

6 SALAZAR, L.C.; APPLBY, A.P. 1982. Herbicidal activity of glyphosate in soil. *Weed Science* 30:463-466

7 SPRANKLE, P.; MEGGITT, W.F.; PENNER, D. 1975. Rapid inactivation of glyphosate in the soil. *Weed Science* 23:224-228

Nodulación y Rendimiento del Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Tratado con Diferentes Herbicidas en Dos Sistemas de Labranza¹

J.D. Alvarez-Solis*, A.B. Vesga-Cala**, M. Cárdenas***, A. Tasistro***

ABSTRACT

A field experiment was established to evaluate the effect of soil tillage (zero and minimum tillage) and herbicide application (linuron + alachlor, bentazon, and EPTC + paraquat) on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) nodulation and yield. The number of plant nodules did not vary between the tillage systems. Nodule weight, biomass production and seed yield were 2.4, 1.4 and 1.8 times higher in zero tillage than minimum tillage, respectively. The herbicides had no effect on nodulation. In zero tillage the seed yield was higher with a linuron + alachlor application, while with minimum tillage no difference was noted between herbicide treatment and the control. These results show that tillage affects the common bean nodulation capacity and yield, and suggests a higher stability of symbiotic nitrogen fixation in zero tillage, without any damage to common bean nodulation with the application of evaluated herbicides.

INTRODUCCION

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) constituye una fuente de proteínas fundamental en la alimentación de los habitantes de América Latina, y además tiene gran importancia debido a la superficie dedicada a su cultivo. Varios estudios donde se ha evaluado el beneficio de la fijación simbiótica del nitrógeno en los rendimientos del frijol común, han mostrado que generalmente existe poca respuesta a la inoculación rizobiana (2, 13, 18, 20) otros señalan que la respuesta es moderada (6, 25).

El establecimiento de una simbiosis efectiva en la reducción del nitrógeno atmosférico depende de factores propios de la planta y de la bacteria, así como

COMPENDIO

Se estableció un experimento en el campo para evaluar el efecto de la labranza del suelo (cero y mínima) y la aplicación de herbicidas (linurón + alachlor, bentazona y EPTC + paraquat) sobre la nodulación y el rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). El número de nódulos de las plantas no varió significativamente entre los dos sistemas de labranza. El peso seco de los nódulos, la producción de biomasa y el rendimiento de grano fueron, respectivamente, 2.4, 1.4 y 1.8 veces más altos en labranza cero. Los herbicidas no afectaron la nodulación. En labranza cero el rendimiento de grano fue mayor con la aplicación de linurón + alachlor, mientras que con labranza mínima no se observaron diferencias entre los tratamientos con herbicidas y el control. Estos resultados muestran que la alteración del medio edáfico, a través de la labranza, afecta la capacidad de nodulación y de rendimiento del frijol común. Así también, sugieren una mayor estabilidad de la fijación simbiótica del nitrógeno en el sistema de labranza cero, sin que existan daños sobre la nodulación del frijol común en la aplicación de los herbicidas evaluados.

de las condiciones del medio ambiente (9, 13). Se ha reportado que la actividad humana sobre el medio edáfico, a través de la labranza, modifica las características físicas y químicas del suelo y afecta la microflora del suelo (7, 8). El efecto de la labranza en la simbiosis ha sido poco estudiado (13, 24).

El sistema de labranza cero ha tenido amplia aceptación en los últimos años, principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica. Las razones de esta rápida aceptación han sido: incrementos en la producción, mejor manejo del agua, reducción de labor y de los requerimientos de energéticos (21). Además, este sistema permite la retención de los residuos del cultivo anterior sobre la superficie del suelo y reduce el riesgo de erosión (11). Sin embargo, mucha gente tiene gran interés en la calidad del medio ambiente y cuestiona esta práctica agrícola, en donde la maleza se controla con herbicidas en sustitución del método mecánico correspondiente a la labranza (26) y el efecto que estos plaguicidas pueden tener sobre la microflora del suelo. Se ha evaluado el efecto de algunos herbicidas en el crecimiento *in vitro* de los rizobias

¹ Recibido para publicación el 20 de agosto 1990.

* Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. Laboratorio de Microbiología Agrícola. Apartado Postal 63, 29200 San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

** Fertilizantes Mexicanos, S.A.

*** Universidad Autónoma de Chapingo.

(10, 14, 15), pero pocos trabajos han evaluado el efecto de los herbicidas en la sobrevivencia de *Rhizobium* en el suelo (17) y en la nodulación de las leguminosas (3)

El presente trabajo se realizó con la finalidad de evaluar el efecto que la alteración del medio edáfico, a través de la labranza y la aplicación de herbicidas tiene en la nodulación y en el rendimiento del frijol común. Para lo cual se estableció en el campo una comparación entre el sistema de labranza cero y labranza mínima y se utilizaron herbicidas (linurón + alaclor, EPTC + paraquat, bentazona) en dosis cercanas a las recomendadas para el control de malezas en el cultivo del frijol común y de otras leguminosas

MATERIALES Y METODOS

El trabajo de campo se realizó en la Estación Experimental de la Universidad Autónoma de Chapingo, México, durante el ciclo agrícola primavera-verano en condiciones de temporal, con una temperatura media anual de 16.6°C y una precipitación anual de 574.6 mm; el cultivo anterior fue maíz en sistema de labranza cero. El análisis fisicoquímico del suelo se realizó en el Laboratorio de Edafología de Fertilizantes Mexicanos, S.A. La información se presenta en el Cuadro 1

Se utilizó frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Canario 107, con una densidad de siembra de 60 kg de semilla/ha. El diseño experimental fue bloques completos al azar con un arreglo de tratamientos en parcelas subdivididas con cuatro repeticiones. Las parcelas mayores correspondieron a los sistemas de labranza (cero y mínima), las parcelas medianas a los tratamientos con herbicidas (linurón + alaclor, 0.5 + 0.96 kg/ha preemergentes, bentazona 0.96 kg/ha + surfactante WF al 0.3% postemergente, EPTC 3.2 kg/ha, sobre la línea de siembra + paraquat 0.2 kg/ha postemergente dirigida, y testigo sin herbicida), y las parcelas menores a las fuentes de nitrógeno (*R. leguminosarum* bv. *phaseoli* cepas FM-138 y FM-141, 40 kg de N/ha, como urea y testigo sin N). El tamaño de las parcelas menores fue de 5 x 3 m, con cinco surcos de 5 m cada uno y con 75 cm de distancia entre surcos. En todos los casos se aplicó al "voleo" 40 kg de P₂O₅/ha como superfosfato triple. El tratamiento con labranza cero consistió en la aplicación de glifosato + sulfato de amonio, 1.08 + 1.5 kg/ha, después de haber sembrado en líneas abiertas con una pala. El tratamiento con labranza mínima se realizó con un cultivador rotativo a 10 cm de profundidad, una semana antes de la siembra. El EPTC se aplicó utilizando un atomizador rotativo Herbi, adaptado para aplicar el herbicida a "cho-

rrero" sobre la semilla. Para la aplicación de los otros herbicidas se utilizó una aspersora manual experimental de aire comprimido, con boquilla 8002 Tee Jef. Los inoculantes de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* cepas FM-138 y FM-141 se prepararon y aplicaron a la semilla de acuerdo con el procedimiento descrito por Vincent (23). La dosis de inoculación fue de 350 g de inoculante/60 kg de semilla y la técnica de aplicación consistió en humedecer con agua la semilla y mezclarla con el inoculante (caldo de cultivo crecido hasta 10 x 10⁷ células/ml + turba, volumen: peso, 1:1), hasta impregnar la superficie de la semilla, sembrando inmediatamente

A los 45 días de establecido el ensayo en el campo, se obtuvieron al azar cinco plantas de los surcos laterales de cada parcela y se analizó el número y peso seco de los nódulos y el peso seco de la raíz y del follaje. Al momento de la cosecha se obtuvo el rendimiento de grano (kg/ha) para cada una de las parcelas y para la evaluación de este parámetro se utilizaron las plantas de los tres surcos centrales. Los resultados se procesaron con base en el análisis de variancia (16) y donde el efecto de los tratamientos o interacciones entre tratamientos mostró diferencias significativas, se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan (P ≤ 0.05).

