



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

CULTIVO HIDROPÓNICO Y MANEJO NUTRIMENTAL DE LA
PRODUCCIÓN ANUAL DE *Antirrhinum majus* L. EN CONDICIONES DE
INVERNADERO

ANGEL NATANAEL ROJAS VELÁZQUEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO.

2010

La presente tesis titulada: “**Cultivo hidropónico y manejo nutrimental de la producción anual de *Antirrhinum majus* L. en condiciones de invernadero.**” realizada por el alumno: **Angel Natanael Rojas Velázquez** la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

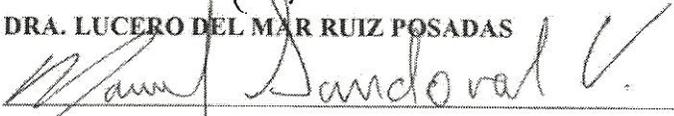
RECURSOS GÉNETICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

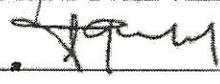
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA: 

DRA. LUCERO DEL MAR RUIZ POSADAS

ASESOR: 

DR. MANUEL SANDOVAL VILLA

ASESOR: 

DR. JUAN MANUEL GONZÁLEZ CAMACHO

ASESOR: 

DR. LUIS ALONSO VALDÉZ AGUILAR

ASESOR: 

DR. JORGE ANTONIO GUTIÉRREZ ESPINOSA

Montecillo, Texcoco, Estado de México. Noviembre de 2010.

CULTIVO HIDROPONICO Y MANEJO NUTRIMENTAL DE LA PRODUCCION ANUAL DE *Antirrhinum majus* L. EN CONDICIONES DE INVERNADERO

Angel Natanael Rojas Velázquez, Dr.
Colegio de Postgraduados 2010

La información y tecnologías para el cultivo hidropónico de perrito (*Antirrhinum majus* L.) en invernadero es limitada y requiere mayor conocimiento e investigación para el adecuado manejo del cultivo. En el presente estudio se utilizó un material de verano (Grupo IV) serie Potomac cv. Rose, para determinar los efectos del potencial osmótico (PO) en la solución nutritiva (-0.036, -0.054, -0.072, -0.090 y -0.108 MPa) en el contenido de biomasa y calidad comercial, análisis de crecimiento, absorción y extracción nutrimental, durante en cultivos de invierno y verano. En general las diferentes variables evaluadas, biomasa aérea, vida de florero y días a cosecha se vieron afectados por los tratamientos de PO y por las estaciones de crecimiento. La incorporación de distinto potencial osmótico en la solución nutritiva (invierno -0.090 MPa y verano -0.036 MPa) promovió incrementos en la acumulación de la biomasa y calidad comercial. En cuanto al a temperatura esta solo tuvo un efecto en la tasa de crecimiento del cultivo o TCC, conforme aumentan las temperaturas en la noche la tasa de crecimiento del cultivo fue aumentando, mostrando mayor TCC en verano, produciendo tasas de 2 a 4 g.día⁻¹, en el caso de invierno los valores fueron de 1g.día⁻¹. Siendo los tratamientos -0.090 y -0.072 MPa los mejores en las dos épocas. La tasa de asimilación neta (TAN) fue muy variable en las dos épocas de cultivo, teniendo altibajos en todo el ciclo de cultivo, mostrando en el verano mayores valores de asimilación fotosintética que en el invierno. El efecto de las épocas influye en el crecimiento, área foliar y actividad fotosintética lo que influye en el rendimiento en biomasa. Los cambios estacionales fueron más significativos ya que tuvieron mayor influencia en todas las variables evaluadas. Aunque la mejor absorción y extracción de nutrientes se vio con -0.036 MPa en verano, para el cultivo de perrito en condiciones comerciales se deben recomendar potenciales osmóticos de -0.054 MPa en verano o 1.5 dSm⁻¹ de conductividad eléctrica, para prevenir reducciones en el rendimiento causadas por una baja concentración de cualquiera de los elementos esenciales. En el invierno fueron los tratamientos de mayor potencial osmótico -0.090 y 0.108 MPa los que mejor extracción tuvieron aumentando el contenido de biomasa y esto le da mayor peso fresco a los tallos en la calidad comercial.

Palabras clave: análisis de crecimiento, absorción, extracción, hidroponía, invernaderos

HYDROPONICS AND NUTRITIONAL PRACTICE ANNUAL PRODUCTION (*Antirrhinum majus* L.) UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

Angel Natanael Rojas Velázquez, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2010

The information and technology to the hydroponic cultivation of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) in the greenhouse is limited and requires more knowledge and research for the proper crop management. In this study, a summer material (Group IV) cv Potomac series. Rose, to determine the effects of osmotic potential (OP) in the nutrient solution (-0.036, -0.054, -0.072, -0.090 and -0.108 MPa) in the biomass content and commercial quality, analysis of growth, nutrient absorption and extraction during in winter and summer crops. In general the different variables, biomass, vase life and days to harvest was affected by OP treatments and growing seasons. The incorporation of different osmotic potential in nutrient solution (winter -0.090 and summer -0.036 MPa) promoted increases in the accumulation of biomass and merchantable quality. As the temperature is alone had an effect on crop growth rate or CGR, as temperatures increase at night the crop growth rate increased, showing higher CGR in summer, producing rates of 2 to 4 g.day⁻¹, in the case of winter values were 1g.día⁻¹. Being -0.090 and -0.072 MPa treatments the best in both seasons. Net Assimilation Rate (NAR) was very variable in the two growing seasons, with ups and downs throughout the season, with summer showing higher values of photosynthetic assimilation in the winter. The effect of the times influences the growth, leaf area and photosynthetic activity which influences the biomass yield. The seasonal changes were more significant because it had major influence on all variables. Although the better nutrient absorption and extraction was with -0.036 MPa in summer, nutrient absorption can vary from day to day depending on growing conditions and environmental factors for growing snapdragon on a commercial basis should be recommended osmotic potential of -0.054 MPa in summer or 1.5 dS m⁻¹ electrical conductivity to prevent yield reductions caused by a low concentration of any of the essential elements. In the winter were higher osmotic potential treatments -0.108 and -0.090 MPa had the best extraction increasing biomass content and this gives greater weight to the stems in fresh commercial quality.

Key words: growth analysis, absorption, extraction, hydroponic, greenhouse

AGRADECIMIENTOS

A **CONACyT y Colegio de Postgraduados** por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios doctorales.

A la **Dra. Lucero del Mar Ruiz Posadas** por su amistad y sus valiosas aportaciones y consejos durante la dirección, la realización y la revisión de ésta tesis.

Al **Dr. Manuel Sandoval Villa** por su dirección y apoyo durante la investigación. Por las observaciones y sugerencias hechas durante la realización y revisión del trabajo.

Al **Dr. Juan Manuel González Camacho, Dr. Jorge Antonio Gutiérrez Espinosa y Dr. Luís Alonso Valdés Aguilar** por sus consejos y apoyo brindado durante la realización y revisión de este trabajo.

A mis Amigos que me acompañaron durante este breve pero muy significativo lapso de tiempo, en especial a **César del Angel, Edwin Barrios, Mario Rocandio, Dr. Amalio Santacruz, Eliodoro, Sandra, Marthiña y Miguel (Pelón)**.

A los Amigos del huerto de Fruticultura por brindarme su amistad y poyo durante este tiempo, **José Luís Sánchez (Güero), Dr. Guillermo Calderón Zavala, Dr. Eduardo García Villanueva, Olga, Rocío, Jesús, Guadalupe y Joel**.

A todas las personas que me han brindado su apoyo y amistad durante este periodo de mi vida y formación académica.

A todos, mi más sincero agradecimiento.

DEDICATORIA

A DIOS: por darme la vida y brindarme siempre su protección, porque no hay nadie más grande que él.

A MIS PADRES por sus consejos y apoyo durante toda mi vida, gracias

A MI ESPOSA LUDY por el gran amor que siempre ha existido entre nosotros, el apoyo, el cariño, la amistad y la comprensión que siempre me has brindado.

Te amo y siempre te amaré

Lo que Dios unió no lo separe el hombre

A MIS HIJOS ANGEL Y ANYLÚ por que iluminan mi vida, han sido y serán siempre el motor que me impulsa a seguir adelante cada día y dar lo mejor de mí.

Los quiero mucho y gracias por existir

CONTENIDO

RESUMEN.....	ii
ABSTRACT.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIA.....	v
CONTENIDO.....	vi
LISTA DE CUADROS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
CAPITULO II. DISTRIBUCION DE MATERIA SECA Y CALIDAD COMERCIAL EN RESPUESTA DEL PERRITO (<i>Antirrhinum majus</i> L.) PARA FLOR DE CORTE AL POTENCIAL OSMÓTICO.....	4
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
Condiciones ambientales.....	7
Materiales.....	7
Solución Nutritiva.....	7

Tratamientos.....	8
VARIABLES EVALUADAS.....	10
Análisis Estadístico.....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
CONCLUSIONES.....	19
LITERATURA CITADA.....	21
CAPITULO III. ANALISIS DE CRECIMIENTO EN RESPUESTA DEL PERRITO (<i>Antirrhinum majus</i> L.) PARA FLOR DE CORTE AL POTENCIAL OSMÓTICO.....	26
RESUMEN.....	26
ABSTRACT.....	27
INTRODUCCIÓN.....	28
MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
Condiciones ambientales.....	29
Materiales.....	29
Solución Nutritiva.....	29
Tratamientos.....	30
Eficiencia Fisiológica.....	30
Tasa Relativa de Crecimiento (TRC).....	31

Índice de Área Foliar (IAF).....	31
Tasa de asimilación Neta (TAN).....	31
Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC).....	31
Razón de área Foliar (RAF).....	32
Análisis Estadístico.....	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
Temperatura.....	33
Índice de Área Foliar (IAF).....	33
Razón de área Foliar (RAF).....	34
Tasa Relativa de Crecimiento (TRC).....	36
Tasa de asimilación Neta (TAN).....	37
Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC).....	37
CONCLUSIONES.....	38
LITERATURA CITADA.....	41
CAPITULO III. EXTRACCIÓN Y ABSORCIÓN NUTRIMENTAL EN PLANTAS DE PERRITO (<i>Antirrhinum majus</i> L.) PARA FLOR DE CORTE CON DIFERENTE POTENCIAL OSMÓTICO.....	45
RESUMEN.....	45
ABSTRACT.....	46
INTRODUCCIÓN.....	47

MATERIALES Y MÉTODOS.....	49
Condiciones ambientales.....	49
Materiales.....	49
Solución Nutritiva.....	50
Tratamientos.....	50
Variables evaluadas.....	50
Diagnostico Nutrimental.....	51
Análisis Estadístico.....	51
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
Dinámica del Contenido Nutrimental.....	53
Diagnostico Nutrimental (DOP).....	53
Dinámica de Extracción Nutrimental.....	57
Correlación entre biomasa y extracción.....	63
CONCLUSIONES.....	65
LITERATURA CITADA.....	70
CONCLUSIONES GENERALES.....	73

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pagina
1	Composición iónica de las soluciones nutritivas evaluadas en el cultivo hidropónico de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.) en invierno y verano.....	8
2	Estándares usados para la comercialización de tallos de Perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.) para flor de corte de acuerdo a los criterios de la Sociedad Americana de Floristas (*SAF).....	12
3	Calidad comercial SAF, días a cosecha y vida de florero en perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.) con diferentes presiones osmóticas en invierno y verano.....	20
4	Componentes de los parámetros de crecimiento determinados en Perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.) con soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico.....	32
5	Contenido de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio, durante el ciclo de cultivo de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.), con soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico en verano.....	54
6	Contenido de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio, durante el ciclo de cultivo de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.), con soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico en invierno.....	55
7	Índices de la desviación del optimo porcentual (DOP) de macronutrientos, durante el ciclo de cultivo de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.), con soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico en verano e invierno.....	57
8	Valores de extracción de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio, en base a biomasa durante el ciclo de cultivo de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.), con soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico en verano.....	59
9	Valores de extracción de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio, en base a biomasa durante el ciclo de cultivo de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.), con soluciones nutritivas con diferente	

potencial osmótico en invierno..... 60

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pagina
1	Establecimiento de plantas de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.) en invernadero con soluciones nutritivas de diferente potencial osmótico. A: Plántulas en charola; B: Invernadero túnel; C: Tezontle y goteros de riego; D: Líneas de riego; E: Malla de tutoreo; F: Tinacos con solución nutritiva y distribución del riego.....	9
2	Vida poscosecha de plantas de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.) en invernadero con soluciones nutritivas de diferente potencial osmótico. A: Punto de corte; B: Acomodo de tratamientos; C: Tallos en agua destilada; D: Espigas de tratamientos; E: Floretes; F: Tallo de 50cm y la base sin hojas.....	11
3	Acumulación de biomasa durante dos ciclos de cultivo de la planta de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.) con diferente potencial osmótico. A= Verano; B= Invierno; DDT= Días después del trasplante.....	13
4	Efecto de la época en la acumulación de biomasa en los diferentes órganos de la planta de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.) con diferente potencial osmótico. Letras con diferente valor en cada columna denotan diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). H = hojas; T = tallo; HL= hojas tallo lateral; TL= tallo lateral; R= raíz; E= espigas.....	15
5	Efecto del PO en la distribución de la biomasa en la cosecha en los diferentes órganos de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.) en A= verano; B =invierno; T= tallo; H= hoja; R= raíz; E= espiga; HTL= hoja de tallo lateral; TL= tallo lateral.....	16
6	Regresión polinómica de los valores promedio del área foliar total en tres fechas de muestreo en el perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.) con soluciones nutritivas con diferente PO en invierno (A, I=50, II=100, III= 130 días) y verano (B, I=30, II=60 y III=80 días).....	18
7	Regresión Polinómica de las variables del análisis de crecimiento en la planta de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.) con diferente potencial	

	osmótico. Índice de Área Foliar (IAF): A = verano B= invierno; Razón de área Foliar (RAF): C = verano D= invierno.....	35
8	Variables del análisis de crecimiento en la planta de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.) con diferente potencial osmótico en verano. A = Tasa Relativa de Crecimiento (TRC); B= Tasa de asimilación Neta (TAN); C= Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC).....	39
9	Variables del análisis de crecimiento en la planta de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.) con diferente potencial osmótico en invierno. A = Tasa Relativa de Crecimiento (TRC); B= Tasa de asimilación Neta (TAN); C= Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC).....	40
10	Preparación de muestras para determinación de nutrimentos de plantas de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.) en invernadero con soluciones nutritivas de diferente potencial osmótico. A: Digestión de muestras; B: Filtrado de muestras; C: Muestras filtradas para K y micronutrientes; D: Diluciones para Ca y Mg; E: Toma de datos de P en el espectrofotómetro.....	52
11	Contenido de extracción en el verano de los macroelementos en la planta de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.) con diferente potencial osmótico. A= nitrógeno; B= fósforo; C=potasio; D= calcio; E=magnesio.....	62
12	Contenido de extracción en el invierno de los macroelementos en la planta de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.) con diferente potencial osmótico. A= nitrógeno; B= fósforo; C=potasio; D= calcio; E=magnesio.....	63
13	Regresión lineal de la biomasa total y la extracción de macronutrientes en el cultivo de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.) con soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico. Nitrógeno (N): A=verano y B= invierno; Fosforo (P_2O_5): C=verano y D= invierno; Potasio (K_2O): E= verano y F=invierno.....	66
14	Regresión lineal de la biomasa total y la extracción de	

	macronutrientes en el cultivo de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.) con soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico. Calcio (CaO): G=verano y H= invierno; Magnesio (MgO): I=verano y J=invierno.....	68
15	Efecto de la época en el contenido de absorción y extracción de los macroelementos en la planta de perrito (<i>Antirrhinum majus</i> L.) con diferente potencial osmótico. A= absorción; B= extracción. N= nitrógeno, P= fósforo; K=potasio; Ca= calcio; Mg=magnesio; v=verano con PO de -0.036MPa; i=invierno con PO de -0.108MPa...	69

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN GENERAL

En México la floricultura se ha consolidado como una actividad agrícola que representa cada vez mayor rentabilidad, como ejemplo de ello se tiene al cultivo de rosas, liliun, clavel, gerbera, entre otras especies (Claridades Agropecuarias, 2007). El cultivo de perrito (*Antirrhinum majus* L.) es una especie comercial poco explotada en nuestro país, pero cada vez ha ido aumentando su producción en algunos estados como, el Estado de México, Puebla, Guadalajara, Baja California, entre otros (Rojas, 2005). Es una especie con un alto potencial productivo, por lo que es importante realizar estudios sobre las condiciones y prácticas agrícolas más convenientes para su cultivo. Mediante el uso de prácticas agrícolas se provee a los cultivos las condiciones mas favorables para la expresión del mayor rendimiento potencial; dentro de dichas prácticas destaca el manejo de la nutrición mineral. La cual es un conjunto de procesos que contribuyen al crecimiento y desarrollo de las plantas. Para la producción de ornamentales, tecnologías como el cultivo hidropónico, han sido desarrolladas e implementadas para eficientizar los esquemas de producción disminuyendo el uso de agua, fertilizantes y contaminación de los recursos naturales (Sonneveld, 2004). De igual manera, han permitido realizar actividad productiva en lugares donde el recurso suelo es limitante para la agricultura además de incrementar las densidades de plantación, los rendimientos y la calidad comercial (Urrestarazu, 2004). Para el éxito en el cultivo hidropónico es muy importante la composición de la solución nutritiva, por lo que deben tomarse en cuenta varios factores como la especie, estado de desarrollo de la planta, el propósito comercial, estación del año, clima y calidad del agua entre otros (Baixauli y Aguilar, 2002; Roupheal, et al., 2006).

El crecimiento y desarrollo de las plantas como respuesta a la solución nutritiva del cultivo hidropónico, depende de varios factores, el más importante de éstos es la concentración total de iones, expresada como presión osmótica (PO) de la solución nutritiva, que depende de la cantidad de solutos disueltos (Steiner, 1966,1968; Sonneveld, 2004; Preciado, 2001; Juárez Hernández *et al.*, 2006). La PO debe variarse de acuerdo a la época del año en que se realice el cultivo, pues si la PO es muy alta debido al incremento en el contenido de nutrientes en la solución nutritiva, provoca que la planta realice un esfuerzo mayor para absorber agua y algunos

nutrientes (Salas y Urrestarazu, 2001; Juárez Hernández *et al.*, 2006) y por consiguiente se presenta un desgaste de energía metabólica (Salisbury y Ross, 2000).

La concentración iónica de una solución nutritiva (mmol L^{-1}) puede expresarse en términos de presión osmótica (PO), definiéndose como el parámetro que indica la energía asociada al agua como consecuencia de los iones disueltos en ella (Sherman *et al.*, 2001). De diferentes maneras la PO de la solución nutritiva afecta a las plantas. Un efecto general es el aumento del contenido de la materia seca con el incremento de la salinidad por la acumulación de nutrientes (Sonneveld, 2004). En crisantemo el peso seco, altura y área foliar se incrementaron al aumentar la PO y los días a cosecha disminuyeron (Ruvalcaba, *et al.*, 2005). Mencionan De Kreij y Van Os (1989) en gerbera y Urban *et al.* (1995) en rosa, que la salinidad no afecta la vida media en el florero. Entre los aspectos negativos de la PO en flor cortada están la reducción del tamaño de las mismas, el descenso de la longitud y grosor de tallo y falta de color de las hojas en rosa (Ehret *et al.*, 2005). En algunos casos como en el *Ranunculos asiaticus* se reduce la calidad de la flor en una disminución del peso seco, diámetro y longitud del tallo debido a la salinidad (Valdez-Aguilar *et al.*, 2009).

A pesar de la información existente sobre la implementación de sistemas hidropónicos y su influencia sobre el crecimiento, desarrollo y calidad comercial de un gran número de cultivos ornamentales, la información y tecnologías para el cultivo hidropónico de perrito (*Antirrhinum majus* L.) es limitada y requiere el desarrollo de un mayor nivel de conocimiento e investigación para el adecuado manejo del cultivo.

Objetivos generales:

- Determinar el efecto del potencial osmótico en el suministro de nutrimentos en la solución nutritiva en el cultivo de perrito.
- Determinar el efecto de las estaciones de crecimiento en el cultivo de perrito.
- Determinar si el potencial osmótico cambia la distribución de la biomasa en el cultivo de perrito.
- Determinar si la calidad comercial es afectada por los diferentes potenciales osmóticos en la solución.

- Determinar el efecto del potencial osmótico en la absorción y extracción nutrimental de macro y micro nutrientes por el cultivo de perrito.
- Determinar el efecto del potencial osmótico en los índices de análisis de crecimiento del cultivo en perrito.

Hipótesis generales:

- La distribución de biomasa varía por efecto del suministro de nutrimentos y las estaciones de crecimiento.
- La calidad comercial del cultivo de perrito es afectada por el potencial osmótico y las estaciones de crecimiento.
- La absorción y extracción nutrimental es afectada por el potencial osmótico y por las estaciones de crecimiento.
- Los índices de análisis de crecimiento del cultivo de perrito es afectado por el potencial osmótico y las estaciones de crecimiento.

CAPITULO II

DISTRIBUCION DE MATERIA SECA Y CALIDAD COMERCIAL EN RESPUESTA DEL PERRITO (*Antirrhinum majus* L.) PARA FLOR DE CORTE AL POTENCIAL OSMÓTICO

RESUMEN

La información y tecnologías para el cultivo hidropónico de perrito (*Antirrhinum majus* L.) en invernadero es limitada y requiere mayor conocimiento e investigación para el adecuado manejo del cultivo. En el presente estudio se utilizó un material de verano (Grupo IV) serie Potomac cv. Rose, para determinar los efectos del potencial osmótico (PO) en la solución nutritiva (-0.036, -0.054, -0.072, -0.090 y -0.108 MPa) en el contenido de biomasa y calidad comercial durante en cultivos de invierno y verano. En general las diferentes variables evaluadas, biomasa aérea, vida de florero y días a cosecha se vieron afectados por los tratamientos de PO y por las estaciones de crecimiento. El incremento de biomasa aérea total fue mayor en el invierno comparado con el verano (33.4. y 23.3 g/planta respectivamente). El mejor tratamiento fue -0.090 MPa en invierno y -0.036 MPa en el verano. El área foliar se comportó de manera similar a la acumulación de materia seca, siendo el tratamiento -0.072 MPa el que mayor influencia tuvo. Los días a cosecha aumentaron en 25 a 60 días más en invierno que en verano, la vida de florero aumentó 4 días. La calidad SAF (Sociedad de Floristas Americanos) fue disminuida en el invierno por la menor longitud del tallo que no alcanzó a llegar al estándar requerido para una mejor calidad, quedándose en sofisticada. En verano todos los tratamientos obtuvieron mejor calidad, especial. La incorporación de distinto potencial osmótico en la solución nutritiva (invierno -0.090 MPa y verano -0.036 MPa) promovió incrementos en la acumulación de la biomasa y calidad comercial. Los cambios estacionales fueron más significativos ya que tuvieron mayor influencia en todas las variables evaluadas.

**Distribution of Dry Matter and Commercial Quality in Response of Cut Snapdragon
(*Antirrhinum majus* L.) to the Osmotic Potential**

ABSTRACT

The information and technologies for the cultivation Snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) in sand culture it is limited and it requires bigger knowledge and investigation for the appropriate handling of the cultivation. The Present study was carried out in a summer material (Group IV) series Potomac cv. Rose, they allowed to determine the effects of the osmotic potential of the nutrient solution (-0.036, -0.054, -0.072, -0.090 and -0.108 MPa.) in the content of biomass and commercial quality of plants grown in two seasons (winter and summer). In general the different parameter evaluated, aerial biomass, life of vase and days to harvest, were affected mostly by the growing season. Total aerial biomass was higher in plants grown in the winter compared to those grown in the summer (33.4. y 23.3 g/plant respectively), being the solutions with a osmotic potential (PO) of -0.090 in the winter and -0.036 MPa in the summer those that resulted in plants with the highest aerial biomass. Leaf area behaves from a similar way to the accumulation of dry matter, being the treatment -0.072 MPa the one that bigger influence had. Days to harvest were increased in the winter by 25 to 60 days compared to those of summer plants, which was associated to an increase in vasselife of 4 days. Cut flowers quality according to SAF (Society of American Florists) parameters was lower in winter plants due to the reduction in stem length, causing plants not to meet the standards required for best quality; they were classified in the sophisticated scale. However, summer plants met the best quality parameters, being classified as special. Irrigation with different PO in the nutrient solution (-0.090 MPa in the winter and summer -0.036 MPa) promoted increments in the accumulation of biomass and commercial quality, however, the effect of the growing season had more influence in all the growth parameters assessed.

INTRODUCCIÓN

Para la producción de ornamentales, tecnologías como el cultivo hidropónico, han sido desarrolladas e implementadas para eficientizar los esquemas de producción disminuyendo el uso de agua, fertilizantes y contaminación de los recursos naturales (Sonneveld, 2004). De igual manera, han permitido realizar actividad productiva en lugares donde el recurso suelo es limitante para la agricultura además de incrementar las densidades de plantación, los rendimientos y la calidad comercial (Urrestarazu, 2004). Para el éxito en el cultivo hidropónico es muy importante la composición de la solución nutritiva, por lo que deben tomarse en cuenta varios factores como la especie, estado de desarrollo de la planta, el propósito comercial, estación del año, clima y calidad del agua entre otros (Baixauli y Aguilar, 2002; Roupael, et al., 2006).

El crecimiento y desarrollo de las plantas como respuesta a la solución nutritiva del cultivo hidropónico, depende de varios factores, el más importante de éstos es la concentración total de iones, expresada como presión osmótica (PO) de la solución nutritiva, que depende de la cantidad de solutos disueltos (Steiner, 1966,1968; Sonneveld, 2004; Preciado, 2001; Juárez Hernández *et al.*, 2006). La PO debe variarse de acuerdo a la época del año en que se realice el cultivo, pues si la PO es muy alta debido al incremento en el contenido de nutrientes en la solución nutritiva, provoca que la planta realice un esfuerzo mayor para absorber agua y algunos nutrientes (Salas y Urrestarazu, 2001; Juárez Hernández *et al.*, 2006) y por consiguiente se presenta un desgaste de energía metabólica (Salisbury y Ross, 2000). Además el clima en las diferentes épocas de crecimiento puede afectar los cultivos. Mencionan Khattak y Pearson (2005), que la temperatura se relaciona directamente con la velocidad del crecimiento y el fotoperiodo determina la iniciación a floración en los cultivos. En el perrito es posible su cultivo durante todo el año por la clasificación de sus cultivares en cuatro grupos de respuesta a la luz y la temperatura (Rojas, 2005). En los cultivares que no se usan de acuerdo a su clasificación las temperaturas nocturnas por debajo de los 0 °C prolonga los periodos de ocurrencia de las etapas fenológicas, debido a que disminuyen la tasa de fotosíntesis, respiración y translocación de carbohidratos a los puntos de demanda (Munir et al., 2004a y b). La solución nutritiva con diferente potencial osmótico asociada con la temperatura y la luz, son factores importantes que disminuyen el crecimiento y desarrollo del cultivo y por lo tanto reducen su producción (Salas y Urrestarazu, 2001).

