

Nota Técnica

LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL RENDIMIENTO DEL GIRASOL EN MÉXICO ^{1/}

Luis Enrique Escalante-Estrada^{2/*}, Yolanda Isabel Escalante-Estrada^{**},
Carmen Linzaga-Elizalde^{*}.

Palabras clave: *Helianthus annuus* L., girasol, fertilizantes nitrogenados, rendimiento.

Keywords: *Helianthus annuus* L., sunflower, nitrogen fertilizers, yield.

Recibido: 17/01/2007

Aceptado: 31/08/2007

RESUMEN

Con el fin de evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada aplicada al suelo sobre el rendimiento del girasol, se realizó la presente investigación en el campo del CEP-CSAEGRO. Se utilizó la línea 58 de girasol. Los niveles de N evaluados fueron: 0, 40, 80 y 120 kg ha⁻¹, aplicados a los 9 días después de la siembra, con sulfato de amonio (20,5% N). El análisis de varianza indicó que el N aplicado aumentó el rendimiento en semilla, el diámetro del capítulo, el peso del capítulo sin semilla, el peso de 100 semillas, la altura de la planta, la eficiencia del N, y la rentabilidad económica, ya que se presentaron diferencias estadísticas significativas entre sus medias. Los valores más altos de las variables se obtuvieron cuando se aplicó 120 kg de N ha⁻¹.

ABSTRACT

Nitrogen fertilization on the yield of sunflower in Mexico. With the purpose of evaluating the effect of N fertilization, applied to the soil, on the yield of sunflower, the present investigation was conducted in the experimental field of CEP- CSAEGRO. Line 58 of sunflower was used. Nitrogen levels were: 0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹ applied 9 days after seeding, with ammonium sulphate (20.5% N). According to the ANOVA, the applied N increased seeds yield, chapter diameter, weight of the seedless chapter, weight of 100 seeds, plant height, N agronomical efficiency, and economic yield. All these variables showed significant differences among treatment means. The highest values in all variables were obtained when 120 kg ha⁻¹ of N were applied.

INTRODUCCIÓN

Uno de los cultivos oleaginosos más importante en la producción de aceite, para el consumo humano, es el girasol, considerado como uno de los aceites con mayores beneficios para la salud, por su alto contenido de grasas poliinsaturadas. En su composición destacan principalmente los ácidos linoléico, oleico, pal-

mítico y esteárico. Otro producto importante del girasol, es la pasta, que es la torta residual obtenida después de realizar la extracción del aceite, la cual contiene de 40-50% de proteínas con aminoácidos favorables para la alimentación del ganado y aves. La torta también es rica en caroteno, niacina y tiamina, y baja en lisina (Anónimo 2003).

Debido a que el suelo no provee la cantidad de nutrimentos que necesita la planta

1/ Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación institucional.

2/ Autor para correspondencia. Correo electrónico: leescalante2003@yahoo.com.mx

* Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Iguala, Guerrero México.

** Instituto de Investigación Científica Área de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Guerrero. Chilpancingo, Guerrero, México

para tener un buen desarrollo, es necesaria la aplicación de N para aumentar el rendimiento de las plantas (Loeza 2003).

Sánchez y Escalante (2000), mencionan que una deficiencia de N ocasiona la acumulación de azúcares en los tejidos de la planta, lo que conlleva a una fuerte deposición de celulosa y lignina en las paredes celulares, dando lugar al endurecimiento de los tejidos y a que la planta se torne quebradiza. También indican que ocurre una reducción en la altura de la planta y las hojas se van decolorando hacia un verde cada vez más amarillento. Asimismo, un exceso de N da plantas muy frondosas, con hojas grandes de color oscuro, que pueden presentar pequeñas vesículas entre las nervaduras; una rápida elongación del tallo con entrenudos largos; el tejido de los tallos y sobretodo el de las hojas se vuelve más succulento y tierno; y la formación de flores se ve retardada y disminuida en su número.

Existe poca información sobre la dosis de la fertilización nitrogenada adecuada para el cultivo de girasol en el Valle de Cocula, Guerrero. Por esta razón se realizó el presente trabajo con el objeto de evaluar el efecto del N aplicado al suelo, sobre el rendimiento del girasol en el Valle de Cocula, Guerrero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El experimento se realizó en el campo experimental del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, ubicado en el km 14,5 carretera Iguala-Cocula; localizado a 18° 15' 26" N y 99° 39' 26" O, a 640 msnm. El clima es el más seco de los subhúmedos, con una temperatura media anual de 26,4°C, una media del mes más frío (diciembre) de 23,4°C, la oscilación de temperatura de un mes a otro fue de 5-7°C, la precipitación media anual es de 767 mm. La cantidad de lluvia es mayor en el verano que en el resto del año; la temporada de lluvias está bien definida y repartida de mayo a setiembre (García 1988).

