

EFFECTO DEL NITRÓGENO EN LA PRODUCCIÓN Y ABCISIÓN DE ÓRGANOS REPRODUCTIVOS EN FRIJOL ¹

Alberto Escalante², María. Teresa Rodríguez², Enrique Escalante³

RESUMEN

Efecto del nitrógeno en la producción y abscisión de órganos reproductivos y rendimiento del frijol en función del nitrógeno. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del nitrógeno sobre la producción y abscisión de órganos reproductivos y el rendimiento del frijol. La investigación se realizó en Iguala Gro., México de clima cálido subhúmedo. La variedad Michoacán -12A3 fue sembrada con riego en noviembre 17 de 1989 y diciembre 17 de 1990 y en seco en junio 1 de 1990 (Otoño) y junio 29 de 1991 (Verano), a la densidad de 13,3 plantas m⁻². En cada experimento se aplicaron tratamientos de 0 y 80 kg N ha⁻¹. Los resultados indicaron que en ambas épocas de siembras, el nitrógeno incrementó el área foliar, la producción y abscisión de órganos reproductivos, el número de vainas a la madurez fisiológica y el rendimiento. La mayor abscisión de órganos en las plantas con nitrógeno en relación al testigo, fue limitante para lograr un mayor incremento en el rendimiento del frijol bajo este tratamiento. La producción del frijol en las siembras de otoño fue superior a las de verano.

ABSTRACT

Relationship between production and abscission of reproductive organs and dry bean yield as a function of nitrogen. The objective of this study was to determine the effect of nitrogen on the production and abscission of reproductive organs and dry bean yield. This research was carried out in Iguala, Guerrero, Mexico where the climate is hot and subhumid. The Michoacan 12A3 bean variety, was sown on November 17, 1989, and December 17, 1990, with irrigation (autumn), and June 1, 1990 and June 29, 1991, without irrigation (summer). Population density was 13.3 plants/m². Treatments of zero and 80 kg N ha⁻¹ were applied in each experiment. Results indicated that in both sowing seasons N increased leaf area, production and abscission of reproductive organs, number of pods reaching physiological maturity, and seed yield. As compared to the control, the higher abscission of reproductive organs in plants with N limited a higher seed yield under this treatment. Bean production in autumn was higher than in the summer.



INTRODUCCIÓN

Diversos estudios han demostrado que con la fertilización nitrogenada puede lograrse incrementar el rendimiento del frijol (Scarlsbrick *et al.*, 1982; Escalante y Escalante, 1994; Rodríguez y Escalante, 1994). Los cambios en el rendimiento, por lo general se relacionan con el número de vainas a la cosecha (Escalante y Kohashi, 1986) y con el número de órganos reproductivos formado durante el crecimiento de la planta. La magnitud de éste, es afectada por las condiciones ambientales (Escalante *et al.*, 1980). La abscisión de órganos reproductivos (botones, flores y vainas, estas últimas menores de tres centímetros, Escalante y Kohashi, 1993) limita la expresión de un mayor rendimiento. White e Izquierdo (1991) señalan que aún bajo condiciones óp-

timas de crecimiento, la abscisión de órganos reproductivos por planta es superior al 50% y es afectada por los factores del ambiente (Brevedan *et al.*, 1978; Binkley, 1993). Mann y Jaworski (1970) señalan que el déficit de nutrimentos, particularmente el nitrógeno (N) incrementó la tasa de absorción de flores y vainas en soya. Asimismo, Brevedan *et al.*, (1978) encontraron que el N, redujo el aborto de flores en 12%. El mecanismo como esto ocurre es desconocido. Subhadrabandhu *et al.*, (1978) y Tucker *et al.*, (1975) sugieren que, prevenir la caída de órganos reproductivos podría conducir a un rendimiento más alto, a tal grado que Izquierdo (1981) señala que bajo condiciones óptimas de agua y nutrimentos podría estimarse un rendimiento "potencial" del frijol superior a 6200 kg ha⁻¹. El objetivo del presente trabajo fué determinar el efecto del nitrógeno

¹ Trabajo presentado en la XLIV Reunión anual del PCCMCA, Panamá. 1997.

² IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo Mpio de Texcoco, Méx. México.

³ Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Iguala Gro. México.

sobre la producción, abscisión de órganos reproductivos, el rendimiento y sus componentes del frijol de tipo arbustivo sembrado en clima cálido.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en Iguala, Gro. (18° 22'N, 99° 33'O y 635 msnm), con clima Awo, que corresponde al cálido subhúmedo, con un promedio anual de temperatura de 25.7°C, una media del mes más frío (enero) de 22°C y del mes más cálido (abril) de 29°C, una precipitación anual promedio de 1021 mm, la mayor cantidad de lluvias en el verano (García, 1973). Se realizaron cuatro experimentos, dos en otoño con riego sembrados el 17 de noviembre de 1989 y 17 de diciembre de 1990 (RI y RII, respectivamente), y dos en verano de secano con siembras el 1° de junio de 1990 y el 29 de junio de 1991 (SI y SII, respectivamente). La variedad utilizada fue la Michoacán 12A3 de hábito de crecimiento determinado arbustivo, fue sembrada a la densidad de población de 13.3 plantas m⁻², en surcos de 75 cm de separación. El suelo es un franco-arcillo-arenoso con un pH de 8.0, 1.84% de materia orgánica y 0.09% de N total. Se realizaron registros de la temperatura máxima media y mínima media (media de cada 10 días), la suma decenal de la evaporación (mm) y precipitación (mm) durante los meses de desarrollo del cultivo (Figura 1 a 4). En ca-

da experimento, los tratamientos consistieron en la aplicación de 0 y 80 kg N ha⁻¹. En todos los experimentos también se aplicó 40 kg de P₂O₅ ha⁻¹. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. En cada experimento se determinó, las etapas fenológicas de inicio de floración (IF, cuando más del 50% de las plantas de la parcela mostraron al menos una flor) y madurez fisiológica (MF) cuando más del 90% de las vainas de la planta mostraron color paja. La duración de la etapa reproductiva en días (MF-IF). Para determinar el número máximo de órganos reproductivos formados (NOR máx), se registró a partir del IF y cada 10 días después, el número de botones, flores y vainas, en dos plantas por unidad experimental. El índice de establecimiento de vainas (Ie) se determinó mediante la ecuación $Ie = \frac{\text{Número de vainas normales m}^{-2} \text{ a la MF (VN)}}{\text{Número de órganos reproductivos máximo m}^{-2} \text{ (NOR máx)}}$. La tasa de abscisión (TA) = $(\text{NOR máx} - \text{NV}) / (T_1 - T_2)$, número m⁻² día⁻¹, donde NOR máx y NV han sido definidos; T₁ es el tiempo en que ocurrió el NOR máx y T₂ son los días a MF; a excepción del tratamiento SII cada 20 días se realizó un muestreo de dos plantas para determinar el área foliar máxima del cultivo (Escalante y Kohashi, 1993). El rendimiento en grano (peso seco del grano 10% humedad); sus componentes como número de semillas por m² (NS); tamaño de semilla (TS, peso medio por semilla); número de vainas con semilla por m⁻² (NV); número de semillas por vaina (SV) y el número de racimos por m² (NR). El rendimiento potencial se estimó

