

DOSIS ELEVADAS DE NITRÓGENO SE TRADUCEN EN LA CONTAMINACIÓN DE LOS ACUÍFEROS

Distintas estrategias de fertilización nitrogenada en la Berenjena de Almagro

■ **Marta M^a Moreno Valencia^{1,2},
Amparo Moreno Valencia^{1,2}, Félix J. Alañón Moya²**

¹ C.A. "El Chaparrillo". S.I.A. de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha

² E.U. de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real.
Universidad de Castilla-La Mancha.

En las últimas campañas, las industrias elaboradoras han detectado un importante ablandamiento de los frutos de berenjena durante el proceso de cocción, depreciándose así en gran medida la calidad del producto final. Como posible causa de esta incidencia figuraría el excesivo aporte de abonado nitrogenado que vienen realizando los agricultores de la zona de forma generalizada, razón por la que se emprendió este trabajo de investigación en el que se aplican distintas dosis de abonado nitrogenado con el fin de concluir la dosis más adecuada para este peculiar cultivo.

El cultivo de la berenjena para su elaboración como encurtido es tradicional y prácticamente exclusivo de la comarca del Campo de Calatrava (Ciudad Real), conociéndose el producto obtenido como Berenjena de Almagro. Un aspecto a tener en cuenta es que la variedad de berenjena que se emplea para ello tan sólo se cultiva en las localidades de Bolaños, Calzada, Granátula y Valenzuela de Calatrava, Almagro y, principalmente, Aldea del Rey, que acumula la mayoría de la producción, lo que condiciona que sea un cultivo poco conocido y sobre el que apenas haya estudios técnicos específicos.

El Consejo Regulador de la Indicación Geográfica Protegida (IGP) Berenjena de Almagro nació al amparo de la Orden de 15 de julio de 1994, de la Consejería de Agricultura de Castilla-La Mancha, por la que se aprueba su Reglamento. Desde su creación, el Consejo Regulador ha trabajado por la mejora en la calidad de la Berenjena de Almagro, fomentando su promoción. La Berenjena de Almagro obtuvo el reconocimiento de Denominación Específica (actualmente Indicación Geográfica Protegida, IGP) de conformidad con el Reglamento CE nº 2400/96, siendo el único producto encurtido de España que tiene este reconocimiento.

La berenjena pertenece a la familia de las Solanáceas, género *Solanum*, especie *melongena*, perteneciendo a la subespecie *depressum* la berenjena cultivada en la comarca del Campo de Calatrava destinada a la conserva.

La madurez comercial del fruto de la Berenjena de Almagro es muy anterior a la madurez fisiológica, ya que éste se cosecha en sus primeras fases de crecimiento, antes de formarse las semillas, cuando tiene en torno a 3-5 cm de diámetro y una longitud de 7-10 cm. La baya se encuentra en su mayor parte cubierta por el cáliz y es de una tonalidad verdosa, mientras que la parte descubierta, así como las bráctea externas, suelen tener un color oscuro o violáceo. Es característica peculiar de esta variedad desarrollar tres o cuatro inflorescencias en un mismo tallo.

Es una hortaliza con un elevado contenido en agua y, por tanto, un bajo contenido en calorías. El fruto posee cantidades apreciables de vitamina A, ácido ascórbico, riboflavina y tiamina, así como de minera-



les como calcio, fósforo, hierro, sodio y potasio (Nuez *et al.*, 2002). Investigaciones recientes muestran que el fruto posee cantidades importantes de polifenoles, componente anticancerígeno y con gran influencia en el retraso del envejecimiento.

