



Ciencia Ergo Sum

ISSN: 1405-0269

ciencia.ergosum@yahoo.com.mx

Universidad Autónoma del Estado de México
México

Morales Rosales, Edgar J.; Escalante Estrada, J. Alberto; López Sandoval, J. Antonio
Producción de biomasa y rendimiento de semilla en la asociación girasol (*Helianthus annuus* L.)-frijol
(*Phaseolus vulgaris* L.) en función del nitrógeno y fósforo
Ciencia Ergo Sum, vol. 14, núm. 2, julio-octubre, 2007, pp. 177-183
Universidad Autónoma del Estado de México
Toluca, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10414208>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Producción de biomasa y rendimiento de semilla en la asociación girasol (*Helianthus annuus* L.)–frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en función del nitrógeno y fósforo

Edgar J. Morales Rosales*, J. Alberto Escalante Estrada** y J. Antonio López Sandoval***

Recepción: 31 de mayo de 2006
Aceptación: 15 de enero de 2007

* Profesor-investigador, Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM
Correo electrónico: ejmorales@colpos.mx
gary_morles1@yahoo.com.mx;
** Colegio de Post graduados, Montecillo, Méx.
Correo electrónico: jasee@colpos.mx
*** Profesor- investigador, Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM
Correo electrónico: guffy8992@yahoo.com.mx

Resumen. En 2003 se realizó un estudio en Montecillo, Estado de México, para determinar el efecto de la aplicación de nitrógeno (0, 40 y 80 kg ha⁻¹) y fósforo (0, 30 y 60 kg P₂O₅ ha⁻¹) en la siembra combinada de girasol (cv. Victoria) y frijol (cv. Michoacán). Con el suministro de 80 kg N ha⁻¹ (80 – 00 – 00) se incrementó la producción de biomasa y rendimiento de semilla superando al testigo sin fertilizante en 32% y 35%. Cuando se adicionaron 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ (00 – 60 – 00) se obtuvo una producción de materia seca y rendimiento de semilla superior al testigo en 24 y 27%, respectivamente. Aunque la interacción nitrógeno x fósforo no fue significativa, existió una tendencia positiva a medida de que se incrementaron los niveles de nitrógeno y fósforo (80 – 60 – 00), alcanzando los máximos valores en la producción de biomasa (2667.9 g m⁻²) y rendimiento de semilla (644.6 g m⁻²), los cuales superaron en 49 y 50% al testigo sin fertilizante.

Palabras clave: nutrimento, cultivos múltiples, nutrición vegetal, *Helianthus annuus* L., *Phaseolus vulgaris* L.

Biomass Production and Seed Yield in the Association of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) and Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as Affected by Nitrogen and Phosphorus.

Abstract. The study was carried out during the 2003 in Montecillo, state of Mexico, to determinate the effect of nitrogen (0, 40 and 80 kg N ha⁻¹) and phosphorus (0, 30 and 60 kg P₂O₅ ha⁻¹) on the crop of sunflower (cv. Victoria) and common bean (cv. Michoacan). With the supply of 80 kg N ha⁻¹ the biomass production and seed yield was increased in a 32% and 35%, respectively, in relation to the control treatment group. When 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ were added, the production on dry matter and seed yield surpassed the control treatment in a 24% and 27% respectively. Although interaction nitrogen x phosphorus was not significant, a positive tendency existed according to the increased levels of nitrogen and phosphorus (80 – 60 – 00), reaching the most values in biomass production (2667.9 g m⁻²) and seed yield (644.6 g m⁻²), which surpassed the control treatment in 49% and 50%, respectively.

Key words: nutriment, multiple crop, vegetal nutrition, *Helianthus annuus* L., *Phaseolus vulgaris* L.

Introducción

El girasol es un cultivo muy importante en la economía mundial. Su principal producto es el aceite para consumo humano, que se utiliza en la cocina, en la producción de margarina y en otros usos industriales. El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

es la principal especie que se usa como alimento para una gran cantidad de población en América Latina, aunque también es extensamente cultivado en África y otros países en desarrollo (Ibijbijen *et al.*, 1990). Cuando el girasol se siembra en asociación con leguminosas, le puede proporcionar al suelo beneficios potenciales tales como: fijación de nitrógeno

atmosférico por la leguminosa, control de la erosión y mejoramiento de la estructura y contenido de materia orgánica del suelo, además de mayor rendimiento de semilla combinada y un uso más eficiente de la tierra (Biederbeck y Bouman, 1994). En ese sentido, la asociación girasol-frijol constituye una opción para los agricultores de escasos recursos, ya que las diferencias morfológicas (diferencias en el sistema radical) y fisiológicas (diferencias en el punto de saturación de luz) de ambas especies les permiten “complementarse mutuamente” en el uso de los recursos y así incrementar la producción agrícola (Morales *et al.*, 2006).