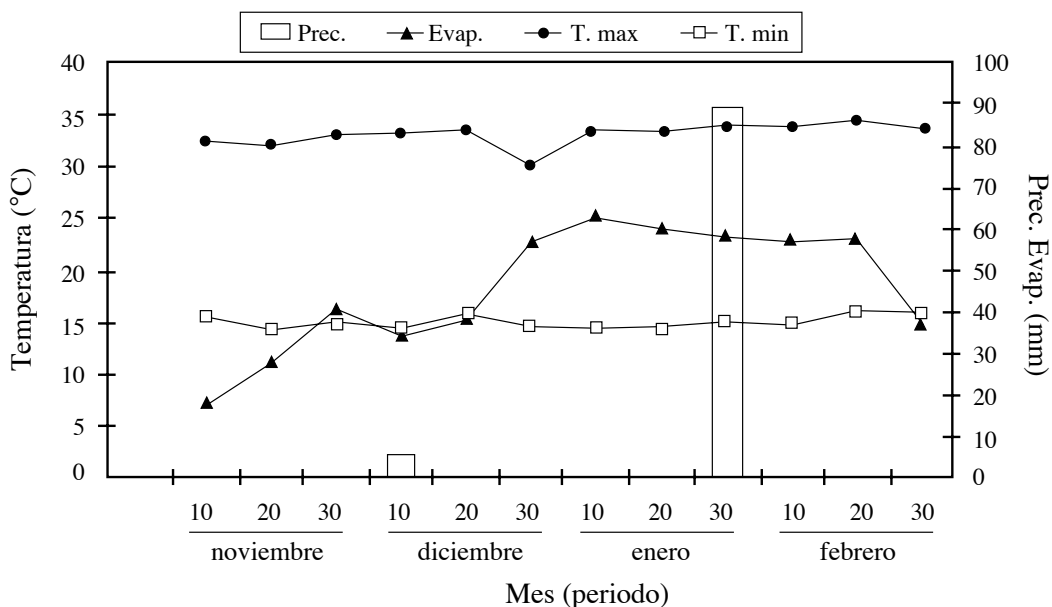


Figura 1. Temperatura máxima y mínima (media de diez días) y precipitación y evaporación (suma de diez días) durante el ciclo del cultivo del frijol. Siembra de otoño. Iguala, Gro., 1989-1990. Clima Aw.

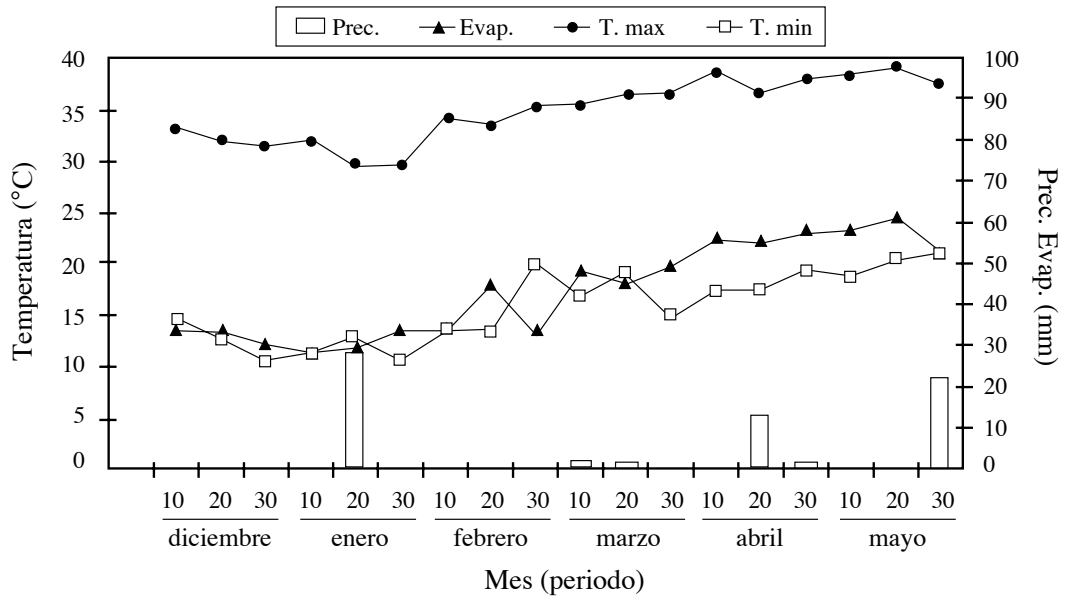


Figura 2. Temperatura máxima y mínima (media de diez días) y precipitación y evaporación (suma de diez días) durante el ciclo del cultivo del frijol. Siembra de otoño. Iguala, Gro., 1990-1991. Clima Aw.

