

ESTUDIO DEL DESARROLLO, CALIDAD DE FLOR Y DOSIS DE FERTILIZACIÓN EN GLADIOLO (*Gladiolus grandiflorus* Hort.)

A STUDY OF DEVELOPMENT, FLOWER QUALITY AND FERTILIZATION IN GLADIOLUS (*Gladiolus grandiflorus* Hort.)

Enrique González Pérez¹, Óscar J. Ayala Garay^{1*}, J. Alfredo Carrillo Salazar¹, Gabino García de los Santos¹, Ma. de Jesús Yáñez Morales² y Juana Juárez Muñoz³

¹Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad y ²Postgrado en Fitosanidad, Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. km 36.5 carr. México-Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Tel: 01 (595) 9520200 Ext. 1594. ³Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Rancho Universitario exhacienda Aquetzalpa. 43660, Tulancingo, Hidalgo.

*Autor para correspondencia (oayala@colpos.mx)

RESUMEN

San Martín Texmelucan en el Estado de Puebla es la principal zona productora de gladiolo (*Gladiolus grandiflorus* Hort.) en México. No obstante, los productores de este cultivo cuentan con poca información técnica sobre su manejo, y con frecuencia sufren pérdidas en producción y calidad. En el presente trabajo se evaluó el efecto de cuatro dosis de fertilización (DF) expresadas en kg ha⁻¹: 65 N - 14.9 P - 171 K - 16.6 Mg - 31.2 Ca (DF1); 40.5 N - 24 P - 171 K - 23 Mg - 37.2 Ca - 0.2 B - 8.5 S (DF2); 81 N - 24 P - 171 K - 23 Mg - 37.2 Ca - 0.2 B (DF3); y 81 N - 24 P - 171 K - 23 Mg - 37.2 Ca (DF4), en el crecimiento del cultivo, calidad de flor y sanidad de la planta de las variedades 'Borrega roja' (BR) y 'Espuma' (E). Se estimaron los grados-día de desarrollo (GDD) necesarios para las etapas fenológicas de emergencia, aparición de hojas, espigamiento, madurez comercial, y madurez fisiológica del cormo. Se midió altura de planta, índice de área foliar y porcentaje de plantas enfermas. En la cosecha se evaluó el número de botones florales y la superficie de flor. El ciclo biológico fue de 111 d para BR (1424 GDD) y de 129 d o 1662 GDD para E; ambas variedades produjeron siete hojas y 13 botones florales. BR creció más rápido a lo largo del ciclo. Las diferencias en precocidad se gestaron a partir de la aparición de la sexta hoja (931 y 956 GDD para BR y E, respectivamente). Al final del ciclo E fue superior ($P \leq 0.05$) en altura de planta (127 cm), índice de área foliar (1.5), acumulación de calor a la madurez fisiológica (1662 GDD) y superficie de flor (10.8 cm²). No hubo efecto de las dosis de fertilización en el desarrollo y crecimiento del cultivo. La dosis DF2 redujo la mortalidad de plantas a 3.3 %, sin afectar el desarrollo del cultivo ni la calidad de la flor. Los tratamientos con alto contenido de nitrógeno (DF3 y DF4) tuvieron más de 4.8 % de plantas muertas debido a enfermedades.

Palabras clave: *Gladiolus grandiflorus*, fenología, fertilización, enfermedades.

SUMMARY

San Martín Texmelucan, Puebla, is the main producer of gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* Hort.) in México. Technical information on this crop is limited and losses in production and quality are common during the growth period. The present study was performed to evaluate

the effect of four rates of fertilization (DF) expressed in kg ha⁻¹: 65 N - 14.9 P - 171 K - 16.6 Mg - 31.2 Ca (DF1); 40.5 N - 24 P - 171 K - 23 Mg - 37.2 Ca - 0.2 B - 8.5 S (DF2); 81 N - 24 P - 171 K - 23 Mg - 37.2 Ca - 0.2 B (DF3); y 81 N - 24 P - 171 K - 23 Mg - 37.2 Ca (DF4), on flower growth and quality and on plant health of two varieties, 'Borrega roja' (BR, red flower) and 'Espuma' (E, white flower). The growing degree-days (GDD) needed for several phenological stages (seedling emergence leaf emergence, spiking, commercial maturity, and physiological maturity of the corm) were estimated. Plant height, leaf area index and percent of diseased plants were measured. The biologic cycle was 111 d for BR (1424 GDD) and 129 d (1662 GDD) for E; and both varieties produced seven leaves and 13 flower buds. BR grew faster over the cycle. Differences in earliness appeared since the emergence of the sixth leaf (931 GDD and 956 GDD for BR and E, respectively). At the end of the cycle, E was higher ($P \leq 0.05$) in plant height (127.0 cm), leaf area index (1.5), accumulation of degree days to physiological maturity (1662 GDD) and flower area (10.8 cm²). There was no effect of fertilizer rates on crop growth and development. Rate DF2 reduced plant mortality to 3.3 % without affecting crop growth and flower quality. Treatments with high nitrogen content (DF3 and DF4), had more than 4.8 % of dead plants due to diseases.