Materiales y diseño experimental

Se utilizó la línea 58 de girasol, seleccionada por Escalante y Linzaga. Los tratamientos de aplicación de nitrógeno al suelo fueron: 0, 40, 80 y 120 kg ha⁻¹ de N. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con 4 repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue de 3 surcos a una separación de 0,81 m y 5 m de longitud. Para la parcela útil se consideró el surco central, utilizando las plantas de la parte central para evitar el efecto de borde.

Conducción del experimento

La siembra se realizó el 11 de julio del 2004, de forma manual, fueron colocadas 5 semillas en el talud del surco a 0,03 m de profundidad y a 0,5 m entre plantas. La fertilización se hizo en una sola aplicación 9 días después de la siembra (DDS) a 10 cm de la base del tallo. Como fuente de N se utilizó sulfato de amonio (20,5% N). Para suplir el P se utilizó el superfosfato de calcio simple (20%), aplicando 60 kg ha⁻¹ en todos los tratamientos. A los 20 DDS se raleó a 2 plantas para una población de 49383 plantas ha⁻¹. La deshierba se realizó con azadón 30 DDS. Para darle a la planta un soporte y mantener la humedad en su zona radical, se realizó 1 aporca, en forma manual 40 DDS. No fue necesaria la aplicación de pesticidas debido a que no se presentaron problemas fitosanitarios. La cosecha se hizo en forma manual el 25 de octubre del 2004.

Variables de estudio

Para la recolección de datos, se tomó 3 plantas de la parcela útil al azar y se les evaluó: a) el rendimiento en semilla; b) el diámetro del capítulo; c) el peso del capítulo sin semilla; d) el peso de 100 semillas, se realizó después de haberlas limpiado y a una humedad del 13%; e) la altura de la planta, desde la base del tallo hasta el receptáculo floral; f) fenología; g) eficiencia agronómica del N (EAN), la cual consiste en el

incremento en el rendimiento económico de un cultivo por unidad de fertilizante aplicado.

Fórmula utilizada por Olalde (2000)

$$EAN=RCN - RSN/CN$$

Fórmula propuesta por Escalante y Linzaga (2002)

$$EAN=(RCN - RSN)/CN^{1/2}$$

Donde: EAN=Eficiencia agronómica del N aplicado (kg en semilla kg N⁻¹ m⁻²),
 RCN=rendimiento en semilla con N (kg m⁻²)
 RSN=rendimiento en semilla sin N (kg m⁻²)
 CN=cantidad de N aplicado (kg m⁻²)

h) Rentabilidad económica del girasol al aplicar N. Para la obtención de esta variable se consideró:

- Ingreso total=rendimiento multiplicado por el precio de 1 kg de semilla de girasol (estimado en \$ 0,4 kg⁻¹).
- Ingreso neto=ingreso total–costo total.
- Costo fijo=incluye costo de preparación del terreno, labores culturales, cosecha y gastos generales.
- Costo variable=incluye el costo del fertilizante y la aplicación.

- Costo total=Costo fijo+costo variable.
- Ganancia por \$ invertido=se obtiene dividiendo el ingreso neto entre el costo total.
- \$=dólares EE.UU.

Análisis estadístico

A todas las variables se les realizó un análisis de varianza y una prueba de Tukey (p=0,05), utilizando el programa SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de suelo indicó que es un vertisol, con un pH de 7,6, un efecto despreciable de salinidad (C. E=0,12 d S m⁻²), 1,5% de materia orgánica, 0,07% de N total, 14 mg l⁻¹ de P, 45 meq/100 g de Ca²⁺, 4,9 meq/100 g de Mg²⁺, y 0,3 meq/100 g de K⁺. Para la determinación del P extraíble se utilizó la metodología de Olsen y Dean

Al realizar el análisis de varianza a las variables: rendimiento en semilla (**RS**), diámetro del capítulo (**DC**), peso del capítulo (**PC**), peso de 100 semillas (**P100S**), y altura de la planta (**AP**), se encontró que existen diferencias a p≤0,01 entre los tratamientos; donde el tratamiento en que se aplicó 120 kg ha⁻¹ N, fue superior a los otros tratamientos evaluados (Cuadro 1). El coeficiente de variación obtenido en estas variables no fue mayor de 15%, lo cual le da confiabilidad a los resultados observados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento en semilla (**RS**), el diámetro del capítulo (**DC**), el peso del capítulo (**PC**), el peso de 100 semillas (**P100S**) y la altura de la planta (**AP**) de girasol de la línea 58.

