

Respuesta del cultivo de garbanzo al sistema de laboreo

El presente artículo se centra en el análisis del comportamiento del cultivo del garbanzo en rotación con trigo, en relación con el sistema de laboreo y la dosis de nitrógeno fertilizante aplicada al trigo. El estudio se ha hecho en la campiña andaluza durante doce años consecutivos en un suelo típico Vertisol con sistemas de laboreo convencional y no laboreo, aplicando diferentes dosis fertilizantes al cultivo precedente.

Luis López-Bellido¹, Rafael J. López-Bellido² y F. Javier López-Bellido³

¹Departamento de Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales, Universidad de Córdoba.

²Departamento de Ciencias Agroforestales, Universidad de Huelva.

³Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria, Universidad de Castilla-La Mancha.



El sistema de no laboreo es más efectivo en años con baja precipitación en diciembre, febrero y mayo

El garbanzo es una importante legumbre para la alimentación humana, cultivada en los sistemas agrícolas de secano mediterráneo. Dentro de la región mediterránea, el sur de Europa incluye una importante y antigua área de cultivo de garbanzo, principalmente, España.

En la región predomina el cultivo de garbanzo tipo Kabuli, de semilla grande, en rotación con cereal. La intensidad de cultivo depende de la lluvia. En las áreas que exceden los 400 mm de lluvia invernal, el garbanzo es frecuentemente cultivado en una rotación bianual con cereal de invierno, como el trigo o la cebada, o en una rotación más larga que incluye otros cultivos de verano. En las áreas más secas puede

haber un año de barbecho precediendo al cereal de invierno.

Durante los últimos cuarenta años, la productividad de las leguminosas alimenticias, como el garbanzo y la lenteja, no han mantenido el ritmo de incremento de producción de los cereales. Por esta razón, aquéllas se han visto relegadas progresivamente a las áreas más pequeñas y marginales con productividad más baja, acompañada también por inestabilidad de los rendimientos.

El cultivo de leguminosas parece tener un enorme potencial para incrementar la viabilidad económica y la sostenibilidad ambiental de los sistemas de cultivo basados en el trigo en las áreas secas. La habilidad general de las leguminosas para fijar el nitrógeno atmosférico y suminis-

trar parte o todas sus necesidades de nitrógeno es una función que probablemente se incremente de forma importante conforme se desarrolle la eficiencia energética de los sistemas de cultivo (Miller et al., 2002).

En muchas regiones semiáridas, donde se practican sistemas de laboreo convencional, la erosión es una preocupación permanente. Cuando las leguminosas son introducidas en los sistemas de cultivo, la baja producción de residuos, combinada con su rápida descomposición, puede llevar a situaciones desastrosas. El garbanzo suministra alrededor de la mitad de la cantidad de residuos de cultivo sobre la superficie de suelo respecto al trigo cultivado en las mismas condiciones. La práctica de no labo-

reo, que favorece la conservación de los residuos de leguminosas y los residuos procedentes de anteriores cultivos, es necesaria para la producción sostenible del cultivo de leguminosas en áreas con suelos altamente erosionables (López-Bellido et al., 1997 y Miller et al., 2002).

Estudios recientes han demostrado la viabilidad de intensificar y diversificar el sistema de producción trigo-barbecho cuando son utilizados sistemas de laboreo reducido o no laboreo (Nielsen, 2001). En las regiones semiáridas de algunas áreas del mundo se ha incrementado la superficie de cultivo de garbanzo por la intensificación de la rotación trigo-barbecho, especialmente mediante la aplicación del no laboreo.

El garbanzo es principalmente un cultivo de secano y frecuentemente la sequía afecta a la productividad y estabilidad del rendimiento. La naturaleza errática de las lluvias de invierno y primavera en la región mediterránea y las frecuentes rachas de calor típicas de la primavera normalmente resultan en rendimientos rela-

tivamente bajos e inestables. Según Kumar y Abbo (2001), el potencial de rendimiento no excede de 1.500 kg/ha. El crecimiento reproductivo del garbanzo sufre considerablemente en ambientes cálidos (35-15°C día-noche). Según Nielsen (2001), la temperatura que excede 30-32°C limita el rendimiento del garbanzo, acelerando la maduración; también las altas temperaturas desde la floración a maduración en el garbanzo de siembra tardía conducen a la reducción del tamaño de la semilla y a un más bajo rendimiento.

