

Épocas de la aplicación de desecantes en el cultivo de la soja: tenor de agua y productividad¹

Seasons of desiccant application in the soybean crop: water content and productivity

Igor Cruz Malaspina², Edson Lazarini³, Wandemberg Assis Silva Oliveira⁴, Luiz Henrique Marcandalli^{5*} e Felipe Carlos Alvarez Fillanueva⁶

RESUMEN - Los herbicidas glifosato y paraquat son utilizados por los productores de soja con el objetivo de desecar las plantas, anticipar y uniformizar la cosecha. Sin embargo, el uso indiscriminado de herbicidas puede causar problemas eventualmente en las características agronómicas y fisiológicas del cultivo. El presente trabajo tuvo por objetivo evaluar la utilización de los herbicidas glifosato y paraquat como desecantes para el cultivo de la soja. El experimento fue llevado a cabo en el año agrícola 2005/06, en un delineamiento experimental de bloques al azar, con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron dispuestos en dos esquemas factoriales, 3x3x5x2 y 3x2x5x2: dos desecantes (glifosato y paraquat) y un testigo (sin desecación), aplicación de los desecantes en tres y dos estadios fenológicos de las plantas (R₆, R₇ y R₈) y (R₇ y R₈), para las variedades MSOY 6101 de ciclo superprecoz, y MG/BR 46 (Conquista) de ciclo precoz, respectivamente, cinco épocas de muestreo (2; 4; 6; 8 y 10 días después de la aplicación) y evaluación en dos posiciones en la planta (ápice y base). Fue evaluada la producción de semillas, masa y tenor de agua de 100 semillas. Los desecantes evaluados fueron eficientes en la reducción del tenor de agua de las semillas, sin afectar la productividad y la masa de 100 semillas.

Palavras-chave: Desecante. Glifosato. Paraquat. Humedad.

ABSTRACT - The herbicides glyphosate and paraquat have been used by Brazilian soybean producers to obtain crop desiccation and to anticipate and uniformity at harvest. However, improper use of herbicides can to occasion problems in agronomic and physiologic characteristics of crop. This study aimed to evaluate the use of the glyphosate and paraquat herbicides as a desiccant for growing soybeans. The experiment was conducted in 2005/06 crop year, in an experimental design of randomized blocks with four replications. Treatments were arranged in two factorial design, 3x3x5x2 and 3x2x5x2: two desiccants (glyphosate and paraquat) and control (without drying), three and two growth stages (R6, R7 and R8) and (R7 and R8) for varieties MSOY 6101 of superprecocious cycle, and MG / BR 46 (Conquista) of precocious cycle, respectively, five sampling times (2, 4, 6, 8 and 10 days after application) and two positions in the plants on the ground assessment (apex and base). Was evaluated for seed production, mass and water content of 100 seeds. Desiccants tested were effective in reducing the water content of seeds, without affecting productivity and mass of 100 seeds.

Key words: Desiccant. Glyphosate. Paraquat. Humidity.

*Autor para correspondência

¹Recibido para publicación en 06/09/2011; aprobado em 22/03/2012

Parte de la Disertación de Maestría del primer autor, presentada al Programa de Postgraduación en Sistemas de Producción/Agronomía/Faculdade de Engenharia/UNESP, Campus Ilha Solteira

²Centro Universitário Luterano de Ji-Paraná/ULBRA, Av. Eng^o Manoel B. A, da Fonseca, 762, Caixa Postal 271, Ji-Paraná, Rondônia-RO, Brasil, 76.907-438, Brasil, igor@ulbraj.edu.br

³Departamento de Fitotecnia Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia/Faculdade de Engenharia/UNESP, campus Ilha Solteira, Av. Brasil, 56 Caixa Postal 31, Ilha Solteira-SP 15.385-000, lazaroni@agr.feis.unesp.br

⁴Faculdade de Engenharia/UNESP campus Ilha Solteira, Av. Brasil, 56 Caixa Postal 31, Ilha Solteira-SP, Brasil, 15.385-000, wandemberg_ol@hotmail.com

⁵Energia Nuclear na Agricultura e Ambiente/CENA/USP/Lab. de Nutrição Mineral de Plantas, Av. Centenário 303, Caixa Postal 96, Piracicaba- SP, Brasil, 13.416-000, luizmarcandalli@cena.usp.br

⁶Agricultura e Ambiente CENA/USP/Lab. de Nutrição Mineral de Plantas, Av. Centenário 303, Caixa Postal 96, Piracicaba-SP, Brasil, 13.416-000, falvarez950@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

Brasil es el segundo mayor productor mundial de soja (*Glycine max*, L. Merrill), con 57,1 mil toneladas producidas en la zafra 2008/09, en 21,7 mil hectáreas (ha) cultivadas, lo que representa 41,8% de la producción total de granos y 45,2% de área cultivada en el país (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2009). A pesar de eso, la productividad media nacional de esa zafra fue de 2.631 kg ha⁻¹, inferior a las productividades ya alcanzadas en Brasil en años anteriores, lo que fue atribuido a condiciones climáticas adversas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2009).