La complementación en el uso de los recursos en los cultivos asociados puede surgir de dos maneras: por el uso de diferente espacio y a través de la cohabitación parcial en el tiempo. La complementación en el uso de los espacios diferentes es posible cuando los recursos del suelo son limitantes y las especies de la mezcla presentan marcadas diferencias en el hábito de crecimiento de la raíz (Loomis y Connor, 2002). Con una mezcla de especies A y B, los recursos del suelo no utilizados por las raíces superficiales de A pueden ser capturados por el sistema radical profundo de B, así las dos especies pueden complementarse mutuamente y el rendimiento de los combinados puede exceder al de los monocultivos de cualquiera de las especies. La complementación a través de la cohabitación parcial en el tiempo se puede dar cuando una sola especie no es capaz de utilizar por completo la estación de cultivo. La duración del crecimiento se puede extender añadiendo otras especies, sin embargo, en esta relación la producción del cultivo principal es equivalente a la que produciría bajo condiciones de monocultivo, mientras que el cultivo secundario tendría un rendimiento menor al que se esperaría si se establecieran como cultivo único (Loomis y Connor, 2002). En términos de competencia, la complementación ocurre cuando cada especie componente de la asociación no experimenta un efecto negativo en su crecimiento y desarrollo cuando crece junto a otra. En función de los recursos disponibles, la complementación implica que la captura de los recursos limitantes es mayor y, por lo tanto, más efectiva de los mismos en la combinación de especies que en los monocultivos (Maddoni y De la Fuente, 2003).

Por otro lado, el nitrógeno (N) y el fósforo (P_2O_5) son los nutrientes más importantes para la producción agrícola y condicionan, entre otros aspectos, el establecimiento y mantenimiento de la capacidad fotosintética del dosel y la determinación de la capacidad de las “demandas” reproductivas. El índice de área foliar, la senescencia de las hojas y la actividad fotosintética dependen de la disponibilidad de N y P_2O_5 (Andrade *et al.*, 1996). El suministro de N en los cultivos asociados donde se incluye a una leguminosa debe

ser considerado, ya que existe evidencia de que una aplicación mínima o excesiva de N podría modificar de manera significativa la respuesta de estos sistemas de producción a la adición de este elemento. En ese sentido, la aplicación de N en las asociaciones donde se incluye a una leguminosa puede favorecer el crecimiento acelerado de la otra especie componente de la asociación, generando una fuerte competencia sobre la leguminosa, causando un detrimento en el comportamiento del sistema binario (Fukai y Trenbath, 1993). Un exceso de N puede ser un antagonista en la fijación de nitrógeno atmosférico por parte de la leguminosa (Cenpukdee y Fukai, 1991); en contraste, con un mínimo de fertilizante nitrogenado, el crecimiento de la leguminosa es menos restringido en relación con la otra especie componente del sistema, lo cual podría favorecer la producción de biomasa y rendimiento en los sistemas combinados (Fukai y Trenbath, 1993). Por otra parte, la adición de P_2O_5 en los cultivos múltiples es muy importante, Morris y Garrity (1993) han encontrado que en estos sistemas los cultivos componentes absorben más P_2O_5 en relación con sus monocultivos, lo que ocasiona un incremento en la materia seca y en el rendimiento agronómico.

El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia de la aplicación de distintos niveles de nitrógeno y fósforo en la producción de biomasa y rendimiento de semilla en el sistema de siembra binario girasol-frijol.

1. Materiales y métodos

El experimento se realizó durante el verano de 2003 bajo condiciones de temporal en Montecillo, México ($19^{\circ} 29' N$; $98^{\circ} 54' O$ y 2250 msnm). El clima es de tipo BSI, correspondiente al menos seco de los áridos, con lluvias en verano (558.5 mm anuales) (García, 1988). El suelo es de textura arcillosa, con un pH de 7.8, un contenido de materia orgánica de 3.8% y 47 kg N ha^{-1} inicial en forma inorgánica. Se utilizaron dos especies, el girasol cv. Victoria y el frijol cv. Michoacán (crecimiento indeterminado). Los tratamientos evaluados fueron nueve y se obtuvieron mediante el arreglo factorial de tres niveles de nitrógeno (0, 40 y 80 kg N ha^{-1}) y tres de fósforo (0, 30 y 60 kg P_2O_5 ha^{-1}). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental estuvo formada por cuatro surcos de cinco metros de largo con una distancia entre ellos de 0.80 m dando un total de 16 m^2 ; para su evaluación se consideraron los dos surcos centrales eliminando 0.50 m de cada lado, siendo la parcela experimental útil de 6.4 m^2 . La siembra se efectuó el 22 de mayo de 2003, a la densidad de población de 8.3 plantas m^{-2} (15x80 cm), alternando una