Index words: *Gladiolus grandiflorus*, phenology, fertilization, diseases.

INTRODUCCIÓN

Las plantas ornamentales están entre las especies agrícolas con mayor valor de producción por hectárea y producen una derrama económica importante, debido a la alta inversión que se emplea en infraestructura, insumos y mano de obra para su cultivo (Flores-Almaraz y Lagunes-Tejeda, 1998). En particular, el gladiolo (*Gladiolus grandiflorus* Hort.) es mundialmente apreciado como flor de corte, por los llamativos colores y belleza de la espiga floral. En México ocupa el tercer lugar en importancia, con 2.2 mil hectáreas sembradas, después de la rosa (*Rosa* spp.) y el crisantemo (*Chrysanthemum* spp.). Los principales estados productores

son: Puebla (San Martín Texmelucan y Atlixco, donde se siembra 54 % de la producción nacional), Estado de México (Chalma, Malinalco, Valle de Bravo y Villa Guerrero), Michoacán, Morelos y Veracruz (SIAP, 2010). De estas regiones, San Martín Texmelucan es la principal zona productora de gladiolo en México, con 40 % de la superficie sembrada en 2009 (SIAP, 2010). En esta zona los productores de este cultivo cuentan con poca información científico-técnica sobre el desarrollo del cultivo y su manejo, por lo cual existe la necesidad de conocer su fenología, fisiología y la manera de evitar pérdidas en producción y calidad, tanto en flor cortada como en cormo (semilla vegetativa).

El conocimiento de la fenología permite aplicar prácticas preventivas y oportunas, para hacer eficiente el proceso de producción y asegurar la alta calidad del producto. En gladiolo esto podría disminuir las pérdidas por estrés abiótico y biótico que afectan el crecimiento y desarrollo del cultivo. En particular, las pérdidas debido a fitopatógenos pueden alcanzar 70 % de la producción, y con frecuencia ocasionan la pérdida total (González-Pérez *et al.*, 2009). Desafortunadamente, el control químico ha resultado ineficiente y caro.

Una opción para reducir la incidencia de enfermedades en campo es la aplicación óptima de fertilizantes al suelo (Engelhard, 1989). Al respecto, se ha encontrado que los nutrientes K, B y S pueden aumentar la sanidad de crisantemo, papa (*Solanum tuberosum* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L.) (Engelhard, 1989; Melgar *et al.*, 2001; Agrios, 2005). En una investigación previa no publicada en cormos de gladiolo *in vitro* se encontró que la fertilización con N, P, K, Mg, Ca, S y B inhibió en 60 % el crecimiento de patógenos. Por el contrario, en clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) Engelhard (1989) encontró que con aplicaciones mayores de 100 kg N ha⁻¹ se favoreció la pudrición de raíces causada por hongos fitopatógenos. Sin embargo, el disminuir la fertilización puede reducir también la calidad y el rendimiento. Es entonces importante encontrar la dosis óptima de fertilización que disminuya la incidencia de enfermedades del gladiolo sin afectar su desarrollo fenológico, calidad de flor y rendimiento de flor.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la fertilización en la fenología, crecimiento, calidad de flor, rendimiento y sanidad de cultivo de dos variedades de gladiolo cultivadas en campo abierto en San Martín Texmelucan, Puebla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El estudio se efectuó en Tlacotepec de José Manzo,

municipio de El Verde, Puebla, ubicado entre las coordenadas geográficas 19° 12'18" LN y 98° 26'54" LO, a una altitud de 2425 m. El clima es Cw, que se caracteriza por ser templado húmedo con estación invernal seca y 17 °C de temperatura media anual. El periodo de lluvias es de mayo a octubre, con 800 mm de lluvia media anual y heladas frecuentes de noviembre a febrero (García, 1988).

Según el análisis químico efectuado por A&L Southern Agricultural Laboratories (Pompano Beach, Florida, USA), el suelo es de textura franco arcillosa, medianamente ácido (pH 5.8), con densidad aparente de 1.43 g cm⁻³, 2.73 % de materia orgánica, conductividad eléctrica de 0.116 dS m⁻¹, 113.7 kg ha⁻¹ de N (estimado del N liberado), 43 mg L⁻¹ de P disponible, 15 mg L⁻¹ de K disponible, 58 mg L⁻¹ de Ca total, 62.8 mg L⁻¹ de Mg total y 53 mg L⁻¹ de S total.