La soja es el principal cultivo agrícola producido en Brasil, donde se ha aumentado el cultivo de variedades transgénicas resistentes al glifosato. Esa modalidad de soja representa una descubierta revolucionaria en la tecnología de manejo de plantas dañinas, pues permite el uso del glifosato en post-emergencia del cultivo (PEREIRA *et al.*, 2008; CARVALHO *et al.*, 2009).

De modo general, es posible afirmar que la calidad de las semillas disminuye a partir de la madurez fisiológica, dependiendo de las condiciones climáticas, principalmente, temperatura y humedad relativa del ambiente al que están expuestas, hasta el momento de la cosecha (GARCIA *et al.*, 2004). Una alternativa para los productores de soja, para minimizar el deterioro de la calidad de las semillas en el campo, o para anticipar la cosecha en áreas comerciales de producción, es el uso de herbicidas desecantes (INOUE *et al.*, 2003).

La cosecha de la soja debe ser realizada cuando la humedad de las semillas está entre 13% y 15% (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2005). La aplicación de los desecantes es realizada cuando la mayoría de las semillas están maduras, con la finalidad de promover el secado más rápido de las plantas y el aumento de la uniformidad en la maduración, lo que facilita la cosecha, la obtención de menor cantidad de impurezas y semillas de mejor calidad, además de la reducción de pérdidas y menor costo en el secado (INOUE *et al.*, 2003).

Los herbicidas bipiridilos son considerados muy efectivos, pues son rápidamente absorbidos por las plantas, pero no son translocados en cantidades suficientes para destruir las raíces (GOMES *et al.*, 2003). Un ejemplo clásico es el paraquat, herbicida de contacto, inhibidor del sistema fotosintético I, que reduce drásticamente el contenido de agua de la biomasa verde de las plantas.

Otro herbicida muy utilizado para desecación, en áreas donde se practica la siembra directa, es el glifosato. Este herbicida sistémico, del grupo de las glicinas, posee largo espectro de acción, no es selectivo y es utilizado

en post-emergencia de las plantas dañinas. Actúa en la inhibición de la enzima 5-enolpiruvil-shiquimato-3-fosfato sintetasa (EPSPS), comprometiendo la biosíntesis de los aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina, triptófano y también de la clorofila, alterando estructuras y provocando daños celulares irreversibles, tales como la ruptura parcial del cloroplasto y de la pérdida de agua del retículo endoplásmico rugoso (MENEZES *et al.*, 2004).

Diversos resultados positivos han sido obtenidos sobre la eficacia de desecantes en la reducción del grado de humedad y preservación de la calidad de semillas de soja (KAPPES *et al.*, 2009).

En ese sentido, el objetivo del presente trabajo fue evaluar, en las variedades de soja MG/BR 46 (Conquista) e MSOY 6101, el efecto de la aplicación de dos herbicidas desecantes, en diferentes estadios reproductivos de las plantas, con relación al comportamiento del contenido de agua y la producción de semillas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado en dos etapas, una en el campo y otra en el laboratorio. La fase de campo fue en la Hacienda de Enseñanza, Investigación y Extensión de la Faculdade de Engenharia - Universidade Estadual Paulista (FE/UNESP), localizada en el municipio de Selvíria en Mato Grosso do Sul, con precipitación y temperatura anual media de 1.370 mm y 23,5 °C, respectivamente.

El delineamiento experimental utilizado fue en bloques casualizados con cuatro repeticiones. Los tratamientos y evaluaciones fueron dispuestos en un esquema factorial, y evaluadas separadamente las variedades de soja MSOY 6101 y MG/BR 46 (Conquista). Para la variedad MSOY 6101 de ciclo superprecoz se utilizó el factorial 3x3x5x2, dos desecantes (glifosato y paraquat) y un testigo (sin desecante), aplicación en tres estadios fenológicos de las plantas (R₆, R₇ y R₈), cinco épocas de muestreo después de la aplicación de los desecantes (2; 4; 6; 8 y 10 días) y evaluación en dos posiciones en la planta (ápice y base). Para la variedad MG/BR 46 (Conquista) de ciclo precoz, se utilizó el factorial 3x2x5x2, dos desecantes (glifosato y paraquat) y un testigo (sin desecante), aplicación en dos estadios fenológicos de las plantas (R₇ y R₈), debido a que esta variedad presentó un estadio R₆ muy corto, que imposibilitó la aplicación de los desecantes, cinco épocas de muestreo después de la aplicación de los desecantes (2; 4; 6; 8 y 10 días) y evaluación en dos posiciones en la planta (ápice y base). Las evaluaciones, épocas de muestreo y las posiciones de evaluación en la planta, fueron realizadas en los tratamientos solamente para la determinación de la cantidad de agua en las semillas, pues la determinación de productividad y de la masa de 100 semillas fue realizada al final del experimento, en la cosecha de todo el cultivo.

