

FLORAL INDUCTION IN SUNFLOWER *Helianthus annuus* L. (ASTERACEAE) cv. Victoria WITH FOLIAR APPLICATION OF GIBBERELIC ACID

INDUCCIÓN FLORAL EN GIRASOL *Helianthus annuus* L. (ASTERACEAE) cv. Victoria CON APLICACIÓN FOLIAR DE ÁCIDO GIBERÉLICO

Montalvo-Sierra, A.¹; Ortiz-Flores, E.A.¹; Díaz-López, E.^{2*}; Morales-Ruiz, A.²

¹Universidad Tecnológica de Tehuacán. Ingeniería en Agricultura Sustentable y Protegida. Prolongación del 1 sur 1101 San Pablo Tepetzingo Tehuacán, Puebla México. C. P. 75859. ²Universidad Tecnológica de Tehuacán. Cuerpo Académico "Ecofisiología Aplicada a Cultivos en Zonas Áridas".

*Autor de correspondencia: ernesto.lopez@uttehuacan.edu.mx

ABSTRACT

Objective: determine the effect of three levels of GA₃ gibberellic acid, on flowering and four parameters of agricultural importance, in sunflower cv. Victoria.

Design/methodology/approach: Free-pollinated sunflower achenes cv. Victoria, under the ecological conditions of the Tehuacán Valley. To determine the effect of gibberellic acid (GA₃), a completely randomized design was used: three treatments and seven repetitions (n=21 experimental units). The treatments consisted of: 0, 100 and 200 mg L⁻¹ of GA₃ applied foliarly. The variables evaluated were: days to flowering, yield, leaf area, plant height and chapter diameter. When the response variables were significant, the Tukey test was applied to a level of significance of 5% error probability.

Results: The application of 200 mg L⁻¹ of GA₃, it achieve to advance up to 26 days the flowering with respect to the witness, In addition to having a positive effect by increasing the leaf area and grain yield.

Study limitations/implications: The GA₃, positively affects the sunflower crop up to a dose of 200 mg L⁻¹. Doses less than 100 mg L⁻¹, are not recommended for sunflower, since there is no response.

Key words: flowering, yield, leaf area.

RESUMEN

Objetivo: determinar el efecto de tres niveles de ácido giberélico AG₃, sobre la floración y cuatro parámetros de importancia agrícola, en girasol cv. Victoria.

Diseño/metodología/aproximación: Se sembraron achenios de girasol de polinización libre cv. Victoria, bajo las condiciones ecológicas del valle de Tehuacán. Para determinar el efecto del ácido giberélico (AG₃), se utilizó un diseño completamente aleatorizado: tres tratamientos y siete repeticiones (n=21 unidades experimentales). Los tratamientos consistieron en: 0, 100 y 200 mg L⁻¹ de AG₃ aplicado foliarmente. Las variables evaluadas fueron: días a floración, rendimiento, área foliar, altura de planta y diámetro de capítulo. Cuando las variables respuesta resultaron significativas, se les aplicó la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 5 % de probabilidad de error.

Resultados: La aplicación de 200 mg L⁻¹ de AG₃, logran adelantar hasta 26 días la floración con respecto al testigo, además de tener un efecto positivo al incrementar el área foliar y el rendimiento de grano.

Limitaciones del estudio/implicaciones: El AG₃, afecta de manera positiva al cultivo de girasol hasta dosis de 200 mg L⁻¹. Dosis menores a 100 mg L⁻¹, no se recomiendan para girasol, ya que no hay respuesta alguna.

Palabras clave: floración, rendimiento, área foliar.