Factores y niveles de estudio

Se plantaron cormos de gladiolo de 2.5 ± 0.3 cm de diámetro el 12 de marzo de 2009, de las variedades 'Borrega roja' (BR; flor roja, espiga de color oscuro y robusta, con hojas erectas) y 'Espuma' (E; flor blanca, espiga de color verde alimonado y flácida, con hojas anchas y lanceoladas), en un lote comercial que no se había usado para la producción de gladiolo en los últimos 4 años, en condiciones de riego por gravedad. Se evaluaron tres dosis de fertilización (Cuadro 1) obtenidas de un estudio previo *in vitro* (González *et al.*, 2006) El experimento consistió en el arreglo factorial de tratamientos con la combinación de dos variedades y cuatro dosis de fertilización. Se empleó el diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de 10 surcos de 5 m de largo y 0.6 m de ancho, y cada parcela útil constó de ocho surcos centrales. La fertilización se aplicó a los 0, 40 y 75 d después de la siembra (DDS), en proporción de ¼, ½ y ¾ del total de la dosis, respectivamente. Como testigo se usó la dosis comercial usada en la región, la cual se basa en la recomendada por Larson (1992). Las fuentes de fertilizante fueron: fosfonitrato, nitrato de potasio, fosfato diamónico, cloruro de potasio, sulfato de magnesio, cal agrícola y bórax.

Cuadro 1. Dosis de fertilización (DF) en kg ha⁻¹ de los nutrientes utilizados.

| Dosis | N | P | K | Mg | Ca | B | S |
|-------|------|------|-----|------|------|-----|-----|
| DF1 | 65 | 14.9 | 171 | 16.6 | 31.2 | 0 | 0 |
| DF2 | 40.5 | 24 | 171 | 23 | 37.2 | 0.2 | 8.5 |
| DF3 | 81 | 24 | 171 | 23 | 37.2 | 0.2 | 0 |
| DF4* | 81 | 24 | 171 | 23 | 37.2 | 0 | 0 |

*Testigo

Variables climáticas

Se midió temperatura del aire (T_a) y humedad relativa (%), cada media hora, con un sensor HOBO U12® (modelo MAN-U12012) colocado en la sombra a 12 cm de altura del suelo, junto a las plantas. Con la temperatura del aire y los días para alcanzar cada etapa fenológica se calcularon los grados día de desarrollo (GDD): si $T_a \geq T_{mc}$, entonces $GDD = (T_{mc} - T_b)/t$; si $T_b < T_a < T_{mc}$, entonces $GDD = (T_a - T_b)/t$; si $T_a \leq T_b$, entonces $GDD = 0$; donde $T_{mc} = 32$ °C corresponde a la temperatura máxima de crecimiento del gladiolo; $T_b = 5$ °C, es la temperatura base del gladiolo (Larson, 1992); y $t = 48$, porque es el número de medias horas en un día.

Variables fenológicas y de crecimiento

Se contaron los días para alcanzar las siguientes etapas fenológicas: emergencia (primera hoja sobre el suelo), espigamiento (aparición de la espiga floral), floración o madurez comercial (presencia de pétalos en el primer botón floral, fase en la que se cosechó la espiga floral); y madurez fisiológica del cormo (fin del estado lechoso de los cormillos). Se consideró el inicio de una etapa fenológica cuando 60 % de las plantas presentes en la unidad experimental llegaron a la etapa correspondiente.

De manera similar, se contó el número de hojas mayores de 2 cm de longitud y los días necesarios para su aparición.

En cada etapa fenológica se midió la altura de la planta (cm) desde la base del tallo hasta el ápice de la planta.

Se hicieron muestreos destructivos de 10 plantas tomadas de los surcos centrales y con competencia completa en las etapas fenológicas determinadas por la primera, segunda y séptima hoja, para en ellos estimar el área foliar (AF, cm^2) con un método basado en el proceso de imágenes digitales. Entre las 13 y 15 h se tomaron imágenes digitales a hojas sobre un fondo azul y luz difusa, a 80 cm de altura, con una cámara Nikon® (Coolpix 5000) con 1/60 de velocidad de obturación, 3.3 de apertura de diafragma y balance de blanco con luz del día. Después se segmentaron los píxeles (unidades básicas de las imágenes) de color verde que componían a las hojas, con el método basado en Otha *et al.* (1980), y se calculó el área relativa que ocupaban en la imagen. Finalmente, con base en una referencia de superficie conocida, se calculó el AF de las hojas. El índice de área foliar (IAF) se obtuvo con la siguiente expresión: $IAF = (AF \text{ por planta} \times \text{densidad de la población})/\text{unidad de superficie}$.

