

Gestión sostenible del agua para reducir el impacto medioambiental aplicando nuevas tecnologías de fertirrigación

Resultados del proyecto Fertigreen para la evaluación de la influencia de la adición de CO₂ y O₂ al agua de riego

El objetivo del proyecto Fertigreen, ha sido valorar los efectos de la adición de gases (CO₂ y O₂) al agua de riego en diferentes cultivos de flor cortada, evaluando su acción sobre el cultivo, su postcosecha y los nitratos que se pierden en el lixiviado, constituyendo un medio de demostración a los agricultores. Los ensayos se llevan a cabo en seis invernaderos de diferentes empresas participantes, pretendiéndose evaluar y optimizar las dosis de aplicación para cada cultivo ensayado (*Chrysanthemum* spp., *Lilium* spp., *Dianthus caryophyllus*, *Zantedeschia aetopica* y *Gladiolus* spp.).



D. J. Arias^{1,2}, N. Chavrier¹,
A. Griñan¹, J. L. Mejías³,
J. E. Moros³, M. D. Vela²
y F. J. Macías²

¹Centro de Innovación y Tecnología Agroalimentaria S.A. (Citagro). Sevilla.

²Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), Centro de Chipiona. Cadiz.

³Abelló Linde S.A. Sevilla.

El proyecto demostrativo Fertigreen "Gestión sostenible del agua reduciendo el impacto medioambiental aplicando nuevas tecnologías de fertirrigación", financiado por el Programa Life de la Dirección General de Medio Ambiente de la Co-

misión Europea, tiene por objetivo principal evaluar la influencia de la adición de diferentes gases (CO₂, O₂) al agua de riego sobre distintos cultivos de flor cortada y las pérdidas por lixiviación de nitratos con el objeto de constituir una técnica alternativa a los procedimientos actuales de acidificación del agua de riego, minimizando la contaminación de las aguas residuales y subterráneas.

Los ensayos se han llevado a cabo en la comarca del Bajo Guadalquivir donde tiene una gran importancia económica y social el cultivo de la flor cortada, realizado de manera intensiva, utilizando una gran cantidad de fertilizantes parte de los cuales llegan a los acuíferos de la zona, contribuyen-

do con ello a la contaminación de las aguas subterráneas.

La adición de CO₂ al agua de riego consigue un control eficaz y estable del pH, aumentado la solubilidad de determinados nutrientes, mejorando así su absorción por la planta y disminuyendo las pérdidas por lixiviación. La aportación de O₂ inhibe el crecimiento de organismos anaerobios, generadores de podredumbres radiculares, igualmente elimina la asfixia radicular en suelos pesados, estimulando, por tanto, la funcionalidad y crecimiento de las raíces.

Los ensayos se han llevado a cabo en seis invernaderos de la Comarca del Bajo Guadalquivir, estudiando diferentes caracterís-

ticas del cultivo y del agua de lixiviado en las parcelas tratadas y no tratadas con gases. Se han realizado un total de 19 ensayos demostrativos.

Material y métodos

Material vegetal

Los cultivos sobre los que se han realizado los ensayos, en las diferentes empresas colaboradoras han sido: clavel (*Dianthus carvophyllus*), *Lilium* (*Lilium Longiflorum*), cala (*Zantedeschia aetóptica*), gladiolo (*Gladiolus spp*) y crisantemo (*Chrysanthemum spp*), por lo que nos encontramos con ciclos de cultivo bianuales, en el caso de clavel y cala y cultivos trimestrales como *Lilium*, crisantemo y gladiolo.

Desarrollo de los ensayos

Los ensayos se han iniciado en agosto de 2006, finalizando en marzo de 2008. En cada ensayo, se dispone de dos parcelas de 250 m²: testigo (plantas no tratadas) y tratamiento 1 (aplicación de una dosis determinada de CO₂). Las dosis de gases aplicadas en cultivos bianuales son de 300 y 400 ppm de CO₂, modificándose la dosis tras la siega de las plantas, para el descanso estival. En cultivos trimestrales, las dosis ensayadas son de 200, 300 y 400 ppm de CO₂, evaluándose una sola dosis con el testigo por ensayo. En todos los casos, el agua de riego de las parcelas tratamiento va enriquecida con una aportación de O₂ hasta llegar a 10 ppm.

