

EFFECTO DEL RASTROJO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) SOBRE LA EFICACIA DE LA PENDIMETALINA Y LA POBLACIÓN DE MALEZAS EN FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)

*Franklin Herrera*¹

RESUMEN

Efecto del rastrojo de arroz (*Oryza sativa* L.) sobre la eficacia de la pendimetalina y la población de malezas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). De mayo a julio de 1999, en la Estación Experimental Fabio Baudrit, Alajuela, Costa Rica, en una casa de mallas y en recipientes plásticos de cuatro litros de capacidad, llenos con suelo franco arcilloso, se evaluó el efecto de cuatro cantidades de rastrojo de arroz (0, 500, 750 y 1000 g de materia seca/m²) colocado sobre la superficie del suelo y sometido a tres condiciones de lluvia simulada (15, 45 y 75 mm) durante la actividad del herbicida pendimetalina a 1 kg/ha. Se evaluó además el efecto de los tratamientos en la germinación, crecimiento, nodulación y producción de grano de las plantas de frijol var. Huasteco, así como el efecto en la población de malezas poáceas, dicotiledóneas y ciperáceas. Se encontró que el rastrojo de arroz en las cantidades evaluadas no afectó la actividad de la pendimetalina bajo las condiciones de lluvia simulada estudiadas. Tampoco afectó la germinación, crecimiento, nodulación y producción de las plantas de frijol. El rastrojo de arroz disminuyó hasta en un 90% la población de malezas poáceas, dicotiledóneas y ciperáceas. La descomposición del rastrojo de arroz fue mayor conforme aumentó su cantidad sobre la superficie del suelo.

Palabras claves: *Oryza sativa*, *Phaseolus vulgaris*, residuos de cosechas, rotación de cultivos, malezas, herbicidas, control químico, pendimetalina, Costa Rica.

ABSTRACT

Effect of the rice (*Oryza sativa* L.) stubble on the efficacy of the herbicide pendimetalin and the weed population in beans (*Phaseolus vulgaris* L.). The effect of four quantities of rice stubble (0, 500, 750 and 1000 g of dry material/m²) placed on the ground surface and subjected to three simulated rain conditions (15, 45 and 75 mm) on the activity of the herbicide pendimetalin at 1 kg/ha was studied in plastic pots with four liters capacity, in a screened house at the Fabio Baudrit Experiment Station, from May to July of 1999. The treatments' effect was evaluated on germination, growth, nodule formation and production of bean grain (Huasteco variety), as well as their effect on the weed population of *Digitaria* sp., *Ixophorus unisetus* (*Poaceae*), dicotyledonous and cyperous. The quantities used of stubble rice did not affect the activity of pendimetalin under the simulated rain conditions studied, neither affected the other variables. The rice stubble reduced the weeds populations up to a 90%. The decomposition of the rice stubble was greater as its amount increased on the ground surface.

Keywords: *Oryza sativa*, *Phaseolus vulgaris*, crop residues, rotational cropping, weeds, herbicides, chemical control, pendimetalin, Costa Rica.

¹ Mag Sc. Programa de Malezas, Estación Experimental Fabio Baudrit, Universidad de Costa Rica. Parte del proyecto VI 736-98-311.

INTRODUCCIÓN

La rotación de cultivos y prácticas de manejo contrastantes ha demostrado ser beneficiosa para reducir problemas de enfermedades, plagas y malezas.

En la Zona Norte de Costa Rica, la rotación de los cultivos de arroz y frijol ha adquirido interés entre los productores de granos básicos interesados en reducir el deterioro de los suelos por la excesiva mecanización y erosión hídrica. En este sistema se acondicionan los rastrojos de arroz y malezas mediante la aplicación de herbicidas sistémicos como el glifosato; posteriormente se siembra el frijol mediante sembradoras de mínima labranza (Herrera 1999). Aunque se ha observado que los rastrojos dejados sobre la superficie del suelo pueden reducir la población de malezas en sistemas de labranza de conservación, su eficacia puede ser afectada por el tipo y cantidad de residuos y por las especies de malezas en el banco de semillas del suelo (Blevins y Frye 1993); las cuales se acumulan en los dos primeros centímetros, donde se facilita su germinación (Pitty *et al.* 1997). Lo anterior indica que en muchas ocasiones será necesario tomar medidas complementarias para controlar las malezas que superan la barrera de los rastrojos (Herrera 1999). Entre las medidas complementarias más comunes está el uso de herbicidas preemergentes y posembrados.