Dosis kg ha ⁻¹ N	RS (g m ⁻²)	DC (cm)	PC (g)	P100S (g)	AP (m)
00	232 b	7,00 b	8,75 b	7,75 b	1,55 b
40	272 b	7,50 b	9,00 b	8,00 b	1,65 b
80	305 b	8,50 b	8,50 b	8,50 b	1,65 b
120	412 a	11,00 a	19,00 a	10,00 a	2,25 a
C.V. (%)	14,7	7,3	14,5	9,0	14,2

Promedios con la misma letra dentro de la columna son estadísticamente iguales.

Rendimiento en semilla. Se observa en el cuadro 1, que con la aplicación de diferentes dosis de N existen diferencias, con el rendimiento mayor (412 g m^{-2}) cuando se aplica 120 kg ha^{-1} , y el rendimiento menor (232 g m^{-2}) cuando no se aplica N, es decir que existe una correlación positiva entre la dosis de fertilización y rendimiento de semilla. Una tendencia similar encontró Olalde (2000), quien señala que con la aplicación de $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ se obtiene un rendimiento de $3,94 \text{ t ha}^{-1}$, en comparación con $2,1 \text{ t ha}^{-1}$ cuando no se aplica N.

Diámetro del capítulo. A medida que se incrementó la cantidad de N aplicado, el diámetro aumentó de 7 a 11 cm (Cuadro 1). Olalde (2000), indica que con $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ y una densidad de $75000 \text{ plantas ha}^{-1}$ obtuvo un diámetro promedio de 17,4 cm, disminuyendo gradualmente el diámetro del capítulo, conforme disminuyó la aplicación de N, hasta tener un diámetro de 14 cm con $0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$.

Peso del capítulo sin semilla. La fertilización nitrogenada influyó en el peso del capítulo sin semilla, de tal forma que con $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ el peso fue de 19 g (Cuadro 1).

Peso de 100 semillas. Con el tratamiento de $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, se obtuvo un peso de 10 g. Mientras que con el testigo el peso fue de 7,75 g (Cuadro 1). Tendencia similar a estos resultados obtuvo Olalde (2000), quien con $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ obtuvo un peso de 100 semillas de 5,6 g y con $0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ 4,3 g en la variedad Victoria, en condiciones de temporal y en la misma área de estudio.

Altura de la planta. A medida que la cantidad de N aplicada al suelo aumenta, la altura de la planta se incrementa de 1,55 a 2,25 m (Cuadro 1).

En síntesis, todas las variables mencionadas muestran una respuesta similar a las dosis de N aplicado al suelo. Cuando se aplicó $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ se obtuvo los valores más altos. Esto demuestra que la aplicación de N compensa las

deficiencias nutricionales del suelo, aumentando así la biomasa de las plantas, esto debido a que el N es uno de los elementos esenciales para su desarrollo. Resultados similares obtuvieron: Singni y Pacheria (1981), Patil y Shah (1984), Escalante (1995), Olalde (2000), Sánchez y Escalante (2000) y Loaeza (2003).

Fenología. La emergencia de las plantas ocurrió a los 6 días después de la siembra (DDS), el inicio de la antesis a los 58 DDS, y la madurez fisiológica a los 95 DDS. Estos resultados muestran una tendencia similar a lo encontrado por Escalante (1995), al evaluar la fenología del cv Victoria bajo condiciones de secano, quien señala que la fenología no mostró cambios por efecto de los diferentes niveles de N. Por su parte, Olalde (2000) reporta que los niveles de N no muestran cambios en la fenología del girasol, donde la emergencia se presentó a los 4 DDS, el inicio de la antesis a los 54 DDS, y la madurez fisiológica a los 77 DDS.

