

## HORTICULTURA

# Productividad y estabilidad ambiental de cultivares de coliflor en el cinturón hortícola santafesino. Parte I: Extra-Tempranos y Tempranos

V.L. Dovis<sup>1</sup>; C.A. Bouzo<sup>2</sup> y R.A. Pilatti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cátedra de Fisiología Vegetal; <sup>2</sup>Cátedra de Cultivos Intensivos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral. Kreder 2805 (3080) Esperanza, Santa Fe, Argentina. Tel/Fax: 03496 420639 (int. 161). [vl\\_dovis@gmail.com](mailto:vl_dovis@gmail.com) Proyecto subsidiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica y la Universidad Nacional del Litoral a través del proyecto PICT 2000 N°08-10000

Recibido: 9/12/11

Aceptado: 30/6/12

### Resumen

Dovis, V.L.; Bouzo, C.A. y Pilatti, R.A. 2012. Productividad y estabilidad ambiental de cultivares de coliflor en el cinturón hortícola santafesino. Parte I: Extra-Tempranos y Tempranos. *Horticultura Argentina* 31(75): 11-20.

El cultivo de la coliflor (*Brassica oleracea* Linn. var. *Botrytis*) presenta requerimientos ambientales que dificultan la obtención de un producto de buena calidad durante la época estival, período de reducida producción y altos precios. Si bien existe una amplia variedad de cultivares con distinta adaptación climática, no siempre están acompañadas de información sobre las características productivas evaluadas en condiciones locales. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la capacidad productiva y adaptabilidad de 10 cultivares comerciales tempranos o de ciclo corto en el cinturón hortícola de Santa Fe. Se realizaron tres experimentos con plántulas trasplantadas sobre surcos a 0,7 m de distancia con densidad de 3,2 plantas·m<sup>-2</sup>; en invierno (campo e invernadero) y en verano.

El diseño experimental utilizado fue en parcelas al azar con tres repeticiones. Se observaron diferencias importantes entre la información suministrada por los productores y asesores y en relación con lo sugerido por las empresas comerciales; esto enfatizaría la necesidad de evaluación en condiciones locales el comportamiento de diferentes cultivares para mejorar la recomendación de siembra. Los cultivares Julia y Smilla, así como Candid Charm y Bonny produjeron pellas de muy buena calidad cuando fueron trasplantadas tanto en invierno como en verano. Obteniéndose pellas grandes para Julia y Smilla y de tamaño medio en las otras. Los cultivares Memphis e Incline produjeron pellas grandes y de excelente calidad solamente cuando fueron trasplantadas en verano, mientras que Madrid y White Magic produjeron pellas de muy buena calidad cuando se cosecharon en primavera.

**Palabras clave adicionales:** Brassicáceas, pella, cultivares de verano, calidad comercial.

### Abstract

Dovis, V.L.; Bouzo, C.A. and Pilatti, R.A. 2012. Productivity and environmental stability in cauliflower cultivars at the central-west region of Santa Fe. Part I: Early and Summer Crops. *Horticultura Argentina* 31(75): 11-20.

The cauliflower crop (*Brassica oleracea* Linn. Var. *Botrytis*) has specified environmental requirements which complicate to obtain a good quality product when plants are growing in summer, a period of lower production and higher prices. While there is a broad range of cultivars with different climate adaptation, they are not always accompanied by supporting information on the production characteristics assessed under local conditions. The aim of this work was to evaluate the productive capacity and adaptability of 10 commercial cultivars of early or intermediate crops at the horticultural area of Santa Fe. Three experiments were carried out with transplanted seedlings on rows at 0.7 m at density of 3.2 plants·m<sup>-2</sup>, in winter (greenhouse and field) and in summer. The

experimental design was in random plots with three replications. Significant differences were observed between the information supplied by producers and consultants and with regard to suggested by commercial companies, this emphasize the need for screening the performance of different cultivars under local conditions, in order to improve the recommendation of planting. In Julia and Smilla cultivars, as well as Candid Charm and Bonny cultivars, produced curd of good quality pellets when they were transplanted both in winter and summer. Large curds was yielding for Julia and Smilla and medium size in the others. In Memphis and Incline cultivars the curds yielding were large and with very good quality only when plants were growing in summer, while Madrid and White Magic curds were of very good quality only when harvested in spring.

**Additional keywords:** *Brassicaceae*, curds, early crops, commercial quality.

## 1. Introducción

El consumo de coliflor (*Brassica oleracea* Linn. var. *Botrytis*) y otras crucíferas ha ganado importancia en los últimos años debido a la difusión de sus propiedades nutraceuticas y anticancerígenas (Zareba & Se-

rradel, 2004). En la provincia de Santa Fe, su cultivo representa 2 % de la superficie destinada a actividades hortícolas, mientras que 60 % de esta superficie se concentra en el Cinturón Hortícola Santafesino; donde se ubica como el séptimo cultivo en importancia, con un rendimiento promedio de 18.000 kg·ha<sup>-1</sup> (SSAAyB,

2009). La coliflor es una especie de ciclo bienal, que requiere la acumulación de horas a bajas temperaturas como requisito para que se produzca la inducción de la preinflorescencia o "pella". Sin embargo, un intenso proceso de mejoramiento vegetal ha generado cultivares con diferentes requerimientos de frío, que permiten su cultivo en diferentes condiciones climáticas.

La planificación de una producción continua de esta especie a lo largo del año exige el conocimiento del comportamiento de las cultivares disponibles en el mercado. En este esquema, la producción de verano tiene particular importancia, ya que la curva de evolución de precios presenta una fuerte estacionalidad, registrando los precios más altos con los menores volúmenes de producción durante estos meses (Corporación del MCBA, s.f). Esta especie, aunque encuentra sus mejores condiciones de crecimiento en climas moderados, puede presentar numerosos defectos de calidad cuando, durante su crecimiento vegetativo o reproductivo, imperan condiciones de altas temperaturas (Grevsen & Olesen, 1994b; Fujime & Okuda, 1996; Everaarts & Putter, 2003; Grevsen *et al.*, 2003).

Además de los problemas de calidad de las pellas, el productor se enfrenta con el inconveniente que las distintas etapas fenológicas del cultivo se ven influenciadas por factores climáticos contrastantes (Grevsen & Olesen, 1994a), lo que determina que el ciclo del cultivo presente una considerable variación en años sucesivos, aún para una misma cultivar (Wurr *et al.*, 1990).