En las últimas campañas, las industrias elaboradoras han detectado un importante ablandamiento de los frutos de berenjena durante el proceso de cocción, depreciándose así en gran medida la calidad del producto final. Como posible causa de esta incidencia figuraría el excesivo aporte de abonado nitrogenado que vienen realizando los agricultores de la zona de forma generalizada, sin tener en cuenta los requerimientos del cultivo y el contenido en nutrientes de agua y suelo. Estos exagerados aportes de nitrógeno, además de afectar negativamente a la calidad de los frutos, como se ha comentado anterior-

La madurez comercial de este fruto es muy anterior a la madurez fisiológica. A lo largo del periodo productivo se controló la producción escalonada, con quince recolecciones entre julio y octubre.



mente, pueden provocar un excesivo desarrollo vegetativo del cultivo, en detrimento de la cosecha, suponen un alto coste de producción para el agricultor y un importante riesgo de contaminación de los acuíferos. De hecho, Castilla-La Mancha tiene dos zonas vulnerables, Mancha Occidental y Campo de Montiel, que incluyen 49 términos municipales cuya fuente fundamental (o única) de abastecimiento son las aguas subterráneas (JCCM, 2001).

Debido al interés suscitado por solucionar este problema tanto por parte del Consejo Regulador de la Indicación Geográfica Protegida Berenjena de Almagro como de las industrias elaboradoras y de los propios agricultores, el Servicio de Investigación Agraria de la Consejería de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha y la Escuela de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real, con el apoyo del Consejo Regulador, emprendieron este trabajo de investigación con el fin de obtener un mejor y mayor conocimiento de este símbolo gastronómico de La Mancha que es la Berenjena de Almagro.

Distintas estrategias de fertilización nitrogenada

Metodología

Los ensayos se realizaron en una parcela ubicada en el término municipal de Aldea del Rey (Ciudad Real), perteneciente a la red regional de fincas colaboradoras del Servicio de Investigación Agraria de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

El análisis de suelo efectuado antes de la implantación del cultivo mostró que el suelo de la parcela es de textura franco-arcillo-arenosa, medianamente básico (pH=7,6), no salino (CE=0,46 dS/m, equivalente a una concentración de sales de 294,4 ppm), con un bajo contenido en materia orgánica (1,1%, Walkley-Black), carbonatos totales, caliza activa y fósforo (20 ppm, Olsen), niveles normales de nitrógeno total (0,13%, Kjeldahl), alto contenido en potasio (1,5 meq/100 g, acetato amónico) y muy alto en magnesio de cambio (6,4 meq/100 g, acetato amónico).

El precedente cultural de la berenjena fue cebada en seco. La plantación se efectuó el 9 de mayo con plantas procedentes de semillero. La parcela se regó mediante riego por goteo con agua procedente de pozo, siendo la dosis total de 926 mm.

Nitrógeno aplicado

En función de la bibliografía consultada y ante la disparidad de las recomendaciones dadas por los diferentes autores para el cultivo de berenjena, se optó por realizar unas aportaciones de nitrógeno totales comprendidas entre 250 y 400 kg/ha, con diferencias entre tratamientos de 50 kg N/ha. Para que el único factor de variación fuese el nitrógeno aplicado en cobertera, se aportó un abonado de fondo común a todos los tratamientos de 88 kg N/ha. El nitrógeno aplicado mediante el agua de riego se estimó en base a su contenido medio en nitratos (30,6 mg/l) y para una dosis total estimada de unos 900 mm. No se tuvo en cuenta la cantidad de nitrógeno aportado por la materia orgánica debido a su bajo contenido (1,1%).

Las dosis ensayadas de nitrógeno en cobertera, factor de variación del ensayo, aplicadas durante el período comprendido entre el 14 de julio y el 6 de septiembre en forma de nitrato amónico (34,5%: 17,3% N nítrico y 17,2% N amoniacal), se recogen en el **cuadro I**, así como las cantidades totales y su desglose. El N aportado por el agua de riego se obtuvo mediante la **ecuación 1** (Rincón, 2005).

$$N \text{ (kg/ha)} = \text{volumen total de agua aportada (m}^3\text{/ha)} \times \text{concentración de NO}_3^- \text{ (mg/l)} \times 0,226 \times 10^{-3}$$

Cuadro I.

Nitrógeno aportado en cada uno de los tratamientos de abonado nitrogenado (kg N/ha).

