

Efecto de cuatro fitorreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol

Mario Silva Garza*, Hilda Gámez González*, Francisco Zavala García**, Baltazar Cuevas Hernández*, Manuel Rojas Garcidueñas***

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es un cultivo oleaginoso tolerante a la sequía con gran potencial para su cultivo en zonas semiáridas;¹ como fuente de aceite comestible y por su interés forrajero puede contribuir a aminorar el déficit nacional en grasas alimenticias y a mejorar la vida de los campesinos en zonas agrícolas pobres.

La productividad y características morfológicas y fisiológicas de los cultivos (altura, frondosidad, reacción a plagas y factores climáticos, etc.) puede ser modificada por cambios nutricionales (fertilización al suelo o foliar), cambio genético (hibridación y selección o introgresión génica), o cambios en los factores específicos de la regulación del desarrollo (fitorregulación).

Las hormonas vegetales o fitohormonas son moléculas que actúan sobre el sistema génico, reprimiendo o desreprimiendo genes que, a su vez, sintetizan moléculas que aceleran o inhiben aspectos del desarrollo. Así actúan auxinas, giberelinas, citocininas, abscisinas y etileno y hoy se estudian poliaminas, brasinoesteroides y otros grupos.²

Existen moléculas sintéticas similares a las fitohormonas en estructura y función: los fitorreguladores hormonales. Otros productos sintéticos son diferentes a las fitohormonas, pero no obstante determinan respuestas en el desarrollo vegetal; son los fitorreguladores no hormonales, como el cloromequat (cloruro de cloroetil-trimetilamonio), el daminozide (dimetil hidrácida del ácido butenodioico), etc. En la actualidad son muy utilizados extractos de algas marinas procesados y estandarizados, que por su complejidad solamente pueden ser referidos por su nombre comercial como el Biozyme, Cytozime, Cytex, etc.



En este artículo se designarán a los fitorreguladores experimentados por su nombre comercial (iniciado por mayúscula) seguido del nombre técnico internacional (iniciado por minúscula); solamente en la sección de materiales se dará el nombre químico.

Esta investigación tuvo como objetivo estudiar los efectos de cuatro fitorreguladores comerciales, en las características morfológicas y en el rendimiento del girasol, bajo la hipótesis de que uno o varios de ellos podrían determinar respuestas deseables de acuerdo a lo que se conoce de su acción en el mismo o en otros cultivos.

*Departamento de Botánica, F. Ciencias Biológicas, UANL.

**Departamento de Fitomejoramiento, F. de Agronomía, UANL.

***ITESM. Maestro Emérito.

Materiales y métodos

Ubicación

Este trabajo se llevó a cabo en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en el municipio de Marín, N.L., localizado en el km 17.5 de la carretera Zuazua-Marín, a 37 km de Monterrey, N.L. La ubicación geográfica es 25°53' lat.N y 100°02' long.O; la altitud es 400 msnm.³

Materiales

Se utilizaron plantas de girasol (*Helianthus annuus* L.) var. Tecmon-52. Los fitorreguladores probados fueron: 1) Biozyme (fitorregulador complejo a base de extractos de algas marinas, adicionado de ácido giberélico), 2) Biogib (ácido giberélico al 10% v/v), 3) Cycocel (cloromequat = cloruro de cloroetil-trimetil amonio) y 4) Cultar (paclobutrazol = 4 clorofenil 4-4 dimetil, 2,4 tilazol pentanol a 250 g i.a./ l).

Metodología

El experimento se efectuó en el ciclo otoño-invierno 1997, del 14 de agosto al 16 de diciembre. Se tuvieron 20 parcelas con 6 surcos de 5 m de largo y 4.8 m de ancho, con una superficie total de 24.0 m². La distancia entre surcos fue de 80 cm y entre plantas de 25 cm, con 3 surcos de plantas por parcela útil eliminando bordos. Para el análisis de datos se tomaron muestras de 5 plantas por parcela. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones.

Los tratamientos con los productos especificados en la sección materiales fueron:

- 1) Biozyme T F a 500 cc/ha.
- 2) Biogib (giberelina) a 5.0 mM.
- 3) Cycocel (cloromequat) a 3000 ppm.
- 4) Cultar (paclobutrazol) 31 ppm, y
- 5) Testigo no aplicado.

Se efectuaron dos aplicaciones en base a las recomendaciones de etiqueta de los productos; el testigo fue asperjado con igual volumen de agua que las parcelas tratadas. La aspersión fue foliar a los veinte y treinta y cinco días de la siembra, usando una bomba de mochila de presión constante.