planta de frijol y una de girasol. Los tratamientos fueron fertilizados con urea (46% N) y superfosfato de calcio triple (46% P₂O₅), todo el P₂O₅ y la mitad de N fueron aplicados al momento de la siembra, el N restante se suministró en la escarda. La cosecha se efectuó cuando el girasol y frijol llegaron a la madurez fisiológica y se hizo de forma manual, el desgrane de ambas especies también fue manual. Durante el desarrollo del experimento, la estación meteorológica del Colegio de Postgraduados registró diariamente, la temperatura máxima (T_{máx}) y mínima (T_{mín}), así como la precipitación; con estos datos se determinó el tiempo térmico (TT) mediante el método residual de Snyder (1985):

$$TT = \frac{T_{máx} + T_{mín}}{2} - TB ; \text{ donde;}$$

T_{máx} = temperatura máxima diaria (°C).

T_{mín} = temperatura mínima diaria (°C).

TB = temperatura base o umbral (6 °C para girasol y 10 °C para frijol).

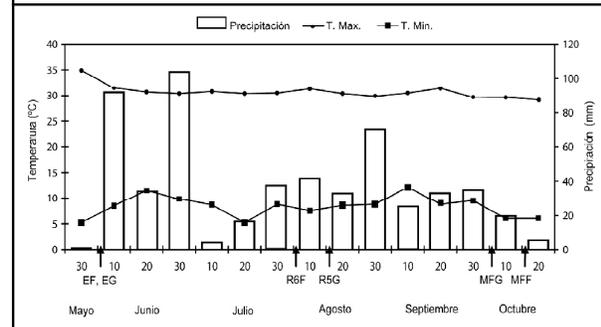
Para girasol se registraron las siguientes etapas fenológicas (Schneiter y Miller, 1981): días a emergencia (E), días a inicio de antesis (R5) y días a madurez fisiológica (MF). Para frijol (Escalante y Kohashi, 1993): días a emergencia (E), días a floración (R6) y días a madurez fisiológica (MF). Además, se midió el área foliar, sin incluir el pecíolo, con un integrador de área foliar (Li-cor 3100) y a partir de ésta se estimó el índice de área foliar (IAF) a los 102 días después de la siembra (fecha en la que se obtuvo el IAF máximo) realizando un muestreo destructivo de tres plantas de girasol y tres de frijol. A la cosecha, se evaluó la biomasa total del vástago, el rendimiento de semilla (10% de humedad), el índice de cosecha (rendimiento de grano/ biomasa total) de la asociación y de los cultivos componentes de la misma. La estimación de la biomasa se realizó después de someter cinco plantas de frijol y cinco de girasol a 80 °C en una estufa de circulación de aire forzado hasta peso constante. A las variables evaluadas se les realizó un análisis de varianza y cuando hubo diferencias estadísticas significativas, la prueba de comparación de medias de Tukey (DSH_{0,05}).

2. Resultados y discusión

2.1. Elementos del clima

En la figura 1 se presentan los datos de temperaturas máximas y mínimas, en ella se observa que el promedio decenal durante el desarrollo de la asociación girasol-frijol fluctuó entre 29 °C y 35 °C para T_{máx}, y entre 5 °C y 13 °C para

Figura 1. Temperatura máxima, mínima (media decenal) y precipitación (suma decenal) durante el ciclo de cultivo de la asociación girasol-frijol. Montecillo, Méx. Verano 2003. EG, R5G, MFG, EF R6F, y MFF, se refieren a las etapas fenológicas de girasol y frijol, respectivamente



T_{mín}. Ambas temperaturas se mantuvieron constantes durante todo el desarrollo del agrosistema. La precipitación estacional fue de 618 mm, 84% (520 mm) ocurrió durante el ciclo de cultivo. De los 520 mm, 44% (229 mm) durante la etapa vegetativa y 56% (291 mm) durante la etapa reproductiva (empezando dicha etapa con el inicio de floración del frijol). Con estas condiciones climáticas, típicas de un clima seco BS1 (el menos seco de los áridos) (García, 1988), el crecimiento y desarrollo de la asociación fue bueno. Saradón y Chamorro (2003) han observado que las ventajas de los policultivos se registran más frecuentemente cuando se desarrollan en condiciones climáticas medias, tal como ocurrió en el transcurso de la investigación.