La precocidad de las cultivares se encuentra asociada, entre otros factores, a la cantidad de hojas necesarias para superar la etapa juvenil, siendo menor en cultivares de verano que en las de invierno (Wurr & Fellows, 2000; Bouzo *et al.*, 2006). A su vez se debe considerar los requerimientos de bajas temperaturas para la iniciación de las pellas, ya que esta especie se describe como de requerimientos obligados o cuantitativos de frío (Wurr *et al.*, 1993; Grevsen & Olesen, 1994a). Sin embargo, tanto esta respuesta como las temperaturas cardinales del proceso son variables entre grupos de cultivares y cultivares (Mourão, 1999; Wurr & Fellows, 2000).

Existe una amplia oferta varietal con distinta adaptación climática que hace factible la producción de este cultivo a lo largo de todo el año. Las plantas de los diferentes grupos de madurez varían en el tamaño potencial de las pellas y en la duración del ciclo de trasplante a cosecha (Wurr & Fellows, 2000). Al respecto, las cultivares disponibles en el mercado nacional pueden clasificarse en grupos de maduración (GM): i) De ciclo corto o tempranos, con una duración de 70 a 90 días desde trasplante a cosecha. Estas cultivares son aptas para su trasplante durante diciembre y enero, re-

alizándose la cosecha desde fin de febrero hasta abril; son cultivares de verano; ii) de ciclo intermedio, semitempranas o semitardías, con una duración de 90 a 120 días desde trasplante a cosecha. En éstas la implantación se realiza desde marzo y la cosecha comienza en mayo y finaliza a fin de julio. Son cultivares de verano-otoño; y iii) de ciclo largo o tardías, con un ciclo de más de 120 días desde trasplante a cosecha. En estas cultivares el trasplante se realiza durante mayo y junio, y la cosecha se extiende entre agosto y octubre inclusive. Son cultivares invernales.

Las semillas de las numerosas cultivares disponibles anualmente en el mercado nacional no están acompañadas de información sobre las características productivas evaluadas en condiciones locales, generando una gran incertidumbre, importantes errores en la elección de las cultivares y pérdidas económicas potenciales para el productor. Con la hipótesis que existe interacción entre el genotipo y el ambiente, lo que resultaría en que no todas las combinaciones serían igualmente productivas, y como consecuencia de esto las recomendaciones técnicas adjuntas a cada cultivar solamente serían adecuadas y confiables para la localidad que fueron evaluadas. En función de esto se pretende evaluar la capacidad productiva y adaptabilidad a las condiciones climáticas del cinturón hortícola de Santa Fe de 10 cultivares comerciales de coliflor indicadas desde extra-tempranas hasta intermedias.

## 2. Materiales y métodos

Los experimentos fueron realizados en el Campo Experimental de Cultivos Intensivos y Forestales de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNL) (31° 26' S; 60° 56' W; 40 m.s.n.m). El clima de la región centro-oeste de la provincia de Santa Fe, que corresponde al sitio experimental, es del tipo Cfa (templado húmedo sin estación seca) (Köppen, 1948).

La implantación de los diferentes lotes se realizaron por trasplante con una densidad de 3,2 plantas·m<sup>-2</sup>, en surcos distanciados entre sí a 0,7 m. El suelo corresponde al grupo argiudol típico serie Esperanza. El riego utilizado fue gravitacional aplicado en surcos al aire libre y riego presurizado por goteo en el invernadero, el estado hídrico fue monitoreado por medio de tensiómetros enterrados a 30 cm de profundidad y el potencial hídrico en ningún caso fue inferior a -80 mbar. La fertilización consistió con una dosis equivalente de 150 kg de N·ha<sup>-1</sup>, 40 kg P·ha<sup>-1</sup> y 230 kg K·ha<sup>-1</sup> (Bouzo *et al.*, 2003). Los plantines fueron producidos en bandejas de poliestireno expandido de 228 celdas (20 cm<sup>3</sup> de volumen por celda) llenadas con sustrato comercial

marca Terrafértil (80 % turba y 20 % perlita). Las siembras fueron realizadas el 19/12/03 para el experimento de verano y el 24/05/03 para los experimentos en invierno, el trasplante se efectuó cuando las plantas tenían de 3 a 4 hojas visibles.

A fin de evaluar tanto la productividad como la plasticidad de las cultivares, se realizaron tres experimentos en diferentes momentos del año: a) Verano-Aire Libre trasplante a campo el 19/01/04; b) Invierno-Aire libre trasplante a campo el 06/07/03; y c) Invierno-Invernadero, trasplante dentro de invernadero el 06/07/03. El invernadero fue de tipo curvo de 24 m x 9 m x 6 m, cubierto con plástico LDT de 150  $\mu$ m, con ventilación cenital y lateral.

Las temperaturas fueron registradas con dos Estaciones Meteorológicas Davis Weather Wizard III, ubicadas dentro del invernadero y al aire libre en abrigo meteorológico a 1,2 m desde el suelo, las que registraron la temperatura media horaria. El diseño experimental utilizado fue en parcelas completas al azar con tres repeticiones por cultivar y el área por parcela fue de 7,4 m<sup>2</sup>. Las características varietales evaluadas fueron: calidad de las pellas (calidad visual, tamaño y peso), longitud del ciclo, número de hojas formadas, peso seco de las distintas partes de la planta e índice de cosecha.