Tratamiento	Fondo	Fertilizante químico en cobertura (NO ₃ , NH ₄ , 34,5%)	Agua de riego	Total
A1	88	240	64	392
A2	88	200	64	352
A3	88	150	64	302
A4	88	100	64	252

Cuadro II.

Producción comercial, número de frutos y peso unitario del fruto según los distintos tratamientos de abonado nitrogenado.

Tratamiento	Producción (kg/m ²)	Nº de frutos (frutos/m ²)	Peso fruto (g)
A 1	5,86 a	112,11 a	52,42 a
A 2	5,45 a	106,99 a	50,91 ab
A 3	5,04 ab	101,00 ab	49,90 bc
A 4	4,21 b	87,24 b	48,26 c

Tratamientos con distinta letra en la misma columna difieren con $P \leq 0,05$ según la prueba de Tukey.

En este caso, considerando que el riego real aplicado fue de 9.260 m³/ha y la concentración de NO₃⁻ del agua de 30,6 mg/l, la cantidad de N aportado por el agua de riego fue de 64 kg N/ha.

La parcela donde se desarrolló el ensayo se dividió en cuatro sectores correspondientes a los cuatro tratamientos de abonado nitrogenado (A1, A2, A3, A4). En cada uno de estos cuatro sectores se delimitaron al azar tres subparcelas o repeticiones representativas del mismo ubicadas en la zona central a fin de evitar, dada la movilidad del nitrógeno en el suelo, las posibles interferencias entre las distintas dosis. Cada subparcela estuvo constituida por dos líneas adyacentes de ocho plantas cada una, por lo que se contó para los sucesivos controles con 16 plantas por repetición, 48 por tratamiento de abonado y 192 en el total de la parcela.

A lo largo del período productivo se controló la producción escalonada, con un total de quince recolecciones de julio a octubre. Como se exige a este producto, los frutos se recolectaron antes de alcanzar la madurez fisiológica, frescos y tiernos, con un diámetro inferior a los 45 mm. En cada una de las quince recolecciones se controló la producción comercial, el número de frutos y el peso unitario de los mismos.

En tres de estas recolecciones, coincidiendo con la fase inicial (28 de julio), de mediados (2 de septiembre) y final del período productivo (7 de octubre), se seleccionaron diez frutos representativos de cada parcela, de los cuales cinco se utilizaron para medir la dureza del fruto fresco, el porcentaje en materia seca y el contenido en nitrógeno total. Los cinco restantes se procesaron, excepto en la última recolección, de la forma tradicional (berenjenas, agua, vinagre, aceite de girasol, ajo, pimentón y cominos); en ellos se realizaron las mismas medidas que en los frutos frescos.

En las mismas fechas se recogió una muestra de cuarenta hojas jóvenes y bien desarrolladas en cada subparcela y se determinó su contenido en nitrógeno a fin de poder establecer las relaciones existentes entre todos los parámetros estudiados.

Al final del ciclo de cultivo se tomó, para cada tratamiento de abonado, una muestra de suelo formada por varias submuestras proce-

dentales de diversos puntos en las que se analizó el contenido en nitrógeno total con el fin de conocer el estado final del suelo en este elemento en función de la dosis de fertilizante aportado.

Las determinaciones del contenido de nitrógeno se realizaron por el método Kjeldhal en el Laboratorio Agrario Regional de Albacete. Los datos se analizaron estadísticamente mediante análisis de la varianza y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey a un nivel de significación del 5%.

Resultados

Producción comercial

Los resultados indican que el aumento de la dosis de N ha repercutido en un incremento de la producción al aumentar tanto el número de frutos como su peso unitario ($P \leq 0,05$) (cuadro II). Sin embargo, no se han observado diferencias significativas entre los tres tratamientos con mayor aporte de N ni en el número de frutos ni en la producción, correspondiendo siempre los peores resultados a la dosis más baja.