Las parcelas experimentales constaron de 10 líneas de 15 m de largo, espaciadas a 0,45 m, totalizando 67,5 m². El área útil considerada fue de seis líneas centrales con 10 m de largo. El cultivo de la soja fue instalado y conducido de acuerdo con las recomendaciones de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (2005), en lo que se refiere al tratamiento y inoculación de las semillas, manejo de plantas dañinas, plagas y enfermedades. La siembra se realizó en 29/11/2005 y la emergencia ocurrió en 05/12/2005. La densidad de siembra utilizada fue de 18 y 22 semillas por metro de surco, respectivamente para las variedades MG/BR 46 (Conquista) y MSOY 6101 y la fertilización en la siembra fue de 150 kg ha⁻¹ de la fórmula 08-28-16 (N-P-K), basada en el análisis de la fertilidad del suelo.

Los herbicidas paraquat y glifosato tienen las siguientes características:

- **Paraquat:** Dicloruro de 1,1'-dimetil-4,4'-bipiridilo, del grupo químico de los bipiridilos. Este compuesto es totalmente soluble en agua, no deja residuos en el suelo, es rápidamente absorbido por los tejidos verdes de las plantas con translocación muy reducida y acción inmediata. La dosis utilizada fue de 400 g ha⁻¹ de ingrediente activo.

- **Glifosato:** sal de isopropilamina de N-(fosfonometil) glicina, del grupo químico de los derivados de la glicina. La absorción es foliar, penetra en la cutícula por difusión y se disemina en la planta por translocación sistémica, con preferencia por el floema, tanto para las hojas y meristemas aéreos, como para los subterráneos. Provoca amarilleamiento de las hojas, marchitez, posterior necrosis y muerte de las plantas, lo que demora cerca de 7 a 14 días. La dosis utilizada fue de 540 g ha⁻¹ de ingrediente activo.

Para la aplicación de los herbicidas se utilizó un tractor equipado con un pulverizador de 600 L de capacidad, con barras de 6 m que poseía boquillas tipo abanico, espaciadas a 0,5 m y calibrado para aplicación de un volumen de 200 L ha⁻¹ del producto. Las aplicaciones de los desecantes fueron realizadas de preferencia en el período de la mañana.

Para la identificación de los estadios de las plantas se utilizó la descripción de Fehr *et al.* (1971) y se realizaron visitas periódicas al área experimental a partir del inicio de la formación de las semillas. Por tratarse de variedades con ciclos diferentes, los estadios de las dos variedades ocurrieron en fechas diferenciadas. En la variedad MSOY 6101 las aplicaciones ocurrieron en los estadios R₆ el diez de marzo, R₇ el veinte de marzo y R₈ el 29 de marzo y, para la variedad MG/BR 46 (Conquista), en los estadios R₇ el veinte de marzo y R₈ el veintinueve de marzo, todos en el año 2006. Las evaluaciones realizadas fueron las siguientes:

- **Contenido de agua de las semillas:** fue determinado antes de la aplicación de los desecantes y

a los 2; 4; 6; 8 y 10 días después de la misma. Para eso, en cada muestreo se recogieron 60 plantas por parcela (10 plantas seguidas en cada línea del área útil de cada parcela), de las cuales se retiró, al acaso, 10 vainas de la posición inferior de la planta (base) y 10 de la parte superior (ápice). La determinación del contenido de agua en las semillas retiradas de cada posición en la planta fue realizado en estufa (105 ± 3 °C por 24 horas), de acuerdo con la Norma para Análisis de Semillas (BRASIL, 2009). Antes de la retirada de las vainas para determinación de la humedad, se contó, en cada planta, el número de nudos en el tallo principal y se dividió en partes iguales de acuerdo con el número de nudos, adoptándose la misma altura de corte para las ramas.

- **Producción de semillas:** la producción de semillas fue evaluada por medio de la cosecha manual en todas las plantas contenidas en tres líneas de 3 m de largo, dentro del área útil de cada parcela. Las parcelas con aplicación de los desecantes en los estadios R₆ y R₇ fueron recogidas el cinco de abril/2006 y las que recibieron la aplicación en el estadio R₈ fueron recogidas el once de abril/2006. El material muestreado, después de la identificación, fue secado al sol y trillado mecánicamente, pesadas las semillas y los datos transformados en kg ha⁻¹ de semillas. Posteriormente se determinó el contenido de humedad de las semillas y fue corregida la producción para semillas con 13% de humedad.