Blevins y Frye (1993), mencionaron que en sistemas de cero labranza con residuos sobre el suelo, la eficacia de los herbicidas fue menor, o se puede requerir de más herbicidas y algunas malezas se tornan difíciles de combatir. También se ha argumentado que este sistema favorece la infiltración del agua, lo que promueve una mayor pérdida de nitratos y de productos químicos solubles en ésta, pudiendo afectar su calidad en el subsuelo. Sin embargo, según Wagenet (1987), herbicidas como paraquat, ametrina y metolaclor pueden ser retenidos en sistemas con coberturas muertas al tener éstos mayores contenidos de materia orgánica.

Por otro lado, la inoculación con cepas comerciales de *Rhizobium* es una práctica cada vez más

común en el cultivo del frijol para aumentar la fijación simbiótica de nitrógeno. Poco se conoce sobre los efectos del rastrojo de arroz y de los herbicidas utilizados en este sistema sobre la asociación frijol/*Rhizobium*. Sin embargo, existe evidencia de efectos detrimentales en la nodulación de ciertas leguminosas por extractos de algunos rastrojos de malezas (Wibowo y Tjitrosemito, 1994, Inderjit y Dakshini 1991, Halsall *et al.* 1995).

Debido a que en nuestro medio la pendimetalina es uno de los herbicidas pre-emergentes de mayor uso en el cultivo del frijol, especialmente en áreas donde es dominante la maleza *Rottboellia cochinchinensis*, se decidió utilizarlo en este estudio, cuyo propósito fue, conocer el efecto de diferentes cantidades de rastrojo de arroz dejado sobre la superficie del suelo, sobre la eficacia de la pendimetalina en el control de malezas en tres condiciones de lluvia después de la aplicación del herbicida; así como el efecto sobre la nodulación y el desarrollo del frijol.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó de mayo a julio de 1999, en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, ubicada en el distrito San José, provincia de Alajuela, Costa Rica, a 10°00'32" de latitud Norte y 84°15'33" de longitud Oeste, a una altitud de 840 m.

Recipientes plásticos de cuatro litros de capacidad se llenaron con suelo procedente de un lote en el cual las especies de malezas dominantes fueron *Digitaria spp.* e *Ixophorus unisetus*, ambas sensibles al herbicida pendimetalina, razón por la que se utilizaron como plantas indicadoras. En cada recipiente se aplicó fertilizante en una equivalencia a 20, 60 y 20 kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente. Seguidamente se sembraron seis semillas de frijol variedad Huasteco en cada recipiente; posteriormente se colocó el rastrojo de

arroz, según cada tratamiento y se aplicó pendimetalina a 1,0 kg/ha. La aplicación del herbicida se hizo con un equipo accionado a presión constante por CO₂, con un volumen de aplicación de 240 l/ha. Los recipientes fueron mantenidos en una casa de mallas bajo techo transparente.

Se evaluaron un total de 24 tratamientos, que consistieron en cuatro cantidades de rastrojo de arroz sobre la superficie del suelo (0, 500, 750 y 1000 g de materia seca/m²), sometidos a tres cantidades de lluvia simulada después de la aplicación (15, 45 y 75 mm), con y sin el herbicida pendimetalina. El diseño experimental usado fue bloques completos al azar con arreglo factorial 4X3X2 y cuatro repeticiones.

Para simular la lluvia se utilizaron cilindros metálicos perforados finamente en su base, colocados a 50 cm sobre la superficie de los recipientes. Se realizaron seis riegos según las especificaciones de cada tratamiento (2 y 24 horas, 4, 6, 7 y 14 días después de la aplicación de la pendimetalina). Los riegos simularon cantidades de lluvia moderada (15 mm), lluvias fuertes (45 mm) y lluvias muy intensas (75 mm). Las dos primeras condiciones son comunes en la región tropical húmeda; mientras que la última ocurre esporádicamente después de la aplicación de un herbicida. Después de los 15 días se continuaron aplicando riegos uniformes a todos los tratamientos según las necesidades del cultivo.