La figura 1 muestra la evolución de la producción comercial a lo largo del ciclo, agrupada por quincenas de días. Como puede observarse, la producción máxima se alcanzó en la primera quincena de agosto (2,08 kg/m² en A1) y a partir de esta fecha disminuyó progresivamente como consecuencia del envejecimiento de la planta y del descenso acusado de las temperaturas, hasta alcanzar los mínimos valores al final del ciclo. Los máximos valores se obtuvieron, excepto en la segunda quincena de agosto, en el tratamiento A1, y los mínimos en A4 en todo momento.

Materia seca y firmeza del fruto

En el cuadro III se recogen los resultados de materia seca y firmeza de los frutos frescos y después de someterlos al proceso tradicional de elaboración.

En lo referente a la materia seca, únicamente se han producido diferencias con una fiabilidad del 95% en los frutos recogidos al principio del período de recolección (29/VII), apreciándose una tendencia a aumentar la materia seca de los mismos al incrementar la dosis de nitrógeno.

En cuanto a la firmeza del fruto, en ningún caso se han producido diferencias significativas entre los distintos tratamientos, si bien se observa un ligero aumento de la dureza del fruto fresco en el trata-

Los resultados indican que el aumento de la dosis de N ha repercutido en un incremento de la producción al aumentar tanto el número de frutos como su peso unitario ($P \leq 0,05$). Sin embargo, no se han observado diferencias significativas entre los tres tratamientos con mayor aporte de N ni en el número de frutos ni en la producción, correspondiendo siempre los peores resultados a la dosis más baja

miento con menos aporte de nitrógeno; en el caso del fruto procesado, sin embargo, no se aprecian estas pequeñas diferencias.

Contenido en nitrógeno en hoja y fruto

Los valores del contenido en nitrógeno obtenidos en hoja (pecíolo + limbo) y fruto fresco y procesado se recogen en el **cuadro IV**, expresados como porcentaje sobre materia seca.

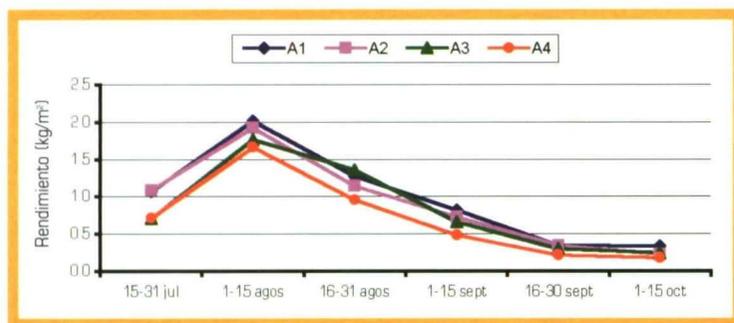
En lo referente al N foliar, se observa un aumento gradual de este parámetro al incrementarse el aporte de N, siendo por tanto máximo en A1 y A2 y mínimo en A4. Sin embargo, únicamente se han producido diferencias estadísticas en el muestreo del 3 de septiembre, siendo menor en A4 que en el resto de tratamientos ($P \leq 0,05$).

Un comportamiento similar se observa en el N en fruto, tanto fresco como procesado, produciéndose, en general, un aumento de este elemento al aumentar la dosis de N. En el fruto fresco se han detectado, resultando el contenido de N en A4 significativamente menor que en el resto. Sin embargo, en el fruto procesado el ensayo ha resultado significativo en las dos fechas, siendo el contenido de N en el tratamiento más abonado significativamente mayor que en los otros tres. También cabe destacar cómo el contenido de N en el fruto procesado es siempre muy inferior al obtenido en el fruto fresco, siendo además muy similar en los dos muestreos efectuados para cada tratamiento.

Como puede observarse, la evolución del N foliar y en fruto fresco fue muy similar en los tres tratamientos más abonados: se produce un descenso gradual del N foliar al avanzar la campaña, mientras que los valores más altos de N en fruto fresco se alcanzan en el segundo muestreo y son mínimos en el último.

Figura 1.

Evolución de la producción comercial de la Berenjena de Almagro a lo largo del ciclo.



Cuadro III.

Materia seca (% respecto del peso fresco) y firmeza (kg) del fruto fresco y procesado según los distintos tratamientos de abonado nitrogenado en Berenjena de Almagro.

