

**G. Salazar-Orozco, M.C. Ruíz-Sánchez, L.A. Valdez-Aguilar,
L. Pistelli, C. Ruíz-Olmos y A. Grassotti**

**INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y POTÁSICA EN
LA CALIDAD AROMÁTICA DE FLORES DE *LILIUM* "STARFIGHTER"**

Separata ITEA

INFORMACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA AGRARIA, VOL. **109** N.º 1 (3-12), 2013

Influencia de la fertilización nitrogenada y potásica en la calidad aromática de flores de *Lilium* "Starfighter"

G. Salazar-Orozco^{*,1}, M.C. Ruíz-Sánchez^{**}, L.A. Valdez-Aguilar^{***},
L. Pistelli^{****}, C. Ruíz-Olmos^{*} y A. Grassotti^{*****}

* Dpto Prod Vegetal, Universidad de Almería, La Cañada de San Urbano s/n, 04120 Almería, España

** Dpto Riego, CEBAS (CSIC), P.O. Box 164, 30100, Murcia, España

*** Dpto Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, México

**** Dpto Scienze Farmaceutiche, Università di Pisa, Via Bonanno 33, 56126 Pisa, Italia

***** CRAVIV. Via dei Fiori 8, 51012, Pescia PT. Italia

Resumen

Lilium es una planta ornamental productora de metabolitos secundarios, expresados como aroma floral que es una mezcla de compuestos aromáticos. El objetivo de este trabajo fue identificar los principales compuestos aromáticos de ésta fragancia floral y el efecto de la nutrición potásica y nitrogenada en su concentración en *Lilium* híbrido oriental "Starfighter" para flor de corte. Se cultivaron bulbos de *Lilium* "Starfighter" bajo seis tratamientos de fertirriego, divididos en dos grupos, con tres repeticiones cada uno; un grupo con 12 mM (Control), 5 mM y 1 mM de N y el otro con 10 mM, 7 mM (control), 5 mM y 0 mM de K; el tratamiento con 12 mM de N y 7 mM de K fue el mismo y se considero como control en ambos grupos. A las flores frescas se les determinó el porcentaje de producción de compuestos aromáticos por microextracción en fase sólida (SPME), y los resultados se compararon e identificaron con la base de datos de la biblioteca Adams. El contenido en porcentaje respecto al peso seco de N y K se determinó en muestras secas. El aroma de *Lilium* "Starfighter" resultó ser una mezcla principalmente de compuestos de bajo peso molecular como: 1,8-cineole, β -Ocimene, Linalool, Terpeneol g-Terpeneol, Myrtenyl acetate, 2-Methoxy-p-cresol, Methyl benzoate, 2,4 Demethylbenzaldehyde y Nonanal. La comparación entre el contenido de N y K en las muestras secas y el porcentaje identificado de compuestos aromáticos confirman que existe relación entre la nutrición suministrada con la concentración de compuestos aromáticos.

Palabras clave: *Lilium*, fertirriego, aroma floral, metabolitos secundarios, compuestos aromáticos.

Abstract

Influence of nitrogen and potassium fertilization in the aromatic quality in *Lilium* "Starfighter" flowers

Lilium "Starfighter" is an ornamental plant with production of secondary metabolites, expressed like as a floral scent and is a mixture of aromatic compounds. The aim of this work was to identify the main aromatic compounds in this floral scent, and the effects of potassium and nitrogen nutrition on their production and concentration. Bulbs of Easter Lily "Starfighter" were cultivated under six treatments of fertigation, divided into two groups, with three replicates each; one group with 12 mM (Control), 5 mM and 1 mM of N and the other with 10 mM, 7 mM (control), 5 mM and 0 mM K; on fresh flowers it was determined the percentage of production of aromatic compounds by solid phase extraction, and their identification it was made by the library of Adams (2008); in dry was made the determination the contents in percentage of N and K. The floral scent of easter Lily "Starfighter" turns out to be a mix-

1. Autor para correspondencia: gso.salazar@gmail.com

ture mainly of low molecular weight compounds as: 1,8 cineole, β -Ocimene, Linalool, Terpeneol g-Terpeneol, Myrtenyl acetate, 2-Methoxy-p-cresol, Methyl benzoate, 2,4 Demethylbenzaldehyde and Nonanal. The comparison between the contents of N and K in the dry samples with the percentage of aromatic compounds identified, confirm a relationship between nutrition provided and the concentration of some aromatic compounds.

