de amonio y un testigo.

Tabla 1. Rendimiento (kg/ha) y peso de mil semillas (g) de soja tratadas con dos desecantes químicos. San Lorenzo, Paraguay 2011.

	Rendimiento (kg/ha)	Peso de mil semillas (g)
Testigo	3.501 a	130 a*
Paraquat	3.755 a	128 a
Glufosinato de amonio	3.822 a	131 a
Media	3,693	130
CV %	6,34	5,01

*Medias seguidas por misma letra en la vertical no difieren por la prueba de tukey al 5% de probabilidad de error.

El análisis de datos muestra que no existen diferencias significativas entre los rendimientos en los diferentes tratamientos, testigo, Paraquat y Glufosinato de amonio. Se observa además que los mismos oscilan entre 3.501 y 3.822 kg/ha con un coeficiente de variación de 6,34%.

Los resultados de este experimento muestran, que la aplicación de los desecantes en el momento de maduración de las plantas no afecta al rendimiento final obtenido; como era de esperar atendiendo a que ya no existe transporte de fotosintatos para la semilla, y el sistema de cosecha no ha ocasionado pérdidas en el proceso.

Durante la etapa de llenado de granos se produce una acumulación neta de materia seca en el grano, hasta que alcanza la madurez fisiológica. A partir de este evento se detiene la carga de fotosintatos, y el peso del grano permanece constante. En las etapas siguientes, entre madurez fisiológica y comercial, el proceso fisiológico dominante será la pérdida de humedad del grano, condicionada por características genotípicas y ambientales (Sartorre et al. 2003). En este punto el uso de herbicidas desecantes en soja propicia un acortamiento del período entre la maduración fisiológica y la cosecha.

Los efectos herbicidas del Glufosinato de amonio, el cual provoca un cumulo de amonio, debido a la inhibición de la acción de la enzima glutamina sintetasa, el cual es

responsable por la conversión de glutamato y el amonio a glutamina (Wendler et al. 1990), no interfieren ni inciden negativamente en el rendimiento final de la semilla al igual que el Paraquat, el cual actúa sobre el fotosistema I (Moreland 1980).

La permanencia de las semillas fisiológicamente maduras en el campo expone a las mismas a la acción de los agentes climáticos y/o plagas o enfermedades, por lo que resulta favorable acortar el tiempo para la cosecha y así mantener la calidad inicial de las semillas.

En cuanto al peso de mil semillas se encontró que no existen diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos, presentando una media de 130 g y un coeficiente de variación de 5,01%.

Similar al efecto observado en el rendimiento se reporta en el resultado del peso de mil semillas basado en el análisis de que el efecto herbicida de ambas sustancias evaluadas no ocasionó disminuciones en el rendimiento, cuando aplicado en el estado de maduración fisiológica de las plantas.

Estos resultados coinciden con los resultados encontrados por Hiroko et al. (2003), en soja; y Marchiori et al. (2002) en canola en donde no se encontró diferencia significativa en los rendimientos con los tratamientos de los desecantes. Las caídas en los rendimientos en diferentes situaciones productivas se deben, en general, a una disminución en el número de granos. El peso de los granos, por el contrario, raramente es afectado (Gutiérrez y Scheiner 2003, citado por Pergolini 2006).

Los resultados de este experimento evidenciaron que la aplicación de herbicidas a base de Glufosinato de amonio y Paraquat pueden ser utilizados para la desecación en el cultivo de soja, en el momento de la maduración fisiológica, sin que afecte negativamente el rendimiento de granos final.

En la **Tabla 2** se observan los resultados de vigor (%), germinación (%) y días transcurridos desde la aplicación de desecantes hasta la cosecha de soja var. Don Mario 7.0 i, en función a diferentes tratamientos con desecantes, Paraquat, Glufosinato de amonio y testigo (sin desecante). El análisis de datos reportó que existen diferencias significativas en el vigor entre los diferentes tratamientos.