La influencia del sistema de laboreo sobre el cultivo del garbanzo no ha sido estudiada extensivamente; sin embargo, los pocos estudios que existen generalmente muestran los beneficios del no laboreo (Saxena, 1987; Rathore et al., 1998; Miller et al., 2002). Tales beneficios están directamente relacionados con la conservación de la humedad del suelo y la humedad disponible durante el crecimiento del cultivo; y se traducen en el incremento de la masa radicular, la altura de la planta y el

rendimiento, mejorando la recolección.

El experimento Malagón

En el año 1986 se inició un experimento de larga duración en la campiña andaluza (provincia de Córdoba), en la finca denominada Malagón. Se sitúa en un típico suelo Vertisol, también conocido como bujeo. El diseño del experimento es en parcelas subdivididas, donde la parcela principal es el sistema de laboreo (con dos tratamientos: laboreo convencional y no laboreo); las subparcelas son rotaciones de cultivo bianuales (trigo-girasol, trigo-garbanzo, trigo-habas y trigo-barbecho) y el monocultivo de trigo; y las sub-subparcelas son la dosis de nitrógeno fertilizante (0, 50, 100, 150 kg N/ha), que se aplica sólo al trigo. El área de cada sub-subparcela es de 50 m² (10 x 5 m).

El presente artículo se centra en el análisis del comportamiento del cultivo del garbanzo en rotación con trigo, en relación con el sistema de laboreo y la dosis de nitrógeno fertilizante aplicada

al trigo (López-Bellido et al., 2004^a y 2004^b).

A lo largo del experimento se han utilizado diferentes cultivares de garbanzo, siendo la variedad Pedrosillano la más usual. La siembra del garbanzo se realizó a la salida del invierno, entre los meses de febrero y marzo, utilizando una dosis media de semilla de 80 kg/ha y un espaciamiento entre líneas de 35 cm. La variedad de trigo harinero utilizada en la rotación fue al principio Cajeme y en los últimos años Gazul. El fertilizante nitrogenado aplicado al trigo fue nitrato amónico: la mitad de la dosis antes de la siembra y la otra mitad entre ahijado y encañado. También a las parcelas de trigo se aplicó anualmente fósforo fertilizante, a la dosis de 150 kg/ha de superfosfato triple, que fue incorporado en el laboreo convencional y localizado en el no laboreo con la sembradora específica. No fue necesario aplicar potasio, dados los altos niveles de este nutriente en el suelo.

Resultados

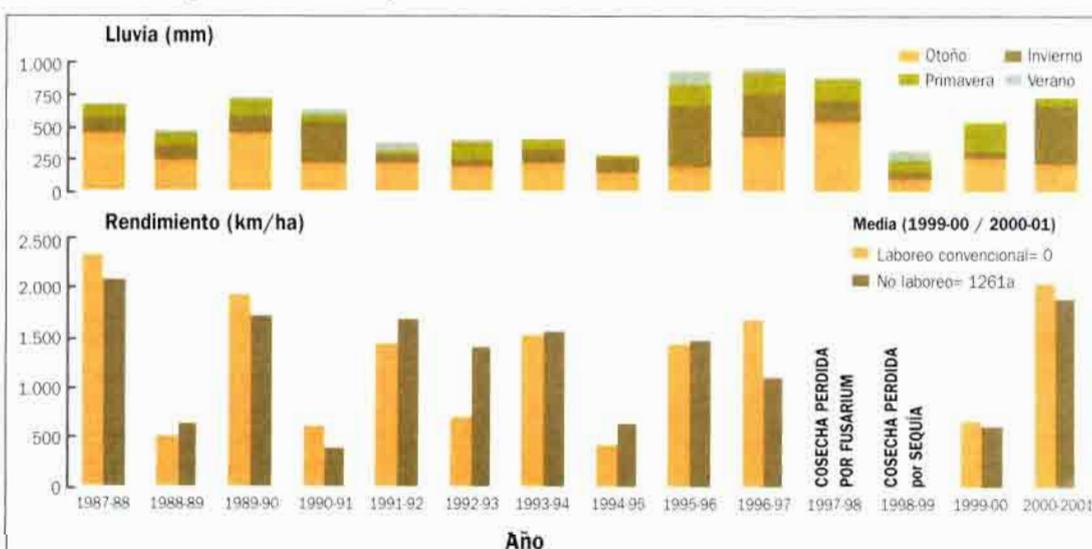
Condiciones climáticas

En los catorce años de estudio existió una marcada variación interanual de la lluvia (**figura 1**). En este período se obtuvo cosecha de garbanzos sólo en doce años, debido a problemas de sequía, por un lado, y también a la incidencia de enfermedades, especialmente *Fusarium* spp.