Key words: *Lilium*, fertigation, floral scents, secondary metabolites, aromatic compounds.

Introducción

La horticultura ornamental ha alcanzado gran importancia en el sector agrícola en México. El Estado de México, principal productor de ornamentales a nivel nacional, en 2007 situó al *Lilium* como uno de los cinco cultivos de mayor demanda, superado solamente por crisantemo, gladiolo, clavel, rosa y gerbera. La superficie cultivada con esta especie ha sido una de las que más se ha incrementado en los últimos años, no sólo a nivel nacional, sino también internacional (Rubí *et al.*, 2009).

Con el establecimiento de esta planta en el mercado y bajo el esquema de producción intensiva, es necesario buscar alternativas que coadyuven a la mejora de la producción. En este sentido, la aplicación de fertilizantes pretende optimizar el rendimiento y mejorar los parámetros de calidad en todo tipo de plantas cultivadas y especialmente en cultivos ornamentales. Este es el caso de las especies de la familia *Asteraceae*, de importancia en alimentación, en los subproductos obtenidos por la industria, o en la producción de metabolitos secundarios, como colorantes y perfumes (Del Vitto y Petenatti, 2009).

Las plantas superiores gastan una cantidad significativa de nutrientes y energía en sintetizar una amplia variedad de moléculas orgánicas que no tienen un papel directo en los procesos de fotosíntesis, absorción, transporte o síntesis de proteínas, carbohidratos o lípidos; son los denominados metabolitos secundarios, que se diferencian de los metabolitos primarios por tener una distribución restrin-

gida, ya que su producción se limita a un género, una familia o incluso una especie, y se sintetizan en pequeñas cantidades. No obstante, los metabolitos secundarios realizan funciones importantes en la planta como conferir una mayor resistencia a enfermedades, en el control de malezas mediante la producción de compuestos alelopáticos, o incrementar el sabor de frutas y/o aroma de las flores (Palá, 2002; Oyama, 2005; Asaph *et al.*, 2006).

El perfume o aroma es conferido al órgano vegetativo (hojas, flores o frutos), por una mezcla de aceites esenciales, fracciones líquidas volátiles generalmente destilables en agua o en corriente de vapor. Generalmente son mezclas complejas de más de 100 componentes de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), terpenoides (monoterpenos, sesquiterpenos y diterpenos) y fenilpropanoides (Palá, 2002; Lee *et al.*, 2004). Las principales rutas de biosíntesis de estos metabolitos secundarios derivan del metabolismo primario del nitrógeno (N) (Bourgand *et al.*, 2001), y del carbono y se sintetizan a través de tres rutas: la del ácido mevalónico (activa en el citosol), para terpenoides, la del ácido siquímico, para los fenilpropanoides, y la vía metabólica de biosíntesis de ácidos grasos, para los compuestos alicíclicos (Palá, 2002; Ávalos y Pérez-Urria, 2009).

Durante siglos estos productos han sido usados en medicina tradicional y hoy en día también son valiosos como materia prima para la industria farmacéutica, cosmética y más recientemente la nutracéutica. Estudios realizados en los países occidentales, donde la

química es el pilar principal de la industria farmacéutica, indican que el 25% de las moléculas usadas son de origen natural (Bourgaud et al., 2001).

Las fragancias florales han sido ampliamente estudiadas por el valor económico que representan los aceites esenciales en perfumería (Dudareva y Pichersky, 2000); entre los más estudiados está el de rosa (*Rosa* sp.), seguido por neroli (aceite extraído de las flores de *Citrus aurantium*), ylang ylang (*Odorata cananga*) y manzanilla (*Matricaria chamomilla*) (Ortuño, 2006); sin embargo, el proceso de biosíntesis ha sido poco estudiado (Dudareva y Pichersky, 2000), posiblemente debido a la diferente estructura de los tejidos vegetales de las flores (Effmert et al., 2005).