Las variables evaluadas en cada recipiente fueron: número de plantas de frijol a los 15 días después de la siembra (dds); número de plantas poáceas (*Digitaria spp.* e *Ixophorus unisetus*), de hoja ancha y ciperáceas a los 20 y 40 dds; biomasa aérea y radical de cuatro plantas de frijol a los 45 dds; número de nódulos por *Rhizobium*/planta de frijol a los 45 dds. Número de vainas/planta; granos/vaina y peso de grano a la cosecha.

Se efectuaron análisis de variancia para cada variable evaluada y en los casos donde se detectó significancia estadística, se aplicó la prueba de

comparación de medias de la diferencia mínima significativa al 5 % (DMS 5%).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos sobre la germinación y el establecimiento de las plantas de frijol

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, lo que indica que las plantas de frijol emergieron y se establecieron sin problemas bajo cantidades de rastrojo hasta de 1000 g de materia seca/m² (cantidad superior a la que ocurre en condiciones de campo, donde el volumen de los rastrojos de arroz es aproximadamente de 500 g de materia seca/m²). Es bien conocida la capacidad del frijol para sobrepasar barreras vegetales muertas sobre el suelo, tal como ocurre en el sistema de “frijol tapado”. En forma similar Gray y Tawhid (1995) en condiciones de la zona templada, indicaron que las coberturas de hojas de varios árboles favorecieron la germinación de semillas de frijol para vainica comparado a cuando no usaron coberturas. Si bien en este caso, el rastrojo de arroz parece no tener efectos negativos de tipo físico o químico sobre la germinación del frijol; se observó que durante los primeros estadíos, las plantas de frijol que crecieron en ausencia de rastrojos mostraron una coloración verde más intensa en sus hojas que las que crecieron en presencia de rastrojos, aunque estas últimas tenían hojas más extendidas. Es probable que esas diferencias temporales se debieron a una disminución en la disponibilidad de nitrógeno, debido a que la paja de arroz es rica en carbono, por lo que su descomposición microbial puede demandar mucho nitrógeno. Posteriormente las plantas mostraron un desarrollo muy similar, de manera que a los 45 dds no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en la biomasa seca de la parte aérea y biomasa seca de las raíces.

Efecto sobre la nodulación

No se determinaron diferencias significativas entre tratamientos para el número de nódulos por planta a los 45 dds. Sin embargo, se observó una tendencia a aumentar el número de nódulos en presencia de rastrojos (143 nódulos/planta con rastrojo de arroz respecto a 127 nódulos/planta sin rastrojos). Estos resultados difieren a lo mencionado por Inderjit y Dakshini (1991) y por Halsall *et al.*; (1995), quienes mencionaron efectos negativos de algunas poáceas en la nodulación de leguminosas. Por otro lado, Sekhon *et al.* (1984) registraron incrementos significativos en el peso de nódulos por planta de soya, la altura de las plantas, el número de vainas por planta y el rendimiento, cuando se usó una cobertura de 4 t/ha de paja de trigo y se inoculó la semilla con *Rhizobium* en comparación a tratamientos con semilla inoculada pero sin la cobertura de la paja de trigo. Este efecto positivo lo atribuyeron a las temperaturas más bajas en la zona de raíces cuando se utilizaron coberturas. Por el contrario, Ramos y Boddey (1987), en Brasil no encontraron efectos positivos sobre la nodulación por *Rhizobium* en frijol cuando usaron coberturas con paja de *Panicum maximum*, en este caso los autores mencionan que la alta temperatura no fue un factor limitante.

El uso del herbicida pendimentalina no afectó significativamente la nodulación del frijol; solo se

apreció una tendencia a menor número de nódulos cuando se usó este herbicida (133 nódulos/planta) en comparación a 145 nódulos/planta cuando no se utilizó pendimentalina. De acuerdo con el análisis estadístico, el uso de pendimentalina a 1 kg/ha y la presencia de rastrojos de arroz en la superficie del suelo no afectaron la nodulación por *Rhizobium* en el frijol variedad Huasteco, aún bajo condiciones de alta intensidad de lluvias.

