

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



CURVAS DE EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL EN GEÓFITAS ORNAMENTALES  
EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DEL BULBO

**Tesis**

Que presenta LUCINA GÓMEZ PÉREZ  
como requisito parcial para obtener el Grado de  
DOCTOR EN CIENCIAS EN AGRICULTURA PROTEGIDA

Saltillo, Coahuila

Septiembre 2017

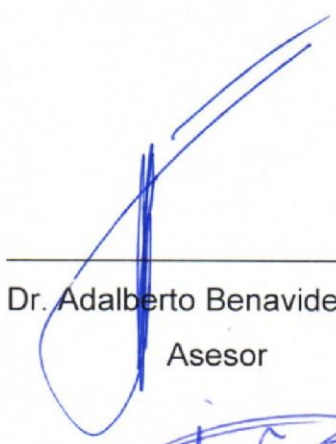
CURVAS DE EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL EN GEÓFITAS ORNAMENTALES  
EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DEL BULBO

Tesis

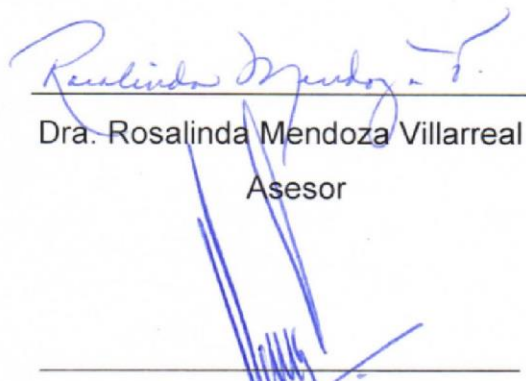
Elaborado por LUCINA GÓMEZ PÉREZ como requisito parcial para obtener el  
grado Doctor en Ciencias en Agricultura Protegida con la Supervisión y  
Aprobación del Comité de Asesoría



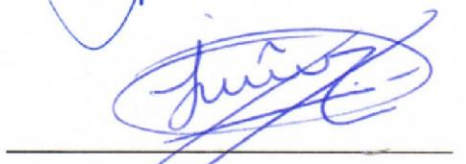
Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar  
Asesor principal



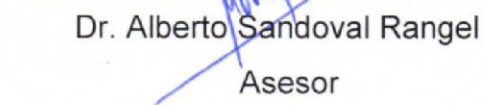
Dr. Adalberto Benavides Mendoza  
Asesor



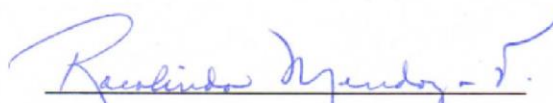
Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal  
Asesor



Dr. Antonio Juárez Maldonado  
Asesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel  
Asesor



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal  
Subdirectora de Postgrado  
UAAAN

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por permitirme continuar con mi formación académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo otorgado.

Agradezco de manera especial al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar por sus comentarios y sugerencias durante el desarrollo de la investigación. Muchas gracias por la amistad brindada en todos estos años, gracias por sus aportes científicos, por sus enseñanzas que contribuyeron en mi formación y sus grandes consejos. Gracias Dr. Luis por confiar en mí y por guiarme en este mundo de la investigación.

A mis asesores: Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal, Dr. Adalberto Benavides Mendoza, Dr. Antonio Juárez Maldonado y al Dr. Alberto Sandoval Rangel por su colaboración en la revisión del presente trabajo de investigación.

## DEDICATORIA

A Dios por permitirme concluir un logro más en la vida

A mis padres Feliciano Gómez Ruiz e Isabel Pérez Cruz por haberme enseñado que con esfuerzo, trabajo y dedicación se pueden cumplir los sueños. Gracias por todo

A mis hermanos por el apoyo que me han brindado en toda las etapas de mi vida

A todos mis amigos.... Gracias por su amistad

A Lino J. Ramírez por tu paciencia y apoyo incondicional en la realización de este trabajo de investigación.

A todas las personas que de una u otra forma han contribuido en la realización de este trabajo de investigación.

## **CARTA DE ACEPTACIÓN DE ARTÍCULOS**



# Universidad Autónoma de Nayarit

## Secretaría de Investigación y Posgrado

### Revista Bio Ciencias

#### **A QUIEN CORRESPONDA: PRESENTE.-**

Quien suscribe el Dr. Manuel Iván Girón Pérez, Editor de la Revista Bio Ciencias (ISSN: 2007-3380) incorporada a los índices: Web of Science (Thomson Reuters) DOAJ, IMBIOMED y LATINDEX, hace

#### **CONSTAR**

Que el Artículo titulado "**Evolución de biomasa y macronutrientes en cormos madre y cormos hijos de Gladiolo (Gladiolus x Grandiflorus Hort)**", de la autoría de **Lucina Gómez-Pérez, Luis A. Valdez-Aguilar, Adalberto Benavides -Mendoza y Antonio Juárez -Maldonado**. Actualmente se encuentra en calidad de Artículo Aceptado en proceso de edición para su publicación en la Revista Bio Ciencias.

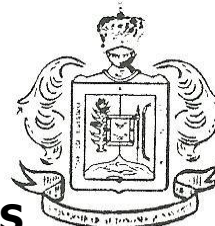
Se extiende la presente a petición de los interesados, para los fines Administrativos que a ellos convengan en la Ciudad de Tepic, Estado de Nayarit México, a los veintinueve días del mes de agosto del año dos mil diecisiete.

**ATENTAMENTE**

**DR. MANUEL IVAN GIRON PEREZ**  
**EDITOR DE LA REVISTA BIO CIENCIAS**

revista  
**Bio ciencias**  
ISSN: 2007-3380

UNIVERSIDAD AUTONOMA  
DE NAYARIT



SECRETARIA DE  
INVESTIGACION Y  
POSGRADO



Universidad Au



(+52) 311 211 88 00 Ext. 8922



revistabiociencias@gmail.com

<http://revistabiociencias.uan.edu.mx>

arrit, México.

## Communications in Soil Science and Plant Analysis - Account Created in Manuscript Central



Communications in Soil Science and Plant Analysis <onbehalfof+CommunSoilSci+gmail.com



Responder | v

vie 03/03, 06:26 p.m.

Tú v

Archivo

03-Mar-2017

Dear Dr Lucina Gómez-Pérez:

A manuscript titled Accumulation of Potassium, Calcium, and Magnesium in gladiolus as affected by heat units and corm size (LCSS-2017-0110) has been submitted by Dr Lucina Gómez-Pérez to Communications in Soil Science and Plant Analysis.

You are listed as a co-author for this manuscript. The online peer-review system, Manuscript Central, has automatically created a user account for you.

The site URL and your USER ID for your account is as follows:

SITE URL: <https://mc.manuscriptcentral.com/lcss>

USER ID: yalucy@hotmail.com

[https://mc.manuscriptcentral.com/lcss?URL\\_MASK=06ae84abb49a40fca6cc0a560e8e8a48](https://mc.manuscriptcentral.com/lcss?URL_MASK=06ae84abb49a40fca6cc0a560e8e8a48)

Please note that your password is case-sensitive.

When logged into the site you will be able to check the status of papers you have authored/co-authored. Please do log in to <https://mc.manuscriptcentral.com/lcss> to update your account information, and to change your password to one of your choice.

Thank you for your participation.

Sincerely,

Communications in Soil Science and Plant Analysis Editorial Office

## INTRODUCCIÓN

La industria ornamental está muy extendida en todo el mundo y es una actividad económica importante en muchos países (Van Huylenbroeck, 2010). Esta actividad se ha destacado por ser muy dinámica y ha demostrado un crecimiento anual de 6 % a 9 % en los volúmenes del mercado (Van Hemert, 2005), por lo tanto, representa un fuerte potencial para el desarrollo económico, principalmente para los 120 países que en la actualidad participan activamente en esta industria (Siddiqui *et al.*, 2009). Los Países Bajos, Estados Unidos y Japón resaltan como los países productores más importantes de ornamentales a nivel mundial (Xia *et al.*, 2006).

Las plantas ornamentales, como su nombre indica, se trata de plantas cultivadas por su valor ornamental en lugar de nutricional, y como tal, tienen un valor cultural y de calidad integral en la vida cotidiana (Chandler, 2013). Tradicionalmente las flores se cultivan para la estética, adornos en los eventos sociales, extracción de aceites esenciales y la fabricación de perfumes (Byczynski, 1997).

La altura, forma y coloración de las plantas aportan al aspecto cualitativo y estético de las especies ornamentales; estas variables son influenciadas directamente por la nutrición mineral y las condiciones ambientales (Furtini *et al.*, 2015). Las plantas ornamentales muestran una gran diversidad en sus hábitos de crecimiento, colores, forma de la flor y el tamaño (Pasha *et al.*, 2015). Dentro de esta diversidad se encuentran las geófitas ornamentales o bulbosas ornamentales.

Las geófitas ornamentales contribuyen de manera significativa a la industria ornamental ya que se utilizan para la producción de bulbos y flores (Benschop *et al.*, 2010). Los factores que tienen mayor influencia en el desarrollo vegetativo y formación de la flor en las plantas bulbosas son: el suelo y/o sustrato, el tamaño del bulbo, formación de la hoja, disponibilidad de agua, los requerimientos nutrimentales y los factores ambientales (De Hertogh, 1996). En cuanto al tamaño del bulbo, De Hertogh (1996) menciona que los bulbos deben pasar por una etapa juvenil y alcanzar un tamaño adecuado para florecer.



El gladiolo (*Gladiolus x grandiflorus Hort.*), es una bulbosa ornamental que pertenece a la familia Iridaceae, originario de Sudáfrica. Actualmente se ha cultivado en todo el mundo debido a sus atractivas características como, colores deslumbrantes, diferentes tamaños y larga vida en florero (Farid *et al.*, 2002), llegando a ocupar la octava posición en el comercio mundial de flores de corte (Zubair *et al.*, 2013).

Las plantas de gladiolo, requieren una aplicación equilibrada de nutrimentos para su óptimo crecimiento y desarrollo (Bashir *et al.*, 2016); sin embargo, la cantidad, la velocidad y el momento de absorción mineral varían con el cultivar, tamaño del bulbo y condiciones climáticas (De Hertogh, 1996; Jones *et al.*, 2011).

El uso de fertilizantes sin un determinado programa de manejo ha causado varios problemas ambientales, como la contaminación del agua, suelo y aire (Serpil, 2012). Por lo tanto la fertilización mineral debe ser aplicado de manera eficiente para evitar pérdidas de nutrientes en el ambiente sin afectar el rendimiento del cultivo (FAO, 2000). Además, el suministro adecuado de los nutrimentos es indispensable para la obtención de flores de mayor calidad comercial (Veatchblohm *et al.*, 2012; Ruppenthal y Castro, 2005). La definición de las cantidades y el momento en que los nutrientes son absorbidos por las plantas, en relación con la fase fenológica, contribuiría a delinear los programas de fertilización para toda la temporada de crecimiento y diseñados para obtener la máxima eficiencia, rendimiento o producción de biomasa (Bertsch, 2003).

Una herramienta eficaz para el manejo de la nutrición son las curvas de absorción de nutrimentos, ya que determina las cantidades extraídas por la planta, a través de su ciclo de vida y permite definir un programa de fertilización adecuado para el cultivo, ya que considera tanto la cantidad de nutrientes, como la etapa fenológica para hacer las aplicaciones (Misle, 2006). Así mismo, las curvas de absorción de nutrimentos pueden ayudar a los productores a determinar el momento óptimo de las aplicaciones de nutrimentos (Jones *et al.*, 2011).

A pesar de la importancia que están teniendo las bulbosas ornamentales como el gladiolo (*Gladiolus x grandiflorus Hort*) en el mercado de la floricultura, en la actualidad existe escasa información sobre los programas de nutrición

específicos para estos cultivos. Debido a lo anterior surge el interés de evaluar el efecto del tamaño del cormo y la obtención de curvas de extracción de nutrientes en gladiolo y de esta manera determinar la cantidad de nutrientes que la planta necesita durante su desarrollo.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### La floricultura en el mundo

La floricultura puede definirse como el cultivo, producción y comercialización de una variedad de plantas y materiales de siembra (Van Uffelen, 2005), incluye la producción de cultivos tales como flores de corte, plantas de follaje, plantas en maceta y plantas de jardín (Chen *et al.*, 2005). Las flores de corte representan la mayor demanda en el mercado de la floricultura, seguido por las plantas en maceta, bulbosas ornamentales y materiales de propagación (Lawson, 1996).

La floricultura está emergiendo como una empresa rentable debido a la divergencia de los agricultores hacia cultivos florales de alto valor y la utilización de flores en el nivel social e industrial (Ali *et al.*, 2015).

Grandes cambios en la economía mundial, las sociedades y la tecnología están llevando a cambios en la industria de la floricultura. Las principales fuerzas motrices en el sector de la industria son: (1) la demanda de los consumidores de nuevos productos y variedades; (2) la conciencia del impacto ambiental; (3) la creciente popularidad de la jardinería; y (4) la creación de nuevos lugares de trabajo (De Hertogh *et al.*, 2013).

Las plantas ornamentales son un grupo de plantas cultivadas en todo el mundo, representan un fuerte potencial para el desarrollo económico (Siddiqui *et al.*, 2009). Los Países Bajos, Estados Unidos y Japón resaltan como los países productores más importantes de ornamentales a nivel mundial (Xia *et al.*, 2006). Sin embargo, países como Colombia, Kenia, Ecuador y Etiopía han ido incrementando la producción de plantas ornamentales en los últimos años. La rosa es la flor de corte más comercializada por estos cuatro países; aunque Colombia también es el mayor exportador de crisantemo y el segundo mayor exportador mundial de claveles en el mundo (Van Rijswick 2016). El valor de la producción mundial de flores se estima en 55 000 millones de dólares (Van Rijswick, 2016).

El sector de las plantas ornamentales es muy diversa e incluye la producción de cultivos florales tales como flores de corte, plantas de follaje, plantas en maceta

y plantas de jardín (Chen *et al.*, 2005). Las flores de corte representan la mayor demanda en el mercado de la floricultura, seguido por las plantas en maceta, bulbosas ornamentales y materiales de propagación (Lawson, 1996).

### **La floricultura en México**

En México existen 20,000 hectáreas de superficie cultivadas con especies ornamentales, de las cuales el 75 % son a cielo abierto y el 25 % en invernaderos o viveros (SAGARPA, 2011). De 2014 a 2017 (enero-marzo) la producción de flores aumentó un 25 por ciento en 2017 (SAGARPA, 2017).

México participa con el 1% en el mercado mundial de flores (Orozco *et al.*, 2003). En contraste, Holanda participa con 43%, Colombia con 15%, Kenia 11%, Ecuador y Etiopía con 9 % (Van- Rijswick 2016).

Los principales estados productores de plantas ornamentales son: México, Puebla, Morelos, Jalisco, Michoacán y Baja California sur (SIAP, 2014). Se estima que alrededor del 70% de la producción, distribución y consumo de flores se realiza en la zona centro del país (SIAP, 2014). El Estado de México es el principal productor de flor de corte en el país, y aporta 80% de la producción de exportación, donde tan solo Villa Guerrero aporta 56% (Gomora-Jiménez *et al.*, 2006).

Dentro de la extensa variedad de flores y plantas de ornato, destacan por su valor de producción: la rosa, crisantemo, gladiolo y gerbera (SAGARPA, 2017). De 2014 a 2017 (enero-marzo), la producción de estos cuatro ornamentales aumentó un 27.6 por ciento, al pasar de tres millones 606 mil gruesas a más de cuatro millones 602 mil gruesas (SAGARPA, 2017)

### **Nutrición mineral**

La nutrición de las plantas es uno de los factores más importantes para controlar la productividad y calidad agrícola (Serpil, 2012).

Los nutrientes minerales son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Participan en la regulación de diversos procesos de la planta que influyen en el rendimiento y juegan un papel importante en la floración, polinización y la

iniciación de los tubérculos, así como como el control de procesos de almacenaje en los órganos de demanda (Engels *et al.*, 2012). Los nutrimentos deben estar disponibles, en cantidad suficiente y también en una proporción equilibrada de acuerdo a los requerimientos de la planta (Wang *et al.*, 2015).

El suministro adecuado de elementos nutritivos es indispensable para la obtención de flores de mayor calidad comercial (Ruppenthal y Castro, 2005). La calidad visual de las plantas ornamentales está ligada a un equilibrio adecuado de nutrientes. La altura, forma y coloración de las plantas son variables que aportan al aspecto cualitativo estético de las especies ornamentales, influenciadas directamente por la nutrición mineral, entre otros aspectos ambientales (Furtini *et al.*, 2015).

Para el óptimo crecimiento, y la producción de cultivos, las plantas requieren nutrientes esenciales (macro y micronutrientes) en cantidades suficientes (IFA, 2016).

Las plantas necesitan macronutrientes en gran cantidad, mientras que los micronutrientes son necesarios en cantidad mínima y funcionan como cofactores para las actividades enzimáticas (Rakshit *et al.*, 2015).

Los macronutrientes: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) son nutrimentos que tienen numerosas funciones en las plantas (Barker y Pilbeam, 2015).

El nitrógeno (N) es el elemento requerido en mayores cantidades por las plantas. Alrededor de 1-5% de la materia seca total de la planta es N, que es un componente integral de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, co-enzimas, fitohormonas y metabolitos secundarios. La disponibilidad del N es un factor importante para determinar el crecimiento y la productividad de la planta (Kiba *et al.*, 2012).

El P es un elemento estructural de los ácidos nucleicos y desempeña un papel importante en las reacciones de transferencia de energía, estimula la división celular, promueve la resistencia a enfermedades, promueve el desarrollo de las raíces y es necesario para la floración de las plantas ornamentales (Ingels, 2010).

Para la mayoría de las plantas ornamentales, el potasio es el nutrimento que se requiere en una mayor cantidad (Furtini, 2015). Está directamente relacionado con el mantenimiento del equilibrio osmótico en las células de las plantas, en el proceso de la regulación del intercambio de gases y transpiración, activación enzimática, la síntesis de proteínas, fotosíntesis, y la resistencia al estrés (Hawkesford *et al.*, 2012).

El potasio es un nutrimento esencial y abundante en las plantas, llegando a constituir hasta un 10% del peso seco de la planta (Leigh y Jones, 1984.) El potasio juega un papel clave en el crecimiento de las plantas, específicamente en la activación de enzimas, la regulación de estomas, relaciones planta - agua, y la movilidad de los iones y otros solutos dentro de la plantas (Mengel y Kirkby, 2001; Maathuis *et al.*, 2009). El potasio participa en una serie de procesos bioquímicos y biofísicos muy importantes para la planta, llevando a cabo funciones vitales en el metabolismo celular, en el crecimiento vegetal y en la adaptación a diferentes tipos de estrés. Estas funciones se pueden clasificar en dos tipos: aquellas basadas en el mantenimiento de una concentración estable de potasio (en torno a 100 mM) en compartimentos metabólicamente activos, tales como citoplasma, núcleo, estroma de cloroplastos y matriz de mitocondrias; y aquellas basadas en la alta movilidad del potasio en la planta a todos los niveles (celular, tisular y transporte a larga distancia a través del xilema y el floema (Hawkesford *et al.*, 2012).

El Ca es un nutrimento esencial para las plantas, es absorbido por las raíces y es traslocado a las partes aéreas a través del xilema (White, 2001). El Ca es importante para la estabilización de la pared celular y actúa como segundo mensajero, permitiendo a las plantas regular procesos de desarrollo en respuesta a estímulos ambientales (Hawkesford *et al.*, 2012). Gislserod (1999) menciona que el Ca juega un papel importante en la calidad de las plantas ornamentales.

El magnesio es uno de los nutrimentos esenciales para las plantas (Li *et al.*, 2001). Tiene importantes funciones fisiológicas y moleculares en las plantas, es un componente principal de la molécula de clorofila, un cofactor para muchos procesos enzimáticos asociados con fosforilación, desfosforilación, y la hidrólisis

de diversos compuestos y como estabilizador estructural para varios nucleótidos (Barker y Pilbeam, 2007; Maathuis 2009).

El Magnesio es fundamental para varias funciones importantes en los vegetales, especialmente para procesos metabólicos tales como: fijación del dióxido de carbono, síntesis de proteínas, la partición y la utilización de fotoasimilados, generación de especies reactivas de oxígeno y la fotooxidación en tejidos foliares (Cakmak y Atila 2010; Shaul 2002). Por consiguiente muchos procesos fisiológicos y bioquímicos se ven afectados por la deficiencia de Mg, lo que provoca disminución en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Cakmak y Atila, 2010).

El azufre es un factor importante en la nutrición de las plantas. Es uno de los componentes de los aminoácidos cisteína y metionina y muchos otros compuestos, Glutación o ferredoxina, que juegan importantes funciones fisiológicas (Hawkesford *et al.*, 2012).

### **Curvas de extracción de nutrimentos**

El suministro de nutrimentos ha sido objeto de numerosos estudios desde el siglo XIX, hoy en día sigue habiendo controversia sobre los métodos de diagnóstico y manejo de fertilizantes diseñados para obtener la productividad y sostenibilidad óptima de los cultivos (Osvalde, 2011).

Uno de los factores fundamentales que permite el control de la producción y calidad de un cultivo es la fertilización, la cual debe ser ajustada a cada especie y condición de crecimiento (Pineda- Pineda *et al.*, 2008).

Los programas de fertilización deben estar basados en la demanda de nutrimentos de cada cultivo durante sus etapas fenológicas (Castillo-González *et al.*, 2017). Esta demanda está dada por su producción de biomasa y las concentraciones totales de nutrimentos en los tejidos de la planta (Bertsch, 2003). Evaluar la demanda total de las plantas y su dinámica de absorción es importante para determinar los planes de fertilización que permitan la sincronización entre el abastecimiento y la demanda del cultivo (Tagliavini *et al.*, 2004).

Las curvas de absorción de nutrientes determinan las cantidades extraídas por la planta para completar su ciclo de producción y su relación con las diferentes etapas fenológicas del cultivo, esta información contribuye a definir los programas de fertilización en donde se consideran la cantidad de nutriente que es absorbido para producir un determinado rendimiento o biomasa (Bertsch, 2003).