Los metabolitos secundarios se forman en los tejidos con clorofila, y se localizan en las vacuolas, la periferia interna o en el centro de los organelos citoplasmáticos y se transportan a otros tejidos, en concreto a los brotes en floración (García, 2004; De León, 2008). En relación a las funciones del nitrógeno y potasio, hay que destacar que una deficiencia de N disminuye la división y expansión celular y aumenta el grosor de las paredes, reduciendo así el tamaño de todos los órganos de la planta. Por otro lado, se sabe que el K es un activador de enzimas esenciales para la fotosíntesis y la respiración, así como contribuyente al potencial osmótico de las células, por lo que una deficiencia provoca alteraciones en diversos procesos metabólicos como el transporte y acumulación de compuestos nitrogenados libres o solubles; por el contrario cuando el nivel de K es alto se estimula la producción de ATP (Jarman et al., 2010). Por estas razones el objetivo de este trabajo fue identificar los principales compuestos aromáticos en plantas de *Lilium* híbrido oriental y su relación con la nutrición mineral de N y K.

Materiales y métodos

El estudio fue realizado en 2010 en Pescia (PT), Italia, (43° 54' 00 " N y 10° 41' 00" E, 62 m sobre el nivel del mar) en un invernadero con enfriamiento pasivo, con temperatura máxima y mínima de 27,1 y 14,4 °C durante todo el ciclo de cultivo (agosto a noviembre) y una humedad relativa máxima y mínima de 93,8 y 56,7%. La radiación PAR promedio incidente durante la hora de mayor insolación (12:00 a 15:00 horas) fue de 225.6 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Se utilizaron bulbos vernalizados de *Lilium*, híbrido oriental "Starfighter" de calibre 18-20 cm, que fueron plantados en contenedores de polietileno rígido (60 × 40 × 18 cm), a razón de 10 bulbos por contenedor y utilizando perlita grado 4 como sustrato. Antes de la plantación los bulbos se sumergieron en una solución fungicida de Benlate cuyo ingrediente activo es benomyl en dosis de 1 g l⁻¹ durante 1 h.

Los tratamientos aplicados consistieron en seis soluciones nutritivas divididas en soluciones de diferente concentración nitrogenada: 1 mM de N, 5 mM de N, y soluciones con diferente concentración potásica: 0 mM K, 5 mM K, 10 mM K. La solución nutritiva de 12 mM de N y 7 mM K fue usada como control en ambos grupos de tratamientos. Se establecieron tres repeticiones para cada tratamiento. Las soluciones fertilizantes se confeccionaron utilizando nitrato sódico, nitrato potásico, fosfato mono potásico, sulfato de potasio, sulfato de magnesio, nitrato amónico, nitrato cálcico, nitrato de magnesio, cloruro cálcico, cloruro potásico, ácido fosfórico, tetraborato de sodio, molibdato de sodio, sulfato de manganeso, sulfato de cobre, sulfato de zinc y sulfato ferroso. Las tablas 1 y 2 muestran las concentraciones, el pH y la conductividad eléctrica para cada tratamiento. Las soluciones nutritivas fueron aplicadas con fertirriego durante 10 minutos, tres veces al día. El sistema de fertirriego consis-

Tabla 1. Concentración de macro y micronutrientes usados en las soluciones nutritivas bajo diferentes dosis de nitrógeno
 Table 1. Concentration of macro and micronutrients used in nutrients solutions with varying doses of nitrogen

FUENTE mM	12 mM N (control) 7 mM K	5 mM N	1 mM N
NO ₃ ⁻	12,00	5,00	1,00
H ₂ PO ₄ ⁻	1,00	1,00	1,00
SO ₄ ²⁻	3,50	1,00	2,00
K ⁺	7,00	5,00	5,00
Ca ²⁺	4,00	2,50	2,50
Mg ²⁺	2,00	2,00	2,00
Na ₂ B ₄ O ₇ *10H ₂ O ^z	47,85	47,85	47,85
Na ₂ MoO ₄ *2H ₂ O ^z	0,11	0,11	0,11
MnSO ₄ *H ₂ O ^z	9,25	9,25	9,25
CuSO ₄ *5H ₂ O ^z	0,32	0,32	0,32
ZnSO ₄ *7H ₂ O ^z	0,79	0,79	0,79
FeSO ₄ ^z	44,80	44,80	44,80
pH	6,20	5,98	5,93
CE dS· M ⁻¹	2,66	1,66	1,63

^z μmol. Microelementos.

tió en un tanque de 200 L, una bomba de 1HP para cada tratamiento, conteniendo la solución nutritiva, y un sistema de distribución con cuatro emisores por contenedor, con un caudal nominal de 4 L h⁻¹ cada uno. Los contenedores fueron distribuidos en el invernadero según un diseño completamente al azar de 6 tratamientos con tres repeticiones cada uno.

