

Germinación y residuos de plaguicida en semillas de coriandro (*Coriandrum sativum* L.) cultivadas con aplicación de glifosato y paraquat en precosecha.

Aquilano, Claudio Gabriel^{1,3}; Alejandra Ricca²; Ana Font,¹; Omar Bazzigalupi¹

¹Laboratorio de Tecnología de Semillas EEA INTA c.c. 31, 2700 Pergamino; ²Centro de Investigación de Agroindustria INTA; ³aquilano.claudio@inta.gov.ar

Aquilano, Claudio Gabriel; Alejandra Ricca; Ana Font; Omar Bazzigalupi (2017) Germinación y residuos de plaguicida en semillas de coriandro (*Coriandrum sativum* L.) cultivadas con aplicación de glifosato y paraquat en precosecha. Rev. Fac. Agron. Vol 116 (1): 69-73.

Es conocida la aplicación de desecantes, para acelerar y uniformizar el secado del cultivo de coriandro y de las malezas, que facilitan la cosecha de semillas. Para conocer sus efectos sobre el poder germinativo y determinar el contenido de residuos de plaguicidas en semillas, se evaluaron glifosato y paraquat, aplicados en semillas con 62 y 47% de humedad (H), cosechadas con H<12%. Los ensayos de germinación fueron realizados según ISTA (International Seed Testing Association) y los residuos analizados por LC-MS/MS (cromatografía líquida/espectrometría de masas) previa extracción por el método de análisis de pesticidas altamente polares, EURL-SRM QuPPE-Method (modificado). El diseño experimental de campo fue en franjas. La dinámica del contenido de H de la semilla con paraquat temprano mostró un secado rápido mientras que la de glifosato temprano acompañó al control y la del tardío demoró la pérdida de humedad. Las aplicaciones tempranas de ambos herbicidas causaron pérdida de plántulas normales; aumentaron significativamente las semillas muertas (40%) con paraquat temprano y las plántulas anormales (19%) con glifosato tardío. Glifosato produjo semillas con residuos de Gly (glifosato sin metabolizar) de 700 y 1200 y AMPA (ácido amino metil fosfónico) de 500 y 1200 µg/kg para las aplicaciones temprana y tardía respectivamente. Paraquat produjo semillas sin residuos de herbicida. Los tratamientos con glifosato producen semillas con residuos que superan los límites máximos impuestos por la Argentina y varios países agroimportadores. Se deberán definir las tecnologías de cosecha de coriandro que preserven la inocuidad del alimento y la calidad de la semilla.

Palabras clave: paraquat, glifosato, germinación, residuos, LMR (Límites máximos de Residuos).

Aquilano, Claudio Gabriel; Alejandra Ricca; Ana Font; Omar Bazzigalupi (2017) Germination and residue of pesticide in coriander seeds (*Coriandrum sativum* L.) cultivated with pre-harvest application of glyphosate and paraquat. Rev. Fac. Agron. Vol 116 (1): 69-73.

The application of crop desiccants is a practice that facilitates the harvest of coriander seeds accelerating the drying of crops and weeds. Nevertheless, their effects on seed germination and safety are unknown. The aim of this work was to evaluate the effects of glyphosate and paraquat, applied to seeds crop with 62 and 47 % of water content. Seeds were harvested with less than 12% seed water content. Seed germination was evaluated according to ISTA Rules (International Seed Testing Association) and the residue analyzed by LC-MS/MS (liquid chromatography/mass spectrometry) prior extraction by the method of analysis of highly polar pesticides, EURL-SRM QuPPE-Method (modified). Field experimental design was a plots in strips. Germination results were submitted to ANOVA and means comparisons by tukey (P<0.05). Changes in seed moisture showed quick drying in early paraquat application while early glyphosate application accompanied the control. Later glyphosate application delayed the loss of moisture. Early applications of both herbicides caused loss of normal seedlings; significantly increased dead seeds (40%) with early paraquat and abnormal seedlings (19%) with late glyphosate. Glyphosate produced seeds containing Gly (glyphosate unmetabolized) 700 and 1200, AMPA's (amino methyl phosphonic acid) 500 and 1200 µg/kg for applications early and late respectively. Paraquat produced seeds without herbicide residues. Treatments with glyphosate produced seed with residues exceeding the limit of Argentine and several importer countries. It must be defined the coriander's harvest technologies that preserve the food's safety and seed's quality.

Key words: paraquat, glyphosate, germination, residues, MRL (Maximum Residue Limits).