Los resultados de la Tabla 2 permiten verificar que a las semillas tratadas con Glufosinato de amonio presentaron mayor vigor que aquellas tratadas con Paraquat y aquellas sin tratar. Siendo que aquellas semillas tratadas con Glufosinato de amonio dieron 96% de vigor con relación a aquellas tratadas con Paraquat y el testigo que fueron 91% y 92% respectivamente, y no presentaron

diferencias significativas entre sí. El coeficiente de variación fue de 1,67%.

Tabla 2. Porcentaje de germinación, vigor de semillas y días transcurridos desde la aplicación de desecantes hasta la cosecha de semillas de soja tratadas con dos desecantes. San Lorenzo, Paraguay. 2011.

	Vigor (%)	Germinación (%)	Días p/ cosecha
Testigo	92 b	95 b*	10
Paraquat	91 b	95 b	5
Glufosinato de Amonio	96 a	98 a	8
MEDIA	93	96	8
CV %	1,67	1,67	

*Medias con letras diferentes difieren entre sí al nivel de 5% de probabilidad de error mediante el test de Tukey.

El análisis de datos mostró que existen diferencias significativas en la germinación de semillas, las cuales tuvieron un desempeño similar que el vigor, el mejor resultado se obtuvo con el Glufosinato de amonio con un 98%, el testigo y el Paraquat tienen ambos 95% de poder germinativo, los cuales no presentaron diferencia significativa entre sí, con un coeficiente de variación de 1,67%.

Los resultados de germinación y vigor del experimento mostraron que los lotes de semillas obtenidos obtuvieron altos porcentajes entre 95 y 98% incluyendo al testigo. La germinación mínima requerida por las normas del SENAVE (2010) es de 80% para semillas fiscalizadas, por lo que el lote en cuestión sobrepasa ampliamente los requisitos requeridos por este ente regulador.

Las diferencias estadísticas observadas en los tratamientos puede obedecer a varias causas. Así la maduración fisiológica de las plantas es un estado de desarrollo en el cual difícilmente la totalidad de las plantas que componen la parcela alcanzan este estado en el mismo día, pudiendo encontrarse plantas que todavía no han llegado y otras que han pasado algunos pocos días. Las pequeñas variaciones en el ciclo fenológico, 1 a 5 días, es común cuando hay desuniformidad en la emergencia de las plantas o por efectos de manchas de fertilidad en el suelo o disponibilidad de agua.

De este análisis se deduce que el porcentaje de plantas dentro de la parcela que por algún efecto ambiental no haya llegado al momento de maduración fisiológica cuando fueron aplicados los herbicidas es posible que la calidad fisiológica en términos de germinación y vigor se vean afectados especialmente para el caso del Paraquat debido a su mecanismo de acción que inhibe la primera etapa de la fotosíntesis.

Los menores valores de germinación y vigor del testigo pueden obedecer a factores climáticos que deterioran la calidad de las semillas debido a su tiempo de permanencia en el campo que es mayor con relación a los tratamientos que utilizan desecantes.

El deterioro de semillas en el campo hasta su cosecha resulta particularmente riesgosa en Paraguay atendiendo que son comunes las precipitaciones durante este período que pueden atrasar más la cosecha del cultivo con sus consecuentes incidencia negativas en la calidad y como fue observado en este experimento en que el testigo presenta menor germinación y vigor con relación a uno de los tratamientos que utiliza Glufosinato de amonio; que si bien actúa más lentamente que el Paraquat pero resulta más rápido que el testigo, el cual demoró 10 días desde la maduración fisiológica hasta la cosecha. Con el uso de Paraquat la cosecha se efectúa a los 5 días y con el Glufosinato de amonio a los 8 días.

Los mayores resultados de germinación y vigor encontrados en este experimento con Glufosinato de amonio obedece a algunas ventajas comparativas que se presentan con el uso de este herbicida debido a que, por un lado adelanta la cosecha de semillas con relación al testigo dejando menos expuestas a la semillas en el campo; por otro lado tiene un efecto desecante más lento que el Paraquat, lo que propiciaría que la pequeña fracción de semillas o de plantas que no hayan llegado a la maduración fisiológica puedan completar su ciclo satisfactoriamente.