Transcurridos 110 días desde la plantación se realizó la cosecha, separándose la planta completa en bulbo, raíces, tallos, hojas y flores; después fueron introducidas en estufa a 70°C, hasta alcanzar peso constante. Sobre la materia seca se realizaron los análisis para determinar el contenido de macro y micro-

nutrientes, la concentración de N con un analizador elemental Flash modelo EA 1112, serie Leco Truspec, y el resto de elementos con espectroscopia con ICP-OES, modelo Icap 6500 duo, Entrepid II XDL.

Para la identificación de los compuestos de la esencia floral se tomaron flores abiertas (aproximadamente 24 h antes de la cosecha) por repetición, las cuales fueron introducidas en un matraz de vidrio sellado con papel aluminio, durante 1 hora; transcurrido este tiempo se insertó la fibra apolar de polidimetilsiloxano para su saturación durante 10 min, cuidando de evitar la entrada y salida de aire del matraz, tras este tiempo se extrajo e inserto la fibra para la extracción e identifi-

Tabla 2. Concentración de macro y micronutrientes usados en las soluciones nutritivas bajo diferentes dosis de potasio
 Table 2. Concentration of macro and micronutrients used in nutrients solutions with varying doses of potassium

FUENTE mM	7 mM K (control)	12 mM N	0 mM K	5 mM K	10 mM K
NO ₃ ⁻	12,00		12,00	12,00	12,00
H ₂ PO ₄ ⁻	1,00		1,00	1,00	1,00
SO ₄ ²⁻	3,50		1,00	3,00	4,00
K ⁺	7,00		0,00	5,00	10,00
Ca ²⁺	4,00		4,00	4,00	4,00
Mg ²⁺	2,00		2,00	2,00	2,00
Na ₂ B ₄ O ₇ *10H ₂ O ^z	47,85		47,85	47,85	47,85
Na ₂ MoO ₄ *2H ₂ O ^z	0,11		0,11	0,11	0,11
MnSO ₄ *H ₂ O ^z	9,25		9,25	9,25	9,25
CuSO ₄ *5H ₂ O ^z	0,32		0,32	0,32	0,32
ZnSO ₄ *7H ₂ O ^z	0,79		0,79	0,79	0,79
FeSO ₄ ^z	44,80		44,80	44,80	44,80
pH	6,20		6,11	5,90	5,87
CE dS· M ⁻¹	2,66		1,70	2,42	2,91

^z μmol. Microelementos.

cación de compuestos volátiles por microextracción en fase sólida (SPME) al cromatografo de gases, marca Varian Chrompack CP-3800, programado a 60 min, obteniendo los resultados de manera gráfica, tras lo cual la identificación de los compuestos se realizó por comparación espectral de los picos del cromatograma basada en la biblioteca de Adams (Adams *et al.*, 2008); los resultados se expresan como porcentaje de área relativa del gráfico. Con el fin de determinar la influencia de la nutrición nitrogenada y potásica en la producción de compuestos aromáticos se realizó un estudio comparativo de estos resultados con los datos de concentra-

ción de nitrógeno y potasio en flores de *Lilium "Arcachon"*, híbrido asiático que no produce esencia floral que fue fertirrigado con las mismas dosis que el tratamiento control (12 mM N y 7 mM K).

Con el software de Excel se ordenaron los datos para calcular la ecuación cuadrática a través de una regresión simple; se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) con los resultados obtenidos, considerando de forma separada los tratamientos de N y K, utilizando el software Statgraphics Centurion XV y comparando las medias con la prueba de Diferencia mínima significativa de Fisher ($P \leq 0.05$).