Las dosis de siembra y demás condiciones de cultivo son las empleadas por los propios agricultores donde se realizan los ensayos, coincidiendo en ambas parcelas. La inyección de los gases en el sistema de riego se realiza mediante un cuadro dosificador de la empresa y socio del proyecto Abelló Linde.

Medida de parámetros

Durante el cultivo de manera semanal se ha realizado el control de diferentes parámetros, relacionados con su desarrollo y calidad comercial del tallo floral (altura, diámetro del tallo, número

Cuadro I.

Concentración de nitratos en el lixiviado (ppm). Ensayo *Lilium* 300 ppm CO₂.

Semana	Parcela tratamiento	Parcela control
3	875	1760
5	952	1272
7	1005	306
9	498	440
11	307	572



de hojas, número de flores, duración del cultivo, rigidez, presencia de enfermedades, etc.) y se realizan análisis foliares a fin de determinar el estado nutritivo de las plantas. También se determina la vida útil de la flor cortada y su porcentaje en peso seco.

Respecto a las pérdidas de nitratos en el lixiviado, se han rea-

lizado análisis de éstos en la solución del lixiviado (extracción mediante sondas de succión de Irrometer) para evaluar las pérdidas de este elemento nutritivo y contaminante.

Para cada ensayo, se han analizado estadísticamente todos los datos obtenidos mediante el programa Statistix 8.0, considerando un Diseño Completamente al

Azar (RCD) con cinco repeticiones y realizando un test de Mínimas Diferencias Significativas LSD para $p < 0,05$.

Resultados y discusión

Debido a la complejidad del proyecto por el gran número de ensayos y parámetros analizados, solamente es posible su análisis estadístico de manera individualizada.

En el control del pH, en todos los casos, en las parcelas tratadas, se ha producido una bajada y estabilización del pH, beneficioso por favorecer considerablemente la solubilidad y disponibilidad de los abonos aportados para las plantas, suprimiendo el uso del ácido nítrico para regular el pH de las aguas de riego, y eliminando el aporte excesivo de nitratos debidos a esta fuente.

En los análisis de los nitratos en el lixiviado, se observa de manera general una disminución de la concentración de nitratos en las parcelas sometidas a tratamiento; aunque dependiendo del ensayo y época presentan una gran variabilidad, dependiendo de la formulación del abono aportado y concentración de nitratos en el agua de riego (**cuadro I**). Destacar que en ninguno de los cultivos evaluados se aporta ácido nítrico para bajar el pH, por lo que los resultados de los análisis de nitratos de las aguas de lixiviado no se ven influenciados por dicho ácido.

Cuadro II.

Resultados de la aplicación de O₂ y CO₂ en un cultivo de cala.

Ensayo	Cultivo	Tratamiento	Altura (cm)	Longitud tallo (cm)	Nº flores	Diámetro tallo (cm)	Longitud flor (cm)	Duración postcosecha (días)	% peso seco
Calla 1	Calla	300 CO ₂	92,6	66,59	4,6	2,62	15,669 *	14,4 *	6,19
Calla 1	Calla	Testigo	93	51,98	2,8	2,31	13,650 *	12,8 *	6,29

Cuadro III.

Resultados de la aplicación de O₂ y CO₂ en un cultivo de clavel.

Ensayo	Cultivo	Tratamiento	Tallo (cm)	Producción nº tallos	Rigidez (1-4)	Diámetro flor (cm)	% peso seco	Duración postcosecha
Montalban 1	Clavel	300 CO ₂	85,16	5,2 *	2,88 **	2,42	20,33	14
Montalban 1	Clavel	Testigo	76,76	3,4 *	2,20 **	2,46	21,7	16
Montalban 2	Clavel	400 CO ₂	82,88	4,25	2	2,0125**	18,96	19
Montalban 2	Clavel	Testigo	85,5	3	2,25	2,3250 **	18,67	16

Cuadro IV.

Resultados de la aplicación de O₂ y CO₂ en un cultivo de crisantemo.