Sanidad del cultivo

Se contaron las plantas muertas con daños visibles de

marchitez o muerte (González-Pérez *et al.*, 2008, 2009) en cada etapa fenológica, para determinar la incidencia de enfermedades causadas por patógenos del cormo, y se reportó la mortalidad final de plantas (%).

Calidad de flor

Se contaron los botones florales al momento de la cosecha (madurez comercial). Para estimar la superficie de la flor (cm^2), la espiga floral se colocó durante 2 d en un florero con agua destilada a 20 °C para provocar la apertura de las flores. Se midieron las cuatro flores más grandes, con el mismo método utilizado para determinar área foliar.

Análisis estadístico

El análisis de varianza se hizo con el programa Statistical Analysis System (SAS Institute, 2002) y para la comparación múltiple de medias se usó la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Se ajustaron funciones polinomiales a la variable altura de planta, con base en el mayor coeficiente de determinación (R^2) y el menor error estándar, con el programa para ajustar funciones matemáticas a datos observados Curve Expert Professional versión 1.2.3. 2010-2011 (Daniel G. Hyams®) Los porcentajes de mortalidad de plantas se transformaron con $\arcsen(\sqrt{x/100})$ antes de su análisis de varianza. Las gráficas se elaboraron con el programa Microsoft Excel 2007® (Microsoft, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ambiente y desarrollo del cultivo

Durante la germinación del cormo (13 a 15 días después de la siembra, DDS), la temperatura del aire (T_a) promedio fue de 13.5 °C, es decir 3.5 °C arriba de la recomendada (10 °C) para germinación y emergencia (Larson, 1992). No obstante, se logró una emergencia uniforme de 90 % de los cormos sembrados, tal vez porque la temperatura fue suficientemente baja para esta etapa. Entre la germinación y la cosecha del último tratamiento (28 de julio), la T_a máxima promedio fue 4 °C por debajo de la temperatura máxima de desarrollo ($T_{mc} = 32$ °C), mientras que la T_a mínima promedio estuvo 7 °C por encima de la temperatura base ($T_b = 5$ °C). Hubo 11 d con temperaturas mayores de 32 °C, y 6 d con temperaturas por debajo de 5 °C. La T_a media, 18.4 °C, durante el desarrollo del cultivo se ubicó dentro del intervalo recomendado por Vidalie (2001), quien señaló que el cultivo requiere entre 10 y 25 °C durante el desarrollo vegetativo. La T_a mínima promedio del ciclo (12 °C) no afectó el desarrollo ni el rendimiento del cultivo de gladiolo, puesto que dicha temperatura se fue incrementando conforme se acercaba el verano y de ahí en adelante sólo se registraron temperaturas por arriba de la T_b .

No se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) en las variables que evaluaron el desarrollo (etapas fenológicas) por efecto de las dosis de fertilización. Lo anterior se atribuye a que, según el análisis químico del suelo previo al experimento, las concentraciones de P (43 ppm), K (15 ppm), Ca (58 ppm) y S (53 ppm) se encontraban en el nivel de suficiencia para el cultivo del gladiolo, según Havlin *et al.* (1999).

En cambio, se observaron diferencias ($P \leq 0.05$) entre variedades en todas las etapas fenológicas, donde la variedad 'Borrega roja' (BR) fue la más precoz desde la emergencia (Cuadro 2). El ciclo biológico fue de 111 d para BR (1424 GDD) y de 129 d (1662 GDD) para 'Espuma' (E). Aunque el ciclo biológico de E fue largo, ambas variedades diferenciaron siete hojas (Cuadro 2). La diferencia fenológica entre variedades se detectó desde que BR emergió 2 d antes que E. En la etapa de seis hojas, la diferencia entre ambas variedades fue 3 d. para la séptima hoja la diferencia fue 9 d (equivale a 100 GDD), y durante el espigamiento se incrementó a 18 d (equivalente a 233 GDD), diferencia que se mantuvo constante hasta la madurez fisiológica del cormo. Esto quiere decir que la mayor diferencia en la duración del ciclo entre ambas variedades, se genera principalmente en la fase de formación de la espiga floral, entre la sexta hoja y el inicio de la floración.