Resultados y discusión

La fragancia del *Lilium* resultó ser una mezcla de terpenos (1,8-cineole; β -ocimene; linalool; 2-Methoxy-p-cresol; terpineol; g-terpineol y Myrtenyl acetate), aldehídos (2,4 Dimethylbenzaldehyde y Nonanal) y ésteres (Methylbenzoate); todos ellos compuestos de bajo peso molecular (Dudareva and Pichersky, 2008), presentes en distintas concentraciones en todos los tratamientos. Los compuestos presentes a más alta concentración correspondieron al Methyl benzoate y el Linalool (Tabla 3). La concentración de Methyl benzoate fue significativamente menor en plantas irrigadas con soluciones conteniendo una concentración de 5 mM N, aunque estas plantas mostraron también la mayor concentración de Linalool (Tabla 3). Cuando las plantas fueron irrigadas con soluciones conteniendo altos niveles de K se produjo una mayor concentración de Linalool.

Dentro del grupo de los terpenos de interés industrial, entre otros por su toxicidad contra los insectos (Lee et al., 2004), se ha identificado al 1,8-cineole, el cual está presente en el aceite de varias especies de la familia *Myrtaceae*. Los resultados obtenidos en este *Lilium* muestran que a mayor concentración de N y K mayor es la concentración de este compuesto (Tabla 3). La concentración de este terpeno (1%) en plantas irrigadas con niveles bajos de N (1 y 5 mM) y ausente de K (0 mM) fue similar al observado en *Eucalyptus caesia* Benth; sin embargo, en plantas irrigadas con niveles óptimos de N (12 mM) y con altos niveles de K (7 y 10 mM) la concentración fue mayor y comparable a la concentración identificada en los aceites de hojas y tallos jóvenes de *Callistemon sieberi* y *Melaleuca ericifolia*, y en hojas jóvenes de *Eucalyptus nicholii*. Se ha comprobado que a dosis altas el 1,8-cineole tiene un potencial insecticida contra *Sitophilus oryzae* (Lee et al., 2004).

El β -ocimene ha sido identificado en flores de *Citrus unshiu* Marc (Shimada et al., 2005) y en el aroma floral de *Silene latifolia*, planta reconocida por el aroma de sus flores, lo que permite usarla como atrayente de polinizadores (Grajales-Conesa et al., 2011). Observamos una concentración de β -ocimene entre 9,2% en las plantas de *Lilium* tratadas con la concentración más baja de N, y 26,6% en plantas con 12 mM N y 7 mM K (Tabla 3). Dötterl et al., (2005) indican una concentración relativa más baja (1,91%) a lo que observamos en el presente estudio. Encontramos una relación positiva del contenido de β -ocimene y la concentración de N en la solución nutritiva, mientras que la relación de este compuesto con el K fue negativa.

Similar al β -ocimene, la producción de Linalool estuvo influenciada por la concentración de N y K en la solución nutritiva. El Linalool se ha identificado en frutos de *Actinidia arguta* en una concentración de 2,2% (Matich et al., 2003), en flores jóvenes de *Syringa oblata* en concentración de 3,43% (Guang et al., 2006), en mieles florales de cítricos (Castro, 2009), así como en diversas plantas (Dötterl et al., 2006). En el aroma de rosa, la esencia floral más estudiada por su valor económico, se mencionan valores del 3% (Mlcek y Otakar, 2011). En las plantas de *Lilium Starfigther* irrigadas con baja concentración de K encontramos concentraciones muy bajas de Linalool, mientras que con soluciones de 7 y 10 mM de K la concentración del compuesto aumentó. Las plantas irrigadas con soluciones con 12 mM N mostraron la concentración más alta de Linalool (Tabla 3).

De los compuestos Terpineol y g-Terpineol, sólo el primero presentó cambios significativos en concentración en respuesta al N y al K (Tabla 3). Estos compuestos son de aroma agradable y en general se obtienen industrialmente de manera sintética. Finalmente, del grupo de los terpenos se ha identificado Myrtenyl acetate, de aroma agradable (FAO,

Tabla 3. Concentración en porcentaje de compuestos volátiles en flores de *Lilium "Starfighter"* según tratamientos nitrogenados y potásicos
 Table 3. Concentration as a percentage of volatile compounds in flowers of *Lilium "Starfighter"* in nitrogen and potassium treatments