Las variables evaluadas fueron:

- 1) Altura de planta (del suelo al cuello del capítulo),

- 2) Diámetro del tallo en el tercer entrenudo,
- 3) Longitud y diámetro del peciolo de la décimo-quinta hoja,
- 4) Área foliar, cm² del total de hojas de la planta, utilizando un integrador de área foliar LI-COR modelo LI-3000 (LI-COR Inc, Lincoln Nebraska)
- 5) Diámetro del capítulo,
- 6) Número y peso de achenios por capítulo y
- 7) Peso de achenios por capítulo (rendimiento en grano).

Para el análisis estadístico se realizó la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan (significancia al 0.05) y el análisis de regresión (Stepwise), para determinar las variables que influyen sobre el rendimiento. Se aplicó el paquete estadístico SAS.

Resultados y discusión

Confiabilidad de los resultados

La tabla I presenta el análisis de varianza para las variables de las características morfológicas y del rendimiento. Como se observa, los coeficientes de variación (CV) presentaron confiabilidad en todos los casos.

Efectos en el desarrollo

El tabla II resume los efectos de los fitorreguladores en algunos aspectos morfológicos del desarrollo.

Tabla I. Cuadrados medios del análisis de varianza de las características agronómicas del girasol (*Helianthus annuus* L.) var. Tecmon-52 evaluadas con cuatro fitorreguladores comerciales.

Variable	GL	Cuadrado medio	CV (%)
Altura (cm)	4	12181.04**	3.98
Diámetro del Tallo (cm)	4	2.91**	9.45
Longitud del peciolo (cm)	4	185.15**	9.06
Diámetro del peciolo (cm)	4	0.27**	18.14
Área foliar (cm ²)	4	22971891.80**	16.41
Diámetro del capítulo (cm)	4	279.63**	5.30
Número de achenios/cap	4	908647.82**	13.10
Peso de achenios/cap	4	23686.44**	20.54
Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	4	59216124.00**	20.54

GL: Grados de libertad. CV: Coeficiente de variación. **Diferencia altamente significativa ($p < 0.01$)

Tabla II. Comparación múltiple de medias de Duncan correspondiente a los parámetros de crecimiento del girasol (*Helianthus annuus* L.) en función de tratamientos

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro tallo (cm)	Diámetro peciolo (cm)	Longitud peciolo (cm)	Área foliar (cm ²)
Testigo	233.27 c	2.45 a	0.64 a	23.93 b	8817.17 ab
Biozyme	242.53 b	2.56 a	0.68 a	24.01 b	10180.5 a
Biogib (giberelina)	281.60 a	1.64 c	0.36 c	17.73 d	5141.5 c
Cycocel (cloromequat)	201.80 d	1.80 b	0.50 b	19.20 c	7504.3 b
Cultar (Paclobutrazol)	242.73 b	2.53 a	0.64 a	25.93 a	9286.0 a
n	15	15	15	15	6

Letras diferentes en columna significan diferencia significativa (P<0.05)

Respecto al crecimiento del tallo, Biogib (Giberelina) determinó la mayor altura de plantas; este efecto fue porque la giberelina promueve tanto la división como el alargamiento celular;⁴ se ha encontrado que la giberelina alarga el primer entrenudo del tallo hasta 10 veces más que el testigo.⁵ Cycocel (Cloromequat) por el contrario, retardó el crecimiento, disminuyendo la altura de la planta en 26%; este efecto enanizante se tiene en muchas especies⁶ y se ha informado también en el girasol;⁷ ahora se sabe que el cloromequat bloquea la síntesis de giberelina al inhibir a la enzima kaurenosintetasa.⁸



Biozyme y Cultar (Paclobutrazol) promovieron la altura del tallo, pero significativamente menos que Biogib (giberelina).

El diámetro del tallo fue afectado negativamente por Biogib (giberelina), contrario a lo sucedido con la longitud; este efecto negativo tal vez se deba a la acción conjunta del gasto de nutrientes para la elongación celular y la intensa oxidación de carbohidratos por las altas temperaturas que aumentan la respiración;⁴ por otra parte debe recordarse que la giberelina aumenta típicamente el alargamiento de la célula, pero no su crecimiento lateral. Cycocel (cloromequat) presentó menor diámetro que el testigo, en tanto que Biozyme y Cultar (paclobutrazol) fueron iguales al testigo.