La calidad visual de las pellas fue evaluada de acuerdo con una escala desarrollada tomando como referencia la Resolución RX n° 297/83 de la ex Secretaría de Agricultura y Ganadería que reglamenta las normas de tipificación de hortalizas frescas para el mercado interno (SENASA, 1983). Cada una de las pellas cosechadas fue clasificada en grados de 1 a 4, según la presencia de defectos, color y grado de compacidad, donde grado 1 corresponde a pellas de la mejor calidad (Muy buena) y grado 4 a pellas no comerciales. Los defectos considerados para la clasificación de las pellas fueron: arrozado, vellosidades, presencia de hojas en la pella (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003), amarillamiento de las pellas (Jaya *et al.*, 2002), coloración púrpura de la pella y pellas rosadas (Hemphill, 2005), abotonamiento (Wiebe, 1981; Wurr & Fellows, 1984; Hemphill, 2005) y tallo hueco (Eve-raarts & Putter, 2003). De esta forma las categorías fueron: 1° calidad, color, se acepta solo un ligero amarillamiento respecto al color típico de la variedad y presencia de hasta cinco brácteas por pella siempre que no la sobrepasen, sin otros defectos. De 2° calidad: color, se acepta un ligero cambio de color, presencia de hasta cinco brácteas de 5 mm por encima de la pella, vellosidad no húmeda ni grasosa hasta en un 25 % de la superficie, y hasta un 10 % de otros defectos (o entendido como muy leve o muy escasa presen-

cia de otros defectos). De 3° calidad, coloraciones más intensas, una ligera falta de compacidad, hasta siete brácteas que sobresalen de la pella y vellosidad hasta un 50 % de la superficie, incluye hasta un 15 % de otros defectos. De 4° calidad: no comercial, por defectos muy graves como podredumbres, coloraciones intensamente moradas o graves defectos de forma, también por muy abundante desarrollo de brácteas, hojas a veces, en el interior o superficie de la pella, intensa pérdida de compacidad, etc. El segundo aspecto que se tuvo en cuenta fue la capacidad productiva, medida a través del diámetro o peso fresco de las pellas producidas, donde tamaño 0 fueron no comerciales, menos de 9 cm o 150 g. Tamaño 1, chicas, de 9-13 cm o 150-450 g; tamaño 2, medianas, de 13-18 cm o 450 a 1.000 g y tamaño 3, grandes, más de 18 cm o de 1.000 g de peso.

Las cultivares utilizadas fueron categorizadas de acuerdo a la información suministrada por las empresas proveedoras de semillas (Sakata, Hurst-L Daehnfeldt y Vilmorin), habiéndose utilizado: GM extra-tempranos (i) Majestic, (ii) Madrid, (iii) Candid Charm y (iv) Cashmere; GM tempranos (v) White Magic e (vi) Incline; GM intermedios (vii) Bonny, (viii) Smilla y (ix) Memphis. También se evaluó la cultivar Julia sobre la cual la empresa comercial no ofrece información de longitud de ciclo.

El tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante un análisis univariado de varianza (ANOVA) y un test de comparación de medias de Tukey ( $P < 0,05$ ) Para el análisis de la interacción cultivar por ambiente se utilizó el modelo AMMI (*Additive Main effects and Multiplicative Interaction model*) (Solano *et al.*, 1998; Ebdon & Gauch, 2002). El modelo de ANOVA aplicado fue (Ebdon & Gauch, 2002):

$$Y_{IJK} = \mu + G_i + A_j + O_{IJ} + E_{IJK}$$

Y el modelo AMMI aplicado:

$$Y_{IJK} = \mu + G_i + A_j + \sum_{n=1}^N S_n + GV_{In} AV_{Jn} + R_{IJ} + E_{IJK}$$

Donde  $Y_{IJK}$  es la variable respuesta del cultivar I en el ambiente J para la repetición K. La gran media es  $\mu$ ,  $G_i$  es el efecto del material genético,  $A_j$  es el efecto del ambiente, N es el número de ejes retenidos en la matriz SVD (descomposición por valor singular) en el modelo.  $O_{IJ}$  es la interacción residual (residuos AMMI) y  $E_{IJK}$  es el error experimental. El término  $S_n$  representa el valor singular para la matriz SVD del eje n,  $GV_{In}$  es el valor del vector singular de la matriz SVD para el genotipo y  $AV_{Jn}$  es el valor del vector singular de la matriz SVD para el ambiente. Todos los

análisis se realizaron sobre una matriz de datos sin estandarizar.

### 3. Resultados y discusión

En los experimentos realizados durante el invierno, tanto al aire libre (b) como dentro del invernadero (c), las temperaturas mínimas medias fueron muy similares, mientras que la máxima media fue poco más de 1 °C superior dentro del invernadero (Tabla 1). Entre 57 % y 65 % de los días tuvieron una temperatura mínima media debajo de 10 °C y solamente en el 9 % de los días la temperatura media diaria fue superior a 21 °C. Este rango de temperaturas se encuentra dentro del rango considerado óptimo para la inducción de la formación de la pella (Wurr & Fellows, 2000) (Tabla 1). El efecto de las bajas temperaturas en los trasplantes de invierno sobre la duración de las etapas fue de un acortamiento general del ciclo ( $P < 0,05$ ) (Tabla 1), cuando comparado con el trasplante de verano, debido al menor requerimiento de frío para la inducción por tratarse de cultivares tempranos (Wurr & Fellows, 2000; Bouzo *et al.*, 2006). También hubo una reducción del período de crecimiento de la pella y cosecha más concentrada dentro del invernadero, causada por el aumento de la temperatura (Tabla 1). Este mismo efecto ya ha sido observado en Chile en condiciones de elevadas temperaturas (Castillo *et al.*, 1994).

Por otro lado, durante el verano solamente el 29 % de los días tuvo una temperatura mínima media por debajo de 10 °C y el 50 % tuvo una temperatura media diaria superior a 21 °C, concentrándose los días calurosos durante la primer etapa del cultivo y los días con baja temperatura cerca del momento de cosecha. Esto produjo un retraso en la iniciación con mayor producción de hojas (Figura 1), y un período de crecimiento de la pella y cosecha más prolongado (Tabla 1).

El efecto de la temperatura fue diferente para las distintas cultivares, pudiéndose reconocer tres grupos bien definidos en función de su respuesta en la madurez de cosecha. El primero, definido aquí como “tempranas”, compuesto por las cultivares Madrid y Majestic, debido a que ambas tuvieron la menor duración de ciclo, con un máximo de 83 días en los tres ambientes estudiados (Tabla 2). En estas

cultivares la duración del ciclo fue mayor cuando fueron cultivadas al aire libre durante el invierno, cuando comparadas con el cultivo en invernadero en la misma época. Esto puede haber sido causado por la reducción de la tasa de iniciación de hojas, producto de las más bajas temperaturas registradas al aire libre durante el período de crecimiento, con temperaturas medias entre 1 y 1,5 °C inferiores que dentro del invernadero, lo que puede haber retrasado la superación de la etapa juvenil (Wurr *et al.*, 1994). Por otro lado, también puede haber efecto negativo de las temperaturas mínimas entre 6 y 7 °C registradas, las que pueden retrasar el proceso de iniciación de la pella en cultivares de verano, en los que han sido observadas temperaturas óptimas de 13 °C a 14 °C (Wurr & Fellows, 2000), debido a que hubo aumento en la cantidad de hojas formadas para la superación de la inducción (Figura 1b). Más aún, durante el verano con temperaturas más altas, no se observó efecto negativo sobre la inducción, ya que el ciclo hasta la cosecha tuvo la misma duración que en el invierno, sin embargo se formaron mayor cantidad de hojas.