Tratamiento	1,8-cineole	β -Ocimene	Linalool	Terpineol	g-Terpineol	Myrtenyl acetate	2-Methoxy-p-cresol	Methyl benzoate	2,4-Dimethylbenzaldehyde	Nonanal
1 mM N	1,00 b ^z	9,27 ab	18,55 b	1,00 b	0,62	1,00	1,00 b	37,45 a	10,68 a	1,00 b
5 mM N	1,00 b	15,01 b	59,75 a	1,00 b	1,12	1,00	1,98 a	1,00 b	3,45 b	18,72 a
12 mM N *	2,18 a	26,57 a	30,97 b	2,03 a	2,12	2,04	1,00 b	32,12 a	1,61 b	1,00 b
ANOVA	***	**	**	*	NS	NS	***	***	**	**
Ecuación cuadrática	$Y = 0,5835x^2 - 1,7505x + 2,17$	$Y = -2,8835x^2 + 2,8575x + 9,19$	$Y = -34,99x^2 + 146,17 - 92,63$	$Y = 0,5165x^2 - 1,5495x + 2,17$	$Y = 0,2509x^2 - 0,2532x + 0,62$	$Y = 0,5195x^2 - 1,5585x + 2,04$	$Y = -0,98x^2 + 3,92x - 1,94$	$Y = 33,785x^2 - 137,81x + 141,47$	$Y = 2,692x^2 - 15,33x + 23,31$	$Y = -17,72x^2 + 70,88x - 52,16$
R ²	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0 mM K	1,00 b	18,29 ab	1,00 c	1,00 b	2,33	1,00	1,98 a	53,78	4,367	25,35 a
5 mM K	2,05 a	20,73 ab	1,00 c	1,00 b	0,84	1,00	1,00 b	44,68	2,71	29,21 a
7 mM K *	2,17 a	26,57 a	30,97 a	2,03 a	2,19	2,04	1,00 b	32,12	1,61	1,00 b
10 mM K	2,17 a	12,36 b	14,40 b	1,00 b	1,92	1,00	1,00 b	44,33	1,00	17,63 a
ANOVA	*	*	***	**	NS	NS	***	NS	NS	***
Ecuación cuadrática	$Y = -0,2617x^2 + 1,6708x - 0,37$	$Y = 4,1625x^2 + 19,617x + 1,66$	$Y = 4,1425x^2 + 27,729x - 26,41$	$Y = -0,2457x^2 + 1,3946x + 3,21$	$Y = 0,3238x^2 - 1,6143x + 3,41$	$Y = 0,2598x^2 - 1,4026x - 0,30$	$Y = 0,2457x^2 - 1,5237x + 3,21$	$Y = 5,3275x^2 - 30,729x + 80,59$	$Y = 0,2605x^2 - 2,4227x + 6,53$	$Y = 3,1925x^2 - 21,099x + 47,10$
R ²	0,97	0,74	0,52	0,40	0,32	0,40	0,93	0,83	1,00	0,37

^z Medias con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Diferencia mínima significativa de Fisher con $P \leq 0,05$.

2010), y cuya concentración no resultó afectada por los niveles de N y K aplicados en la solución nutritiva; se han identificado trazas en plantas de *Artemisia* sp, *Chrithmum maritimum* y *Psidium guajava*.

En la esencia floral de *Lilium Starfigther* se identificaron los aldehídos 2,4 Dimethylbenzaldehyde y Nonanal, el primero, principalmente obtenido de manera sintética, de aroma y sabor dulce. El 2,4 Dimethylbenzaldehyde mostró un comportamiento inversamente proporcional a la concentración de N y K, si bien las diferencias fueron significativas únicamente entre los tratamientos de 1mM y 5 mM de N (Tabla 3). La concentración de Nonanal mostró un comportamiento más inconsistente Este compuesto ha sido identifi-

cado en concentraciones muy bajas en mieles florales de *Citrus limon* (Escriche et al., 2011), flores de *Cyclamen persicum* y *Cyclamen purpurascens* (Ishisaka et al., 2002) y *Mimusops elengi* (Rout et al., 2010).

Del grupo de los ésteres se identificó Methyl benzoate en concentraciones altas, similares a las reportadas en la fragancia de *Antirrhinum majus* (Dudareva et al., 2000; Kolosova et al., 2001) y *Petunia* sp. (Negre et al., 2003; Verdonk, et al., 2003).

La comparación de los datos de concentración de N y K entre las flores de *Lilium* "Arcachón" y *Lilium* "Strfighter", objeto de este estudio, muestran diferencias estadísticamente significativas entre un híbrido y otro (Tabla 4).