Con base a lo anterior el objetivo del presente trabajo fue determinar la materia seca, área foliar y calidad comercial en las plantas de perrito bajo diferentes niveles de PO (-0.036, -0.054, -0.072, -0.090 y -0.108 MPa) en la solución nutritiva durante el crecimiento y desarrollo en verano e invierno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones ambientales

El trabajo se realizó durante el invierno (noviembre 2007 a abril 2008) y verano (mayo a septiembre 2008) en los invernaderos del Colegio de Postgraduados (Figura 1) en el campus Montecillo (19° 29' N y 98° 53' O). Las temperaturas medias registradas durante el día y la noche fueron de 21 y 13 °C y de 23 y 15°C para las estaciones de invierno y verano respectivamente.

Materiales (Figura 1)

Plántulas de perrito (*Antirrhinum majus* L.), de la serie de verano Potomac cv. 'Rose'(Pan American Seeds Co., IL, USA), fueron generadas de semilla y tras desarrollar dos pares de hojas verdaderas (5 semanas), se trasplantaron en tezontle rojo (roca volcánica) tamizado de 4 a 6 mm de diámetro. Como contenedores se usaron bolsas de polietileno negro de calibre 700 con capacidad de 15 L. Transcurridos 30 días después del trasplante se colocó una malla de tutoreo plástica (17.5x17.5 cm; Polietilenos del Sur^{MR}, Jiutepec, Morelos, México).

Solución Nutritiva

Las soluciones nutritivas (Cuadro 1) se implementaron después del trasplante. Para obtener las diferentes PO en la solución nutritiva de Steiner, se usaron concentraciones crecientes de nutrimentos, a las cuales se les restó las concentraciones de los diferentes iones contenidos en el agua de riego, ajustándose el pH de la solución diariamente a 5.5 con H₂SO₄ 1N y la CE, la que se utilizó para obtener los valores teóricos de PO mediante la ecuación: $PO \text{ (atm)} = -CE \text{ (dSm}^{-1}) \text{ } 0.36$. Las fuentes fertilizantes a utilizar para los macronutrimentos fueron: nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de potasio y fosfato monopotásico. Se usó la siguiente concentración de micronutrimentos (en mg L⁻¹) Fe 5.0, Mn 1.6, Zn 0.023, Cu 0.011 y B 0.865. Las fuentes de micronutrimentos se prepararon con sales grado reactivo: ácido bórico,

sulfato de manganeso, sulfato de zinc, sulfato de cobre, molibdato de sodio y el hierro el cual se suministró en forma de quelato Fe-EDTA. La solución nutritiva, se aplicó con el agua de riego, diariamente (600 ml/ riego/ contenedor), dos veces por día, mediante un sistema de goteo por gravedad.

Cuadro 1. Composición iónica de las soluciones nutritivas evaluadas en el cultivo hidropónico de perrito (*Antirrhinum majus* L.) en invierno y verano.

Soluciones (PO)	Cationes				Aniones				CE
	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Σ	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	Σ	
MPa [*]	-----meL ⁻¹ -----								dSm ⁻¹
0.036	3.5	4.5	2.0	10	6.0	0.50	3.5	10	1.0
0.054	5.25	6.75	3.0	15	9.0	0.75	5.25	15	1.5
0.072 [†]	7.0	9.0	4.0	20	12	1.0	7.0	20	2.0
0.090	8.75	11.25	5.0	25	15	1.25	8.75	25	2.5
0.108	10.5	13.5	6.0	30	18	1.50	10.5	30	3.0

*Mpa= 10 bares

† Solución Steiner (1966).

Tratamientos

En el experimento se evaluaron cinco tratamientos con diferentes PO (0.036, 0.054, 0.072, 0.090 y 0.108 MPa). Un número de 120 plantas por tratamiento fueron utilizadas, cada una como



Figura 1. Establecimiento de plantas de perrito (*Antirrhinum majus* L.) en invernadero con soluciones nutritivas de diferente potencial osmótico. A: Plántulas en charola; B: Invernadero túnel; C: Tezontle y goteros de riego; D: Líneas de riego; E: Malla de tutoreo; F: Tinacos con solución nutritiva y distribución del riego.

repetición. Dentro del invernadero se colocaron cuatro plantas por contenedor, teniendo 10 contenedores de cada tratamiento, distribuidos completamente al azar, dando una densidad de 60 plantas/ m².

Variables evaluadas

Biomasa, se muestrearon seis plantas cada 10 días del total del tallo y por órgano los cuales se secaron en una estufa con aire forzado (Precisión 17 GCA Corp.) a 70 °C de 48 a 72 horas, obteniéndose la biomasa con una balanza electrónica (Explorer 0.001 g, Ohaus Corp.; USA).

El área foliar se midió de seis plantas cada 10 días con un integrador de área foliar (LICOR, Lincoln, USA).

Días a cosecha, se midió desde el trasplante hasta el día que se cosecharon los tallos. La cosecha se realizó cuando la inflorescencia alcanzo la madurez comercial, es decir, cuando dos terceras partes de los floretes contenidos en el racimo floral se encontraban abiertos.

La vida de florero (Figura 2), en las dos épocas se utilizaron 12 tallos que se cortaron de 50 cm de largo a los cuales se les removieron las hojas basales hasta 15 cm. Se colocaron dos tallos en vasos de plástico transparente de un litro y se les agregó 500 ml de agua destilada, la cual se cambiaba cada dos días. La vida de florero fue definida por el número de días de la cosecha hasta que el 50% de los floretes de la espiga estuvieron abiertos de color café o marchitos (Kenneth and Stimart *et al* 2001).

La calidad comercial se midió según la sociedad de floristas americanos (SAF) donde se utiliza la biomasa fresca, longitud del tallo y el número de floretes (Cuadro 2).

Análisis estadístico

Para el análisis se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) a los pesos secos de cada órgano de la planta en la cosecha, días a cosecha, vida de florero y variables SAF. También se utilizó una regresión polinómica para ver la respuesta de las variables a las diferentes PO en distintas etapas de crecimiento en el área foliar.



Figura 2. Vida poscosecha de plantas de perrito (*Antirrhinum majus* L.) en invernadero con soluciones nutritivas de diferente potencial osmótico. A: Punto de corte; B: Acomodo de tratamientos; C: Tallos en agua destilada; D: Espigas de tratamientos; E: Floretes; F: Tallo de 50cm y la base sin hojas.

Cuadro 2. Estándares usados para la comercialización de tallos de Perrito (*Antirrhinum majus* L.) para flor de corte de acuerdo a los criterios de la Sociedad Americana de Floristas (*SAF).

Categoría	BF (g)	LT(cm)	NF(#)
Especial	71-113	91	15
Sofisticada	43-70	76	12
Extra	29-42	61	9
Primera	14-18	46	6

*Society of American Florists (SAF); BF = biomasa fresca; LT = longitud del tallo; NF = número de floretes abiertos en espiga.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a la acumulación total de biomasa aérea por fecha de muestreo (Figura 3 A y B), se puede observar que hay un claro efecto por época y fecha de muestreo. La acumulación de biomasa en las dos épocas se comportó similar hasta los 60 días después del trasplante, después de esto el crecimiento fue mucho mayor, en el invierno la acumulación total fue de 25 y 35 g biomasa/ planta a los 130 días y en el verano la acumulación fue menor de 20 a 25 g biomasa/ planta teniendo menor cantidad de días para su acumulación (80 días). Coincidiendo esto con el trabajo de Miranda *et al.* (2009) donde los cultivares de verano prolongaron 25 días más que los de invierno. La temperatura se relaciona directamente con la velocidad del crecimiento y el fotoperiodo determina la iniciación a floración (Khattak y Pearson, 2005). Esto es debido a que los cultivares de verano, requieren temperaturas entre 18 a 28/ 14 a 18 °C día/ noche y fotoperiodos largos, mayor de 10 h (Cocksull, 1985, Hamrick, 2003). Las temperaturas nocturnas por debajo de los 0 °C prolonga los periodos de ocurrencia de las etapas fenológicas, debido a que disminuyen la tasa de fotosíntesis, respiración y translocación de carbohidratos a los puntos de demanda (Munir et al., 2004a y b). Esto deja claro que los cultivares de verano de perrito se ven afectados por la época invernal, porque hay menor temperatura y luminosidad lo que hace que el crecimiento sea más lento y por lo tanto tiene que pasar más tiempo para que

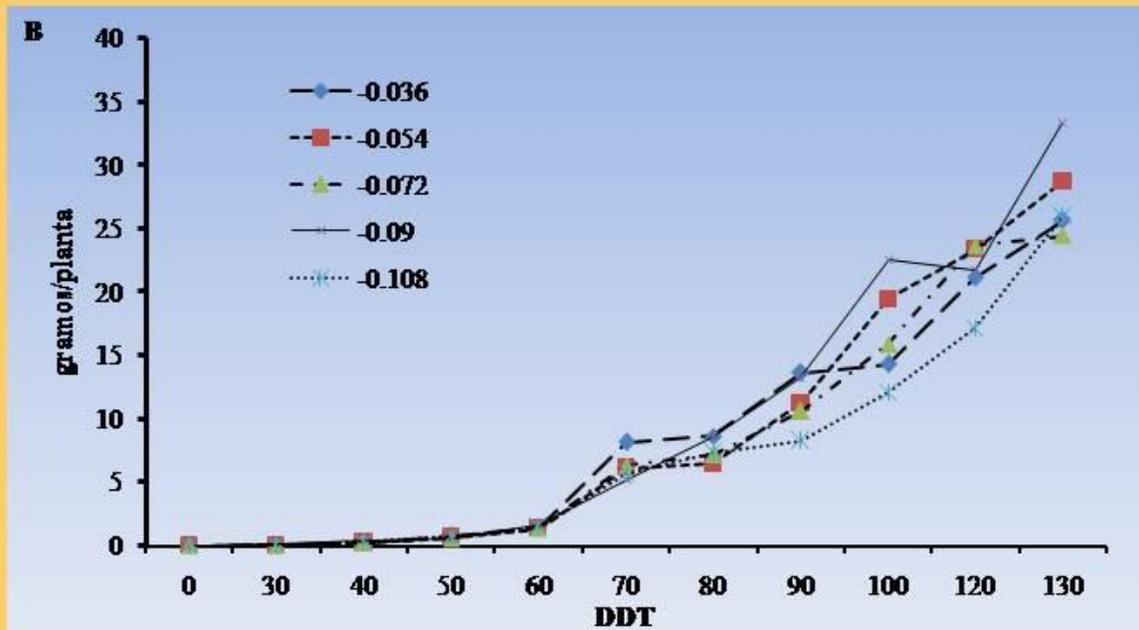
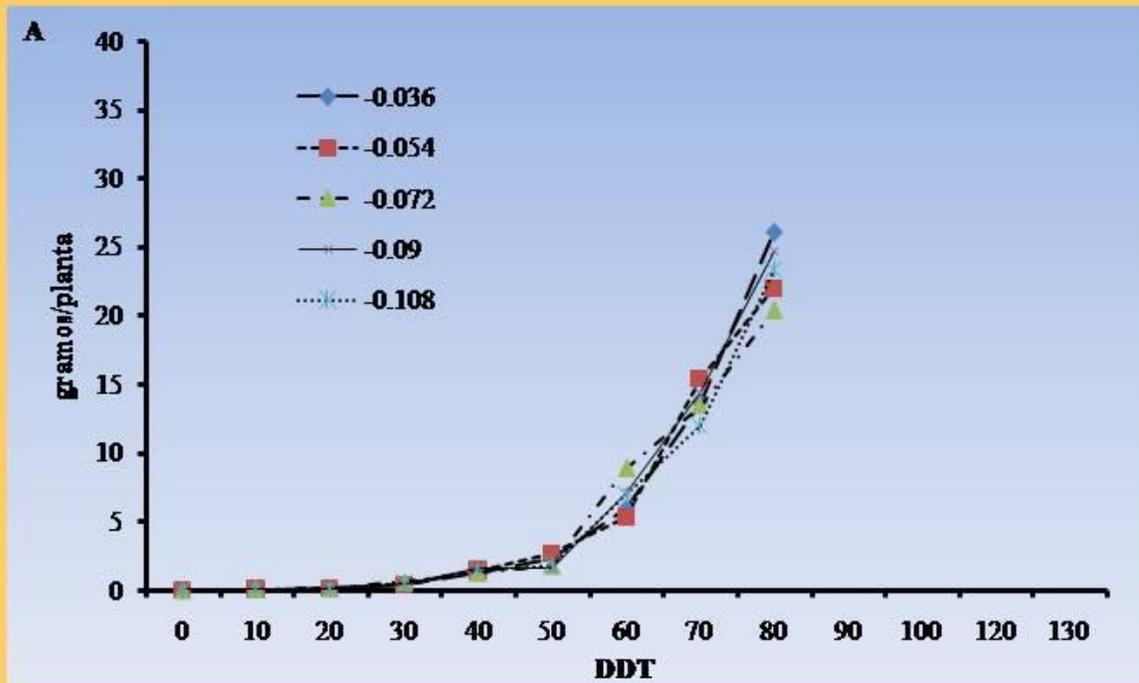


Figura 3. Acumulación de biomasa durante dos ciclos de cultivo de la planta de perito (*Antirrhinum majus* L.) con diferente potencial osmótico. A= Verano; B= Invierno; DDT= Días después del trasplante.

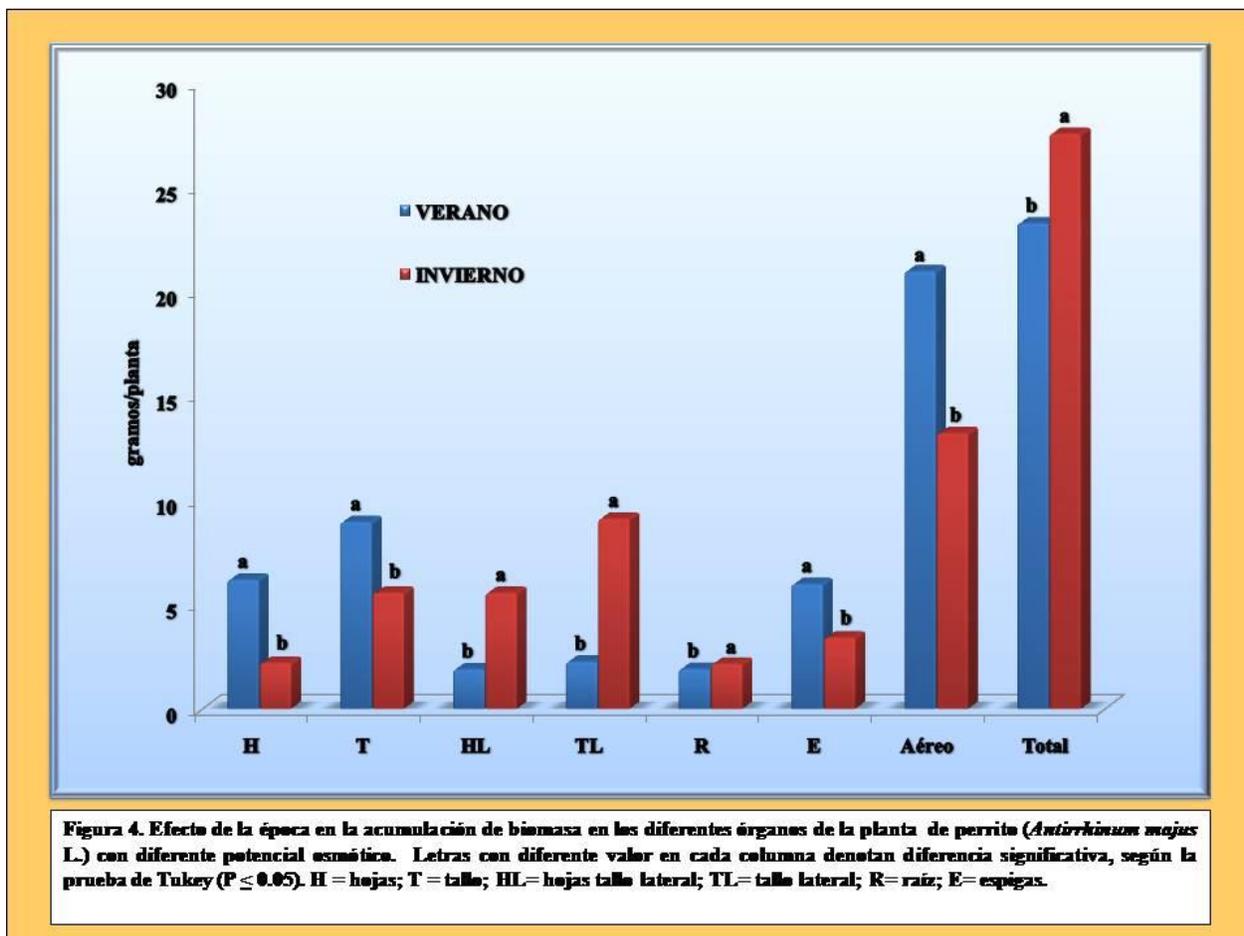
pueda llegar a cosecha, sin embargo debido a esto hay mayor acumulación de biomasa en la planta.

En los muestreos iniciales, no hay efecto de variaciones en PO sobre la acumulación de biomasa (Figura 3 A y B). La diferencia empezó después de los 60 días después del trasplante, en el verano (Figura 3A) la acumulación de biomasa alcanzó su mayor valor con -0.036 MPa. Menciona Sonneveld (2004), que en épocas de intensa radiación la solución del sustrato aumenta CE, entonces se tiene que disminuir esta, porque una alta salinidad, y el alto PO asociado a la solución, restringen la absorción de agua. En soluciones con menor cantidad de nutrientes la PO es baja, lo que resulta en una mayor disponibilidad de agua por lo que la planta en el verano tiene mayor eficiencia en su utilización. Durante el invierno los efectos de variaciones de PO sobre acumulación de biomasa fueron incrementándose gradualmente hasta alcanzar su mayor valor en -0.090 MPa (Figura 3B). Mencionan Salas y Urrestarazu (2001) que en las épocas frías el sustrato disminuye su CE, por lo que se tiene que aumentar la concentración de la solución nutritiva. EL incremento de biomasa en este trabajo pudo ser afectado por la PO de la solución nutritiva al incrementar la CE en la rizosfera (Savvas y Lens, 1994; Schwarz y Kuchenbuch, 1997).

Se observó un claro efecto por época en la acumulación de biomasa en la cosecha en los diferentes órganos (Grafico 4). Podemos observar que se acumuló mayor biomasa en hojas, tallos, espiga, biomasa aérea en el verano siendo estadísticamente diferente a los de invierno. En raíz, hoja lateral, tallo lateral y biomasa total se observó mayor acumulación en invierno. Coincidiendo esto con lo mencionado por Karlsson y Werner (2001), que la temperatura promedio diaria es determinante en la tasa de desarrollo del cultivo, mientras que el fotoperiodo afecta los procesos internos de desarrollo (Catley *et al.*, 2002).

El efecto de los tratamientos de potencial osmótico mostró en la época de invierno (Figura 5B), una mayor acumulación de biomasa en el desarrollo de laterales tanto en hojas como en tallos, Mostrando una clara tendencia a incrementar en su proporción de acuerdo con los incrementos en PO siendo -0.090 MPa el tratamiento que arrojó la mayor acumulación en estos órganos. El mayor crecimiento en laterales pudo haber influido en el bajo crecimiento del tallo principal, ya que cuando los días son cortos, las plantas de perrito tienden a producir vegetación lo que influye en la acumulación de la biomasa total (Hamrick, 2003). En contraste, durante la época de verano, la producción de laterales (tallos y hojas) fue mínima. Observando tallos

florales donde el tallo y hojas principales conforman esencialmente la arquitectura de los tallos con reducido desarrollo de laterales. En lo que respecta a los efectos de PO sobre la distribución en acumulación de materia seca, los menores PO fueron los que contribuyeron al mayor desarrollo de principales en tallos y hojas (Figura 5A).



En cuanto al área foliar aérea total (Figura 6) se puede observar en las tres fechas de muestreo un incremento en cuanto al tiempo y al PO, el cual fue mayor en el invierno de casi el doble comparado con el verano. Dichos incrementos en el tiempo se ven afectados por el PO en la figura 5, ajustándose una regresión polinómica en tres fechas de muestreo.

En el invierno el área foliar sobrepasó los 1000 cm²/planta (Figura 6A). En cuanto al verano el área foliar estuvo alrededor de los 600 y 900 cm²/planta (Figura 6B). Los perritos no florecen en respuesta a la longitud del día; sin embargo, las plantas florecen más rápidamente y con menos hojas bajo días largos (Hamrick, 2003). Cultivares de verano de perrito de la serie Potomac han mostrado mayores tasas de fotosíntesis que cultivares de invierno de la serie

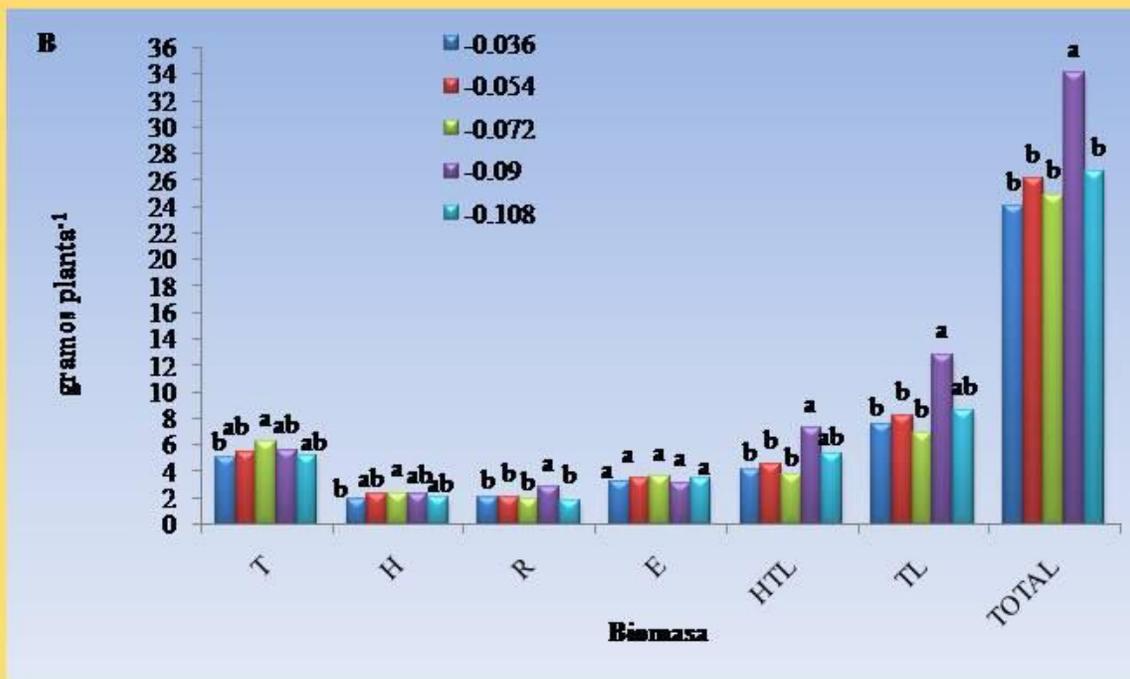
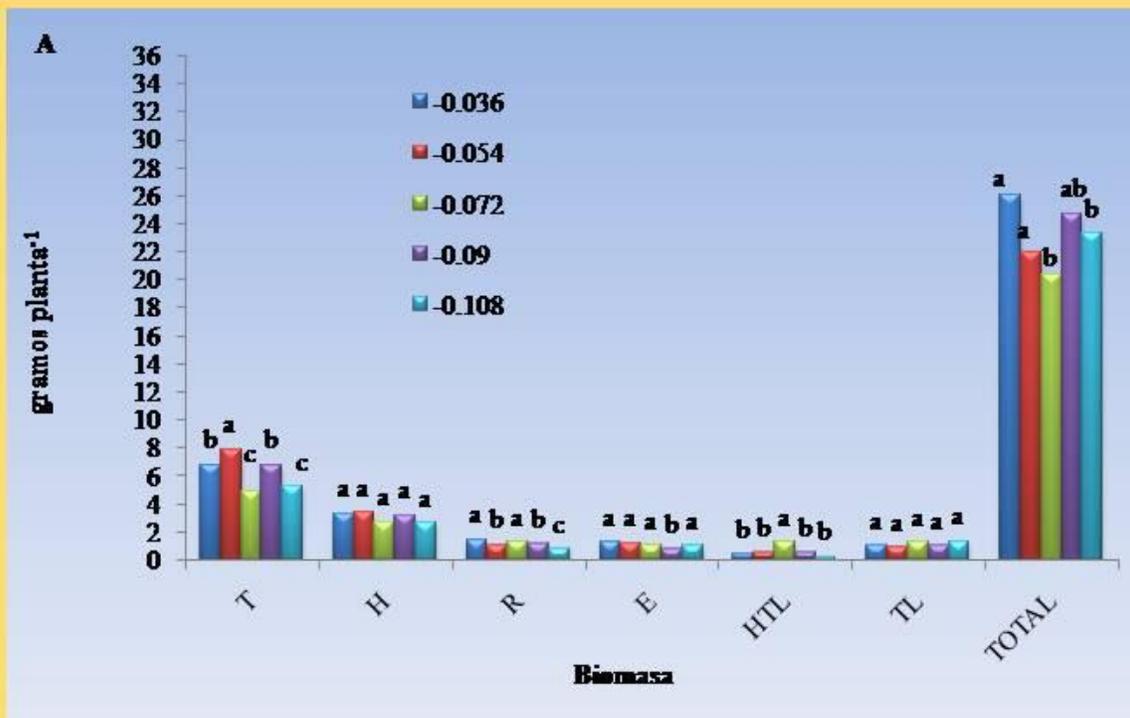


Figura 5. Efecto del PO en la distribución de la biomasa en la cosecha en los diferentes órganos de perrito (*Antirrhinum majus* L.) en A=verano; B=invierno; T= tallo; H= hoja; R= raíz; E= espiga; HTL= hoja de tallo lateral; TL= tallo lateral.