Recibido: 20/11/2015

Aceptado: 28/09/2016

Disponible on line: 15/07/2017

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUCCIÓN

El coriandro (*Coriandrum sativum* L.) es una especie aromática con amplios usos en la industria, actividades culinarias y medicinales. En la Argentina, primer país exportador de Sudamérica, se cultiva principalmente en la región Pampeana, en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba (Cameroni, 2011). En el Código Alimentario Argentino está definido como ingrediente para la elaboración de distintos productos regionales como por ejemplo: morcilla de hígado, morcillon con lengua, salame ruso o salame tipo polonés, salchichón con jamón, salchichón de carne (CAA, 1969).

Esta especie, posee un amplio período de antesis y produce semillas cuyo grado de madurez a cosecha es heterogéneo. Es por ello que para realizar la cosecha directa de coriandro y siembra anticipada del cultivo posterior, la utilización de productos desecantes en precosecha es una herramienta de interés, ya que estos no sólo producen el secado de las plantas cultivadas y de las eventuales malezas, sino que además aceleran y uniformizan el secado de las semillas, facilitando la cosecha (Darwent *et al.*, 1994; Bazzigalupi *et al.*, 1997, 2011). Sin embargo, hay evidencias de que la utilización de herbicidas desecantes, tales como glifosato y paraquat, puede generar residuos de esos plaguicidas en los productos cosechados (Cessna *et al.*, 2002) y además tener efectos sobre la germinación y el vigor de las semillas. En festuca, raigrás perenne, soja, arveja y girasol hay efectos probados sobre la germinación de las semillas (Daltro *et al.*, 2010; Peterson, 2010) y sobre el rendimiento de los cultivos (Baing *et al.*, 2003; Hampton & Hebblethwaite, 1982).

El fruto cosechado de coriandro es de interés tanto para uso alimentario como para semilla. Para lograr sostenibilidad en la producción y comercialización se requiere obtener semillas inocuas con buena calidad para la siembra. Los cultivares y las tecnologías de producción no han sido suficientemente desarrolladas.

El Código Alimentario Argentino en la resolución 507/08 establece los límites máximos de residuos (LMR) para los alimentos comercializados en la República Argentina. Para los productos no incluidos, como el coriandro, se establece un valor por defecto de 10 µg/kg (ANMAT, 2008). Al analizar los LMR definidos en diferentes países y organizaciones se constata que trigo y maíz tienen valores establecidos en la mayoría de ellos mientras que en coriandro están reglamentados únicamente en India y la Unión Europea.

El consumo de alimentos contaminados con residuos de plaguicidas ocasiona diferentes respuestas fisiológicas en el cuerpo humano. Una persona expuesta a agroquímicos activa inmediatamente los mecanismos de detoxificación. Algunos de ellos son metabolizados en diferentes compuestos químicos y excretados, mientras que otros son almacenados en los tejidos grasos (Mathur *et al.*, 2005).

La utilización de herbicidas desecantes en precosecha del cultivo de coriandro es una práctica adoptada por algunos productores. Sin embargo, se desconoce el efecto de esos herbicidas de precosecha sobre la calidad fisiológica de las semillas y sobre la cantidad de residuo en el fruto cosechado.

Se plantea la hipótesis de que los herbicidas desecantes afectan la calidad de las semillas y acumulan residuos dependiendo del momento de su aplicación en el cultivo. Por lo tanto, el objetivo fue evaluar la cantidad de residuo y la germinación de semillas provenientes de cultivo de coriandro tratado con glifosato y paraquat en precosecha, en dos estadios de maduración de las simientes.

MATERIALES Y METODOS

Se instaló un experimento en la EEA INTA Pergamino con semillas de coriandro de un cultivar tipo marroquí. La siembra directa se realizó el 8 de julio de 2011, en un suelo Argiudol típico, serie Pergamino, la distancia entre surcos fue de 20 cm, con una densidad de siembra de 30 kg/ha (Poder Germinativo: 78%, peso de mil semillas: 12,0 g). Como herbicida preemergente se empleó flurocloridona 625 g i.a./ha (2,5 l producto formulado/ha) aplicado el 12 de julio de 2011.

El diseño experimental de campo fue en franjas, con muestreo al azar de ocho repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron dos herbicidas, glifosato 1374 g i.a. /ha y paraquat 552 g i.a. /ha, ambos con 2 l de producto formulado/ha. Se aplicaron en dos momentos, el primero (temprano) con 65% de humedad (H) en la semilla, el 24 de noviembre de 2011 y el segundo (tardío) con 47 % H, el 1° de diciembre de 2011.

La cosecha se realizó en forma manual cuando la semilla disminuyó el contenido de humedad a menos de 12±0,5%. El tratamiento con paraquat en aplicación temprana se cosechó el 2 de diciembre y el resto de los tratamientos el 7 de diciembre de 2011 respectivamente.