INTRODUCCIÓN

La floración es un proceso fisiológico, mediante el cual las plantas superiores inician su etapa reproductiva (Salisbury y Ross, 1993). Este es regulado por dos factores: ambientales y biológicos (Taiz y Zeiger, 1991). Desde el punto de vista ambiental, la temperatura juega un papel importante en la floración, debido a que esta influye en la acumulación de unidades calor, las cuales son necesarias para los organismos logren culminar su ciclo ontogénico, acortando o alargándolo (Velázquez *et al.*, 2015; Villalobos y Retana, 1997). Otro factor ambiental que interviene en la floración, es el régimen hídrico, ya que el agua constituye 90% del protoplasma celular, además que la mayoría de los procesos fisiológicos dependen del agua en todos los organismos incluidas las plantas (Rincón *et al.*, 2006). El régimen nutrimental también es importante, ya que elementos como el fósforo, inducen la floración, producción de frutos y semillas (Quintana *et al.*, 2017). Respecto al factor biológico, la carga genética también juega un papel importante en el proceso de floración, ya que la expresión de los genes en combinación con el ambiente, determinan y limitan la producción de flores y como consecuencia, el rendimiento de los cultivos (Cervantes *et al.*, 2014). Siguiendo con esta tendencia, las hormonas vegetales también influyen en este proceso y se puede decir, que quizá son el aspecto bioquímico más importante en la floración, ya que compuestos como el ácido giberélico (AG₃), están directamente relacionados con la inducción floral, amarre de fruto y formación de frutos partenocarpicos, como en cítricos y uva (Varela *et al.*, 2018; González *et al.*, 2007). Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue: inducir la floración con ácido giberélico (AG₃), en el cultivo de girasol (*Helianthus annuus* L.) cv. Victoria.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la Colonia La Purísima, Tehuacán Puebla, México (18° 27' 46" N, 97° 23' 39" O, y a 1800 m de altitud). El germoplasma consistió de achenios de girasol cv. Victoria, de polinización libre, los cuales fueron sembrados en bolsas de polietileno de 5 kg de capacidad. Las propiedades fisicoquímicas del sustrato utilizado fueron: pH=5.8; C.E, 2.4 dS m⁻¹; contenido de materia orgánica 2.3 %; densidad aparente 1.56 g cm⁻³; color 2.5 YR 5/1 en seco y 2.5 YR 3/2 mojado. Por cada bolsa, se depositaron tres semillas de girasol a una separación de 20 cm, y 1 cm de profundidad. El diseño experimental utilizado, fue completamente al azar

(DCA), donde los tratamientos fueron los niveles de ácido giberélico 0, 100 y 200 mg L⁻¹ y siete repeticiones (3×7)=21 unidades experimentales, evaluadas bajo el modelo matemático

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

donde: Y_{ij} , es la variable respuesta del i -ésimo nivel de ácido giberélico en la j -ésima repetición; μ , media general verdadera; τ_i , es el efecto del i -ésimo nivel de ácido giberélico y ε_{ij} , es el error experimental del i -ésimo nivel de ácido giberélico en la j -ésima repetición. La unidad experimental fue, una bolsa de polietileno con una inflorescencia de girasol.

Las variables respuesta fueron: días a inducción floral, contando los días a floración a partir de la aplicación del ácido giberélico; altura de planta, midiendo con un estadal topográfico de aluminio modelo Est-5m, midiendo la altura desde el epicótilo hasta la yema apical; área foliar, midiendo en forma de cruz el largo y ancho de la hoja y utilizando la fórmula

$$A = (L \times A) 0.75$$

donde A , es el área foliar por hoja, L , es el largo de la hoja y A , ancho.

Cabe mencionar que esto se realizó a todas las hojas de la planta; Diámetro de capítulo, midiendo este en forma de cruz y obteniendo el promedio correspondiente, con un vernier digital modelo 500-196-20 CD6 y rendimiento de semilla, pesando el total de achenios por planta, con ayuda de una balanza digital BAPRE-3 y expresar el resultados en g planta⁻¹. Para tener un mejor control del experimento, se midieron las normales climatológicas temperatura máxima y mínima, así como evaporación.

Las normales climatológicas temperatura máxima y mínima, así como la evaporación total, se presentan en la Figura 1. En ella se puede apreciar, que la temperatura máxima osciló entre 23.1 y 32.9 °C, mientras que la mínima entre 5.6 y 13.0 °C. La evaporación total fue 625.4 mm. La tasa de evaporación se incrementó, a partir de la primera decena del mes de marzo, hasta la tercera decena de abril, coincidiendo con la última etapa vegetativa del cultivo y toda la etapa reproductiva hasta la madurez fisiológica. Bajo estas condiciones ambientales, el cultivo completo su ciclo sin problemas (Figura 1).