### **Manejo de los nutrientes 4R**

Los fertilizantes desempeñan un papel importante en asegurar la producción de cultivos alimenticios en todo el mundo. De hecho, se estima que los fertilizantes actualmente soportan entre el 40% - 60% de toda la producción agrícola actual (Johnston y Bruulsema, 2014).

La eficiencia del uso de nutrientes puede aumentar significativamente cuando su disponibilidad se sincroniza con la demanda de los cultivos. El tiempo de aplicación, la tecnología de fertilizantes de liberación lenta y controlada, los estabilizadores y los inhibidores son sólo algunos ejemplos de cómo los fertilizantes pueden ser mejor regulados para una absorción eficiente del cultivo (Johnston y Bruulsema, 2014).

El concepto de los 4R para el manejo de los nutrientes promueve la aplicación de nutrientes utilizando la fuente (o producto) correcta en la dosis, el momento y lugar correcto. Los 4R son necesarios para el manejo sostenible de la nutrición de las plantas, un concepto para el uso eficiente y efectivo de nutrientes en las plantas para lograr beneficios económicos, sociales y ambientales (IFA, 2009).

### **Unidades calor**

Las unidades calor (HU) cuantifican el ambiente térmico de los cultivos y se usan comúnmente en modelos fenológicos que relacionan el crecimiento y desarrollo de las plantas con las condiciones climáticas (Brown, 2013).

El sistema HU o grados días de crecimiento (GDD), es el índice más común utilizado para estimar el desarrollo de la planta. La acumulación de estas



unidades calor determina la madurez del cultivo, así como el rendimiento y la calidad del producto final (Shabana *et al.*, 2013)

Las plantas requieren cierta cantidad de calor para desarrollarse desde una fase a otro en su ciclo de vida, esta medida de calor acumulado se conoce como tiempo fisiológico, la combinación de temperatura (entre umbrales) y tiempo será siempre la misma (Parthasarathi *et al.*, 2013).

Las unidades calor o grados día se determinan calculando el promedio diario de la temperatura máxima y mínima y la temperatura base. La temperatura base o la temperatura umbral es la temperatura por debajo de la cual no se produce crecimiento (Katharine y Wehner, 1996). El desarrollo fenológico del cultivo se basa en la acumulación diaria de unidades de calor (Parthasarathi *et al.*, 2013).

### **Las geófitas ornamentales**

El término "geófitos" generalmente se refiere a especies con un período de crecimiento muy corto en la primavera, que sobreviven a través del período invernal, no sólo por semillas, sino también en forma de órganos de almacenamiento subterráneo especializados (Amano y Tsutsui, 1980).

Las geófitas ornamentales, también llamados bulbosas ornamentales, pertenecen a más de 800 géneros botánicos diferentes y exhiben gran diversidad en su biología del desarrollo y respuestas fisiológicas a factores ambientales (Kamenetsky *et al.*, 2013). Las geófitas ornamentales han sido apreciados y han sido cultivados por miles de años. La importación y uso de las bulbosas ornamentales ocupan un lugar notable dentro de la producción mundial de flores cortadas (Benschop *et al.*, 2010). Exhiben gran diversidad en su morfología, crecimiento y ciclos de desarrollo, y respuestas fisiológicas a factores ambientales (De Hertogh y Le Nard, 1993).

Morfológicamente, estas plantas se caracterizan por los brotes de renovación ubicados en su órgano de almacenamiento subterráneo, por ejemplo, rizoma, tubérculo, cormo o bulbo (Kamenetsky *et al.*, 2013). Los geófitos ornamentales desempeñan un papel importante en la industria global de flores y se utilizan

principalmente para la producción comercial de flores cortadas, plantas en maceta, materiales de propagación y para jardinería (De Hertogh *et al.*, 2013). Los bulbos, tubérculos, raíces tuberosas, rizomas y pseudobulbos son estructuras vegetativas especializadas que funcionan principalmente como almacenamiento de nutrientes y agua durante condiciones ambientales adversas. Las plantas que poseen estas partes modificadas son generalmente herbáceas y perennes donde la parte aérea entra en senescencia a final de la temporada de crecimiento y la planta sobrevive en la tierra como un órgano latente, carnoso que lleva yemas para producir nuevos brotes en la siguiente temporada (De Hertogh and Le Nard, 1993).

### **Gladiolo (*Gladiolus x grandiflorus* Hort)**

El gladiolo es una de las bulbosas ornamentales conocido comúnmente como lirio de espada, debido a la forma de la hoja, perteneciente a la familia iridácea (Okubo *et al.*, 2013). Se utiliza como flor de corte, es una de las bulbosas ornamentales importantes en el mercado de la floricultura. Ocupa la octava posición en el comercio mundial de flores cortadas (Ahmad *et al.*, 2008). El gladiolo cuenta con innumerables variedades debido a sus versátiles colores manteniendo la calidad de la flor. Su atractiva inflorescencia ha ganado por ello, un lugar en los jardines y el valor comercial como una flor de corte. Debido a esto la superficie y la producción de gladiolo aumenta día a día (Ahmed *et al.*, 2016). Los principales países productores son los Estados Unidos (Florida y California), Holanda, Italia, Francia, Polonia, Bulgaria, Brasil, India, Australia e Israel. Además de que en Estados Unidos el bulbo más vendido es el gladiolo, con un valor estimado en más de 370 millones bulbos (Noor-Un-Nisa *et al.*, 2016).

En México la gladiola es producida en una superficie de cuatro mil 463 hectáreas, con un volumen anual de 4.6 millones de gruesas; las principales entidades productoras son Puebla, con 1.9 millones de gruesas, y el Estado de México, 1.4 millones de gruesas (SAGARPA, 2017).

## **Propagación**

La propagación del gladiolo es principalmente por la multiplicación natural de nuevos cormos y cormillos. Al momento de la siembra el cormo es una estructura vegetativa donde se desarrollan nuevas raíces a partir de su base, y una o más de las yemas comienzan a desarrollar hojas. La iniciación floral tiene lugar dentro de unas semanas después de que la parte aérea comience a crecer y al mismo tiempo se empieza a formar un nuevo cormo sobre la base del cormo madre (Hartman *et al.*, 2011).

A medida que los nuevos cormos continúan aumentando, el cormo viejo comienza a marchitarse y a desintegrarse conforme se utilizan sus reservas en la producción de flores. Después de la floración, el follaje continúa fabricando materiales alimenticios, que son almacenados en el nuevo cormo. Al final del verano, cuando el follaje se seca, hay uno o más cormos, así como un gran número de cormillos (Hartman *et al.*, 2011).

## **Órganos de almacenamiento**

La producción de flores depende de las reservas almacenadas en los cormos de la temporada anterior, particularmente durante el periodo posterior a la floración (Hartman *et al.*, 2011).

El órgano de almacenamiento es el cormo, cubierto por varias capas de túnicas parduscas y fibrosas. En general, los gladiolos de floración de verano producen una inflorescencia de 0.8-2 m de altura, mientras que los cultivares de floración primaveral llevan brotes múltiples de 0.8-1 m de altura y los tallos no son ramificados, en forma de espada, ranuras longitudinales, encerradas en una vaina. La inflorescencia es un pico con 30 floretes o más (Okubo *et al.*, 2013)

El tamaño del bulbo en la siembra afecta el crecimiento y el desarrollo en muchos geófitas, como en tulipan, iris o brodiaea (Han, 2001) y se considera un factor limitante para la florogénesis (Halevy, 1990). Por encima de un tamaño crítico necesario para la transición floral, la calidad de la flor es a menudo positivamente correlacionada con el tamaño del bulbo (Han *et al.*, 1991).

El tamaño del cormo es uno de los aspectos más importantes para la producción de flores ya que el tamaño afecta la calidad vegetativa, floral y el rendimiento en la producción de gladiolo. Los cormos de menor tamaño producen menor rendimiento y los cormos de mayor tamaño aumentan el rendimiento (Singh, 1992). Por lo tanto, es esencial encontrar un óptimo tamaño de los cormos para obtener los mejores resultados (Noor-Un-Nisa *et al.*, 2016).

### **Nutrición**

La producción intensiva de flores cortadas requiere un alto nivel de fertilización. La fertilización desequilibrada puede reducir la producción de flores de gladiolos y también puede causar contaminación del suelo y del medio ambiente. La productividad del gladiolo depende de las cantidades, formas y frecuencia de aplicación de los nutrientes de las plantas (Zafar, 2007). La producción de gladiolo requiere una aplicación equilibrada de fertilizantes para un crecimiento óptimo y una producción de calidad (Bashir *et al.*, 2016).

### **Temperatura**

La luz, humedad y temperatura pueden afectar el desarrollo de los bulbos y la temperatura es uno de los factores que juega un papel importante en el crecimiento y la floración de las bulbosas ornamentales (De Hertogh, 1993).

En la mayoría de geófitas, el factor más importante que controla su floración es el termoperiodo estacional, mientras que los efectos de la luz sobre la inducción de la floración son comúnmente menos importante (Nadezda *et al.*, 2013).

La temperatura es un factor crítico en la producción de gladiolos y es más importante en el desarrollo de la planta, iniciación floral, aparición de la espiga y floración (Kadam *et al.*, 2013).

## **ARTÍCULO 1**

**EVOLUCIÓN DE BIOMASA Y MACRONUTRIMENTOS EN CORMOS MADRE Y  
CORMOS HIJOS DE GLADIOLO (*Gladiolus x grandiflorus* Hort)**

**EVOLUCIÓN DE BIOMASA Y MACRONUTRIMENTOS EN CORMOS MADRE  
Y CORMOS HIJOS DE GLADILOLO (*Gladiolus x grandiflorus* Hort)**

**EVOLUTION OF BIOMASS AND MACRONUTRIENTS IN MOTHER AND  
DAUGHTER CORMS IN GLADIOLUS (*Gladiolus x grandiflorus* Hort)**

**Lucina Gómez-Pérez<sup>1</sup>, Luis A. Valdez-Aguilar<sup>1\*</sup>, Adalberto Benavides-Mendoza<sup>1</sup>, Antonio Juárez-Maldonado<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Horticultura, <sup>2</sup>Departamento de Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coah., México 25315.

\*Corresponding Author: Luis A. Valdez-Aguilar. Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coah., México. C.P. 25315. [Phone: 8444428790.](tel:8444428790) E-mail: [luisalonso.valdez@uaaan.mx](mailto:luisalonso.valdez@uaaan.mx).

## **EVOLUCIÓN DE BIOMASA Y MACRONUTRIMENTOS EN CORMOS MADRE Y CORMOS HIJOS DE GLADIOLO (*Gladiolus x grandiflorus* Hort)**

### **EVOLUTION OF BIOMASS AND MACRONUTRIENTS IN MOTHER AND DAUGHTER CORMS IN GLADIOLUS (*Gladiolus x grandiflorus* Hort)**

#### **RESUMEN**

La producción de flores de gladiolo de buena calidad depende en gran medida de la calidad y tamaño del cormo, sin embargo, poca atención se ha prestado al entendimiento de los requerimientos nutricionales de estos. En el presente estudio se evaluó la evolución de biomasa y el contenido de macronutrientes en el cormo madre e hijo en función del tamaño inicial del cormo madre. La biomasa del cormo madre disminuyó después del trasplante, mientras que después de la cosecha los cormos hijos acumularon biomasa. El contenido de N, K, Mg y S se comportó similar a la biomasa, pero después de la aparición del cormo hijo se observó un aumento en el contenido de estos minerales. Una parte del P, Ca Mg y S contenidos en el cormo madre fueron removilizados hacia los cormos hijos, sin embargo, para complementar los requerimientos del cormo hijo se debe suplementar un programa de fertilización que incluya 63.6, 52.9, y 38.0 kg ha<sup>-1</sup> de N, 9.2, 8.4 y 5.8 kg ha<sup>-1</sup> de P y 11.2, 11.3, y 7.7 kg ha<sup>-1</sup> de K para cormos hijos desarrollados de cormos madre de 3.8, 2.5 y 1.8 g, respectivamente. El Ca debe suministrarse entre 2.9 y 5.0 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que para Mg y S entre 0.9 y 1.6 kg ha<sup>-1</sup> de cada uno.

**Palabras clave;** geófitas ornamentales, nutrición mineral, calidad de cormos hijos.

## **Abstract**

Good quality production of gladiolus cut flowers largely relies on corm quality and size; however, little attention has been paid to the understanding of its nutrient requirements. In the present study, it was evaluated the evolution of biomass and the content of macronutrients in the mother and daughter corms as affected by the initial size of the mother corm. The biomass of the mother corm decreased after the transplant whereas, after flower harvest, that of the daughter corm increased. The content of N, K, Mg and S had a similar tendency as that of biomass, however, once the daughter corm appeared there was an increase in the content of such elements. A portion of P, Ca, Mg and S present in the mother corm were remobilized towards the daughter corm, nonetheless, in order to meet its demands, the daughter corm has to be supplemented through a fertilization program that includes 63.6, 52.9, y 38.0 kg ha<sup>-1</sup> N, 9.2, 8.4 y 5.8 kg ha<sup>-1</sup> P and 11.2, 11.3, and 7.7 kg ha<sup>-1</sup> K for daughter corms developed from mother corms of 3.8 g (3.5 cm diameter), 2.5 g (3.0 cm diameter) and 1.8 g (2.5 cm diameter), respectively. Calcium has to be supplemented at 2.9 - 5.0 kg ha<sup>-1</sup>, whereas Mg and S at 0.9 and 1.6 kg ha<sup>-1</sup> each.

**Key words:** ornamental geophytes, mineral nutrition, daughter corm quality

## **INTRODUCCION**

Las geófitas ornamentales, llamadas también bulbosas ornamentales, contribuyen en la industria ornamental ya que se utilizan para la producción comercial de flores de corte, plantas en maceta, así como para jardinería (Benschop *et al.*, 2010). Este grupo de plantas presentan una gran diversidad en morfología, hábitos de crecimiento y desarrollo, y muy particulares respuestas fisiológicas a los factores del ambiente (De Hertogh and Le Nard, 1993). Las especies de bulbosas se ubican en más de 800 géneros botánicos, los cuales se caracterizan por presentar brotes de renovación en un órgano subterráneo para



el almacén de agua, reservas, hormonas y nutrimentos (Hartmann *et al*; Kamenetsky and Okubo, 2013); algunos ejemplos de estos órganos subterráneos son el rizoma, el tubérculo, el bulbo y el bulbo (Kamenetsky and Okubo, 2013).

El gladiolo (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) pertenece a la familia de las iridáceas y es nativa de África y Asia. Es una de las bulbosas más importante en la industria ornamental ya que ocupa el quinto lugar en el comercio internacional de flores y tiene gran impacto económico como flor de corte (Ahmed *et al.*, 2002). El gladiolo es ampliamente cultivado en nuestro país en condiciones de cielo abierto, ya que aproximadamente el 80% de todas las flores cortadas que se producen en México corresponden a esta especie (Ramos-García *et al.*, 2009).

El gladiolo es una bulbosa de verano que requiere de una secuencia frío-calor-frío para completar su ciclo, desde la salida de dormancia, crecimiento vegetativo, floración, senescencia y la formación de un nuevo cormo en estado dormante (De Hertogh, 1996). El cormo originalmente plantado, conocido como “cormo madre” provee reservas para el desarrollo inicial de la planta, las que al agotarse causa la muerte del mismo. Sin embargo, poco antes de iniciar la floración se forma un nuevo cormo por encima del cormo madre, conocido como “cormo hijo”, además de numerosos cormos pequeños conocidos como “cormillos”. El cormo hijo debe ser cosechado y recibir un tratamiento para eliminar la dormancia para estar en condiciones de producir otra planta con flores en el próximo ciclo.

El tamaño del cormo madre o hijo impacta marcadamente en la calidad de la planta que se va a desarrollar, pues entre más grande sea este, la cantidad de reservas, agua y nutrimentos será mayor. A pesar de la importancia que tienen las bulbosas ornamentales el mercado de la floricultura, en la actualidad existe escasa información sobre los programas de nutrición de los cormos hijos para estos cultivos.

Los nutrimentos minerales son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Participan en la regulación de los procesos que influyen en el rendimiento y juegan un papel importante en la floración, polinización y la iniciación de los tubérculos, como se ha reportado en papa (*Solanum tuberosum* L.), una geofita

comestible, así como el control de procesos de almacenaje en los órganos de demanda (Engels *et al.*, 2012). Engelbrecht *et al.*, (2008) mencionan que el estado nutricional de los bulbos presentan al iniciar un nuevo ciclo de crecimiento influye en el crecimiento y la floración de las plantas. Los nutrientes deben estar disponibles y en cantidad suficiente y también en una proporción equilibrada de acuerdo a los requerimientos de la planta (Wang *et al.*, 2015).

El nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) son nutrientes esenciales que tienen numerosas funciones en las plantas (Barker and Pilbeam, 2015). El N es el componente de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, co-enzimas, fitohormonas y metabolitos secundarios (Barker and Pilbeam, 2015). El P es un elemento estructural de los ácidos nucleicos y desempeña un papel importante en las reacciones de transferencia de energía, mientras que el papel principal del K es la osmorregulación, por lo cual es importante en la expansión celular y en la regulación del intercambio de gases (Hawkesford *et al.*, 2012). El Ca es importante para la estabilización de la pared celular y actúa como segundo mensajero, permitiendo a las plantas regular procesos de desarrollo en respuesta a estímulos ambientales (Hawkesford *et al.*, 2012). El Mg es un componente de la molécula de clorofila, además de ser un cofactor para muchos procesos enzimáticos asociados con fosforilación, desfosforilación, y la hidrólisis de diversos compuestos, así como estabilizador estructural para varios nucleótidos (Barker and Pilbeam, 2015; Maathuis, 2009). El S es un componente esencial de la cisteína y metionina, unos aminoácidos azufrados, por lo que está presente en todas las proteínas (Barker and Pilbeam, 2015).

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del tamaño del cormo madre en la evolución del contenido de N, P, K, Ca, Mg, y S durante el ciclo del cultivo de gladiolo, así como la extracción de estos nutrientes por parte del cormo hijo. Esta información sería útil para determinar un programa de fertilización para aplicarse durante el desarrollo del cormo hijo a fin de obtener propágulos con mayores reservas nutricionales, lo que favorecería el

crecimiento y la calidad de las plantas desarrolladas a partir de tales cormos en el siguiente ciclo de cultivo.

## **MATERIALES Y METODOS**

El estudio se realizó en un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila, México. La temperatura máxima y mínima promedio durante el desarrollo del experimento fue de 37°C y 15°C, respectivamente. La humedad relativa máxima y mínima promedio fue de 91% y 44% respectivamente, mientras que la radiación fotosintéticamente activa fue de 466  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

El trasplante de los cormos se efectuó el 28 de abril de 2015; se plantaron cormos madre no dormantes de tres tamaños: 3.8, 2.5 y 1.8 g, los cuales tenían un diámetro de 3.5, 3.0 y 2.5 cm, respectivamente. Los cormos se colocaron en bolsas de polietileno de 10 L que contenían una mezcla de turba ácida y perlita (70:30 v/v). Se plantaron cuatro cormos en cada contenedor a una profundidad de 7 cm, cubriéndolos totalmente con el sustrato. Las plantas desarrolladas a partir del cormo madre se irrigaron con una solución conteniendo la formulación de Steiner (Steiner, 1984) con pH ajustado a 6.3 y una conductividad eléctrica de 2.5 dS  $\text{m}^{-1}$ . Durante el estudio se realizaron muestreos destructivos de los cormos, consistentes en muestras con 4 repeticiones de 4 plantas cada una para cada tamaño de cormo madre, o bien del cormo hijo cuando este se encontraba en desarrollo (después de la cosecha de la flor). Después de la cosecha del tallo floral, a los 80 días después del trasplante, se permitió el desarrollo de los cormos hijos durante 36 días.

Al retirar los cormos madre así como los cormos hijos, estos se lavaron con agua destilada para eliminar los restos de sustrato. Posteriormente, se colocaron en bolsas de papel y se introdujeron en un horno de secado a 70°C por 72 horas, luego de lo cual se registró el peso seco utilizando una balanza digital. El material

seco obtenido se llevó a molienda en un molino marca Thomas-Wiley (Model 4, Arthur H. Thomas Company, Philadelphia P.A., U.S.A.).

En los cormos secos y molidos se realizó un análisis mineral de la concentración de N, P, K, Ca, Mg y S. La concentración de N se determinó mediante la metodología de semi-micro Kjeldhal, mientras que la concentración de P, K, Ca, Mg y S se analizaron con espectrómetro de emisión de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES 725 Series Agilent; Mulgrave, Victoria, Australia) en muestras digestadas en una mezcla de  $H_2SO_4$  y  $HClO_4$  mas  $H_2O_2$  (Soltanpour *et al.*, 1996); en el caso del S, el digestado se realizó en una mezcla de  $HNO_3$  y  $HClO_4$ . Los cálculos del contenido de nutrimentos se realizaron considerando el peso seco acumulado en los cormos y la concentración de nutrimentos en los mismos.