Tres de los años con cosecha fueron muy lluviosos, como se aprecia en la **figura 1** (1995/96, 1996/97, 1997/98); otros cuatro años registraron lluvias comprendidas entre 600-700 mm (1987/88, 1989/90, 1990/91, 2000/01); y otros dos años registraron alrededor de 500 mm de lluvia (1988/89, 1999/00). El resto de los años fueron secos, con una lluvia inferior a 400 mm. La distribución estacional de la lluvia fue también muy variable, siendo más abundante en otoño o en invierno en el conjunto de los años, excepto en 1998/99 y 1999/00 (**figura 1**).

FIGURA 1.

Lluvia estacional y efecto del sistema de laboreo sobre el rendimiento de garbanzo durante 12 años en rotación continua con trigo en la Campiña Andaluza (Córdoba). Las flechas representan la existencia de diferencia significativa al 95% de probabilidad. *Letras iguales para la media de rendimiento indican que no hubo diferencia significativa en el conjunto de los años de estudio.



Rendimiento de grano

El rendimiento del garbanzo fue significativamente influido por el año (**figura 1**). En el conjunto del período de doce años estudiado, el rendimiento más alto se registró en los años 1988 y 2001 (2.194 y 1.963 kg/ha, respectivamente); mientras que el rendimiento más bajo se obtuvo en los años 1989, 1991, 1995 y 2000 (variando entre 500 y 630 kg/ha). La media de rendimiento en el conjunto del período de los doce años fue de 1.261 kg/ha (**figura 1**).

El rendimiento de grano no tuvo relación con la lluvia total registrada en la campaña. Sin embargo, la suma de la lluvia del período diciembre a febrero, precedente al cultivo, y la del mes de mayo, donde tiene lugar la floración y el período de llenado de la semilla, sí estuvo estrechamente relacionada con el rendimiento. Los años de más bajo rendimiento registraron una lluvia comprendida entre 104 y 177 mm en el mencionado período, siendo la lluvia de mayo muy baja, menos de 30 mm. En 1991/92, 1992/93 y 1993/94, la lluvia registrada estuvo comprendida también en el rango anterior; no obstante, el rendimiento de grano fue más alto debido a que la lluvia de mayo fue superior a 50 mm. El rendimiento de garbanzo fue máximo cuando la suma de las lluvias del período diciembre-febrero y del mes de mayo fue alrededor de 390 mm. Estos consistentes resultados muestran la importancia que tiene para el rendimiento del garbanzo la lluvia durante el período precedente de barbecho y en el período de floración y llenado del grano. Algunos autores como Dalal et al. (1997) y Miller et al. (2002) encontraron también una correlación significativa entre el rendimiento y la lluvia durante el período de barbecho precedente a la siembra y en el período crítico de crecimiento del garbanzo.

En el conjunto de los doce años de estudio, el sistema del laboreo no tuvo una influencia significativa en el rendimiento del

El sistema de laboreo ejerció un efecto significativo sobre la extracción de nitrógeno

garbanzo; sin embargo, la interacción año x sistema de laboreo fue significativa. Diferencias significativas en el rendimiento del garbanzo, en función del sistema de laboreo, sólo se registraron en dos de los doce años de estudio: en 1993 el no laboreo fue más productivo que el laboreo convencional y en 1977 ocurrió a la inversa. El mejor rendimiento del no laboreo en 1993 puede atribuirse a la alta capacidad de almacenamiento de agua del suelo en dicho año, en el que se registró la lluvia más baja durante el período precedente de diciembre

a febrero (40 mm). Saxena (1987) y Rathore et al. (1998) han comprobado que el rendimiento del garbanzo es mayor en el no laboreo y laboreo reducido cuando se utiliza el mulching de paja, debido a que el suelo retiene más agua en el perfil durante la estación de crecimiento, que cuando se utiliza el laboreo convencional. Algunos trabajos también han informado que la siembra directa del garbanzo sobre el rastrojo del cereal mejora la eficiencia de la cosechadora en la recolección. Sin embargo, no existe mucha información sobre la respuesta del garbanzo a los sistemas de laboreo, particularmente en las condiciones de secano de los Vertisoles mediterráneos.