Maryland (8.8 vs. 6.6 mol CO₂ m⁻² s⁻¹, respectivamente), además de tener una menor cubierta vegetal a la existente en la serie Potomac (Gutiérrez, 2003). La presencia o desarrollo de una mayor cubierta foliar puede significar un aumento en el contenido total de clorofila, lo que se refleja en una mayor actividad fotosintética y consecuente acumulación de materia seca (Reyes-Santamaría *et al.*, 2000), como se pudo ver en los resultados de invierno. Estos resultados coinciden con lo mencionado por Aguilera-Gómez *et al.* (1999) quienes indican que un aumento en el área foliar se correlaciona positivamente con la producción de materia seca y la consecuente actividad fotosintética.

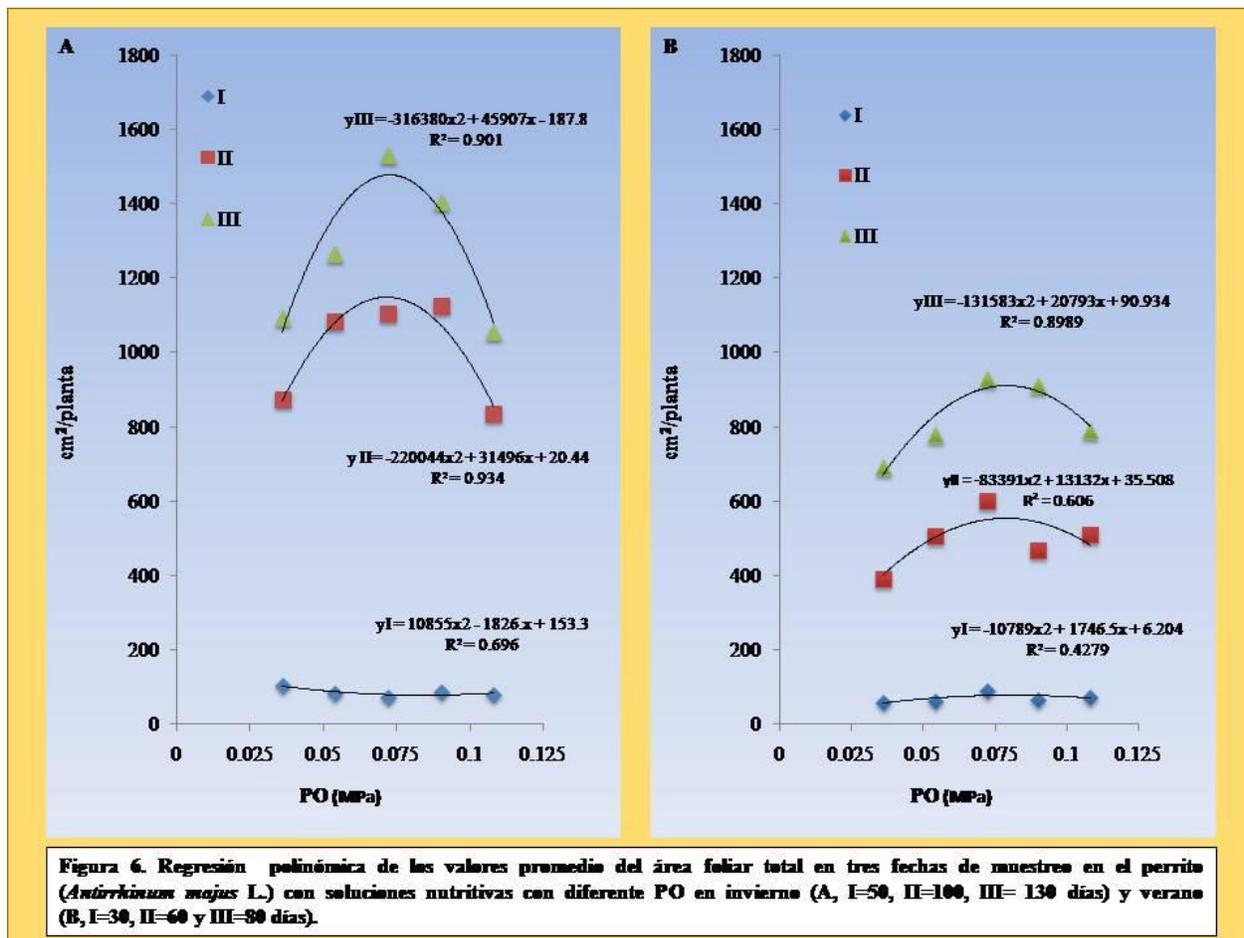
En la fecha I, desde el inicio del experimento el área foliar se comportó de una manera similar entre tratamientos y PO.

En la fecha II, se observaron efectos de variaciones de PO sobre acumulación de biomasa lo que alcanzaron un mayor valor en -0.054, -0.072 y -0.090 MPa y caer drásticamente en la mayor de las PO de -0.108 MPa (figura 6A). En verano, resultó la mayor área foliar cuando los PO fueron -0.072 y -0.09 MPa, sin la caída drástica con el aumento de PO, siendo el tratamiento más bajo el -0.036 MPa (figura 6 B).

En la fecha III, en el invierno se dio la misma tendencia siendo el PO -0.072 MPa el de mayor acumulación de biomasa, con la caída drástica de peso conforme aumentaba el PO (Figura 6A). Durante el verano, la mayor acumulación de materia seca ocurrió en los PO intermedios -0.072 y -0.090 MPa, con la tendencia a disminuir conforme se incrementaron las PO de estudio (Figura 6B).

En lo referente a días a cosecha (Cuadro 3), los cultivos de verano formaron tallos de calidad comercial 55 días antes que aquellos obtenidos en los ciclos de invierno. Diferencias de significancia estadística fueron registradas en los tratamientos con PO de -0.036; -0.054 y -0.108 respectivamente (Cuadro 3). Estos resultados coinciden con lo observado por otros autores (Gutiérrez *et al.*, 2004; Noto y Romano, 1989) donde cultivares Potomac cultivados durante el invierno incrementaron de 20 a 45 días su ciclo de cultivo. Debido a que los perritos originalmente fueron plantas de día largo (de floración en el verano) se clasifican como cuantitativas de día largo en su respuesta a la duración diaria de luz (Hedley, 1974). Los días largos apresuran la floración en la mayoría de los cultivares; los días cortos la retardan, pero no la evitan completamente (Noto y Romano, 1989). Para florecer los materiales del grupo IV de verano requieren un estímulo inductivo considerablemente mayor que los grupos I y II de otoño-

invierno (Haney, 1961). Aunque la más baja temperatura es aconsejable durante los períodos extendidos de menor luz que se presenta en invierno por que dan la mejor calidad, pero a expensas de un tiempo de cosecha más largo (Cremer *et al.*, 1998; Cavins *et al.*, 2000).



A pesar de que las plantas cultivadas durante el verano mostraron una menor acumulación de biomasa estas resultaron con una mayor longitud del tallo que las plantas de invierno (100 y 80 cm respectivamente) (Cuadro 3). Esto coincide con lo reportado por Noto y Romano (1989) quien indica que el alargamiento del tallo fue mayor y el botón visible se alcanzó en menos días cuando las plantas de perrito eran crecidas con los días largos. En contraste, Cavins *et al.* (2000) mencionan que la producción en bajas temperaturas aumentará la longitud del tallo en perritos. En cuanto a diferencias entre tratamientos se observaron sólo en el invierno en los tratamientos de mayor longitud de tallos fueron -0.054, -0.072 y -0.090 MPa. Entre los aspectos negativos del aumento de la PO en flores de corte está el descenso de la longitud del tallo (Baas *et al.*, 1995;

Urban *et al.*, 1995, Valdez Aguilar *et al.*, 2009), aunque en este caso la menor longitud la tuvo el tratamiento con menor PO.

La vida en florero fue mayor en flores cultivadas durante el invierno aunque sin diferencia estadística entre tratamientos (Cuadro 3). Esto coincide con lo mencionado De Kreij y Van Os, (1989) en gerbera y Urban *et al.* (1995) en rosa, quienes indicaron que la salinidad en la solución no afecta la vida media en el florero. Tallos cosechados en los cultivos de invierno prolongaron su vida de florero 7 y hasta 9 días más que aquellos cosechados durante el verano en los tratamientos con PO de -0.072 y -0.090 MPa respectivamente (Cuadro 3). Es decir, que bajo algunos tratamientos de manipulación de la PO puede afectarse la vida de florero de los tallos de perrito.

En cuanto a la calidad comercial SAF (Cuadro 3) está se vio afectada en los cultivos de invierno la cual se redujo a la segunda clasificación (sofisticada), esto debido a que la longitud del tallo no estuvo por encima de los 91 cm requeridos para pasar a la mejor clasificación (Rogers, 1992). En cambio el cultivo de verano obtuvo la mayor clasificación SAF (especial) por que en los tres parámetros LT, BF y NF estuvo por encima del requerido.

CONCLUSIONES

En cuanto a la biomasa total en el invierno se acumuló mayor cantidad, 30 % más que la acumulada en verano. Contrastando los mejores tratamientos por época, en invierno fue el de -0.090MPa y en el verano de -0.036 MPa.

La distribución tuvo diferente tendencia en las dos épocas de cultivo. En invierno fue tallo lateral, hoja lateral, tallo, espiga, hojas y raíz. En el verano fue tallo, hojas, raíz, espiga, tallo lateral y hojas laterales. La mayor acumulación en laterales en invierno aumento la biomasa total.

El área foliar se vio aumentada en el invierno casi un 50 % más que en el verano coincidiendo con el mayor aumento obtenido para las dos épocas la presión osmótica de -0.072 MPa.

En la calidad comercial, se obtuvieron mayores días a cosecha y vida de florero en invierno, sin embargo en el verano se tuvo la mayor calidad de tallos.

En general en cuanto a los tratamientos las plantas fueron afectadas por la presión osmótica en las diferentes variables y los mejores tratamientos fueron -0.090 MPa en invierno y -0.036 MPa en verano, con el uso de esta presión osmótica en verano se tendría la misma calidad que una solución con mayor presión osmótica y esto daría un ahorro en la cantidad de nutrimentos aplicados.

Cuadro 3. Calidad comercial SAF, días a cosecha y vida de florero en perrito (*Antirrhinum majus* L.) con diferentes presiones osmóticas en invierno y verano.

Tratamientos (MPa)	DC		VF		BF		LT		NF		Calidad	
	(días)		(días)		(g)		(cm)		(#)		SAF	
	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V
0.036	132.44a	76.00b	14.40a	11.00a	65.92c	128.44a	79.05c	104.50a	17.20a	19.33b	Sofisticada	Especial
0.054	131.78a	76.00b	16.00a	12.00a	77.00b	131.61a	83.41a	102.50a	18.50a	22.17a	Sofisticada	Especial
0.072 [†]	130.89a	79.67a	16.00a	7.00b	77.59b	114.16b	83.55a	100.00a	19.30a	17.33c	Sofisticada	Especial
0.090	133.33a	79.67a	14.00a	7.00b	72.39b	138.18a	84.45a	105.33a	17.20a	19.67b	Sofisticada	Especial
0.108	131.33a	76.00b	15.20a	10.50a	79.90a	115.90b	82.65b	100.66a	17.50a	15.50c	Sofisticada	Especial
DMS	3.01	0.665	2.39	1.49	11.77	20.83	4.03	7.62	2.47	2.45		
CV	1.69	0.472	8.36	7.19	12.42	13.94	3.84	4.38	10.84	14.62		

[†] Solución Steiner (1966); letras con diferente valor en cada columna denotan diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). DC = días a cosecha; VF = vida de florero; BF = biomasa fresca del tallo; LT = longitud del tallo; NF = número de floretes; SAF = Sociedad de Floristas Americanos; I = invierno; V = verano.

LITERATURA CITADA

- Adams, P. 1999. Plant nutrition demystified. *Acta Hort.*, 481:341-344.
- Aguilera-Gómez, L., F. T., Davies Jr., V. Olalde-Portugal, S. A. Duray y L. Phavaphutanon. 1999. Influence of phosphorus and endomycorrhiza (*Glomus intraradices*) on gas exchange and plant growth of chile ancho pepper (*Capsicum annum* L. Vc. San Luís). *Photosynthetica* 36:441-449.
- Baas, R.; H. M. C. Nijseen, Van der Berg, T. J. M. and M. G. Warmenhoven. 1995. Yield and quality of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) and gerbera (*gerbera jamesonii* L.) in a closed nutrient system as affected by sodium chloride. *Sci. Hort.* 61: 273-284.
- Baixauli, C. S. y J. M. O. Aguilar. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas: aspectos prácticos y experiencias. Generalitat valenciana, Valencia, España.
- Cavins, T. J., J. M. Dole, and V. Stamback. 2000. Unheated and minimally heated winter greenhouse production of specialty cut flowers. *HortTechnology* 10:793-799.
- Chaparro-Torres L. A., A. Farías-Arias, V.J. Flórez-Roncancio, B. Chaves-Córdoba and D. Miranda-Lasprilla. 2006. Growth Analysis on Rose Flowering Stem cv. 'Charlotte' in both Soil and Substrate Cultivation Systems. *Acta Hort.* 718:615-622
- Cockshull, K, E. 1985. *Antirrhinum majus*. Pp 476-481. In: Handbook of flowering. Vol. I. Halevy, A. H. (ed.). CRC. Press, Boca Raton. Florida, USA.
- Cremer, F., A. Havelange, H. Saedler and P. Huijser. 1998. Environmental control of flowering time in *Antirrhinum majus*.
- De Kreij, C. and Van Os, P. C. 1989. Production and quality of gerbera in rockwool as affected by electrical conductivity of the nutrient solution. 7th International Congress on Soiless Culture, Flevohof. The Netherlands. 255-264.
- Edwards, K. J. R. and J. B. Goldenberg. 1976. A temperature effect on the expression of genotypic differences in flowering induction in *Antirrhinum majus*. *Ann. Bot.* 40:1277-1283.
- Ehret, D. L., J. G. Menzies, T. Helmer. 2005. Production and quality of greenhouse roses in recirculating nutrient systems. *Sci. Hort.* 106:103-113

- Farías-Arias, A., Chaparro-Torres, L.A., Flórez-Roncacnio, V.J. and Chaves-Córdoba, B. 2006. Growth rates of rose cv. 'Charlotte' in both soil and soilless crop systems in the Bogotá plateau, Colombia. *Acta Hort.* 718:607-614.
- Gutiérrez, E. J. A. 2003. Growth, development and photosynthesis of the snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) leaf canopy during different seasons. Doctoral Thesis. University of Guelph. Department of Plant Agriculture.
- Gutiérrez-E.J.A., Cloutier., R.R., Ortiz,U.N., Evangelos,D.L., Grodzinski,B. 2005. Canopy and leaf photosynthesis in cultivars of *Antirrhinum majus* L. acclimated for crop production in low or high light conditions. 1061-1063. In: photosynthesis: fundamental aspects to global perspectives. Van der est, A. and Bruce, D. Ref type: serial (Book, Monograph). ISBN: 1-891276-39-5
- Hamrick, Debbie. 2003. Crop Culture: *Antirrhinum*. In: Ball RedBook. 17th Ed. Ball Publishing. ILL. USA.
- Haney, W. J. 1961. Snapdragon culture. *Mich. Florist.* 366, 25-26,29.
- Hedley, C. L. 1974. Response to light intensity and day-length of two contrasting flower varieties of *Antirrhinum majus* L., *J. Hort. Sci.*, 49:105-112.
- Juárez- Hernández. M. J., Baca C. G. A., Aceves N. L. A., Sánchez G. P. Tirado T. J. L., Shagún C. J. y M. T. Colinas L. 2006. Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. *Interciencia* 31(4):243-256
- Kenneth R. S and D. P. Stimart. 2001. Genetic analysis of cut-flower longevity in *Antirrhinum majus*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126(2):200-204.
- Khatack, A. M., Pearson, S. 2005. Light quality and temperature affects on *Antirrhinum* growth and development. *Journal of Zhejiang University Science.* 6:119-124.
- Miranda, M. A., Gutierrez, E. J. A., Colinas, L. M. T., Arevalo, G. L. Gaytan A. E. A. 2008. Producción invernal de perrito de corte (*Antirrhinum majus* L.) en el valle de Mexico. *Fitotecnia Mexicana.* 31(003):251-256.

- Munir, M.; Baloch, J. Khattak, K. 2004a. Impact of light on flowering and plant quality of *Antirrhinum majus* L. cultivar Chimes white. Journal Zhejiang University Science. 5:400-405.
- Munir, M.; Jamil, M.; Baloch, J. Khattak, K. 2004b. Growth and flowering of *Antirrhinum majus* L. under varying temperatures. International Journal of Agriculture & Biology. 6:173-178.
- Noto, G. and D. Romano 1989. Timing of Snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) in cold greenhouse cultivation. Acta Hort. 246:175-181.
- Preciado, R. T. 2001. Fertigación nitrogenada, fosfórica y programa de riego en la producción del cultivo del melón. Tesis. Colegio de Postgraduados. Montecillo. México. 99pp.
- Reyes-Santamaría, M. I., A. Villegas-Monter, M. T. Colinas-León y G. Calderón-Zavala. 2000. Peso específico, contenido de proteína y de clorofila, en hojas de naranjo y tangerino. Agrociencia 34:49-55.
- Rogers, M. N. 1992. Snapdragons, p. 94-109. In: R. A. Larson (ed.). Introduction to floriculture. Academic Press, New York.
- Rojas, V. A. N. 2005. Fertilización mineral y biológica en la producción comercial de tallos de perrito (*Antirrhinum majus* L.) para flor de corte. Tesis Maestria. Colegio de Postgraduados.
- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Rea, E., Battistelli, A., Colla, G. 2006. Comparison of the subirrigation and drip-irrigation systems for greenhouse zucchini squash production using saline and non-saline nutrient solutions. Agric. Water Manage. 82, 99–117
- Ruvalcaba, F. J. S., Becerril, R. A. E., Gónzales H. V. A., Tijerina CH. L. y T. V. Rojas. 2005. Crecimiento vegetativo y floral del crisantemo (*Dendranthema grandiflorum* Ramat, Kimura) en respuesta a la presión osmótica de la solución nutritiva. Revista Chapingo, serie Horticultura. 11(2):241-249.
- Salas, M. C., y Urrestarazu, M. 2001. Técnicas de fertirrigación en cultivo sin suelo. Manuales de la universidad de Almeria, Servicios y publicaciones de la universidad de Almeria. España.

- Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 2000. Fisiología de las plantas 1. Células: agua, soluciones y superficies. International Thomson Editores. Madrid, España.
- Savvas, D. and Lenz F. 1994. Einfluss einer NaCl-Salzbelastung auf das vegetative und generative Wachstum von Aubergine (*Solanum melongena* L.) in Hydokultur. Gartenbauwissenschaft, 59:172-177.
- Schwarz, D. and K. Kuchenbuch. 1997. Growth analysis of tomato in a closed recirculating system in relation to the EC-value nutrient solution. Acta Hort., 450:169-176.
- Sonneveld C. and W. Voogt. 2008. Nutrient Concentrations of Plant Tissues of Greenhouse Crops as Affected by the EC of the External Nutrient Solution. Acta Hort. 779:313-320.
- Sonneveld, C. 2004. La nutrición mineral y salinidad en los cultivos sin suelo: su manejo. pp 305-368. In: M. Urrestarazu G. (ed.). Tratado de cultivo sin suelo. Ediciones Mundi-Prensa. España.
- Steiner, A. A. 1966. The influence of the chemical composition of a nutrient solution on the production of tomato plants. Plant and soil XXIV: 454-466.
- Steiner, A. A. 1968. Soils culture. Proceeding of the 6th colloquium of international potash Institute. Florence Italy. Published by: Int. Potash Inst. Berne Switzerland. pp 324-341.
- Steiner, A. A. 1973. The selective capacity of tomato plants for ions in nutrient solution. Proceedings of the 3th International congress on Soils culture. IWOSC. Sassari, Italy. pp 43-54.
- Urban, I.; Brun R. and L. Urban. 1995. Influence of electrical conductivity, relative humidity and seasonal variations of the behaviour of cut roses produced in soils culture. Acta Hort. 408:101-107.
- Urrestarazu, G. M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. Ediciones Mundi-Prensa. España.
- Valdez-Aguilar L. A., Catherine M. G. and J. Poss. 2009. Hypersensitivity of *Ranunculus asiaticus* to salinity and alkaline pH in Irrigation water in sand cultures. HortScience. 44(1):138-144.
- Villegas, T. O. G., P. Sánchez G., G. A. Baca C., M. N. Rodríguez M., C. Trejo L., M. Sandoval V. y E. Cárdenas S. 2005. Crecimiento y estado nutrimental de plántulas de tomate en

soluciones nutritivas con diferente concentración de calcio y potencial osmótico. Terra
(23) 1:49-56.

CAPITULO III

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO EN RESPUESTA DEL PERRITO (*Antirrhinum majus* L.) PARA FLOR DE CORTE AL POTENCIAL OSMÓTICO

RESUMEN

El análisis de crecimiento ha demostrado ser útil para cuantificar los efectos simultáneos de factores ambientales que influyen en la eficiencia y utilización de la radiación y por tanto en la estimación de la producción fotosintética neta. Esta información para el cultivo hidropónico de perrito (*Antirrhinum majus* L.) en invernadero es limitada y requiere mayor conocimiento e investigación para el adecuado manejo del cultivo. En el presente estudio se utilizó un material de verano (Grupo IV) serie Potomac cv. Rose, para determinar los efectos del potencial osmótico (PO) (-0.036, -0.054, -0.072, -0.090 y -0.108 MPa) en el análisis de crecimiento en cultivos de invierno y verano. En cuanto a la temperatura esta solo tuvo un efecto en la tasa de crecimiento del cultivo o TCC, conforme aumentan las temperaturas en la noche la tasa de crecimiento del cultivo fue aumentando, mostrando mayor TCC en verano, produciendo tasas de 2 a 4 g.día⁻¹, registrándose los mayores valores en los 60 y 70 días después del trasplante, en el caso de invierno los valores fueron de 1g.día⁻¹. El Índice de área foliar (IAF) y la Razón de área foliar (RAF) mostraron un incremento significativo por efecto de la época de cultivo y el suministro del potencial osmótico siendo los mejores tratamientos -0.054 y -0.072 MPa. Valores de IAF entre 900 a 1000 en invierno y de 500 en verano. La tasa relativa de crecimiento (TRC) se presentó mayores valores a los 30 y 40 y 60 y 70 DDT en verano e invierno respectivamente, disminuyendo al final del ciclo de cultivo. Siendo los tratamientos -0.090 y -0.072 MPa los mejores en las dos épocas. La tasa de asimilación neta (TAN) fue muy variable en las dos épocas de cultivo, teniendo altibajos en todo el ciclo de cultivo, mostrando en el verano mayores valores de asimilación fotosintética que en el invierno. El efecto de las épocas influye en el crecimiento, área foliar y actividad fotosintética lo que influye en el rendimiento en biomasa.

Analysis of Growth in Response of Cut Snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) to the Osmotic Potential

ABSTRACT

Growth analysis has proven useful to quantify the simultaneous effects of environmental factors that influence the efficiency and use of radiation and therefore in the estimation of net photosynthetic production. This information for the hydroponic cultivation of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) in the greenhouse is limited and requires more knowledge and research for the proper crop management. In this study, a summer material (Group IV) cv Potomac series. Rose, to determine the effects of osmotic potential (OP) (-0.036, -0.054, -0.072, -0.090 and -0.108 MPa) in the analysis of growth in winter and summer crops. As the temperature is alone had an effect on crop growth rate or CGR, as temperatures increase at night the crop growth rate increased, showing higher RCC in summer, producing rates of 2 to 4 g. day⁻¹, registering the highest values at 60 and 70 days after transplant, in the case of winter values were 1g.día⁻¹. The leaf area index (LAI) and leaf area ratio (LAR) showed a significant increase due to the time of cultivation and supply of osmotic potential to be the best treatments -0.072 and -0.054 MPa. LAI values from 900 to 1000 in winter and 500 in summer. The relative growth rate (RGR) was presented highest values at 30 and 40 and 60 and 70 DDT in summer and winter respectively, decreasing at the end of the growing cycle. Being -0.090 and -0.072 MPa treatments the best in both seasons. Net assimilation rate (NAR) was very variable in the two growing seasons, with ups and downs throughout the season, with summer showing higher values of photosynthetic assimilation in the winter. The effect of the times influences the growth, leaf area and photosynthetic activity which influences the biomass yield.

INTRODUCCION

Mediante el uso de prácticas agrícolas se provee a los cultivos las condiciones mas favorables para la expresión del mayor rendimiento potencial; dentro de dichas prácticas destaca el manejo de la nutrición mineral. La cual es un conjunto de procesos de alimentación que contribuyen al crecimiento y desarrollo de un ser viviente, siendo un nutrimento el alimento para la conservación, crecimiento y desarrollo de un ser vivo. Desde un punto de vista agronómico la demanda nutrimental aumentara a medida que aumentan el rendimiento y la producción de biomasa asociada con este (Etchevers, 1999). El análisis de crecimiento es una metodología que ha demostrado ser útil para cuantificar los efectos simultáneos de factores ambientales que influyen en la eficiencia y utilización de la radiación y por tanto en la estimación de la producción fotosintética neta (Carranza *et al.*, 2009).

El crecimiento y desarrollo de las plantas como respuesta a la solución nutritiva del cultivo hidropónico, depende de varios factores, el más importante de éstos es la concentración total de iones, expresada como presión osmótica (PO) de la solución nutritiva, que depende de la cantidad de solutos disueltos (Steiner, 1966,1968; Sonneveld, 2004; Preciado, 2001; Juárez Hernández *et al.*, 2006). La PO debe variarse de acuerdo a la época del año en que se realice el cultivo, pues si la PO es muy alta debido al incremento en el contenido de nutrientes en la solución nutritiva, provoca que la planta realice un esfuerzo mayor para absorber agua y algunos nutrientes (Salas y Urrestarazu, 2001; Juárez Hernández *et al.*, 2006) y por consiguiente se presenta un desgaste de energía metabólica (Salisbury y Ross, 2000). La salinidad puede inhibir el crecimiento de la planta y reducir la productividad. El efecto inicial y primario de la salinidad, especialmente de bajas a moderadas concentraciones, se debe a sus efectos osmóticos, principalmente por tres factores: el déficit hídrico, la toxicidad por iones y el desbalance nutricional (Munns, 2002). El efecto general de la salinidad es reducir la tasa de crecimiento obteniendo hojas más pequeñas, menor altura, y a veces menos hojas. (Munns y Termaat, 1986; Jacoby, 1994).