Tratamiento	Materia seca fruto (%)			Firmeza fruto (kg)					
				Fresco			Procesado		
	29/VII	3/IX	8/X	29/VII	3/IX	8/X	29/VII	3/IX	
A 1	10,20 a	8,63	7,39	10,75	10,12	12,82	3,93	2,90	
A 2	9,88 ab	8,41	7,59	11,04	10,55	12,64	4,35	2,66	
A 3	9,35 bc	8,95	7,28	10,62	10,64	12,92	4,12	2,98	
A 4	9,21 c	8,71	7,40	12,23	10,69	12,89	3,95	2,76	
Significación	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

Tratamientos con distinta letra en la misma columna difieren con $P \leq 0,05$ según la prueba de Tukey, ns: no significativo, *: significativo con $P \leq 0,05$.

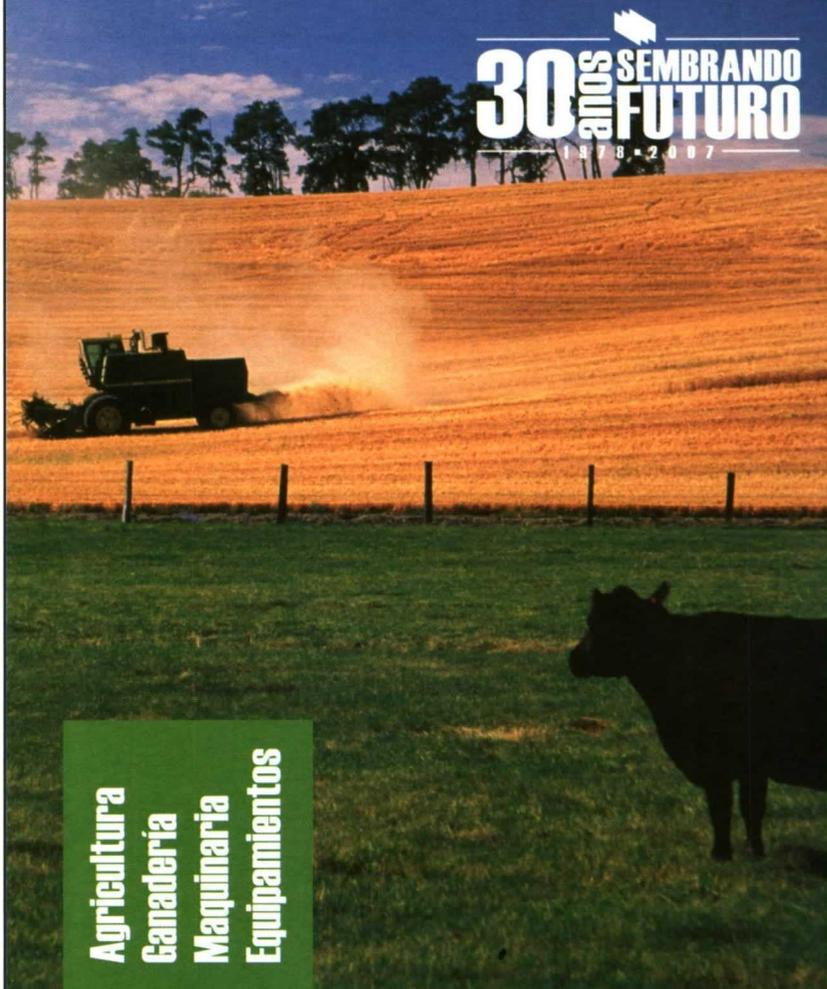


FERIA INTERNACIONAL
Semana Verde
de Galicia



> 13 al 17 de Junio '07

30 años
SEMBRANDO
FUTURO
2007-2007



Agricultura
Ganadería
Maquinaria
Equipamientos

sembrando futuro <<<



FEIRA INTERNACIONAL DE GALICIA
36540 SILLEDA · Pontevedra · Tel 986 577000
semanaverde@feiragalicia.com
www.feiragalicia.com