La capacidad de secado de una semilla se trata de un fenómeno complejo, envolviendo ajustes estructurales, que posibilitan a las células grandes pérdidas de agua. Así las semillas que no llegan a madurez fisiológica, que son secadas tienen menor porcentaje de vigor y germinación. Por lo tanto la pérdida de humedad de semillas realizada en forma lenta y gradual resulta menos deteriorativo que una pérdida brusca de humedad (Carvalho y Nakagawa 1998)

De acuerdo a Rossi y Gonzalez (2006), la calidad de una semilla es determinada por factores genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios. Dentro de los factores físicos podemos encontrar la humedad especialmente en los estados R6 y R7, los cuales son muy afectados si hay un prolongado período de lluvias.

Los resultados de este trabajo verificaron que existe diferencias en la calidad final de semillas en términos de germinación y vigor, con el uso de Glufosinato de amonio para la desecación se propicia una menor pérdida de calidad

En la **Tabla 3**, se encuentran los datos correspondientes a la prueba de Tetrazolio, expresado en porcentaje de

viabilidad de semillas de soja var. Don Mario 7.0 i, en función a los diferentes tratamientos con desecantes, Paraquat y Glufosinato de amonio y testigo (sin tratamiento).

Tabla 3. Viabilidad por la Prueba de tetrazolio en semillas de soja tratadas con dos desecantes químicos. San Lorenzo, Paraguay 2011.

	Viabilidad (%)
Testigo	100 a*
Paraquat	98 a
Glufosinato de amonio	100 a
Media	99
CV %	1,34

* Medias seguidas por misma letra en la vertical no difieren por la prueba de tukey al 5% de probabilidad de error.

El análisis estadístico de los datos muestra que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos para la prueba de Tetrazolio, se observa una variación de 2% en cuanto a la viabilidad, con un coeficiente de variación de 1,34%.

Cuando se aplica en estado de maduración los desecantes, el efecto de los tratamientos Glufosinato de amonio, Paraquat y testigo no influyen en el daño mecánico de las semillas. Generalmente los mayores daños mecánicos se producen en el procedimiento de cosecha de las semillas con elevada humedad (Sartorre et al. 2003). La clasificación de viabilidad 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, el mayor daño en el vigor y germinación se produce en el embrión (Rossi y González 2006).

En la **Tabla 4**, se encuentran los datos correspondientes al vigor (%) y germinación (%) de las semillas de soja var. Don Mario 7.0 i, luego de ser sometidas a envejecimiento acelerado, en función a los diferentes tratamientos con desecantes, Paraquat, Glufosinato de amonio y testigo (sin desecante).

Tabla 4. Vigor (%) y Germinación (%) para la prueba de envejecimiento acelerado de semillas de soja tratadas con dos desecantes químicos. San Lorenzo, Paraguay. 2011.

	Vigor (%)	Germinación (%)
Testigo	88 c	94 b*
Paraquat	90 b	95 ab
Glufosinato de amonio	94 a	96 a
MEDIA	90	95
CV %	<0,0	0,01

*Medias con letras diferentes difieren entre sí al nivel de 5% de probabilidad de error mediante el test de Tukey.

El análisis estadístico de los datos, muestran que hubo diferencia significativa entre los tratamientos en cuanto al vigor y germinación por la prueba de envejecimiento acelerado.

El mejor vigor de semillas se obtuvo con el tratamiento Glufosinato de amonio con un 94% de vigor, siguiéndole aquellas semillas tratadas con Paraquat con un 90% de vigor y el testigo con un 88% de vigor. Con un coeficiente de variación <0,0%.

En cuanto a la germinación, las semillas tratadas con Glufosinato de amonio presentaron un comportamiento similar estadísticamente a aquellas semillas tratadas con Paraquat, con un 96 y 95% de germinación respectivamente. También se encontró que no existe diferencia significativa entre el testigo y aquellas semillas tratadas con Paraquat, con un 95 y 94% respectivamente.