2.2. Fenología y tiempo térmico

La aplicación de los distintos niveles de N y P₂O₅ no modificaron la fenología de las especies en asociación. En el girasol Victoria la E se presentó nueve días después de la siembra (dds), el inicio de floración R5, 80 dds y la madurez fisiológica MF, 130 dds (figura 1), con una acumulación de unidades térmicas UT (107, 848 y 1557, para E, R5 y MF, respectivamente). Resultados similares en tiempo térmico para girasol reportan Morales *et al.* (2006) en la misma región durante el año 2002, ya que las UT encontradas para la E, R5 y MF fueron de 105, 840 y 1585, respectivamente. En frijol, la E sucedió 9 dds (107 UT), el inicio de floración R6 70 dds (833 UT) y la madurez fisiológica 144 dds (1689 UT) (figura 1). Estos resultados no coinciden con los reportados por Morales *et al.* (2006), ya que en el año 2002 (en Montecillo, Méx.), encontraron que la emergencia, inicio de floración y madurez fisiológica en el frijol Michoacán ocurrió a los 9, 64 y 120 dds, con una acumulación de tiempo térmico para esas etapas fenológicas de 69, 811 y 1041, respectivamente. La menor duración del ciclo de cultivo de frijol Michoacán en este

año en relación con el 2003, se debió a que en este periodo hubo una mayor precipitación pluvial (520 mm) respecto al 2002 (276.1 mm), por lo que, siendo el cv. Michoacán de hábito de crecimiento indeterminado, al tener mayor cantidad de agua disponible en el suelo, su crecimiento vegetativo y reproductivo se prolongó en el tiempo (Morales y Escalante, 2005).

2.3. Análisis de varianza

El análisis de varianza para el rendimiento de grano y otras variables se presenta en el cuadro 1, en él se puede apreciar que para el factor nitrógeno hubo efectos altamente significativos para todas las variables evaluadas con excepción del índice de cosecha de la asociación (ICA), el cual fue no significativo. Respecto al fósforo, también se encontraron efectos altamente significativos en todas las características evaluadas, excepto en el ICA y en los índices de cosecha individuales de girasol (ICG) y frijol (ICF). Asimismo, la interacción nitrógeno x fósforo no fue significativa en ninguno de los caracteres evaluados. Los coeficientes de variación de los análisis de varianza fueron aceptables oscilando entre 6.9% para rendimiento de frijol (RF) a 14.9% para el ICG.

2.4. Efecto de nitrógeno en la asociación

El índice de área foliar, biomasa total y rendimiento de semilla, mostraron cambios significativos por efecto de la fertilización nitrogenada (cuadro 1). El índice de área foliar se fue incrementado con el suministro de los distintos niveles de N, así con 80 kg N ha⁻¹ se obtuvo 40% más de dosel vegetal en relación con el testigo sin fertilizante. Estos resultados coinciden con lo reportado por Muchow y Davis (1988), quienes a nivel de unicultivo indican que las deficiencias severas de N afectan el desarrollo del índice de área foliar, disminuyendo hasta en 60% cuando no se agrega N a las plantas.

La biomasa total y el rendimiento de semilla se incrementaron con los distintos niveles de N, con un nivel inicial de 47 kg N ha⁻¹ (valor obtenido del análisis del suelo) se obtuvo una producción de materia seca de 1635.9 g m⁻² y un rendimiento de semilla de 386 g m⁻², posteriormente, al aumentar la fertilización nitrogenada, el sistema mostró una

respuesta positiva hasta lograr su máximo valor con 80 kg N ha⁻¹, respuestas similares fueron reportadas por Muchow y Davis (1988) en la asociación maíz-sorgo y por Clement *et al.* (1992) en la asociación soya-maíz. El valor más alto en la producción de biomasa fue para el nivel de 80 kg N ha⁻¹ con 2404.9 g m⁻², seguida por 40 kg N ha⁻¹ con 1848.2 g m⁻² superando al testigo en 32 y 34% respectivamente (cuadro 2). Respecto al rendimiento de semilla, el testigo sin fertilizante produjo 27% y 34% menos que los tratamientos 80 - 00 - 00 y 40 - 00 - 00. Asimismo, el incremento en la materia seca y en el rendimiento, fue debido a la mayor disponibilidad de N, la cual se vio reflejada en una mayor cobertura de terreno ocasionada por un mayor índice de área foliar (Morales *et al.*, 2006).