El no laboreo tiende a ser más productivo en los Vertisoles sólo cuando la suma de la lluvia del período diciembre-febrero precedente y del mes de mayo es menor de 200 mm; mientras que el laboreo convencional tiene tendencia a ser más productivo cuando la lluvia excede dicha cantidad. La relación en ambos sistemas de laboreo muestra cómo el rendimiento del garbanzo disminuye, después de alcanzar un máximo, debido a los daños del exceso de lluvia en el cultivo (**fi-**

gura 2). Esto demuestra las diferencias de capacidad para almacenar agua que existen entre ambos sistemas de laboreo y el efecto negativo del encharcamiento en los Vertisoles.

Efecto del abonado nitrogenado

La dosis de nitrógeno fertilizante aplicada al cultivo de trigo precedente en la rotación ejerció un efecto significativo sobre el rendimiento del garbanzo. Éste fue más bajo con las dosis de 0 y 50 kg/ha de N, sin diferencias significativas entre ambas, y más alto con las dosis de 100 y 150 kg/ha de N aplicadas al trigo anterior, también sin diferencias significativas entre ambas dosis (**figura 3**). López-Bellido et al. (2000) han puesto de manifiesto en este mismo experimento que en el rendimiento del trigo respondió al nitrógeno fertilizante hasta la dosis de 100 kg/ha. La larga duración del experimento y la frecuencia de años secos, donde no hubo respuesta del trigo al nitrógeno fertilizante, han conducido a un progresivo incremento de la cantidad de nitrógeno residual en las parcelas de trigo que recibieron altas dosis de fertilizante. Esto puede justificar las diferencias observadas en el rendimiento del garbanzo. Algunos autores, como Schwenke et al. (1998), han señalado que el incremento de nitratos del suelo, debido al nitrógeno fertilizante aplicado al cultivo precedente de trigo, puede reducir la fijación de nitrógeno atmosférico por el garbanzo. Esta situación no se ha producido en nuestro experimento, pues en este caso las parcelas con cero nitrógeno en el cultivo precedente de trigo deberían haber mostrado un rendimiento de garbanzo más alto; pero no fue así. Los agricultores conocen bien la pobre actuación del garbanzo como leguminosa y como precedente del cultivo de trigo, en comparación con otras leguminosas típicas de la región, como las habas. López-Bellido et al. (2001) han informado de que el efecto de rotación del garbanzo sobre el trigo es bastante inferior

FIGURA 2.

Relación entre la lluvia del período diciembre a febrero más la lluvia del mes de mayo y el rendimiento del garbanzo según el sistema de laboreo durante 12 años en la Campiña Andaluza (Córdoba).

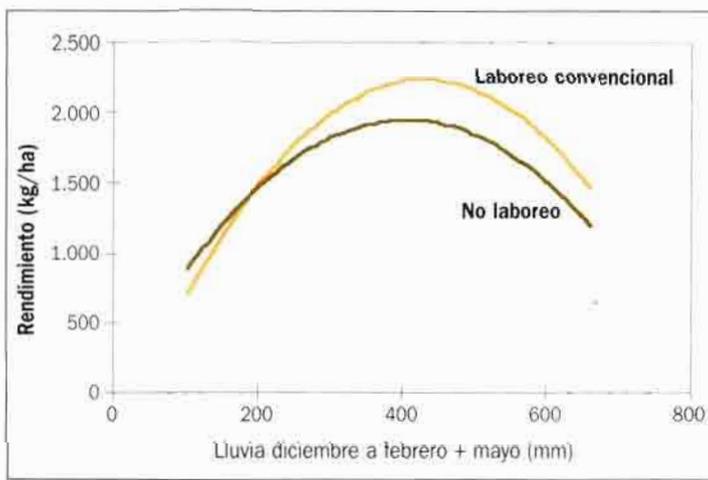
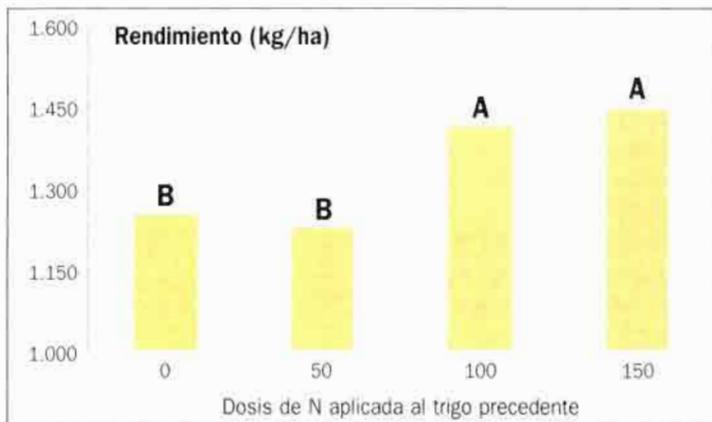