Por otra parte, durante su ontogenia, es sabido que las plantas muestran un ritmo de absorción característico, que conduce a valores totales al término del desarrollo y que muestran proporciones entre los diferentes nutrientes, las cuales pueden ser de utilidad en el manejo de la nutrición de los cultivos (Honorato *et al.*, 1993; Magnífico *et al.*, 1979; Magnífico *et al.*, 1989;

Miller et al. 1979; Rincón, 1997; Rincón *et al.* 1995). Sin embargo, las magnitudes y las proporciones en que se requieren los nutrientes así como su oportunidad de aplicación, son poco conocidas para muchos de los cultivos hortícolas y ornamentales. Si se conoce lo anterior se aumenta la probabilidad de obtener altos rendimientos y productos de mejor calidad. Por las razones anteriores, para elaborar un programa de nutrición es necesario contar con las curvas específicas de biomasa, acumulación y extracción nutrimental para un cultivo y variedad en particular, cuando estas son de ciclo muy variable dependiendo de la época de cultivo (Díaz de León, 1999). Con base a lo anterior el objetivo del presente trabajo fue determinar la materia seca, área foliar para aplicar índices de eficiencia fisiológica como IAF, TAN, TRC, TCC, AFE y RAF en las plantas de perrito bajo diferentes niveles de PO (-0.036, -0.054, -0.072, -0.090 y -0.108 MPa) en la solución nutritiva durante el crecimiento y desarrollo en verano e invierno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones ambientales

El trabajo se realizó durante el invierno (noviembre 2007 a abril 2008) y verano (mayo a septiembre 2008) en los invernaderos del Colegio de Postgraduados en el campus Montecillo (19° 29' N y 98° 53' O). Las temperaturas medias registradas durante el día y la noche fueron de 21 y 13 °C y de 23 y 15°C para las estaciones de invierno y verano respectivamente.

Materiales

Plántulas de perrito (*Antirrhinum majus* L.), de la serie de verano Potomac cv. 'Rose'(Pan American Seeds Co., IL, USA), fueron generadas de semilla y tras desarrollar dos pares de hojas verdaderas (5 semanas), se trasladaron en tezontle rojo (roca volcánica) tamizado de 4 a 6 mm de diámetro. Como contenedores se usaron bolsas de polietileno negro de calibre 700 con capacidad de 15 L. Transcurridos 30 días después del trasplante se colocó una malla de tutoreo plástica (17.5x17.5 cm; Polietilenos del Sur^{MR}, Jiutepec, Morelos, México).

Solución Nutritiva

Las soluciones nutritivas (Cuadro 1) se implementaron después del trasplante. Para obtener las diferentes PO en la solución nutritiva de Steiner, se usaron concentraciones crecientes de nutrimentos, a las cuales se les restó las concentraciones de los diferentes iones contenidos en

el agua de riego, ajustándose el pH de la solución diariamente a 5.5 con H₂SO₄ 1N y la CE, la que se utilizó para obtener los valores teóricos de PO mediante la ecuación: $PO \text{ (atm)} = -CE \text{ (dSm}^{-1}) \times 0.36$. Las fuentes fertilizantes a utilizar para los macronutrientes fueron: nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de potasio y fosfato monopotásico. Se usó la siguiente concentración de micronutrientes (en mg L⁻¹) Fe 5.0, Mn 1.6, Zn 0.023, Cu 0.011 y B 0.865. Las fuentes de micronutrientes se prepararon con sales grado reactivo: ácido bórico, sulfato de manganeso, sulfato de zinc, sulfato de cobre, molibdato de sodio y el hierro el cual se suministró en forma de quelato Fe-EDTA. La solución nutritiva, se aplicó con el agua de riego, diariamente (600 ml/ riego/ contenedor), dos veces por día, mediante un sistema de goteo por gravedad.

Tratamientos

En el experimento se evaluaron cinco tratamientos con diferentes PO (0.036, 0.054, 0.072, 0.090 y 0.108 MPa). Un número de 80 plantas por tratamiento fueron utilizadas, cada una como repetición. Dentro del invernadero se colocaron cuatro plantas por contenedor, teniendo 10 contenedores de cada tratamiento, distribuidos completamente al azar, dando una densidad de 60 plantas/ m².

Eficiencia Fisiológica

Se utilizó la biomasa total de las plantas de perrito, muestreándose seis plantas cada 10 días las cuales se secaron en una estufa con aire forzado (Precisión 17 GCA Corp.) a 70 °C de 48 a 72 horas, obteniéndose la biomasa con una balanza electrónica (Explorer 0.001 g, Ohaus Corp.; USA). El área foliar se midió con un integrador de área foliar (Li-COR, Lincoln, USA).

Para realizar un análisis de la eficiencia fisiológica (Cuadro 2) de una planta en función de sus parámetros de crecimiento se requieren dos operaciones básicas: 1) la cuantificación del material vegetal existente en una planta o cultivo, y 2) la medida del sistema asimilador de esa planta o ese cultivo en intervalos de tiempo sucesivos. De esas operaciones se obtienen medidas directas, como materia seca (*W*), área foliar total (*AF*), tiempo (*t*) para obtener los índices derivados como la tasa relativa de crecimiento (*TRC*), índice de área foliar (*IAF*), tasa de asimilación neta (*TAN*), tasa de crecimiento del cultivo (*TCC*), área foliar específica (*AFE*) y relación de área foliar (*RAF*), que se deben obtener por cálculos del análisis funcional (Miranda, 1995).

Tasa relativa de crecimiento (TRC).

Es un índice de eficiencia que expresa el crecimiento en términos de una tasa de incremento en tamaño por unidad de peso y tiempo (Pedroza *et al.*, 1997); representa la eficiencia de la planta como productor de nuevo material y depende de la fotosíntesis total y de la respiración (Sivakumar y Shaw, 1978); además se propone como una medida que integra el comportamiento fisiológico de las plantas (Radford, 1967). Es una medida del balance entre la capacidad potencial de fotosíntesis y el costo respiratorio (Archila *et al.*, 1998). Expresa el incremento en materia seca de la planta en un intervalo de tiempo dado, tomando como referencia el valor inicial de la materia seca producida y acumulada.

Índice de área foliar (IAF)

Expresa la superficie de la hoja por unidad de área de superficie ocupada por la planta. Aumenta con el crecimiento del cultivo hasta alcanzar un valor máximo en el cual se alcanza la máxima capacidad para interceptar la energía solar, momento en que la TCC es a su vez máxima (Hunt, 1982). La reducción del IAF por efecto de salinidad puede ser causado por una disminución en el área foliar específica (incremento de biomasa por unidad de área foliar) y/o una disminución en la proporción de materia seca acumulada en los tejidos foliares (Curtis y Läuchli, 1986).

Tasa de asimilación neta (TAN).

Indica la eficiencia fotosintética promedio, individual o en una comunidad de plantas. La capacidad de la planta para incrementar su materia seca en función del área asimiladora en periodos cortos a lo largo del ciclo de crecimiento depende del área foliar, de la disposición y edad de las hojas y de los procesos de regulación interna relacionados con la demanda de los asimilados (Hunt, 1982). La TAN es una medida de la eficiencia promedio de las hojas de la planta de un cultivo (Brown, 1984), es decir, es una medida indirecta de la ganancia neta de asimilados por unidad de área foliar en una unidad de tiempo; esta no es constante y decrece con la edad de la planta o población.

Tasa de crecimiento del cultivo (TCC).

Mide la ganancia de biomasa vegetal en el área de superficie ocupada por la planta. Es aplicable a plantas que crecen juntas en cultivos cerrados (Hunt, 1982). La máxima TCC ocurre cuando las plantas son suficientemente grandes o densas para explotar todos los factores ambientales en mayor grado. En ambientes favorables, la máxima TCC ocurre cuando la

cobertura de las hojas es completa, y puede representar el máximo potencial de producción de materia seca y de tasas de conversión en un momento dado (Brown, 1984).

Razón de área foliar (RAF).

Es un índice de la superficie foliar de la planta con base en la materia seca. Se define como la fracción de materia seca total que corresponde a las hojas y sus valores oscilan entre 0 y 1 (Flórez *et al.*, 2006).

Análisis estadístico

Para el análisis se utilizó una regresión polinómica para ver la respuesta de las variables a las diferentes PO en distintas días de crecimiento. También se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) a los pesos secos.

Cuadro 4. Componentes de los parámetros de crecimiento determinados en Perrito (*Antirrhinum majus* L.) con soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico.

Índice	Descripción	Fórmula	Unidades
TRC	Tasa relativa de crecimiento	$(1/W)(dW/dt)$	$g\ g^{-1}\ d^{-1}$
IAF	Índice de área foliar	LA/P	Adimensional
TCC	Tasa de crecimiento del cultivo	$(1/P)(dW/dt)$	$g\ cm^{-2}\ d^{-1}$
RAF	Razón de área foliar	LA/W	$cm^2\ g^{-1}$
TAN	Tasa de asimilación neta	$(1/LA)(dW/dt)$	$g\ cm^{-2}\ d^{-1}$

W = biomasa total (g); LA = Área foliar; P = Área foliar por unidad de superficie de suelo (cm^2); LW = biomasa foliar por planta (g); dW/dt = variación de la biomasa en función del tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura

El crecimiento es sensible a la temperatura. Cada especie o variedad posee en cualquier estado de su ciclo de vida, una temperatura mínima por debajo de la cual no crece (temperatura base), una temperatura óptima, en la que la planta tiene la tasa máxima de crecimiento y una temperatura máxima por encima de la cual se suspende el crecimiento e incluso puede ser letal para la planta (Azcón-Bieto y Talón, 2000). Se puede ver en las figuras 9 y 10 la temperatura del ciclo del cultivo en verano e invierno del día y de noche, la cual no tuvo variaciones muy drásticas para influir demasiado en los valores del análisis de crecimiento durante el ciclo de cultivo, sin embargo podemos ver un efecto en la tasa de crecimiento del cultivo o TCC (Figura 9C y 10 C) conforme aumentan las temperaturas en la noche la tasa de crecimiento del cultivo fue aumentando. La temperatura se relaciona directamente con la velocidad del crecimiento (Khattak y Pearson, 2005). En *Antirrhinum majus*, Munir *et al.* (2004) mencionan que los requerimientos de temperatura de un cultivar no solo determinan el clima en que se producen mejor, si no la estación más adecuada para su cultivo, debido a que la temperatura tiene diferentes efectos en la floración y en el tiempo de cultivo de líneas mejoradas genotípicamente de esta especie. La longitud del tallo, longitud de la inflorescencia y el número de flores se incrementaron en *Antirrhinum majus* cuando la temperatura de cultivo disminuyó de 21 a 10 °C (Magines *et al.*, 1964). Mencionan Reyes *et al.* (2009) que en *Antirrhinum majus*, las temperaturas invernales permitieron tener tallos con mayor número de hojas, mayor altura del tallo, una mayor longitud de la inflorescencia y una biomasa fresca y seca mayores que en el verano. Con base en la clasificación de respuesta de los grupos de perrito, temperaturas por debajo de los 7°C y arriba de los 25°C dan lugar a un cambio significativo en la tasa de crecimiento (Hamrick, 2003), aunque debido al desarrollo de algunos híbridos y variedades existen materiales que se producen fuera de este intervalo (Pan American Seeds, 1998; Reid y Dodge, 2006).

Índice de Área Foliar (IAF)

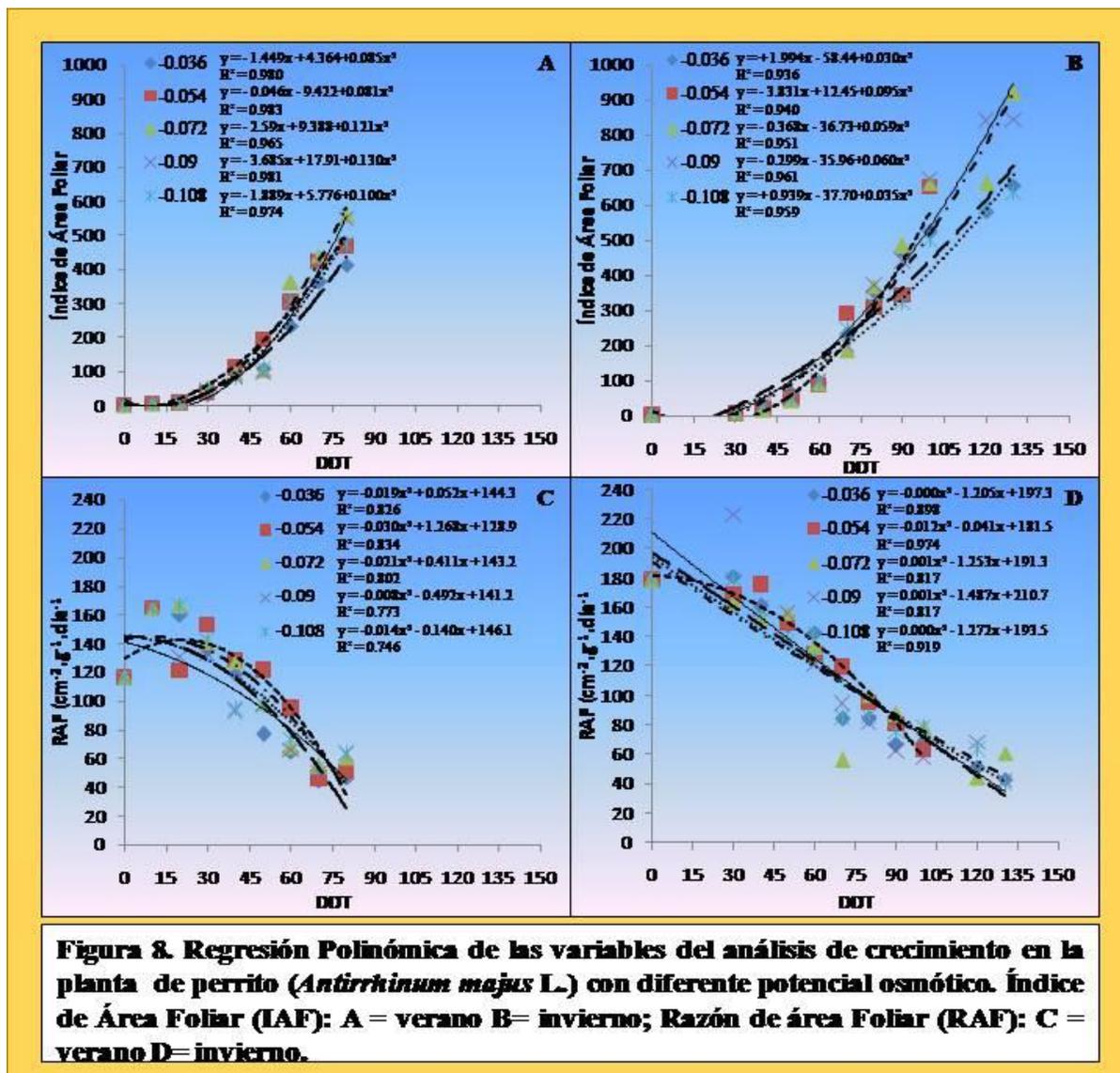
Indica la superficie de la hoja por unidad de área de superficie ocupada por la planta (Hunt, 1982). Este índice mostró un incremento significativo por efecto de la época de cultivo y el suministro del potencial osmótico (Figura 8 A y B). En el verano se mostró un $r^2 = 0.983$ con el tratamiento -0.054 MPa presentando los valores más altos del IAF de 550 en la cosecha (80

DDT), fue un 10% mayor al registrado en la más baja con el tratamiento -0.036 MPa. El incremento del índice de área foliar durante la etapa reproductiva (70 DDT) en todos los tratamientos, se puede atribuir a un incremento en la tasa de expansión foliar (Rodríguez *et al.*, 1998), lo que dio mayor número de hojas por m² (Escalante, 1999). En el invierno el máximo IAF se obtuvo a los 130 DDT con mayor r²= 0.9 en todos los tratamientos comparado con el verano. Siendo el mejor tratamiento -0.090MPa con un r²=0.961, lo cual se puede atribuir a un incremento en el área foliar (Usuda y Shimogawara, 1991). Siguiendo la misma tendencia que en el verano el mayor IAF se presentó en la cosecha a los 130 DDT con los tratamientos -0.072 y -0.090 MPa con valores alrededor de 900 y 1000, siendo un 25 a 30% más que el tratamiento más bajo de -0.036 Mpa. Estos resultados pueden atribuirse a una mayor fotosíntesis, debido al crecimiento del dosel vegetal que proporciona mayor aprovechamiento de los recursos hídricos y nutrimentales (Escalante, 1999).

Razón de Área Foliar (RAF)

Esta indica la cantidad de área foliar producida en relación al peso seco total de la planta en cm².g⁻¹ (Hunt, 1982). Al realizar el análisis polinómico en el verano se presentó en la RAF un r²=0.834 con el tratamiento -0.054MPa, disminuyendo los valores conforme aumento el potencial osmótico hasta llegar a un r²=0.746 con -0.108 MPa. La RAF se fue acumulando al momento del trasplante 0 ddt alrededor de 116 cm².g⁻¹ en todos los tratamientos y, aumentó hasta 152 cm².g⁻¹ a los 35 DDT con el tratamiento -0.054 MPa y se disminuyó hasta la cosecha 80 DDT obteniendo un valor final de 63 cm².g⁻¹ en los tratamientos -0.090 y -0.108 MPa y de 46 cm².g⁻¹ el tratamiento -0.036 MPa (Fig. 8A). En el invierno la RAF (Figura 8B) presentó un mayor r²=0.974 con el mismo tratamiento que el verano -0.054 MPa, en los demás tratamiento no mostró ninguna tendencia a disminuir conforme aumentó el potencial osmótico. La RAF se acumuló al momento del trasplante 0 DDT alrededor de 178 cm².g⁻¹ en todos los tratamientos y, aumentó hasta 222 cm².g⁻¹ a los 35 DDT con el tratamiento -0.090 MPa y se disminuyó hasta la cosecha 130 DDT obteniendo un valor final de 60 cm².g⁻¹ en los tratamientos -0.072 MPa y de 39 cm².g⁻¹ el menor tratamiento -0.108 MPa. En general se obtuvieron valores similares en las dos estaciones de crecimiento. En el cultivo de lechuga se obtuvieron valores similares a los 35 DDT (Carranza *et al.*, 2009), en otros experimentos fue el doble (300 cm².g⁻¹) a los 35 DDT (Archila *et al.*, 1998). La máxima RAF obtenida en lechuga es superior 1.3 veces a la obtenida por las plantas de perrito, debido a que su producto final es la hoja. Los valores altos iniciales de la RAF

pueden ser debidos a que las plantas utilizan sus fotoasimilados en mayor cantidad para el desarrollo y crecimiento de las áreas fotosintéticamente activas, generando gastos energéticos, lo que conlleva a menor peso. Cuando la planta se encuentra en el estado joven, continúa la formación de nuevas hojas, las cuales se ubican en el estrato foliar bajo del tallo y, de esta manera, no reciben suficiente radiación solar, lo cual puede conducir a baja actividad fotosintética, y es posible que este conjunto de hojas actúen como demanda de los fotoasimilados que producen las hojas que conforman los estratos periféricos del tallo. También, durante este estado del desarrollo, algunas hojas cesan su expansión mientras que otras entran en senescencia, y así se tienen plantas que acumulan mayor materia seca y disminuyen su área fotosintéticamente activa, y esto lleva a menores valores de la RAF (Archila *et al.*, 1998).



Tasa relativa de crecimiento (TRC)

Representa la eficiencia de la planta para producir nuevo material en un tiempo determinado dado en gramos de materia seca ganados por gramo de materia seca existente por unidad de tiempo (Hunt, 1982). En el verano la TRC máxima (Figura 9A) se alcanzó en los primeros 30 DDT, con un valor de $0.1761 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\text{d}^{-1}$ con el tratamiento -0.072MPa , luego se redujo entre los 50 ddt ($0.0617 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\text{d}^{-1}$) y una alza a los 60 DDT con alrededor de $0.16 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\text{d}^{-1}$ con el mismo tratamiento. Finalmente al momento de la cosecha 80 DDT presentó una disminución muy baja de $0,0138 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ en el tratamiento -0.072 MPa y de $0.00026 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\text{d}^{-1}$ en -0.054 MPa (Figura 9A). Al ser considerada esta tasa como un índice de eficiencia en la producción de peso seco de las plantas, es constante durante su fase inicial y a medida que aumenta la edad de la planta, esta va disminuyendo (Silvori y Montaldi, 1980). En el invierno (Figura 10A) la máxima tasa de crecimiento fue en los primeros 40 DDT, con un valor alrededor de $0.17 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\text{d}^{-1}$ con el tratamiento -0.090MPa , luego se redujo entre los 50 ddt, aunque el tratamiento -0.036MPa presentó un aumento muy superior comparado con los otros tratamientos de $0.014 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\text{d}^{-1}$, otro aumento significativo se observó a los 70 DDT coincidiendo con el IAF cuando presento mayor expansión foliar lo cual representa la eficiencia de la planta como productor de nuevo material y depende de la fotosíntesis total (Sivakumar y Shaw, 1978), y finalmente al momento de la cosecha 80 ddt presentó un incremento bajo de $0,0138 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ en el tratamiento -0.072 MPa y de $0.00026 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\text{d}^{-1}$ en -0.054 MPa . Estos resultados se encuentran por debajo a los determinados en estudios realizados en cuatro materiales (dos variedades de lechuga de cabeza: Great Lakes 118 y Climax) de lechuga por Archila *et al.* (1998), quienes encontraron una TRC alta de $0,14 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ a los 21 ddt en todos los materiales, y luego decreció presentando los valores más bajos a los 77 ddt con valores de $0,018$ y $0,0057 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1} \text{ d}^{-1}$, para los materiales Great Lakes 118 importada y nacional. Los materiales Clímax importado y nacional presentaron, en su orden: TRC $0,38$ y $0,01 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1} \text{ d}^{-1}$; generalmente esta reducción es causada por las altas concentraciones salinas en el apoplasto de los tejidos. De igual manera, altas concentraciones de iones en el apoplasto pueden conllevar a la deshidratación de células y tejidos (Oertli, 1968). La alta acumulación de iones en el apoplasto es reportada para plantas sensibles a la salinidad, tal como arroz (Flowers *et al.*, 1991).

Tasa de Asimilación Neta (TAN)

Esta tasa representa la ganancia neta en peso por unidad de área foliar, es una medida indirecta de la fotosíntesis (Hunt, 1982). Fue muy variable en las dos épocas de cultivo (Figura 9B y 10B), teniendo altibajos a los 20, 50 y 80 DDT en el verano, siendo mayores los valores que en el invierno. Esta respuesta se asocia con el área foliar existente en los primeros días de cultivo, cuyas hojas están más expuestas a la radiación y son más eficientes en la asimilación de CO₂ (Carranza *et al.*, 2009), además de que en el verano hay más radiación lo cual el cultivo lo aprovecho para asimilar mayor cantidad luz e incrementar la actividad fotosintética que incremento la biomasa en el cultivo de verano (Hunt, 1982). Teniendo una mayor asimilación a los 60 y 70 DDT con los tratamientos -0.072 y -0.090 MPa con valores de 0.002 g.cm⁻².día⁻¹. En el invierno la mayor asimilación fue a los 70 DDT con el tratamiento -0.072 MPa con 0.002 g.cm⁻².día⁻¹. En la cosecha la asimilación fue mayor que en el verano con 0.001 g.cm⁻².día⁻¹ con los tratamientos -0.036 y -0.090 MPa. Esta disminución en la cosecha también fue reportado por Archilla *et al.* (1998) en lechuga. Mencionan estos autores que esto es debido a que la TAN en el desarrollo del cultivo disminuye a través del ciclo de producción a medida que se forman las hojas y aumentan el sombreado influyendo en la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa en los diferentes estratos de la planta, afectando las tasas fotosintéticas.

Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC)

La tasa de crecimiento del cultivo media, que indica el nivel de producción de materia seca por unidad de superficie y unidad de tiempo, mostró cambios significativos por efecto de las épocas de cultivo y fue menor por efecto del potencial osmótico (Figura 9C y 10C). Las plantas cultivadas durante el verano (Figura 9C) mostraron una TCC mayor, durante todo el desarrollo del cultivo. Esto puede ser debido al incremento en el desarrollo del dosel vegetal, lo que incrementa la intercepción de radiación y producción de biomasa (Carranza *et al.*, 2009). La mayor tasa fue a los 60 y 70 DDT entre 2 y 4 g día⁻¹, siendo los mejores tratamientos -0.072 y -0.054 MPa respectivamente. Disminuyendo al final del ciclo en la época de cosecha hasta 1 g.día⁻¹ con el tratamiento -0.072 MPa. En el caso del invierno (Figura 10C) los valores fueron muy bajos comparados con el verano, no mostrando diferencias entre tratamientos, hasta los 100 DDT donde se registró un aumento de hasta 0.8 g.día⁻¹ con el tratamiento -0.054 MPa. La TCC más alta se registró durante el periodo de cosecha a los 130 DDT registrando los mayores valores con

los tratamientos -0.090 y -0.036 MPa con 0.9 y 1 g.día⁻¹. Esta respuesta está asociada al efecto osmótico de la salinidad que contribuye a reducir la tasa de crecimiento y que se asocia con cambios en las hojas y algunos desordenes nutricionales (Shannon y Grieve, 1999).

CONCLUSIONES

En cuanto al a temperatura esta solo tuvo un efecto en la tasa de crecimiento del cultivo o TCC, conforme aumentan las temperaturas en la noche la tasa de crecimiento del cultivo fue aumentando, mostrando mayor TCC en verano. Las variables del análisis de crecimiento influyen en el crecimiento del cultivo, área foliar, actividad fotosintética lo que determina la tasa de acumulación de biomasa. El IAF y la RAF mostraron un incremento significativo por efecto de la época de cultivo y el suministro del potencial osmótico siendo los mejores tratamientos -0.054 y -0.072 MPa. La TRC se presentó mayores valores a los 30 y 40 y 60 y 70 DDT en verano e invierno respectivamente, disminuyendo al final del ciclo de cultivo. Siendo los tratamientos -0.090 y -0.072 MPa los mejores en las dos épocas. La TAN fue muy variable en las dos épocas de cultivo, teniendo altibajos en todo el ciclo de cultivo, teniendo en el verano mayores valores de asimilación fotosintética que en el invierno. En el verano se registraron mayores tasas de crecimiento de hasta 6 g.día⁻¹ comparadas con el invierno de 1 g.día⁻¹.