Eficiencia agronómica del nitrógeno. Al aplicar la fórmula que utiliza Olalde (2000), se encontró que el valor más alto de eficiencia agronómica del N fue de 15,08 cuando se aplicó 12 g m^{-2} seguido de la aplicación de 4 g m^{-2} con un valor de 10,25, y por último, cuando se aplicó 8 g m^{-2} se tiene un valor de 9,25 (Cuadro 2). Con esta fórmula, no hay correlación con la variable rendimiento; sin embargo, al aplicar la fórmula propuesta por Escalante y Linzaga (2002), se encontró que el valor mayor de eficiencia agronómica del N (52,31), fue cuando se aplicó 12 g m^{-2} seguido de 26,24 y 20,5 cuando se aplicó 8 y 4 g m^{-2} , respectivamente, lo cual indica que existe una correlación positiva entre la eficiencia agronómica del N y el rendimiento (Cuadro 2).

Rentabilidad económica del girasol al aplicar nitrógeno. En el cuadro 3 se observa, que el costo fijo es constante en los 4 tratamientos, no así el costo variable, que se incrementa dependiendo de la cantidad de N que se aplique, y por lo tanto,

Cuadro 2. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la eficiencia agronómica del nitrógeno, (**EAN**), el rendimiento y la ganancia por dólar invertido (**GDI**).

N (g m ⁻²)	EAN *	EAN **	Rendimiento (ha)	GDI (\$)
0	0,00	0,00	2,32	0,54
4	10,25	20,50	2,72	0,68
8	9,25	26,24	3,05	0,78
12	15,08	52,31	4,12	1,27

EAN * Datos obtenidos aplicando la fórmula utilizada por Olalde (2000).

EAN ** Datos obtenidos aplicando la fórmula propuesta por Escalante y Linzaga (2002).

Cuadro 3. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre costo fijo (**CF**), costo variable (**CV**), costo total (**CT**), ingreso total (**IT**), ingreso neto (**IN**) y ganancia por dólar invertido (**GDI**).

Dosis kg ha ⁻¹ N	CF (\$)	CV (\$)	CT (\$)	IT (\$)	IN (\$)	GDI (\$)
0	600	0	600	924	324	0,54
40	600	48	648	1,088	440	0,68
80	600	86	686	1,220	530	0,78
120	600	1,24	724	1,648	924	1,27

\$ = dólares EE.UU.

el costo total se incrementa al aplicar más fertilizante. También, se observa que el ingreso neto se incrementa conforme se aumenta el N que se aplica, ya que este, está en relación directa con el rendimiento de semilla ha⁻¹. Por último, la ganancia por dólar invertido (GDI) es de \$ 0,54 cuando no se aplica N, de \$ 0,68 cuando se aplica 40 kg ha⁻¹, de \$ 0,78 cuando se aplica 80 kg ha⁻¹, y \$ 1,27 dólares cuando la aplicación es de 120 kg ha⁻¹, es decir, que conforme se incrementa la aplicación de N, también se incrementa la GDI.

CONCLUSIONES

La aplicación al suelo de fertilizante nitrogenado modificó el rendimiento de la planta de girasol.

Los valores más altos de todas las variables se obtuvieron cuando se aplicó 120 kg ha⁻¹ de N ha⁻¹.

La fenología de la línea 58 de girasol, no se vio modificada por la aplicación de fertilizante nitrogenado al suelo.

LITERATURA CITADA

- ANONIMO 2003. El girasol mexicano. Rev. Claridades Agropecuarias 120: 4-5.
- ESCALANTE EJA. 1995. Aprovechamiento del recurso agua en cultivos de secano. Agroproductividad. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. p. 28-32.
- ESCALANTE ELE, LINZAGA E C. 2002. Introducción a la fitotecnia. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula Guerrero México. 140 p.
- GARCIA ME. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppe (para adaptarlos a las condiciones de la República Mexicana). 4ªed. Talleres Offset Larios. México, D. F. 220 p.
- LOAEZA MS. 2003. Fertilización nitrogenada en girasol (*Helianthus annuus*). Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula Guerrero México. 38 p.
- OLALDE GVM. 2000. Crecimiento y rendimiento del girasol (*Helianthus annuus L*) en función del ambiente, nitrógeno y densidad de población. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 123 p.
- PATIL JR., SHAH C.B. 1984. Effect of nitrogen and phosphorus on sunflower seed yield under rainfed conditions. Field Crop Abstracts 37: 783-794.
- SANCHEZ CF., ESCALANTE RER. 2000. Hidroponía: principios y métodos de cultivo. Un sistema de producción de plantas. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. 263 p.
- SINGNI SM., PACHERIA RK. 1981. Effect of varying row spacing, nitrogen, and phosphorus levels on sunflower. Indian Journal of Agronomy 26: 20-23.