FIGURA 3.

Efecto de la dosis de N fertilizante aplicada al trigo precedente sobre el rendimiento del garbanzo en la Campiña Andaluza (Córdoba). Letras diferentes representan la existencia de diferencia significativa al 95% de probabilidad.



que el de las habas y el barbecho (figura 4). Nuestras investigaciones recientes, aún no publicadas, confirman que la fijación de nitrógeno por el garbanzo en condiciones de campo, utilizando el isótopo ^{15}N , se sitúa en torno a 35 kg/ha/año de N_2 , frente a los más de 100 kg/ha/año fijados por las habas.

A diferencia de otras leguminosas y de las referencias de otros trabajos, el componente del rendimiento más variable del garbanzo fue el número de semillas por vainas en vez de las vainas por m^2 . Este hecho puede atribuirse al bajo número medio de semillas por vaina y a la peculiar ramificación del garbanzo, que frecuentemente origina presencia de vainas vacías en función de las condiciones ambientales. Además, el promedio de 0,9 semillas por vaina obtenido en nuestro trabajo ha sido más bajo que la media citada por diferentes autores, que varía de 1,04 a 1,33 semillas por vaina (Khanna-chopra y Sinha, 1997). Esta puede ser la razón, en las condiciones de nuestro experimento, de que dicho componente sea el de mayor influencia en el rendimiento.

buirse al bajo número medio de semillas por vaina y a la peculiar ramificación del garbanzo, que frecuentemente origina presencia de vainas vacías en función de las condiciones ambientales. Además, el promedio de 0,9 semillas por vaina obtenido en nuestro trabajo ha sido más bajo que la media citada por diferentes autores, que varía de 1,04 a 1,33 semillas por vaina (Khanna-chopra y Sinha, 1997). Esta puede ser la razón, en las condiciones de nuestro experimento, de que dicho componente sea el de mayor influencia en el rendimiento.



Vista aérea de los ensayos en la finca Malagón.

ELIJA KUHN, ELIJA LA DIFERENCIA



FC 303/353 CONSTANT FLOAT®

UN MAYOR ALIGERAMIENTO PARA OBTENER MEJORES RESULTADOS

El porvenir pertenece a aquellos que sabrán controlar los niveles de ácido butírico en la leche y conservar la cubierta vegetal para acelerar el crecimiento. Para conseguir estos retos, KUHN ha inventado un sistema de aligeramiento constante CONSTANT FLOAT® para las segadoras acondicionadoras FC 303/353, de regulación sencilla y fiable.



CONSTANT FLOAT®

Aligeramiento constante sobre un amplio desplazamiento. Una exclusividad KUHN.



www.kuhn.es

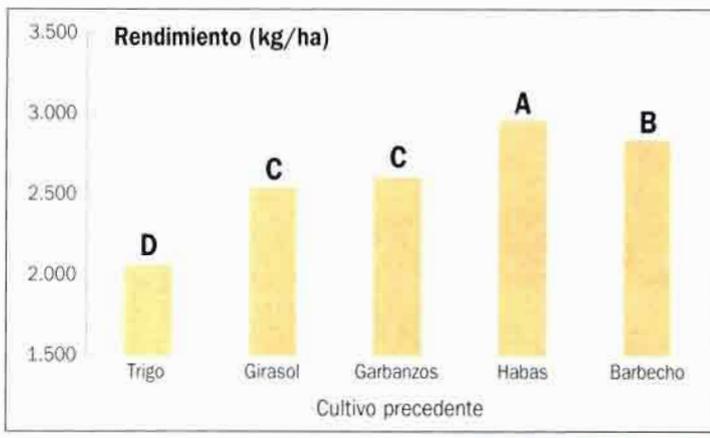
175
Years of Excellence

KUHN IBÉRICA, S.A.