- **Masa de 100 semillas:** dos muestras de 100 semillas de la producción obtenida, en cada parcela, fueron utilizadas para determinar la masa en balanza de 0,01 g de precisión y corregida la masa para semillas con 13% de humedad.

El análisis estadístico de los datos obtenidos fue realizado con el auxilio del programa SANEST (ZONTA; MACHADO, 1991). Fueron realizados los análisis de variancia por el teste F, verificando así la diferencia significativa de los tratamientos (desecantes y estadio de aplicación) y de las evaluaciones (épocas de muestreos y dos posiciones en la planta). Para obtención de las diferencias estadísticas se utilizó, para los tratamientos (desecantes y épocas de aplicación) y para la evaluación (posición en la planta), el teste Tukey a 5% de probabilidad. En la evaluación entre las épocas de muestreo se utilizó el método de regresión polinomial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores obtenidos del teste F (Tabla 1) muestran que, para las dos variedades de soja, en el contenido de agua hubo diferencias entre los tratamientos época de aplicación de los desecantes, las épocas de muestreo y los desecantes y que, las interacciones entre estos fueron significativas. Sin embargo, en los tratamientos de la

Tabla 1 - Valores del teste F de las evaluaciones del contenido de agua en la semilla, masa de 100 semillas y productividad de dos variedades de soja, sometidas a diferentes desecantes y épocas de aplicación. Selvíria-MS, 2006

Tratamientos	Contenido de agua (%)		Masa 100 sem. (g)		Productividad (kg ha ⁻¹)	
	6101	Conquista	6101	Conquista	6101	Conquista
Épocas (E)	7004,94**	5579,66**	1,63 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,15 ^{ns}
Muestras (A)	1229,23**	1262,65**	s/d	s/d	s/d	s/d
Desecantes (D)	815,51**	723,75**	1,02 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,20 ^{ns}
Posiciones (P)	0,57 ^{ns}	0,08 ^{ns}	s/d	s/d	s/d	s/d
E x A	62,48**	111,55**	s/d	s/d	s/d	s/d
E x D	25,79**	21,54**	0,15 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,20 ^{ns}
E x P	0,10 ^{ns}	0,01 ^{ns}	s/d	s/d	s/d	s/d
A x D	52,36**	41,86**	s/d	s/d	s/d	s/d
A x P	0,38 ^{ns}	1,11 ^{ns}	s/d	s/d	s/d	s/d
D x P	0,07 ^{ns}	1,07 ^{ns}	s/d	s/d	s/d	s/d
R. L.	6061,72**	6160,75**	s/d	s/d	s/d	s/d
R. C.	70,82**	136,71**	s/d	s/d	s/d	s/d
Desvíos estándar	4,53**	5,27**	s/d	s/d	s/d	s/d
CV (%)	3,93	3,30	1,62	1,91	12,77	9,69

** y * - significativo a 1 y 5%, respectivamente; ^{ns} - valores no significativos; s/d - evaluaciones no realizadas. sem. - semillas. R.L. regresión lineal, R.C. regresión cuadrática

posición en la planta, ápice y base, no hubo diferencias y las interacciones con los demás tratamientos no fueron significativas, lo que puede evidenciar que los desecantes fueron aplicados y actuaron uniformemente en las plantas. Por otra parte, se verifica también que, en la masa de 100 semillas y la productividad de las dos variedades de soja, no hubo diferencias en los tratamientos evaluados, épocas de aplicación de los desecantes y los desecantes, como tampoco interacción significativa entre estos. A pesar de no haber encontrado diferencias entre la masa de 100 semillas en los estadios fenológicos evaluados, Marcandalli *et al.* (2011), observaron que esos desecantes pueden reducir la calidad fisiológica de las semillas cuando son aplicados en el estadio R₆ de la soja.

La productividad de semillas y la masa de 100 semillas (Tabla 2) no fueron influenciadas por la aplicación de los desecantes en las épocas evaluadas, resultado este contrario a lo reportado por Lacerda *et al.* (2001), quienes realizaron aplicaciones de diferentes desecantes a los 92 (R6), 97 (R7) y 102 (R8) días después de la emergencia y observaron que en la primera aplicación hubo reducción de la productividad, probablemente debido a que las semillas no estaban completamente formadas en ese estadio. Daltro *et al.* (2010) no observaron diferencias en las productividades obtenidas de las variedades Conquista, Pintado y Tucunaré en experimentos con el uso de desecantes aplicados en el estadio R_{6,5} y R₇, los que

concluyeron que, probablemente las semillas ya estaban completamente formadas en ese período, lo que confirma que, la aplicación de los desecantes en la forma y momento correctos no tiene influencia en la productividad de la soja.