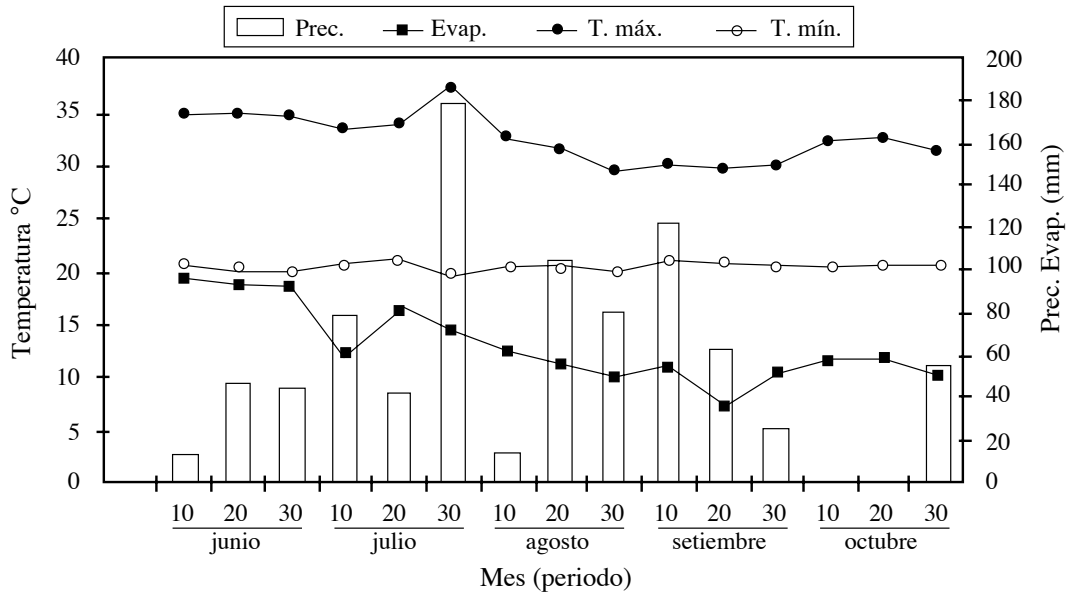


Figura 3. Temperatura máxima y mínima (media de diez días) y precipitación y evaporación (suma de diez días) durante el ciclo del cultivo del frijol. Siembra de otoño. Iguala, Gro., 1990. Clima Aw.