RESULTADOS

Efecto del sistema de labranza en la nodulación, la producción de biomasa y el rendimiento de grano del frijol común

Entre los dos sistemas de labranza se presentaron diferencias contrastantes para la mayoría de los parámetros evaluados en el presente estudio. Los valores más altos correspondieron al sistema de labranza cero. Referente a la nodulación del frijol común se observó que el número de nódulos de las plantas analizadas no

Cuadro 1. Características fisicoquímicas del suelo de la Estación Experimental de la Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Textura:	franco
Arena	48%
Limo	28%
Arcilla	24%
Materia orgánica	1.2%
pH	6.7%
Conductividad eléctrica	1.27 mmhos/cm
Capacidad de intercambio catiónico	17 me/100 g
N	0.11%
P	12 ppm

Cuadro 2. Nodulación, producción de biomasa y rendimiento de grano del frijol común (*P. vulgaris*) en dos sistemas de labranza.

Sistema de labranza	Nódulos		Peso seco (g)		Rendimiento (kg/ha)
	Número	peso seco (mg)	raíz	follaje	
Cero	209 a ¹	214 a	2.07 a	10.13 a	441.5 a
Mínima	174 a	91 b	1.44 b	6.95 b	243.8 b

1 Los valores seguidos por la misma letra para cada parámetro no difieren significativamente entre sí ($P \leq 0.05$).

fue significativamente diferente entre los dos sistemas de labranza, sin embargo, el peso seco de los nódulos fue, con significancia estadística, 2.4 veces más alto en labranza cero. Así también, la producción de biomasa (peso seco de la raíz y del follaje) evaluada 45 días después de la siembra y el rendimiento de grano fueron, respectivamente, 1.4 y 1.8 veces más altos en labranza cero (Cuadro 2).

Por otra parte, con respecto a la respuesta del frijol común a la inoculación con *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* (cepas FM-138 y FM-141), se observó que en los dos sistemas de labranza no existieron diferencias significativas en el número y en el peso seco de los nódulos entre los tratamientos inoculados y el testigo sin inocular y sin fertilizante nitrogenado. El tratamiento con fertilizante nitrogenado inhibió la nodulación en ambos sistemas de labranza. De manera similar, no se observaron diferencias significativas en el rendimiento de grano entre las diferentes fuentes de nitrógeno (en el Cuadro 3 se presenta el promedio de los dos sistemas de labranza). Sin embargo, para el peso seco del follaje se detectó una interacción significativa entre los sistemas de labranza y las fuentes de nitrógeno (Cuadro 4). Donde se observa que en el sistema de labranza cero, la producción de follaje no fue significativamente diferente entre los tratamientos inoculados y los no inoculados, con y sin fertilizante nitrogenado, mientras que en labranza mínima el tratamiento con fertilizante nitrogenado superó con significancia a los tratamientos inoculados.

Efecto de los herbicidas en la nodulación, la producción de biomasa y el rendimiento de grano del frijol común

Las mezclas de los herbicidas evaluados no afectaron significativamente el número y el peso seco de los nódulos (Cuadro 5). Las diferencias se presentaron en la producción de biomasa y en el rendimiento de grano. En relación con la producción de biomasa, para el peso seco de la raíz no se detectaron diferencias signifi-

ficativas entre los tratamientos con herbicidas, pero entre éstos y el testigo sin herbicida, correspondieron los valores más bajos al testigo. En el peso seco del follaje, únicamente los tratamientos con linurón + alaclor y con bentazona superaron significativamente al testigo sin herbicida (Cuadro 5).

En el rendimiento de grano se detectó una interacción significativa entre los sistemas de labranza y los tratamientos con herbicidas (Cuadro 6), donde se observa que en el sistema de labranza mínima, no se presentaron diferencias significativas entre los diferentes herbicidas y en relación con el testigo sin herbicida, sin embargo, en labranza cero el tratamiento con linurón + alaclor superó significativamente a los otros tratamientos con herbicida y al testigo.

DISCUSION

El experimento en el campo estuvo sujeto a una fuerte escasez de lluvias, lo cual explica parcialmente el bajo rendimiento de grano obtenido en el presente trabajo.