Se realizó el seguimiento del contenido de humedad de la semilla durante el período de maduración hasta cosecha inclusive. El material cosechado fue analizado para determinar el contenido de residuos de herbicidas y la germinación.

El análisis del contenido de humedad de las semillas se realizó por el método ISTA de estufa a baja temperatura constante (103±0.2°C, 17±1hs.). La calidad fisiológica de la semilla fue determinada mediante el ensayo de germinación, con alternancia de temperatura (20-30°C) y luz (10/14 h.), y sobre sustrato papel (ISTA, 2007). A los 21 días de iniciado el experimento se evaluó el número de plántulas normales (Poder Germinativo) y anormales, el número de semillas frescas y muertas. (ISTA, 2006). Estas determinaciones se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Semillas de la EEA INTA Pergamino.

Para efectuar el análisis de residuos de plaguicidas se utilizó el método europeo modificado para compuestos muy polares (QuPPE-Method, Version 7.1, Nov 2013). Los niveles de detección de este método son: 0,2 µg/kg para paraquat, 0,3 µg/kg para glifosato (Gly, equivale a glifosato sin metabolizar) y 0,1 µg/kg para AMPA (ácido amino metil fosfónico, principal metabolito del glifosato). Estos análisis fueron realizados en el CIA (Centro de Investigación de Agroindustria)-INTA.

Los datos de germinación fueron evaluados mediante análisis de varianza y la comparación de medias a través del Test de Tukey (P<0,05).

RESULTADOS

Humedad de las semillas

Con el tratamiento paraquat temprano las semillas perdieron más rápido su contenido de humedad, mientras que las tratadas con glifosato temprano acompañaron al control y con glifosato tardío demoraron la pérdida (Figura 1).

Estos resultados se explicarían por el modo de acción de los herbicidas, de contacto en paraquat y sistémico en glifosato.

Residuos de herbicidas en semilla

La aplicación de glifosato produjo semillas con residuos de este herbicida sin metabolizar (Gly) y de ácido amino metil fosfónico (AMPA), tanto en la aplicación temprana como en la tardía. En semillas provenientes de parcelas tratadas con paraquat no se encontraron residuos de

este producto (Tabla 1).

Germinación de semilla

Las plántulas provenientes de semillas germinadas se clasifican en normales y anormales. Al final del ensayo de germinación, se cuentan las semillas germinadas y no germinadas. En cuanto a las semillas no germinadas, existen dos categorías para esta especie, semillas muertas y semillas frescas. Estas últimas son semillas con dormición fisiológica, que se hidratan y permanecen limpias y firmes en el recuento final del ensayo. Su viabilidad fue determinada mediante ensayos de tetrazolio (ISTA, 2007).

Las aplicaciones tempranas de ambos herbicidas causaron disminución de poder germinativo (plántulas normales). Con paraquat temprano aumentaron significativamente las semillas muertas (40%) y con glifosato tardío las plántulas anormales (19%) (Tabla 2).