El segundo grupo de cultivares se comportó como de ciclo “intermedio” en las tres situaciones estudiadas, variando la longitud del ciclo de 84 días en las condiciones más propicias para la inducción, a 114 días cuando fueron trasplantadas durante el verano (Figura 1a). El aumento en la duración del ciclo fue casi lineal cuando pasaron de una condición para otra. En este grupo se ubicaron las cultivares Candid Charm, Cashmere, White Magic y Smilla. Dentro de este grupo hubo un incremento de solamente dos hojas cuando se compararon entre su crecimiento en invernadero o al aire libre en invierno (Figura 1b). Esto indicaría que las más bajas temperaturas registradas al aire libre, además de retrasar la superación del período

**Tabla 1.** Temperatura mínima media y máxima media durante el período desde trasplante a comienzo de cosecha (Período de crecimiento) y desde el comienzo al fin de la cosecha (Período de cosecha) para tres momentos de trasplante.

		Período de crecimiento	Período de cosecha
<b>Invierno-Invernadero</b>	Mín. media (°C)	6,6	10,5
	Máx. media (°C)	22,8	21,3
	Duración (días)	86	26
<b>Invierno-Aire libre</b>	Mín. media (°C)	6,4	10,2
	Máx. media (°C)	20,5	19,2
	Duración (días)	99	37
<b>Verano-Aire libre</b>	Mín. media (°C)	12,6	7,6
	Máx. media (°C)	23,9	21,8
	Duración (días)	122	85

juvenil, tuvieron también un efecto negativo sobre la tasa de iniciación de hojas (Wurr *et al.*, 1994). Por otro lado, cuando fueron cultivados en el verano tuvieron una prolongación media de su ciclo en 17 días, mientras que la cantidad de hojas casi se duplicó, pasando de 29 a 49 hojas. En este caso las mayores temperatu-

**Tabla 2.** Duración del ciclo trasplante-cosecha, tamaño y calidad visual de las pellas cosechadas para cada uno de los cultivares trasplantados en invierno y en verano.

INVIERNO AIRE LIBRE						
	Duración ciclo (días)	<sup>1</sup> IC (días)	Diámetro (cm)	Peso pella (g)	Calidad visual	<sup>2</sup> Pellas 1° (%)
Madrid	83 a	14	10,6 a	259,3 a	1,20 a	80
Majestic	83,6 a	16	12,0 ab	369,6 ab	2,25 abc	17
Candid Charm	99,2 bcd	12	15,8 bcd	829,5 bcd	2,10 abc	10
Cashmere	91 ab	10	12,7 abc	476,2 ab	2,50 bc	0
White Magic	98 bcd	7	18,3 d	1.237,2 d	2,00 abc	50
Memphis	105 d	14	12,3 ab	379,8 ab	2,17 abc	0
Bonny	100,6 cd	22	14,2 abcd	590,3 abc	1,27 a	73
Incline	102,2 cd	16	15,2 bcd	775,1 abcd	2,60 c	10
Julia	97,8 bcd	11	17,0 cd	868,0 bcd	1,70 abc	40
Smilla	96,3 bc	13	18,7 d	1.059,2 cd	1,30 ab	70
INVIERNO INVERNADERO						
	Duración ciclo (días)	<sup>1</sup> IC (días)	Diámetro (cm)	Peso pella (g)	Calidad visual	<sup>2</sup> Pellas 1° (%)
Madrid	67,8 ab	6	14,9 ab	556,7 a	2,07 ab	21
Majestic	68,6 a	4	14,6 a	487,2 a	2,62 b	0
Candid Charm	83,0 cd	6	19,3 cd	1.384,5 bc	1,75 ab	50
Cashmere	76,3 abc	5	16,9 abc	1.006,0 ab	1,42 a	58
White Magic	88,0 bc	6	17,6 bc	1.199,1 bc	1,91 ab	36
Memphis	89,5 e	6	18,1 cd	1.356,6 bc	2,00 ab	8
Bonny	84,6 cd	5	20,7 d	1.666,9 c	2,55 b	0
Incline	86,7 de	9	20,6 d	1.679,3 c	2,25 ab	25
Julia	83,0 c	5	17,6 bc	1.400,9 bc	2,33 ab	0
Smilla	89,0 e	8	18,9 cd	1.572,6 bc	1,80 ab	40
VERANO						
	Duración ciclo (días)	<sup>1</sup> IC (días)	Diámetro (cm)	Peso pella (g)	Calidad visual	<sup>2</sup> Pellas 1° (%)
Madrid	77,8 a	5	14,7 a	682,8 a	3,00 c	0
Majestic	70,9 a	8	14,6 a	803,4 ab	2,80 bc	0
Candid Charm	122,1 cdef	21	18,1 bc	1.197,4 abcd	1,60 a	40
Cashmere	103,3 b	28	16,7 ab	809,1 ab	3,11 c	0
White Magic	111,4 bcd	37	18,6 bc	1.076,2 abcd	2,42 abc	25
Memphis	135,2 efg	45	19,9 c	1.557,2 cd	1,33 a	83
Bonny	124,8 def	49	17,2 abc	841,8 ab	1,40 a	70
Incline	139,1 fg	29	19,0 bc	1.330,6 bcd	1,33 a	67
Julia	146,0 g	36	20,1 c	1.661,2 d	1,83 ab	50
Smilla	117,1 bcde	34	17,6 abc	968,8 ab	1,67 a	56

<sup>1</sup>Corresponde al intervalo entre el primer y último día de cosecha. <sup>2</sup>Corresponde al porcentaje de pellas clasificadas como de calidad 1 (muy buena) sobre el total de las producidas.