Ensayo	Cultivo	Tratamiento	Altura (cm)	Nº hojas	Nº flores	Diametro inflores (cm)	Ciclo cultivo (días)	Duración postcosecha (días)	% peso seco
Cruces 1	Crisantemo	68 CO ₂	107	35,6	9,6	10,8	82	38,6**	19,49
Cruces 1	Crisantemo	Testigo	103,2	37,6	13,4	12,5	82	32,6**	19
Cruces 2	Crisantemo	300 CO ₂	86,1	32,0*	9,2	12,1*	88,4	24	17,38
Cruces 2	Crisantemo	Testigo	85	29,8*	8,6	8,9*	90,4	22	18,53
Cruces 3	Crisantemo	400 CO ₂	97,9	28,8	11	12,5	74,8*	19	0,1737*
Cruces 3	Crisantemo	Testigo	98	26,4	10	10,9	76,0*	18	0,1901*
Cruces 4	Crisantemo	300 CO ₂	101,0 ***	38,6	12,4**	15,7***	73	26	16,85
Cruces 4	Crisantemo	Testigo	111,6***	35,6	8,8**	11,5***	78	22	16,39

Cuadro V.

Resultados de la aplicación de O₂ y CO₂ en un cultivo de *Lilium* (Taliflor).

Ensayo	Cultivo	Tratamiento	Altura (cm)	Nº hojas	Nº flores	Diametro inflores (cm)	Ciclo cultivo (días)	Duración postcosecha (días)	% peso seco
Taliflor 1	<i>Lilium</i>	200 CO ₂	94,9	32,8	3,6	25,6	75	19,8	14,97
Taliflor 1	<i>Lilium</i>	Testigo	93,5	36,8	4	27,6	78	18,4	14,04
Taliflor 2	<i>Lilium</i>	300 CO ₂	93	30,2	6	24	94	9,6	15,75
Taliflor 2	<i>Lilium</i>	Testigo	92	31	6,6	24,2	93,4	8,8	15,2
Taliflor 3	<i>Lilium</i>	400 CO ₂	117,3 *	47,4	4,8	27,2	92	6,8	12,17
Taliflor 3	<i>Lilium</i>	Testigo	104,9 *	38,6	4,4	23,4	92	7,2	12,16
Taliflor 4	<i>Lilium</i>	300 CO ₂	90	36	2,8	20,8	120	7,2	12,54
Taliflor 4	<i>Lilium</i>	Testigo	87,6	33,6	2,6	23,1	121	7	12,2

Cuadro VI.

Resultados de la aplicación de O₂ y CO₂ en un cultivo de *Lilium* (Raposo).

Ensayo	Cultivo	Tratamiento	Altura (cm)	Nº hojas	Nº flores	Diametro inflores (cm)	Ciclo cultivo (días)	Duración postcosecha (días)	% peso seco
Raposo 1	<i>Lilium</i>	200 CO ₂	83,6	96,2	5,8	20,8	61	14,6	10,23
Raposo 1	<i>Lilium</i>	Testigo	77,4	89	5,2	20,9	61	14,8	10,86
Raposo 2	<i>Lilium</i>	300 CO ₂	84,9	100	5,2	22,4	88,4	13,8	14,56
Raposo 2	<i>Lilium</i>	Testigo	80,9	98,4	4,6	19,2	88,4	12,4	14,13
Raposo 3	<i>Lilium</i>	400 CO ₂	91,1	45,2	5	15,9	116	9,2	13,69
Raposo 3	<i>Lilium</i>	Testigo	100,1	44,4	4,4	13,1	116	8	14,68
Raposo 4	<i>Lilium</i>	300 CO ₂	81,4 *	63,6	4	25,6	67,8 *	11,2	13,76
Raposo 4	<i>Lilium</i>	Testigo	77,4 *	57,4	3,4	21,6	69,2 *	11	13,81



Tras el análisis estadístico de los datos se ha observado que aunque existen diferencias en la mayoría de los parámetros medidos a favor del cultivo tratado con gases, no llegan a ser significativas estadísticamente como se observan en los cuadros II a VII.

Como conclusiones generales a todos los cultivos se puede indicar que al incrementar las dosis de aplicación de gases, se observan mayores diferencias entre el tratamiento y el testigo, recomendándose dosis mínimas de 300 ppm de CO₂.

En cultivo de crisantemo a partir de una dosis de 300 ppm de CO₂, se observa una mayor velocidad de crecimiento, lo que permite dejar de aplicar luz artificial al tratamiento antes que al testigo, acortándose el ciclo de cultivo, y aumentando considerablemente la calidad comercial de la flor (mayor número de flores, diámetro floral, diámetro del tallo, rigidez y mayor cantidad de biomasa producida).