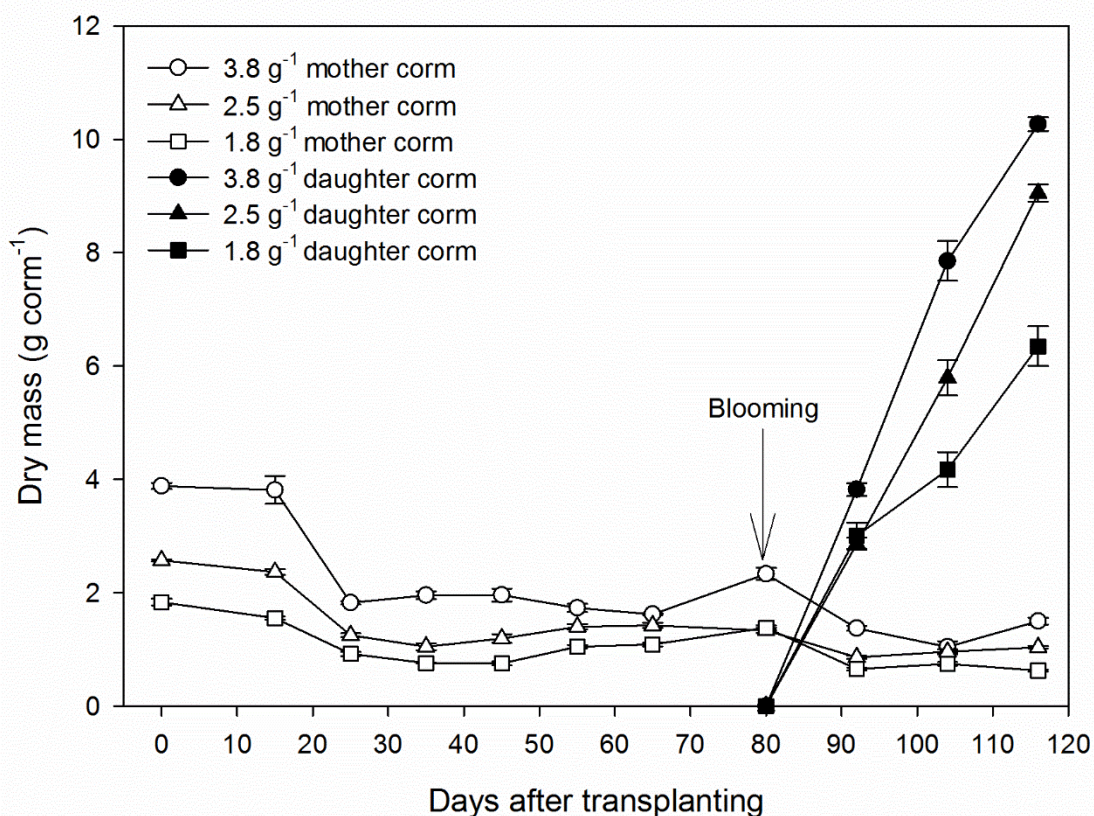
## RESULTADOS

### Peso seco y diámetro de cormos

Posterior al trasplante, los cormos madre experimentaron una pérdida de peso seco, la cual ocurrió principalmente entre el día 15 y 25 (Fig. 1). Al momento de la cosecha de flor, a los 80 días después del trasplante, los cormos madre de 3.8, 2.5 y 1.8 g ya habían perdido un 40%, 48% y 25% de su biomasa original, respectivamente. Posterior a la cosecha de flor (a los 116 días después del trasplante), los cormos madre mostraron una perdida adicional de peso, llegando a ser, en relación a la biomasa original, del 61%, 60% y 66%, respectivamente (Fig. 1).

La pérdida adicional de biomasa por el cormo madre después de la cosecha de la flor se asoció con la formación del cormo hijo, ya que a los 92 días después del trasplante estos incrementaron su biomasa a niveles similares al del cormo madre al inicio del estudio (Fig. 1). Sin embargo, el peso de los cormos hijos continuó en aumento hasta que estos fueron cosechados al finalizar la senescencia de la parte aérea, alcanzando un peso promedio de 10.2, 9.0 y 6.3

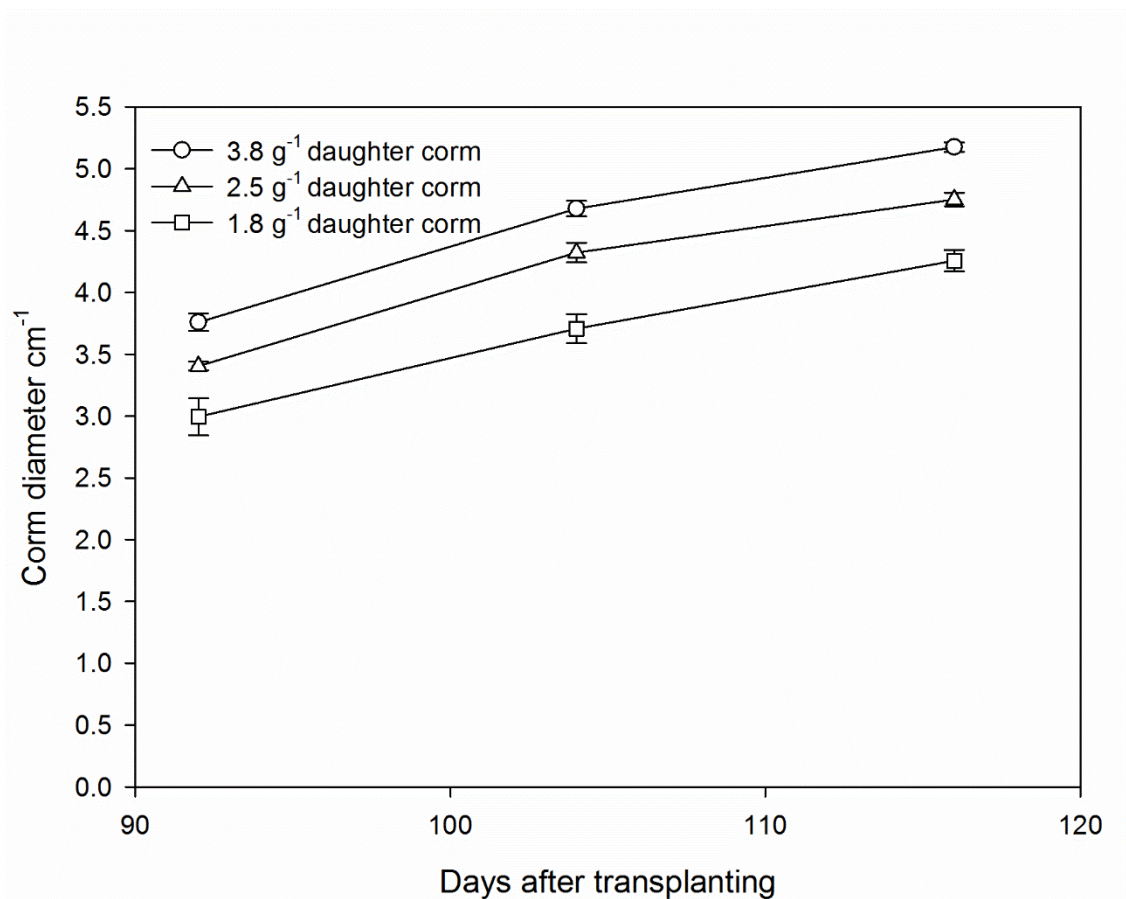
g cuando se desarrollaron de cormos madre de 3.8, 2.5 y 1.8 g, respectivamente (Fig. 1).



**Figura 1. Evolución del peso seco en cormo madre y cormo hijo en plantas de gladiolo (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) cv. Peter Pears desarrolladas a partir de cormos madre de 3.8, 2.5 y 1.8 g. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).**

Similarmente, los cormos hijos resultaron de un mayor diámetro en comparación con el del cormo madre cuando este fue trasplantado; los cormos madre de 3.5 cm resultaron en cormos hijos de 5.1 cm, mientras que los de 3.0 y 2.5 cm resultaron en cormos hijos de 4.7 y 4.2 cm, respectivamente (Fig. 2). Lo anterior dio lugar a una relación lineal tanto en el peso [peso seco cormo hijo = (1.796 ×

peso seco cormo madre) + 3.6] como en el diámetro (diámetro cormo hijo = (diámetro cormo madre + 1.50)] del cormo madre con el del cormo hijo.

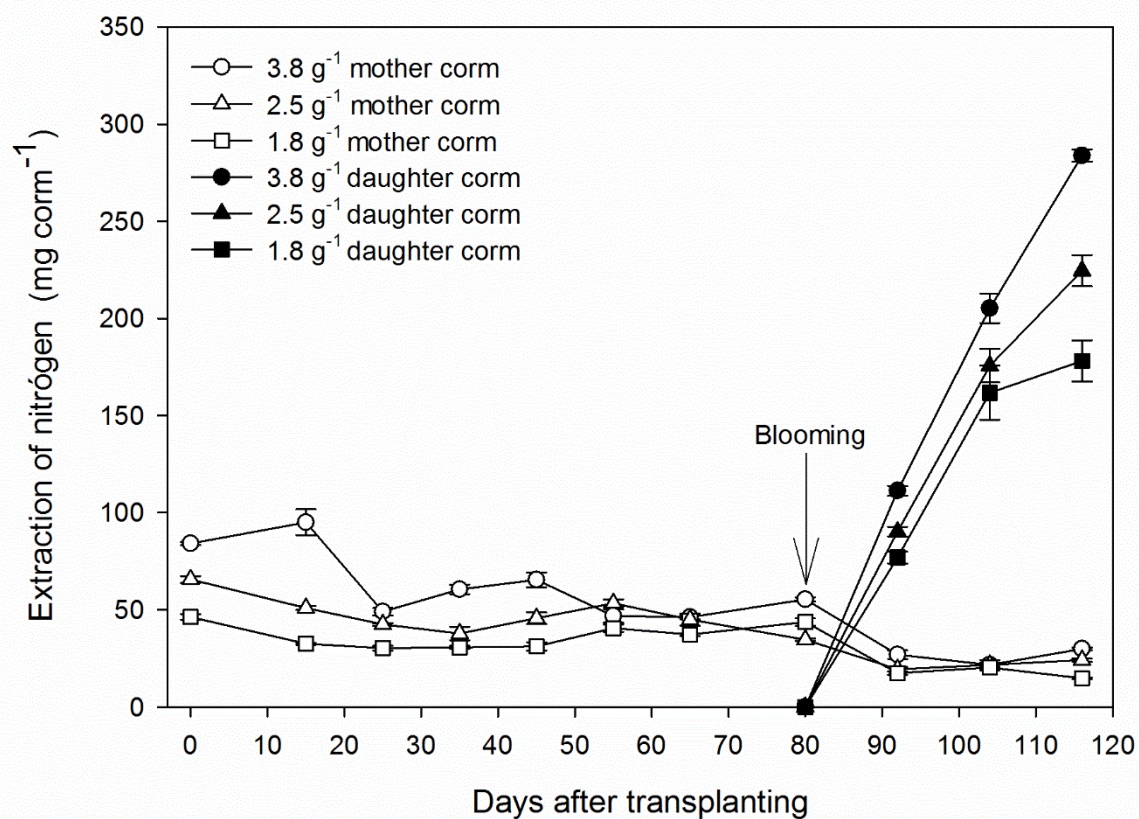


**Figura 2. Diámetro del cormo hijo en plantas de gladiolo (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) cv. Peter Pears desarrolladas a partir de cormos madre de 3.8, 2.5 y 1.8 g. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).**

### Nitrógeno

Al momento del trasplante, el contenido de N fue de 84.1, 65.6 y 46.2 mg por cormo de 3.8, 2.5 y 1.8 g, respectivamente (Fig. 3); sin embargo, al momento de la floración, el N disminuyó en un 34%, 47% y 6%, respectivamente. Posterior a la cosecha de flores, el contenido de N disminuyó aún más, llegando a niveles de

pérdida del 64%, 63% y 68% en los tres tamaños de cormo a los 116 días después del trasplante (Fig. 3). Posterior a la cosecha del tallo floral se empezó a formar el cormo hijo, el cual inició a acumular N; cuando estos cormos se cosecharon habían acumulado en total 283.8, 224.6 y 178.1 mg de N cuando fueron desarrollados a partir de cormos madre de 3.8, 2.5 y 1.8 g, respectivamente (Fig. 3).

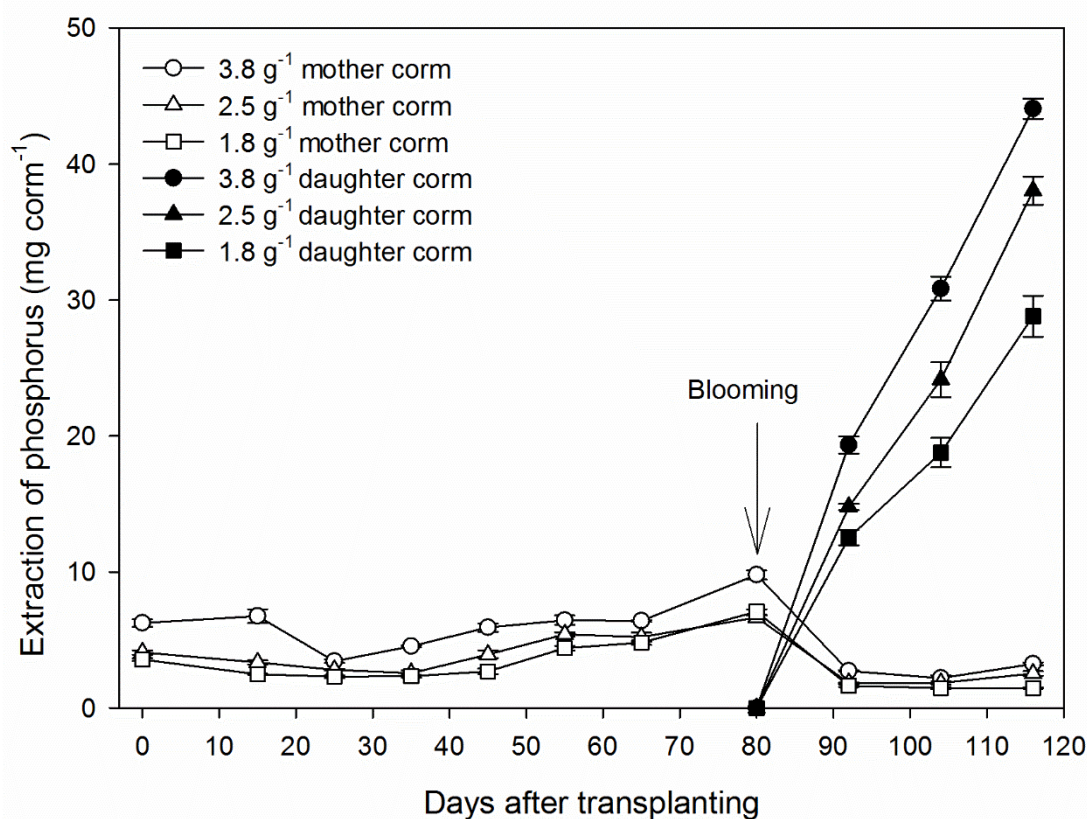


**Figura 3. Evolución del Nitrógeno en cormo madre y cormo hijo en plantas de gladiolo (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) cv. Peter Pears desarrolladas a partir de cormos madre de 3.8, 2.5 y 1.8 g. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).**



## Fósforo

Durante el ciclo de cultivo se presentaron periodos de disminución y recuperación del contenido de P en el cormo madre (Fig. 4). El P inicial proporcionado por el cormo madre fue de 6.2, 4.0 y 3.5 mg por cormo de 3.8, 2.5 y 1.8 g, respectivamente. Al momento de la cosecha de flores los cormos madre mostraron una acumulación de P ya que, en relación al contenido original, el P se elevó en un 57%, 63% y 99%, respectivamente (Fig. 4). Sin embargo, durante el desarrollo del cormo hijo, se disminuyó el contenido de P en el cormo madre, el cual, en relación al P que se encontraba al momento de la cosecha, disminuyó en un 67%, 62% y 80% en cormos de 3.8, 2.5 y 1.8 g, respectivamente (Fig. 4). Esta disminución se relacionó a la formación del cormo hijo pues estos acumularon 44.0, 38.0 y 28.8 mg de P cuando provenían de cormos madre de en cormos de 3.8, 2.5 y 1.8 g, respectivamente (Fig. 4).

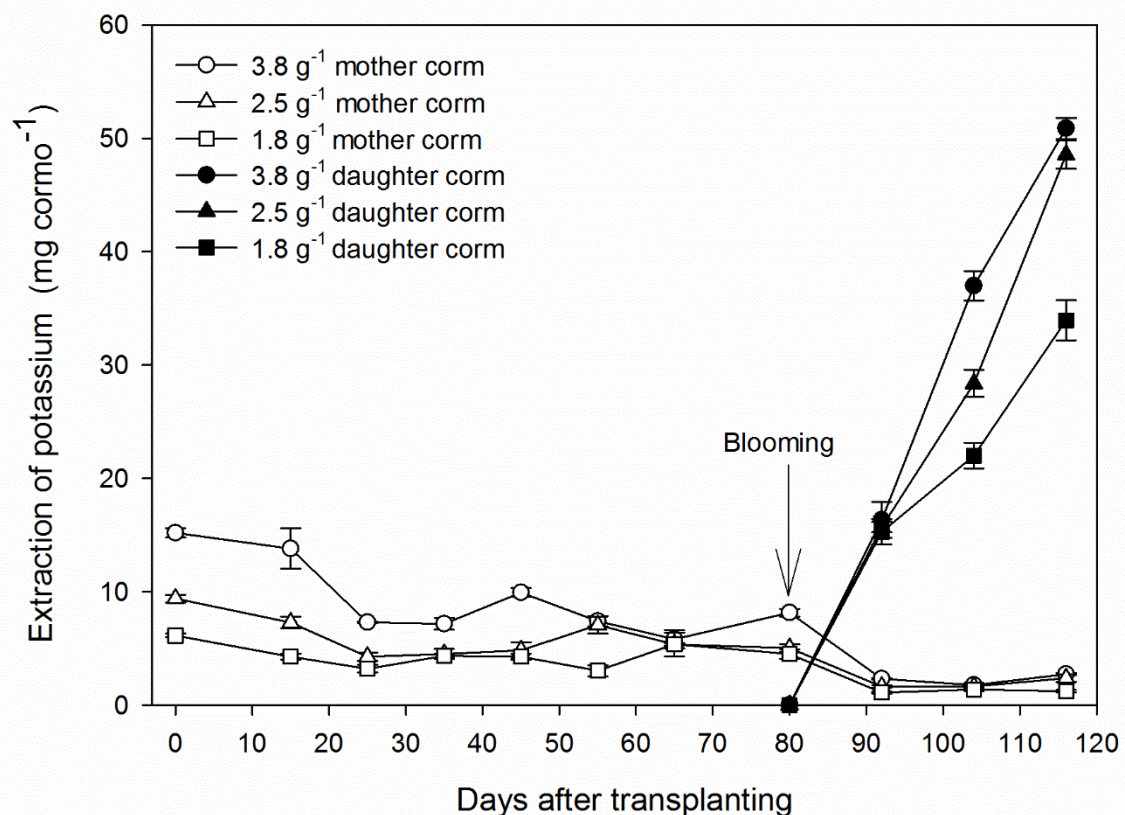




**Figura 4. Evolución del Fósforo en cormo madre y cormo hijo en plantas de gladiolo (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) cv. Peter Pears desarrolladas a partir de cormos madre de 3.8, 2.5 y 1.8 g. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).**

### **Potasio**

Al inicio del estudio, el contenido de K en el cormo madre fue de 15.2, 9.4 y 6.1 mg por cormo de 3.8, 2.5 y 1.8 g, respectivamente (Fig. 5). Al momento de la cosecha del tallo floral, el contenido de K en el cormo madre disminuyó en un 46%, 47% y 27%, respectivamente, lo cual aún fue más marcado durante el desarrollo del cormo nuevo, pues en relación al contenido inicial, el K en el cormo madre disminuyó en un 82%, 75% y 80%, respectivamente (Fig. 5). Durante el desarrollo del cormo hijo, este mostró una acumulación de K pues cuando estos se cosecharon habían acumulado 50.8, 48.5 y 34.0 mg por cormo, cuando fueron desarrollados a partir de cormos madre de 3.8, 2.5 y 1.8 g, respectivamente.

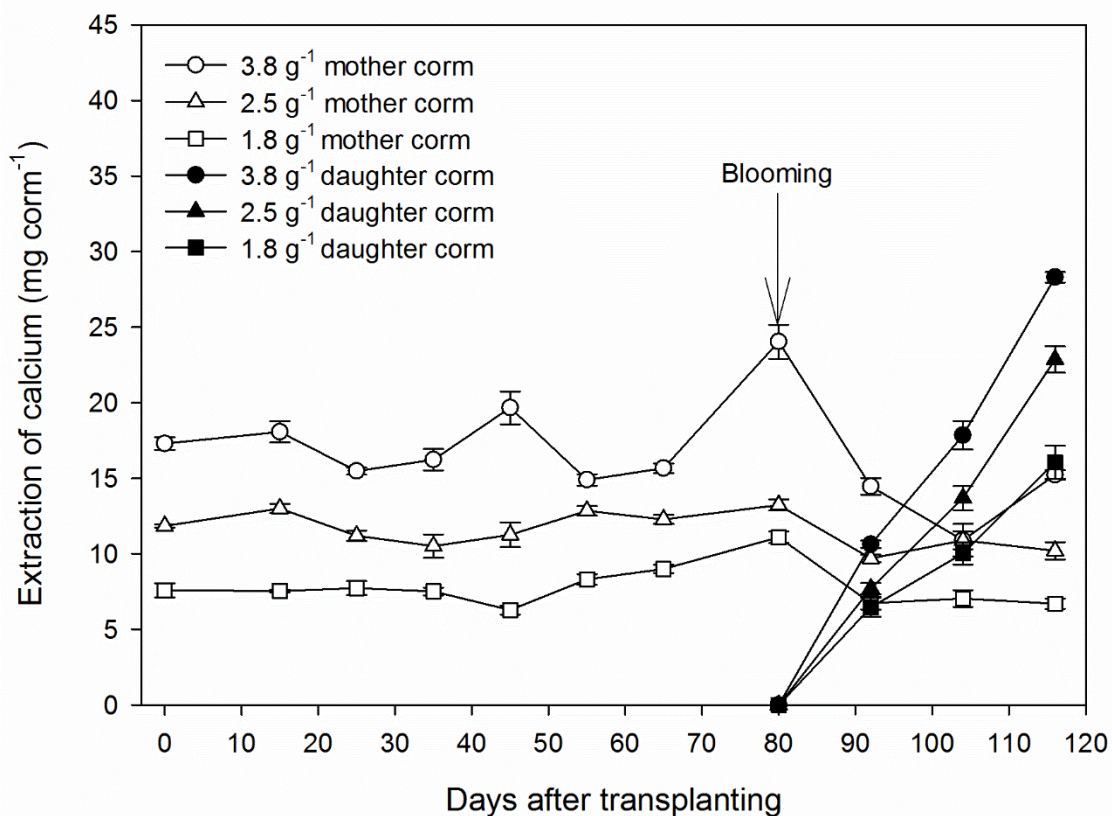


**Figura 5. Evolución del Potasio en cormo madre y cormo hijo en plantas de gladiolo (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) cv. Peter Pears desarrolladas a partir de cormos madre de 3.8, 2.5 y 1.8 g. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).**

### Calcio

Similar al P, durante el ciclo de cultivo se presentaron periodos de disminución y recuperación en el contenido de Ca en el cormo madre (Fig. 6). Al momento del trasplante, el contenido de Ca en el cormo madre fue de 17.3, 11.8 y 7.6 mg por cormo de 3.8, 2.5 y 1.8 g, respectivamente. Considerando el contenido inicial del cormo madre, una vez que los tallos florales fueron cosechados, este mostró una alta acumulación de Ca, llegando a superar el contenido inicial en un 39%, 12%

y 46%, respectivamente (Fig. 6). Durante el desarrollo del cormo hijo el contenido de Ca en el cormo madre disminuyó a niveles similares al contenido de este al momento del trasplante (Fig. 6). Al momento de la cosecha del cormo hijo, este acumuló 28.3, 22.8 y 16.0 mg de Ca cuando fueron desarrollados a partir de cormos madre de 3.8, 2.5 y 1.8 g, respectivamente (Fig. 6).