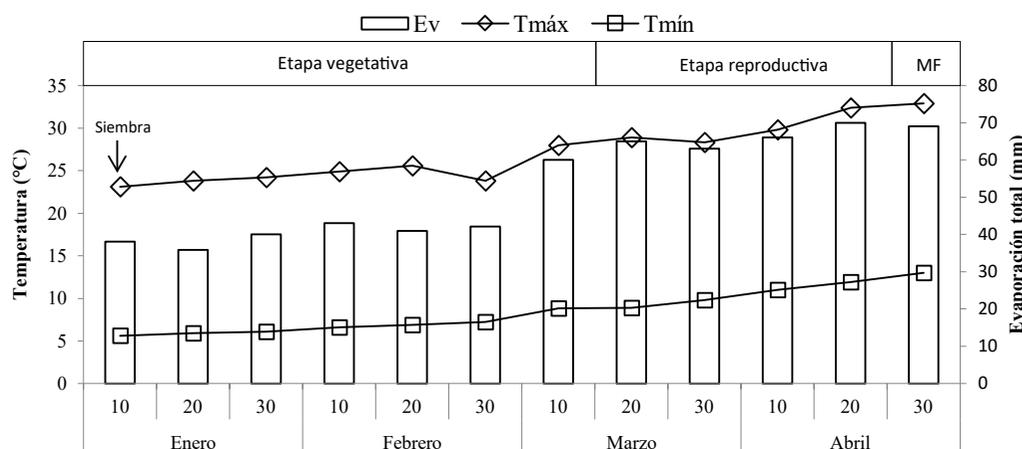


Figura 1. Temperatura máxima, mínima y evaporación total decenal, durante el ciclo ontogénico de girasol (*Helianthus annuus* L.) cv. Victoria, bajo tres niveles de ácido giberélico (AG₃). La Purísima Tehuacán Puebla, México. 2018. Ev, evaporación; Tmáx y Tmín, temperaturas máximas y mínimas; MF, madurez fisiológica.

Cuando las variables respuesta resultaron ser significativas, se les aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey, a un nivel de significancia de 5 % de probabilidad de error.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 presenta el análisis de varianza y prueba de comparación múltiple, observando que existieron diferencias altamente significativas para todas las variables. El coeficiente de variabilidad para diámetro de capítulo, fue de 10.60% indicando que fueron confiables. Para el resto de las variables el CV, osciló entre 15.43 y 25.13% mostrando así que fueron datos confiables. La comparación de medias para días a floración, muestra que la aplicación de 200 mg L⁻¹ de AG₃, adelantó la floración en 17 d respecto a la aplicación de 100 mg L⁻¹ de AG₃ y 26 d respecto al testigo. Rojas (2003), menciona que las hormonas vegetales juegan un papel muy importante, en procesos como la producción de raíces, desarrollo y floración, a pesar de no tener estudios de su interacción con el genoma de la planta. El área foliar, altura de planta, diámetro de capítulo y rendimiento de semilla, tuvieron un comportamiento similar, de este modo el tratamiento T₂, superior a la aplicación de 100 mg L⁻¹ y testigo con 3,600 cm², 179.12; 10.12 cm y 35.10 g planta⁻¹ respectivamente. Esta respuesta ha sido comprobada por Azcón (2008), quienes mencionan que las giberelinas como el ácido giberélico, influyen en el crecimiento y desarrollo del tallo, debido a que inducen el alargamiento de las células, provocando que en plantas donde se

que el diámetro de capítulo sea mayor, que en el tratamiento testigo.

Respecto al rendimiento agronómico Espinoza et al. (2001), mencionan que aunque el AG₃ no influye directamente en el llenado de grano, si juega un papel importante en la sincronía de floración masculina y femenina, en cultivos como el maíz (*Zea mays* L.), y de este modo se puede incrementar el rendimiento, provocado por esta sincronía en ambas floraciones.

Los modelos matemáticos entre el AG₃ y las variables respuesta, se presentan en la Figura 2, registrando, que todos los modelos de ajuste fueron exponenciales, con coeficientes de determinación altamente significativos, 0.99 para rendimiento y altura de planta, mientras que los valores bajos 0.97 y 0.98 correspondieron al área foliar y diámetro de capítulo con 0.97 y 0.98 respectivamente. Los modelos matemáticos anteriores, indican que a medida que aumenta la dosis de AG₃ de 100 a

Cuadro 1. Análisis de varianza y prueba de comparación múltiple, para cinco variables respuesta a la aplicación de tres niveles de ácido giberélico (AG₃), en girasol (*Helianthus annuus* L.) cv. Victoria. La Purísima Tehuacán Puebla, México. 2018.

Tratamiento mg L ⁻¹	DIF (días)	AF (cm ²)	AP (cm)	DC (cm)	R (g planta ⁻¹)
T ₀	96.00 a	2,600 b	145.20 b	6.70 b	20.11 b [†]
T ₁₀₀	87.00 a	2,900 b	159.33 b	7.90 b	25.80 b
T ₂₀₀	70.00 b	3,600 a	179.12 a	10.12 a	35.10 a
DSH	11.40 **	465.12**	16.40**	2.10**	8.66**
CV %	15.43	22.33	25.13	10.60	20.33