Cuadro 2. Días después de la siembra (DDS) y grados día de desarrollo (GDD) acumulados por etapa fenológica de dos variedades de gladiolo crecidas en Tlacotepec de José Manzo, El Verde, Puebla.

| Etapa fenológica | 'Borrega roja' | | 'Espuma' | |
|---------------------|----------------|-----|----------|-----|
| | GDD | DDS | GDD | DDS |
| Emergencia | 211 | 13 | 185 | 15 |
| Numero de hojas | | | | |
| 1 | 271 | 17 | 323 | 20 |
| 2 | 473 | 31 | 533 | 36 |
| 3 | 557 | 38 | 604 | 42 |
| 4 | 723 | 51 | 764 | 55 |
| 5 | 799 | 58 | 856 | 61 |
| 6 | 931 | 70 | 955 | 73 |
| 7 | 951 | 72 | 1053 | 81 |
| Espigamiento | 1014 | 78 | 1247 | 96 |
| Floración | 1048 | 81 | 1286 | 99 |
| Madurez fisiológica | 1424 | 111 | 1662 | 129 |

Índice de área foliar

Se registraron diferencias ($P \leq 0.05$) entre variedades en el índice de área foliar (IAF); la variedad E tuvo mayor IAF (máximo promedio, 1.50) que la variedad BR (1.29). Puesto que ambas variedades tuvieron el mismo número de hojas, la diferencia en IAF se atribuye a que E produce hojas de mayor tamaño que BR.

La dosis de fertilización (Figura 1) produjo diferencias ($P \leq 0.01$) en el IAF de las variedades. En 'Borrega roja' sólo se observaron diferencias en el último muestreo (951 GDD), donde la dosis de fertilización DF3 tuvo el mayor IAF (1.66), seguida por la dosis DF2 (1.28). También en 'Espuma' los tratamientos DF3 y DF2 tuvieron mayor IAF (a los 533 y 1053 GDD) con 1.78 y 1.73 en el último muestreo, respectivamente. El mayor IAF se atribuye a la presencia de boro en las dosis DF2 y DF3, aunque según Halder *et al.* (2007) el B es esencial durante todo el ciclo del gladiolo, porque ayuda a transferir azúcares y nutrientes a las hojas e incrementa el tamaño del cormo. Lo anterior muestra que el gladiolo tiene alto requerimiento de B, pero sin rebasar el límite de tolerancia de 2 kg ha^{-1} (Rhoades *et al.*, 1992). Estos resultados concuerdan con Woltz (1954) y Halder *et al.* (2007), quienes encontraron que el B induce mayor crecimiento de las hojas en gladiolo.

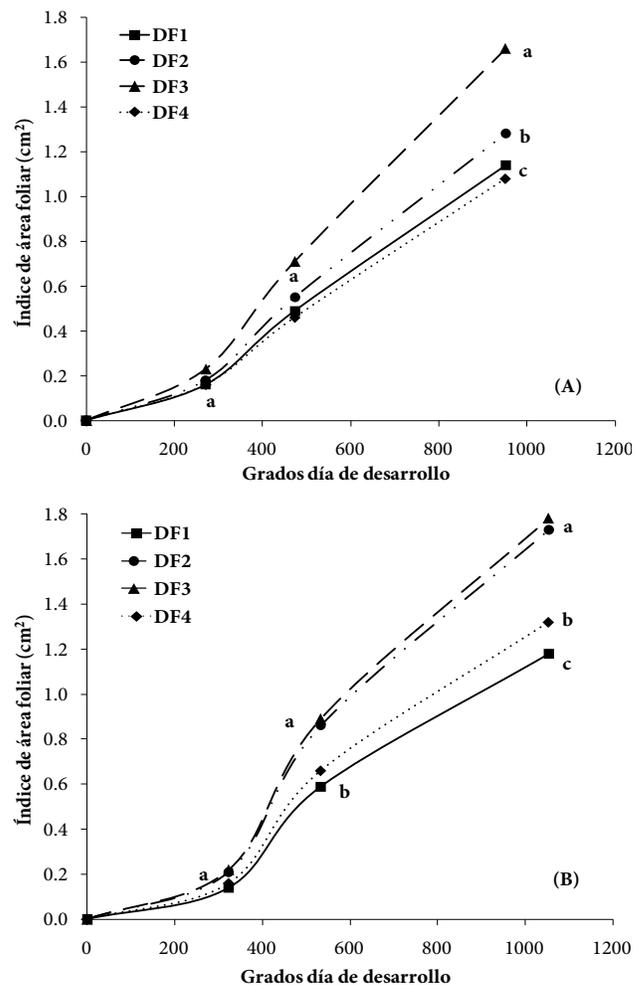


Figura 1. Índice de área foliar durante el desarrollo de dos variedades de gladiolo 'Borrega roja' (A) y 'Espuma' (B), en función de cuatro dosis de fertilización, en plantas crecidas en campo en Tlacotepec de José Manzo, El Verde, Puebla. Valores con la misma letra en cada muestreo son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DF1,...4 = dosis de fertilización 1, 2, 3, 4.

También la concentración más alta de Mg aquí estudiada, la cual se encontraba incluida en los tratamientos DF2 y DF3 (23 kg Mg ha⁻¹), pudo haber contribuido a que las plantas tuvieran mayor IAF, por favorecer la formación de clorofila (Taiz y Zeiger, 2006), puesto que la baja cantidad de Mg en la DF1 (16.6 kg Mg ha⁻¹) produjo el menor IAF. Esto concuerda con Woltz (1954), quien encontró que dosis bajas de Mg en gladiolo producen hojas pequeñas.