Sin embargo, sí se encontraron diferencias significativas entre el testigo y aquellas tratadas con Glufosinato de amonio, con un 96 y 94% de poder germinativo. Todos con un coeficiente de variación de 0,01. La prueba de vigor fue más sensible para detectar diferencias entre los distintos tratamientos.

Estos resultados coinciden con el vigor de la prueba de envejecimiento acelerado de Hiroko et al. (2003), el cual encontró que esa variable sufrió una reducción significativa con aplicación de Diquat y Paraquat, y la aplicación de Glufosinato de amonio no perjudica el vigor de las semillas. No coincidiendo con los resultados obtenidos en Canola por Marchiori et al. (2002), donde el Paraquat tuvo un mejor efecto con relación al Glufosinato de amonio.

Las diferencias estadísticas observadas en los tratamientos puede obedecer a varias causas, las cuales ya fueron evidenciadas anteriormente en las pruebas de germinación y vigor.

De este análisis se deduce que las semillas de plantas desecadas con Glufosinato de amonio pueden propiciar una gran ventaja en la obtención de semillas con un alto vigor y poder germinativo.

CONCLUSIONES

En las condiciones del experimento se concluye que:

Los herbicidas a base de Glufosinato de amonio y Paraquat pueden ser utilizados para la desecación en el cultivo de soja, en el momento de la maduración fisiológica, sin que afecte negativamente el rendimiento y peso de mil semillas.

El uso de desecantes propicia un acortamiento del tiempo que transcurre desde la maduración fisiológica hasta la cosecha mecanizada.

El uso de Glufosinato de amonio en la desecación de plantas propicia una menor pérdida en la calidad fisiológica que el Paraquat en términos de germinación y vigor de las semillas de soja.

El Paraquat es el desecante que permite adelantar en 5 días la cosecha mecanizada del cultivo de la soja.