En este experimento se destacan las variedades MG/BR 46 (Conquista) y MSOY 6101 con productividades superiores a 3.500 kg ha⁻¹ y 2.700 kg ha⁻¹, respectivamente, valores que superaron tanto la productividad media nacional, 2629 kg ha⁻¹ (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2009), como la reportada por Andreotti *et al.* (2010), con 3249 kg ha⁻¹ para la variedad Conquista, en experimentos realizados en la misma área con irrigación.

Ensayos conducidos con la variedad de soja UFV-2 evidenciaron que la producción de semillas aumentó en la medida que las aplicaciones de paraquat fueron realizadas más próximas a la madurez fisiológica de las semillas (estadio R₈), alcanzando el máximo de la producción en torno al estadio R_{7,5} (FONSECA, 1984).

En el desdoblamiento de la interacción época de aplicación x época de muestreo (Tabla 3 y Figura 1), se observa que con la variedad MSOY 6101, independientemente del intervalo entre la aplicación y la época de muestreo, en el estadio R₆ se obtuvo siempre mayor tenor de agua en las semillas, con valor medio de 64,8%, en el momento de la aplicación del desecante.

Tabla 2 - Medias del contenido de agua en las semillas, masa de 100 semillas y productividad, en función de los tratamientos. Selvíria - MS, 2006¹

Tratamientos	Contenido de agua (%)		Masa 100 sem. (g)		Productividad (kg ha ⁻¹)	
	6101	Conquista	6101	Conquista	6101	Conquista
R6	49,4 a	s/d	17,5 a	s/d	2,773 a	s/d
R7	33,1 b	34,6 a	17,6 a	19,4 a	2,769 a	3,665 a
R8	22,4 c	22,8 b	17,4 a	19,4 a	2,741 a	3,609 a
Testigo	39,7 a	32,3 a	17,6 a	19,3 a	2,773 a	3,655 a
Paraquat	30,4 c	24,9 c	17,5 a	19,5 a	2,762 a	3,683 a
Glifosato	34,8 b	28,9 b	17,4 a	19,5 a	2,748 a	3,574 a
Ápice	35,0 a	28,7 a	s/d	s/d	s/d	s/d
Base	34,9 a	28,7 a	s/d	s/d	s/d	s/d
Media Total	35,0	28,7	17,5	19,4	2,761	3,637

¹Las medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí por el teste Tukey al nivel de 5%; s/d - evaluaciones no realizadas. sem. - semillas

Tabla 3 - Desdoblamiento de las interacciones época de muestreo x época de aplicación y desecante x época de aplicación, significativa para el contenido de agua (%) en las semillas de las variedades utilizadas. Selvíria - MS, 2006¹

Tratamientos	-----MSOY 6101-----			-----MG/BR 46 (Conquista)-----	
	R6	R7	R8	R7	R8
0	64,8 a	44,5 b	30,2 c	47,2 a	30,5 b
2	58,8 a	39,6 b	25,9 c	42,0 a	26,4 b
4	51,7 a	35,7 b	22,9 c	36,6 a	23,0 b
6	44,9 a	29,5 b	19,9 c	30,0 a	20,6 b
8	40,5 a	25,7 b	18,4 c	28,0 a	18,5 b
10	35,7 a	23,8 b	17,2 c	23,9 a	17,7 b
Testigo	55,6 aA	37,8 bA	25,8 cA	38,9 aA	25,6 bA
Paraquat	43,3 aC	28,8 bC	19,2 cC	30,4 aC	19,4 bC
Glifosato	49,4 aB	32,8 bB	22,1 cB	34,5 aB	23,3 bB

¹Dentro de cada variedad, las medias en las líneas seguidas por la misma letra minúscula y en las columnas por la misma letra mayúscula, difieren estadísticamente entre sí por el teste Tukey al nivel de 5%, con un coeficiente de variación cercano al 3%

Según Fehr *et al.* (1971), ese estadio se caracteriza por presentar semillas aún en formación y, por tanto, con elevado contenido de agua.

Para la variedad MG/BR 46 (Conquista) también se verificó diferencia en el contenido de agua en la semilla, en relación a la época de aplicación del desecante, destacándose el estadio R₇ con mayor contenido. Por tanto, se verifica que las aplicaciones fueron realizadas estando las semillas con diferentes contenidos de agua.