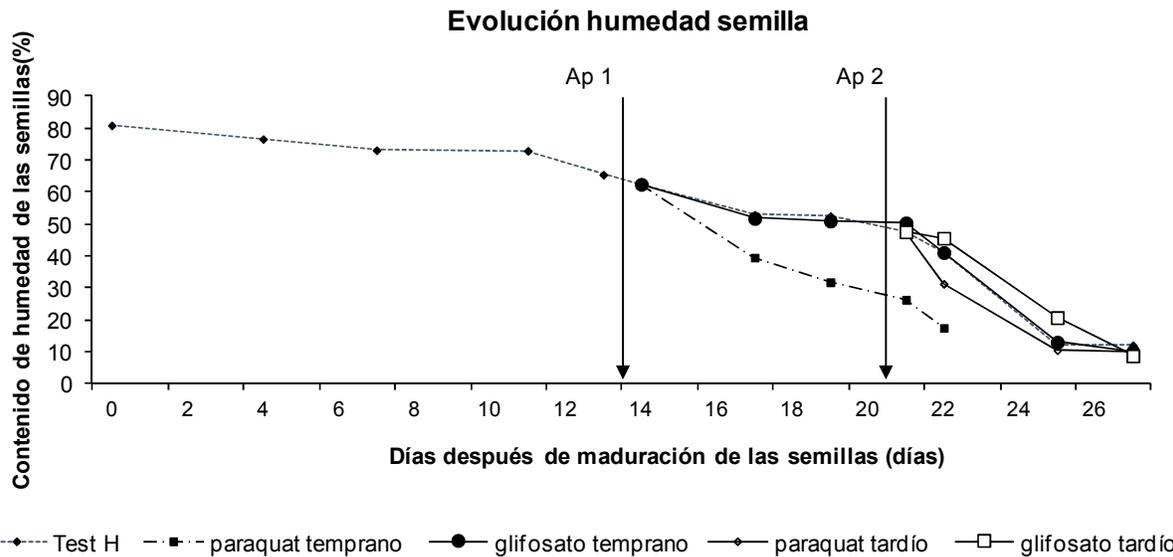


Figura 1. Evolución del contenido de humedad de semillas de coriandro (%) durante el período de madurez hasta la cosecha (días) según tratamiento: ----- Control, -■- Paraquat temprano, ●- Glifosato temprano, —●- Paraquat tardío, —□- Glifosato tardío. Indicación del momento de primera (AP 1) y segunda aplicación (AP 2) de los tratamientos desecantes de precosecha.

Tabla 1. Cantidad (µg/kg) de glifosato sin metabolizar (Gly), ácido amino metil fosfónico (AMPA) y paraquat correspondiente a semillas de coriandro según tratamiento de precosecha.

Tratamiento	Gly	AMPA	Paraquat
Glifosato temprano	700	500	-
Glifosato tardío	1200	1200	-
Paraquat temprano	-	-	0
Paraquat tardío	-	-	0
Control	0	0	0

Tabla 2. Porcentaje de Plántulas normales y anormales, semillas frescas y muertas correspondientes a cada tratamiento en los ensayos de germinación de semillas de coriandro. Letras diferentes dentro de columna indican diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$).

Tratamiento	Plántulas		Semillas	
	Normales	Anormales	Muertas	Frescas
Control	52 a	10 b	27 b	11 c
Paraquat temprano	28 bc	12 b	40 a	20 b
Paraquat tardío	48 a	15 ab	25 b	12 bc
Glifosato temprano	20 c	15 ab	27 b	38 a
Glifosato tardío	38 ab	19 a	25 b	18 bc
CV	27,4	32,5	38,2	45,9
Media	37,2	14,2	28,8	19,8

DISCUSIÓN

Humedad de las semillas

La aplicación temprana de paraquat, en coincidencia con los antecedentes en cultivos como trigo y soja (Darwent *et al.*, 1994; Whigham & Stoller, 1979), aceleró la pérdida de humedad de las simientes. Al mismo tiempo redujo la acumulación de reservas en la última etapa del período de maduración de las semillas (Whigham & Stoller, 1979), con reducción del peso de las mil semillas (datos no presentados en este trabajo). La aplicación tardía de glifosato no permite adelantar la fecha de cosecha pero la facilita por el secado de las malezas y la uniformidad de contenidos de humedad en la semilla (Darwent *et al.*, 1994)

Calidad fisiológica de las semillas

Las aplicaciones tempranas de herbicida reducen significativamente el número de plántulas normales. Paraquat temprano aumenta el número de semillas muertas y glifosato temprano el de semillas frescas.

Paraquat podría haber afectado la viabilidad de una fracción importante de semillas que se encontrarían en madurez muy incipiente, el efecto desecante del producto es muy rápido en semillas con maduración incompleta. Glifosato tiene un modo de acción diferente, se trasloca y sus efectos se observan progresivamente. Probablemente afecta el equilibrio hormonal de una fracción de las semillas en formación induciendo y/o manteniendo la dormición de las mismas (Bewley *et al.* 2013).

La aplicación de herbicidas en precosecha sobre cultivos destinados a la producción de semilla debe ser reconsiderada a partir de los resultados obtenidos. Las aplicaciones tempranas facilitan la cosecha pero afectan la calidad de semillas, mientras que las tardías tienen efectos menores pero la ganancia en días de anticipo de cosecha es poco significativa. Paraquat aplicado en forma tardía, por su rápido efecto de secado del cultivo podrá mejorar las condiciones de cosecha en cultivos enmalezados sin provocar efectos negativos sobre la germinación de las semillas.

Residuos en semilla

Los granos provenientes de la aplicación de glifosato en precosecha, tanto temprano como tardío, superan los límites establecidos por las organizaciones y países que los definen.

Teniendo en cuenta que el coriandro es la segunda especie aromática más importante de la Argentina, con posibilidades de expansión, se debería realizar un ajuste en la tecnología de producción brindando un manejo de cosecha que, siendo redituable, garantice la inocuidad del producto. De esta forma se podrán evitar las eventuales barreras del comercio internacional, que cada vez son más exigentes en términos de calidad.