Tabla 4. Concentración de nitrógeno y potasio en muestras secas de flor de *Lilium* híbrido oriental "Starfighter" y "Arcachon"
Table 4. Nitrogen and potassium concentration in dried samples of oriental lily flower "Starfighter" and asiatic lily flower Arcachon"

	Tratamiento	Concentración de nitrógeno %	Concentración de potasio %
NITRÓGENO	1 mM N	2,25 c ^z	3,32 b
	5 mM N	2,61 b	3,19 b
	12 mM N	2,87 a	3,15 b
	L. "arcachon"	1,89 d	3,86 a
	ANOVA	***	**
	CV%	16,14	9,42
	LSD	0,97	0,72
POTASIO	0 mM K	2,78 ab	2,79 b
	5 mM K	2,56 b	2,87 b
	7 mM K	2,87 a	3,15 ab
	10 mM K	2,59 ab	3,08 b
	L. "arcachon"	1,89 c	3,86 a
	ANOVA	***	**
	LSD	0,88	1,07

^z Medias con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba Diferencia mínima significativa de Fisher con $P \leq 0.05$.

Las concentraciones de K en las flores de los distintos tratamientos del híbrido Starfighter no mostraron diferencias estadísticamente significativas (Tabla 4) mientras que el aumento en la concentración de N en respuesta al incremento en la aplicación de N (Tabla 4) coinciden con las variaciones en las concentraciones de compuestos como 1,8-cineole, β -ocimene, Linalool, Methyl benzoate, 2,4 Dimethylbenzaldehyde y Nonanal (Tabla 3).

Conclusiones

El aroma de *Lilium* "Starfighter" es una mezcla de terpenos, ésteres y aldehídos, cuya concentración fue modificada por la nutrición nitrogenada y potásica suministrada durante el cultivo. La fertilización nitrogenada aumenta la concentración de terpenos como Linalool, mientras que niveles de K bajos aumentan la concentración de Methyl benzoate.

Bibliografía

- Ávalos A and Pérez-Urria CE, 2009. Plant secondary metabolism. Reduca (Biology). Serie Veg. Physiol., 2 (3), 119-145.
- Asaph A, Maarten J, Tok-Yong K, Man-Bok R, Ashok G, Verstappen F, Schwab W and Harro B, 2006. Metabolic engineering of terpenoid biosynthesis in plants. Phytochem. Rev., 5, 49-58.
- Bourgaud F, Gravot A, Milesi S. and Gontier E, 2001. Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. Plant Sci., 161, 839-851.
- Castro L, Díaz M, González M and Pérez M, 2009. Differentiation of monofloral Citrus, Rosemary, Eucalyptus, Lavender, thyme and heather honeys based on volatile composition and sensory descriptive analysis. F. Chem., 112, 1022-1030.
- De León M, 2008. Comparing performance of essential oil of two species of eucalyptus (*Eucalyptus citriodora* Hook y *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh), using hydrodistillation method a laboratory scale. Engineer College, University of San Carlos de Guatemala. Pp. 135.
- Del Vitto L and Petenatti E, 2009. Asteraceae of economic and environmental importance. Part one. Synopsis morphological, ecological and industrial plants of interesting. Multequina. 87-115.
- Dötterl S, Wolfe L and Jürgens A, 2005. Qualitative and quantitative analyses of flower scent in *Silene latifolia*. Phytochem., 66, 203-213.
- Dötterl S, Burkhardt D, Weißbecker B, Jürgens A, Schütz S and Mosandl A, 2006. Linalool and lilac aldehyde/ alcohol in flower scents electrophysiological detection of lilac aldehyde stereo isomers by a month. J. of Chromatography A., 1113, 231-238.
- Dudareva N and Pichersky, 2000. Biochemical and molecular genetic aspects of floral scents. Plant Physiol., 122, 627-633.
- Dudareva N, Murfitt L, Mann C, Orenstein N, Kolesova N, Kirsh C, Wood K, 2000. Developmental regulation of methyl benzoate and emission in Snapdragon flowers. Plant Cell., 12, 949-961.
- Dudareva N and Pichersky E, 2008. Metabolic engineering of plant volatiles. Current Opinion in Biotechnology. 19: 181-189.
- Effmert U, Grobe J, Röse U, Ehrig F, Kagi R and Piechulla B, 2005. Volatile composition, emission pattern and localization of floral scent emission in *Mirabilis Jalapa* (Nyctaginaceae). Am. J. Bot., 92(1), 2-12.
- Escriche I, Kadar M, Juan-Borrás M and Domenech E, 2011. Using flavonoids, phenolic compounds and headspace volatile profile for botanical authentication of lemon and orange honeys. Food Res. Inter., 44, 1504-1513.
- FAO, 2010. Specifications for flavoring. Myrtenyl acetate. Available at: <http://www.fao.org/ag/agn/jecfaflav/details.html?printable=true&flavId=4132>. Consulted January 09, 2012.
- García D, 2004. Secondary metabolites of plant species. Grass and fodder. 27(1), 1-12.
- Grajales-Conesa J, Meléndez-Ramírez V and Cruz-López L, 2011. Floral scents and their interac-