Cuadro 3. Respuesta del frijol común (*P. vulgaris*) a la inoculación con *R. leguminosarum* bv. *phaseoli*.

Fuente de Nitrógeno	Nódulos		Rendimiento (kg/ha)
	número	peso seco (mg)	
Inoculado			
Cepa FM-138	215 a ¹	168 a	313 a
Cepa FM-141	208 a	163 a	369 a
No inoculado			
Con N	146 b	109 b	349 a
Sin N	197 a	179 a	340 a

1 Los valores seguidos por la misma letra para cada parámetro no difieren significativamente entre sí ($P \leq 0.05$).

Cuadro 4. Producción de follaje (g) del frijol común (*P. vulgaris*) inoculado y no inoculado en dos sistemas de labranza.

Sistema de labranza	Inoculado		No inoculado	
	Cepa FM-138	Cepa FM-141	Con N	Sin N
Cero	10 a ¹	9.1 a	11.1 a	10.3 a
Mínima	6 b	6.1 b	8.3 a	7.5 ab

1 Los valores seguidos por la misma letra dentro de cada sistema de labranza no difieren significativamente entre sí ($P \leq 0.05$).

Las diferencias en la producción de biomasa y de grano observadas entre los dos sistemas de labranza pueden estar relacionadas con la disminución en el peso de los nódulos encontrada en labranza mínima. Otras investigaciones (5, 19) han reportado la existencia de correlación positiva entre el peso de los nódulos y la fijación simbiótica del nitrógeno. Una evidencia del efecto de la labranza mínima sobre la nodulación y su influencia en el rendimiento de grano del frijol común se presentó en la producción de follaje, debido a que en la labranza mínima los valores más altos correspondieron al tratamiento con fertilizante nitrogenado, mientras que en la labranza cero no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos inoculados y los no inoculados, con y sin fertilizante nitrogenado.

Las causas de las diferencias en el peso de los nódulos entre los dos sistemas de labranza no son claras. sin embargo, la mayor capacidad de almacenamiento de agua en el sistema de labranza cero parece haber sido decisiva. De acuerdo con Bustamante (4) la labranza permite mayor exposición del suelo a la desecación, lo cual ocasiona que la humedad sea baja y

que la temperatura del suelo se incremente. Voss y Sidiras (24) compararon la nodulación de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) entre el sistema de labranza cero y la labranza convencional y encontraron 2.5 veces mayor cantidad de tejido nodular en labranza cero, y sugirieron que la diferencia pudo ser el resultado del aumento de la temperatura del suelo en la labranza convencional y de la mayor capacidad de almacenamiento de agua en labranza cero. Varios estudios (1, 12, 22) han mostrado la estrecha relación que existe entre la humedad del suelo y la nodulación de las leguminosas. Los efectos reportados indican una influencia en la sobrevivencia, multiplicación y migración de los rizobias en el suelo, o bien, un efecto en el proceso de nodulación. En las condiciones de baja humedad en que se desarrolló el cultivo del frijol común en el presente trabajo, la ausencia de diferencias en el número de nódulos entre los dos sistemas de labranza y el efecto negativo de labranza mínima en el peso de los nódulos, indica que la infección de la raíz del frijol común por la bacteria simbiote se presentó con la misma intensidad en los dos sistemas de labranza, pero que la calidad, y por lo tanto, la efectividad de los nódulos fue afectada por la labranza mínima.

Cuadro 5. Nodulación y producción de biomasa del frijol común (*P. vulgaris*) tratado con diferentes herbicidas.

Herbicidas	Nódulos		Peso seco (g)	
	número	peso seco (mg)	raíz	follaje
Linurón + alaclor	178 a ¹	130 a	1.84 a	9.5 a
Bentazona	172 a	129 a	1.84 a	9.2 a
EPTC + paraquat	220 a	176 a	1.77 a	8.4 ab
Sin herbicida	196 a	175 a	1.55 b	7.1 b

1 Los valores seguidos por la misma letra para cada parámetro, no difieren significativamente entre sí ($P \leq 0.05$).

Cuadro 6. Rendimiento de grano (kg/ha) del frijol común (*P. vulgaris*) en dos sistemas de labranza, tratado con diferentes herbicidas.