LITERATURA CITADA

- Abiatte, M. 2003. Mundo soja. Buenos Aires: AR. Consultado el 2 de abril de 2011. Disponible en: <http://www.galeon.com/mundosoja/botanica.htm>
- Bragachini, M. 2010. Eficiencia de Cosecha de Soja. Campaña 2009-2010. INTA AR. Consultado el 4 de abril de 2011 disponible en: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/gacetillas/2010/20100223-eficiencia-cosecha-soja.asp>
- Calle, I. 2003. Intoxicación por Paraquat. CES: COL. Consultado el 1 de abril de 2011. Disponible en: <http://www.reeme.arizon.edu/materiales/Paraquat.pdf>
- Carvalho, N.; Nakagawa, J. 1998. Semillas: Ciencia, tecnología y producción. Montevideo, UY: Hemisferio sur-agropecuaria.
- Cordón, M. 2004. Mecanismo de acción de las Familias Químicas. Santader: COL. Consultado el 31 de marzo de 2011. Disponible en: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/h60-7190_anexo1.pdf
- Gazzoni, Br. 1995. Botánica: taxonomía In: El cultivo de la soja en los trópicos—mejoramiento y producción. Roma: IT. FAO p.1–12. Colección FAO. Producción y protección vegetal N° 27.
- Hiroko, M.; Marchiori, O.; De lucca, A.; Silverio, R.; Rizztti, M.; Constantin, J. 2003. Rendimiento de graos e qualidade de sementes de soja após a aplicacao de herbicidas desecantes. Ciencia Rural, julio. Agosto. Vol 33-04. Santa María-BR. Consultado el 10 de mayo de 2011. Disponible en: <Http://redalyc.vaeme.mx/pdf/331/22122430.pdf>
- Instituto Nacional de Tecnología Argentina - INTA 1998. El cultivo de la soja en Argentina. Consultado el 29 de marzo de 2011. Disponible en www.agrobit.com/info_tecnica/agricultura/soja/AG_000010so.htm.
- León, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. Tercera edición. San José: CR. 522p. Consultado el 27 de marzo de 2011. Disponible en: http://books.google.com/books?id=NBtu79LJ4h4C&pg=PA21&lpg=PA21&dq=botanica+de+los+cultivos+tropicales&source=bl&ots=_d6tOi5sYB&sig=VocaYdVIQI7U7eOW8eDNWP2nXF4&hl=es&ei=qZunTYn7BpS_gQegv4j0BQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&sqi=2&ved=0CBoQ6AEwAA#v=onepage&q=botanica%20de%20los%20cultivos%20tropicales&f=false).
- Marchiori, O.; Inoue, M.; Braccini, A.; Oliveira, R.; Avila, M.; Constantin, J. 2002. Qualidade e Produtividade de Sementes de Canola (*Brassica napus*) após Aplicacao de Dessecantes em Pré-colheita. Consultado el 6 de mayo de 2011. Disponible en: www.scielo.br/pdf/v20n2/12.pdf
- Morales, A. 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos Agrícolas de Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y ganadería. San José: CR. Consultado el 05 de abril de 2011. Disponible en: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_soja.pdf
- Morelan, D. 1980. Mechanism of action of Herbicides. Annual Review of plant physiology. Vol 31:592.638. Consultado el 10 de mayo de 2011. Disponible en www.annualreviews.org/doc/abs/101146/annurev.pp31.060180.003121
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación—FAO. 1996 (a). Consultado el 30 de marzo de 2011. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s0e.htm#desviadores%20del%20fotosistema%201:%20bipiridilos>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación—FAO. 1996 (b). Consultado el 30 de marzo de 2011. Disponible en: (<http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s0e.htm#inhibidores%20de%20la%20s%C3%ADntesis%20de%20glutamina:%20Glufosinato>)
- Pergolini, S. 2006. Factores que explican las variaciones de rendimiento del cultivo de soja entre los sectores de Bajo y Loma. Consultado el 27 de marzo de 2011. Disponible en: <http://www.elsitioagricola.com/articulos/pergolini/Factores%20que%20Explican%20Variaciones%20de%20Rendimiento%20de%20Soja%20entre%20Sectores%20de%20Bajo%20y%20Loma.asp>
- Ridner, E. 2006. Soja, propiedades nutricionales y su impacto en la salud. Buenos Aires: Ar. Grupo Q. S.A: Sociedad Argentina de Nutrición. 96p. Consultado el 25 de marzo de 2011. Disponible en: www.sanutricion.org.ar/pdf/soja.pdf
- Rossi, C.; González, S. 2006. Problemas en la calidad de semillas de soja. Unidad técnica Semillas INIA. Revista INIA-N° 9. AR. Consultado el 3 de mayo de 2011. Disponible en: www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ara/ara-220.pdf
- Satorre, E; Benech Arnold, R; Slafer, G; De La Fuente, E; Miralles, D; Otegui, M; Savin, R. 2003. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. 1era edición. Buenos Aires, AR: Facultad de Agronomía UBA. 783p.

- Senave. 2010. Normativa Paraguaya sobre semillas. Compendio de Normativas vigentes del servicio Nacional de calidad y sanidad vegetal y de semillas (SENAVE) sobre productos fitosanitarios fertilizantes y afines. PY. 340p
- Syngenta. 2011(a). Centro de información del Paraquat. Consultado el 3 de abril de 2011. Disponible en: <http://Paraquat.com/spanish/faq/technical/p-%C2%B Fcu%C3%A1-es-el-modo-de-acci%C3%B3n-del-Para quat%E2%84%A2-en-la-planta>
- Syngenta. 2011(b). Centro de información del Paraquat. Consultado el 3 de abril de 2011. Disponible en: <http://Paraquat.com/spanish/banco-de-conocimientos/ producci%C3%B3n-y-protecci%C3%B3n-de-cultivos/- modo-de-acci%C3%B3n-c%C3%B3mo-act%C3%BAa n-los-herbicida>
- Wendler, C.; Barniske, M.; Wild, A. 1990. Effect of phosphinothricin (glufosinate) on photosynthesis and photorespiration of C3 and C4 plants. Photosynthesis research. Vol 24, Number 1, 55-61. Consultado el 5 de mayo de 2011. Disponible en WWW. Springerlink.com/Content/h10m255488r5x228/