CONCLUSIÓN

En la producción de semillas de coriandro se deben evitar las aplicaciones de glifosato en precosecha para preservar la inocuidad del alimento y la calidad fisiológica de la semilla.

Paraquat permite adelantar la cosecha de coriandro sin generar residuos. Aplicado en forma tardía no altera la germinación de las semillas.

Se deberán definir las tecnologías de cosecha de coriandro que preserven la inocuidad del alimento y la calidad de la semilla.

Agradecimientos

Al Proyecto Específico PNHFA-1106094: Plataformas tecnológicas y comerciales, para aromáticas cultivadas, nativas y medicinales. Módulo: Aromáticas Cultivadas Extensivas. Coordinador: I. Paunero. Por el financiamiento parcial del trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- ANMAT. 2008. Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Capitulo_XI.pdf. Último acceso: febrero de 2014.
- Baing, M.N., A.L. Darwent, K.N. Harper & J.T. O'Donovan. 2003. Preharvest applications of glyphosate affect emergence and seedling growth of field pea (*Pisum sativum*). *Weed Sci.* 17(4): 655-665.
- Bazzigalupi, O., O. Polidoro, J. Robutti & M.A. Alvigini. 1997. Modificación en las características de grano y semilla de trigo provocadas por glifosato aplicado en precosecha. INTA, EEA Pergamino. *Rev. de Tecnol. Agrop.* II, (6): 34-36.
- Bazzigalupi, O., I. Paunero, A. Font, C. Aquilano & A. Llera. 2011. Efecto de glifosato y paraquat aplicados en

precosecha sobre la calidad de la semilla de coriandro (*Coriandrum sativum* L.). Libro de resúmenes XXXIV Congreso Argentino de Horticultura.p62. ISBN 978-987-978-12-8-9. Buenos Aires, Argentina, 27 al 30 de septiembre de 2011.

Bewley, J.D., K.J. Bradford, H.W.M. Hilhorst & H. Nonogaki. 2013. Seeds. Physiology of development, germination and dormancy. Dormancy and the control of germination. 3rd Edition. Springer. pp 247-297.

CAA (Código Alimentario Argentino). 1969. Ley N° 18284. Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Ley_18284.pdf. Último acceso: mayo de 2016.

Cameroni, M. 2011. Coriandro. Ficha técnica. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (Minagri). Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/..../Informe_Coriandro_2011_07Jul.pdf. Pp.9-10. Último acceso: febrero de 2014.

Cessna, A.J., A. L. Darwent, L. Townley, K.N. Harker & K.J. Kirkland. 2002. Residues of glyphosate and its metabolite AMPA in field pea, barley and flax seed following preharvest applications. Can. J. Plant Sci. 82, 485-489.

Darwent, A.L., K.J. Kirkland, L. Townley, K.N. Harker, A.J. Cessna, O.M. Lukow & L.P. Lefkovitch. 1994. Effect of preharvest applications of glyphosate on the drying, yield and quality of wheat. En: Canadian Journal of PlantScience, 74:221-230.

Daltro, E.M.F., M.C. Figueiredo Albuquerque, J.

França Neto, S. Carneiro Guimaraes, D.L. Piza Gazzeiro & A.A. Henning. 2010. Aplicação de dessecatantes em pré-colheita: efeito na qualidade fisiológica de sementes de soja. Revista Brasileira de Sementes, 32, (1):112-122.

Hampton, J.G. & P.D. Hebblethwaite. 1982. The preharvest use of glyphosate in the ryegrass seed crop. Grass and Forage Science 37: 243-248.

IARC. 2015. Disponible en: [http://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045\(15\)70134-8/fulltext#back-bib1](http://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045(15)70134-8/fulltext#back-bib1). Último acceso: abril de 2015.

ISTA. 2006. Handbook on Seedling Evaluation. Published by The International Seed Testing Association (ISTA). Switzerland.

ISTA. 2007. International Rules for Seed Testing. Published by The International Seed Testing Association (ISTA). Switzerland.

Mathur, H.B., H.C. Agarwal, S. Johnson & N. Saikia. 2005. Analysis of Pesticide Residues in Blood Samples From Villages of Punjab. CSE/PML/PR.

Peterson, D. 2010. Sunflower preharvest treatments. Kansas St. Univ., K-state Extension. Agronomy, e-Updates N° 261: 4-5.

QuPPE-Method, Version 7.1 .2013. Disponible en: http://www.crl-pesticides.eu/library/docs/srm/meth_quppe.pdf. Último acceso: febrero de 2014.

Whigham, D.K. & E.W. Stoller. 1979. Soybean desiccation by paraquat, glyphosate, and amertyn to accelerate harvest. Agron. J. 71:630-633.