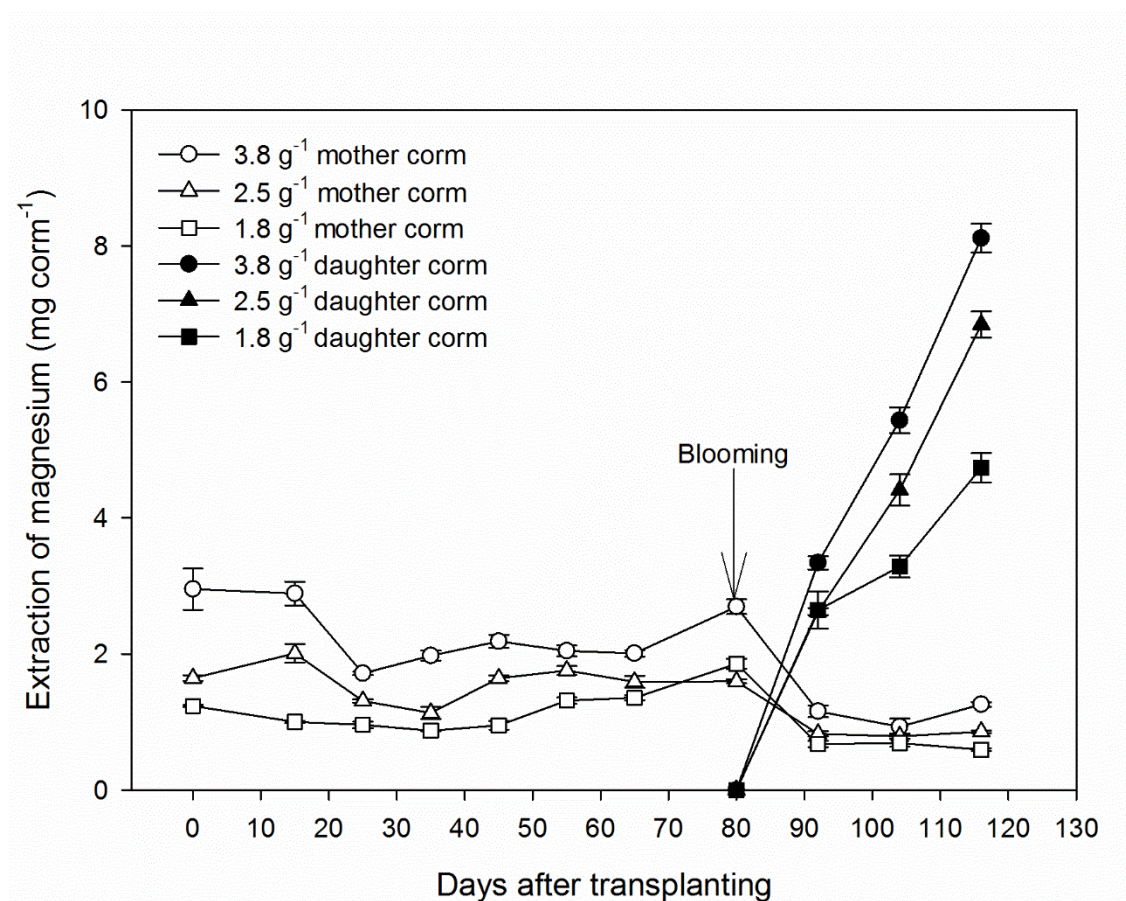


**Figura 6. Evolución del Calcio en cormo madre y cormo hijo en plantas de gladiolo (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) cv. Peter Pears desarrolladas a partir de cormos madre de 3.8, 2.5 y 1.8 g. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).**

### Magnesio

El contenido de Mg inicial en los cormos madre fue de 2.9, 1.6 y 1.2 mg por cormo de 3.8, 2.5 y 1.8 g, respectivamente (Fig. 7). Al momento de cosechar los tallos

florales no se detectó variación en el contenido de este nutriente, sin embargo, después de la cosecha, los cormos madre perdieron un 57%, 48% y 49% de Mg, en relación al contenido inicial (Fig. 7). Cuando se cosecharon, los cormos hijos acumularon 8.1, 6.8 y 4.7 mg de Mg cuando fueron desarrollados de plantas que crecieron a partir de cormos madre de 3.8, 2.5 y 1.8 g, respectivamente (Fig. 7).



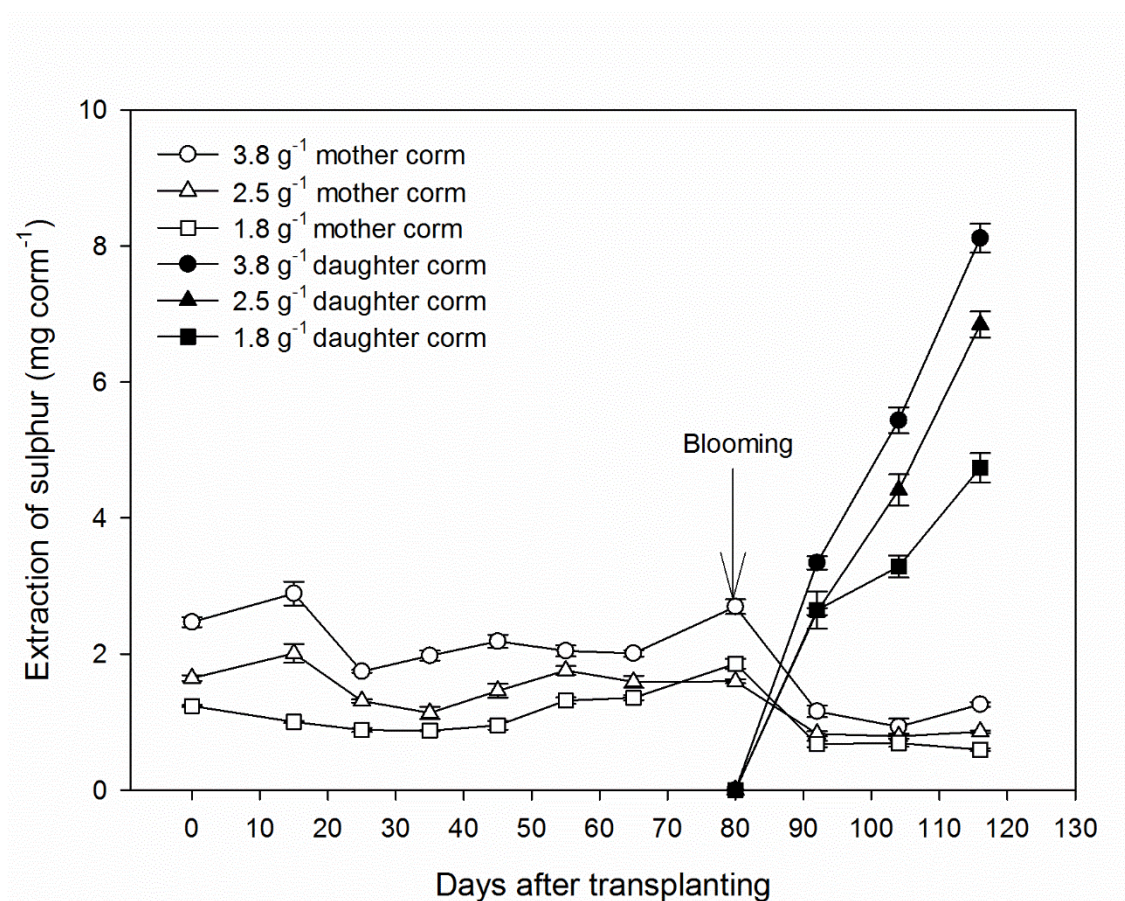
**Figura 7. Evolución del Magnesio en cormo madre y cormo hijo en plantas de gladiolo (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) cv. Peter Pears desarrolladas a partir de cormos madre de 3.8, 2.5 y 1.8 g. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).**

### Azufre

El contenido de S en los cormos madre al momento del trasplante fue de 2.4, 1.6 y 1.2 mg por cormo de 3.8, 2.5 y 1.8 g, respectivamente (Fig. 8). Después de la



cosecha del tallo floral, los cormos hijos comenzaron a acumular S, llegando hasta 8.1, 6.8, 4.7 mg por cormo cuando fueron desarrollados por plantas que crecieron a partir de cormos madre de 3.8, 2.5 y 1.8 g respectivamente. A los 116 días después del trasplante, el cormo madre llegó a perder 48%, 48% y 52% del S que este contenía al inicio del estudio.



**Figura 8. Evolución del Azufre en cormo madre y cormo hijo en plantas de gladiolo (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) cv. Peter Pears desarrolladas a partir de cormos madre de 3.8, 2.5 y 1.8 g. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).**

## DISCUSIÓN

El tamaño y el peso del cormo madre son factores que reflejan la disponibilidad de reservas, pues a medida que se desarrolla la planta a partir de él, y posteriormente el cormo hijo, el cormo madre se desintegra debido a que sus contenidos son translocados hacia los órganos de reproducción (Ingels, 2010), la formación inicial del follaje y, al finalizar el ciclo del cultivo, hacia el cormo nuevo. Una vez cosechado el tallo floral, el follaje que los floricultores permiten que permanezca adherido al cormo madre continua produciendo asimilados que se van almacenando en los cormos hijos, lo cual perdura hasta la senescencia de la parte aérea (Hartmann *et al.*, 2011). Después de un tratamiento para romper la dormancia, los cormos hijos pueden ser utilizados para la plantación del próximo ciclo del cultivo, por lo que se considera la forma en la cual el gladiolo se propaga vegetativamente (Larson, 1992).

La disminución en el peso del cormo madre observada después del trasplante se debe a que sus reservas están siendo translocadas hacia el brote en desarrollo; sin embargo, las reservas no fueron agotadas en este proceso ya que después de la cosecha de la flor se detecta otra disminución en la biomasa. Esta segunda disminución se debe al desarrollo del cormo hijo, el cual empieza a formarse porque la planta entra a una etapa de senescencia (Hartmann *et al.*, 2011), lo que sugiere que el crecimiento del cormo hijo es sostenido por las reservas restantes del cormo madre, así como por la fotosíntesis que aún pueden realizar las 2 o 3 hojas que los floricultores permiten que permanezcan después de cosechar la flor. La pérdida de biomasa fue proporcional al tamaño inicial del cormo madre, sin embargo, en términos relativos, en los tres tamaños de cormos estudiados se presentó una reducción en su peso muy similar, entre el 60% y 66%.

Después de la aparición del cormo hijo, su peso y diámetro se incrementan sustancialmente. Tanto el peso así como el diámetro del cormo hijo estuvieron relacionados con el peso y diámetro del cormo madre, pues por cada gramo del peso seco del cormo madre, el peso seco del cormo hijo se incrementa, tomando

una base de 3.6 g, en aproximadamente 1.8 g, mientras que el diámetro aumenta en 1.5 cm por cada centímetro de diámetro del cormo madre. Estos resultados coinciden con otros reportes indicando que el tamaño de los cormos madre influye significativamente en el peso y en el diámetro de los cormos hijos de gladiolo cv. White Friendship, pues cormos madre de 0.5 – 1.0, 1.0 – 1.5 y 1.5 – 2.0 cm de diámetro resultaron en cormos hijos de 2.49, 2.74, y 3.18 cm y 8.02, 8.21 y 9.62 g, respectivamente (Noor-UI-Amin *et al.*, 2013).

El contenido de N, P, K, Ca, Mg y S disminuyeron en el cormo madre durante el ciclo del cultivo, lo cual es debido a que estos nutrientes fueron translocados hacia la parte aérea durante las etapas iniciales del desarrollo de la planta, así como para la formación de nuevos cormos. Resultados similares fueron reportados por Ortega-Blu *et al.* (2006) en liliom (*Lilium spp*), ya que al momento de la plantación la mayor acumulación de N, P y K se encuentra en el bulbo, pero cuando la parte aérea comienza a desarrollarse los nutrientes se translocan hacia ella. Similarmente, se ha reportado que el N, P y K influyen en el peso de los bulbos de tulipán (*Tulipa gesneriana* L.) obteniéndose mayor rendimiento y calidad de bulbos (Khan *et al.*, 2006).

El tamaño del cormo hijo es un factor que debe ser considerado por los floricultores, ya que este es un indicador de las reservas de carbohidratos, nutrientes y agua que este contiene, lo cual determina su capacidad para producir los tallos florales (De Hertogh and Le Nard, 1993) así como el desarrollo y la calidad de los mismos (Noor-Un-Nisa *et al.*, 2016). Por esta razón es importante dar atención al contenido nutricional de los cormos hijos, pues estos nutrientes formaran las reservas iniciales para el crecimiento de las plantas del siguiente ciclo de cultivo.

En el presente estudio, los cormos hijos desarrollados a partir de cormos madre de 3.8 g mostraron una mayor extracción de N, P, K, Ca, Mg, y S, mientras que en los cormos de 2.5 g y 1.8 g la extracción fue menor. Lo anterior está en línea con la estrategia de las geófitas ornamentales que consiste en acumular nutrientes, carbohidratos y agua en los órganos subterráneos de

almacenamiento, lo que en su hábitat natural les permite sobrevivir en condiciones adversas pues utilizan las reservas para el crecimiento de brotes y flores (Miller, 1992).

Durante el estudio, el contenido de los nutrimentos en el cormo madre mostró periodos de pérdida y de recuperación, sin embargo, al momento de la cosecha del tallo floral, lo cual coincide con el inicio de la formación del cormo hijo, se registró un aumento ligero en el contenido de nutrimentos en N en los cormos madre. Este aumento fue mucho más marcado en el caso del P, K, Ca, Mg y S para cormos madre de 3.8 g, y para P, Mg y S en el caso de cormos de 2.5 y 1.8 g. El aumento en el contenido nutrimental puede deberse a que la parte aérea de la planta ya está terminando su desarrollo pues las flores ya están listas para ser cortadas, lo que ocasiona una detención en la translocación, provocando que los nutrimentos se acumulen en el cormo madre. El ligero aumento en el contenido de N en los tres tipos de cormo madre sugiere que la parte aérea aún está demandando este nutrimento, o bien, a que la absorción por las raíces ha cesado. El K y el Ca también se acumularon muy ligeramente al momento de la cosecha en cormos de reducido tamaño (2.5 y 1.8 g), lo que implica que también en el desarrollo de las flores de estas plantas aun continua la demanda de tales nutrimentos.

Para obtener cormos hijos con buena cantidad de reservas nutrimentales algunos floricultores realizan una última aplicación de fertilizante después de terminar con la cosecha de flores. Sin embargo, esta aplicación está basada en conocimiento empírico que no ha sido validado por estudios científicos. Basándose en los resultados obtenidos del presente estudio, el suministro de nutrimentos adecuado para la formación de cormos hijos que debe ser aplicado después de la cosecha de flores es (considerando una densidad de 250,000 plantas ha<sup>-1</sup> y sin ajustar por la eficiencia en el uso del nutrimento):

a). Para cormos hijos desarrollados de cormos madre de 3.8 g: 63.6 kg ha<sup>-1</sup> N, 9.2 kg ha<sup>-1</sup> P, 11.2 kg ha<sup>-1</sup> K, 4.4 kg ha<sup>-1</sup> Ca, 1.6 kg ha<sup>-1</sup> Mg y 1.6 kg ha<sup>-1</sup> S.



b). Para cormos hijos desarrollados de cormos madre de 2.5 g: 52.9 kg ha<sup>-1</sup> N, 8.4 kg ha<sup>-1</sup> P, 11.3 kg ha<sup>-1</sup> K, 5.0 kg ha<sup>-1</sup> Ca, 1.5 kg ha<sup>-1</sup> Mg y 1.5 kg ha<sup>-1</sup> S.

c). Para cormos hijos desarrollados de cormos madre de 1.8 g: 38 kg ha<sup>-1</sup> N, 5.8 kg ha<sup>-1</sup> P, 7.7 kg ha<sup>-1</sup> K, 2.9 kg ha<sup>-1</sup> Ca, 0.9 kg ha<sup>-1</sup> Mg y 0.9 kg ha<sup>-1</sup> S.

Esta información refleja que el N es el nutrimento más demandado para el desarrollo de los cormos hijos, seguido por P y K. El Ca, Mg y S fueron demandados en menor cantidad. Se ha reportado que aplicaciones independientes de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O equivalentes a 46, 16 y 42 kg ha<sup>-1</sup> de N, P y K, respectivamente, resultan en un aumento significativo del peso y diámetro de los cormos hijos en gladiolo cv. Esencial plantado a una densidad aproximada de 133,000 plantas ha<sup>-1</sup>, sin embargo, cuando se aplicaron en combinación de dos o los tres nutrimentos, el resultado fue menos satisfactorio en estos parámetros (Bashir *et al.*, 2016). La diferencia entre estos resultados con los obtenidos en el presente estudio pueden deberse a la densidad de plantación empleada así como al tamaño del cormo madre. La influencia del N, P y K en el tamaño y peso de los cormos hijos de gladiolo se ha demostrado también por Verma *et al.*, (2014) y Khan y Ahmad (2004), mientras que Vásquez *et al.* (2015) y Gangwar *et al.*, (2014) lo demostraron en amaryllis (*Hippeastrum hybridum*) y nardo (*Polyantes tuberosa* L.), respectivamente.

En lillium, se ha demostrado que el abastecimiento de Ca para las hojas de la parte baja y media de la planta dependen del Ca que es translocado desde el bulbo madre (Chang and Miller, 2003), a pesar de que este elemento no se transloca por xilema (Hawkesford *et al.*, 2012), mientras que las hojas de la parte alta dependen del Ca absorbido por las raíces (Chang and Miller, 2003). Las tendencias observadas en el presente estudio muestran que el contenido de Ca en el cormo madre del gladiolo no disminuyó marcadamente durante los primeros 45 a 65 días después del trasplante, lo que sugiere que en esta especie las primeras hojas en desarrollarse deben abastecerse del Ca absorbido por las raíces, implicando que este nutrimento no se moviliza por xilema desde el cormo madre hacia las hojas en desarrollo. Otra posibilidad es que el Ca si se movilice

por xilema como lo reportan Chang y Miller (2003) en liliium, y que el Ca translocado desde el cormo madre hacia las primeras hojas en desarrollo es recuperado inmediatamente por la absorción de Ca por las raíces. Sin embargo, basado en lo que se observa en el cormo hijo, proponemos que, similar a liliium, en el caso del gladiolo si existe translocación de Ca desde el cormo madre, pues una vez cosechadas las flores el contenido de este elemento disminuyó marcadamente durante el desarrollo del cormo hijo, lo que prueba la movilización del nutrimento. La translocación de nutrimentos desde el cormo madre hacia el cormo hijo en desarrollo también se observó para el caso del P, Mg, y S, y en menor medida para el N y K.

## CONCLUSIONES

El peso del cormo madre influyó en el crecimiento, desarrollo y acumulación de nutrimentos del cormo hijo. El cormo hijo se abastece de nutrimentos a partir del cormo madre, principalmente el P, Ca, Mg y S, y de la absorción nutrimental por parte de las raíces. De acuerdo a los datos obtenidos, un programa de fertilización para nutrir a los cormos hijos debe incluir dosis más elevadas para aquellos desarrollados de cormos más grandes. El cormo madre también es fuente de reservas para el cormo hijo cuando este se encuentra en desarrollo. El N es el nutrimento más demandado por los cormos hijos, seguido por P y K.