El nulo efecto de las dosis de fertilización en el IAF del primer muestreo (fase de primera hoja) se debe muy probablemente a que la mayoría de nutrientes utilizados para el crecimiento en fases tempranas del desarrollo, proviene del órgano de reserva tuberizado (Adkins y Miller, 2008), que en este caso es el cormo usado como propágulo.

Altura de planta

La altura final de planta (AP) difirió entre variedades (Cuadro 3), pero sin efecto de la dosis de fertilización (P ≤ 0.05).

Cuadro 3. Variables de rendimiento y calidad de flor en dos variedades de gladiolo, 'Borrega roja' y 'Espuma', en respuesta a diferentes dosis de fertilización en Tlacotepec de José Manzo, El Verde, Puebla. Primavera 2009.

| Variedad | Variable | | |
|----------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| | Altura de planta (cm) | Superficie de flor (cm ²) | Botones florales (número) |
| 'Borrega roja' | 114.5 b [†] | 7.9 b | 13.0 a |
| 'Espuma' | 127.0 a | 10.8 a | 12.6 a |
| DMS | 4.6 | 2.1 | 1.1 |

[†] Valores con la misma letra en cada hilera indican valores estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DMS = Diferencia mínima significativa.

En ambas variedades, el crecimiento en altura a lo largo del ciclo puede ser descrito por una curva tipo exponencial (Figura 2), en contraste con Taiz y Zeiger (2006) quienes indican que los órganos vegetales crecen describiendo una curva sigmoide. El crecimiento sigmoide se caracteriza por una fase inicial con crecimiento lento y una fase posterior de crecimiento exponencial que culmina con una fase de estabilización o estacionaria en la cual el órgano vegetal no deja de crecer. Probablemente, la variable AP habría mostrado un crecimiento tipo sigmoide si las mediciones se hubieran continuado después de la madurez comercial de la espiga floral (cosecha) a los 1048 y 1286 GDD, para BR y E, respectivamente (Cuadro 2). Es posible que el crecimiento de la espiga floral continúe en el florero, como ocurre en tulipán (*Tulipa gesneriana* L.) (Wilford, 2006).

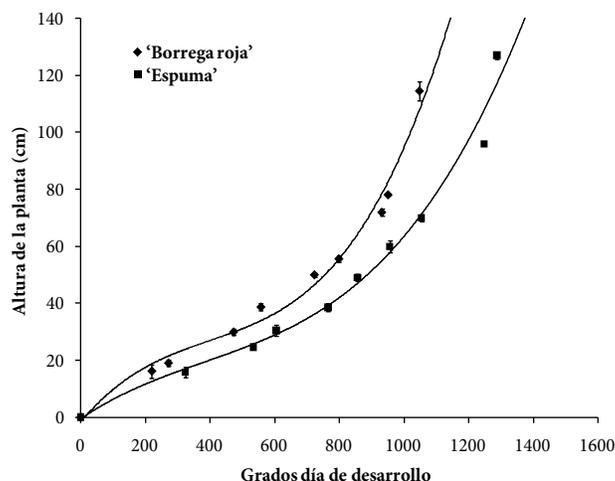


Figura 2. Altura de planta (cm) de dos variedades de gladiolo cultivadas en campo en Tlacotepec de J. M., El Verde, Pue. Barras verticales indican el error estándar (n = 16). Modelo polinomial para 'Borrega roja': $y = 2E-07x^3 - 0.0002x^2 + 0.1367x - 1.6747$ (n = 10, P < 0.001, R² = 0.99). Para 'Espuma': $y = 8E-08x^3 - 1E-04x^2 + 0.0764x - 0.4645$ (n = 10, P < 0.001, R² = 0.98). "x" es grados días de desarrollo; "y" es la altura de planta en cm.

En contraste con la duración del ciclo en el que las diferencias entre variedades iniciaron a partir de la sexta hoja y luego fueron aumentando, que corresponde a 931 GDD para 'Borrega roja' y 955 GDD para 'Espuma', en la altura de planta (AP) desde la aparición de la primera hoja en la variedad E (323 GDD) su tamaño era ya considerablemente menor (16 cm) que el de la variedad BR que alcanzó aproximadamente 24 cm (Figura 2). Al momento de la cosecha de BR (1048 GDD), las plantas de esta variedad alcanzaban en promedio 114.5 cm de altura, y las plantas de E sólo tenían 70 cm (Figura 2). A los 1048 GDD, la variedad BR ya era más precoz y de mayor altura que la variedad E; las plantas de E continuaron su crecimiento hasta su cosecha a los 1286 GDD (Figura 2), 238 GDD después que la cosecha de BR. La mayor altura de planta de E respecto a la de BR se debe a que tiene mayor periodo de crecimiento, y por ello también un mayor periodo de síntesis y acumulación de fotosintatos.