No se observaron cambios significativos en el índice de cosecha (IC) en el sistema de siembra binario por la adición de N, los valores para esta variable oscilaron entre 24 y 25% para todos los tratamientos (cuadro 2). Resultados parcialmente similares reportan Morales y Escalante (2005) cuando asociaron girasol cv. Victoria con tres genotipos de frijol (Canario, Bayomex y Michoacán), los valores del IC en las distintas combinaciones fluctuó entre 22 y 26%.

2.4.1. Efecto de nitrógeno en los cultivos componentes de la asociación

El índice de área foliar, la producción de biomasa y el rendimiento de semilla, en los cultivos componentes de la asociación se incrementaron por el efecto de N. En el cuadro 2 se aprecia que la producción de materia seca en el girasol fue mayor que en el frijol, sin embargo, para el rendimiento de semilla, el aporte de la leguminosa fue superior al de la oleaginosa. El ICG en la asociación fue inferior (20% en promedio) al que normalmente presenta esta especie en condiciones de unicultivo (33%) (Morales *et al.*, 2006); respecto al frijol, el IC se mantuvo en los valores que normalmente presenta cuando se siembra en condiciones de unicultivo (excepto con el nivel más alto de N), es decir, a medida que se incrementó el nivel de N, el ICG aumentó y el ICF disminuyó, sin embargo, esta tendencia no cambió el valor encontrado para el ICA (cuadro 2). Esto sugiere que las especies en asociación se complementaron en el uso de

Cuadro 1. Significancia estadística de los análisis de varianza para la biomasa total de la asociación (BTA); biomasa girasol (BG); biomasa frijol (BF); rendimiento total de la asociación (RTA); rendimiento girasol (RG), rendimiento frijol (RF), índice de área foliar de la asociación (IAFA), índice de área total girasol (IAFG); índice de área foliar frijol (IAFF); índice de cosecha de la asociación (ICA), índice de cosecha girasol (ICG) e índice de cosecha frijol (ICF). Montecillo, Méx. Verano, 2003

F. V.	G. L.	BTA	BG	BF	RTA	RG	RF	IAFA	IAFG	IAFF	ICA	ICG	ICF
Bloque	3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N	2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	***
P	2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	ns	ns
N*P	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V(%)		13.0	12.4	13.8	7.0	7.0	6.9	9.9	10.4	9.1	14.5	14.9	13.9

ns = no significativo
 *** = significativo (á = 0.001)

este elemento (Loomis y Coonor, 2002) y que además un incremento en el nivel de N en las asociaciones donde se incluye a una leguminosa, favorece el IC de la planta no leguminosa, es decir, aunque la producción de biomasa y rendimiento de semilla de frijol es mayor con el suministro de 80 kg N ha⁻¹, la traslocación de asimilados (producto de la fotosíntesis) hacia la semilla es menor por lo que su IC disminuye (Fukai y Trenbath, 1993).

2.5. Efecto de fósforo en la asociación

En el cuadro 3 se puede observar que en promedio todas las variables evaluadas con excepción del ICA, ICG e ICF mostraron cambios significativos con la adición de P₂O₅. El IAFA fue mayor cuando se elevó la cantidad de P₂O₅ ha⁻¹, alcanzando el máximo valor cuando se suministraron 60 unidades (8.2), el testigo presentó el menor promedio para esta variable (5.7). Esto supone que el fósforo es un elemento necesario para lograr un mayor IAF; su valor inicial determinado en el laboratorio por el método Olsen (Ramírez y Morales, 1988) indica que el suelo donde se estableció el experimento es rico en este mineral, la cantidad reportada por el laboratorio fue de 45.8 mg kg⁻¹. Con este nivel inicial de fósforo se obtuvo una producción de materia seca y rendimiento de semilla de 1635.1 y 386 gm⁻², respectivamente, estos valores son inferiores a la producción de biomasa y rendimiento de semilla del tratamiento 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ en 20% aproximadamente. Resultados similares encontraron Mason y Leihner (1988), quienes reportaron un incremento de 40% de materia seca al aplicar 22 kg P₂O₅ ha⁻¹ en la combinación casava (*Manihot esculenta* Crantz) con *Vigna unguiculata* y por Shah *et al.* (2002), en la asociación algodón-frijol mungo, al adicionar 75 kg P₂O₅ ha⁻¹, dicho tratamiento incrementó la producción en 20% respecto al testigo. Por otro lado, el ICA no mostró diferencias significativas con la aplicación de los distintos niveles de P₂O₅.