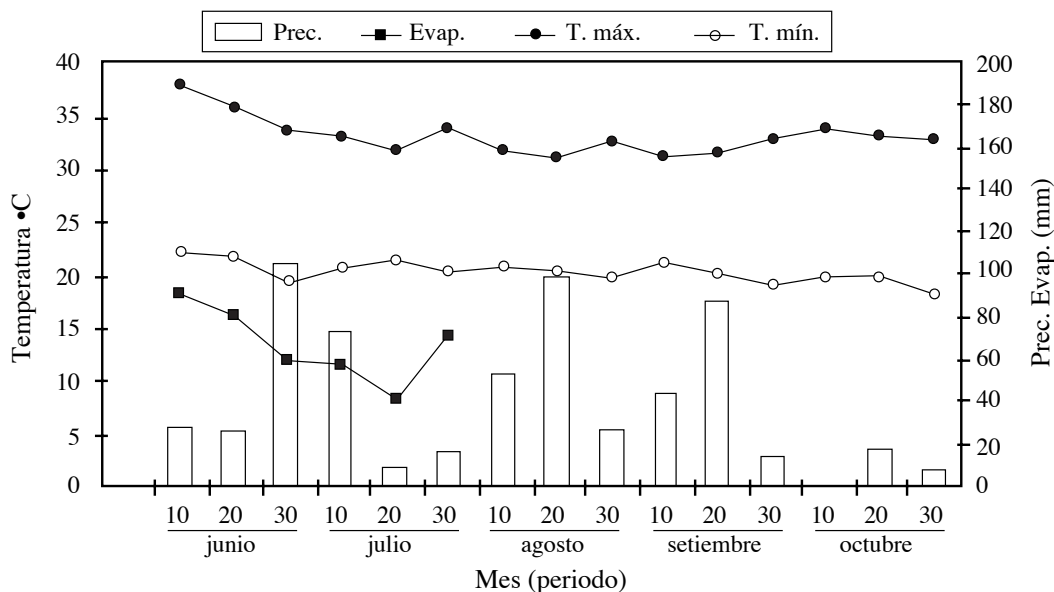


Figura 4. Temperatura máxima y mínima (media de diez días) y precipitación y evaporación (suma de diez días) durante el ciclo del cultivo del frijol. Siembra de otoño. Iguala, Gro., 1991. Clima Aw.

multiplicando el número total de órganos reproductivos/m² * el número de semillas/vaina * el peso individual de semilla.

(DPR), fueron similares tanto en el cultivo con N como en el testigo y solamente variaron por época de siembra (Cuadro 1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Climatología

Las condiciones de temperatura máxima media y mínima media decenal, la precipitación y evaporación (suma decenal) para cada experimento presentadas en las figuras 1 a 4, indican que en las siembras de otoño con riego (RI y RII), la temperatura media máxima y mínima durante el período de crecimiento del cultivo fue de $34. \pm 0.9$ °C y 15.3 ± 0.2 °C respectivamente, y la evaporación de 5.5 ± 1.4 mm/día. En verano, las condiciones de temperatura media máxima y mínima durante el crecimiento del cultivo fueron de 33.1 ± 0.5 °C y 21.5 ± 1.6 °C, respectivamente. La evaporación fue de 6.1 ± 0.9 mm/día. La precipitación fue de 878 mm (SI) y de 588 (SII.), la cuál fue menor en 15 y 42%, respectivamente a la precipitación media anual (1021 mm) reportada por García (1973). Cabe señalar que las temperaturas mínimas y evaporación fueron superiores en las siembras de verano que en las de otoño.

Fenología

Los días a inicio de floración (IF), a la madurez fisiológica (MF) y la duración del período reproductivo

Número máximo y tasa de abscisión de órganos reproductivos y área foliar máxima.

De manera análoga a otros cultivos (por ejemplo girasol, Steer y Hocking, 1984; Escalante, 1995) el N incrementó la producción de órganos reproductivos, el número de vainas normales a la MF y el rendimiento. La tasa de abscisión de órganos reproductivos más alta (Cuadro 2), limitó un mayor incremento en el rendimiento en la planta con N, puesto que éste solamente representó un 30% a 45% del que pudiera lograrse si todos los órganos reproductivos formados, persistieran

Cuadro 1. Días a inicio de floración (IF), madurez fisiológica (MF) y duración del período reproductivo (DPR) en frijol Michoacán 12-A-3 cultivado en Iguala, Gro.

Experimento	Días a IF	Días a MF	DPR (Días)
RI	40	90	50
RII	45	100	55
SI	45	100	55
SII	45	90	45

RI y RII siembras del 17-nov-89 y 17-dic-90, respectivamente. SI y SII siembras del 01-jun-90 y 29-jun-91, respectivamente.

Cuadro 2. Número máximo de órganos reproductivos (OR máx) por m², vainas con grano a la madurez fisiológica (VG), tasa de caída de OR (número/m²/día TA), índice de establecimiento de vainas (Ie), área foliar máxima (AFmáx), relación ORmáx/AFmáx (C1) y relación VG/AFmáx.(C2).