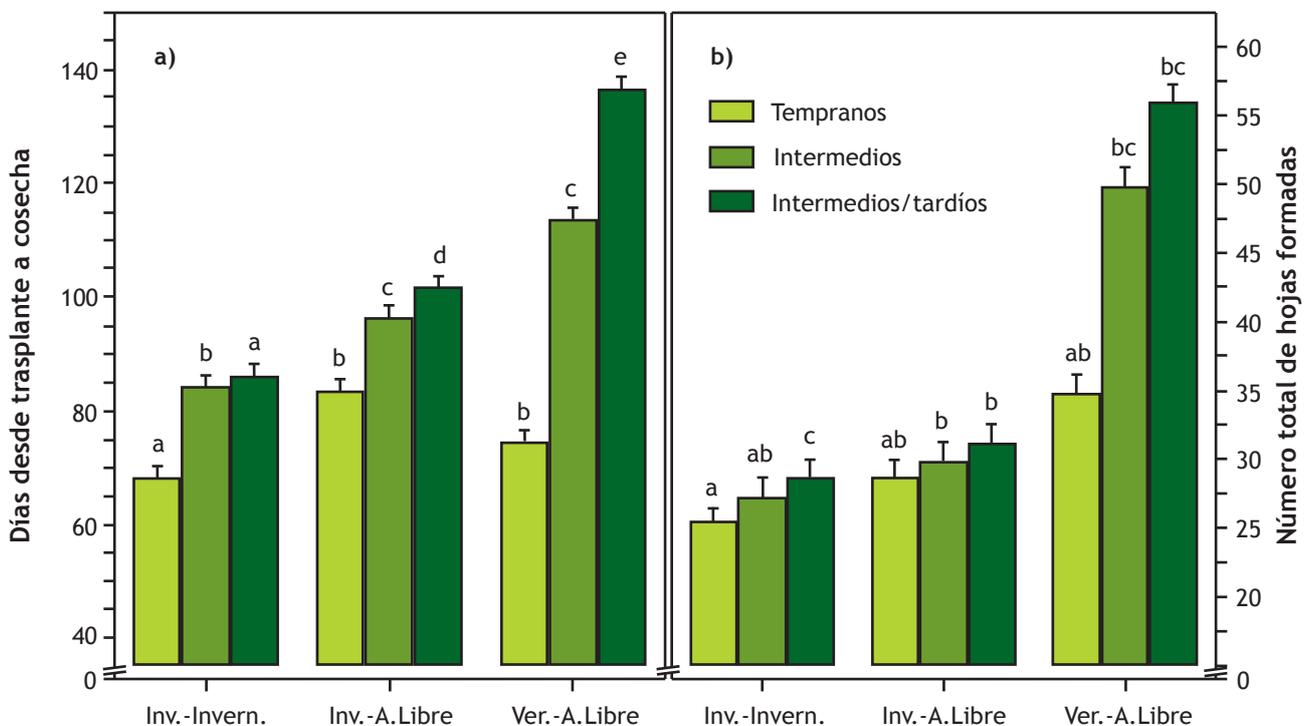
ras registradas en el verano, al mismo tiempo que retrasaron la iniciación de la pella, permitieron una mayor tasa de iniciación de hojas, lo que se reflejó en mayor cantidad de hojas iniciadas por día y a lo largo de todo el período de crecimiento; lo que ha sido observado en otras cultivares intermedias (Wurr *et al.*, 1994).

Un tercer grupo de cultivares tuvo una respuesta de mayor longitud de ciclo con el aumento de las temperaturas. En este grupo, formado por las cultivares Memphis, Bonny, Incline y Julia, el ciclo se prolongó en media  $42,7 \pm 4,5$  días cuando fueron cultivadas durante el verano, respecto del ciclo en invierno al aire libre, comportándose entonces como de ciclo “intermedio” en el invierno y como “largo” o “tardío” cuando fueron trasplantadas durante el verano (Figura 1a). Además de esto, el número medio de hojas aumentó de  $31,2 \pm 0,3$  para  $56 \pm 3,5$ ; esto representa un aumento en la cantidad de hojas iniciadas de 80 % respecto del invierno para un aumento de 33 % en la longitud del ciclo. Indicando que la elevada temperatura, por un lado, retrasó la inducción de la formación de la pella y, por el otro, favoreció la tasa de iniciación foliar.

La estabilidad en el rendimiento de un genotipo se describe como la repetibilidad o consistencia de las características evaluadas en diferentes ambientes, es decir, cuando existe insensibilidad a los cambios en las condiciones ambientales (Solano *et al.*, 1998). En este

sentido, las cultivares Julia y Smilla fueron, junto a Majestic y White Magic las de mejor estabilidad ambiental para la característica de calidad visual, debido a la posición más cercana de cero, especialmente sobre el eje horizontal que fue el que permitió explicar el 65,8 % de las diferencias entre las cultivares (Figura 2b). Sin embargo, mientras en Majestic la calidad media fue 2,56; es decir entre “buena” y “regular”, en White Magic fue “buena” (media 2,1); entanto en las cultivares Julia y Smilla fue 1,95 y 1,59, respectivamente, es decir entre “muy buena” y “buena” calidad. En cuanto al peso, Julia y Smilla también mostraron comportamiento estable (Figura 2a), y produjeron siempre pellas grandes (más de 850 g). La producción de Majestic fue variable (Figura 2a), produciendo pellas pequeñas en el invierno al aire libre y tamaño medio en las otras situaciones. Por otro lado, las cultivares menos estables fueron Madrid, Cashmere y Bonny (Figura 2b), ya que produjeron pellas de excelente calidad en el invierno y regulares en el verano. En cuanto al peso, la cultivar más estable fue Cashmere, con pellas de tamaño medio en invierno y verano, mientras que Madrid varió de pequeñas en el invierno a tamaño medio en verano, y Bonny entre medias y grandes (Tabla 2).