El valor de esta variable fluctuó entre 24 y 25% para los tratamientos (00-00-00) y (00-60-00).

2.5.1. Efecto de fósforo en los cultivos componentes de la asociación

El incremento en el nivel de P₂O₅ en ambos monocultivos modificó positivamente las características evaluadas en la investigación. La producción de materia seca fue mayor en girasol, pero el rendimiento de semilla fue inferior respecto al frijol. Los ICG e ICF no sufrieron cambios significativos, oscilando sus valores entre 16 y 19% para girasol y entre 31 y 32% para frijol, por lo que tampoco se detectaron efectos significativos en el IC de la asociación.

2.6. Efecto de la interacción nitrógeno x fósforo en la asociación

Aunque la interacción nitrógeno x fósforo no fue significativa en ninguna de las variables evaluadas, existió una tendencia positiva a medida de que se incrementaron los niveles conjuntos de N y P₂O₅ con excepción del índice de cosecha (figuras 2a, 2b, 2c y 2d). El IAFA, BTA y RTA, alcanzaron sus máximos valores 2667.9 gm⁻², 644.6 gm⁻² y 9.5 con el tratamiento 80-60-00, superando a los tratamientos 80-00-00 y 00-60-00 en 20 y 37% para biomasa total; 22 y 31% para rendimiento de semilla y 9.5 y 27% para el índice de cosecha, lo anterior debido a un buen balance nutricional proporcionado al sistema de siembra por el tratamiento de fertilización 80-60-00. El balance entre N y P₂O₅ incrementa el rendimiento, la absorción y eficiencia del N, así como la actividad del fertilizante fosfatado (Parker, 2000).

2.6.1. Efecto de la interacción nitrógeno x fósforo en los cultivos componentes de la asociación

En ambos monocultivos la interacción de los nutrientes modificó numéricamente a las variables en estudio. En girasol, la producción de biomasa y el rendimiento de semilla se incrementaron

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias DSH para el factor nitrógeno (N) de doce variables evaluadas en la asociación girasol-frijol. Montecillo, Méx. Verano, 2003

N	BTA	BG	BFgm ⁻²	RTA	RG	RF	IAFA	IAFG	IAFF	ICA	ICG	ICF
0	1635.1 b [†]	957.5 b	677.6 c	386 c	162.1 c	223.9 c	5.7 c	3.5 c	2.2 b	0.24 a	0.16 b	0.33 a
40	1842.2 b	1041.1 b	807.1 b	464 b	199.4 b	264.2 b	7.4 b	4.8 b	2.6 a	0.25 a	0.19 b	0.32 a
80	2404.9 a	1233.7 a	1171.2 a	586 a	269.8 a	316.6 a	9.4 a	6.6 a	2.8 a	0.25 a	0.23 a	0.27 b
DSH _(0.05)	260.0	136.3	124.2	34	15.1	18.9	0.8	0.5	0.2	0.04	0.03	0.04

[†] Medias con la misma letra en cada columna, son estadísticamente iguales.
DSH = Diferencia significativa honesta (0.05).

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias DSH para el factor fósforo (P₂O₅) de doce variables evaluadas en la asociación girasol-frijol. Montecillo, Méx. Verano, 2003

P ₂ O ₅	BTA	BG	BFgm ⁻²	RTA	RG	RF	IAFA	IAFG	IAFF	ICA	ICG	ICF
0	1635.1 b [†]	957.5 b	677.6 c	386.0 c	162.1 c	223.9 c	5.7c	3.5 b	2.2 c	0.24 a	0.16 a	0.33 a
30	1992.0 a	1093.3 ab	898.7 b	487.5 b	214.5 b	273.1 b	7.4 b	4.9 a	2.5 b	0.25 a	0.19 a	0.31 a
60	2140.0 a	1166.0 a	974.0 a	528.4 a	232.2 a	296.2 a	8.4 a	5.4 a	2.8 a	0.25 a	0.19 a	0.32 a
DSH _(0.05)	260.0	136.3	124.2	34	15.1	18.9	0.8	0.5	0.2	0.04	0.03	0.04

[†] Medias con la misma letra en cada columna, son estadísticamente iguales.
DSH = Diferencia significativa honesta (0.05).