## LITERATURA CITADA

- Ahmed, M. J., Akbar, Z., Kousar, N. and Khan, Z. A. 2002. Introduction and evaluation of exotic (*Gladiolus grandiflorus*), cultivars. *Asian Journal Plant Sciences* 1: 560–562. doi: 10.3923/ajps.2002.560.562
- Barker, A. V. and Pilbeam, D. J. 2015. Handbook of plant nutrition. Second Edition. Boca Raton, FL: Ed. CRC Press, 773 pp. <https://www.crcpress.com/Handbook-of-Plant-Nutrition-Second-Edition/Barker-Pilbeam/p/book/9781439881972>

- Bashir, M., Khan, I., Qadri, R.W. K., Tanveer, M., Zain, M. and Ahmad, I. 2016. Growth and corm production of *Gladiolus grandiflorus* L. 'Essential' under different NPK regimes. *Journal of Ornamental Plants* 6:11–19. <https://www.researchgate.net/publication/304774250>
- Benschop, P., Kamenetskym, R., Le Nard, M., Okubo, H. and De Hertogh, A. 2010. The global flower bulb industry: Production, utilization, research. *Horticultural Reviews* 36:1–115. doi:10.1002/9780470527238.ch1
- Chang, Y. C. and Miller W. B. 2003. Growth and calcium partitioning in *Lilium* Star Gazer in relation to leaf calcium deficiency. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 128:788–796. <http://journal.ashspublications.org/content/128/6/788.full.pdf+html>
- De Hertogh, A. 1996. Holland bulb forcer's guide. Fifth Edition. Hillegom, The Netherlands: Ed. Int. Flower Bulb Centre. <http://www.worldcat.org/title/holland-bulb-forcers-guide/oclc/35953203>
- De Hertogh, A. and. Le Nard, M. 1993. The physiology of flower bulbs: A comprehensive treatise on the physiology and utilization of ornamental flowering bulbous and tuberous plants. Amsterdam, Holland: Ed. Elsevier Science, 812 pp. <https://catalog.hathitrust.org/Record/002641219>
- Engelbrecht, G.M., du Preez, C.C. and Spies, J.J. 2008. Response of *Lachenalia* growing in soil to nitrogen fertilisation during the pot plant phase. *South African Journal of Plant and Soil* 25:92–98. doi: 10.1080/02571862.2008.10639901
- Engels, C., Kirkby, E. and White, P. 2012. Mineral nutrition, yield and source–sink relationships. In: Marschner P, ed. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Third Edition. London: Academic Press 85–133. <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780123849052>
- Gangwar, A.P.S., Singh, J.P., and Yadav, I.P. 2014. Effect of nitrogen sources and phosphorus on bulbs and bulblets production of tuberose cv. Double. *HortFlora Res Spectrum* 3:365–368. <http://oaji.net/articles/2015/1192>

1444047481.pdf

- Hartmann, H. T., Kester D. E., Davies F. T., and Geneve, R. 2011. Propagation by specialized stems and roots. In: Hartmann H.T, Kester D.E, Davies F.T, Geneve R, eds. Hartmann & Kester's plant propagation: Principles and practices. Eighth Edition. Upper Saddle River, N.J: Pearson Education 583–615.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Møller I.S., & White, P. 2012. Functions of macronutrients. In: Marschner P, ed. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Third Edition. London: Academic Press 135–189.  
<http://www.sciencedirect.com/science/book/9780123849052>
- Ingels, J. E. 2010. Ornamental Horticulture. Science, operations, & management. Fourth Edition. New York: Ed. Delmar Cengage Learning, 687 pp.  
[http://gtu.ge/Agro-Lib/\[Jack\\_E\\_Ingels\]\\_Ornamental\\_horticulture.pdf](http://gtu.ge/Agro-Lib/[Jack_E_Ingels]_Ornamental_horticulture.pdf)
- Kamenetsky, R. and Okubo, H. 2013. Ornamental geophytes from basic science to sustainable production. Boca Raton, London: Ed. CRC Press, 697 pp.  
<http://www.crcnetbase.com/isbn/978-1-4398-4924-8>
- Khan, F. U., Jhon A. Q., Khan F. A. and Mir. M. M. (2006). Effect of NPK and Zn on growth, flowering and bulb production in tulip under polyhouse conditions in Kashmir. *Journal of Horticultural Science* 1:129–134.  
<http://www.sphindia.org/index.php/jhs/article/view/366/364>
- Khan, M. A. and Ahmad, I. 2004. Growth and flowering of *Gladiolus Hortulanus* L. cv. Wind Song as influenced by various levels of NPK. *International Journal of Agriculture & Biology*, 6:1037–1039.  
[https://www.fspublishers.org/published\\_papers/28005\\_..pdf](https://www.fspublishers.org/published_papers/28005_..pdf)
- Larson, A. R. 1992. Introduction to floriculture. Second Edition. London: Ed. Academic press, 636 pp. <https://www.elsevier.com/books/introduction-to-floriculture/larson/978-0-12-437651-9>

- Maathuis, F.J. 2009. Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology* 12:250–258. doi: 10.1016/j.pbi.2009.04.003
- Miller, W. B. 1992. A review of carbohydrate metabolism in geophytes. *Acta Horticulturae*, 325:239–246. doi: 10.17660/ActaHortic.1992.325.29
- Noor-ul-Amin., Khattak, A.M., Ahmad, I., Ara, N., Alam A., Ali, M., *et al.* 2013. Corm and cormel size of gladiolus greatly influenced growth and development of subsequent corm production. *Pakistan Journal of Botany* 45:1407–1409. <https://www.researchgate.net/publication/281737733>
- Noor-Un-Nisa M., Wahocho, N. A., Miano T. F. and Leghari, M.H. 2016. Propagation of gladiolus corms and cormels: A review. *African Journal of Biotechnology* 15:1699–1710. doi: 10.5897/AJB2012.1396
- Ortega-Blu, R., Correa-Benguria, M. and Olate-Muñoz, E. 2006. Determinación de las curvas de acumulación de nutrientes en tres cultivares de *Lilium* spp. Para flor de corte. *Agrociencia* 40:77–88. <http://www.redalyc.org/html/302/30240108/>
- Ramos-García, M., Ortega-Centeno, S., Hernández-Lauzardo, A. N., Alia-Tejagal, I., Bosquez-Molina, E. and Bautista-Baños, S. 2009. Response of gladiolus (*Gladiolus* spp) plants after exposure corms to chitosan and hot water treatments. *Scientia Horticulturae* 121:480–484. doi: 10.1016/j.scienta.2009.03.002.
- Soltanpour, P.M., Johnson G.W., Workman, S.M., Jones J.B. and Miller, R.O. 1996 Inductively coupled plasma emission spectrometry and inductively couples plasma-mass spectrometry. In: Bartels J.M, Bhigam J.M, eds. *Methods of soil analysis part 3 chemical Methods*. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society of America, 91–139. <http://www.worldcat.org/title/methods-of-soil-analysis-part-3-chemical-methods/oclc/36424547>

- Steiner, A. A. 1984. The Universal Nutrient Solution. In *ISOSC Proceedings sixth International Congress on Soilless Culture*. Wageningen, the Netherlands, 633-649 pp.
- Vázquez, C., Reed, S.T. and Dunn, C. 2015. Nitrogen fertilization as ammonium or nitrate-N on *Hippeastrum hybridum* bulb growth. *Agricultural Sciences* 6:1547–1554. doi: 10.4236/as.2015.612148
- Verma, R. P., Kumar, A., Verman, S. K., Verma, A. and Verma, P.K. 2014. Influence of nitrogen, planting geometry and corm size on vegetative growth and corm and cormel production of gladiolus cv. Nova Lux. *Environment & Ecology* 32:199–201. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/264862532>
- Wang, C. X., Gu, F., Chen, J., Yang, H., Jiang, J., Du, T., *et al.* 2015. Assessing the response of yield and comprehensive fruit quality of tomato grown in greenhouse to deficit irrigation and nitrogen application strategies. *Agricultural Water Management* 161: 9–19. doi: 10.1016/j.agwat.2015.07.010

## **ARTÍCULO 2**

**Accumulation of Potassium, Calcium, and Magnesium in gladiolus as  
affected by heat units and corm size**

**Accumulation of Potassium, Calcium and Magnesium in gladiolus as affected by heat units and corm size**

Lucina Gómez-Pérez<sup>1</sup>, Luis A. Valdez-Aguilar<sup>1</sup>, Andrew D. Cartmill<sup>2</sup>, Donita L. Cartmill<sup>3</sup>, Martín Cadena-Zapata<sup>4</sup>, Adalberto Benavides-Mendoza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coah., México 25315; <sup>2</sup>Pioneer Farm, School of Agriculture, University of Wisconsin–Platteville, 1 University Plaza, Platteville, WI 53818; <sup>3</sup>School of Agriculture, University of Wisconsin–Platteville, 1 University Plaza, Platteville, WI 53818; <sup>4</sup>Departamento de Maquinaria Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coah., México 25315.

**CONTACT:** Luis A. Valdez-Aguilar email: [luisalonso.valdez@uaaan.mx](mailto:luisalonso.valdez@uaaan.mx) Address: Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah., México

**ABSTRACT**

In México, gladiolus is a very important crop cultivated in the central part of the country. In ornamental geophytes, the size of bulbs is a critical factor that impacts plant growth rate and quality. The objective of the present study was to model the accumulation of potassium (K), calcium (Ca) and Magnesium (Mg) as affected by corm size (1.4, 1.2 and



1.0 inch) in gladiolus. Regardless of corm size, total dry weight was accumulated in three different stages. The initial stage occurred during the corm sprouting phase and continued through the vegetative phase, ending either shortly before (plants from 1.4 inch corms), at (plants from 1.2 inch corms) or shortly after (plants from 1.0 inch corms) the heading phase. The second stage, on which the plants exhibited a rapid accumulation of total dry weight, occurred shortly before or shortly after the heading phase up to the elongation of the flowering stem. The third stage showed the highest total dry weight accumulation rate, coinciding with the elongation of the flowering stem up to the blooming of the spike and required the accumulation of 1818 HU to be completed by plants, regardless of corm size. Potassium was the most demanded cation by gladiolus plants. Not considering the initial nutrients provided by the corm, gladiolus required a total of 6.33, 5.59 and 5.01 mmol plant<sup>-1</sup> K, 2.22, 1.69 and 1.38 mmol Ca plant<sup>-1</sup> and 2.49, 2.00 and 1.68 mmol plant<sup>-1</sup> Mg by plants grown from 1.4, 1.2, and 1.0 inch corms. At transplant, gladiolus plants (in this case, the corm) had a higher proportion of Ca, which at the beginning of the vegetative phase tended to increase at the expense of K, whereas the proportion of Mg remained unaffected. Nonetheless, between the vegetative and heading phases, the proportion of Ca started to decline while K and Mg increased. At the end of the study, the proportion of K was much higher than that of Ca and Mg, whereas the proportion of the latter ones was similar.

**Keywords:** Heat units; developmental stage; phenology; mineral nutrition; nutrient demands

## **Introduction**

Ornamental horticulture is an important activity for the economic development of several countries. The Netherlands, United States of America and Japan are the largest producers and consumers of ornamental plants (Xia et al. 2006). Gladiolus is an ornamental geophyte that is globally demanded by consumers as a cut flower (Thakur, Dhatt and Ahmed 2015), but it is also used as a garden plant and for bouquets and flower designs (Arora 2007). In México, gladiolus is a very important crop cultivated in the central part of the country; in 2005, around 80% of the total number of cut flowers harvested was from several cultivars of gladiolus (Ramos et al. 2009).

Intrinsic and extrinsic factors such as the soil physical properties, critical bulb size, leaves formation, water availability, nutrient requirements and environmental parameters, impact on the vegetative and flower development of ornamental geophytes (De Hertogh 1996). As to the critical size of bulbs, De Hertogh and Le Nard (1993) and Khodorova and Boitel-Conti (2013) stated that bulbs, in addition to overcoming a juvenile phase, have to reach an adequate size in order for the plant to bloom; the critical bulb size is genus and species dependent, although the cultivars and environmental conditions may also play a role. Likewise, Rees (1992) indicated that flower initiation in geophytes is controlled by the size of the storage organ and the available reserves.

Balanced and timely supplementation of nutrients is key factor for the achievement of good quality crops (Wiesler 2012). Globally, nutrition through the application of fertilizers is currently the most used method to increase farm productivity (Bindraban et al. 2015), however, the increasing cost of fertilizers and environmental concerns due to water, soil and air pollution (Serpil 2012) have raised the attention as to how to increase fertilizer use efficiency while maintaining high productivity (FAO 2000). Defining the amounts and timing on which the nutrients are uptaken by plants, in connection with the

phenological phase, would contribute to delineating fertilization programs designed for maximum efficiency, yield or biomass production (Mattson and Van Iersel 2011).

Phenology of plants is directly influenced by the effect of climate on the vegetative growth, flowering, and fruit formation (Lopez et al. 2015). Among the climatic parameters, temperature is a fundamental factor that synchronizes physical with physiological processes and thus, affects the growth and development of plants. The thermal time, or heat units (HU), is a system that has been proven to be directly associated with the growth and development of plants (Parthasarathi, Velu and Jeyakumar 2013), as they need to accumulate a specific amount of HU prior reaching a given phenological phase (Al-Karaki et al., 2012). Heat units have been used to predict phenological events in various crops such as melon (*Cucumis melo* L.) (Baker and Reedy 2001), wheat (*Triticum aestivum* L.) (Sikder 2009), and olive (*Olea europea* L.) (Orlandi, Romano and Fornaciari 2005). Plants demand nutrients supply according to the phenological phase and the internal nutrient status (Furtini, Boldrin and Mattson 2015).

Regardless of the importance that gladiolus has in the international market, currently there is limited information as to its nutrient demands throughout the growing season and how this is affected by HU and corm size. The objective of the present study was to model the accumulation de potassium (K), calcium (Ca) and Magnesium (Mg) as affected by the accumulation of HU and corm size. This information would allow the definition of fertilization programs that meet plant's demands in a timely manner, and thus, it can be used as a tool to increase the efficiency in the use of fertilizers.

## Materials and methods

The study was conducted in a greenhouse at Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, located in Saltillo, Coahuila, México (25° 22' North latitude, 101° 02' West longitude, 742 m above sea level). Average maximum and minimum temperature for experiment duration were 37°C and 14.7°C, respectively. Average maximum and minimum relative humidity was 91% and 44%, respectively, whereas average photosynthetically active radiation measured at solar noon was 466  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

Programmed corms of gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort. cv Peter Pears) of 1.0, 1.2 and 1.4 inch in diameter were planted on April 28, 2015 in 10 L polyethylene bags filled with a mixture of sphagnum peat and perlite (70:30 v/v). Initial medium pH and electric conductivity (EC) were 6.0 and 2.0  $\text{dS m}^{-1}$ , respectively. Four corms of the same size were planted at 7 cm depth on each container; the distance between corms and containers was 7.5 and 30 cm, respectively.

Irrigation was applied through a drip irrigation system with two emitters per container dispensing a total of 4  $\text{L h}^{-1}$ . Steiner's nutrient solution (Steiner 1984), prepared with tap water, pH ranging from 6.0 to 6.5 and EC 2.5  $\text{dS m}^{-1}$ , was used on every irrigation. Irrigation was conducted when the growing medium registered a moisture tension of 1 kPa, allowing a leaching fraction of 25% to 30%.

Plants developed from the three corm sizes were sampled every 10 to 15 days throughout the growing cycle, which was completed in 80 days. The first sample corresponded to the programmed corms prior transplant. Each sample consisted of the four plants from each container and there were four replications (four containers) per sample. Harvested plants were separated into corm (including roots), leaves, flowering stalk, and flowers, and

washed twice with distilled water. Plant parts were bagged, dried in an oven at 70° for 72 hours and dry weight was measured.

Dried plant parts were ground to pass a 40 mesh screen (Thomas-Wiley Model 4, Arthur H. Thomas Company, Philadelphia P.A., U.S.A.) and digested in a 2:1 mixture of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HClO<sub>4</sub> and 2 ml of 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> for analysis of potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg) concentration with Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer (ICP-AES, model Liberty, VARIAN, Santa Clara, CA) (Soltanpour et al., 1996). Total N was determined with the Kjeldhal's procedure. Concentration data were transformed to total content of nutrients using the dry weight of each plant part.

Temperature was registered every 15 min with a data logger (HOBO U14 -001 Onset, Bourne, MA, USA) and HU were calculated with DEGDAY, a spreadsheet for calculating growing degree days (Snyder 2005); DEGDAY is based on the single triangle method, on which the daily minimum and maximum temperature are used to produce an equilateral triangle. Based on Uhlman et al. (2017), the minimum and maximum temperature to calculate the HU were selected according to the phenological phases; during the sprouting phase the temperatures were 5 and 35 °C, respectively, in the vegetative phase they were 2 and 45 °C and in the reproductive phase they were 6 and 42 °C (Uhlman et al., 2017).

The phenological phases were defined, according to Schwab et al. (2015): sprouting (from the development of roots form the nodules at the base of the corm to the third sheath visible at the top of the corm), vegetative (from the moment in which the shoot is visible above soil surface to the development of the flag leaf), heading (when the spike tip is visible at the shoot whorl) and blooming (the first three flowers at the bottom of the spike show the color). Total dry weight and K, Ca and Mg accumulation were modeled using

HU as the independent parameter with segmented analysis (SigmaPlot v. 12.5, Systat Software, San Jose, CA, USA).

### **Results and discussion**

Total dry weight began to be accumulated prior the spike became visible in plants from 1.4 inch corms and later on in plants from smaller corms. Regardless of corm size, total dry weight was accumulated in three different stages. The initial stage occurred during the corm sprouting phase and continued through the vegetative phase, ending either shortly before (plants from 1.4 inch corms), at (plants from 1.2 inch corms) or shortly after (plants from 1.0 inch corms) the heading phase (Fig. 1). In this stage, there was a slight decrease in total dry weight of plants grown from 1.4 and 1.2 inch corms, whereas in plants from 1.0 inch corms there was no substantial change (Fig. 1).

Nonetheless there was no total dry weight accumulation in the first stage, the shoot started to accumulate dry weight shortly after the transplant of corms, as the leaves started to grow when plants completed ~300 HU, a trend that continued up to when ~550 HU were accumulated (Fig. 2a-c). The accumulation of dry weight in the leaves was at the expense of the corm, as it exhibited a marked decrease in weight (Fig. 2a-c), suggesting that the growth of the shoot was supported by carbohydrates provided by the corm. In fact, corms of larger size showed a marked decrease in dry weight, suggesting that plants exhausted more rapidly the corm reserves. In liliium (*Lilium* sp), Chang and Miller (2003) reported similar results as during the first month the plants exhibited a negative net growth due to the consumptions of the reserves from the bulb before the development of the canopy. In the present study, to complete this stage, gladiolus plants required the accumulation of 623, 897 and 947 HU by plants grown from 1.4, 1.2 and 1.0 inch corms, respectively

(Table 1), suggesting that plants from smaller corms requires more HU to complete this stage of no total dry weight accumulation.

In the second stage, which occurred shortly before or shortly after the heading phase up to the elongation of the flowering stem (Fig.1), gladiolus plants exhibited a rapid accumulation of total dry weight. This second stage required the accumulation of similar HU to be completed (1494, 1484, and 1470 HU for plants grown from corms of 1.4, 1.2 and 1.0 inch, respectively, Table 1), suggesting that the delay exhibited by plants from smaller corms to overcome to first stage had been overcome.

The third stage coincided with the elongation of the flowering stem up to the blooming of the spike; on this stage, the highest total dry weight accumulation rate was observed (Fig. 1), and required the accumulation of 1818 HU to be completed by plants from all the three corm sizes (Table 1). At harvest, plants grown from 1.4 and 1.2 inch corms accumulated a 48% and 17%, respectively, more dry weight than plants from 1.0 inch corms. This result is in agreement with reports for chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* L. Ramat) as biomass accumulation rate increased during the flower induction and inflorescence development phases (Valdez-Aguilar et al. 2015).

The completion of the vegetative phase demanded the accumulation of more HU by plants from smaller corms, however, similar HU were required to the start of the flowering stem elongation as well as the blooming phase regardless of corm size. Thus, plants from 1.4 inch corms had a longer period time to accumulate HU to reach the phase on which the flowering stem started elongation, which in turn allowed the accumulation of dry weight in the leaves. The higher accumulation of dry weight in the leaves resulted in flowering stems of higher biomass, and length, at the end of the study.

Temperature is a very important factor as it determines the development of plants (Hatfield and Prueger 2015). A specific accumulation of HU is required to fulfill every phenological phase (Parthasarathi, Velu and Jeyakumar 2013), harvest timing and yield (Qadir, Hassan and Malik 2007). In our study, development and flowering of gladiolus plants was highly dependent of temperature, as reported by De Hertogh and Le Nard (1993) in ornamental geophytes; other studies also associate the temperature to flowering in geophytes whereas, radiation is considered less important (Khodorova and Boitel-Conti 2013). Our results are in agreement with statements by Khodorova and Boitel-Conti (2013) in that bulb size determines the capacity for blooming, and by Rees (1992) in that flower initiation is controlled by temperature and bulb size.

When HU were higher than ~550, plants started to show a gain in dry weight due to the development of leaves; thereafter, no substantial dry weight change was detected in the corms (Fig. 2a-c). However, when plants had accumulated more than ~620 HU, a marked increase in the dry weight of leaves was observed, coinciding with the appearance of the spike. The flowering stem started to accumulate dry weight from the ~1460 to ~1500 HU (Fig. 2a-c). Regardless of corm size, all the gladiolus plants reach harvest maturity when 1818 HU were accumulated. The fact that the initial stage of slow dry weight accumulation, and thus, the slow accumulation rate of K, Ca and Mg, had been completed much more rapidly by plants from larger corms, suggests that these plants had a longer period of time to reach the blooming phase, which in turns allows more time for plant growth and elongation of the flowering stem, resulting in larger plants.

Potassium is the nutrient required in the higher quantities by ornamental species (Furtini, Boldrin and Mattson 2015), which was also proven in gladiolus in the present study. Total K accumulation was zero during the corm sprouting phase and the initial part of the



vegetative phase in plants obtained from 1.4 inch corms (Fig. 3), however, in plants from 1.2 and 1.0 inch corms, there was a marginal K accumulation that lasted until shortly after the spike was first visible (Fig. 3). Gladiolus plants started the uptake of K once 570, 911 and 970 HU were accumulated when they were grown from 1.4 (Table 2), 1.2 (Table 3), and 1.0 inch corms (Table 4), respectively. There was an increased K uptake rate during the development of leaves and the elongation of the flowering stem phases and until the blooming phase in the plants from all the three corm sizes (Fig. 3), which occurred when the plants reached more than ~1500 HU (Tables 2-4). At harvest, plants grown from 1.4 and 1.2 inch corms accumulated a 29% and 12% more K than plants from 1.0 inch corms. At harvest of plants, corms of 1.4, 1.2 and 1.0 inch lost 46%, 47% and 27% of the K they contained when transplanted, respectively (Fig. 4). Not considering the initial K provided by the corm, gladiolus required a total of 6.33, 5.59 and 5.01 mmol plant<sup>-1</sup> of K when grown from 1.4, 1.2, and 1.0 inch corms, respectively (Fig. 4a-c). Averaged across corm sizes, at harvest, most of the K was accumulated in the leaves of plants (46%), then in the flowering stem (38%), the spike (14%) and lastly in the corm (2%) (Fig. 4a-c).