Entre las cultivares estudiadas fueron observadas algunas que son factibles de utilizar tanto en trasplantes de verano, permitiendo obtener cosechas a partir



**Figura 1.** Efecto de diferentes momentos de trasplante dentro del ciclo anual, sobre la duración del período desde trasplante hasta cosecha, (a) y sobre la cantidad de hojas totales formadas en 10 cultivares de coliflor agrupados en función de su ciclo (tempranos, intermedios o intermedios-tardíos). Medias de 10 repeticiones  $\pm$  error para los días desde trasplante a cosecha y de 3 repeticiones  $\pm$  error para el número total de hojas formadas. Medias con letras diferentes indican diferencias significativas según test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

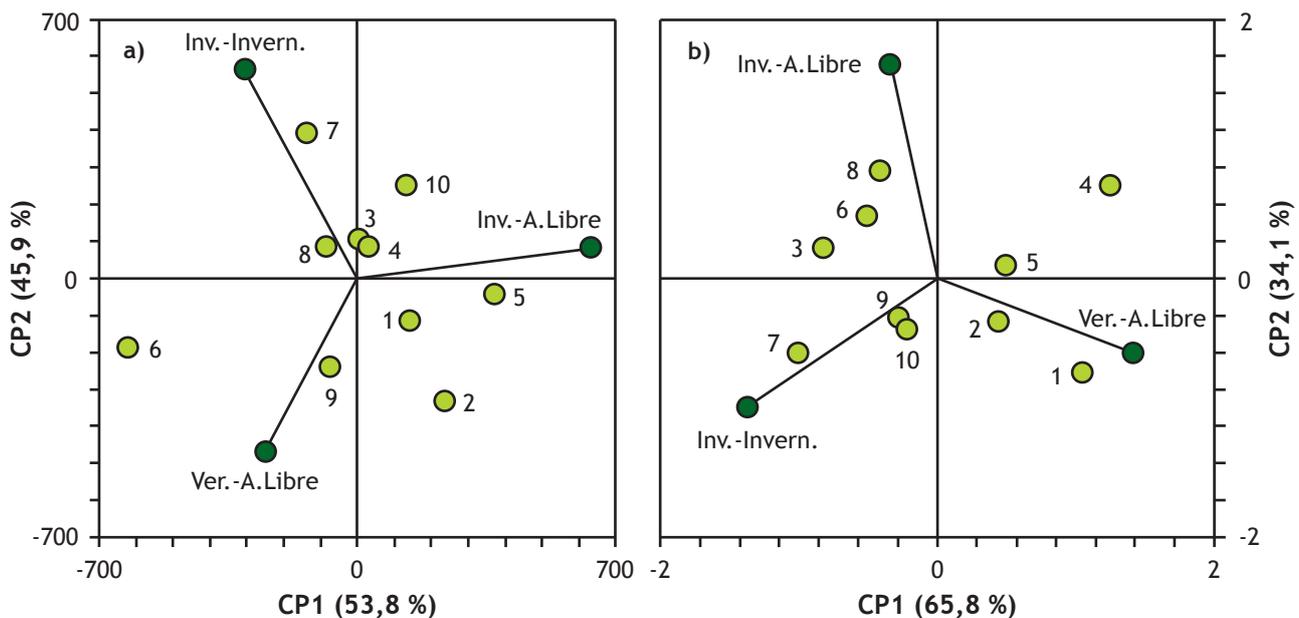
de fin de marzo; como en invierno, que permiten cosechar a partir de septiembre. Para fines de recomendación no será considerado el comportamiento en invernadero, ya que no se trata de una técnica cultural aplicada en este cultivo. Las cultivares que podrían ser usadas en ambas estaciones incluyen:

a) Julia: en el invierno al aire libre produjo pellas grandes y de muy buena calidad, siendo el 40 % clasificadas como de 1° calidad (Tabla 2). Se observaron escasas pellas con coloración suavemente rosada, producto de las bajas temperaturas (Hemphill, 2005). En el verano las pellas también fueron de muy buena calidad, el 50 % de ellas clasificadas como de 1° calidad (1,83), aunque, en algunos casos con deterioro por exposición al sol y de gran tamaño (más de 1.500 g·pella<sup>-1</sup>) (Tabla 2). Tanto la calidad como el tamaño observados coinciden con los datos citados por la empresa proveedora (Sakata, s.f.). Esta cultivar se comportó como de ciclo intermedio, cuando cultivada en el invierno y de ciclo largo cuando cultivada en verano (Tabla 2).

b) Smilla produjo pellas de muy buena calidad, tanto en el invierno como en el verano (Tabla 2), afectadas en pequeña proporción por la aparición de coloraciones púrpuras cuando fueron trasplantadas en invierno, sin embargo el 70 % de las pellas fueron clasificadas como de 1° calidad. El desarrollo de este defecto podría asociarse con las bajas temperaturas, de acuerdo con lo sugerido por Hemphill (2005). En el trasplante de verano, la depreciación de la calidad fue producto del desarrollo de vellosidades en la superfi-

cie de algunas de las pellas, posiblemente relacionado con las altas temperaturas durante al período de desarrollo (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003). Las pellas alcanzaron gran tamaño en las dos fechas de trasplante (invierno al aire libre y verano), entre 900 y 1.000 g·pella<sup>-1</sup> (Tabla 2). Las características de las pellas producidas coinciden con los datos suministrados por la empresa productora para esta cultivar (Hurst-L Daehnfeldt, s.f.), quienes indican su alta adaptabilidad para cosechas de otoño, invierno y primavera en clima templado cálido. Sin embargo el ciclo fue 10 días más largo que el indicado por la empresa para la misma estación de crecimiento (Hurst-L Daehnfeldt, s.f.).

c) Candid Charm produjo pellas de buena calidad promedio (2,1), entanto solamente 10 % fueron de 1° calidad, y peso medio en el invierno al aire libre (Tabla 2). La calidad fue perjudicada en algunos casos por el desarrollo de amarillamiento, como consecuencia de la exposición al sol y/o retraso en la cosecha (Jaya *et al.*, 2002; Hemphill, 2005). En el verano, las pellas fueron de tamaño grande (1.200 g·pella<sup>-1</sup>) y de muy buena calidad promedio (1,6) siendo el 40 % de 1° calidad (Tabla 2). Sin embargo, en algunos pocos casos, fueron deterioradas por el desarrollo de vellosidades. La empresa Sakata recomienda esta cultivar para siembras de otoño-invierno, tanto en clima cálido como frío. Esto coincide con lo observado en este trabajo, aunque el ciclo del cultivo fue aproximadamente 35 días más largo que el indicado por la empresa pro-