- tion with insects pollinators. *Rev. Mex. Bio.*, 82, 1356-1367.
- Guang Z, Lee M and De Shen L, 2006. Analysis of volatile compounds emitted from fresh *Syringa oblata* flowers in different florescence by headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry. *Anal. Chim. Act.*, 576, 43-49.
- Ishisaka H, Yamada H and Sasaki K, 2002. Volatile compounds in the flowers of *Cyclamen persicum*, *C. purpurascens* and their hybrids. *Sci. Hort.*, 94,125-135.
- Jarma A, Combat E and Cleves J, 2010. Nutritional aspects of *Stevia rebaudiana* (Bertoni). A review. *Colombian Agronomy*. 28(2), 199-208.
- Kolosova N, Sherman D, Karlson D and Dudareva N, 2001. Cellular and subcellular localization of S-Adenosyl -L- methionine: Benzoic acid carboxyl Methyltransferase, the enzyme responsible for biosynthesis of the volatile ester methyl benzoate in Snapdragon flowers. *Plant Physiol.*, 126(3), 956-964.
- Lee B, Annis P, Tumaalii F and Choi W, 2004. Fumigant toxicity of essential oils from the Myrtaceae family and 1,8-cineole against 3 major stored-grain insects. *J. of Stored Products Research* 40, 553-564.
- Matich A, Young H, Allen J, Wang M, Fielder S, McNeillage M and MaCrae E, 2003. *Actinidia arguta*: volatile compounds in fruit and flowers. *Phytochem.*, 63, 285-301.
- Mlcek J and Otakar R, 2011. Fresh edible flowers of ornamental plants a new source of nutraceutical foods. *Trends in Food Sci. Tec.*, 22, 561-569.
- Negre F, Kish C, Boatright J, Underwood B, Shibuya K, Wagner C, Clark D and Dudareva N, 2003. Regulation of emission after pollination in Snapdragon and Petunia flowers. *Plant Cell.*, 15, 2992-3006.
- Ortuño M., 2006. Practical Handbook of oils, fragrances and perfumes. Aiyana Edition. Madrid, Spain. Pp 276.
- Oyama-Okubo N, Ando T, Watanabe N, Marchesi E, Uchida K. and Masayoshi N, 2005. Emission Mechanism of Floral Scent in *Petunia axillaris*. *Bios. Biotec. And Biochem.*, 69 (4), 773-777.
- Palá J, 2002. Contribución al conocimiento de los aceites esenciales del Género *Eryngium* L. en la Península Ibérica. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. Pp. 276.
- Rout P, Sahoo D and Misra L, 2010. Comparison of extraction methods of *Mimusops elengi* L. flowers. *Industrial crops and Products*. 32, 678-680.
- Rubí M, Olalde V, Reyes B, González Huerta A y Aguilera L, 2009. Influencia de *Glomus fasciculatum* en el crecimiento y desarrollo de *Lilium* sp. cv Orange pixie. *Agric., Tec.* 35(2), 201-210.
- Shimada T, Endo T, Fujii H, Harab M and Omura M, 2005. Isolation and characterization of (E) beta-cimene and 1,8 cineole synthases in *Citrus unshiu* Marc. *Plant Sci.*, 168, 987-995.
- Verdonk J, Vos de Ric C, Verhoeven H, Haringa M, van Tunen A and Schuurink R, 2003. Regulation of floral scent production in petunia revealed by target metabolomics. *Phytochem.*, 62, 997-1008.

(Aceptado para publicación el 6 de junio de 2012)