Calcium plays a very important role in the quality of ornamental plants (Gislerod 1999), as leaf necrosis and other Ca-related disorders have been ascribed to this elements in poinsettia (Gislerod 1999) and liliium (Chang and Miller 2003). Compared to the content of K in corms (Fig. 3), on which there were negligible differences in the content among corm sizes, the content of Ca was higher in larger than in smaller corms at transplant time (Fig. 5). After transplant, there was a slight accumulation of Ca during a short period of time on which 597 HU were accumulated in plants grown from 1.4 corms (Table 2); in contrast, plants from 1.2 and 1.0 inch corms exhibited a higher Ca uptake rate that lasted

from the transplant until 900 (Table 3) and 982 HU (Table 4) were accumulated, respectively, shortly after the spike became visible (Fig. 5).

When the spike turn visible and prior the elongation of the flowering stem, gladiolus started to uptake Ca at a rapid rate (Fig. 5), a tendency that was maintained until 1531 and 1539 HU were accumulated in plants grown from 1.4 ad 1.2 inch corm sizes (Tables 2-3). In plants from 1.0 inch corms there was only a two stages for Ca accumulation, as the rapid Ca accumulation rate was maintained up to the blooming phase (Fig. 5, Table 4). Elongation of the flowering stem and blooming was associated with a further increase rate in Ca accumulation (Fig. 5). In general, plants from corms of larger size uptook more Ca than those from smaller corms; compared to plants grown from 1.0 inch corms, plants from 1.4 inch corms accumulated 69% more Ca, whereas in plants from 1.2 inch corms it was 27% higher (Fig. 5).

At harvest of plants, corms of 1.4, 1.2 and 1.0 inch exhibited an increase in Ca content of 39%, 12% and 46%, respectively, compared to the content of the corms when transplanted (Fig. 6). Not considering the initial Ca provided by the corm, gladiolus accumulated during the growing season a total of 2.22, 1.69 and 1.38 mmol Ca per plant grown from 1.4, 1.2, and 1.0 inch corms, respectively (Fig. 6a-c). The larger need for Ca by plants grown from larger corms may be due to the higher biomass production. In liliium (*Lilium* sp), Chang and Miller (2003) reported that the bulb can supply to a limited extend the demand of Ca by the lower and middle leaves of the plants, whereas the uppers leaves and flowers relied more in the Ca uptaken by the roots. Averaged across corm sizes, at harvest most of the Ca was accumulated in the leaves of plants (49%), then in the flowering stem (24%), the corm (19%) and lastly in the spike (8%) (Fig. 6a-c).

In spite of the reduction in the dry weight of the corms (Fig. 2 a-c), the content of Ca at harvest time was comparable to that at the beginning of the study (Fig. 6 a-c), suggesting that corms are a large reserve of this element even though it will not serve as a propagule for the next generation. This is in contrast to reports in *lilium* as, in spite of the increased concentration of Ca, there is a substantial decrease in the content of this nutrient at the end of the growing season (Chang and Miller 2003). The different behavior between both species may be due to the senescence of the corm in *gladiolus* once blooming is completed, whereas in *lilium* the bulbs are perennial and need to be enlarged to restore its reserves prior use for another flower production season (Dole and Wilkins 2005). The maintenance of high contents of Ca in *gladiolus* corm may be of significance for the formation of the new corms and cormels after the spike is harvested.

Similar to K (Fig. 3), corms provided a limited proportion of the Mg needed by plants and there was a period of time on which no Mg was uptaken by plants or taken up at very low rates (Fig. 7). The period of no or slow Mg uptake lasted until 492, 650, and 1085 HU were accumulated by plants grown from 1.4 (Table 2), 1.2 (Table 3), and 1.0 (Table 4) inch corms. Like for Ca, prior or shortly after the spike turn visible, *gladiolus* started to uptake Mg at a rapid rate, which lasted until 1499, 1466 and 1084 HU were accumulated in plants from 1.4 (Table 2), 1.2 (Table 3) and 1.0 inch corms (Table 4), respectively. There was a further increase in Mg uptake rate during the elongation of the flowering stem phase and until the blooming phase in the plants from 1.4 and 1.2 inch corms sizes, although in plants from 1.0 inch corms the response was only two-phasic (Fig. 7). At harvest, plants grown from 1.4 and 1.2 inch corms accumulated a 50% and 19% more Mg than plants from 1.0 inch corms (Fig. 7).

At harvest of plants, corms of 1.4, 1.2 and 1.0 inch exhibited a content of Mg similar to that when they were transplanted (Fig. 8). Not considering the initial Mg provided by the corm, gladiolus required a total of 2.49, 2.00 and 1.68 mmol plant<sup>-1</sup> grown from 1.4, 1.2, and 1.0 inch corms (Fig. 8). Averaged across corm size, at harvest most of the Mg was accumulated in the leaves of plants (55%), then in the flowering stem (24%), the spike (17%) and lastly in the corm (4%) (Fig. 8).

The present study shows that the nutrients stored in the corms supplied the needs of K, Ca and Mg by young gladiolus plants as no accumulation of such nutrients was detected during the sprouting and the beginning of the vegetative phase. Gladiolus plants began the uptake and accumulation of K, Ca and Mg when the spike was first detected in the whorl; previous to such phase, the plants relied on the supply from the corms to meet their demands for the development of leaves and roots. According to the models, plants grown from 1.4 inch corms started the accumulation of K, Ca and Mg prior the plants from smaller corms did, probably due to a faster depletion of nutrients. Similar results were reported by Ortega, Correa and Olate (2012) in three cultivars of liliium (*Lilium* sp.) as nutrient accumulation was increasing in the shoots whereas it decreased in the bulbs. In geophytes, underground organs such as bulbs and corms store water, nutrient and carbohydrates for the growth and development of plants (Sharma, Kumar and Singh 2011).

The fact that the accumulation of K (Fig. 3), Ca (Fig. 5) and Mg (Fig. 7), as well as the accumulation of dry weight (Fig. 1), in plants from 1.4 inch bulbs started much before it happened for plants from smaller corms suggest that plants from larger bulbs grow more rapidly using the reserves stored in the corm and that these storage organs were unable to

supply the demands by a plant of rapid growth rate, forcing the upregulation of the mechanisms for cation uptake by roots (Mengel et al. 2001).

Calcium (Fig. 5) and Mg (Fig. 7) accumulation rate in plants from 1.0 inch corms behave differently compared to plants from larger corms as it exhibited a two-phasic response. The initial slow accumulation rates of both elements was much more longer than that of plants from larger corms as it required the accumulation of ~1080 HU, whereas for plants grown from 1.4 and 1.2 inch corms it was 597 and 491 HU for Ca, and 900 and 650 HU for Mg, respectively. The more prolonged stage of slow accumulation of Ca and Mg in plants from smaller corms may be due to the lower demand for these nutrients as plants were also growing slowly in terms of dry mass accumulation (Fig. 1)

The internal K : Ca : Mg balance in tissues of plants grown from 1.4, 1.2 and 1.0 inch corms varied during the extent of the study, however, similar tendencies were observed (Fig. 9). At transplant, gladiolus plants (in this case, the corm) had a higher proportion of Ca, which at the beginning of the vegetative phase tended to increase. This increase of Ca was at the expense of K, whereas the proportion of Mg remained unaffected. Nonetheless, between the vegetative and heading phases, the proportion of Ca started to decline while K and Mg increased (Fig. 9). At the end of the study, the proportion of K was much higher than that of Ca and Mg, whereas the proportion of the latter ones was similar (Fig. 9). These results indicate that Ca is very important at the beginning of the season in gladiolus, although during the development of leaves and the spike K becomes more important.

## **Conclusions**

The demand of K, Ca and Mg were larger in corms of larges sizes. Dry weight and most of the K, Ca and K accumulation rates exhibited a tri-phasic pattern. Initially, dry mass

and nutrient accumulation was slow but it increased prior or slightly after the spike appears. The internal K : Ca : Mg balance indicates that early in the season, gladiolus plants contains more Ca than K and Mg, however, as the plants grow, the proportion of Ca accumulated in the plants decreases whereas that of K increases. Not considering the initial nutrients provided by the corm, gladiolus required a total of 6.33, 5.59 and 5.01 mmol plant<sup>-1</sup> K, 2.22, 1.69 and 1.38 mmol Ca plant<sup>-1</sup> and 2.49, 2.00 and 1.68 mmol plant<sup>-1</sup> Mg by plants grown from 1.4, 1.2, and 1.0 inch corms, respectively.

## References

- Al-Karaki, G.N. 2012. Phenological Development-Yield Relationships in Durum Wheat Cultivars under Late-Season High-Temperature Stress in a Semiarid Environment. *ISRN Agronomy* 2012:1–7.
- Arora, J.S. 2007. *Introductory Ornamental Horticulture*. 5th edition. New Delhi, India: Kalyani Publishers.
- Baker, J.T., and V.R. Reddy. 2001. Temperature effects on phenological development and yield of muskmelon. *Annals of Botany* 87: 605–613.
- Bindraban P.S., C. Dimkpa, L. Nagarajan, A.Roy, and R. Rabbinge. 2015. Revisiting fertilisers and fertilisation strategies for improved nutrient uptake by plants. *Biology and Fertility of Soils* 51: 897–911.
- Chang, Y.C, and W.B. Miller. 2003. Growth and Calcium Partitioning in Liliun ‘Star Gazer’ in relation to leaf calcium deficiency. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 128:788–796
- De Hertogh, A. 1996. *Holland Bulb Forcer's Guide*. 5th edition. Hillegom, Netherlands: International Flower Bulb Centre.
- De Hertogh, A., and Le Nard, M. 1993. *The Physiology of Flower Bulbs*. Amsterdam, Holanda: Elsevier Science.
- Dole, J. M., and H.F. Wilkins. 2005. *Floriculture principles and species*. 2nd edition. Upper Saddle River, New Jersey: Person Education. Inc.
- FAO. 2000. Fertilizers and their use. 4th edition Rome, Italy: FAO and IFA.
- Furtini, N.A.E., K.V. F. Boldrin, and N.S. Mattson. 2015. Nutrition and quality in ornamental Plants. *Ornamental Horticulture* 21:139–150.

- Gislerod, H.R. 1999. The role of calcium on several aspects of plant and flower quality from a floricultural perspective. *Acta Horticulturae* 481:345–352.
- Hatfield, J. L., and J.H. Prueger. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes* 10:4–10.
- Khodorova, N.V., and M. Boitel–Conti. 2013. The role of temperature in the growth and flowering of geophytes. *Plants* 2: 699–711.
- Lopez, H., A. Brasa, F. Montero, M. Romero, and F. Montero. 2015. Phenological growth stages of saffron plant (*Crocus sativus* L.) according to the BBCH Scale. *Spanish Journal of Agricultural Research* 13: 1–7.
- Mattson, N.S., and M.W. Van Iersel. 2011. Application of the “4R” Nutrient Stewardship Concept to Horticultural Crops: Applying Nutrients at the “Right Time”. *HortTechnology* 11:667–673.
- Mengel, K., E.A. Kirkby, H. Kosegarten, and T. Appel. 2012. *Principles of plant nutrition*. Netherlands: Springer Science and Business Media.
- Orlandi, F., B. Romano, and M. Fornaciari. 2005. Relationship between Flowering and Heat Units to Analyze Crop Efficiency of Olive Cultivars Located in Southern Italy. *HortScience* 40:64–68.
- Ortega R., M. Correa, E. Olate. 2006. Determination of nutrient accumulation curves in three cultivars of *Lilium* spp. for cut flower. *Agrociencia* 40:77–88.
- Parthasarathi, T., G. Velu, and P. Jeyakumar. 2013. Impact of crop heat units on growth and developmental physiology of future crop production: a review. *Journal of Crop Science and Technology* 2:2319–3395.



Qadir, G., F.U. Hassan, and M. A. Malik. 2007. Growing Degree Days and Yield Relationship in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *International Journal of Agriculture and Biology* 9:564–568.

Ramos-García. M., S. Ortega-Centeno, A.N. Hernandez-Lauzardo, I. Alia-Tejacal, E. Bosquez-Molina, and S. Bautista-Baños. 2009. Response of gladiolus (*Gladiolus* spp) plants after exposure corms to chitosan and hot water treatments. *Scientia Horticulturae* 121: 480–484.

Rees, A. R. 1992. *Ornamental Bulbs, Corms and Tubers*. Wallingford, Oxon, UK: C.A.B. International.

Serpil S. 2012. An Agricultural Pollutant: Chemical Fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development* 3: 77–80.

Schwab, N.T., N.A. Streck, C.C. Becker, J.A. Langner, L.O. Uhlmann, and B.S.M.R. Ribeiro. 2015. A phenological scale for the development of Gladiolus. *Annals of Applied Biology* 166: 496–507.

Sharma, P.B., R. Kumar, and A. Singh. 2011. Ornamental geophytes and their propagation. *Rashtriya Krishi* 6:15–17.

Sikder, S., 2009. Accumulated heat unit and phenology of wheat cultivars as influenced by late sowing heat stress condition. *Journal of Agriculture and Rural Development* 7:57–64.

Snyder, R. L. 2005. DEGDAY Application for Microsoft Excel. University of California at Davis, Department of Land, Air and Water Resources, Biometeorology Group, Davis, California. Available at <http://biomet.ucdavis.edu/DegreeDays/DegDay.htm>

Soltanpour P.M., G.W. Johnson, S.M. Workman, J.B. Jones, and R.O. Miller. 1996. Inductively coupled plasma emission spectrometry and inductively coupled plasma–mass

spectrometry. *In Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*, eds. J.M. Bartels, and J.M. Bhigam, 91–139. Madison, Wisconsin, USA.

Steiner, A. A. 1984. *The Universal Nutrient Solution*. Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands.

Thakur, T., K.K. Dhatt, and S. Ahmed. 2015. Effect of planting time on growth and flowering of Gladiolus. *International Journal of Current Research and Academic Review* 3: 145–152.

Uhlmann, L.O., N.A. Streck, C.C. Becker, N.T. Schwab, R.P. Benedetti, A.S. Charão, B.S.M. R. Ribeiro, W.B. Silveira, F.A.A.L. Backes, C.M. Alberto, M. Muttoni, G.M. De Paula, R. Tomiozzo, L.C. Bosco, and D. Becker. PhenoGlad: A model for simulating development in Gladiolus. *European Journal of Agronomy* 82: 33–49.

Valdez–Aguilar L.A., A. Hernández–Pérez, D. Alvarado–Camarillo, and A. Cruz–Altunar. 2015. Design of a fertilization program for chrysanthemum based on extraction of macronutrients. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 12: 2263–2276.

Wiesler, F. 2012. Nutrition and Quality. *In Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3rd, ed. P. Marschner, 271–282. London, UK.

Xia, Y., X. Deng, P. Zhou, K. Shima, and J.A. Teixeira da Silva. 2006. The World Floriculture Industry: Dynamics of Production and Markets. *In: Floriculture, Ornamental and Plant Biotechnology: Advances and Topical Issues*. Vol. IV. Ed. J.A Teixeira da Silva, 336–347. Ltd., Isleworth, UK.

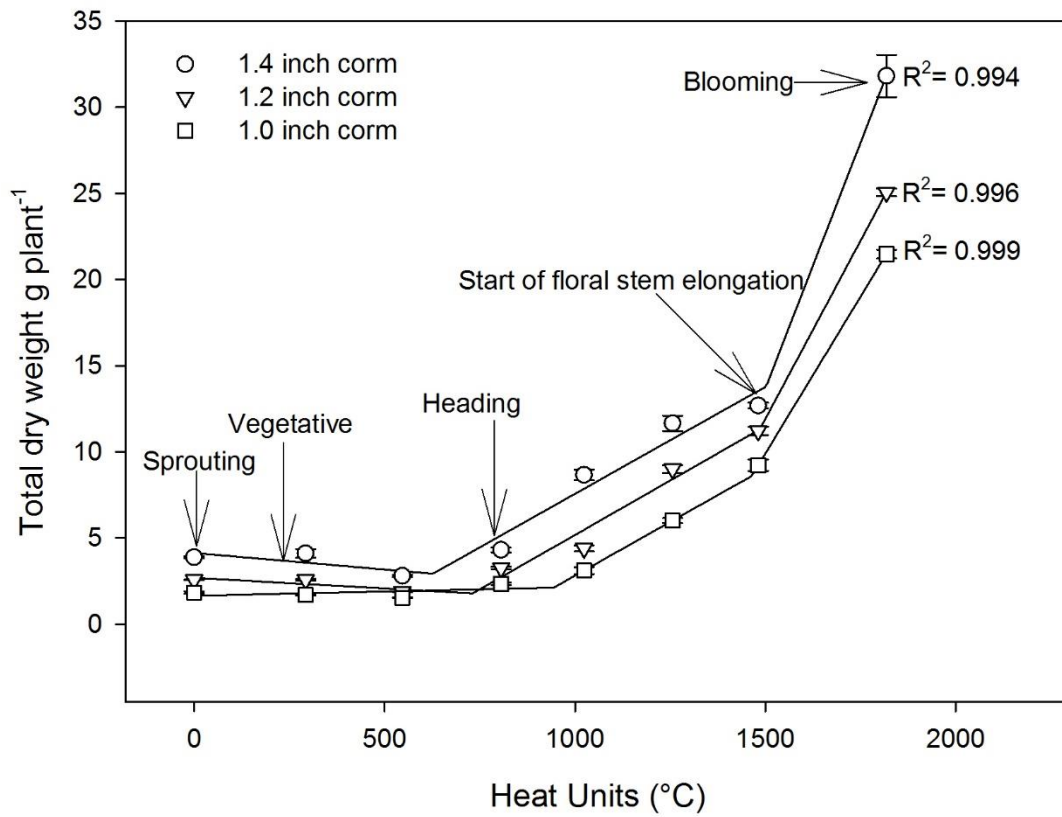


Figure 1. Segmented analysis of total dry mass accumulation in gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort. cv Peter Pears) plants as affected by corm size and heat units. Bars represent the standard error of the mean (n=4).

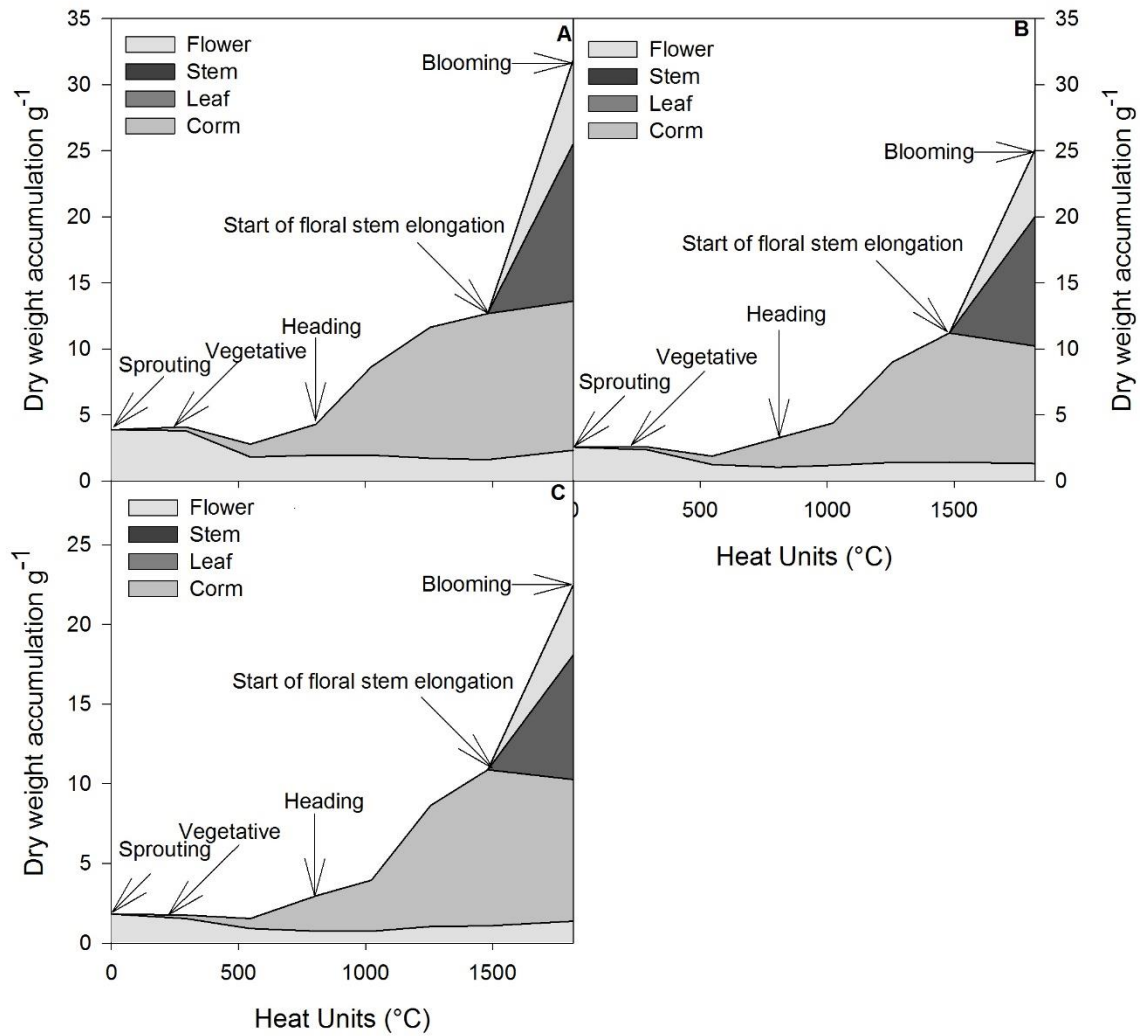


Figure 2. Allocation of dry mass in organs of gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort. cv Peter Pears) plants as affected by corm size and heat units. A) 3.5 cm corms, B) 3.0 cm corms, C) 2.5 cm corms.