Pol. Ind. Los Frailes, 23 • 28814 Daganzo (Madrid) • Tel.: 91 878 22 60 • Fax: 91 878 25 01
e-mail: info@kuhn.es

FIGURA 4.

Efecto del cultivo precedente sobre el rendimiento del trigo harinero en rotación bianual continua durante 12 años en la Campiña Andaluza (Córdoba). Letras diferentes representan la existencia de diferencia significativa al 95% de probabilidad.



to en vez del número de vainas por m² que citan otros autores y que ocurre en otras leguminosas de verano.

Utilización del nitrógeno por el cultivo del garbanzo

El contenido total de nitrógeno extraído por la semilla y la paja y el contenido de proteínas de la semilla, fueron significativamente influidos por el año. El nitrógeno total extraído por el garbanzo y el nitrógeno total contenido en la semilla varió entre 60 y 99 kg/ha y 25 y 81 kg/ha, respectivamente, mientras que la media de ex-

tracción de nitrógeno por la paja fue alrededor de 23 kg/ha.

La concentración de nitrógeno en la semilla y en la paja varió considerablemente también según el año, oscilando entre 3,6 y 4,1% para la semilla y entre 0,8 y 1,4% para la paja. A medida que se incrementó el rendimiento del garbanzo, lo hizo también la extracción total de nitrógeno por la planta y el contenido de nitrógeno de la semilla, mientras que el contenido de nitrógeno de la paja disminuyó. Sólo cuando el rendimiento de grano fue más bajo de 800 kg/ha, el contenido de nitrógeno de la paja fue más alto que

el contenido de nitrógeno de la semilla. Esto muestra que el nitrógeno acumulado en el crecimiento vegetativo del garbanzo no es transferido al grano.

El sistema del laboreo también ejerció un efecto significativo sobre la extracción total de nitrógeno, el contenido de nitrógeno de la semilla y el contenido de proteína. Este último fue significativamente mayor para el no laboreo que para el laboreo convencional.

El nitrógeno residual del cultivo precedente de trigo tuvo un efecto similar a una aplicación fertilizante de "arranque", incrementando el rendimiento al asegurar un rápido establecimiento de las plántulas antes de que el sistema simbiótico de la leguminosa llegara a ser efectivo. La aplicación de una óptima dosis de nitrógeno fertilizante (100 kg/ha) al cultivo precedente de trigo, como hemos comprobado en el mismo experimento, tiene un positivo efecto sobre el siguiente cultivo del garbanzo. Sin embargo, globalmente el cultivo del garbanzo no fue capaz de suministrar, mediante la fijación simbiótica, al menos la cantidad equivalente a 50 kg/ha de nitrógeno fertilizante al siguiente cultivo de trigo, según se desprende de los rendimientos del cereal obtenidos durante el período de estudio. ■

CONCLUSIONES

La producción de garbanzo de primavera en los Vertisoles de secano mediterráneos depende fuertemente de la lluvia del período de barbecho precedente (diciembre a febrero) más la caída en el período de floración y el llenado de semillas, que corresponde aproximadamente al mes de mayo. El rendimiento máximo de grano se alcanza con una suma de lluvia de alrededor de los 390 mm en ambos períodos mencionados. Con frecuencia, las altas precipitaciones generan un bajo rendimiento debido al efecto negativo del encharcamiento.

El no laboreo representa, en términos de productividad, una alternativa viable al laboreo convencional para la producción de garbanzo en una rotación con trigo. El nitrógeno fertilizante aplicado al cultivo de trigo precedente ha mostrado una influencia consistente en el rendimiento del garbanzo por encima de la dosis de 100 kg/ha, debido al progresivo incremento del nitrógeno residual del suelo. Este nitrógeno residual no parece afectar a la fijación de nitrógeno atmosférico por el garbanzo, el cual ha demostrado ser poco eficiente como leguminosa para captar dicho nitrógeno.