El área foliar fue incrementada por Biozyme y por Cultar (paclobutrazol), pero no de modo significativo. Cycocel (cloromequat) a pesar de determinar una notable reducción en altura no redujo el área foliar de modo significativo. Biogib (giberelina) en cambio, en contraste con el efecto en altura, deter-



Tabla III. Comparación múltiple de medias de Duncan de rendimiento del girasol (*Helianthus annuus* L.) en función de tratamientos

Tratamiento	Diámetro capítulo (cm)	Número de achenios/cap (cm)	Peso achenios/cap. (g)	Rendimiento grano (Kg ha ⁻¹)
Testigo	16.67 b	874.67 b	74.88 b	3743.7 b
Biozyme	19.40 a	1036.87 a	111.82 a	5591.0 a
Biogib (giberelina)	8.9 d	488.4 c	11.10 d	554.7 d
Cycocel (clormequat)	11.77 c	479.67 c	36.29 c	1814.3 c
Cultar (Paclobutrazol)	17.10 b	810.60 b	82.61 b	4130.7 b
n	15	15	15	15

Letras diferentes en columna significan diferencia significativa (P<0.05)

minó la menor área foliar, efecto que puede atribuirse a los factores mencionados arriba y a un déficit en la hidratación de las hojas, pues la giberelina determina una menor tolerancia a la sequía².

El diámetro del peciolo es una característica que puede correlacionarse con el aporte de agua y minerales a la hoja y a la salida de savia elaborada, y puede ser importante si ocurren motivos de defoliación lo que no ocurrió en este caso; los efectos de los fitoreguladores fueron análogos a los causados en el diámetro del tallo: Biogib (giberelina) y Cycocel (clormequat) lo redujeron y con Biozyme y Cultar (paclobutrazol) fueron iguales al testigo.

Efectos en los componentes del rendimiento

En el tabla III se observan las medias para los componentes del rendimiento. El diámetro del capítulo fue incrementado significativamente por Biozyme; Cycocel (clormequat) redujo este carácter, lo que concuerda con su acción enanizante general; Biogib

(giberelina) también redujo el diámetro del capítulo como lo causó en el área foliar, aunque las plantas eran las de mayor altura; Cultar (paclobutrazol) no presentó diferencia con el testigo.

El número y peso de los achenios variaron en forma correlativa en todos los tratamientos. Biozyme incrementó ambas características; Cycocel



(cloromequat) y Biogib (giberelina) determinaron un decremento significativo, siendo el efecto de Biogib (giberelina) mayor en la reducción del peso que en el número de aquenios, lo que parece señalar una falta de nutrimentos. Cultar (paclobutrazol) no presentó diferencia con el testigo.

En el cuadro anterior se presenta el rendimiento en "grano" (aquenios) de las parcelas extrapolado a rendimiento por hectárea. Biozyme lo aumentó en forma significativa lo que ya se había observado por otro autor;⁹ en un experimento con otro fitorregulador complejo, el Biozor-S, tratando hipocotilos de girasol con varias concentraciones del producto se demostró que aumentaba el número de raicillas,¹⁰ lo que podría ser una explicación parcial junto con el aumento del área foliar del aumento en rendimiento.

Cycocel (cloromequat) redujo el rendimiento lo cual no era de esperarse, pues el efecto enanizante del producto no determina generalmente reducción del rendimiento^{2, 6} y otros autores han encontrado aumentos en el rendimiento del girasol,^{7, 11} sin embargo en este caso no sucedió así.

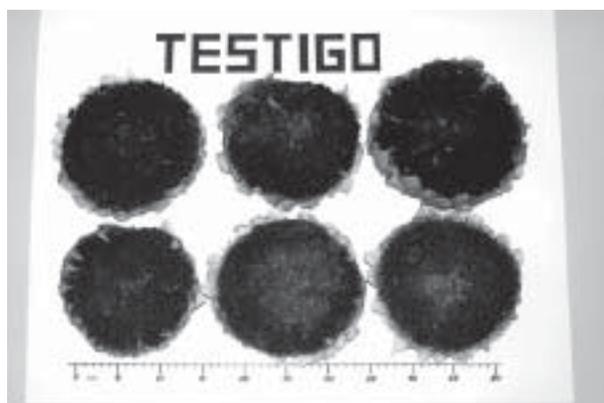
Biogib (giberelina) fue el fitorregulador que determinó mayores efectos negativos, aunque la giberelina es una fitohormona ampliamente utilizada en la agricultura y en girasol ha mostrado tener efectos ventajosos sobre la producción de aquenios en número y peso.¹² Este efecto negativo puede atribuirse a una menor tolerancia a la sequía determinada por la hormona,² dadas las condiciones de temperatura y humedad relativa en que ocurrió el experimento.