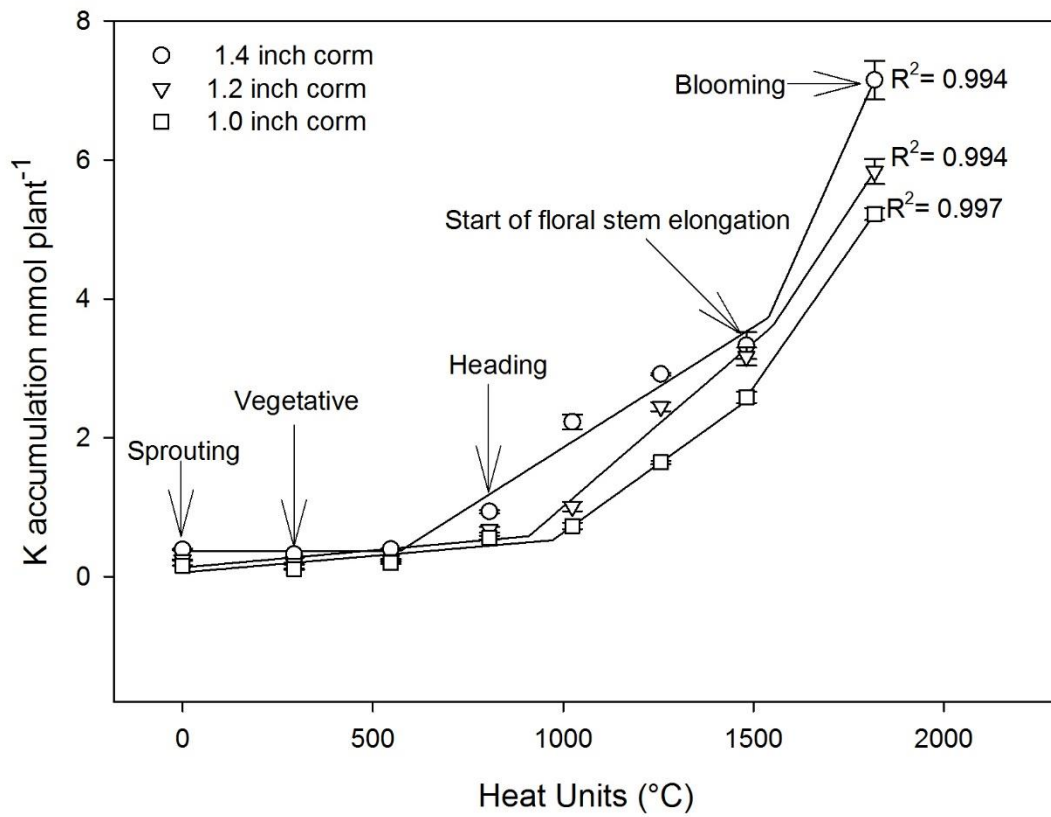


Figure 3. Segmented analysis of potassium (K) accumulation in gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort. cv Peter Pears) plants as affected by corm size and heat units. Bars represent the standard error of the mean.

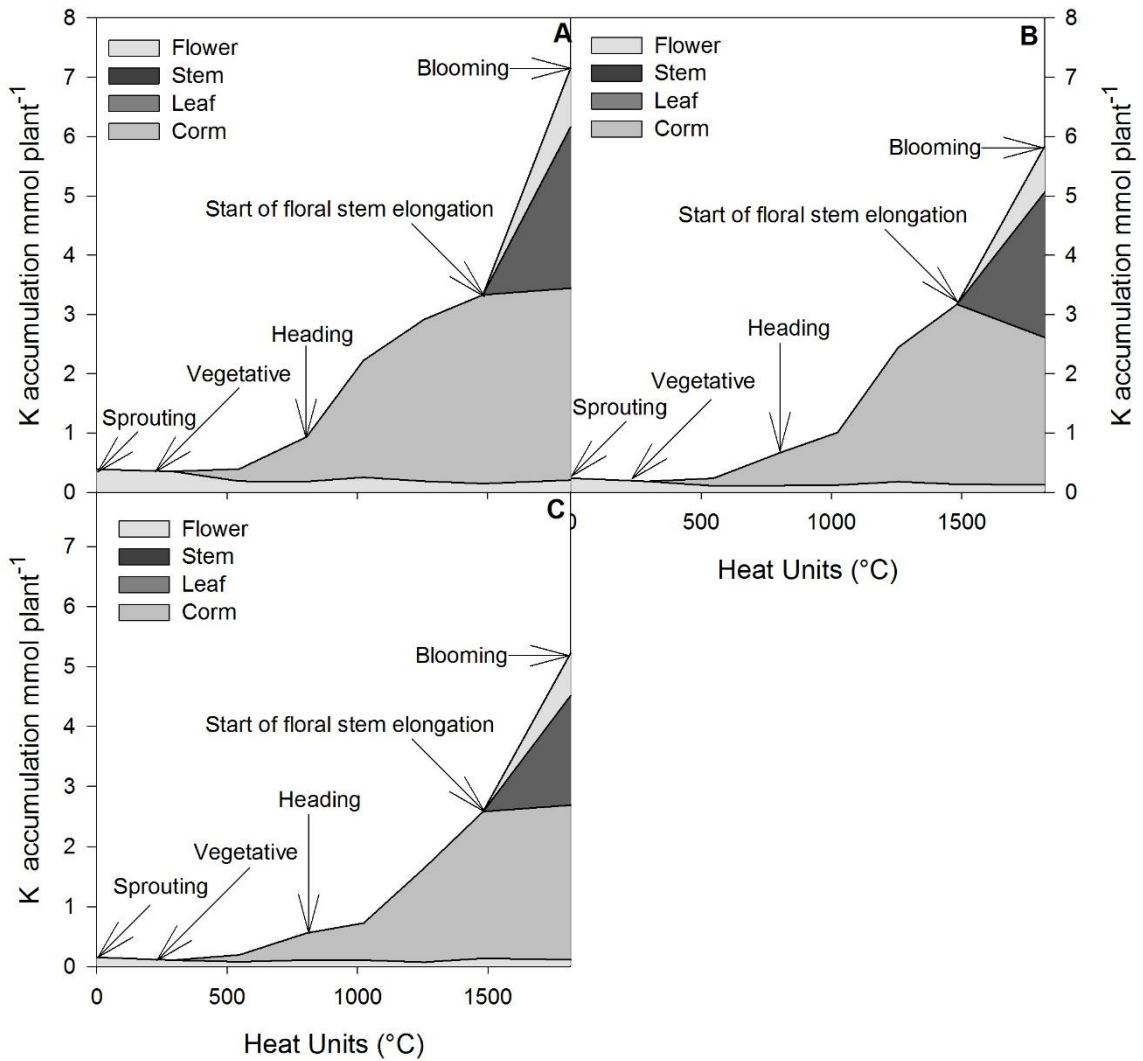


Figure 4. Allocation of potassium (K) in organs of gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort. cv Peter Pears) plants as affected by corm size and heat units. A) 3.5 cm corms, B) 3.0 cm corms, C) 2.5 cm corms.

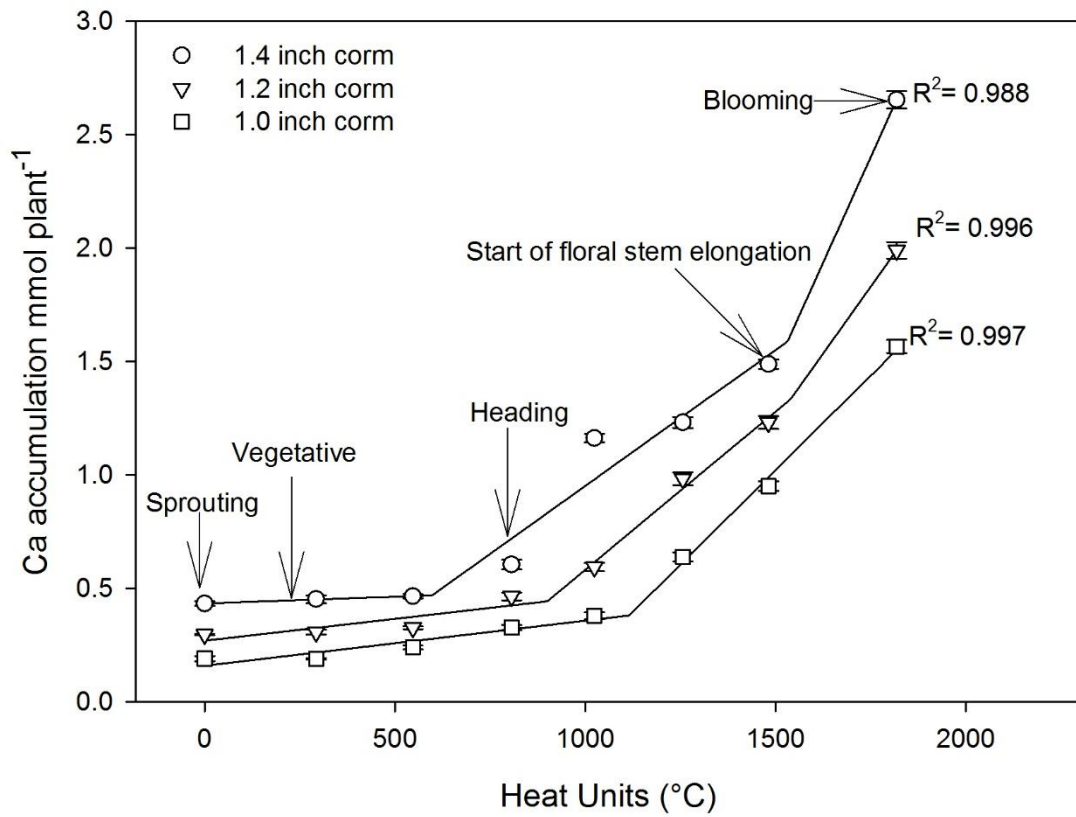


Figure 5. Segmented analysis of total calcium (Ca) accumulation in gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort. cv Peter Pears) plants as affected by corm size and heat units. Bars represent the standard error of the mean (n=4).

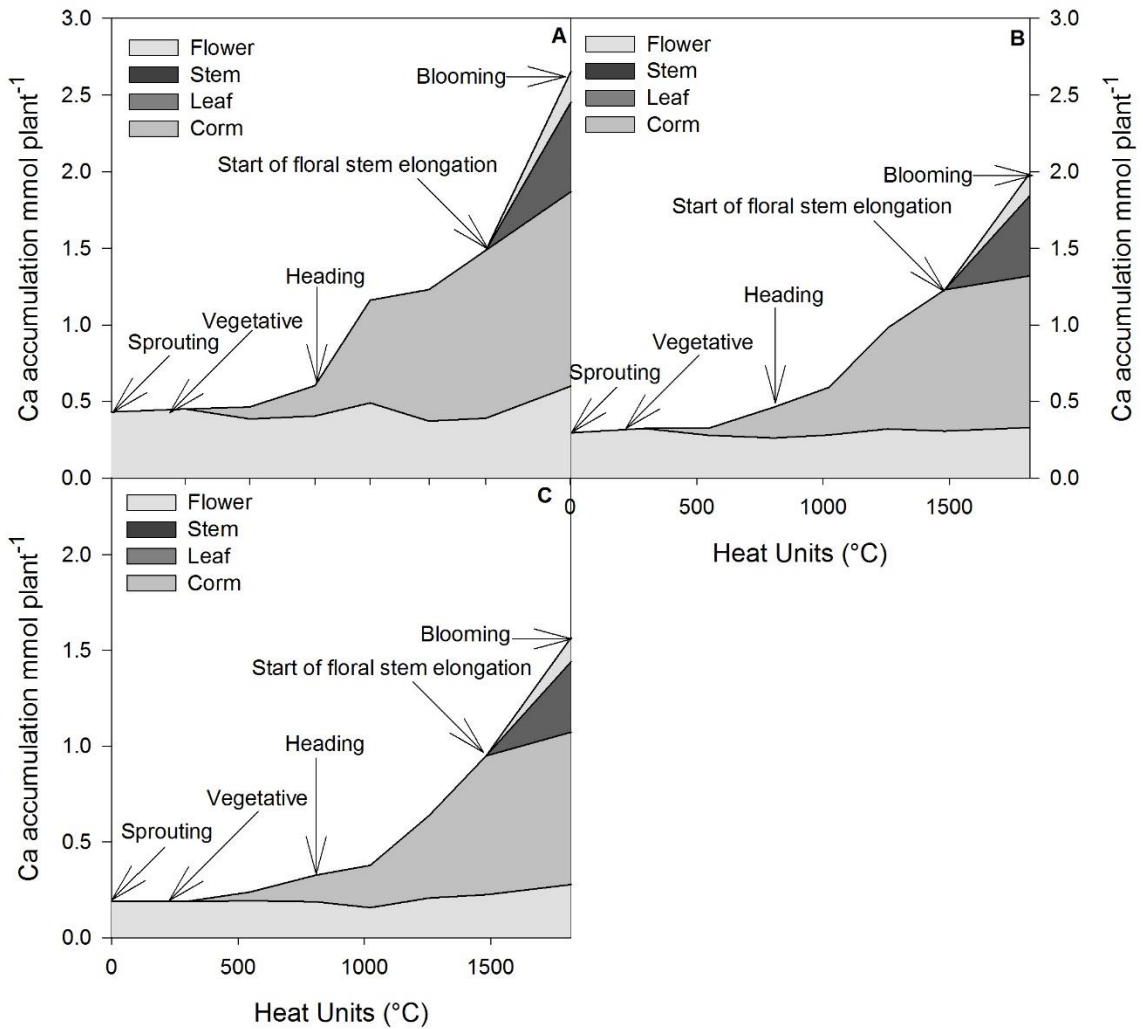


Figure 6. Allocation of calcium (Ca) in organs of gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort. cv Peter Pears) plants as affected by corm size and heat units. A) 3.5 cm corms, B) 3.0 cm corms, C) 2.5 cm corms.



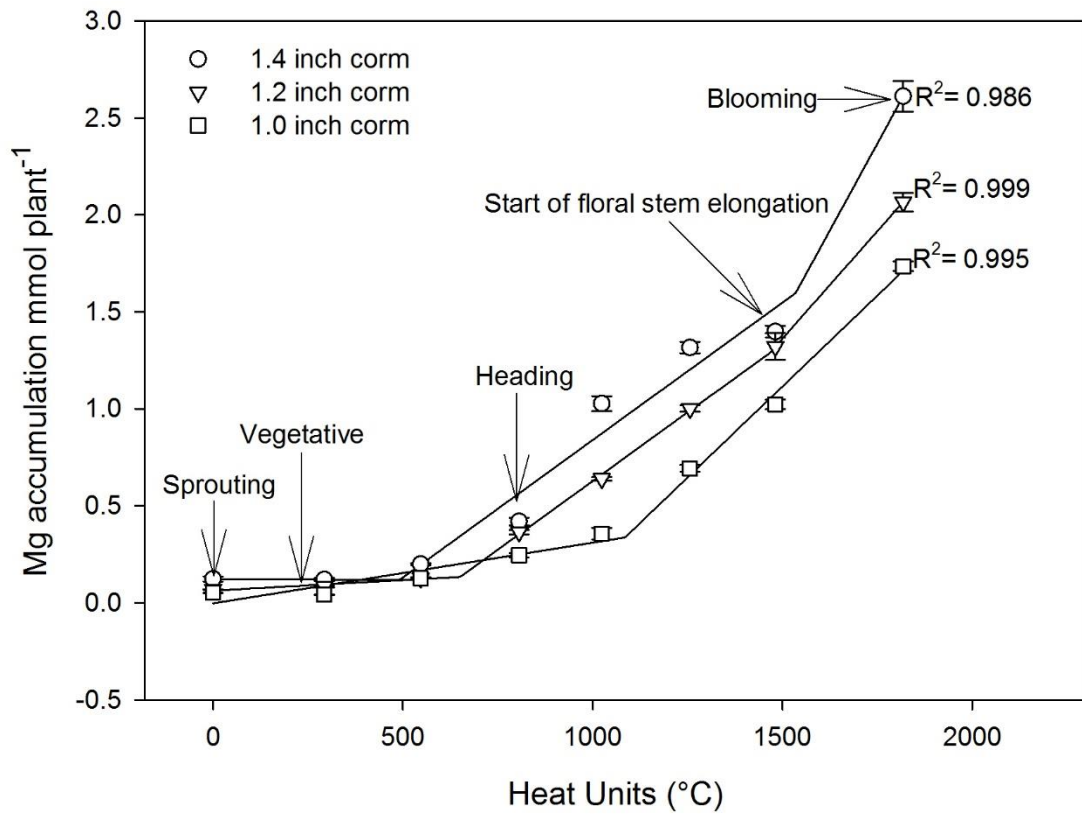


Figure 7. Segmented analysis of total magnesium (Mg) accumulation in gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort. cv Peter Pears) plants as affected by corm size and heat units. Bars represent the standard error of the mean (n=4).

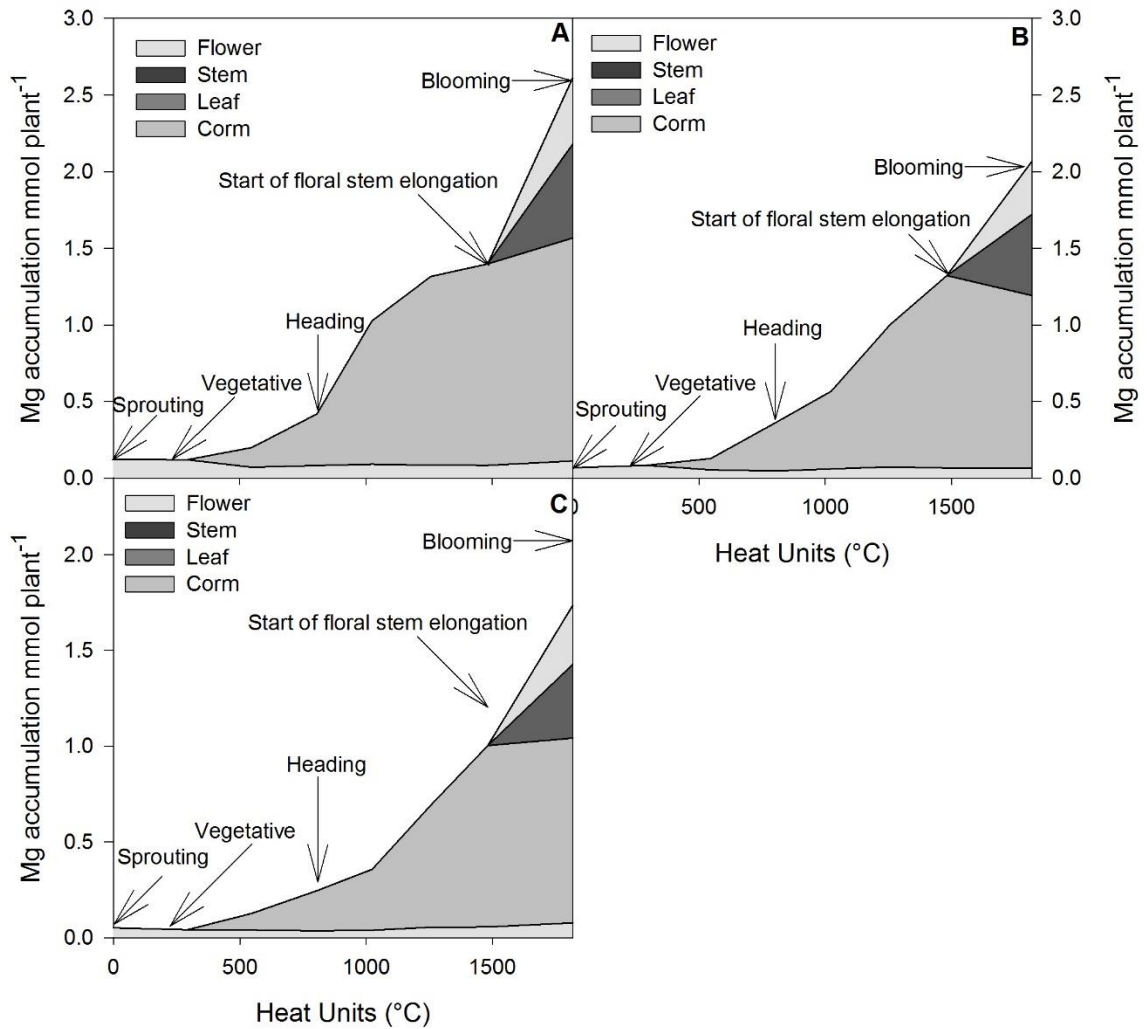


Figure 8. Allocation of magnesium (Mg) in organs of gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort. cv Peter Pears) plants as affected by corm size and heat units. A) 3.5 cm corms, B) 3.0 cm corms, C) 2.5 cm corms.