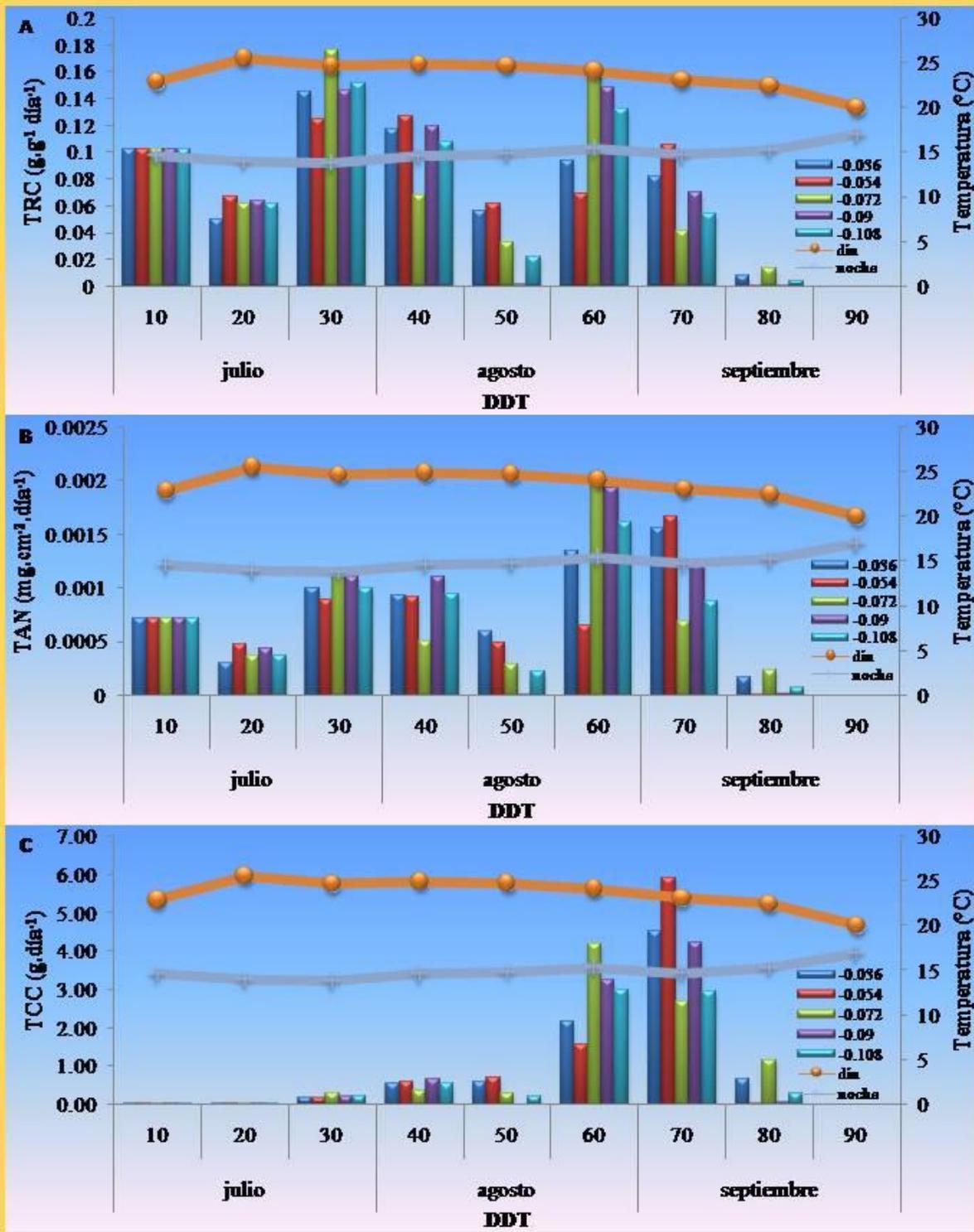


Figura 9. Variables del análisis de crecimiento en la planta de perrito (*Antirrhinum majus* L.) con diferente potencial osmótico en verano. A = Tasa Relativa de Crecimiento (IRC); B= Tasa de asimilación Neta (TAN); C= Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC).

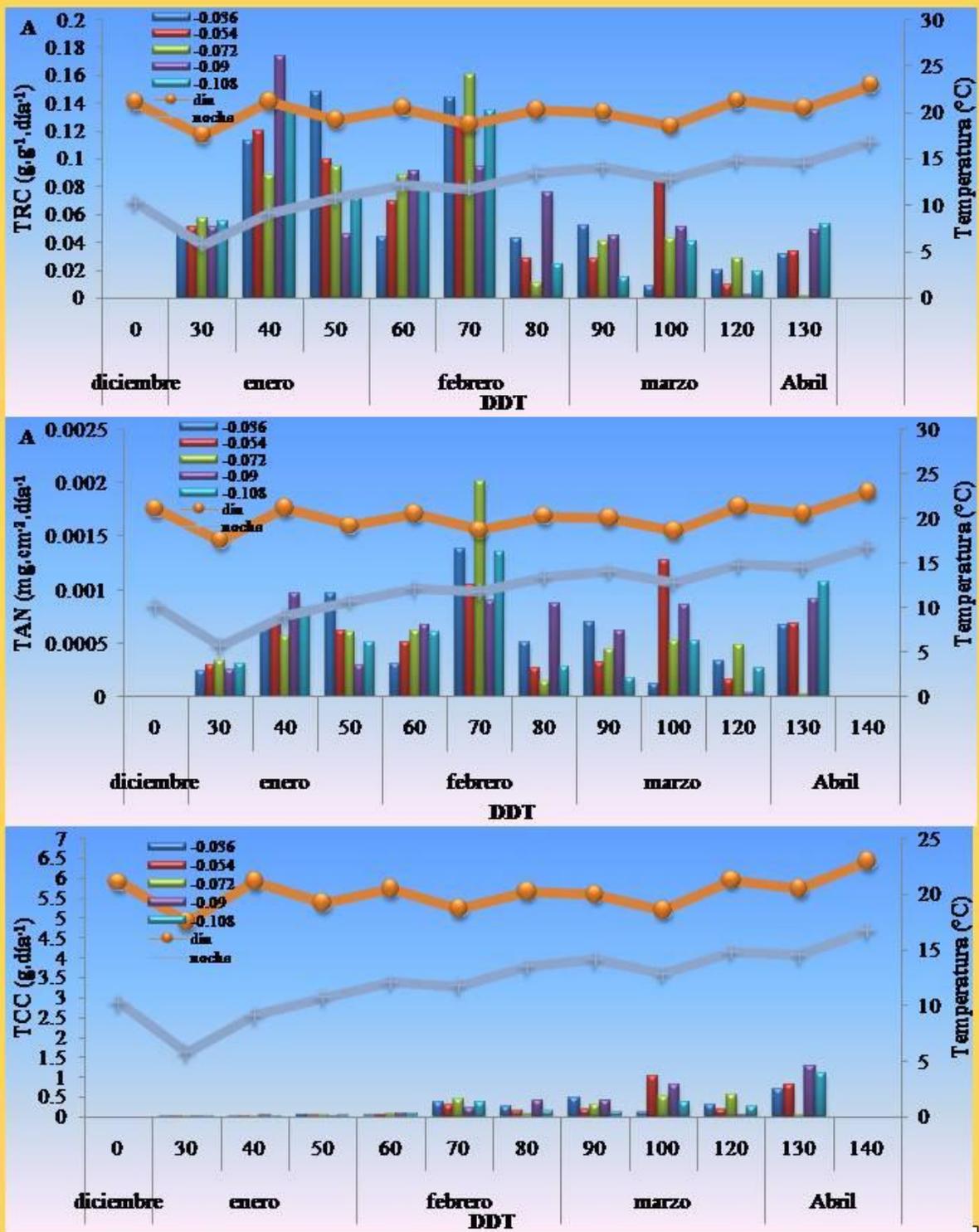


Figura 10. Variables del análisis de crecimiento en la planta de perrito (*Antirrhinum majus* L.) con diferente potencial osmótico en invierno. A = Tasa Relativa de Crecimiento (IRC); B= Tasa de asimilación Neta (TAN); C= Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC):

LITERATURA CITADA

- Aguilar, G. L.; J. A. Escalante E.; M. T. Rodríguez G. y L. Fucikovsky Z. 2002. Materia seca, rendimiento y corriente geofitoeléctrica en girasol. *Terra* 20: 277-284.
- Archila, J., U. Contreras, H. Pinzón, H. Laverde y G. Corchuelo. 1998. Análisis de crecimiento de cuatro materiales de lechuga (*Lactuca sativa*). *Agron. Colomb.* 16(1), 68-75.
- Azcón-Bieto, J. y M. Talón. 2000. *Fundamentos de Fisiología vegetal*. Ed. Mc Graw Hill. Interamericana. Madrid, España.
- Brown, R.H. 1984. Growth of the green plant. pp. 153-174. En: *Physiological basis of crop growth and development*. American Society of Agronomy, Madison.
- Carranza C., Lancho O., Miranda D. y Chávez B. 2009. Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) 'Batavia' cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana* 27(1): 41-48.
- Curtis, P.S. y A. Läuchli. 1986. The role of leaf area development and photosynthetic capacity in determining growth of kenaf under moderate salt stress. *Aust. J. Plant Physiol.* 18, 553-565.
- Escalante, E. J. A. 1999. Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. *Terra* 17: 149-157.
- Flórez, V., D. Miranda, B. Chaves, L. Chaparro, C. Cárdenas y A. Farías. 2006. Parámetros considerados en el análisis de crecimiento en rosa y clavel en los sistemas de cultivo en suelo y en sustrato. En: Flórez, V., A. De la C. Fernández, D. Miranda, B. Chaves y J.M. Guzmán (eds.). *Avances sobre fertirriego en la floricultura colombiana*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Flowers, T.J., M.A. Hajibagheri y A.R. Yeo. 1991. Ion accumulation in the cell walls of rice plants growing under saline conditions: evidence for the Oertli hypothesis. *Plant Cell Environ.* 14, 319-325.
- Hamrick, Debbie. 2003. *Crop Culture: Antirrhinum*. In: *Ball RedBook*. 17th Ed. Ball Publishing. ILL. USA.
- Honorato, R., L. Gurovich y R. Piña. 1993. Ritmo de absorción de N, P y K en pepino de semilla. *Cien. Inv. Agr.* 20: 169-172.
- Hunt, R. 1982. *Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis*. Edward Arnold Publishers, London.

- Jacoby, B. 1994. Mechanisms involved in salt tolerance of plants. pp. 97-123 En: Pessaraki M. (ed.). Handbook of plant and crop stress. Marcel Dekker, New York, NY.
- Juárez- Hernández. M. J., Baca C. G. A., Aceves N. L. A., Sánchez G. P. Tirado T. J. L., Shagún C. J. y M. T. Colinas L. 2006. Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. *Interciencia* 31(4):243-256
- Khatack, A. M., Pearson, S. 2005. Light quality and temperature affects on *Antirrhinum* growth and development. *Journal of Zhejiang University Science*. 6:119-124.
- Maginnes, E. A. and R. W. Langhans. 1964. The effect of photoperiod and temperature on initiation and flowering of snapdragon (*Antirrhinum majus*- variety “Jackpot”). *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 75:761-768.
- Magnífico, V., V. Lattancio and A. Molfeta. 1989. Growth and nutrient removal by broccoli raab. *Adv. Hortic. Sci.* 3: 68 – 72.
- Magnífico, V., V. Lattancio and G. Sarli. 1979. Growth and nutrient removal by broccoli raab. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104 (2): 201 – 203.
- Miller, C.H., R.E. Mccollum And S. Claimon. 1979. Relationships between growth of bell peppers (*Capsicum annum* L.) and nutrient accumulation during ontogeny in field environments. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.* 104 (6):852 – 857.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.* 28, 239-250.
- Munns, R. y A. Termaat. 1986. Whole-plant responses to salinity. *Aust. J. Plant Physiol.* 13, 143-160.
- Oertli, J.J. 1968. Extracellular salt accumulation, a possible mechanism of salt injury in plants. *Agrochimica* 12, 461-469.
- Pan American Seed. 1998. Product information guide. Pan American Seed Co. PAS9805. Chicago Illinois.
- Pedroza M., J.A., G. Corchuelo y A. Angarita. 1997. Análisis de crecimiento de *Limonium sinuatum* Mill cv. Midnight Blue propagada sexual y asexualmente a partir de yemas vegetativas y florales. *Agron. Colomb.* 14(1), 1-12.
- Preciado, R. T. 2001. Fertigación nitrogenada, fosfórica y programa de riego en la producción del cultivo del melón. Tesis. Colegio de Postgraduados. Montecillo. México. 99pp.
- Radford, P.J. 1967. Growth analysis formulae. Their use and abuse. *Crop Sci.* 7, 171-175.

- Reid, M. S. and L. Dodge. 2006. Manejo de calidad poscosecha en los “perritos”. Flores y follajes ornamentals. Septiembre-octubre 07 (2):26-28. www.csicsif.es/andalucia/modules/mod_revistaense/archivos/N_20_2005/apuntes. Fecha de consulta septiembre 2009.
- Reyes, M. J. A., Gutierrez, E. J. A., Garcia, V. E., Carrillo S. J. A., Aguilar, E. J. M. y A. E. A Gaytán. 2009. Desarrollo y calidad de inflorescencias de *Antirrhinum majus* L. cultivados en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15 (2):57-60.
- Rincón, L. 1997. Fertilización del melón en riego por goteo. In: Melones. Compendios de horticultura 10. Coordinado por Alicia Namesny V. Ediciones de Horticultura S.L. España.
- Rincón, L., J. Sáez, E. Balsalobre y C. Pellicer. 1995. Crecimiento y absorción de nutrientes del pimiento grueso en cultivo bajo invernadero. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* 10: 47 – 59.
- Rincón, L., J. Saez, J. Pérez, C. Pellicer y M. Gomez. 1998. Crecimiento y absorción de nutrientes del melón bajo invernadero. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* 13: 111-120.
- Rodríguez, D., M. M. Zubillaga, E. L. Ploschuk, W. G. Keltjens, J. Goudriaan and R. S. Lavado. 1998. Leaf area expansion and assimilate production in sunflower (*Helianthus annuus* L) growing under low phosphorus conditions. *Plant and Soil* 202: 133-147.
- Salas, M. C., y Urrestarazu, M. 2001. Técnicas de fertirrigación en cultivo sin suelo. Manuales de la universidad de Almeria, Servicios y publicaciones de la universidad de Almeria. España.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 2000. Fisiología de las plantas. Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. Editorial Paraninfo, Madrid.
- Shannon, M.C. y C.M. Grieve. 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Hort.* 78, 5-38.
- Silvori, M. E. y Montaldi R. E. 1980. Fisiología Vegetal. Ed. Hemisferio sur S. A. Buenos Aires, Argentina.
- Sivakumar, M.V.R. y R.H. Shaw. 1978. Methods of growth analysis in field growth soybeans *G. max* (Merril). *Ann. Bot.* 42, 213- 322.
- Sonneveld, C. 2004. La nutrición mineral y salinidad en los cultivos sin suelo: su manejo. pp 305-368. In: M. Urrestarazu G. (ed.). Tratado de cultivo sin suelo. Ediciones Mundi-Prensa. España.

- Steiner, A. A. 1966. The influence of the chemical composition of a nutrient solution on the production of tomato plants. *Plant and soil* XXIV: 454-466.
- Steiner, A. A. 1968. Soils culture. Proceeding of the 6th colloquium of international potash Institute. Florence Italy. Published by: Int. Potash Inst. Berne Switzerland. pp 324-341.
- Steiner, A. A. 1973. The selective capacity of tomato plants for ions in nutrient solution. Proceedings of the 3th International congress on Soilles culture. IWOSC. Sassari, Italy. pp 43-54.
- Usuda, H. and K. Shimogawara. 1991. Phosphate deficiency in maize: I. Leaf phosphate status, expansion, photosynthesis and carbon partitioning. *Plant Cell Physiology* 32: 497-504.

CAPITULO IV
EXTRACCIÓN Y ABSORCIÓN NUTRIMENTAL EN PLANTAS DE PERRITO
(*Antirrhinum majus* L.) PARA FLOR DE CORTE CON DIFERENTE POTENCIAL
OSMÓTICO.

RESUMEN

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. Los programas actuales de fertilización deben basarse en la demanda nutrimental de los cultivos durante sus etapas fenológicas. La demanda de un nutriente por un cultivo está dada por su producción de biomasa y la concentración del nutriente en la planta. Esta información para el cultivo hidropónico de perrito (*Antirrhinum majus* L.) en invernadero es limitada y requiere mayor conocimiento e investigación para el adecuado manejo del cultivo. En el presente estudio se utilizó un material de verano (Grupo IV) serie Potomac cv. Rose, para determinar los efectos del potencial osmótico (PO) (-0.036, -0.054, -0.072, -0.090 y -0.108 MPa) en la extracción y absorción nutrimental en cultivos de invierno y verano. En la absorción se logró mayor contenido nutrimental de N, P y Mg en el verano y en el caso de K y Ca mayor contenido en invierno. En la extracción siguió la misma tendencia, la diferencia se presentó con N debido a que se observaron valores similares en la cosecha en las dos épocas. En el verano al realizar el índice de la desviación del óptimo porcentual se tuvo mayor desbalance comparado con el invierno debido al mayor contenido de Mg, de igual manera se mostró un orden de requerimiento de P en los tratamientos más bajos de potencial osmótico (-0.036 y -0.054 MPa). En el invierno el desbalance nutrimental fue menor, pero presentó un requerimiento de N en el tratamiento -0.036 MPa y de P en todos los tratamientos. Aunque la mejor absorción y extracción se vio con -0.036 MPa en verano, la absorción nutrimental puede variar de un día a otro dependiendo de las condiciones de cultivo y factores ambientales, para el cultivo de perrito en condiciones comerciales se deben recomendar potenciales osmóticos de -0.054 MPa en verano o 1.5 dSm^{-1} de conductividad eléctrica, para prevenir reducciones en el rendimiento causadas por una baja concentración de cualquiera de los elementos esenciales. En el invierno fueron los tratamientos de mayor potencial osmótico -0.090 y 0.108 MPa los que mejor extracción tuvieron aumentando el contenido de biomasa y esto le da mayor peso fresco a los tallos en la calidad comercial.

Extraction and Nutrient Uptake in Plants for Cut Snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) With Different Osmotic Potential

ABSTRACT

One of the key factors allowing the production control and quality of a crop is fertilization, which must be adjusted to each species and growth condition. Fertilization current programs should be based on crop nutrient demand during phenological stages. The demand for a nutrient is given by a crop for the production of biomass and nutrient concentration in the plant. This information for the hydroponic cultivation of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) in the greenhouse is limited and requires more knowledge and research for the proper crop management. In this study, a summer material (Group IV) cv Potomac series. Rose, to determine the effects of osmotic potential (OP) (-0.036, -0.054, -0.072, -0.090 and -0.108 MPa) in the extraction and nutrient uptake in winter and summer crops. Absorption was achieved in greater nutrient content of N, P and Mg in the summer and in the case of K and Ca content increased in winter. In the extraction followed the same trend, the difference is presented with N because similar values were observed at harvest in both seasons. In the summer to make the index of deviation from optimum percentage is greater imbalance was compared with the winter due to higher content of Mg, was likewise an order of injunction of P were lower osmotic potential (-0.036 and -0.054 MPa). In the winter nutrient imbalance was less, but introduced a requirement in the treatment of N and P -0.036 MPa in all treatments. While the best and removals seen with -0.036 MPa in summer, nutrient absorption can vary from day to day depending on growing conditions and environmental factors for growing snapdragon on a commercial basis should be recommended to osmotic potential -0.054 MPa summer or 1.5 dS m⁻¹ electrical conductivity to prevent yield reductions caused by a low concentration of any of the essential elements. In the winter were higher osmotic potential treatments -0.108 and -0.090 MPa had the best extraction increasing biomass content and this gives greater weight to the stems in fresh commercial quality.

INTRODUCCIÓN

Mediante el estudio de la nutrición vegetal se puede establecer la capacidad con que actúan cada uno de los elementos esenciales para la planta, la cantidad en que son necesarios, diagnosticar y evitar problemas nutrimentales, además de cómo asegurar que la planta los reciba en la proporción y cantidad adecuada. La composición química normal de una planta esta caracterizada por la concentración específica de elementos nutritivos en el tejido o ciertos órganos que se relacionan con alto rendimiento y calidad de la producción de los cultivos. La concentración de un elemento en el tejido vegetal no es homogéneo a lo largo de todo el ciclo de desarrollo de la planta esto está en función del ambiente, la especie y edad de la planta (Del Río et al., 1994). Un método apropiado para calcular la demanda nutrimental es emplear el concepto de balance de masa. El cual está basado en que la materia seca de una planta está formada por 16 nutrimentos esenciales, de ellos 13 son los que la planta absorbe en forma directa del suelo; por lo que, si se calcula la cantidad de materia seca total producida durante el ciclo de crecimiento, y se determina cual es la concentración de los nutrimentos en cada etapa fenológica o periodo de tiempo, se podrá estimar la cantidad de nutrimentos que la planta absorbió, con esta información se establece para cada especie vegetal un programa de nutrición diario/semanal/quincenal preliminar o definitivo según el avance en la investigación (Steiner 1961). En el programa se debe considerar un factor de eficiencia en la absorción de los nutrimentos que dependerá del sistema de producción y la forma de aplicación del fertilizante (Imas, 1999). Esta información redundará en un ahorro económico del costo de los fertilizantes químicos y, por otro lado, en una disminución del impacto ambiental negativo por el manejo inapropiado de los fertilizantes.

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. Los programas actuales de fertilización deben basarse en la demanda nutrimental de los cultivos durante sus etapas fenológicas. La demanda de un nutrimento por un cultivo está dada por su producción de biomasa y la concentración del nutrimento en la planta o requerimiento interno (Greenwood, 1983). La curva de extracción nutrimental determina la cantidad de nutrimentos extraída por una planta, a través de su ciclo de vida. Con esta información es posible conocer las épocas de mayor absorción de cada nutrimento y definir un programa de fertilización adecuado

para el cultivo, en el cual se considere tanto la cantidad de fertilizante como la época idónea para hacer las aplicaciones (Molina *et al.*, 1993; Sancho, 1999).

El éxito de la fertilización depende de varios factores, entre ellos, el conocimiento de las curvas de absorción nutrimental a lo largo del ciclo de cultivo, que ayudan a definir la dosis requerida por la planta y a sincronizar las aplicaciones de fertilizantes con la demanda del cultivo en función del tiempo (Arciniega, 1999; Díaz de León, 1999). Disponer de información sobre absorción y extracción de nutrientes en plantas ornamentales es esencial para la planificación del esquema de fertilización y la toma de decisiones en estos cultivos. Un concepto importante que es necesario al momento de evaluar los requerimientos de los cultivos es, “absorción” y “extracción” de los cultivos. Se entiende por absorción la cantidad total de nutrientes absorbidos por el cultivo durante su ciclo de desarrollo. El término extracción, es la cantidad total de nutrientes en los órganos cosechados, grano, forraje, flores u otros. La diferencia entre los términos es significativa al momento de las recomendaciones de fertilización, bajo el criterio de reposición. La reposición utilizando la absorción del cultivo implica la aplicación de todos los nutrientes que fueron tomados por el cultivo y que se encuentran presentes en todos sus tejidos y órganos (Ciampitti y García, 2007). Sin embargo, la práctica de fertilización por los niveles de extracción de los cultivos, generalmente es la más utilizada por que sólo busca reponer los nutrientes que son absorbidos y depositados en tejidos y órganos cosechables, y que por lo tanto no son reciclados debido a que no vuelven a ingresar al sistema suelo. Los requerimientos nutricionales de los cultivos varían con el nivel de producción (fertilización y tecnología de manejo de cultivos), suelo, clima y ambiente (Ciampitti y García, 2007).

Por otra parte, durante su ontogenia, es sabido que las plantas muestran un ritmo de absorción característico, que conduce a valores totales al término del desarrollo y que muestran proporciones entre los diferentes nutrientes, las cuales pueden ser de utilidad en el manejo de la nutrición de los cultivos (Honorato *et al.*, 1993; Magnífico *et al.*, 1979; Magnífico *et al.*, 1989; Miller *et al.* 1979; Rincón, 1997; Rincón *et al.* 1995). Sin embargo, las magnitudes y las proporciones en que se requieren los nutrientes así como su oportunidad de aplicación, son poco conocidas para muchos de los cultivos hortícolas y ornamentales.

El conocimiento de la anatomía de la planta, su rendimiento potencial y como acumula y distribuye en sus órganos los nutrimentos a través del ciclo vegetativo, conjuntamente con las propiedades de los sustratos y los fertilizantes, es fundamental para definir cuanto, donde y como

añadir los fertilizantes necesarios para la nutrición de la planta (Díaz de León, 1999). En cada etapa fenológica la planta tiene relación con cada una de las diferentes condiciones del medio, unos valores óptimos en los que el desarrollo es adecuado (Arciniega, 1999). Si se conoce lo anterior se aumenta la probabilidad de obtener altos rendimientos y productos de mejor calidad. Por las razones anteriores, para elaborar un programa de nutrición es necesario contar con las curvas específicas de acumulación y extracción nutrimental para un cultivo y variedad en particular, cuando estas son de ciclo muy variable dependiendo de la época de cultivo (Díaz de León, 1999). El objetivo del presente estudio es determinar la acumulación y extracción nutrimental en el perrito (*Antirrhinum majus* L.) durante dos épocas de cultivo con diferente potencial osmótico en las soluciones nutritivas.

MATERIALES Y METODOS

Condiciones ambientales

El trabajo se realizó durante el invierno (noviembre 2007 a abril 2008) y verano (mayo a septiembre 2008) en los invernaderos del Colegio de Postgraduados en el campus Montecillo (19° 29' N y 98° 53' O). Las condiciones fueron: temperaturas medias de día (24 °C) y nocturnas en invierno (18 °C) y en verano de día (32°C) y nocturnas (22°C).