Calidad de la espiga floral

La altura final de planta se debe principalmente a la elongación de la espiga floral. La longitud de ésta se considera una de las variables más importantes que definen la calidad de flor y su clasificación al comercializarla. Espigas florales mayores de 120 cm de altura son de calidad excelente o de primera, como fue el caso de 'Espuma' (127 cm en promedio); en cambio 'Borrega roja', con 114.5 cm en promedio, alcanzó la calidad de segunda clase (Cuadro 3).

Las plantas formaron 13 botones florales por espiga, independientemente de la variedad y de la dosis de fertilización (Cuadro 3). Estos resultados son similares a los reportados por Hernández-Díaz *et al.* (2008), quienes al evaluar diferentes dosis de N no encontraron diferencias en esta variable. Gursan *et al.* (1986) y Karagüzel *et al.* (1997) consideran que el número de botones florales es un carácter que está genéticamente determinado.

La superficie de la flor, una importante variable de calidad, difirió entre variedades ($P \leq 0.01$) (Cuadro 3) pero no entre dosis de fertilización. De esta forma, al no existir diferencia en el número de botones florales y consecuentemente tampoco en flores por espiga, pero sí en la superficie de éstas, se infiere que el tamaño de la flor individual es mayor en la variedad 'Espuma'.

Sanidad del cultivo

La proporción de plantas muertas fue afectada por la dosis de fertilización ($P \leq 0.01$, Cuadro 4), pero no por la variedad. La dosis DF4 (testigo) y los tratamientos DF₁ y DF3 presentaron una incidencia de 4.8 % o más de plantas muertas en ambas variedades. Estos tres tratamientos contenían dosis de N mayores de 65 kg ha⁻¹ (Cuadro 1), dosis que son elevadas. Al respecto, Agrios (2005) y Engelhard (1989) recomiendan bajas concentraciones de N en la fertilización de ornamentales, al considerar que las de 80 kg N ha⁻¹ o más favorecen el desarrollo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *gladioli*, causante del marchitamiento y posterior muerte de plantas por pudrición del cormo, de acuerdo con estudios previos realizados en esta región (González-Pérez *et al.*, 2009). El número de plantas muertas con la dosis DF2 fue menor de 3.3 %, proporción despreciable si se considera que en cultivos comerciales ocurren pérdidas hasta de 70 % de las plantas.

Cuadro 4. Efecto de cuatro dosis de fertilización (DF1,...4) en el porcentaje de mortalidad de plantas en gladiolo crecidas en campo, en Tlacotepec de José Manzo, El Verde, Puebla.

| Tratamiento | Mortalidad (%) |
|-------------|---------------------|
| DF1 | 5.3 ab [†] |
| DF2 | 3.3 b |
| DF3 | 4.8 ab |
| DF4 | 6.3 a |
| DMS | 1.9 |

[†] Valores con la misma letra en cada columna indican valores estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DMS = Diferencia mínima significativa.

Esta investigación aporta conocimiento acerca del control de enfermedades mediante prácticas culturales, conocimiento que se puede utilizar en el diseño de un control integrado. Es posible que el menor porcentaje de plantas muertas con la dosis DF2 se explique no solamente

por la baja concentración de nitrógeno, sino también por el aporte de boro y azufre (Cuadro 1), elementos con propiedades inhibitorias del desarrollo de fitopatógenos que inducen marchitez y muerte de plantas, como las indirectamente evaluadas en esta investigación (Engelhard, 1989; Melgar *et al.*, 2001; Halder *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

Las dosis de fertilización no afectaron las variables fenológicas, ni al rendimiento y calidad de la flor del gladiolo, pero sí hubo diferencias entre variedades para estas variables. La variedad 'Espuma' fue superior en altura de planta (127.0 cm), índice de área foliar (1.50) y acumulación de grados día a madurez comercial (1286 GDD) que la variedad 'Borrega roja' (114.5 cm, 1.29 y 1048 GDD, respectivamente). Las diferencias en precocidad entre ambas variedades se gestaron a partir de la aparición de la sexta hoja (931 GDD para 'Borrega roja' y 955 GDD para 'Espuma').