En cultivos bianuales existe un aumento de la producción media de tallos por planta, lo que repercute considerablemente en la rentabilidad del cultivo.

En la postcosecha de las flores, se generaliza un incremento de la vida comercial en flores provenientes de las parcelas con tratamiento. Igualmente se observa mayor peso seco de los tallos florales tratados, lo cual es indicativo de una mayor cantidad de nutrientes en las plantas.

Durante el ensayo en cultivo de callas, aparecieron daños provocados por la bacteria *Erwinia carotovora*. En la parcela testigo hubo un alto porcentaje de plantas muertas, sin embargo; en la parcela tratamiento solo aparecieron de manera localizada. Aunque no se ha podido demostrar que esta situación sea debido a la aplicación de los gases, si

Cuadro VII.

Resultados de la aplicación de O₂ y CO₂ en un cultivo de gladiolo.

Ensayo	Cultivo	Tratamiento	Altura (cm)	Nº hojas	Nº flores	Diametro inflores (cm)	Duración ciclo cultivo (días)	Duración postcosecha (días)	Longitud inflorescencia (cm)	% peso seco
Flores 1	Gladiolo	200 CO ₂	97,16	8	7,3	2,16	72,33	11	18	14,45
Flores 1	Gladiolo	Testigo	98	7,8	8	2,2	72,33	11	20	12,18
Flores 2	Gladiolo	300 CO ₂	104,2	8,6	11,2	2,47	98	8	36	0,1357 *
Flores 2	Gladiolo	Testigo	104,3	9,2	10,6	2,73	97,8	7	32	0,1461 *
Flores 3	Gladiolo	400 CO ₂	130,2	10,0 **	10,8	2,22	80,8	10	38	10,76
Flores 3	Gladiolo	Testigo	100,49	9,2 **	10,4	2,2	82,2	7	35	10,93

podemos afirmar que el O₂ aportado al agua de riego, disminuye la asfixia radicular, aumentando la resistencia de las plantas; por su parte el CO₂ acidifica la solución del suelo, y tiene efecto bacterioestático y fungiestático, por lo que la falta de sintomatología en la mayoría de plantas tratadas puede deberse a una o varias de estas características de los gases aportados.

Como conclusión general podemos indicar que mediante esta técnica se consigue dismi-

nuir la contaminación por nitratos al sustituir el uso de ácidos fuertes en el control del pH, ade-

más de contribuir a aumentar la productividad y calidad de los cultivos de flor cortada. ■

Agradecimientos

Este ensayo ha sido realizado dentro del proyecto (LIFE05 ENV/E/00028 99) Life-Fertigreen, financiado por el Instrumento financiero para el Medio Ambiente de la Unión Europea.

A los socios por su inestimable y necesaria colaboración, al equipo técnico y a todas las personas que de una manera u otra han hecho posible la ejecución del proyecto.



Bibliografía

Aguilera, C., Checa, A.B., Ruíz, A., 2002. Efecto de la fertirrigación carbónica en la evolución de la cosecha de berenjena en condiciones de cultivo bajo invernadero. *Agrícola Vergel*. pp.646-652.

Arienzo, M., Basile, G., D'Andria, R., Magliulo, V., Zena, A., 1995.

Irrigation with carbonated water and nutrient availability. Test on strawberry plants. *Agrochimica*. 39: 61-72.

Bialczyk, J., Lechowsky, Z., Libik, A., 1996. Fruiting of tomato cultivated on medium enriched with bicarbonate. *J. Plant Nutrition*. 19: 305-321.

Caporn, S.J.M., 1989. The effects of acids of nitrogen and carbon dioxide enrichment on photosynthesis and growth of lettuce. *New Phytol.* 111: 473-481.

Enoch, H.Z., Olesen, J.M., 1993. Plant response to irrigation with water enriched with carbon dioxide. *New Phytol.* 125: 249-258.

CRAPALOPTIMUM®

Garantía de duración
5 veces superior
al triple galvanizado (clase C)

Alambre de viña
Protección Zinc / Aluminio

- Un grosor del revestimiento anti-corrosión superior al de la clase C.
- Una superficie lisa y duradera.
- Perfecta adherencia y concentricidad del revestimiento de Zinc+Aluminio.

- Ahorro considerable por hectárea instalada, con una calidad absolutamente fiable.
- CRAPALOPTIMUM® es, además, un producto que respeta el medio ambiente.