Materiales

Las plántulas de perrito (*Antirrhinum majus* L.) de la serie Potomac cv. 'Rose' (Pan American Seeds Co., IL, USA) fueron generadas de semilla y tras desarrollar dos pares de hojas verdaderas (5 semanas) se trasladaron en tezontle rojo (roca volcánica) tamizado de 4 a 6 mm de diámetro. Como contenedores se usaron bolsas de polietileno negro de calibre 700 (5 L). Habiendo transcurrido 30 días después del trasplante fue colocada una malla de tutorio plástica (17.5x17.5 cm; Polietilenos del Sur^{MR}, Jiutepec, Morelos, México). La solución nutritiva, se aplicó con el agua de riego, diariamente 600 mL/ riego/ contenedor, dos veces por día, mediante un sistema de goteo por gravedad. La cosecha se hizo al alcanzar la madurez comercial cuando dos terceras partes de los floretes contenidos en el racimo floral se encontraban abiertos.

Solución nutritiva

Las soluciones nutritivas (Cuadro 1) se implementaron después del trasplante. Para obtener los diferentes PO en la solución nutritiva de Steiner, se usaron concentraciones crecientes de nutrimentos, a las cuales se les restó las concentraciones de los diferentes iones contenidos en el agua de riego, ajustándose el pH de la solución diariamente a 5.5 con H₂SO₄ 1N y la CE, la que se utilizó para obtener los valores teóricos de PO mediante la ecuación: $PO \text{ (atm)} = -CE \text{ (dSm}^{-1})0.36$. Las fuentes fertilizantes a utilizar para los macronutrimentos fueron: nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de potasio y fosfato monopotásico. Se usó la siguiente concentración de micronutrimentos (en mg L⁻¹) Fe 5.0, Mn 1.6, Zn 0.023, Cu 0.011 y B 0.865. Las fuentes de micronutrimentos se prepararon con sales grado reactivo: ácido bórico, sulfato de manganeso, sulfato de zinc, sulfato de cobre, molibdato de sodio y el hierro el cual se suministró en forma de quelato Fe-EDTA.

Tratamientos

En el experimento se evaluaron cinco tratamientos (-0.036, -0.054, -0.072, -0.090 y -0.108 MPa). Ochenta plantas por tratamiento fueron utilizadas, cada una como repetición. Dentro del invernadero se colocaron cuatro plantas por contenedor, dividido en tres filas separadas por medio metro de pasillo, teniendo 10 contenedores de cada tratamiento por fila, distribuidos completamente al azar, dando una densidad de 60 plantas m⁻².

Variables evaluadas

Cada 10 días se muestrearon sacrificándose seis plantas para medir el peso de materia seca del total del tallo se utilizó una estufa con aire forzado (Precisión 17 GCA Corp.) a 70 °C de 48 a 72 h, obteniéndose el peso seco con una balanza electrónica (Explorer 0.001 g, Ohaus Corp.; USA).

Determinación del Contenido nutrimental (Figura 10). Cada 10 días se muestrearon hojas intermedias del tallo en un total de 6 plantas por tratamiento, las cuales se secaron en una estufa con aire forzado a 70 °C de 48 a 72 h, obteniéndose el peso seco constante. Posteriormente se molieron en un mortero hasta obtener 2g de muestra, 0.1g para N y 0.5 para P, K, Ca, Mg, Mn, Fe y Zn. Los métodos utilizados para medir el contenido nutrimental fue: Nitrógeno: por el método de Microkjeldahl (Chapman, 1973). Fósforo: por el método de Vanadato- Molibdato

amarillo (Chapman, 1973). Potasio: por emisión de llama (Bradfield y Spencer, 1965). Calcio, Magnesio, Manganeso, Hierro y Zinc (ppm): por absorción atómica (Bradfield y Spencer, 1965).

Diagnostico nutrimental

Se elaboró un diagnostico mediante el uso de la desviación del optimo porcentual (DOP), esta es una herramienta que se utiliza para correlacionar los niveles nutrimentales óptimos con aquellos existentes en un momento determinado (Montañas, *et al.*, 1993). Su obtención se basa en el cálculo de la desviación del óptimo porcentual, donde todo valor positivo indica que el nutrimento se encuentra dentro de los niveles listados como óptimos para este cultivo. Mientras que los valores negativos indican deficiencias en el contenido de los mismos.

$$DOP = \frac{V - v}{v} (100)$$

Dónde:

DOP= Desviación del Optimo Porcentual

V= Valor obtenido del nutrimento

v= Norma o promedio del nutrimento

Parte de los cálculos del óptimo nutrimental incluye la determinación del índice de desbalance nutrimental (IDN) y el orden de requerimiento nutrimental (ORN). Estos valores indican tanto la magnitud del desbalance observado como el orden o secuencia en que los elementos denotan su deficiencia (Montañas, *et al.*, 1993).

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de la concentración de la absorción y extracción de nutrientes de la planta en cada fecha de muestreo se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$). También se realizó una correlación entre el peso de materia seca y los macronutrientes extraídos.

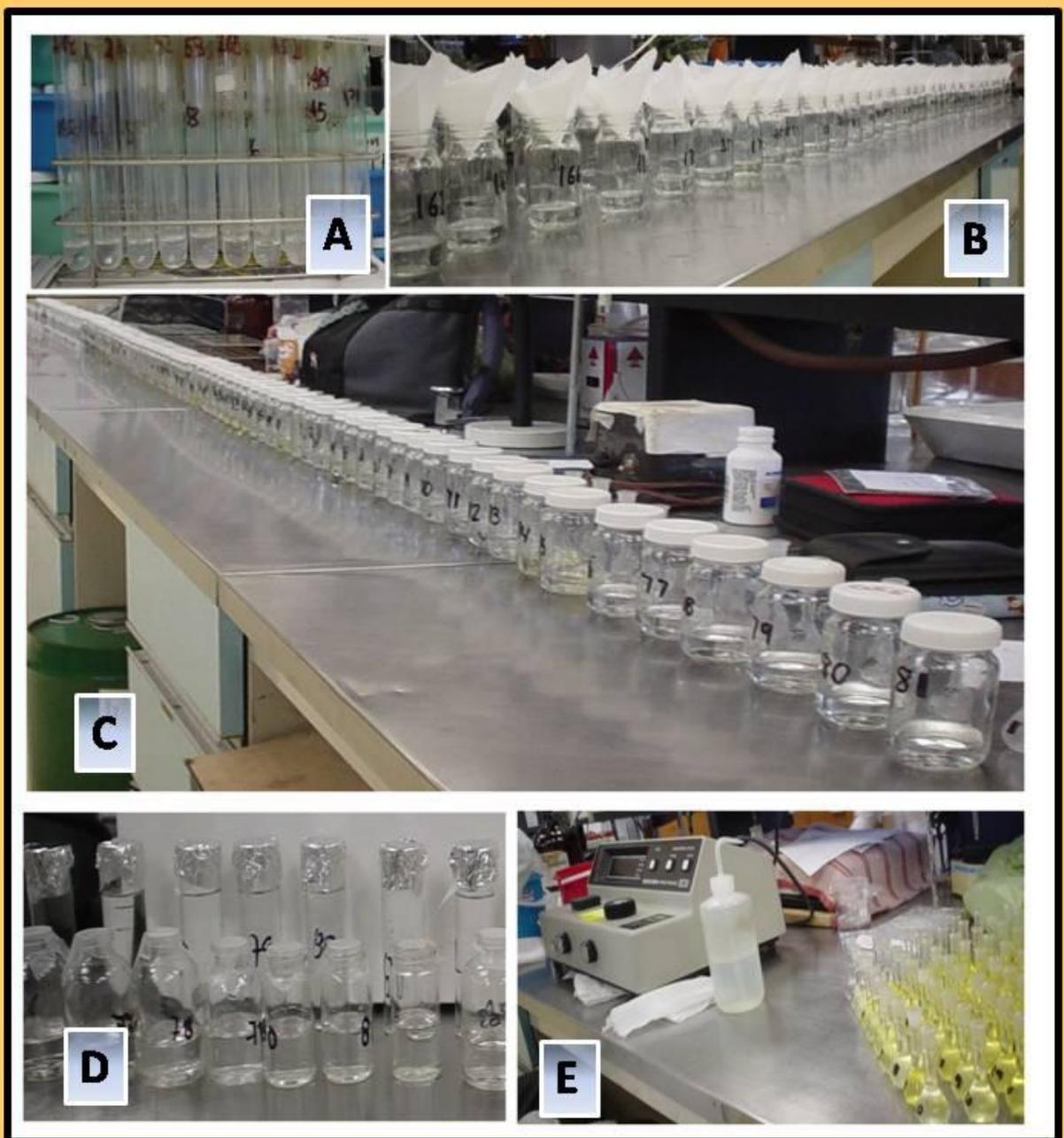


Figura 10. Preparación de muestras para determinación de nutrimentos de plantas de perrito (*Antirrhinum majus* L.) en invernadero con soluciones nutritivas de diferente potencial osmótico. A: Digestión de muestras; B: Filtrado de muestras; C: Muestras filtradas para K y micronutrientes; D: Diluciones para Ca y Mg; E: Toma de datos de P en el espectrofotómetro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dinámica del contenido nutrimental:

La absorción total de nutrientes se ha empleado como guía para definir el programa nutricional para un cultivo. Este puede ser mejorado al considerar los diferentes estados de desarrollo de la planta, es decir, el crecimiento vegetativo, formación de flores y una cosecha sostenible. La absorción de la planta no varía solo con el tamaño de la planta, follaje, cultivar y fructificación, sino también con los cambios a las condiciones ambientales, las cuales pueden tener un efecto profundo sobre la absorción de agua y nutrientes (Adams, 2004). Como lo muestran los resultados obtenidos del contenido de absorción de cada nutriente por época de cultivo (Cuadro 5 y Cuadro 6). Durante el ciclo de cultivo en verano los macro nutrientes tuvieron diferentes concentraciones, N (15 a 80 g.Kg⁻¹), P (3 a 5 g.Kg⁻¹), Mg (37 a 97 g.Kg⁻¹), presentando un mayor contenido de estos nutrientes en comparación con el invierno N (17 a 61 g.Kg⁻¹), P (0.24 a 2.7 g.Kg⁻¹), Mg (5.5 a 113 g.Kg⁻¹), este último nutriente disminuyó las concentraciones en la cosecha hasta 10 o 15 g.Kg⁻¹ más que en verano. En cuanto al K la mayor concentración la tuvo en invierno con (19 a 158 g.Kg⁻¹) comparado con el verano (44 a 144 g.Kg⁻¹). En cuanto al Ca tuvo una fluctuación variable, al principio de las primeras fechas de muestreos eran mayores las concentraciones en invierno (6 a 36 g.Kg⁻¹), y al final de la cosecha tuvieron valores similares los tratamientos de verano (12 a 33 g.Kg⁻¹). Menciona Adams (2004), que las concentraciones de absorción no son un factor estable, cambia con las condiciones del cultivo y generalmente son más altas en invierno que en verano. Incluso la absorción puede variar de un día a otro debido a que la magnitud de cada respuesta a factores nutricionales está determinada parcialmente por el medio ambiente de la planta, la especie y la edad (Del Río *et al.*, 1994).

Diagnostico Nutrimental (DOP)

En el trabajo realizado con cinco soluciones nutritivas Steiner con diferente potencial osmótico, no presentaron síntomas visibles de deficiencia nutrimental, por lo que puede suponerse que las concentraciones obtenidas de cada elemento en la biomasa aérea total se encuentran dentro de los intervalos de buen abastecimiento. Para comprobar esta parte se elaboró un diagnostico mediante el uso del DOP (Cuadro 7), esta es una herramienta que se utiliza para

Cuadro 5. Contenido de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio, durante el ciclo de cultivo de perrito (*Antirrhinum majus* L.), con soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico en verano.

Nutrimento (g.Kg ⁻¹)	Tratamientos de PO (MPa)	DDT									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	
N	-0.036	15.708a	84.252a	48.55a	66.40a	56.17a	56.40ab	49.03a	54.50a	52.36a	
	-0.054	15.708a	79.968a	52.83a	81.16a	62.12a	69.49a	53.54a	54.98a	60.69a	
	-0.072	15.708a	57.834a	62.35a	72.35a	54.41a	45.22b	55.69a	49.74a	60.21a	
	-0.09	15.708a	79.254a	61.64a	64.97a	54.26a	50.93ab	59.97a	51.88a	62.35a	
	-0.108	15.708a	64.26a	67.83a	71.64a	54.58a	50.93ab	53.78a	60.69a	71.16a	
	CV	0	12.4	13.16	17.75	10.04	15.52	9.67	14.73	11.98	
	DMS	0	20.2	20.74	34.01	15.2	22.77	14.14	21.51	19.76	
	P ₂ O ₅	-0.036	3.03a	4.64a	2.37b	4.67a	3.85ab	3.60a	3.30a	3.74a	3.34a
		-0.054	3.03a	4.04a	4.31a	4.59a	4.40a	4.24a	3.28a	3.32a	3.29a
		-0.072	3.03a	5.71a	5.25a	4.36a	4.10ab	3.66a	3.07a	3.47a	4.12a
-0.09		3.03a	5.15a	4.61a	4.65a	4.29a	3.85a	3.37a	3.68a	4.09a	
-0.108		3.03a	4.14a	4.08a	4.51a	3.48b	4.21a	3.65a	3.74a	4.11a	
CV		0	10.4	11.16	13.27	6.77	15.47	11.51	11.82	8.34	
DMS		0	1.23	1.24	1.63	0.73	1.63	1.00	1.14	0.85	
K ₂ O		-0.036	44.4a	122.7a	84.10a	145.00a	118.90b	137.10a	86.90a	94.20a	100.70a
		-0.054	44.4a	71.1a	88.70a	147.38a	126.80b	126.00a	86.30a	96.80a	125.40a
		-0.072	44.4a	144.3a	114.20a	125.00a	133.93b	135.30a	79.60a	104.60a	107.80a
	-0.09	44.4a	121.5a	120.60a	143.10a	129.90b	97.90a	98.90a	107.70a	108.20a	
	-0.108	44.4a	114.9a	105.10a	155.00a	157.40a	140.80a	105.10a	110.40a	107.90a	
	CV	0	27.57	28.50	19.69	5.05	24.83	20.90	15.00	19.52	
	DMS	0	75.3	78.53	75.72	18.09	85.00	51.32	41.41	57.71	
	CaO	-0.036	18.48a	18.94a	17.95a	27.86a	33.42ab	30.23a	15.17a	20.62a	18.07a
		-0.054	18.48a	13.03a	14.65a	31.91a	33.42ab	26.99a	17.73a	14.83a	17.32a
		-0.072	18.48a	21.72a	20.56a	21.25a	14.59b	23.34a	22.18a	12.63a	15.93a
-0.09		18.48a	17.21a	19.34a	25.66a	35.79a	25.19a	22.12a	13.96a	15.52a	
-0.108		18.48a	21.54a	19.11a	30.93a	22.94ab	32.49a	14.94a	16.45a	22.01a	
CV		0	15.67	30.02	28.58	22.93	19.41	35.43	31.68	28.00	
DMS		0	15.89	14.78	21.14	16.79	14.42	17.55	13.36	13.37	
MgO		-0.036	37.13a	46.41a	55.69a	90.75a	57.41a	91.78a	90.75a	81.47a	78.38ab
		-0.054	37.13a	37.13a	46.41a	89.72a	96.94a	73.22a	68.06ab	61.88a	72.19ab
		-0.072	37.13a	74.25a	50.53a	56.72a	37.88a	64.97a	54.66ab	79.41a	51.56b
	-0.09	37.13a	40.22a	47.44a	75.28a	92.81a	60.84a	62.91ab	63.94a	69.09ab	
	-0.108	37.13a	61.88a	45.38a	82.50a	89.38a	93.84a	42.28b	82.50a	96.94a	
	CV	0	24.3	28.19	19.92	29.50	19.81	28.08	21.39	16.45	
	DMS	0	38.50	37.18	42.28	59.36	40.95	48.09	42.44	32.55	

Letras con diferente valor en cada columna denotan diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). DDT = días después del trasplante; CV= coeficiente de variación; DMS= diferencia mínima significativa.

Cuadro 6. Contenido de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio, durante el ciclo de cultivo de perrito (*Antirrhinum majus* L.), con soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico en invierno.

Nutrimento (g.Kg ⁻¹)	Tratamientos de PO (MPa)	DDT											
		0	30	40	50	60	70	80	90	100	120	130	
N	-0.036	17.14a	46.41a	48.79a	40.93a	58.31a	52.12a	33.08a	58.78a	52.36a	38.08b	39.51a	
	-0.054	17.14a	42.13a	46.41a	52.36a	60.69a	51.88a	49.03a	52.36a	53.31a	51.89ab	55.45a	
	-0.072	17.14a	40.93a	45.45a	49.98a	48.55a	56.64a	46.89a	54.50a	51.88a	58.79ab	53.08a	
	-0.09	17.14a	30.22a	51.17a	49.5a	48.07a	53.31a	51.65a	51.88a	61.64a	59.26a	52.36a	
	-0.108	17.14a	48.55a	49.74a	48.31a	58.31a	48.08a	46.41a	55.93a	53.07a	40.93ab	55.45a	
	CV	0.00	21.04	7.74	16.27	14.81	12.59	30.29	12.089	12.92	15.58	22.81	
	DMS	0.00	23.55	10.059	21.077	21.81	17.741	36.96	17.767	18.914	20.849	31.361	
	P ₂ O ₅	-0.036	0.54a	0.69a	1.46a	1.982a	2.617a	2.72a	1.52a	2.019a	1.63a	1.73a	2.00a
		-0.054	0.54a	1.42a	1.48a	2.015a	2.09a	2.64a	2.03a	1.51a	1.95a	2.03a	2.15a
		-0.072	0.54a	0.24a	0.98a	1.78a	2.47a	2.61a	1.71a	2.12a	1.68a	2.02a	2.34a
-0.09		0.54a	0.49a	1.04a	1.87a	3.23a	2.64a	2.13a	1.95a	2.23a	2.23a	2.28a	
-0.108		0.54a	0.65a	1.55a	1.78a	2.70a	2.51a	1.99a	1.82a	1.72a	2.22a	2.18a	
CV		0.00	0.00	51.65	16.01	27.24	15.85	25.04	19.1	12.84	12.42	11.01	
DMS		0.00	0.00	1.8107	0.8118	1.9213	1.117	1.2627	0.9676	0.6356	0.6828	0.6486	
K ₂ O		-0.036	50.00a	90.30a	106.10a	145.10a	145.70a	78.50a	136.10a	136.30a	71.70a	83.90b	122.20a
		-0.054	50.00a	53.70a	127.80a	158.20a	134.40a	137.00a	133.70a	110.50a	122.60a	111.3ab	119.90a
		-0.072	50.00a	24.90a	77.30a	152.90a	152.10a	140.93a	151.70a	125.10a	120.60a	103.9ab	139.40a
	-0.09	50.00a	26.70a	76.50a	152.90a	146.00a	129.40a	126.93a	126.00a	112.90a	113.4ab	114.40a	
	-0.108	50.00a	18.90a	144.40a	153.70a	144.40a	123.10a	65.10a	121.50a	104.50a	123.40a	119.20a	
	CV	0.00	25.67	34.21	8.60	15.75	22.06	28.14	22.11	26.53	11.89	12.64	
	DMS	0.00	80.50	97.83	35.26	61.17	72.18	92.77	73.60	75.89	34.25	41.78	
	CaO	-0.036	6.10a	10.95a	22.53a	36.55a	22.18a	25.59a	14.07c	21.20a	12.97b	17.55a	24.79a
		-0.054	6.10a	17.90a	22.30a	26.99a	28.26a	31.74a	18.71bc	14.36a	20.213ab	21.84a	19.23a
		-0.072	6.10a	10.25a	14.19a	27.86a	18.07a	26.87a	32.90a	23.98a	24.27a	19.17a	21.78a
-0.09		6.10a	7.47a	19.63a	26.93a	30.75a	33.42a	28.15ab	21.55a	18.71ab	16.85a	22.82a	
-0.108		6.10a	9.73a	22.18a	25.48a	25.02a	28.49a	17.20bc	16.39a	19.40ab	16.68a	18.82a	
CV		0.00	24.23	37.72	19.06	28.00	25.04	23.44	19.61	21.42	20.62	18.08	
DMS		0.00	8.53	20.44	14.73	18.70	16.83	13.98	10.27	11.00	10.20	10.44	
MgO		-0.036	5.54a	30.94a	57.75a	113.44a	75.28a	77.34a	52.594c	59.81a	39.188a	39.188b	69.09a
		-0.054	5.54a	46.41a	66.00a	96.94a	89.72a	113.44a	59.81bc	56.72a	44.34a	64.97a	55.69a
		-0.072	5.54a	21.66a	43.31a	87.66a	95.91a	97.97a	97.97a	63.94a	56.72a	48.47ab	47.44a
	-0.09	5.54a	18.56a	52.59a	90.75a	84.56a	99.00a	84.56ab	54.66a	48.47a	48.47ab	51.57a	
	-0.108	5.54a	24.75a	77.34a	90.75a	90.75a	88.69a	63.94bc	46.41a	43.32a	45.38ab	44.35a	
	CV	0.00	15.89	40.32	10.17	18.63	20.64	15.46	31.60	18.70	15.71	18.84	
	DMS	0.00	28.56	64.40	26.20	43.70	52.80	29.80	47.80	23.30	20.80	27.2	

Letras con diferente valor en cada columna denotan diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). DDT = días después del trasplante; CV= coeficiente de variación; DMS= diferencia mínima significativa.

correlacionar los niveles nutrimentales óptimos con aquellos existentes en un momento determinado (Montañes, *et al.*, 1993). Se utilizaron los valores óptimos proporcionados por Ortega (1997) N=4.4; P=0.4; K=3.8; Ca=1.2; Mg=0.4.

De manera general en los macronutrientes, se puede observar (Cuadro, 7) que las diferentes soluciones con diferente potencial osmótico presentaron un déficit nutrimental para P en los tratamientos -0.036 y -0.054 MPa. Los bajos contenidos en P observados pudieran ser el resultado de cambios en la reactividad del pH del sustrato. Ya que la acidez disminuye la asimilación de este elemento (Marschner, 1995). Además de que las bajas concentraciones de P en el drenaje del sustrato pueden tener precipitados con valores de pH altos en el medio radicular (Sonneveld y Voogt, 2008). En cuanto al IDN el tratamiento con -0.072 MPa mostró el menor valor con 1445 y 2655 el mayor con -0.108 MPa. También se presentó un exceso de Mg (1189 a 2323) y K (165 a 230) y Ca (29.33 a 83.42). En cuanto al ORN fue de P en dos tratamientos -0.036 y -0.054 MPa en los otros no presentó ningún déficit de este elemento ni de ningún otro macro elemento. De esta forma, los contenidos de N y P, se encuentra dentro de los rangos normales, solo en dos tratamientos (-0.036 y -0.054 MPa) están bajos para P y en exceso en todos los tratamientos para K, Ca y Mg (Ortega, 1997).

En cuanto a la concentración de nutrientes en invierno (Cuadro, 7) se presentó un déficit en N y P para el PO de -0.036 MPa y para todos los demás tratamientos solo fue un déficit en P. El buen crecimiento y desarrollo de los cultivos demanda un apropiado balance nutrimental, al incrementarse el nivel de N, los otros nutrientes deben estar presentes en cantidades adecuadas; si esto no ocurre, el efecto positivo de la aplicación de N se reducirá significativamente (Parker, 2000). Se presentó un exceso de Mg (1008 a 1627) menor concentración que en verano, K (201 a 266) y Ca (56 a 106) en estos dos nutrientes presentaron una mayor concentración que en verano. Concentraciones de Mg registradas en la hoja, por arriba de la normal, sugieren que debe evaluarse la fertilización de K y Ca al cultivo, ya que la disponibilidad de estos nutrientes es la suma de los interceptados por las raíces de las plantas y los que llegan a éstas por medio de flujo de masas y difusión (Marschner, 1995; IFA, 2002). El mecanismo de difusión es el proceso más importante para K, mientras que para el Ca lo es el de flujo de masas (Marschner, 1995). En consecuencia, la relación de K y Ca en la hoja se debe, además del suministrado por los fertilizantes, a la humedad del suelo, la temperatura del aire y la transpiración de las plantas (Righetti *et al.*, 1990). El IDN fue menor que el del verano con 1259 el menor en el tratamiento -

0.108 MPa y el mayor de 1895 con -0.036 MPa. En el ORN fue de P seguido del N para -0.036 MPa y de P para todos los otros tratamientos. De esta forma, los contenidos de N se encuentra dentro de los rangos normales, excepto para el tratamiento -0.036 MPa que esta deficiente, bajos para P y en exceso en todos los tratamientos para K, Ca y Mg (Ortega, 1997). En un potencial osmótico menor (-0.21 MPa), las plantas absorben más K, a expensas del calcio, y existe una fuerte preferencia por el $H_2PO_4^-$ y, en menor medida, por el NO_3^- , ambos a expensas de la absorción de SO_4^{2-} (Steiner, 1973; Schwarz, 1995). En este trabajo al haber mayor contenido de K se pudo afectar la concentración de absorción de N y P en el tejido de las plantas.

Cuadro 7. Índices de la desviación del optimo porcentual (DOP) de macronutrientos, durante el ciclo de cultivo de perrito (*Antirrhinum majus* L.), con soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico en verano e invierno.

Tratamiento PO (MPa)	Índices DOP													
	N		P		K		Ca		Mg		IDN		ORN	
	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I
-0.036	19.00	-10.20	-16.50	-50.00	165.00	221.58	50.58	106.58	1859.50	1627.25	2077.58	1895.21	P	P>N
-0.054	37.93	26.02	-17.75	-46.25	230.00	215.53	44.33	60.25	1704.75	1292.25	1999.27	1547.80	P	P
-0.072	36.84	20.64	3.00	-41.50	183.68	266.84	32.75	81.50	1189.00	1086.00	1445.28	1413.48		P
-0.09	41.70	19.00	2.25	-43.00	184.74	201.05	29.33	90.17	1627.25	1189.25	1885.27	1456.47		P
-0.108	61.73	26.02	2.75	-45.50	183.95	213.68	83.42	56.83	2323.50	1008.75	2655.34	1259.79		P

IDN= índice de desbalance nutrimental; ORN= orden de requerimiento nutrimental; V=verano; I=invierno

Dinámica de extracción nutrimental:

Considerando que la demanda nutrimental de cada cultivo se basa en la capacidad para absorber nutrientes necesarios para obtener un rendimiento máximo posible el cual se contabiliza a partir de la concentración en la biomasa de los productos cosechados, las ornamentales absorben grandes cantidades de nutrientes, mismas que dependen de la calidad de las plantas y biomasa que produzcan, influenciadas por variables genéticas y ambientales (Grageda, 1999).