**Figura 2.** Biplot del modelo AMMI para la variable peso fresco de las pellas (a) y calidad visual de las pellas (b) para 10 cultivares de coliflor trasplantados en tres momentos diferentes. Se utilizaron los cultivares: Madrid (1); Majestic (2); Candid Charm (3); Cashmere (4); White Magic (5); Memphis (6); Bonny (7); Incline (8); Julia (9); Smilla (10). Cálculo realizado sobre matriz de datos sin estandarizar.

veedora (Sakata, s.f.). También se obtuvieron pellas de buena calidad en el trasplante de verano, lo que no es mencionado por la empresa. Esta cultivar ha sido recomendada por Koike *et al.* (1997) para su utilización en trasplantes a lo largo de todo el año para la región de California (Estados Unidos), donde las condiciones de temperatura son similares a las de la zona en estudio (NOAA-SRCC, 2010).

d) Bonny produjo pellas de muy buena calidad promedio (1,33), siendo 70 % de ellas de 1° calidad, tanto en el trasplante de invierno al aire libre, como en el de verano, aunque fueron de tamaño medio en las dos situaciones (Tabla 2). La empresa Hurst-LDaehnfeldt recomienda esta cultivar solamente para cosechas de invierno y primavera en áreas templado cálidas. Sin embargo, los resultados mostraron que también se pueden obtener pellas de muy buena calidad (1,4) en la cosecha de verano-otoño. El ciclo del cultivo fue 15 días más largo que el citado por la empresa en la misma época de trasplante.

Algunas cultivares tuvieron un comportamiento destacado solamente en verano, entre ellas está la cultivar Memphis, que produjo en esta estación pellas de muy buena calidad promedio (1,33), donde 83 % de las pellas fueron de 1° calidad, y de gran tamaño ( $>1.500 \text{ g}\cdot\text{pella}^{-1}$ ) (Tabla 2). La productividad observada coincide con lo indicado por la empresa Vilmorin (s.f.), que la recomienda para cosechas de otoño en clima templado. Sin embargo, los resultados muestran que el ciclo fue casi 40 días más largo que el mencionado por la empresa.

e) Incline fue otra cultivar que tuvo su destaque en el producción de verano, produjo pellas grandes (1.300 g) y de muy buena calidad promedio (1,33) en esta estación, con 67 % de las pellas cosechadas de 1° calidad (Tabla 2). Esto no concuerda con la información brindada por la empresa Sakata (s.f.), que indica esta cultivar para trasplante de otoño en clima templado frío. Mientras Koike *et al.* (1997) y Daniello (2003) indican la aptitud de esta cultivar para trasplantes de verano en los estados de California y Texas (Estados Unidos).

Entre las cultivares testeadas hubo algunas que solamente produjeron pellas de buena calidad cuando se trasplantaron en invierno para cosecha de primavera. Entre ellas está f) White Magic, que con una temperatura mínima media de 8,6 °C y máxima media de 22,1 °C produjo pellas grandes y de buena calidad promedio (2,0), donde 50 % fueron de 1° calidad (Tabla 2), deterioradas en algunos casos por el desarrollo de coloración púrpura y vellosidades. En discordancia con esto, algunos autores recomiendan esta cultivar para trasplante de verano en regiones de los Estados Unidos

con temperaturas mínimas medias de 15 °C a 18 °C y máximas medias de 30 °C a 34 °C (Koike *et al.*, 1997; Daniello, 2003; Hemphill, 2005). Otra cultivar importante en el invierno fue g) Madrid; sin embargo, a pesar de las pellas ser de la mejor calidad promedio (1,2), fueron de tamaño chico ( $260 \text{ g}\cdot\text{pella}^{-1}$ ) (Tabla 2). Como las plantas también fueron pequeñas (datos no mostrados) se podría evaluar la posibilidad de aumentar la densidad de plantación final a fin de aumentar la producción por unidad de superficie de un producto diferenciado para consumo individual y embalado como minihortaliza.

Finalmente, h) Majestic produjo pellas pequeñas ( $379 \text{ g}\cdot\text{pella}^{-1}$ ) de buena calidad promedio (2,25) y solamente 17 % de 1° calidad, en el invierno de tamaño medio y calidad regular (2,8) en el verano, con presencia de "arrozado" en todos los casos y sin producción de pellas de 1° calidad. Esto ratifica la alta sensibilidad de este genotipo a las bajas temperaturas (Fujime & Okuda, 1996; Grevsen *et al.*, 2003). La empresa Sakata sugiere esta cultivar como extra-temprana y de uso restringido (Sakata, s.f.). Dado esto, sería esperable una mejora en la calidad y en el tamaño, trasplantando durante la primavera a fin de evitar exponer las pellas a bajas temperaturas, tanto durante el final de invierno como del principio de otoño.

#### 4. Conclusiones

La compleja interacción entre la genética y el ambiente enfatiza la necesidad de una red continua de evaluación en condiciones locales de las cultivares de coliflor presentes en mercado comercial, ya que se encontraron significativas discrepancias con respecto a la información disponible en los catálogos de las empresas proveedoras de material genético. Las cultivares Julia, Smilla, Candid Charm y Bonny fueron las más estables ambientalmente, lo que permite al productor una mayor certeza de cosecha de alta calidad con cierta independencia de las condiciones climáticas. Para las cultivares Memphis e Incline (de verano) y White Magic, Madrid y Majestic (de invierno), que fueron menos estables ambientalmente, es posible recomendar un uso restringido a aquellas siembras que permitan obtener un producto de buena calidad.

#### 5. Bibliografía

Bouzo, C.A.; Astegiano, E.D. & Favaro, J.C. 2003. Procedimiento para determinar la necesidad de abonos en cultivos hortícolas. Revista FAVE. Sec-