Experimento	Trat	ORmáx m ⁻²	VG m ⁻²	TA no.m ⁻² día ⁻¹	Ie dm ²	AFmáx	C1	C2
RI	N+	664 a	196 a	9.1 a	0.29b (71)*	392 a	1.70 a	0.94 b
	No	460 b	141 b	6.6 b	0.31 a (69)	331 b	1.40 b	1.15 a
RII	N+	718 a	322 a	10.4 a	0.45 b (56)	320 a	2.24 a	1.0 a
	No	532 b	266 b	7.0 b	0.50 a (50)	270 b	1.97 b	0.98 a
SI	N+	545 a	249 a	14.8 a	0.46 b (54)	463 a	1.17 a	0.53 a
	No	308 b	152 b	7.8 b	0.49 a (52)	392 b	0.78 b	0.38 b
SII	N+	553 a	112 a	15.2 a	0.20 b (80)	-	-	-
	No	210 b	61 b	5.1 b	0.29 a (71)	-	-	-

En cada experimento, valores con letra diferente entre tratamientos de N son diferentes (DSHa0.05). N+ = 80 kg N/ha; No. = testigo (sin fertilización con N).

()* indica el % de abscisión.

Cuadro 3. Rendimiento de semilla (Rend, g/m²) y sus componentes en frijol Michoacán 12-A-3 en función de la fertilización nitrogenada. Iguala, Gro.

Experimento	Trat	Rend	NS	TS	NV	SV	Rac
RI	N+	184 a	868 a	183 a	196 a	4.8 a	177 a
	No	139 b	673 b	178 a	145 b	4.7 b	148 b
RII	N+	194 a	1085 a	179 a	322 a	3.3 a	178 a
	No	158 b	883 b	179 a	266 b	3.4 a	166 b
SI	N+	87 a	596 a	145 a	187 a	3.0 a	177 a
	No	45 b	343 b	131 a	114 b	3.0 a	103 b
SII	N+	48 a	287 a	167 a	112 a	3.3 a	-
	No	35 b	205 b	168 a	61 b	3.4 a	-

Para cada experimento valores con letra similar entre tratamientos de (N) no presentan diferencias significativas. NS = Número de semillas m-2; TS = Tamaño de semilla (Mg); NV = Número de vainas m-2; SV = Número de semillas vaina-1; Rac = Número de racimos m-2; N+ = 80 kg Nha-1. No = testigo.

hasta la MF (Cuadro 4). Esta respuesta contrasta con la encontrada por Brevedan *et al.*, (1978) en soya y Bayuelo (1994) en frijol bajo condiciones de hidroponia. El NORmáx se registró a los 62 días después de la siembra (dds) en tres experimentos y a los 72 dds solamente en SI y fue inferior al reportado para la misma variedad (951 m⁻²) cultivada bajo óptimas condiciones de humedad y nutrimentos en Chapingo, Méx. (Escalante *et al.*, 1980). La mayor abscisión con N, puede deberse entre otras cosas, a limitaciones en la fuente de fotosintetizados ya que aunque el área foliar (AF) se incrementó con el N, la relación NORmáx-AF máxima (C1) que en un principio fue superior con N, disminuyó a la MF hasta ser similar a NO (C2, Cuadro 2). Esto

sugiere que el dosel vegetal de las plantas con N no mostró una actividad suficiente para satisfacer la demanda del mayor número de OR por dm² formado por las plantas bajo dicho tratamiento, ya que tuvo que eliminar OR para dejar a la MF los que pudo abastecer. Por otra parte, en las siembras de otoño, el índice de establecimiento de vainas (Ie), mostró diferencias entre experimentos por ejemplo, RI mostró un Ie más bajo que RII (Cuadro 2), lo cuál puede estar relacionado con los cambios en temperatura durante la estación de crecimiento, de tal manera que, la temperatura más alta en el experimento RI, pudo estimular la abscisión de órganos reproductivos (Escalante, en preparación). Los experimentos de secano (SI y SII) mostraron un NORmáx

Cuadro 4. Estimación de las pérdidas del rendimiento por la abscisión, a rendimiento actual y rendimiento potencial en frijol Michoacán 12-A-3 cultivado en Iguala, Gro. Méx.