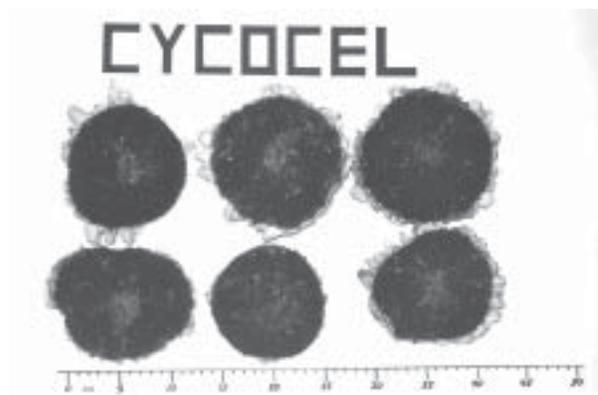
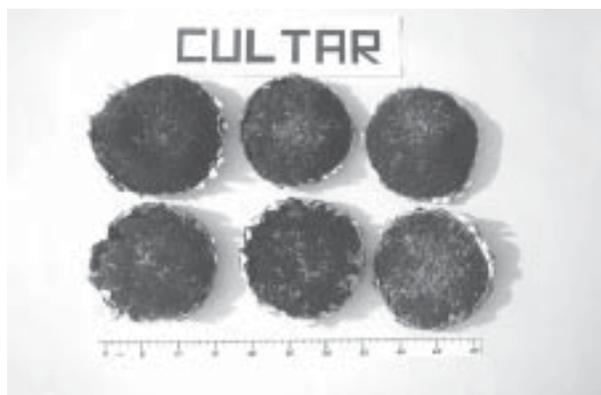
Cultar (paclobutrazol) no mostró diferencia significativa con el testigo, pero la media del rendimiento es un poco mayor.

Discusión general

Muchos de los resultados obtenidos en este experimento eran de esperarse conforme a los presentados por otros autores, sin embargo muchos otros fueron inesperados. Los factores del ambiente externo (temperatura, luminosidad, etc.) y del medio interno de la planta (receptores, mensajeros secundarios, etc.) modifica la acción hormonal y segura,¹³ así hasta que a menudo no hay correlación entre nivel hormonal y grado de respuesta; diversos autores han encontrado resultados inesperados en las aplicaciones de fitorreguladores.² Un factor importante es el nivel endógeno de hormona que determina que una concentración dada de aplicación, al sumarse a la hormona endógena puede variar en sus efectos; en este caso la variedad de girasol utilizada era un forrajero alto, por lo que es probable que tuviera un nivel de giberelina endógena alta y la aplicación de Biogib haya resultado en efectos negativos, es también importante la reflexión de Trewavas de que en plantas bien nutridas el efecto hormonal difiere al obtenido en plantas con estrés, pues en éstas puede establecerse una competencia por la hormona entre los diversos tejidos y órganos¹⁴ como, al parecer, ocurrió con Biogib en este experimento.

Hace varios años, Nickell consideró que la fitorregulación podría causar los mayores rendimientos posibles,¹⁵ en cambio Morgan opina que el éxito comercial de los fitorreguladores es muy inferior a lo esperado por la inconsistencia de resultados, debido a que su desarrollo ha sido muy empírico.¹⁶ Hoy, que empezamos a conocer la acción fundamental de algunas fitohormonas y los genes sobre





los que actúan podemos esperar mayores avances con bioensayos más críticos.¹⁷

Conclusiones

Una vez analizados los resultados obtenidos en la presente investigación y tomando como base principal los objetivos e hipótesis planteados, se concluye lo siguiente:

1. Todas las variables estimadas evaluadas mostraron diferencias significativas, lo que refleja que los fitorreguladores tuvieron influencia sobre la expresión de tales caracteres.
2. La aplicación de Biogib (giberelina) determinó un mayor aumento en la altura de las plantas, pero un decremento en el rendimiento.
3. El regulador de crecimiento que determinó la menor altura de las plantas fue el Cycocel (Clormequat).
4. El compuesto Cultar (Paclobutrazol) fue el que produjo una mayor área foliar. Biozyme originó la menor área foliar.
5. Con respecto al rendimiento de grano los compuestos Biozyme y Cultar (Paclobutrazol) determinan la mayor producción.

Resumen

Plantas de girasol TECMON-52 fueron tratadas con cuatro reguladores del crecimiento, Biozyme a 500

ml/ha Biogib (giberelina) a 5.0 mM, Cycocel (Clormequat), a 3,000 ppm, Cultar (Paclobutrazol) y un control (testigo), para evaluar los efectos sobre los componentes morfológicos del rendimiento del girasol (*Helianthus annuus* L.). El experimento consistió de 20 unidades experimentales, cada una con 6 surcos, de 0.8 m de ancho y 6 m de largo. Las variables estudiadas fueron las siguientes: altura de la planta, diámetro del tallo, longitud y ancho de la hoja, longitud y diámetro del pecíolo, área foliar, diámetro del capítulo, número de achenios/planta, peso de achenios/capítulo y rendimiento de grano/capítulo (Kg/ha). El análisis de varianza para todas las variables estimadas dieron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$). Los tratamientos que dieron mayores resultados de crecimiento y rendimiento fueron Biozyme y Cultar o Bonzi (Paclobutrazol).