Al analizar los datos de extracción nutrimental (Cuadro 8 y Cuadro 9) se puede ver que en verano la curva empieza a tomar valores a partir de los 30 días, incrementándose conforme pasa el ciclo de cultivo hasta los 80 días (Figura 11). Para el invierno (Figura 12) la curva empieza a

partir de los 40 días, de igual manera que con el verano empieza a incrementar los valores conforme pasa el ciclo de cultivo hasta los 130 días.

Para N en verano (Cuadro 8 y Figura 11A), la curva de extracción fue incrementándose conforme pasaron los días, encontrando diferencias estadísticas significativas a los 50 días siendo el mejor tratamiento -0.054 MPa con 0.1782 g. Kg⁻¹ y a los 60 días este tratamiento fue el menor con 0.2809 g. Kg⁻¹ y el que mayor extracción tuvo fue -0.072 MPa con 0.4964 g. Kg⁻¹ y al final del ciclo a los 80 días el mayor contenido de extracción lo presentó -0.108 MPa con 1.8453 g. Kg⁻¹. Al presentarse una mayor disponibilidad de N favoreció una mayor extracción por la planta, debido a que del total de nutrientes aplicados, aproximadamente el 80 % que es absorbido por las plantas es N (Grattan y Grieve, 1999). En el caso del N en invierno (Cuadro 9 y figura 12A) se presentó una diferencia significativa a los 40 días con el tratamiento -0.090 MPa con 0.0222 g. Kg⁻¹, después hasta los 100 días se presentó otra diferencia significativa con 1.394 g. Kg⁻¹ con el mismo tratamiento. Cambiando un poco a los 120 días con el tratamiento -0.072 con 1.654 g. Kg⁻¹, al final en la cosecha no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, se puede ver que aunque el ciclo de cultivo duro 50 días más, los valores de extracción al final en la cosecha son similares a los de verano.

En verano para P (Cuadro 8 y Figura 11B) se encontraron diferencias significativas a los 20 días en cuatro de los tratamientos que fueron iguales estadísticamente con valores de 0.0004 a 0.0005 g. Kg⁻¹, siendo el único tratamiento diferente con menor valor -0.036 MPa con 0.0002 g. Kg⁻¹, otra diferencia se presentó a los 60 días con dos tratamientos -0.072 y -0.108 MPa con valores de 0.0273 y 0.0255 g. Kg⁻¹ respectivamente. Al final en la cosecha también presentaron diferencias con valores de 0.1059 y 0.106 g. Kg⁻¹ en los tratamientos -0.090 y 0.108 MPa respectivamente. En el caso de P en invierno (Cuadro 9 y Figura 12B) se presentaron valores significativos a los 60 días con el tratamiento -0.090 MPa con valores de 0.0055 g. Kg⁻¹, después a los 100 días con el mismo tratamiento con 0.0504 g. Kg⁻¹ y al final de en la cosecha con 0.0804 g. Kg⁻¹. Se puede notar que los valores de extracción fueron menores que los de verano.

Para K en el verano (Cuadro 8 y Figura 11C) no presentó diferencias significativas en ningún día, siendo los valores en la cosecha entre 2.2 y 3 g. Kg⁻¹ entre los tratamientos. Para el caso de los valores de K en invierno (Cuadro 9 y Figura 12C) se presentaron diferencias significativas a los 80 días con el tratamiento -0.036 con 1.19 g. Kg⁻¹, después hasta los 100 días con dos tratamientos -0.054 y -0.090 MPa con 2.359 y 2.505 g. Kg⁻¹, respectivamente.

Cuadro 8. Valores de extracción de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio, en base a biomasa durante el ciclo de cultivo de perrito (*Antirrhinum majus* L.), con soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico en verano.

Nutrimento (g.L ⁻¹)	Tratamientos de PO (MPa)	DDT									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	
N	-0.036	0.0006a	0.0046a	0.0049a	0.0280a	0.0756a	0.1281ab	0.2944bc	0.7472a	1.4010ab	
	-0.054	0.0006a	0.0044a	0.0061a	0.0331a	0.0893a	0.1782a	0.2809c	0.8304a	1.4660ab	
	-0.072	0.0006a	0.0032a	0.0069a	0.0461a	0.0690a	0.0787b	0.4964a	0.7606a	1.2377b	
	-0.09	0.0006a	0.0044a	0.0070a	0.0319a	0.0867a	0.0827b	0.4272ab	0.7452a	1.6170ab	
	-0.108	0.0006a	0.0036a	0.0075a	0.0361a	0.0800a	0.0935b	0.3765abc	0.7291a	1.8453a	
	CV	0.00	17.46	16.90	23.62	14.96	22.69	13.39	15.52	12.28	
	DMS	0.0000	0.0035	0.0029	0.0223	0.0322	0.0685	0.1351	0.3181	0.4995	
	P ₂ O ₅	-0.036	0.00012a	0.00025a	0.00023b	0.00196a	0.00528a	0.00863a	0.01981ab	0.05137a	0.08932ab
		-0.054	0.00012a	0.00022a	0.00040a	0.00187a	0.00697a	0.01069a	0.01521b	0.05093a	0.07939b
-0.072		0.00012a	0.00042a	0.00058a	0.00279a	0.00518a	0.00632a	0.02730a	0.05352a	0.07991b	
-0.09		0.00012a	0.00028a	0.00052a	0.00227a	0.00688a	0.00618a	0.02394ab	0.05233a	0.10598a	
-0.108		0.00012a	0.00023a	0.00045a	0.00228a	0.00613a	0.00771a	0.02553a	0.04488a	0.10652a	
CV		0.00	15.35	11.74	18.86	13.55	24.51	17.03	16.90	8.32	
DMS		0.00000	0.00020	0.00010	0.00110	0.00220	0.00520	0.01020	0.02300	0.02060	
K ₂ O		-0.036	0.00178a	0.00675a	0.00817a	0.0606a	0.16097a	0.33029a	0.5256a	1.2927a	2.6935a
		-0.054	0.00178a	0.00391a	0.01009a	0.0600a	0.18256a	0.31941a	0.4650a	1.4880a	3.0291a
	-0.072	0.00178a	0.00794a	0.01255a	0.0827a	0.16966a	0.23818a	0.7104a	1.5987a	2.2161a	
	-0.09	0.00178a	0.00668a	0.01373a	0.0696a	0.20784a	0.16705a	0.7018a	1.5382a	2.8055a	
	-0.108	0.00178a	0.00632a	0.01169a	0.0783a	0.2320a	0.25915a	0.7199a	1.3288a	2.7977a	
	CV	0.00	18.98	27.84	30.92	15.93	33.47	21.46	17.06	19.60	
	DMS	0.0000	0.0096	0.0084	0.0584	0.0816	0.0077	0.3602	0.6643	1.4262	
	CaO	-0.036	0.000737a	0.0010417a	0.0018036a	0.011351a	0.040259ab	0.07115a	0.09150a	0.28834a	0.4833a
		-0.054	0.000737a	0.00071672a	0.0016838a	0.012673a	0.048109ab	0.06824a	0.09348a	0.22999a	0.4183a
-0.072		0.000737a	0.001195a	0.0022511a	0.013991a	0.018385c	0.04020a	0.19744a	0.19348a	0.3274a	
-0.09		0.000737a	0.0009461a	0.0021745a	0.012498a	0.057268a	0.04029a	0.15802a	0.19722a	0.4025a	
-0.108		0.000737a	0.001185a	0.0021475a	0.015668a	0.031152bc	0.05958a	0.09866a	0.19578a	0.5706a	
CV		0	25.68	31.14	31.77	19.35	24.03	33.80	36.70	27.86	
DMS		0	0.00390	0.00170	0.01130	0.00006	0.03610	0.11610	0.21790	0.32980	
MgO		-0.036	0.00149a	0.00255a	0.00551a	0.03798a	0.0784a	0.2187a	0.5501a	1.0881a	2.0964a
		-0.054	0.00149a	0.00204a	0.00539a	0.03610a	0.13946a	0.1777ab	0.3857a	0.9730a	1.7687ab
	-0.072	0.00149a	0.00408a	0.00555a	0.03732a	0.08744a	0.1112ab	0.4870a	1.2189a	1.0600b	
	-0.09	0.00149a	0.00221a	0.00540a	0.03649a	0.14850a	0.0975b	0.4483a	0.9208a	1.7915ab	
	-0.108	0.00149a	0.00340a	0.00509a	0.04177a	0.12923a	0.1734ab	0.2923a	0.9925a	2.5135a	
	CV	0.000	22.346	30.701	27.870	27.904	26.215	34.902	23.122	16.476	
	DMS	0.000	0.005	0.004	0.028	0.087	0.110	0.406	0.645	0.817	

Letras con diferente valor en cada columna denotan diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). DDT = días después del trasplante; CV= coeficiente de variación; DMS= diferencia mínima significativa.

Cuadro 9. Valores de extracción de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio, en base a biomasa durante el ciclo de cultivo de perrito (*Antirrhinum majus* L.), con soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico en invierno.

Nutrimento (g.L ⁻¹)	Tratamientos de PO (MPa)	DDT										
		0	30	40	50	60	70	80	90	100	120	130
N	-0.036	0.00024a	0.00348a	0.01226b	0.0321a	0.0838a	0.4355a	0.26704a	0.799a	0.7505b	0.8107ab	0.996a
	-0.054	0.00024a	0.00362a	0.01145b	0.0364a	0.0838a	0.3217a	0.31597a	0.5948a	1.0393ab	1.2113ab	1.672a
	-0.072	0.00024a	0.00301a	0.01189b	0.0305a	0.0676a	0.3568a	0.33804a	0.5825a	0.8244b	1.6536a	1.264a
	-0.09	0.00024a	0.00288a	0.02223a	0.0294a	0.0821a	0.2697a	0.45096a	0.6932a	1.3939a	1.2510ab	1.8406a
	-0.108	0.00024a	0.00329a	0.01461b	0.0343a	0.0878a	0.2751a	0.34178a	0.4663a	0.6490b	0.7038b	1.4992a
	CV	0	29	14.41	22.29	16.03	27.04	34.61	23.69	18.31	29.47	23.71
	DMS	0	0.0025	0.0056	0.0195	0.0349	0.2411	0.3188	0.3994	0.4583	0.8919	0.9266
	P ₂ O ₅	-0.036	0.000022a	0.000052a	0.000355a	0.001565a	0.00374ab	0.022914a	0.013198a	0.027527a	0.02330bc	0.036507a
-0.054		0.000022a	0.000122a	0.000366a	0.001388a	0.00288b	0.016249a	0.013188a	0.017854a	0.037551ab	0.047055a	0.064833ab
-0.072		0.000022a	0.000018a	0.000262a	0.001065a	0.00344ab	0.016559a	0.012253a	0.022803a	0.027477bc	0.056161a	0.055548b
-0.09		0.000022a	0.000050a	0.000492a	0.001155a	0.00552a	0.013149a	0.018292a	0.026088a	0.050304a	0.048346a	0.080391a
-0.108		0.000022a	0.000044a	0.000458a	0.001263a	0.00394ab	0.014376a	0.014112a	0.015077a	0.020907c	0.037848a	0.058947ab
CV		0	23.86	71.75	19.95	23.65	31.65	22.18	30.47	17.65	25.6	14.59
DMS		0	0.0004	0.0007	0.0007	0.0025	0.0142	0.0085	0.0179	0.0151	0.0311	0.0243
K ₂ O		-0.036	0.0001879a	0.0067725a	0.02575a	0.11491a	0.2128a	0.5824a	1.1903a	1.8691a	1.0193ab	1.7708a
	-0.054	0.0001879a	0.0046182a	0.03146a	0.1101a	0.18509a	0.856a	0.8686ab	1.2731a	2.3596a	2.6114a	3.6071a
	-0.072	0.0001879a	0.0018675a	0.02079a	0.09067a	0.21182a	0.8983a	1.0922ab	1.3228a	1.9509ab	2.873a	3.3258a
	-0.09	0.0001879a	0.0026967a	0.03535a	0.09435a	0.24964a	0.6614a	1.0889ab	1.6768a	2.5056a	2.5062a	4.0268a
	-0.108	0.0001879a	0.0012663a	0.04238a	0.10823a	0.21741a	0.7005a	0.4558b	1.0036a	1.2647ab	2.1044a	3.2073a
	CV	0	25.54	46.60	16.38	18.80	30.71	28.89	28.09	26.71	26.55	13.12
	DMS	0	0.025	0.039	0.0456	0.1088	0.6105	0.729	1.0786a	1.3065a	1.693a	1.2147a
	CaO	-0.036	0.000026a	0.000821a	0.005377a	0.028786a	0.032737a	0.211172a	0.12212a	0.2900a	0.18492a	0.3793a
-0.054		0.000026a	0.001539a	0.005487a	0.018756a	0.038928a	0.196331a	0.12333a	0.1742a	0.3866a	0.4982a	0.57767a
-0.072		0.000026a	0.000769a	0.003778a	0.016586a	0.025157a	0.171315a	0.23671a	0.2545a	0.38699a	0.5395a	0.51964a
-0.09		0.000026a	0.000755a	0.008502a	0.016614a	0.05247a	0.160940a	0.24579a	0.2863a	0.42098a	0.3632a	0.79525a
-0.108		0.000026a	0.000652a	0.006549a	0.018223a	0.036782a	0.16271630a	0.12417a	0.1361a	0.23584a	0.2864a	0.50788a
CV		0	28	38.22	25.23	27.83	27.83	27.35	31.03	22.43	33.32	18.12
DMS		0	0.00060	0.0061	0.0134	0.0278	0.078	0.1253	0.1903	0.1947	0.3701	0.2948
MgO		-0.036	0.0000567a	0.00232a	0.013839a	0.089606a	0.1115a	0.6344a	0.45986ab	0.7731a	0.5607b	0.8432a
	-0.054	0.0000567a	0.00399a	0.016265a	0.067281ab	0.12298a	0.7078a	0.38999b	0.6769a	0.8584ab	1.5069a	1.6674a
	-0.072	0.0000567a	0.001624a	0.011683a	0.051403b	0.13363a	0.6241a	0.70229ab	0.6783a	0.8895ab	1.3267a	1.1265a
	-0.09	0.0000567a	0.001875a	0.022529a	0.056122b	0.14543a	0.4937a	0.73617a	0.7299a	1.0972a	1.0249a	1.7952a
	-0.108	0.0000567a	0.001658a	0.022905a	0.064411ab	0.13367a	0.4976a	0.46932ab	0.3835a	0.5266b	0.7796a	1.1956a
	CV	0	30.1	41.12	16.23	20.98	27.22	21.49	33.81	18.83	25.26	17.30
	DMS	0	0.0156	0.0193	0.0287	0.073	0.4327	0.3184	0.7731	0.398	0.744	0.0272

Letras con diferente valor en cada columna denotan diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). DDT = días después del trasplante; CV= coeficiente de variación; DMS= diferencia mínima significativa.

En la cosecha no presento diferencias significativas estando los valores entre 3 y 4 g. Kg⁻¹, lo que hace ver que son mayores las extracciones de este elemento en invierno que en verano.

Para Ca en verano (Cuadro 8 y Figura 11D) se presentó solamente diferencias estadísticas significativas a los 40 días con el tratamiento -0.090 MPa con 0.0573 g. Kg⁻¹, al final en la cosecha no hubo diferencias significativas presentando valores de extracción de 0.327 y 0.571 g. Kg⁻¹. En invierno el Ca (Cuadro 9 y Figura 12D) no presento diferencias estadísticas en ningún día, los valores de extracción al final en la cosecha fueron de 0.508 y 0.795 g. Kg⁻¹, siendo mayores los valores que los de verano.

Para el Mg en verano (Cuadro 8 y Figura 11E) se presentaron diferencias en la extracción hasta los 50 días con el tratamiento -0.036 MPa con 0.2187 g. Kg⁻¹, hasta la cosecha se presentaron diferencias significativas con este tratamiento con 2.0964 g. Kg⁻¹ y con el tratamiento -0.108 MPa con 2.5135 g. Kg⁻¹. En el invierno el Mg (Cuadro 9 y Figura 12E) presento diferencias a los 50 días con el tratamiento -0.036 MPa con 0.0896 g. Kg⁻¹, a los 80 días con el tratamiento -0.090 MPa con 0.7361 g. Kg⁻¹ y 1.0972 g. Kg⁻¹ a los 100 días con el mismo tratamiento. En la cosecha no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos mostrando la extracción de Mg valores de 1.126 a 1.795 g. Kg⁻¹, siendo estos valores de extracción menores comparados con los del verano.

En general se puede ver que la extracción nutrimental de N, P y Mg en el verano se presentaron valores más altos que en invierno, el cual presento valores mayores solo en K y Ca, coincidiendo los valores obtenidos de estos dos nutrimentos con lo mencionado por Sonneveld (2004), que la concentración de absorción durante los cultivos de invierno es superior a las de verano. Tales diferencias se deben a la absorción de agua y rara vez tienen su origen en la absorción de los nutrientes (Sonneveld y Van den Boss, 1995).

Correlación entre biomasa y extracción

Los datos de extracción de macronutrientes N, P, K, Ca y Mg se correlacionaron con la biomasa total para ver la influencia de estos nutrientes en el incremento o acumulación de biomasa durante el ciclo de crecimiento del cultivo de perrito. En la figura 13A, la correlación de los tratamientos con diferente potencial osmótico en verano presento una r² de 0.9 para todos los tratamientos, siendo la mejor correlación con el tratamiento -0.036 MPa con una r²=0.9994. En forma general se puede ver que a medida que se incrementó la dosis

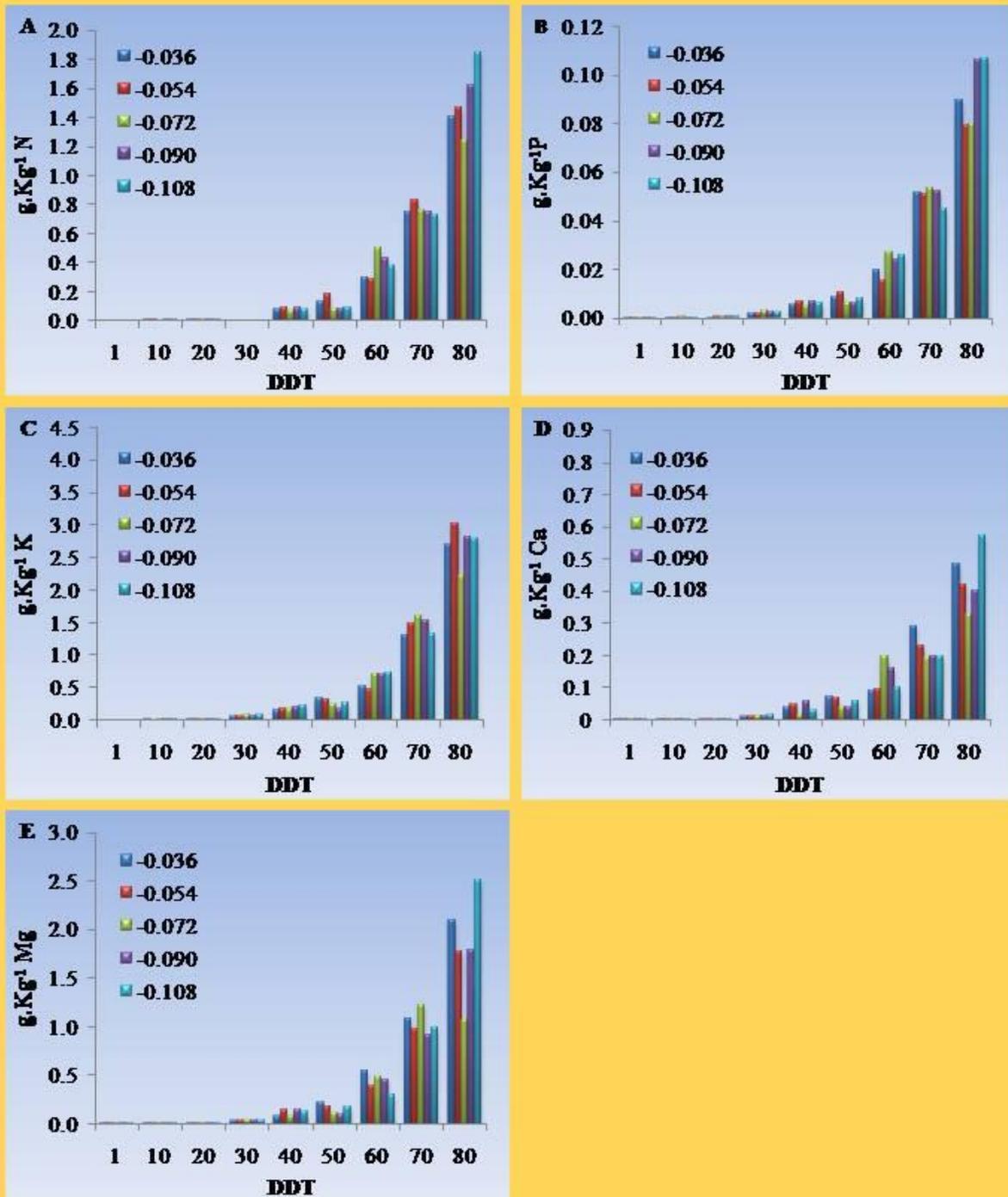


Figura 11. Contenido de extracción en el verano de los macroelementos en la planta de perrito (*Antirrhinum majus* L.) con diferente potencial osmótico. A= nitrógeno; B= fósforo; C= potasio; D= calcio; E= magnesio.

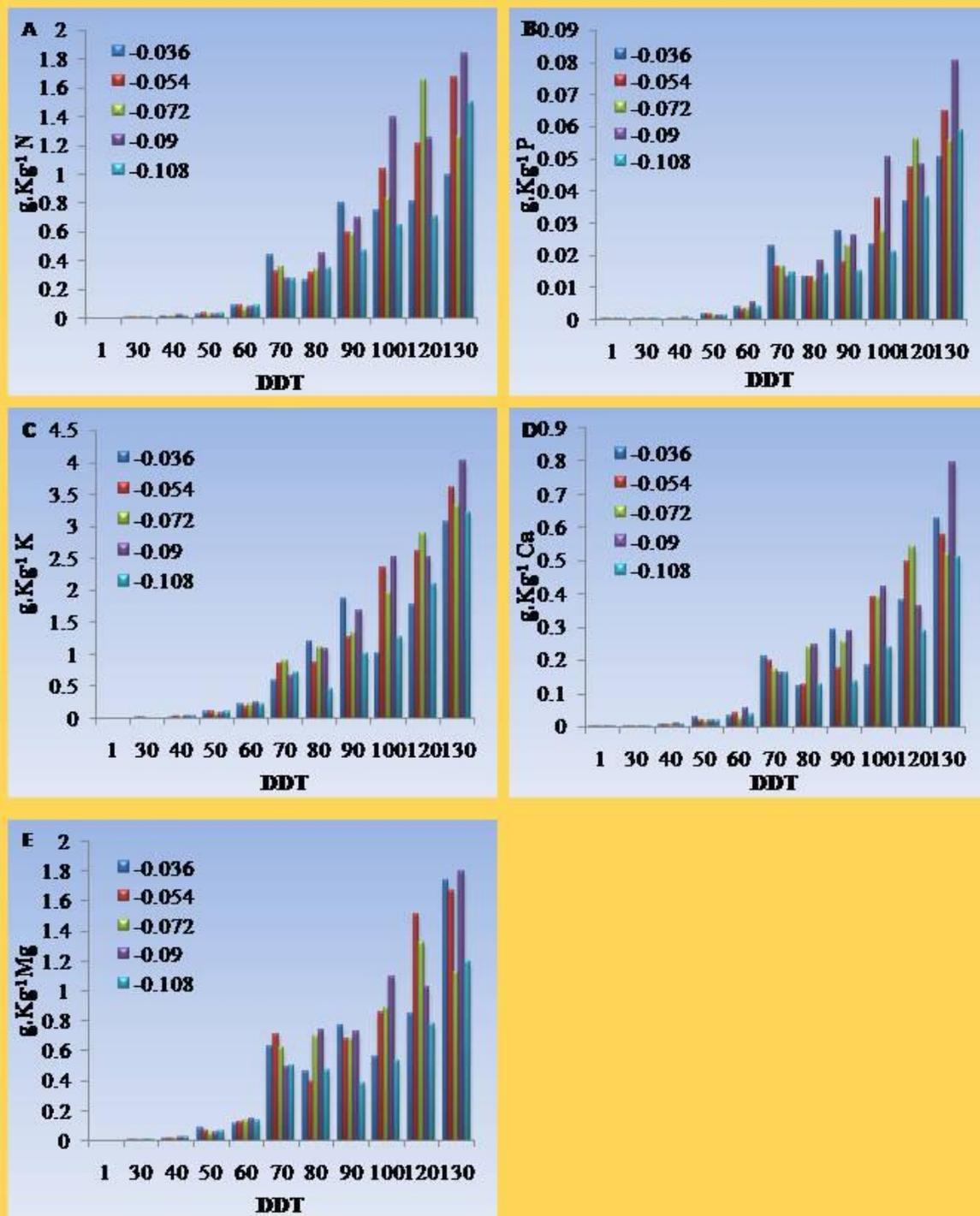


Figura 12. Contenido de extracción en el invierno de los macroelementos en la planta de perrito (*Antirrhinum majus* L.) con diferente potencial osmótico. A= nitrógeno; B= fósforo; C= potasio; D= calcio; E= magnesio.

de nitrógeno, la disponibilidad de este nutriente también aumentó reflejándose en una mayor absorción nitrogenada hacia el final del ciclo, que es donde la planta demanda mayor cantidad de N, traduciéndose en mayores rendimientos, en el caso de ornamentales mayor biomasa. En el caso del N en invierno presenta una $r^2 = 0.9$ en todos los tratamientos, siendo la mejor correlación con la biomasa el tratamiento -0.090 MPa con $r^2 = 0.995$ con el siguiente modelo $Y = -0.0104 + 0.0534x$, lo cual indica que por cada gramo de aumento en la biomasa en la planta se extrae 0.0534 g.Kg⁻¹ de N, el cual a mayor extracción de nutrientes mayor el contenido de biomasa, siendo incluso la acumulación de biomasa mayor que en verano. Bajo escasas condiciones de radiación se indica una alta eficiencia lumínica (Ho y Adams, 1994) y cuando los flujos de transpiración son altos es de esperar que se produzca un descenso importante de la concentración de absorción (Kläring *et al.*, 1997). En ese sentido, el buen crecimiento y desarrollo de los cultivos demanda un apropiado balance nutrimental, al incrementarse el nivel de N, los otros nutrientes deben estar presentes en cantidades adecuadas; si esto no ocurre, el efecto positivo de la aplicación de N se reducirá significativamente (Parker, 2000).