- ción Ciencias Agrarias, 2: 7-18.
- Bouzo, C.A.; Favaro, J.C. & Pilatti, R.A. 2006. Efecto de la temperatura sobre la fase juvenil de coliflor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*). *Agrícola Vergel*, 297: 447-452.
- Castillo, H.; Melillo, C.; Quintanilla, C. & Lennon, I. 1994. Crecimiento y desarrollo de cuatro cultivares de coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), sometidos a diferentes condiciones de temperatura y radiación solar. *Investigación Agrícola* 14: 25-33.
- Corporación del MCBA (Mercado Central de Buenos Aires). (s.f). Información de Mercado: Información de precios y Volúmenes del Mercado Central de Buenos Aires (en línea). Consultado el 4 de mayo de 2008. Disponible en: [www.mercadocentral.com.ar/site2001/pyv.htm](http://www.mercadocentral.com.ar/site2001/pyv.htm)
- Daniello, F.J. (s.f.). Cauliflower (en línea). Extension Horticulturist. Department of Horticultural Sciences. Texas A&M University, USA. Consultado el 18 de junio de 2011. Disponible en: <http://aggie-horticulture.tamu.edu/extension/vegetable/cropguides/cauliflower.html>
- Ebdon, J.S. & Gauch Jr., H.G. 2002. Additive Main Effect and Multiplicative Interaction analysis of national turfgrass performance trials: Interpretation of Genotype X Environmental Interaction. *Crop Science*, 42: 489-496.
- Everaarts, A.P. & de Putter, H. 2003. Hollow stem in cauliflower. *Acta Horticulturae*, 607: 187-190.
- Fujime, Y. & Okuda, N. 1996. The physiology of flowering in Brassicas, especially about cauliflower and broccoli. *ISHS Brassica Symposium - IX Crucifer Genetics Workshop. Acta Horticulturae*, 407: 242-254.
- Grevsen, K. & Olesen, J.E. 1994a. Modelling cauliflower development from transplanting to curd initiation. *Journal of Horticultural Science*, 69: 755-766.
- Grevsen, K. & Olesen, J.E. 1994b. Modelling development and quality of cauliflower. *Acta Horticulturae*, 371: 151-160.
- Grevsen, K.; Olesen, J.E. & Veierskov, B. 2003. The effects of temperature and plant developmental stage on the occurrence of the curd quality defects "bracting" and "riciness" in cauliflower. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 78: 638-646.
- Hemphill, D. 2005. Cauliflower - *Brassica oleracea* (*Botrytis* Group) (en línea). Commercial Vegetable, Production Guides. Oregon State University, USA. Consultado el 18 de junio de 2011. Disponible en: <http://hort-devel-nwrec.hort.oregonstate.edu/vegindex.html>
- Jaya, I.K.D.; Bell, C.J. & Sale, P.W. 2002. Leaf production, apex expansion and yield of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) in the lowland tropics. *Tropical Agricultural*, 79: 231-236.
- Koike, S.T.; Schulbach, K.F. & Chaney, W.E. 1997. Cauliflower Production in California (en línea). University of California. Cooperative Extension Farm Advisors, USA. Consultado el 18 de junio de 2011. Disponible en: <http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/7219.pdf>
- Köppen, W. 1948. Climatología: Un estudio de los climas de la Tierra. Trad. Pedro R.H. Perez. Fondo de Cultura Económica, México. 478 p.
- Hurst-L Daehnfeldt. (s.f.). Productes. Cauliflower (en línea). L. Daehnfeldt A/S, Denmark. Consultado el 15 de junio de 2011. Disponible en: [www.daehnfeldt.com](http://www.daehnfeldt.com)
- Mourão, I. de M.C.G. 1999. Harvest date prediction in broccoli through crop growth and developmental models. *Revista de Ciências Agrárias*, XXII (1): 145-157.
- NOAA-SRCC (National Oceanic and Atmospheric Administration - Southern Regional Climate Center). 2010. Serie 1971-2000. Consultado el 20 de junio de 2011. Disponible en: [www.srcc.lsu.edu/climateNormals](http://www.srcc.lsu.edu/climateNormals)
- Sakata. (s.f.). Vegetable Catalog (en línea) Sakata Seed America, Inc. USA. Consultado el 15 de junio de 2011. Disponible en: [www.sakata.com.br/index.php?language=es&action=catalog&local=al](http://www.sakata.com.br/index.php?language=es&action=catalog&local=al)
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Animal). 1983. Resolución SAG N° 297/83: Reglamenta las normas de tipificación, empaque y fiscalización de las Hortalizas Frescas con destino a los mercados nacionales (en línea). Ex SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería), Argentina. Consultado el 15 de jun. 2011. Disponible en: [www.senasa.gov.ar/marcolegal/content/rx\\_297\\_83.htm](http://www.senasa.gov.ar/marcolegal/content/rx_297_83.htm)
- Solano S.J.; Barriga, B.P.; Krarup, A.H. & Figueroa, S.H. 1998. Estabilidad temporal del rendimiento de genotipos mutantes de trigo, mediante el modelo de interacción multiplicativa y efectos principales aditivos (AMMI: Additive Main effect and Multiplicative Interaction model). *Agro Sur*, 26: 19-32.
- SSAAyB (Secretaría de Sistema Agropecuario, Agroalimentos y Biocombustibles). 2009. Portal de la Provincia de Santa Fe (en línea). Consultado el 1 de noviembre de 2010. Disponible en: [www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/375](http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/375)

- Vilmorin. (s.f.). Vilmorin. Nuestras variedades: Coliflor. Consultado el 15 de junio de 2011. Disponible en: [www.vilmorin.com/english.aspx](http://www.vilmorin.com/english.aspx)
- Wiebe, H.J. 1981. Influence of transplant characteristics and growing conditions on curd size (buttoning) of cauliflower. *Acta Horticulturae*, 122: 99-105.
- Wurr, D.C.E. & Fellows, J.R. 1984. Cauliflower buttoning. The role of transplant size. *Journal of Horticultural Science*, 59: 419-428.
- Wurr, D.C.E.; Fellows, J.R. & Hiron, R.W.P. 1990. The effect of field environmental conditions on the growth and development of four cauliflower cultivars. *Journal Horticultural*, 65: 565-572.
- Wurr, D.C.E.; Fellows, J.R.; Phelps, K. & Reader, R.J. 1993. Vernalization in Summer/Autumn Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.). *Journal of Experimental Botany* 44: 1507-1514.
- Wurr, D.C.E.; Fellows, J.R.; Phelps, K. & Reader, R.J. 1994. Testing a vernalization model on field-grown crops of four cauliflower cultivars. *Journal of Horticultural Science*, 69: 251-255.
- Wurr, D.C.E. & Fellows, J.R. 2000. Temperature influences on the plant development of different maturity types of cauliflower. *Acta Horticulturae*, 539: 69-74.
- Zareba, G. & Serradel, N. 2004. Chemoprotective effects of broccoli and other Brassica vegetables. *Drugs of the future*, 29: 1097-1104.