Una fertilización con alto nivel de N (mayor de 65 kg ha⁻¹) provoca una respuesta negativa en la sanidad del cultivo, con una incidencia de plantas muertas mayor de 4.8 %. En cambio, la baja concentración de N (40.5 kg ha⁻¹), combinada con aportaciones de B y S, tuvo menor mortalidad y no afectó el desarrollo del cultivo ni la calidad de flor.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agrón. Héctor Sánchez, productor de la región, por facilitar el material vegetal y brindar la asesoría agronómica del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrios G N (2005) Plant Pathology. 5th ed. Academic Press. San Diego, California. USA. 635 p.
- Adkins J A, W B Miller (2008) Storage organs. In: Plant Propagation. C A Beyl, R N Trigiano (eds). CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. pp:303-310.
- Engelhard W A (1989) Management of disease with macro and microelements. In: Soilborne Plant Pathogens. W A Engelhard (ed). American Phytopathological Society Press. St. Paul, Minnesota, USA. pp:2-31.
- Flores-Almaraz R, A Lagunes-Tejeda (1998) La Horticultura Ornamental en México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática-Colegio de Postgraduados. Aguascalientes, México. 88 p.
- García E (1988) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Offset Larios. México. 217 p.
- González Pérez E, M J Yáñez Morales, J Velázquez (2006) Efecto de la fertilización en el crecimiento de patógenos del cormo del gladiolo. Memoria del XI Congreso Internacional / XXXVI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Acapulco, Guerrero, México. pp:155-160.
- González-Pérez E, M J Yáñez-Morales, H M Ortega-Escobar, J

- Velásquez-Mendoza (2008)** First report of *Acremonium strictum* and *Gliocladium roseum* causing basal stem and corm rot of *Gladiolus grandiflorus* in Mexico. *J. Plant Pathol.* 90:585-589.
- González-Pérez E, M J Yáñez-Morales, H M Ortega-Escobar, J Velásquez-Mendoza (2009)** Comparative analysis among pathogenic fungal species that cause gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* Hort.) corm rot in Mexico. *Rev. Mex. Fitopat.* 27:45-52.
- Gursan K, S Yelboga, S Cetiner (1986)** A research on the effects of different planting time of gladiol corms on flowering and flower quality (in Turkish). TOKB, Proje Uyg. Gen. Mud., Atatürk Bahce Kult. Aras. Enst., Yalova. 24 p.
- Halder N K, R Ahmed, S M Sharifuzzaman, K Anzu-Man-Ara Bagam, M A Siddiky (2007)** Effect of boron and zinc fertilization on corm and cormel production of gladiolus in grey terrace soils of Bangladesh. *Internat. J. Sust. Prod.* 2:85-89.
- Havlin J L, J D Beaton, S L Tisdale, W L Nelson (1999)** Soil Fertility and Fertilizers, an Introduction to Nutrient Management. 6th ed. Prentice Hall. New Jersey, New York, USA. 499 p.
- Hernández-Díaz M I, V Marrero-González, M González-Hurtado, J M Salgado-Pulido, A Ojeda-Veloz (2008)** Niveles de nitrógeno y su fraccionamiento en el cultivo del gladiolo para suelos ferralíticos rojos. *Pesq. Agrop. Bras.* 43:21-27.
- Karagüzel O, S Altan, I Doran, Z Söğüt (1997)** The effect of GA₃ and additional KNO₃ fertilization on flowering and quality characteristics of *gladiolus grandiflorus* "eurovision". *In: Improved Crop Quality by Nutrient Management.* D Anac, P M Prevel (eds.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. pp:259-262.
- Larson R A (1992)** Introduction to Floriculture. 2nd ed. Academic Press. San Diego, California, USA. 636 p.
- Melgar R J, M E Camozzi, M Torres Duggan, J Lavandera (2001)** Fertilización potásica y clorada: una herramienta eficaz para reducir la incidencia de enfermedades. *Rev. Fertilizar* 23:16-20.
- Otha Y I, T Kanade, T Sakai (1980)** Color information for region segmentation. *Comp. Graph. Image Proc.* 13:222-241.
- Rhoades J D, A Kandiah, A M Mashali (1992)** The Use of Saline Waters for Crop Production. FAO. Irrigation and Drainage Paper No 48. Rome, Italy. 133 p.
- SAS Institute (2002)** User's Guide of SAS (Statistical Analysis Sytem) Version 9. SAS Intitute. 9th ed. Cary, North Carolina, USA. 550 p.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2010)** Anuario del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, ciclos 2009. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351 (Sept. 2010).
- Taiz L, E Zeiger (2006)** Plant Physiology. 4th ed. Sinauer Associates Publishers. Sunderland, Massachusetts, USA. 764 p.
- Vidalie H (2001)** Producción de Flores y Plantas Ornamentales. 3ra ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 270 p.
- Wilford R (2006)** Tulips: Species and Hybrids for the Gardener. Timber Press. Portland, Oregon, USA. 211 p.
- Woltz S S (1954)** Studies on the nutritional requirements of gladiolus. *Florida Agric. Exp. Stat. J. S.* 296:330-335.