La correlación de P en verano siguió la misma tendencia con un $r^2 = 0.9$, siendo el tratamiento -0.036 MPa el que mejor correlación tuvo con una $r^2 = 0.9979$ con una acumulación de biomasa de 25 g/planta. En el caso de invierno presento una alta correlación en todos los tratamientos, siendo el mejor -0.108 MPa con una $r^2 = 0.9937$, teniendo una biomasa de hasta 30 g/planta.

En el K la correlación fue similar a los otros nutrientes, siendo el mejor tratamiento -0.090 MPa con una $r^2 = 0.997$ y para el invierno -0.108 MPa con una $r^2 = 0.996$ con una extracción de 3 g.Kg⁻¹. Se desconoce la concentración de K en la solución del suelo a la cual se obtiene la velocidad máxima de absorción por raíces en la mayoría de los cultivos. Por lo que se reportan diferentes recomendaciones de fertilización de K (Tun, 2001; Soria *et al.*, 2002); sin embargo, se desconoce la concentración de K obtenida al solubilizarse el fertilizante y la velocidad de absorción por las raíces. Conocer la concentración de K en solución en la cual no aumenta la absorción del ion, podría ser un punto de partida para definir recomendaciones de fertilización. Esto quiere decir que, a través de monitoreo de la concentración de K en la solución del suelo, puede definirse la necesidad de aplicar o no una fertilización potásica, ya que la incorporación de K al suelo cuando su concentración en la solución es superior a la velocidad máxima de

absorción por las raíces, evita su uso por el cultivo, y es probable que se pierda por fijación o lixiviación.

En el Ca la correlación varió un poco con valores de correlación más bajos en algunos tratamientos, el mejor tratamiento fue con -0.054 MPa con $r^2= 0.992$. En invierno fue similar el comportamiento en cuanto a la correlación con el tratamiento-0.054 con una $r^2=0.977$, siendo la correlación menor que en verano.

En la correlación con Mg el mejor tratamiento fue -0.036 MPa con $r^2=0.998$. En el invierno fue el tratamiento -0.090 MPa con una $r^2= -0.959$.

La mejor concentración de absorción y extracción para verano fue -0.036 MPa (CE= 1.0 dSm^{-1}) y para invierno -0.108 MPa (CE= 3.0 dSm^{-1}) y -0.090 MPa (Figura 15). Coincidiendo con este trabajo el realizado por Sonneveld (2004) en el rábano, donde obtuvieron que la CE de la concentración de absorción es 0.9 dSm^{-1} en verano y de 3.0 dSm^{-1} en invierno. En el verano el rábano mostró una concentración muy inferior a la de invierno, debido a que en invierno se absorbe menor cantidad de agua con más o menos igual absorción iónica (Sonneveld, 2004). A bajo ritmo de transpiración, las concentraciones de nutrientes se incrementan considerablemente. Debido a que la tasa de absorción aumenta con la concentración en la solución; sin embargo, existe una velocidad máxima de absorción en la cual un aumento en la concentración no genera un incremento en la velocidad de absorción. De aquí surge la aplicación de la cinética enzimática para estudiar el mecanismo de absorción de iones (Epstein y Hagen, 1952). Se basa en que, cinéticamente, el proceso de catálisis enzimática y el transporte de iones por las membranas celulares son similares, y se fundamenta en la unión transitoria a los sitios activos de los agentes enzima-sustrato, como puede ser transportador-ion de la solución del suelo. No obstante, la nutrición de los cultivos está influenciada por factores como los mecanismos de las plantas para absorber los nutrimentos y la capacidad de suministro de nutrimentos por el sustrato (Urrestasrazu, 2004).

CONCLUSIONES

En la absorción se mostró mayor contenido nutrimental de N, P y Mg en el verano y en el caso de K y Ca mayor contenido en invierno. Con el índice de la desviación del óptimo porcentual se tuvo mayor desbalance en verano debido al mayor contenido de Mg, de igual manera se mostró un orden de requerimiento de P en los tratamientos más bajos de potencial

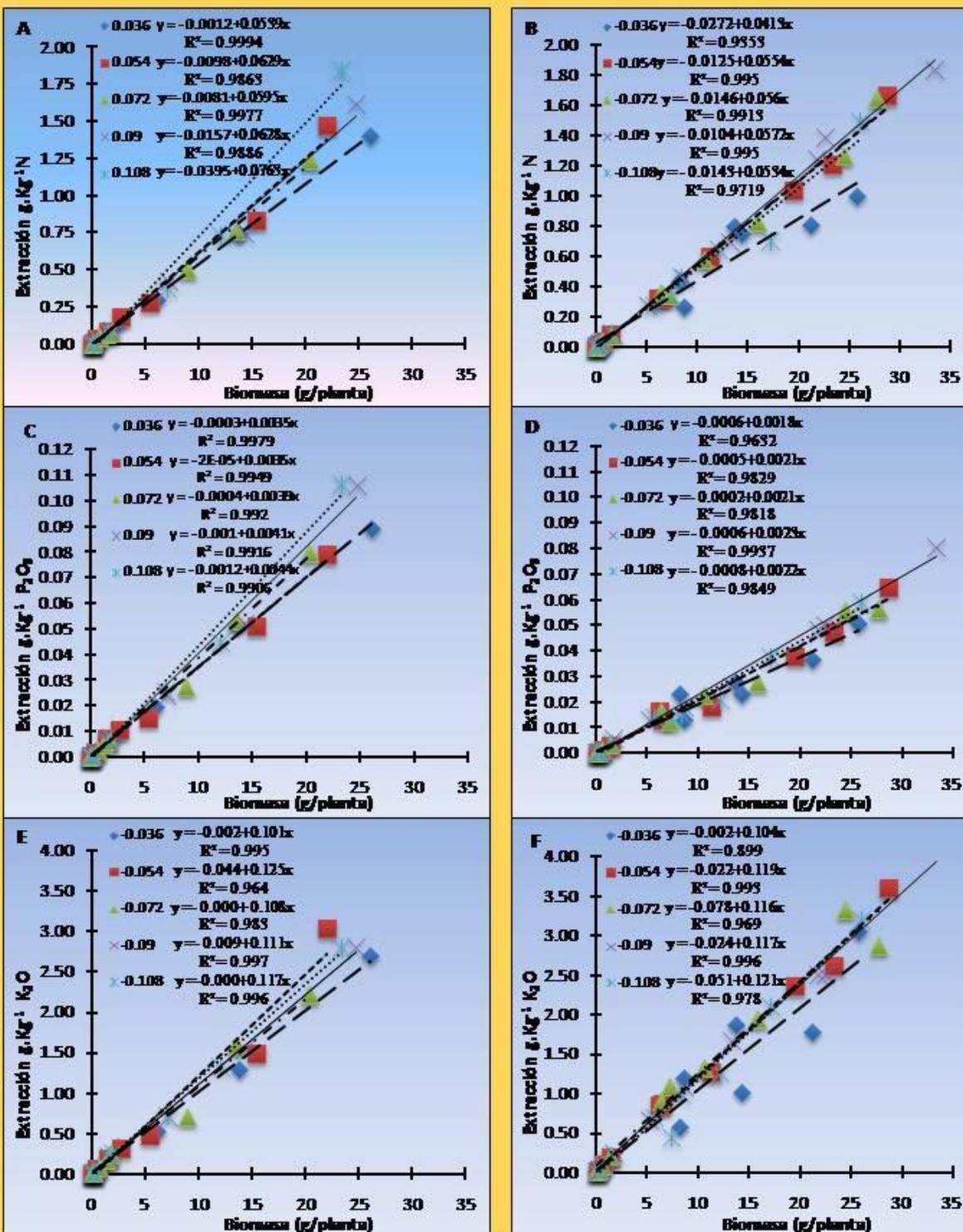


Figura 13. Regresión lineal de la biomasa total y la extracción de macronutrientes en el cultivo de perrito (*Antirrhinum majus* L.) con soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico. Nitrógeno (N): A=verano y B= invierno; Fósforo (P₂O₅): C=verano y D= invierno; Potasio (K₂O): E= verano y F=invierno

osmótico (-0.036 y -0.054 MPa). En el invierno el desbalance nutrimental fue menor, pero presentó un requerimiento de N en el tratamiento -0.036 MPa y de P en todos los tratamientos.

En el caso de la extracción en verano la curva empieza a tomar valores significativos a partir de los 30 días y en invierno a los 40 días, incrementándose conforme pasa el ciclo de cultivo, en la extracción de N se observó el mismo contenido en la cosecha a pesar de que en invierno dura 50 días más el ciclo del cultivo. En los otros nutrientes se observó la misma tendencia que la absorción mayor contenido en verano para P, Mg y K y Ca en invierno. Aunque la mejor absorción y extracción se vio con -0.036 MPa en verano, debido a que la absorción nutrimental puede variar de un día a otro dependiendo de las condiciones de cultivo y factores ambientales, para el cultivo de perrito en condiciones comerciales se deben recomendar concentraciones totales de nutrientes a partir de potenciales osmóticos de -0.054 MPa en verano o 1.5 dSm^{-1} de conductividad eléctrica, para prevenir reducciones en el rendimiento causadas por una baja concentración de cualquiera de los elementos esenciales. En el invierno fueron los tratamientos de mayor potencial osmótico -0.090 y 0.108 MPa los que mejor extracción tuvieron aumentando el contenido de biomasa y esto le da mayor peso fresco a los tallos en la calidad comercial.

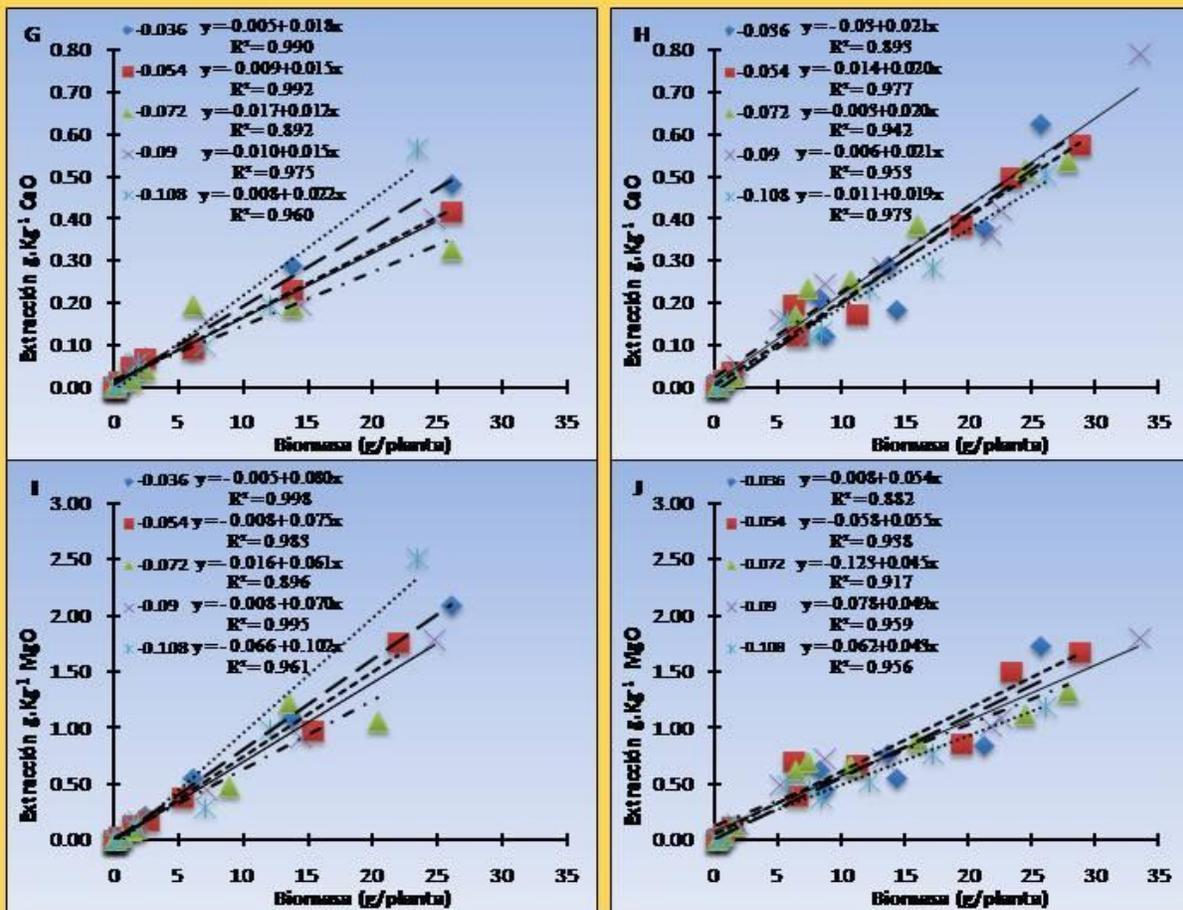


Figura 14. Regresión lineal de la biomasa total y la extracción de macronutrientes en el cultivo de perrito (*Antirrhinum majus* L.) con soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico. Calcio (CaO): G=verano y H= invierno; Magnesio (MgO): I=verano y J=invierno.

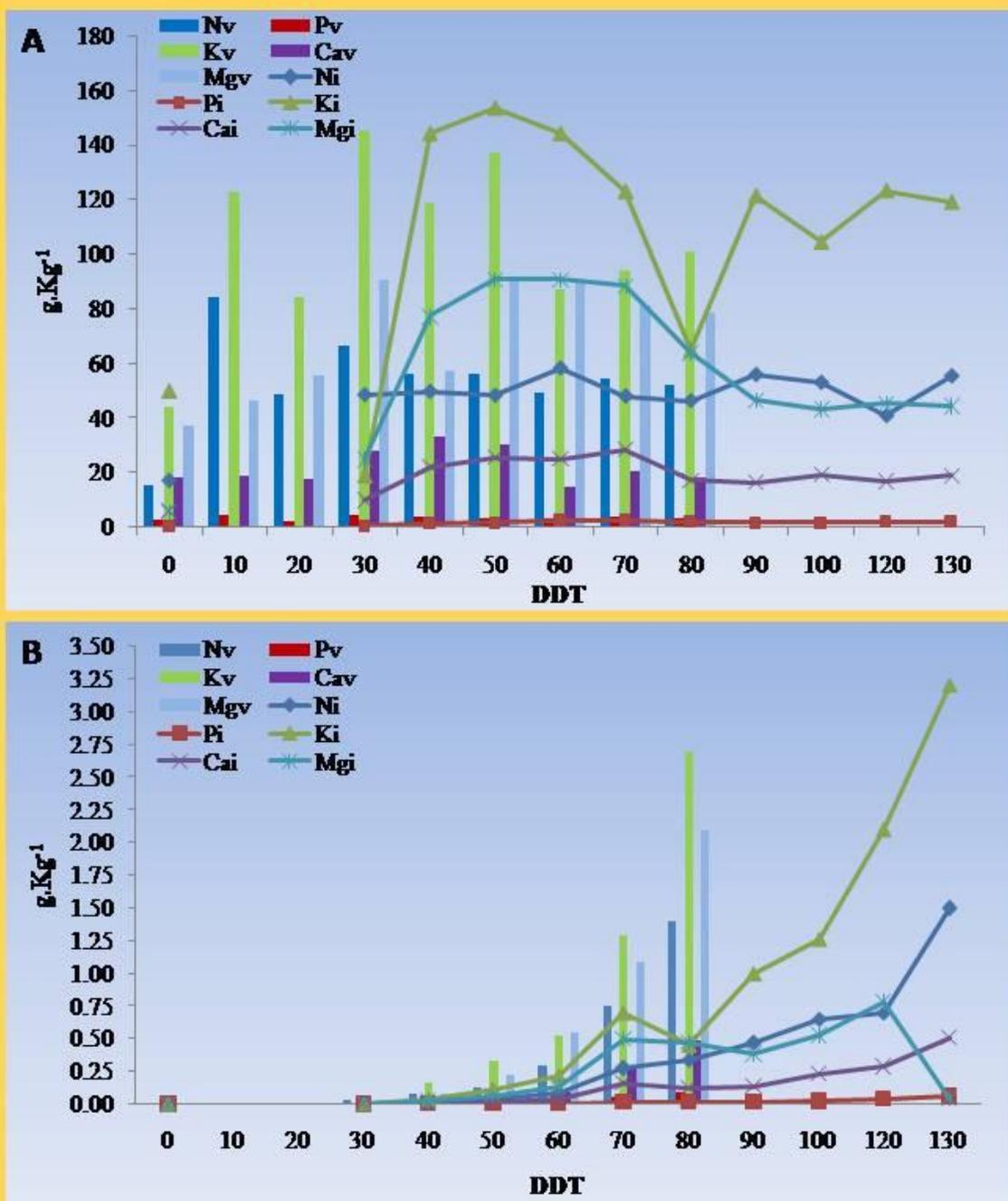


Figura 15. Efecto de la época en el contenido de absorción y extracción de los macroelementos en la planta de perrito (*Antirrhinum majus* L.) con diferente potencial osmótico. A= absorción; B= extracción. N= nitrógeno, P= fósforo; K=potasio; Ca= calcio; Mg=magnesio; v=verano con PO de -0.036MPa; i= invierno con PO de -0.108MPa.

LITERATURA CITADA

- Adams, P. 2004. Aspectos de la nutrición mineral en cultivos sin suelo en relación al suelo. *In:* Tratado de cultivo sin suelo. Ed. Urrestarazu, G. M. Ediciones Mundi- Prensa. España.
- Arciniega, R. J. 1999. Nutrición vegetal. Memoria II curso nacional de fertirrigación. INIFAP- Produce. Culiacán Sinaloa, México. 53-76.
- Bradfield, E. G. and D. Spencer. 1965. Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops: Determination of magnesium, and zinc, and copper by atomic absorption spectroscopy. *Journal Science Food Agricultural* 16:33-38.
- Chapman, H. 1973. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Trillas. México
- Ciampitti, I. A. y F. O. García. 2007. Requerimientos nutricionales absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. II. Hortalizas, frutales y forrajeras. *Archivo Agronómico* N. 12.
- Díaz de León T. J. G. 1999. Dinámica de crecimiento y acumulación nutrimental, rendimiento y calidad del ajo en función del nitrógeno aplicado en fertirriego. Tesis de doctorado. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México.
- Grageda, G. J. 1999. La fertilización en hortalizas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional del Noreste. Folleto Técnico No. 19. Sonora, México.
- Greenwood, D. J. 1983. Quantitative theory and the control of soil fertility. *New Phytol.* 94: 1-18.
- Ho, L. C. and Adams P. (1994). Regulation of partitioning of dry matter and calcium cucumber in relation to fruit growth and salinity. *Ann. Bot.*, 73:539-545.
- Honorato, R., L. Gurovich y R. Piña. 1993. Ritmo de absorción de N, P y K en pepino de semilla. *Cien. Inv. Agr.* 20: 169-172.
- IFA (International Fertilizer Industry Association). 2002. Los fertilizantes y su uso, una guía de bolsillo para los oficiales de extensión. 4a ed. Paris, France.
- Imas, P. 1999. Manejo de Nutrientes por Fertirriego en Sistemas Frutihortícolas. XXII Congreso Argentino de Horticultura. Argentina.
- Kläring, H. P.; Swarz, D.; Heissner, A. (1997). Control of nutrient solution concentration in tomato crop using models of photosynthesis and transpiration: a simulation study. *Acta Hort.* 450:329-334.

- Magnífico, V., V. Lattancio and A. Molfeta. 1989. Growth and nutrient removal by broccoli raab. *Adv. Hortic. Sci.* 3: 68 – 72.
- Magnífico, V., V. Lattancio and G. Sarli. 1979. Growth and nutrient removal by broccoli raab. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104 (2): 201 – 203.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. London, England.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. San Diego, CA, USA.
- Mengel, K., E. A. Kirkby, H. Kosegarten, and T. Appel. 2001. Principles of plant nutrition. 5th ed. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.
- Miller, C.H., R.E. Mccollum And S. Claimon. 1979. Relationships between growth of bell peppers (*Capsicum annuum* L.) and nutrient accumulation during ontogeny in field environments. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104 (6):852 – 857.
- Molina, E., R. Salas y A. Castro. 1993. Curva de crecimiento y absorción de nutrimentos en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch. cv. Chandler) en Alajuela. *Agron. Costarricense* 17: 67-73.
- Montañez, L., Heras L., Abadía J. and M. Sanz. 1993. Plant análisis interpretation base don a new index: deviation from optimum percentage (DOP). *Journal of Plant Nutrition.* 16(7):1289-1308.
- Ortega, D. 1997. Fertirrigación en cultivo de flores. En: Fertirrigación. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo. Bogota. Colombia.
- Parker, R. 2000. La ciencia de las plantas. Paraninfo. Madrid, España.
- Righetti, T. L., K. L. Wilder, and G. A. Cummings. 1990. Plant analysis as an aid in fertilizing orchards. pp. 563-601. *In*: R. E. Westerman (ed.). Soil testing and plant analysis. 3rd ed. Book Series 3. Soil Science Society of America. Madison, WI, USA.
- Rincón, L. 1997. Fertilización del melón en riego por goteo. In: Melones. Compendios de horticultura 10. Coordinado por Alicia Namesny V. Ediciones de Horticultura S.L. España.
- Rincón, L., J. Sáez, E. Balsalobre y C. Pellicer. 1995. Crecimiento y absorción de nutrientes del pimiento grueso en cultivo bajo invernadero. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* 10: 47 – 59.
- Schwarz, D. and K. Kuchenbuch. 1997. Growth analysis of tomato in a closed recirculating system in relation to the EC-value nutrient solution. *Acta Hort.*, 450:169-176.

- Sonneveld C. and Van Den Boss, A. L. 1995. Effects of nutrients level on growth and quality of radish (*Raphanus sativus* L.) grown on different substrates. J. Plant Nutr. 18:501-513.
- Sonneveld C. and W. Voogt. 2008. Nutrient Concentrations of Plant Tissues of Greenhouse Crops as Affected by the EC of the External Nutrient Solution. Acta Hort. 779:313-320.
- Sonneveld, C. 2004. La nutrición mineral y salinidad en los cultivos sin suelo: su manejo. pp 305-368. In: M. Urrestarazu G. (ed.). Tratado de cultivo sin suelo. Ediciones Mundi-Prensa. España.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of certain desired composition. Plant and Soil. 15: 134-154.
- Steiner, A. A. 1973. The selective capacity of tomato plants for ions in nutrient solution. Proceedings of the 3th International congress on Soilles culture. IWOSC. Sassari, Italy. pp 43-54.
- Urrestarazu, G. M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. Ediciones Mundi-Prensa. España.

CONCLUSIONES GENERALES

En el invierno se observó un 30% más en el índice de área foliar (IAF) con $r^2=0.961$, lo que aumentó en 50 % más el área foliar total, lo que causó que se tuviera baja actividad fotosintética en las plantas por que las hojas de la base no reciben suficiente radiación solar, influyendo en la tasa de crecimiento del cultivo tomando valores de 1g.día^{-1} , lo que aumentó los días a cosecha de 25 a 60. Se presentó un mayor contenido de K y Ca lo que pudo haber influido en que se tuvieran 4 días más en la vida de florero.

La distribución en invierno de biomasa en los diferentes órganos del cultivo fue tallo lateral, hoja lateral, tallo, espiga, hojas y raíz. La mayor acumulación en laterales aumento la biomasa total en un 30 %. El desbalance nutrimental fue menor, pero presentó un requerimiento de P en todos los tratamientos y de N en el tratamiento -0.036 MPa debido a la alta demanda en la formación de hojas y a la baja asimilación fotosintética. En el caso de la extracción y absorción la curva empieza a tomar valores significativos a partir de los 40 días, incrementándose conforme pasa el ciclo de cultivo, siendo los tratamientos de mayor potencial osmótico -0.090 y 0.108 MPa mostrando los mejores valores que aumentaron el contenido de biomasa y esto le da mayor peso fresco a los tallos en la calidad comercial.

En verano la tasa de absorción neta (TAN) incrementó los valores de asimilación fotosintética, lo que influyó en la mayor tasa de crecimiento del cultivo (TCC) de hasta 6g.día^{-1} , formándose tallos con 20 cm más de altura que les dio la mejor calidad comercial SAF (especial), 55 días antes que los de invierno. La distribución de biomasa fue tallo, hojas, raíz, espiga, tallo lateral y hojas laterales. En el caso de la extracción y absorción en verano la curva empieza a tomar valores significativos a partir de los 30 días, incrementándose conforme pasa el ciclo de cultivo, en el contenido de absorción y extracción de nutrientes se tuvieron mayores valores de N, P y Mg. Con el índice de la desviación del optimo porcentual se tuvo mayor desbalance en verano debido al alto contenido de Mg, aun así solo se mostró un orden de requerimiento de P en los tratamientos más bajos de potencial osmótico (-0.036 y -0.054 MPa).

En general en cuanto a los tratamientos las plantas fueron afectadas por la presión osmótica en las diferentes variables y los mejores tratamientos fueron -0.090 MPa en invierno y -0.036 MPa en verano, con el uso de esta presión osmótica en verano se tendría la misma calidad

que una solución con mayor presión osmótica y esto daría un ahorro en la cantidad de nutrimentos aplicados. En la extracción de N se observó el mismo contenido en la cosecha a pesar de que en invierno dura 50 días más el ciclo del cultivo. En cuanto a la temperatura esta solo tuvo un efecto en la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), conforme aumentan las temperaturas en la noche la tasa de crecimiento del cultivo fue aumentando. El IAF y la RAF mostraron un incremento significativo por efecto de la época de cultivo y el suministro del potencial osmótico siendo los tratamientos -0.090 y -0.072 MPa los mejores en las dos épocas. La TAN fue muy variable en las dos épocas de cultivo, teniendo altibajos en todo el ciclo de cultivo. Las variables del análisis de crecimiento influyen en el crecimiento del cultivo, área foliar, actividad fotosintética lo que determina la tasa de acumulación de biomasa.

Aunque la mejor absorción y extracción se vio con -0.036 MPa en verano, debido a que la absorción nutrimental puede variar de un día a otro dependiendo de las condiciones de cultivo y factores ambientales, para el cultivo de perrito en condiciones comerciales se deben recomendar concentraciones totales de nutrientes a partir de potenciales osmóticos de -0.054 MPa en verano o 1.5 dSm^{-1} de conductividad eléctrica, para prevenir reducciones en el rendimiento causadas por una baja concentración de cualquiera de los elementos esenciales.