Sistema de labranza	Herbicidas			
	Linurón + alaclor	Bentazona	EPIC + paraquat	Sin herbicida
Cero	534.4a ¹	402.1b	438.3b	387.1b
Mínima	215.8a	234.6a	236.7a	288.2a

1 Los valores seguidos por la misma letra dentro de cada sistema de labranza no difieren significativamente entre sí ($P \leq 0.05$)

La ausencia de diferencias en la nodulación y en el rendimiento de grano de frijol común, entre los tratamientos inoculados con las cepas FM-138 y FM-141 y el testigo sin inocular y sin fertilizante nitrogenado, en los dos sistemas de labranza, sugiere que las cepas nativas fueron igual de infectivas y efectivas que las cepas contenidas en los inoculantes, o que fueron las responsables de la nodulación en los tratamientos inoculados; sin embargo, el no haber utilizado técnicas para la detección de las cepas introducidas, no permitió conocer el número de nódulos formados por las cepas nativas en los tratamientos inoculados. Otras investigaciones (2, 18, 20) también encontraron poca respuesta del frijol común a la inoculación rizobiana. Así también, Huntington *et al.* (13) no encontraron diferencia en la respuesta del frijol común a la inoculación entre labranza cero y labranza convencional.

Por otra parte, la ausencia de efecto de los herbicidas sobre la nodulación del frijol común observado en el presente trabajo, difiere de los resultados de Bollich

et al. (3) quienes al trabajar con la soya encontraron que el linurón y el alaclor disminuyeron el peso de los nódulos sin afectar el rendimiento del cultivo. Sin embargo Moorman (17) reporta que cuando los herbicidas fueron aplicados en las dosis recomendadas, éstos tuvieron poco o ningún efecto en la sobrevivencia de *Bradyrhizobium japonicum* en el suelo. Lo que parece indicar que existen diferencias en la susceptibilidad a los herbicidas entre los cultivos de leguminosas, o bien, como se ha demostrado en cultivos *in vitro*, entre diferentes cepas o especies de *Rhizobium* (10, 14, 15)

Los resultados del presente trabajo muestran que la alteración del medio edáfico, a través de la labranza, afecta la capacidad de nodulación y de rendimiento del frijol común. Así también, sugieren una mayor estabilidad de la fijación simbiótica del nitrógeno en el sistema de labranza cero, sin que existan daños en la nodulación del frijol común con la aplicación de los herbicidas evaluados en las dosis utilizadas

LITERATURA CITADA

- 1 ABDEL-WAHAB, A.M.; ZHRAN, H.N. 1979. The effects of water stress on N_2 (C_2H_4) fixation and growth of four legumes. *Agriculture* 28:383-400
- 2 BOUCHER, D.H.; ESPINOZA, M. 1982. Cropping system and growth and nodulation responses of bean to nitrogen in Tabasco, Mexico. *Tropical Agriculture* 59(4):279-282
- 3 BOLLICH, P.K.; DUNIGAN, E.P.; HARGER, I.R.; KICHEN, L.M. 1984. Effects of herbicides on nodulation, nitrogen fixation and seed yield of soybeans in Louisiana. *Louisiana Agric. Exp. Sta. Bull.* no. 762
- 4 BUSTAMANTE, B.I.D. 1976. Influencia de diversos métodos de labranza sobre el rendimiento de dos variedades de alfalfa y la alteración del medio físico del suelo en la rotación maíz (*Zea mays* L.) -alfalfa (*Medicago sativa* L.). Tesis Mag. Sc. Colegio de Posgraduados de Chapingo, México. 281 p.
- 5 DOBEREINER, J.; ARRUDA, N.B.; PENTEADO, A. 1976. Avaliação da fixação do nitrogênio em leguminosas, pela regressão do nitrogênio total das plantas sobre o peso dos nódulos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 1:233-237
- 6 DOBEREINER, J.; CAMPELO, A.B. 1977. Importance of legumes and their contribution to tropical agriculture. In *A treatise on dinitrogen fixation*, section IV: Agronomy and ecology. Ed. by Hardy, R.W.F.; Gibson, A.H. New York, Wiley. p. 191-220
- 7 DORAN, J.W. 1980a. Microbial changes associated with residue management with reduced tillage. *Soil Science Society of America Journal* 44(3):518-524.