[†]Medias dentro de columnas con la misma literal, estadísticamente son iguales según Tukey a una P ≤ 0.05; T₁, T₂ y T₃, tratamientos; DIF, días a inducción floral; AF, área foliar; AP, altura de planta; DC, diámetro de capítulo; R, rendimiento; DSH, diferencia significativa honesta; CV, coeficiente de variación.

aplica este fitoregulator, inducen un alargamiento del tallo; sin embargo, Díaz et al. (2016), al trabajar con inflorescencias de girasol en postcosecha, encontraron que la aplicación de 50 mg L⁻¹ de AG₃, indujo un mayor diámetro de capítulo, mencionando que este, tiene un efecto negativo, debido a que las flores tubulares de la inflorescencia, maduran en menor tiempo que las flores tubulares, provocando

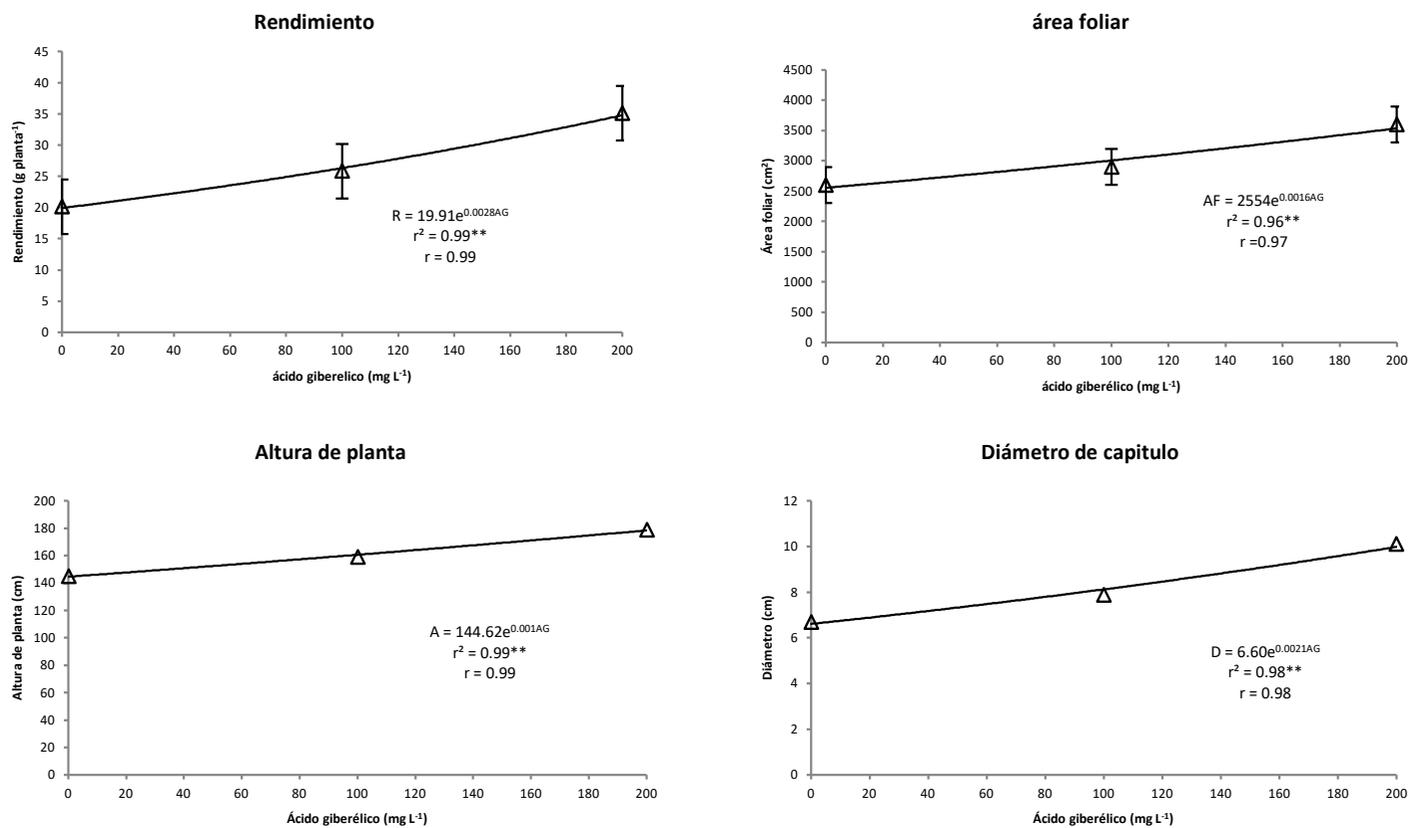


Figura 2. Modelos matemáticos de regresión entre concentración de ácido giberélico AG₃ vs rendimiento, área foliar, altura de planta y diámetro de capítulo, en girasol (*Helianthus annuus* L.) cv. Victoria. La Purísima Tehuacán Puebla, México. 2018.