Efecto sobre malezas de la familia Poaceae

El 90 % de las poáceas estuvo constituido por *Digitaria spp* y el restante 10 % por *Ixophorus unisetus*. En las evaluaciones a los 20 y 40 dds, se encontraron diferencias significativas entre cantidades de rastrojo, uso o no de pendimentalina e interacción entre estos dos factores. En ambas evaluaciones fue evidente que los rastrojos no interfirieron con la actividad de la pendimentalina sobre este grupo de malezas susceptibles, ya que cuando se aplicó este herbicida en presencia o ausencia de los rastrojos de arroz, no hubo población de poáceas, en contraposición al testigo sin herbicida donde se registraron 20 y 14 plantas de esta familia por recipiente a los 20 y 40 dds respectivamente (Cuadro 1). Estos resultados difieren a lo mencionado por Rambakudzibga (1991); Blevins y Frye (1993), quienes indicaron que las coberturas vegetales so-

Cuadro 1. Efecto de la cantidad de rastrojo de arroz (*Oriza sativa* L.) y de la pendimentalina sobre el número de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de la familia *Poaceae* por recipiente a los 20 y 40 días después de la siembra (dds). Alajuela, Costa Rica, 1999.

Rastrojo de arroz (g materia seca/m ²)	20 dds		40 dds	
	con pendimentalina	sin pendimentalina	con pendimentalina	sin pendimentalina
0	0*	22 Aa*	0	14 Aa
500	0	4 Ba	0	3 Ba
750	0	2 Ca	0	2 Ba
1000	0	2 Ca	0	1 Ca

* En cada evaluación, promedios con igual letra mayúscula en la misma columna, indican que las diferencias debidas a la cantidad de rastrojo no son estadísticamente significativamente, mientras que promedios con igual letra minúscula dentro de cada fila, indican que las diferencias entre usar o no pendimentalina no son estadísticamente significativa; según prueba DMS 5%.

bre el suelo pueden reducir la eficacia de los herbicidas preemergentes. Es probable que en las condiciones del estudio las lluvias simuladas relativamente altas y ocurridas a solo dos horas después de la aplicación del herbicida, fueron capaces de lavar suficiente cantidad de este producto y llevarlo hasta la zona de suelo donde ejerció su acción herbicida. Lluvias de esta intensidad y frecuencia son comunes en las zonas del trópico húmedo donde se practica este sistema de cultivo. Es probable que en condiciones más secas o con lluvias que ocurran mucho tiempo después de la aplicación del herbicida haya mayor interferencia con la actividad de este herbicida.

Por otro lado, en los tratamientos que no recibieron pendimetalina, se observó una reducción significativa en la población de poáceas al dejar los rastrojos de arroz sobre la superficie. La reducción en la población de estas malezas llegó hasta un 92 % cuando se dejaron 1000 g de materia seca de rastrojos de arroz sobre la superficie del suelo (Cuadro 1). Estos resultados son similares a los encontrados por Crutchfield *et al.* (1985), quienes observaron que al incrementar la cantidad de paja de trigo como cobertura del suelo desde cero hasta 6,8 t/ha, la cantidad de metolachor en el suelo fue menor, debido a que parte del herbicida quedó adsorbido a la cobertura, pero esto no afectó la eficacia del herbi-

cida. Concluyeron que no fue necesario aumentar la dosis de metolaclor en presencia de los rastrojos de trigo, debido al aporte en control de malezas ejercido por la cobertura.

Efecto sobre malezas de hoja ancha y ciperáceas

Nuevamente se observó un efecto positivo en la reducción de la población de malezas de hoja ancha al dejar los rastrojos de arroz sobre la superficie del suelo. Con los mayores volúmenes de biomasa se logró reducir la población de malezas de hoja ancha hasta un 98 % con respecto al testigo sin coberturas (Cuadro 2).