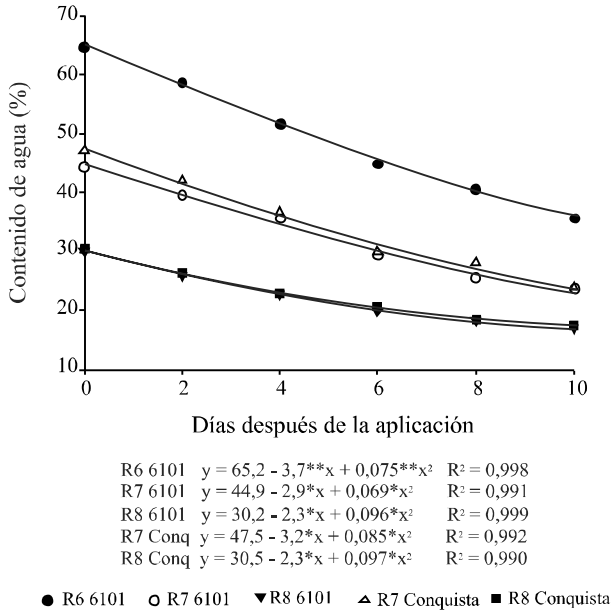
En las dos variedades evaluadas, el paraquat fue más eficiente en la reducción del contenido de agua en todas las épocas de aplicación ensayadas (Tabla 3). El paraquat presenta absorción foliar más rápida y también una acción inmediata de reducción del contenido de agua al actuar

como inhibidor del sistema fotosintético I, lo que justifica su mayor eficiencia en la reducción del agua en las semillas.

Se verifica que independiente a la variedad, en media, después de la aplicación de los desecantes y en el testigo, hay reducción en el contenido de agua en las semillas en función de los muestreos (Figura 1), principalmente para el estadio R₆, y que, el comportamiento de las variedades, cuando evaluadas en el mismo estadio (R₇ o R₈), fue semejante. El contenido de agua en las semillas, en función de los muestreos, se ajustó a funciones cuadráticas con coeficientes de determinación de 0,99 en todas las aplicaciones de desecantes realizadas.

En el desdoblamiento de la interacción desecante x época de aplicación (Tabla 3) se verificó otra vez que las aplicaciones ocurrieron en semillas con diferentes contenidos

Figura 1 - Desdoblamiento de la interacción época de muestreo x época de aplicación, significativa para contenido de agua en las semillas de las variedades MSOY 6101 y MG/BR 46 (Conquista). Selvíria-MS, 2006. ** e * - significativo a 1 y 5%



de agua, siendo significativamente decreciente, al comparar los estadios R₆, R₇ y R₈ para la variedad MSOY 6101 y R₇ y R₈ para la variedad MG/BR 46 (Conquista). En la comparación entre los desecantes evaluados y el testigo, se verificó que los dos desecantes fueron diferentes del testigo, en todos los estadios y las dos variedades de soja. Entre los desecantes, hubo diferencia significativa, destacándose, en todas las evaluaciones, el paraquat, caracterizándolo como más eficiente en la reducción del contenido de agua en las semillas diez días después de la aplicación.

Es sabido que el paraquat y la mezcla paraquat + diuron son efectivos en el desecado de las plantas de soja. Freitas (1984), observó que el paraquat proporcionó la reducción más rápida en el contenido de agua de las semillas en relación a los otros desecantes, sin embargo, al final de siete días después de la aplicación, todos ocasionaron reducciones semejantes.

La absorción y translocación del paraquat para el interior de las hojas ocurre por la cutícula. La acción del paraquat está íntimamente asociada con la fotosíntesis y, en particular, con la reacción de la luz. Existen evidencias de que cantidades catalíticas de paraquat en los cloroplastos de las células causan rápidas reducciones y reoxidaciones, produciendo peróxido de hidrógeno (H₂O₂), que resulta tóxico a la planta y causa un drástico efecto sobre la desorganización celular. Según Lacerda *et al.* (2003), el grado de desecación está estrechamente relacionado

con la intensidad del daño causado por el producto a la membrana de la célula, permitiendo la pérdida más o menos rápida de agua.

En todas las evaluaciones realizadas después de la aplicación de los desecantes (Tabla 4), se observó que el paraquat, independiente de la variedad, fue el que proporcionó mayor reducción en el contenido de agua de las semillas. El tratamiento con glifosato también fue diferente del testigo, demostrando un potencial para reducción del contenido de agua de las semillas de soja.

En la evaluación de pérdida de agua en las semillas, se observa que el testigo presenta una pérdida de forma lenta, función lineal, mientras que los desecantes proporcionan mayor reducción, con independencia de la variedad (Figura 2), destacándose nuevamente el paraquat, con ajustes de los datos a ecuaciones cuadráticas con coeficiente de determinación $r^2 = 0,99$.