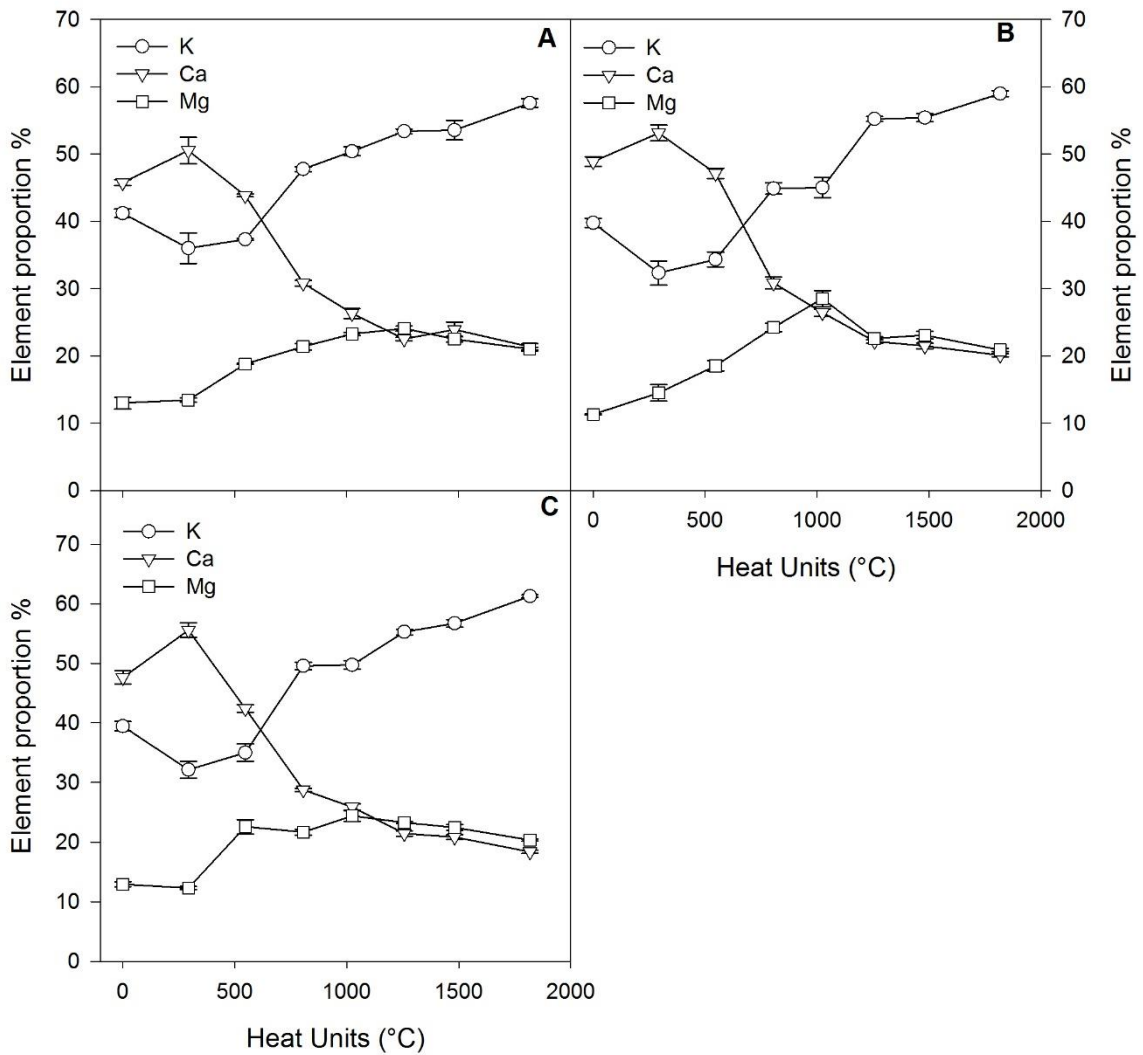


Figure 9. Balance of internal K : Ca : Mg accumulated throughout the growing season of gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort. cv Peter Pears) plants as affected by corm size. A) 3.5 cm corms, B) 3.0 cm corms, C) 2.5 cm corms. Bars represent the standard error of the mean (n=4).

Table 1. Models that estimate the accumulation of dry mass (DM, g plant<sup>-1</sup>) in gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort. cv Peter Pears) plants grown from three corm sizes as affected by heat units (HU, °C) in relation to phenological phases.

Corm size	Phenological phase	Model
1.4	Sprouting – Vegetative (0 – 627 HU)	$DM = \frac{2589 - 1.21 HU}{627}$
	Vegetative – start of floral stem elongation (627 – 1502 HU)	$DM = \frac{-4257 + 10.9 HU}{875}$
	Start of floral stem elongation – Blooming (1502 – 1818 HU)	$DM = \frac{-22707 + 18.0 HU}{316}$
1.2	Sprouting – Vegetative - Reproductive (0 – 893 HU)	$DM = \frac{2112 + 0.44 HU}{893}$
	Reproductive – Start of floral stem elongation (893 – 1484 HU)	$DM = \frac{-6221 + 8.83 HU}{592}$
	Start of floral stem elongation – Blooming (1484 – 1818 HU)	$DM = \frac{-16043 + 13.4 HU}{333}$
1.0	Sprouting – Vegetative – Reproductive (0 – 944 HU)	$DM = \frac{1551 + 0.47 HU}{944}$
	Reproductive – Start of floral stem elongation (944 – 1464 HU)	$DM = \frac{-5020 + 6.48 HU}{521}$
	Start of floral stem elongation – Blooming (1464 – 1818 HU)	$DM = \frac{-15836 + 12.9 HU}{354}$

Table 2. Models that estimate the accumulation of potassium (K), calcium, (Ca) and magnesium (Mg) (mmol plant<sup>-1</sup>) in gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort. cv Peter Pears) plants grown from 3.5 cm corms as affected by heat units (HU, °C) in relation to phenological phases.

Cation	Phenological phase	Model
K	Sprouting – Vegetative (0 – 572 HU)	$K = \frac{210 - 0.003 \text{ HU}}{572}$
	Vegetative – Reproductive – Start of floral stem elongation (572 – 1540 HU)	$K = \frac{-1565 + 3.36 \text{ HU}}{968}$
	Start of floral stem elongation – Blooming (1540 – 1818 HU)	$K = \frac{-4221 + 3.42 \text{ HU}}{278}$
Ca	Sprouting – Vegetative (0-597 HU)	$Ca = \frac{259 + 0.035 \text{ HU}}{597}$
	Vegetative – Reproductive – Start of floral stem elongation (597 – 1531 HU)	$Ca = \frac{-231 + 1.12 \text{ HU}}{934}$
	Start of floral stem elongation – Blooming (1531 – 1818 HU)	$Ca = \frac{-1176 + 1.07 \text{ HU}}{286}$
Mg	Sprouting – Vegetative (0 – 491 HU)	$Mg = \frac{60.5 - 0.005 \text{ HU}}{492}$
	Vegetative –Reproductive – Start of floral stem elongation (491 – 1497 HU)	$Mg = \frac{-583 + 1.43\text{HU}}{1007}$

	Start of floral stem elongation – Blooming (1497 – 1818 HU)	$Mg = \frac{-1101 + 1.06 \text{ HU}}{319}$
--	--	--

Table 3. Models that estimate the accumulation of potassium (K), calcium, (Ca) and magnesium (Mg) (mmol plant<sup>-1</sup>) in gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort. cv Peter Pears) plants grown from 3.0 cm corms as affected by heat units (HU, °C) in relation to phenological phases.

Cation	Phenological phase	Model
K	Sprouting – Vegetative (0 – 910 HU)	$K = \frac{119 + 0.45HU}{910}$
	Reproductive – Start of floral stem elongation (910 – 1552 HU)	$K = \frac{-2388+3.04 HU}{642}$
	Start of floral stem elongation – Blooming (1552 – 1818 HU)	$K = \frac{-2478+2.22 HU}{266}$
Ca	Sprouting – Vegetative – Reproductive (0 – 900 HU)	$Ca = \frac{242 + 0.17 HU}{900}$
	Reproductive – Start of floral stem elongation (900 – 1539 HU)	$Ca = \frac{-519 + 0.89 HU}{639}$
	Start of floral stem elongation – Blooming (1539 – 1818 HU)	$Ca = \frac{-640 + 0.657 HU}{279}$
Mg	Sprouting-Vegetative (0-650 HU)	$Mg = \frac{41.2 + 0.07 HU}{651}$
	Vegetative – Reproductive – Start of floral stem elongation (650 – 1466 HU)	$Mg = \frac{-642 + 1.15 HU}{815}$
	Start of floral stem elongation – Blooming (1466 – 1818 HU)	$Mg = \frac{-689 + 0.78 HU}{352}$

Table 4. Models that estimate the accumulation of potassium (K), calcium, (Ca) and magnesium (Mg) (mmol plant<sup>-1</sup>) in gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort. cv Peter Pears) plants grown from 2.5 cm corms as affected by heat units (HU, °C) in relation to phenological phases.

Cation	Phenological phase	Model
K	Sprouting – Vegetative – Reproductive (0 – 972 HU)	$K = \frac{58.0 + 0.46 \text{ HU}}{972}$
	Reproductive – Start of floral stem elongation (972 – 1468 HU)	$K = \frac{-1638 + 1.95 \text{ HU}}{496}$
	Start of floral stem elongation – Blooming (1468 – 1818 HU)	$K = \frac{-3165 + 2.75 \text{ HU}}{350}$
Ca	Sprouting – Vegetative – Reproductive (0 – 1116 HU)	$Ca = \frac{177 + 0.22 \text{ HU}}{1116}$
	Reproductive – Start of floral stem elongation – Blooming (1116 – 1818 HU)	$Ca = \frac{-1039 + 1.17 \text{ HU}}{702}$
Mg	Sprouting – Vegetative-Reproductive (0 – 1085 HU)	$Mg = \frac{-2.82 + 0.34 \text{ HU}}{1085}$
	Reproductive – Start of floral stem elongation – Blooming (1085 – 1818 HU)	$Mg = \frac{-1245 + 1.37 \text{ HU}}{733}$



## **CONCLUSIÓN GENERAL**

El tamaño y peso de cormo influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas de gladiolo, los nutrientes N, P, K, Ca, Mg y S, son esenciales para el óptimo crecimiento del cultivo de gladiolo así como la obtención de cormos nuevos ya que son los principales órganos de almacenamiento de nutrientes.

La extracción nutrimental varía en función del tamaño del cormo y en función de las unidades calor acumulado, siendo los cormos de 1.4 pulgadas las que mostraron mayor biomasa seca y las curvas de extracción de nutrimentos se comportan de manera similar a la acumulación de biomasa.

## LITERATURA CITADA

- Ahmad T., Ahmad I., Qasim M. 2008. Present Status and Future Prospects of Gladiolus Cultivation in Punjab, Pakistan. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 5(3) 227-238.
- Ahmed R., Karim M.R., Ahmed S., Quddus M.A., and Siddiky M.A. 2016. Response of gladiolus to combined application of nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur in grey terrace soils of Gazipur, Bangladesh. *Ecofriendly Agril. J.* 9:93-97.
- Ali Z., Qadeer A., Ahmad H.M., Aziz O., Qasam M., and Ali Q. 2015. Assessment of effect of different herbicides on morphological traits of *Gladiolus grandiflorus*. *Life Sci J.* 12: 87-93.
- Amano, N., Tsutsui K. 1980. Propagation of hyacinth by hot water treatment. *Acta Hort.* 109:279–87.
- Barker, A. V. and Pilbeam, D. J. 2015. Handbook of plant nutrition. Second Edition. Boca Raton, FL: Ed. CRC Press, 773 pp.
- Bashir, M., Khan, Qadri I., Tanveer R.W. K., Zain, M. M. and Ahmad, I. 2016. Growth and corm production of *Gladiolus grandiflorus* L. 'Essential' under different NPK regimes. *Journal of Ornamental Plants* 6:11–19.
- Benschop, P., Kamenetskym, R., Le Nard, M., Okubo, H. and De Hertogh, A. 2010. The global flower bulb industry: Production, utilization, research. *Horticultural Reviews* 36:1–115.
- Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrientes por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 307 p.
- Brown, P. W. 2013. Heat units. The University of Arizona College of Agriculture and Life Sciences Tucson, Arizona. University of Arizona Tucson.
- Byczynski L. The Flower Farmer: An Organic Growers guide to Raising and Selling Cut Flowers. White River Junction, Chelsea Green Publishing Company VT 1997, 231–7881.
- Cakmak I., Atilla M. Y. 2010. Magnesium: A Forgotten Element in Crop Production . *Better Crops.* 94:23-25.
- Castillo-Gonzalez, A. M., Avitia-Garcia, E.; Valdéz-Aguilar, L.A., Velazquez-Maldonado. J. 2017. Extracción nutrimental en *Ixianthus (Eustoma grandiflorum* [Raf.] Shinn) cv. Mariachi Pink *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8: 2, 345-354.

- Chandler, S. F., and C. Sanchez 2012. Genetic modification; the development of transgenic ornamental plant varieties. *Plant Biotechnology Journal* 10: 891–903.
- Chen J., McConnell D.B., Henny R.J., Norman D.J. 2005. The foliage plant industry. In: Janick J (ed) *Horticultural Reviews*, John Wiley and Sons, NY, pp 45-110.
- De Hertogh A. A., van Scheepen J., Le Nard M., Okubo H., Kamenetsk R. 2013. Globalization of the Flower Bulb Industry in: Kamenetsky, R. and Okubo, H. *Ornamental geophytes from basic science to sustainable production*. Boca Raton, London: Ed. CRC Press, 697 pp.
- De Hertogh, A. 1996. *Holland bulb forcer's guide*. Fifth Edition. Hillegom, The Netherlands: Ed. Int. Flower Bulb Centre.
- De Hertogh, A. and. Le Nard, M. 1993. *The physiology of flower bulbs: A comprehensive treatise on the physiology and utilization of ornamental flowering bulbous and tuberous plants*. Amsterdam, Holland: Ed. Elsevier Science, 812 pp.
- Engels, C., Kirkby, E. and White, P. 2012. Mineral nutrition, yield and source–sink relationships. In: Marschner P, ed. *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Third Edition. London: Academic Press 85–133.
- Farid-Uddin M., M.M. Rahman, M.G. Rabbani and M.A. Mannan. 2002. Effect of corm size and depth of planting on the growth and flowering of gladiolus. *Pak. J. Biol. Sci.* 5: 553-555.
- Furtini, N.A.E., Boldrin K.V. F., and Mattson, N.S. 2015. Nutrition and Quality in Ornamental Plants. *Ornamental Horticulture* 21:139-150.
- Gislerod, H.R. 1999. The role of calcium on several aspects of plant and flower quality from a floricultural perspective. *Acta Horticulturae*, Amsterdam 481: 345- 352.
- Gomora-Jiménez, J. A.; Sánchez-Meza, J. C.; Pacheco-Salazar, V. F.; Pavón-Silva T. B.; Adame-Martínez, S. y Barrientos-Becerra, B. 2006. Integración de indicadores de desempeño ambiental para la producción florícola.
- Halevy A. 1990 Recent advances in control of flowering in horticultural crops. *Advances in Horticultural Science*, 1, 39–43.
- Han S.S. 2001 Flowering of three species of *Brodiaea* in relation to bulb size and source. *Scientia Horticulturae*, 91, 349–355.

- Han S.S., Halevy A.H., Sachs R.M., Reid M.S. 1991. Flowering and corm yield of *Brodiaea* in response to temperature, photoperiod, corm size, and planting depth. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116: 19–22.
- Hartmann, H. T., Kester D. E., Davies F. T., and Geneve, R. 2011. Propagation by specialized stems and roots. In: Hartmann H.T, Kester D.E, Davies F.T, Geneve R, eds. *Hartmann & Kester's plant propagation: Principles and practices*. Eighth Edition. Upper Saddle River, N.J:Pearson Education 583–615.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Møller I.S., White, P. 2012. Functions of macronutrients. In: Marschner P, ed. *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Third Edition. London: Academic Press 135–189.
- IFA 2009. The Global “4R” Nutrient Stewardship Framework for Developing and Delivering Fertilizer Best Management Practices. International Fertilizer Industry Association, Paris, France.
- IFA. 2016. Nutrient management handbook. International Fertilizer Association. Paris, France.
- Ingels, J. E. 2010. *Ornamental Horticulture. Science, operations, & management*. Delmar Cengage Learning. Clifton Park, NY.
- Johnston A.M., Bruulsema T.W. 2014 4R Nutrient Stewardship for Improved Nutrient Use Efficiency. *Procedia Engineering* 83:365 – 370.
- Kadam G. B., K. P. Singh and M. P. Singh. 2013. Effect of different temperature regimes on morphological and flowering characteristics in gladiolus (*Gladiolus (Tourn)* L.). *Ind J Plant Physiol*. 18:49–54.
- Kamenetsky, R. and Okubo, H. 2013. *Ornamental geophytes from basic science to sustainable production*. Boca Raton, London: Ed. CRC Press, 697 pp.
- Katharine, B. P. and T. C. Wehner. 1996. A heat unit accumulation method for predicting cucumber harvest date. *Hort. Technology* 6: 27-30.
- Kiba T., and A. Krapp. 2016. Plant Nitrogen Acquisition Under Low Availability: Regulation of Uptake and Root Architecture. *Plant Cell Physiol*. 57(4): 707–714.
- Barker, A. V. and Pilbeam, D. J. 2015. *Handbook of plant nutrition*. Second Edition. Boca Raton, FL: Ed. CRC Press, 773 pp.

- Lawson H. R. 1996. Economic importance and trends in ornamental horticulture. *Acta Horticulturae* 432: 226-237.
- Leigh R.A., Jones R.G.W. 1984. A hypothesis relating critical potassium concentrations for growth to the distribution and functions of this ion in the plant cell. *New Phytologist* 97:1-13.
- Li L, Tutone AF, Drummond RSM, et al. 2001. A novel family of magnesium transport genes in Arabidopsis. *Plant Cell* 13: 2761–2775.
- Maathuis F.J. 2009. Physiological functions of mineral macronutrients. *Curr Opin Plant Biol* 12:250-258.
- Mengel, K. and Kirkby, E. A. 2001. *Principles of Plant Nutrition* (5th Edition). Springer. Dordrecht, The Netherlands. 807 p.
- Misle, E. 2006. Determinación alométrica entre absorción mineral y biomasa en diferentes especies cultivadas. (Ciencia e investigación agraria) *Cien.Inv. Agr.* 33(1):67-71.
- Nadezda, V.K., Boitel C.M. 2013. The role of temperature in the growth and flowering of geophytes. *Plants* 2013, 2, 699-711.
- Noor-Un-Nisa M., Wahocho, N. A., Miano T. F. and Leghari, M.H. 2016. Propagation of gladiolus corms and cormels: A review. *African Journal of Biotechnology* 15:1699–1710. doi: 10.5897/AJB2012.1396
- Okubo H., Sochacki D. 2013. Botanical and Horticultural Aspects of Major Ornamental Geophytes in: Kamenetsky, R. and Okubo, H. *Ornamental geophytes from basic science to sustainable production*. Boca Raton, London: Ed. CRC Press, 697 pp.
- Orozco Hernández, María Estela. 2007. Entre la competitividad local y la competitividad global: floricultura comercial en el Estado de México. *Convergencia*, 14:111-160.
- Ovalde A. 2011. Optimization of plant mineral nutrition revisited: the roles of plant requirements, nutrient interactions, and soil properties in fertilization management. *Environmental and Experimental Biology* 9: 1–8.
- Parthasarathi T., Velu G., Jeyakumar P. 2013. Impact of Crop Heat Units on Growth and Developmental Physiology of Future Crop Production: A Review. *Journal of Crop Science and Technology* 2: 2319–3395.
- Pasha MFK, HM Ahmad, M Qasim, I Javed, 2015. Performance evaluation of zinnia cultivars for morphological traits under the Agro-climatic conditions of Faisalabad. *Eur. J Biotech. Biosci* 3: 35-38.

- Pineda-Pineda J, Avitia-García E, Castillo-González AM, Corona-Torres T, Valdez-Aguilar L. A, Gómez-Hernández J. Extracción de macronutrientes en frambueso rojo. *Terra Latinoamericana* 2008; 26: 333-340.
- Rakshit A., Singh H.B., Sen A. 2015. *Nutrient Use Efficiency: from Basics to Advances*. New Delhi, New York. Ed. Springer 417 pp.
- Ruppenthal, V.; Castro, A.M. 2005. Effect of urban waste compost on nutrition and yield of gladiolus. *Revista Brasileira de Ciencia del Suelo*. 29:145-150.
- SAGARPA. 2017. Garantiza SAGARPA el abasto de flores (Comunicado de prensa) recuperado de <https://www.gob.mx/sagarpa/prensa/garantiza-sagarpa-abasto-de-flores-para-este-10-de-mayo>.
- Serpil S. 2012. An Agricultural Pollutant: Chemical Fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development* 3: 77-80.
- Shabana R, Abd El Mohsen A.A, Gouda H.A.H, Hafez H.S. 2013. Impact of temperature fluctuation on yield and quality traits of different safflower genotypes. *Scientific Research and Review Journal* 1, 74-87.
- Shaul O. 2002. Magnesium transport and function in plants: the tip of the iceberg. *BioMetals* 15: 309–323.
- SIAP. 2014. Anuario estadístico de la producción agrícola. [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/identidad/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/identidad/index.jsp).
- Siddiqui, Z.H., Mujib, A., Samar, F., Kapoor, R., 2009. Somatic embryogenesis and genetic improvement of selected ornamentals (*Chrysanthemum*, *Euphorbia*, *Caladium* and *Cyclamen*) – a review. *Floriculture and Ornamental Biotechnology*. 3, 1–9.
- Singh SP 1992. *Gladiolus Cultivation*. Associated Pub. Com. New Dehli. pp. 1-38.
- Tagliavini, M.; Balde, E.; Nestby, R.; Raynal-Lacroix, C.; Lieten, P.; Salo, T.; Pivot, D.; Lucchi, P.; Baruzzi, G. and Faedi, W. 2004. Uptake and partitioning of major nutrients by strawberry plants. *Acta Horticulturae*. 649:197-199.
- Van Hemert, N. 2005- 'E-business and the Dutch Flower Industry: A survey for strategic opportunities', IAMA paper, In Holland University.
- Van Huylenbroeck J., 2010. Status of floriculture in Europe. In: *Protocols for in vitro propagation of ornamental plants*. Jain & Ochatt (eds.). Humana Press (New York): 365-376.

- Van Rijswijk, C. World Floriculture Map. 2016: Equator Countries Gathering Speed. Rabobank Industry Note. Utrecht, The Netherlands.
- Veatch-Blohm, M.E., Malinowski, M., Keefer, D. 2012. Leaf water status, osmotic adjustment and carbon assimilation in colored calla lilies in response to saline irrigation. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, 144:65-73.
- Wang, C. X., Gu, F., Chen, J., Yang, H., Jiang, J., Du, T., et al. 2015. Assessing the response of yield and comprehensive fruit quality of tomato grown in greenhouse to deficit irrigation and nitrogen application strategies. *Agricultural Water Management* 161: 9–19.
- White, P.J. 2001. The pathways of calcium movement to the xylem. *J Exp Bot.* 52(358):891-9.
- Xia, Y., X. Deng, P. Zhou, K. Shima, and J.A. Teixeira da Silva. 2006. The World Floriculture Industry: Dynamics of Production and Markets. In: *Floriculture, Ornamental and Plant Biotechnology: Advances and Topical Issues*. Vol. IV. Ed. J.A Teixeira da Silva, 336-347. Ltd., Isleworth, UK.
- Zafar, M.S. 2007. Efficacy of various micronutrients on growth and flowering of *Rosa hybrida* cv. Kardinal M.Sc. Thesis. Institute of Horticultural Science, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.
- Zubair M., G. Ayub., N. U. Amin., A. Rab., M. Ahmad., and N. Ara. 2013. Yield and quality of cut flowers and corm production of gladiolus vary by cultivar at three levels of nitrogen fertility. *Pak. J. Bot.*, 45(3): 967-976.