Las principales especies de hoja ancha fueron *Elvira biflora*, *Ageratum conyzoides*, *Galinsoga* spp. en menor grado también se presentaron *Spermacoce* spp., *Marsyphianthes chamaedrys* y *Emilia fosfergii*.

La actividad de la pendimetalina sobre malezas de hoja ancha fue reducida (Cuadro 2), lo que es razonable debido a que este herbicida actúa sobre especies poáceas y tiene muy poco efecto sobre dicotiledóneas.

Cuadro 2. Efecto de la cantidad de rastrojo del arroz (*Oriza sativa* L.) y de la pendimetalina sobre el número de malezas de hoja ancha por recipiente a los 20 días después de la siembra de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Alajuela, Costa Rica, 1999.

Rastrojo de arroz (g materia seca/m ²)	malezas de hoja ancha/recipiente	
	con pendimetalina	sin pendimetalina
0	119 Ab *	152 Aa
500	10 Ba	20 Ba
750	4 Ba	6 Ca
1000	1 Ba	3 Ca

*Promedios con igual letra mayúscula en la misma columna indican que las diferencias entre las cantidades de rastrojo no son estadísticamente significativas, mientras que, promedios con igual letra minúscula dentro de cada fila, indican que las diferencias entre usar o no pendimetalina no son estadísticamente significativas; según la prueba DMS 5%.

A los 40 dds el comportamiento fue similar que a los 20 dds, pero la interacción entre cantidades de rastrojo y el uso o no de la pendimetalina no fue significativa. No obstante, los rastrojos continuaron ejerciendo una reducción significativa en el número de maleza de hoja ancha (Cuadro 3).

De la familia *Cyperaceae* se presentaron *Cyperus esculentus* y *Fimbristylis spp* en cantidades relativamente bajas. Sin embargo, fue notorio que los rastrojos de arroz también redujeron la población de estas malezas (Cuadro 3). Cabe destacar, que solo las plantas de *Cyperus esculentus* sobrepasaron fácilmente la cubierta de rastrojos y alcanzaron gran desarrollo. El crecimiento del frijol fue excelente y cubrió rápidamente el suelo y las malezas, por lo que el crecimiento de éstas fue menor que el observado en condiciones de campo.

Es probable que la acción positiva del rastrojo en el control de poáceas, malezas de hoja ancha y las ciperáceas presentes en este experimento, se deba a efectos combinados, de tipo físico, reducción en el paso de la luz y menores cambios de temperatura sobre la capa superficial del suelo, lo que pudo disminuir la cantidad de semillas que germinaron. La liberación de sustancias alelopáticas por el rastrojo es otra posibilidad que puede ser explorada.

Efecto sobre componentes de rendimiento

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables número de vai-

nas/planta, número de granos/vaina y peso de grano al 14 % de humedad. Sin embargo para las tres variables hubo una tendencia a valores mayores conforme aumentó la cantidad de rastrojo sobre la superficie del suelo. Es probable que en condiciones de campo estas diferencias sean mayores, ya que en este experimento se manejaron pocas plantas para cosecha. Otro aspecto a considerar es que si bien en los tratamientos sin rastrojos hubo una alta densidad de malezas poáceas y de hoja ancha, éstas tuvieron poco desarrollo, debido a la competencia ejercida por el frijol, que en estas condiciones creció en forma exuberante y cubrió totalmente la superficie de los recipientes.

Descomposición de los rastrojos de arroz

A la cosecha del frijol (85 dds) se tomó el peso de la biomasa seca del rastrojo residual en cada recipiente. Se encontró que la reducción en el peso fue relativamente baja, posiblemente por estar bajo condiciones de casa de mallas. La reducción en peso en comparación con la cantidad de rastrojo depositado inicialmente fue de 2%, 8% y 17% para 500, 750 y 1000 g de materia seca de rastrojo/m², respectivamente. Esto indica que entre mayor fue la cantidad de biomasa o rastrojo sobre el suelo, mayor fue la descomposición. En los tratamientos con mayor cantidad de rastrojo hubo mayor humedad bajo los rastrojos y con mayor uniformidad en el tiempo, lo que pudo favorecer la actividad microbiana en esa zona y como consecuencia, una mayor descomposición del rastrojo.