Palabras clave: Girasol, fitorreguladores, crecimiento, rendimiento.

Abstract

TECMON-52 sunflower plants were treated with four growth regulators; 500 ml/ha. Biozyme; 5.0 mM Biogib (Giberellic acid); 3000 ppm. Cycocel (Clormequat), 31 ppm, Cultar (Paclobutrazol) and a control, to evaluate the effects on the morphological components of sunflower yield (*Helianthus annuus* L.). The experiment consisted of twenty plots, each one with six rows, of 0.8 m wide, and 6 m long. The variables studied were: plant height, stem diameter, length and width of the leaf, length and diameter of petiole, leaf area, capitulum diameter, number of achenes/plant, weight by plant and

achenes yield (Kg/ha). The analysis of variance for all estimated variables provided highly significant differences ($p < 0.01$). Treatments with the best results of growth and yield were Biozyme and Cultar or Bonzi (Paclobutrazol).

Keywords: Sunflowers, plant hormones, growth, yield.

Referencias

1. Robles S., R. 1985. Producción de oleaginosas y textiles. Segunda edición. Editorial Limusa. México, D.F, pp 431-498.
2. Rojas G., M. y H. Ramírez. 1987. Control hormonal del desarrollo de las plantas. Editorial Limusa. México, D.F, pp 27-163.
3. INEGI 1996. Análisis estadístico del estado de Nuevo León. Editorial Gobierno del Estado, pp 5.
4. Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Ed. Iberoamérica. México, D.F. pp 399-420.
5. Guardia, M.D. and M. Benlloch. 1980. Effects of potassium and gibberellic acid on stem growth of whole sunflower plants. *Plant Growth Regulator* 49:443-448.
6. Weaver, R.J. 1990. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Ed. Trillas. México, D.F., pp 17-141.
7. Uppar S.S.; A.S. Nalini; M.B. Chetti; S.M. Hiremath and M.Y. Kamatar. 1995. Use of growth regulators in sunflower. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*. 20:322-323.
8. Talón, M. 1993. Giberelinas. En: Azcon, B.J.; M. Talón (eds.) *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Editorial Interamericana-Mc Graw Hill, Madrid, pp 301-316.
9. Avila V., A.N. 1990. Efecto de tres fitorreguladores comerciales y uno experimental en el desarrollo fisiológico y en el rendimiento del girasol (*Helianthus annuus* L.). Tesis de Licenciatura. I.T.E.S.M. Monterrey, Nuevo León, México, pp 33-38.
10. Kastori, R.; A. Vereb, B. Nikolic, and N. Petrovic 1980. Study of the phytophysiological effect of Biozor-S in crops. *Agrohemia. Plant Growth Regulator Abstract*, 1214, No. 7/8, 285, 292.
11. Pathak, H.C. and S.K. Dixit. 1994. Yield and yield contributing characters of sunflower (*Helianthus annuus* L.) as influenced by Cycocel (CCC). *Gujarat Agricultural University Research Journal* 20:158-161.
12. Beltrano J., D.O. Caldiz; R. Barreyro; G. Sánchez and R. Bezus. 1994. Effects of foliar applied gibberellic acid and benzyladenine upon yield components in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant Growth Regulation*. 15:101-106.
13. Segura, J. 1993. Morfiogenesis in vitro. En: Azcon, B.J.; M. Talón (eds.) *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Editorial Interamericana-Mc Graw Hill, Madrid, pp 381.
14. Trewavas, a. 1987. Sensitivity adaptation in growth substances responses. In: *Hormone action in Plant development-a critical appraisal* (edit. G V Hoad, J R Lenton, M B Jackson) Butterworths (London).
15. Nickell, L G. 1982. *Plant growth substances*. Encyclopedia of chemical Technology 3^{ed}. Wiley (New York).
16. Morgan, P W. 1980. Agricultural uses of phytohormones and synthetic plant growth regulators (Mimeo 2^a Reunión sobre reguladores de plantas e insectos CONCYT - ITESM. Monterrey, México).
17. Rojas Garcidueñas, M. 1992. Problemas en el control del desarrollo de las plantas. *Ciencia (Méx.)* 43:437-444