Experimento	Trat N	Pérdida de rendimiento por abscisión (kg ha ⁻¹) ^{1/}	Rendimiento Actual kg ha ⁻¹	Rendimiento potencial ^{2/} kg ha ⁻¹
RI	N+	4338	1840	6228
	No	3016	1390	4406
RII	N+	2368	1940	4308
	No	1559	1580	3139
SI	N+	1637	870	2507
	No	751	450	1201
SII	N+	1898	480	2378
	No	847	350	1197

^{1/} Pérdida del rendimiento estimado = Número de órganos reproductivos que sufrieron abscisión * rendimiento vaina-1 (peso seco de semilla/número de vainas normales a MF).

^{2/} Rendimiento potencial = Pérdida de rendimiento por abscisión + rendimiento actual. N+ = 80 kg N ha⁻¹; No = testigo.

más bajo que las siembras de otoño, y una tasa de abscisión más alta, inducida en parte por el déficit hídrico ocasionado por la distribución pluvial particularmente durante el período reproductivo (Figuras 3 y 4), que ocasionó un menor número de vainas a la MF (Mojarro, 1977). Finalmente, tanto en riego como secano, la fertilización con N, incrementó el número de órganos reproductivos del frijol, dichos incrementos fueron del orden de 35% (RI) a 44% (RII) en las siembras de otoño y de 77% (SI) y 163% (SII) en las de verano (secano). Esta tendencia se observó también en el número de vainas a la MF y el rendimiento. La mayor respuesta al N en secano, pudo estar relacionada con un posible nivel de N más bajo del suelo, debido al lavado del N nítrico por las intensas lluvias antes de la siembra.

Rendimiento y sus componentes

En general, tanto en las siembras de otoño y de verano, el rendimiento (gm⁻²) y sus componentes el número de semillas m⁻² (NS), el número de vainas m⁻² (NV) y el número de racimos m⁻² se incrementaron con la fertilización nitrogenada (Cuadro 3). El NS y el NV mostraron una correlación alta con el rendimiento ($r=0.81^{**}$ y $r=0.67^{**}$, respectivamente, $n=14$). Dicha respuesta fue similar a la encontrada también en frijol bajo condiciones de hidroponia por Bayuelo *et al.*, (1994) y en otros cultivos como girasol (Steer y Hocking, 1984; Escalante, 1995). Otros componentes como el tamaño de semilla y el número de semillas por vaina no fueron afectados por el nitrógeno. Por otra parte, cabe destacar que el frijol de secano mostró un

tamaño de semilla más bajo en relación a las siembras de otoño con riego, lo cuál es indicativo del severo estrés hídrico a que estuvo sujeto el cultivo durante la etapa reproductiva (Mojarro, 1977). El rendimiento del frijol con N varió de 103 a 204 g/m² en las siembras de otoño y de 48 a 87 g/m² en las de secano. Además de los factores del ambiente ya mencionados, esta variación fué relacionada con la duración del período reproductivo (DPR, Cuadro 1). La ecuación que describe esta relación es $Rend = 40,5 + 0,07 DPR$, $r=0,86^{*}$; esto indica que por cada día que aumente la DPR el rendimiento del frijol se incrementa en 0,07 g/m².

Rendimiento potencial

En el Cuadro 4, se observa que en los diferentes experimentos el rendimiento potencial (RP) del frijol también fue incrementado con el N. Este RP es determinado en parte por las condiciones ambientales. Así, el RP en las siembras de otoño con N fue algunos casos más del 100% superior las siembras de verano. El RP más alto (6228 kg ha⁻¹) encontrado con RI en esta región cálida, es similar al reportado por Izquierdo (1981).

CONCLUSIONES

Bajo condiciones de clima cálido, la fertilización nitrogenada ocasionó incrementos en el rendimiento del frijol como consecuencia de un aumento en el número de semillas y vainas en las plantas. El rendimiento del

frijol y el incremento en el mismo por el N fue más alto en las siembras de otoño. Asimismo, en todos los casos, el N estimuló la producción de órganos reproductivos, el área foliar y la tasa de abscisión de órganos reproductivos. Esta última limitó una mayor expresión del rendimiento en las plantas bajo dicho tratamiento.