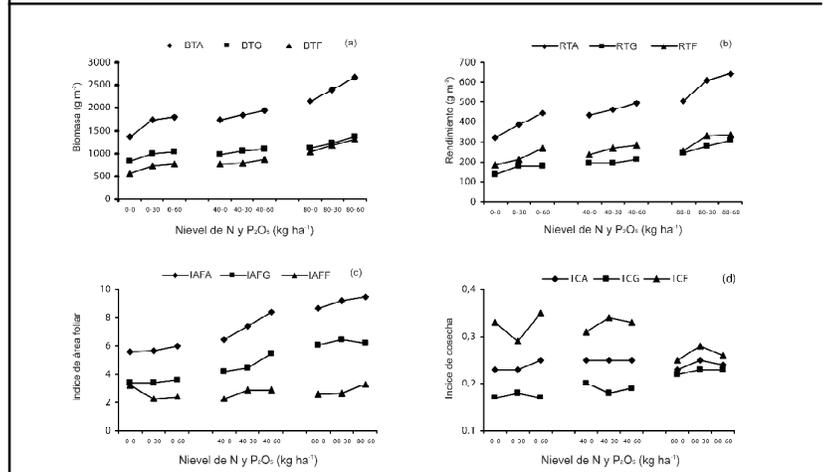
hasta alcanzar su valor máximo con el tratamiento 80–30–00 (figuras 2a y 2b), confirmando lo mencionado por Parker (2000) quien indica que la interacción de los nutrientes se refiere a la capacidad que tiene un elemento para favorecer la incorporación de otro de ellos, generando un mayor rendimiento de materia seca y semilla.

El frijol siguió una tendencia similar al girasol en las características biomasa total y rendimiento de semilla, sin embargo el índice de cosecha se modificó negativamente, ya que a medida que se incrementó la aplicación conjunta de N y P₂O₅, éste se redujo ligeramente (figura 4c), lo anterior no afectó el índice de cosecha de la asociación, indicando que para esta característica ambas especies se complementaron en el uso del fertilizante tal como lo manifiestan Fukai y Trenbath (1993).

3. Conclusiones

- a) La aplicación de los distintos niveles de nitrógeno y fósforo no modificaron la fenología de las especies en asociación.
- b) En la asociación, con el suministro de 80 kg N ha⁻¹ se incrementó la producción de biomasa y rendimiento de semilla superando en 32 y 35%, respectivamente, al testigo sin fertilizante.
- c) En la asociación, cuando se adicionaron 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ se obtuvo una producción de materia seca superior al testigo en 24 y 27%, respectivamente.

Figura 2. Biomasa total, rendimiento de semilla, índice de área foliar e índice de cosecha evaluados con distintos tratamientos de fertilización en la asociación girasol-frijol. Montecillo, Méx. Verano, 2003



d) Aunque la interacción nitrógeno x fósforo no fue significativa existió una tendencia positiva a medida de que se aumentaron los niveles de fertilización de ambos elementos (80 – 60 – 00). Con este tratamiento de fertilización se alcanzó el máximo valor en el índice de área foliar y como consecuencia de esto la producción de biomasa y rendimiento de semilla en la asociación girasol-frijol fue mayor.

e) En ambos unicultivos los valores mayores de índice de área foliar, producción de biomasa y rendimiento de semilla, se lograron con el suministro conjunto de nitrógeno y fósforo hasta alcanzar su máxima expresión con el tratamiento 80 – 60 – 00.

f) A medida que se incrementó la aplicación conjunta de nitrógeno y fósforo, el índice de cosecha de frijol disminuyó ligeramente.

cibe

Bibliografía

Andrade, F.; A. Cirilo; S. Uhart y M. Otegui (1996). *Ecofisiología del cultivo del maíz*. Ed. La Barrosa, Buenos Aires.

Biederbeck, V. O. y O. T. Bouman (1994). "Water Use by Annual Green Manure Legumes in Dryland Cropping Systems", *A. Agron. J.* 86.

Cenpukdee, U. y S. Fukai (1991). "Effects of Nitrogen Supply on Cassava/ Pigeonpea Intercropping with Three Contrasting Cassava Cultivars", *Fert. Res.*

Clement, A.; F. P. Chalifour; M. P. Bharati y G. Gendron (1992). "Nitrogen and Light Partitioning in a Maize/ Soybean Intercropping System Under a Humid Subtropical Climate", *Can. J. Plant Sc.* 72.