200 mg L⁻¹, las variables respuesta rendimiento, área foliar, altura de planta y diámetro de capítulo, experimentan incremento. De lo anterior sugiere que el AG₃, tiene efecto positivo en el girasol en dosis que van de 100 a 200 mg L⁻¹, tal como lo han demostrado Silva et al. (2011), quienes mencionan que al AG₃, tiene un efecto positivo en los aspectos morfológicos del girasol, así como en el rendimiento del mismo.

CONCLUSIONES

El ácido giberélico AG₃ puede adelantar la floración en girasol, hasta por 26 d en concentraciones de 200 mg L⁻¹. El área foliar, así como la altura de planta y diámetro de capítulo, se afectaron positivamente, al aplicar como máximo 200 mg L⁻¹ de AG₃. Aunque el AG₃ no interviene directamente en el rendimiento agronómico en girasol, puede incrementar el área foliar en éste, permitiendo un mayor despliegue del dosel vegetal, que permite aumentar la asimilación de carbohidratos en la semilla. El AG₃, puede ser una alternativa para adelantar la floración en girasol, permitiendo que los productores de flor de corte, adelanten las fechas de corte, alcanzando mejores precios en el mercado.

LITERATURA CITADA

- Azcon, V. J. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. 2ª Ed. McGraw Hill. 656 p.
- Cervantes, O. F., Gasca, O. M. T., Andrio, E. E., Mendoza, E. M., Guevara, A. L. P., Vázquez, M. F. y Rodríguez, H. S. 2014. Densidad de población y correlaciones fenotípicas en caracteres agronómicos y de rendimiento en genotipos de maíz. Ciencia y Tecnol. Agrop. México 2(1): 7-18.
- Díaz, L. E., Loeza, C. J. M. y Brena, H. I. 2016. Comportamiento postcosecha en girasol (*Helianthus annuus* L.) en función de soluciones de pulso. Investigación y Ciencia. 24(69): 26-31.
- Espinoza, A., Tadeo, M., Medina, H., Gutiérrez, J. R. y Luna, M. 2001. Alternativas para favorecer la polinización y producción de semilla del híbrido H-311 de maíz. Agronomía Mesoamericana. 12(2): 229-235.
- González, M. L., Caycedo, C., Velásquez, M. F., Flores, V. y Garzón, M. R. 2007. Efecto de la aplicación del ácido giberélico sobre el crecimiento de coliflor (*Brassica oleraceae* L.) var. Botrytis DC. Agronomía Colombiana 25(1), 54-61.
- Quintana, B. W. A., Pinzón, S. E. H., Fernando, T. D. 2017. Effect of thermal phosphate on growth and production of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cv 'Ica Cerinza'. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. 20(1): 51 – 59.
- Rincón, T., Castro, N. J. A. S., López, S. J. A., Huerta, A. J., Trejo, L. C. y Briones, E. F. 2006. Temperatura alta y estrés hídrico durante la floración en poblaciones de maíz tropical. Phytion. 75: 31-40.

- Rojas, G. M. 2003. Conceptos sobre fisiología vegetal reproductiva. *Ciencia UANL*. 7(2): 171-175.
- Salisbury, B. F. y Ross, W. C. 1993. *Fisiología Vegetal*. Ed. Iberoamerica. 759 p.
- Silva, M., Gómez, H., Zavala, F., Cuevas, B. y Rojas, M. 2017. Gibberellic acid effect on growing, quality and yielding of tomato plants under controlled conditions. *Temas Agrarios*. 22(2): 70-79.
- Taiz, L. y Zeiger, E. 1991. *Fisiología Vegetal*. 3ª Ed. BLUME. 509.
- Varela, D. O. E., Livera, M. M., Muratalla, L. A., Carrillo, S. J. A. 2018. Inducción de partenocarpia en *Opuntia* spp. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 41 (1): 3-11.
- Velázquez, J., Rosales, A., Rodríguez, H. y Salas, R. 2015. Determinación de las etapas de inicio de macollamiento, inicio de primordio, floración y madurez en la planta de arroz, con el sistema S, V y R correlacionado con la sumatoria térmica. *Agronomía Costarricense*. 39(2): 121-129.
- Villalobos, R. y Retana, J. 1997. Posibles efectos de un calentamiento global en el cultivo de arroz de secano en el pacífico norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 21(2): 179-188.