LITERATURA CITADA

- BAYUELO, J.S.; ESCALANTE E., J.A.; KOHASHI S., J.; BACA C.,G. 1994. Efecto de la restricción de nitrógeno sobre la biomasa y sus componentes de *Phaseolus vulgaris* L. *Agrociencia*. Serie Fitociencia 5 (2) 25-33.
- BINKLEY, A. 1993. The amount of blossom and pod drop on six varieties of garden beans. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 29:489-492.
- BREVEDAN, R.E.; EGLI, D.B.; LEGGET, J.E. 1977. Influence of nitrogen nutrition on total N, nitrate, and carbohydrate levels in soybeans. *Agron. J.* 69:965-1969.
- ESCALANTE, J. A.; KOHASHI S., J.; GÓMEZ, R., O. 1980. Efecto del sombreado artificial en tres épocas a partir de la floración sobre el rendimiento en semilla y sus componentes del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agrociencia* 42: 5-16.
- ESCALANTE, J. A.; KOHASHI S., J. 1986. Influencia de la edad al trasplante en el rendimiento y sus componentes de variedades de *Phaseolus vulgaris* L. de guía trepador. *Agrociencia* 65:51-59.
- ESCALANTE, J.A. 1995. Aprovechamiento del recurso agua en cultivos de secano. *Agroproductividad*. México 3: 29-32.
- ESCALANTE, J. A.; KOHASHI S., J. 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para toma de datos. Colegio de Postgraduados. Montecillo Mpio. De Texcoco Méx. México. 84 p.
- ESCALANTE, L.E.; ESCALANTE, J.A. 1994. Yield components of beans (*P. vulgaris* L.) and their response to nitrogen and population density. *Proceedings 15th World Congress of Soil Science*. Acapulco Gro. México. pp. 83-84.
- GARCÍA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (Para adaptarlo a la República Mexicana). Instituto de Geografía. U.N.A.M. 146 p.
- IZQUIERDO, J.A. 1981. The effect of accumulation and remobilization of cart assimilate and nitrogen on abscission, seed development, and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with differing architectural forms. Ph. dissertation. Michigan State University, East Lansing, MI, USA. 205 p.
- MANN, J.D.; JAWORSKI, E.J. 1970. Comparison of stresses which may limit soybean yields. *Crop. Sci.* 10:620-624.
- MOJARRO, D. F. 1977. Efecto de la sequía en el rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Aspectos fisiológicos. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo Méx. México. 141 p.
- RODRÍGUEZ G., M. T.; ESCALANTE E. J.A. 1994. Effects of nitrogen supply on extraction and accumulation of nitrogen and their relationship to seed yield in *Phaseolus vulgaris* L. *Ann. Rep. Bean Improvement Cooperative*. 37: 173-174.
- SCARISBRICK, D.H.; OLUF AJO, O.O.; DANIELS, R.W. 1982. The effect of nitrogenous fertilizer on the seed yield, and yield components of *Phaseolus vulgaris*. *J. Agric. Sci. Camb* 99:665-668.
- STEER, B.T.; HOCKING, P.J.; KORTT, A.A.; ROXBURGH, C.M. 1984. Nitrogen nutrition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) yield components; the timing of their establishment and seed characteristics in response to nitrogen supply. *Field Crops Res.* 9: 219-236.
- SUBHADRABANDHU, S.; ADAMS, M.W.; REICOSKY, D.A. 1978. Abscission of flower and fruits in *Phaseolus vulgaris* L. I: Cultivar difference in flowering pattern and abscission. *Crop Sci.* 18(5):893-896.
- TUCKER, C.L.; MILLER, M.D.; WEBSTER, B.D. 1975. Effects of ethephon on seed yield of *Phaseolus vulgaris* L. *HortScience* 10(2):156-157.
- WHITE, J.W.; IZQUIERDO, J. 1991. Physiology of yield potential and stress tolerance. *In*. Common beans: Research for crop improvement. Ed. Schoonhoven A. Van. and O. Voysest. C.A.B. International - CIAT. pp. :287-382.