Escalante, E. J. A. y J. Kohashi S. (1993). *El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos*. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx.

Fukai, S. y B. R. Trenbath (1993). "Processes Determining Intercrop Productivity and Yields of Component crops", *Field Crops. Res.*

García, E. (1988). *Modificaciones al sistema climático de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la*

- República Mexicana*). 4a ed. Talleres Offset Larios. México.
- Ibijbijen, J.; H.; Lorenzen Spelling – Ostergared; E. Kloster-Hvelplund (1990). “Radiometric Estimation of Biomass and N Content of Barley Grown at different N levels”, *International Journal of Remote Sensing*.
- Loomis, R. S. y D. J. Connor (2002). *Ecología de cultivos. Productividad y manejo en sistemas agrarios*. Ediciones Mundi-prensa, Madrid.
- Maddoni, A. y E. B. De la Fuente (2003). “¿Qué se entiende por estructura del cultivo?”, en Satorre E. R.; Benech Arnold; G. A. Slafer; E. De la Fuente, D. Miralles, M. E. Otegui y R. Savin (eds). *Producción de cultivos de granos. Bases funcionales para su manejo*. Facultad de Agronomía, Buenos Aires.
- Mason, S. C. y D. E. Leihner (1988). “Yield al Land Use Efficiency of a Cassava/ Cowpea Intercropping System Grown at Different Phosphorus Rates”, *Field Crop Res.* 18(4).
- Morales, R. E. J. y J. A. Escalante (2005). “Dry Matter Partitioning in Common Bean Sole Crop and Intercrop with Sunflower”, *Bean Improvement Cooperative*. 48.
- Morales, R. E. J.; J. A. Escalante; L. Tijerina; V. H. Volke y E. Sosa, (2006). “Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar del agrosistema girasol-frijol”, *Terra Latinoamericana*. 24(1).
- Morris, R. A. y D. P. Garrity (1993). “Resource Capture and Utilization in Intercropping”, *Field Crops Res.* 34.
- Muchow, R. C. and R. Davis (1988). “Effect of Nitrogen Supply on the Comparative Productivity of Maize and Sorghum in a Semi-arid Tropical Environment. II. Radiation Interception and Biomass Accumulation”, *Field Crops Res.* 18.
- Parker, R. (2000). *La ciencia de las plantas*. Editorial Paraninfo. Madrid.
- Ramírez, R. y D. Morales (1988). “Comparación de cuatro métodos de análisis del fósforo del suelo para estimar el requerimiento de P_2O_5 por el tomate (*Lycopersicon esculentum*L.)”, *Agron. Trop.*
- Sarandón, S. J. y M. A. Chamorro (2003). “Policultivos en los sistemas de producción de granos”, en Satorre E.; R. Benech Arnold; G. A. Slafer; E. De la Fuente; D. Miralles; M. E. Otegui y R. Savin (eds). *Producción de cultivos de grano. Bases funcionales para su manejo*. Facultad de Agronomía, Buenos Aires.
- Schneiter, A. A. y J. F. Miller (1981). “Description of Sunflower Growth Stages”, *Crop Sci.*
- Shah, K. H.; M. Y. Memon y S. H. Siddiqui (2002). “Effect of Placement and Broadcast Application of n and P in Cotton-mungbean Intercropping System”, *Asian J. Plant Sci.* 1(1).
- Snyder, R. L. (1985). “Hand Calculating Degree Days”, *Agric. For. Meteorol.* 35.

Acércate a las actividades académicas, artísticas, culturales, deportivas relacionadas con la UAEM

FUTURO

tu revista universitaria

Búscala en tu espacio universitario publicación mensual

Si eres estudiante, docente, investigador o administrativo y tienes algo que decir, **FUTURO** es un espacio abierto a la expresión

Entrega tus colaboraciones en:

Dirección de Divulgación Cultural, Francisco P. Castañeda No.105 Col. Universidad, Toluca, México 50130. Tel. 2 77 38 35 / 36 ext. 121.

Dirección General de Comunicación Universitaria, Edificio Administrativo de la UAEM, 4 piso, Rayón 510 esq. Arteaga Colonia Cuauhtémoc, Toluca, México 50130 Tels. 2 26 11 38 / 39 ext 2421.

revistauniversitaria@uaemex.mx