Cuadro 3. Efecto de la cantidad de rastrojo del arroz (*Oriza sativa* L.) sobre el número de malezas por recipiente a los 20 y 40 días después de la siembra (dds) de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Alajuela, Costa Rica, 1999.

Rastrojo de arroz (g materia seca/m ²)	hoja ancha		poáceas		ciperáceas	
	20 dds	40 dds	20 dds	40 dds	20 dds	40 dds
0	136 a *	100 a	11 a	7,0 a	12,0 a	6,0 a
500	15 b	10 b	2 b	2,0 b	2,0 b	0,8 b
750	5 c	3 b	1 c	0,8 b	1,0 bc	0,8 b
1000	2 c	2 b	1 c	0,5 b	0,2 c	0,4 b

* Promedios con igual letra en una misma columna significa que las diferencias entre sí no son estadísticamente significativas, según la prueba DMS al 5 %.

Conclusiones:

El rastreo de arroz en cantidades de 500, 750 y 1000 g de materia seca/m² colocado sobre la superficie del suelo no afectó la actividad de la pendimetalina bajo condiciones de lluvia simulada de 15, 45 y 75 mm. Tampoco afectó la germinación, crecimiento, nodulación y producción de las plantas de frijol.

El rastreo de arroz disminuyó la población de malezas poáceas, dicotiledóneas y ciperáceas.

La descomposición del rastreo de arroz fue mayor conforme aumentó su cantidad sobre la superficie del suelo.

LITERATURA CITADA

- BLEVINS, L.R. ; FRYE, W.W. 1993. Conservation tillage : an ecological approach to soil management. *Advance in Agronomy* 51 :33-78.
- CRUTCHFIELD, D.; WICKS, G.; BURNSIDE, O. 1985. Effect of winter wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch level on weed control. *Weed Science* 34(1):110-114.
- GRAY, E.; TAWHID, A. 1995. Effect of leaf mulch on seedling emergence, plant survival, and production of bush snap beans. *Journal of Sustainable Agriculture*, 6(2/3):15-20.
- HALSALL, D.M. ; LEIGH, J.H. ; GOLLASCH, S.E. ; HOGATE, M. 1995. The role of allelopathy in legume decline in pasture II. *Australian Journal of Agricultural Research* 46(1) :189-207.
- HERRERA, M.F. 1999. Influencia de rastros de malezas sobre la actividad de herbicidas preemergentes en frijol. *Agronomía Mesoamericana*.(En prensa).
- INDERJIT, D.K.; DAKSHINI, K.M. 1991. Investigation on some aspects of chemical ecology of cogon-grass (*Imperata cylindrica* L. Beauv). *Journal of Chemical Ecology* 17(2) : 343-352.
- PITTY, A.; GODOY, G. ; FEGA, J. 1997. Effect of tillage on weed composition and vertical distribution of weed seed bank in Honduras. *Abstracts Meeting of the Weed Science Society of America*. Florida 1997. Vol. 37.
- RAMBAKUDZIBGA, A.M. 1991. Allelopathic effects of aqueous wheat straw extracts on the germination of eight arable weeds commonly found in Zimbabwe. *Zimbabwe Journal of Agricultural Research*. 29(1) :77-79.
- RAMOS, L.M.; BODDEY, R.M. 1987. Yield and nodulation of *Phaseolus vulgaris* and the competitiveness of an introduced *Rhizobium* strain: effects of lime, mulch and repeated cropping. *Soil Biol. Biochemistry* 19(2):171-177.
- SEKHON, H.S.; KAUL, J.N.; DHINGRA, K.K. 1984. Effect of *Rhizobium* inoculation, mulch and nitrogen and phosphorus fertilizers on soya bean (*Glycine max* (L) Merrill). *Journal Agric. Sci. Camb.* 102:475-478.
- WIBOWO, D.N. ; TJITROSEMITO.S. 1994. Effect of root and shoot extracts purple nutsedge at different concentrations on root nodule formation, growth, and yield of soybean. *Biotrop, Special Publication*. 1996, # 58. pp139-147.