De esa forma, se verifica que, en 10 días después de la aplicación del paraquat en la variedad MSOY 6101, se obtuvo un valor próximo al 18% (Tabla 4), probablemente debido a que este valor es una media de las evaluaciones realizadas en las tres épocas de aplicación (estadios R₆, R₇

Figura 2 - Desdoblamiento de la interacción época de muestreo x desecante, significativa para contenido de agua en las semillas de las variedades MSOY 6101 y MG/BR 46 (Conquista). Selvíria-MS, 2006. ** e * - significativo a 1 y 5%

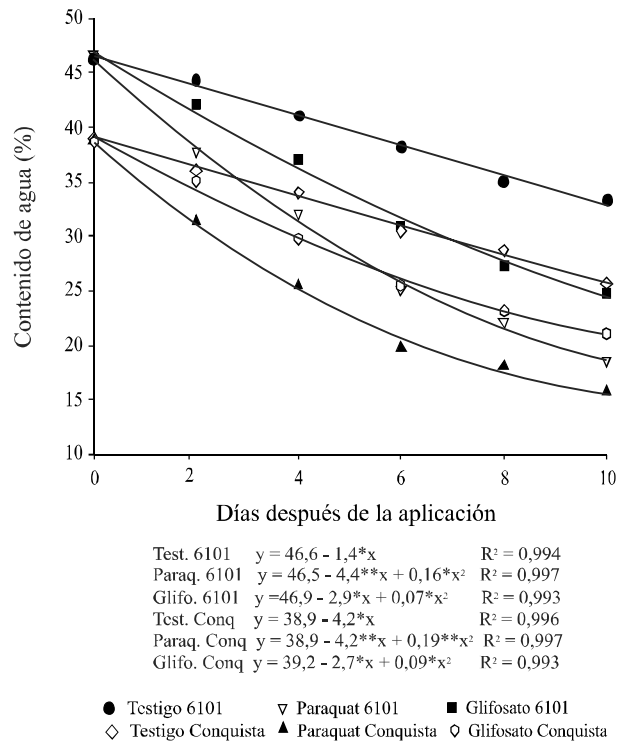


Tabla 4 - Desdoblamiento de la interacción época de muestreo x desecante, significativa para el contenido de agua (%) en las semillas de las variedades utilizadas. Selvíria - MS, 2006¹

Tratamientos	MSOY 6101			MG/BR 46 (conquista)		
	testigo	paraquat	glifosato	testigo	paraquat	glifosato
0	46,3a	46,7a	46,4a	39,0a	38,8a	38,7a
2	44,3a	37,9c	42,1b	36,1a	31,4c	35,1b
4	41,1a	32,1c	37,0b	34,0a	25,5c	29,8 b
6	38,2a	25,2c	30,9b	30,5a	19,8c	25,5 b
8	35,1a	22,2c	27,3b	28,7a	18,0c	23,1 b
10	33,3a	18,5c	24,8b	25,7a	15,7c	21,1 b

¹ Medias seguidas de la misma letra en la línea, no difieren entre sí por el teste Tukey al nivel de 5%

e R₈). Para la variedad MG/BR 46 (Conquista), con ocho días después de la aplicación de paraquat, se obtuvo 15% de humedad en las semillas, valor próximo al punto de cosecha, probablemente por el hecho de haber iniciado la aplicación del desecante en el estadio R₇ en esta variedad.

De esta forma, después de 8 y 10 días de la aplicación del paraquat, en las variedades MG/BR 46 (Conquista) y MSOY 6101, respectivamente, ya era posible iniciar la cosecha, lo que no sucedería con la aplicación de glifosato y principalmente sin la aplicación de desecantes (Tratamiento testigo).

Es conocido que el contenido de agua en las semillas de soja disminuye durante todo el período de su desarrollo. Las semillas presentan, inicialmente, en ocasión de la fertilización (sexual), contenido de agua de cerca de 90%, ocurriendo enseguida reducción a 70% y, posteriormente, durante casi todo el período de acúmulo del peso de la materia seca, el contenido de agua disminuye lentamente (LACERDA *et al.*, 2003).

Freitas (1984), al aplicar 2,0 L ha⁻¹ de paraquat comercial en la variedad de soja IAC-8, en épocas establecidas según los estadios R₆, R₇ y R₈, verificó que la aplicación del producto en el estadio R₇, caracterizado como de madurez fisiológica, permitió una anticipación de 18 días en la cosecha, en relación a la época normalmente utilizada por los agricultores y sin prejuicios en relación a la capacidad de producción de granos, sin embargo la germinación y vigor fueron afectados.

Resultados con anticipación de la cosecha de dos días en relación al testigo también fueron obtenidos por Kappes *et al.* (2009), analizando el potencial fisiológico de semillas de soja, variedad M-Soy 8866, desecadas con diquat y paraquat en el municipio de Santa Carmem, norte de Mato Grosso, en el año agrícola de 2006/2007. Estos autores verificaron que los lotes desecados con paraquat, en comparación con el lote testigo sin desecante, presentaron mejor desempeño en algunos de los testes utilizados de calidad.