El número de granos por vaina es el componente de rendimiento que ejerce mayor influencia, positiva y directa, sobre el rendimiento del garbanzo. Esto difiere de otras leguminosas y puede ser debido al bajo número de semillas por vaina que caracteriza al garbanzo y a la variación de este parámetro por la compleja ramificación de la planta, que es significativamente influida por las condiciones ambientales. El efecto compensatorio ejercido sobre el rendimiento del garbanzo por los componentes de rendimiento formados secuencialmente ha sido pequeño.

La extracción del nitrógeno por el garbanzo fue mayor en el laboreo convencional frente al no laboreo, y también fue mayor cuando altas dosis de nitrógeno fertilizante fueron aplicadas al cultivo precedente de trigo. Globalmente, el cultivo de garbanzo parece ser incapaz de suministrar, mediante la fijación simbiótica, al menos la cantidad equivalente a 50 kg/ha de nitrógeno fertilizante al cultivo precedente de trigo. ■

Bibliografía

Dalai, R.C., Strong, W.M., Doughton, J.A., Weston, E.J., McNamara, G.T., Cooper, J.E. 1997. Sustaining productivity of a Vertisol of Warra Queensland with fertilizers, no-tillage for legumes 4. Nitrogen fixation, water use and yield of chickpea. *Journal of Experimental Agriculture*. 37: 667-676.

Khanna-Chopra, R., Sinha, S.K. 1987. Chickpea: physiological aspect of growth and yield. In: Saxena, M.C., Singh, K.B. (eds.). *The chickpea*. CAB International, Wallingford, Oxon, United Kingdom. pp. 163-189.

Kumar, J., Abbo, S. 2001. Genetics of flowering time in chickpea and its bearing on productivity in semiarid environments. *Advances in Agronomy*, 72:107-138.

López-Bellido, L., López-Bellido, R.J., Castillo, J.E. and López-Bellido, F.J. 2000. Effects of tillage, crop rotation, and nitrogen fertilization on wheat under rainfed Mediterranean conditions. *Agronomy Journal*. 92: 1054-1063.

López-Bellido, R.J. y López-Bellido, L. 2001. Effects of crop rotation and nitrogen fertilization on soil nitrate and wheat yield under rainfed Mediterranean conditions. *Agronomy Journal* 21: 509-516.

López-Bellido, L., López-Bellido, R.J., Castillo, J.E., López-Bellido, F.J. 2004a. Chickpea response to tillage and soil residual nitrogen in a continuous rotation with wheat. I. Biomass and seed yield. *Field Crops Research*. 88:191-200.

López-Bellido, L., López-Bellido, R.J., Castillo, J.E., López-Bellido, F.J. 2004b. Chickpea response to tillage and soil residual nitrogen in a continuous rotation with wheat. II. N uptake and influence on wheat yield. *Field Crops Research*. 88: 201-210.

López-Bellido, L., López-Garrido, F.J., Fuentes, M., Castillo, J.E., Fernández, E.J. 1997. Influence of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on soil organic matter and nitrogen under rainfed Mediterranean conditions. *Soil & Tillage Research*, 43: 277-293.

Miller, P.R., McDonald, C.L., Derksen, D.A., Waddington, J. 2001. The adaptation of seven broadleaf crops to the semiarid prairie. *Canadian Journal of Plant Science*. 81: 29-43.

Nielsen, D.C. 2001. Production functions for chickpea, field pea and lentil in the Central Great Plains. *Agronomy Journal*. 93: 563-569.

Probert, M.E., Carberry, P.S., McCown, R.L., Turpin, J.E. 1998. Simulation of legume-cereal systems using APSIM. *Australian Journal of Agricultural Research*. 49: 317-327.

Rathore, A.L., Pal, A.R., Sahu, K.K. 1998. Tillage and mulching effects on water use, root growth and yield of rainfed mustard and chickpea grown after lowland rice. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 78: 149-161.

Saxena, M.C. 1987. Agronomy of chickpea. In: Saxena, M.C., Singh, K.B. (eds.). *The chickpea*. CAB International, Wallingford, Oxon, United Kingdom. pp. 207-232.

Schwenke, G.D., Peoples, M.B., Turner, G.L., Herridge, D.F. 1998. Does nitrogen fixation of commercial dryland chickpea and faba bean crops in North-west New South Wales maintain a carbon soil nitrogen? *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 38: 61-70.