- 8 DORAN, J.W. 1980b. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Science Society of America Journal* 44(4):765-771.
- 9 DOWLING, D.N.; BROUGHTON, W.J. 1986. Competition for nodulation of legumes. *Annual Review of Microbiology* 40:131-157.
- 10 HAMED, A.S.; SALEM, S.A. 1977. Effect of some pesticides on the growth of *Rhizobium leguminosarum* in liquid culture media. In *Soil biology and conservation of the biosphere*. Ed. by Szegui, J. Budapest, Hungary, Akademia Kiadó p. 213-219.
- 11 HARROLD, L.L.; EDWARDS, W.W. 1974. No tillage system reduces erosion from continuous corn watersheds. *Transactions of the ASAE* 17(3): 414-416.
- 12 HUNT, P.G.; WOLLUM, A.G.; MATHENY, T.A. 1981. Effect of soil water on *Rhizobium japonicum* infection, nitrogen accumulation and yield in bragg soybean. *Agronomy Journal* 73:501-505.
- 13 HUNTINGTON, I.G.; SMITH, M.S.; THOMAS, G.W.; BLEVINS, R.L.; PEREZ, A. 1986. Response of *Phaseolus vulgaris* to inoculation with *Rhizobium phaseoli* under two tillage systems in the Dominican Republic. *Plant and Soil* 95:77-85.
- 14 IBRAHIM, A.N.; TEWFIK, M.S.; SALEM, K.G. 1977. Symbiotic nitrogen fixation by broad bean and growth of *Rhizobium leguminosarum* strains as influenced by certain herbicides. In *Soil biology and conservation of the biosphere*. Ed. by Szegui, J. Budapest, Hungary Akademia Kiadó p. 201-207.
- 15 KECSKES, M. 1972. A survey of herbicide sensitivity and resistance of rhizobia. *Symp Biol. Hung* 11:405-415.
- 16 LITTLE, T.M.; HILLS, F.J. 1985. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura México. Ed. Trillas 270 p.
- 17 MOORMAN, T.B. 1986. Effects of herbicides on the survival of *Rhizobium japonicum* strains. *Weed Science* 34:628-633.
- 18 NUÑEZ, R.E.; VALDEZ, M. 1978. Bean inoculation in the valley of Mexico under unirrigated conditions. In *Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics*. Ed. by Dobereiner, J.; Burris, R.H.; Hollaender, A. New York, Plenum Press p. 335-336.
- 19 NUTMAN, P.S. 1965. Symbiotic nitrogen fixation. *Agronomy* 10:360-386.
- 20 QUINTERO, J.J.; GONZALES, S.M.; CALZADO, C.; CASTILLO, M.A.; PEÑA, M. 1983. Efecto de la inoculación del frijol en zonas de temporal en Durango. *Turrialba* 33:303-309.
- 21 RILEY, D.; COUTTS, J.; GOWMAN, A.M. 1975. Placement, mobility and plant uptake of nutrients in no-tillage systems. *Proceedings of No-tillage Forage Symposium*. Ohio State University, Ohio Agricultural Research and Development Center p. 150-158.
- 22 SPRENT, J.I. 1976. Water deficits and nitrogen-fixing root nodules. In *Water and plant growth*. Ed. by Kozłowski, T.T. New York, Academic Press. p. 291-315.
- 23 VINCENT, J.M. 1975. *Manual práctico de rizobiología*. Buenos Aires, Hemisferio Sur 199 p.
- 24 VOSS, M.; SIDIRAS, N. 1985. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 20(7):775-782.
- 25 WESTERMANN, D.I.; KLEINKOPF, G.E.; PORTER, L.K.; LEGGETT, G. 1981. Nitrogen sources for bean seed production. *Agronomy Journal* 73:660-664.
- 26 WILLIAMS, M.E. 1972. Agricultural chemical pollution as affected by reduced tillage systems. *Proceedings of No-tillage Systems Symposium*. Ohio State University, Ohio Agricultural Research and Development Center p. 30-39.