La aplicación de desecantes en soja es recomendada en el estadio R₇, el que es caracterizado por la formación completa de la semilla y alto contenido de agua en la misma, con pérdida de agua a partir de ese momento y finalización del acúmulo de masa seca en estas. Por tanto, en el estadio anterior (R₆), considerado como principal período de acúmulo de masa seca en las semillas, cualquier factor desfavorable a la fotosíntesis puede influenciar negativamente en la productividad. El efecto de la aplicación de desecante en ese estadio no puede ser observado en la variedad MG/BR 46 (Conquista) debido a que las aplicaciones son más tardías, sin embargo, en la variedad MSOY 6101, el hecho de que la productividad obtenida en R₆ es estadísticamente semejante a las demás, puede deberse, probablemente, a que cuando se aplicó los desecantes, esa variedad ya se encontraba cerca del estadio R₇. Lacerda *et al.* (2003), citan el contenido de agua entre 50 y 60% como el momento más adecuado para aplicación de desecantes en soja y, se observa en la tabla 3 que, en el momento de la aplicación en el estadio R₆ de la variedad MSOY 6101 (Tabla 3), las semillas estaban con 64,8% de contenido de agua, próximo al rango citado por esos autores.

CONCLUSIONES

1. Los desecantes fueron eficientes en la reducción del contenido de agua de las semillas de soja, siendo el paraquat más eficiente que el glifosato;
2. La aplicación de los desecantes en el estadio R₆ de la variedad MSOY 6101 y R₇ de la variedad MG/BR 46 no redujo la productividad, pudiendo ser recomendados para anticipación de la cosecha;
3. No se verificó efectos negativos de la aplicación de los desecantes, en los estadios utilizados, sobre la productividad de la soja y masa de 100 semillas.

REFERENCIAS

- ANDREOTTI, M. *et al.* Produtividade da soja correlacionada com a porosidade e a densidade de um Latossolo Vermelho do cerrado brasileiro. **Ciência Rural**, v. 40, n. 03, p. 520-526, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- CARVALHO, L. B. *et al.* Efeito da dessecação com glyphosate e chlorimuro-ethyl na comunidade infestante e na produtividade da soja. **Planta Daninha**, v. 27, p. 1025-1034, 2009. Número Especial.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo primeiro levantamento, agosto/2009**. Brasília: CONAB, 2009. 39 p. Disponível em: <http://www.conabweb/download/safra/estdo_safra.pdf>. Acesso em: 15 out. 2009.
- DALTRO, E. M. F. *et al.* Aplicação de dessecantes em pré-colheita: efeito na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 01 p. 111-122, 2010
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil – 2006**. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 220 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Site da Embrapa Soja**. 2009. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?cod_pai=2&op_page=294>. Acesso em: 28 ago. 2010.
- FEHR, W. R. *et al.* Stage of development descriptions for soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill). **Crop Science**, v. 11, n. 06, p. 929-31, 1971.
- FONSECA, N. **Influência da aplicação de paraquat sobre a produção e a qualidade da semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1984. 48 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1984.
- FREITAS, E. L. **Efeitos do dessecamento realizados em diferentes estádios reprodutivos anteriores à colheita da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), c.v. IAC-8**. 1984. 68 p. Graduação (Monografia em que) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1984.
- GARCIA, D. C. *et al.* A secagem de sementes. **Ciência Rural**, v. 34, n. 02, p. 603-608, 2004.
- GOMES, J. C. *et al.* Efeito do dessecante paraquat na qualidade da fração lipídica da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 01, p. 178-184, 2003.
- INOUE, M. H. *et al.* Rendimento de grãos e qualidade de sementes de soja após a aplicação de herbicidas dessecantes. **Ciencia Rural**, v. 33, n. 04, p. 769-770, 2003.
- KAPPES, C. *et al.* Potencial fisiológico de sementes de soja dessecadas com diquat e paraquat. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 01, p. 01-06, 2009.
- LACERDA, A. L. S. *et al.* Aplicação de dessecantes na cultura de soja: antecipação da colheita e produção de sementes. **Planta Daninha**, v. 19, n. 03, p. 381-390, 2001.
- LACERDA, A. L. S. *et al.* Aplicação de dessecantes na cultura de soja: teor de umidade nas sementes e biomassa das plantas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 03, p. 427-434, 2003.
- MARCANDALLI, L. H. *et al.* Épocas de aplicação de dessecantes na cultura da soja: qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 02, p. 241-250, 2011.
- MENEZES, S. M. *et al.* Detecção de soja geneticamente modificada tolerante ao glifosato por métodos baseados na atividade de enzimas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 02, p. 150-155, 2004.
- PEREIRA, J. L. *et al.* Effects of glyphosate and endosulfan on soil microorganisms in soybean crop. **Revista Planta Daninha**, v. 26, n. 04, p. 825-830, 2008.
- ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. **SANEST: sistema estatístico para microcomputadores**. Pelotas: UFPEL, 1991. 120 p.