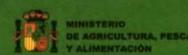
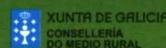
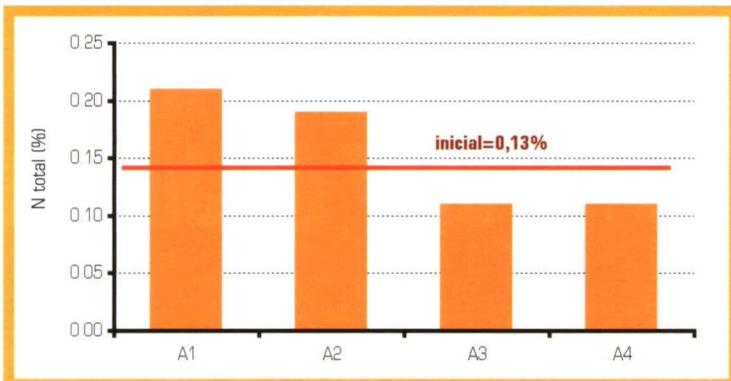


Figura 2.

Contenido de N total (%) en suelo correspondiente a los distintos tratamientos de abonado nitrogenado en Berenjena de Almagro.



La evolución del N foliar y en fruto fresco fue muy similar en los tres tratamientos más abonados: se produce un descenso gradual del N foliar al avanzar la campaña, mientras que los valores más altos de N en fruto fresco se alcanzan en el segundo muestreo y son mínimos en el último

Nitrógeno en el suelo

En la figura 2 se muestra el contenido de N total de suelo correspondiente a cada tratamiento, una vez finalizado el cultivo, y el contenido de N inicial (0,13%). Se observa que el mayor aporte de N en los tratamientos A1 y A2 se tradujo en un aumento en el contenido de este elemento en suelo en un 61,5% y un 46%, respectivamente. En A3 y A4, sin embargo, se produjo un descenso del mismo.

En los tratamientos mejor dotados, el aporte de N fue superior a la extracción del cultivo, elevando considerablemente el contenido de N en el suelo y aumentando el riesgo de contaminación de los acuíferos. Por el contrario, en los dos tratamientos más restrictivos, el cultivo extrajo más N que el aportado en fertilización, aunque la diferencia fue menos acusada que en el caso anterior.

Conclusiones

No se producen diferencias en el rendimiento ni en la calidad de la Berenjena de Almagro fresca cuando se aportan 300 ó 400 kg N/ha, por lo que, tanto desde el punto de vista económico como medioambiental, no parece recomendable superar los 300 kg de N/ha.

Con dosis totales de N entre 250 y 400 kg/ha se obtienen frutos con dureza similar tanto frescos como procesados.

El cultivo de la Berenjena de Almagro está fuertemente arraigado en la comarca de Campo de Calatrava, donde con mucha frecuencia recibe elevadas dosis de nitrógeno que en nada le benefician y sí perjudican al medio ambiente como fuente de contaminación de los acuíferos. ■

Cuadro IV.

Contenido de N foliar y en fruto fresco y procesado (% sobre materia seca) según los distintos tratamientos de abonado nitrogenado en Berenjena de Almagro.

Tratamiento	Foliar			Fruto				
				Fresco		Procesado		
	29/VII	3/IX	8/X	29/VII	3/IX	8/X	29/VII	3/IX
A 1	5,67 a	5,15 a	4,80 a	3,70 a	3,76 a	3,00 a	2,87 a	2,90 a
A 2	5,61 a	5,24 a	4,50 a	3,21 a	3,86 a	2,80 a	2,67 b	2,64 b
A 3	5,40 a	4,85 a	4,50 a	3,45 a	3,62 a	2,80 a	2,69 b	2,62 b
A 4	5,31 a	4,20 b	4,30 a	3,44 a	3,23 b	2,70 a	2,62 b	2,60 b
Significación	ns	*	ns	ns	*	ns	*	*

Tratamientos con la misma letra en la misma columna no difieren con $P \leq 0,05$ según la prueba de Tukey, ns: no significativo, *: significativo con $P \leq 0,05$.



En lo referente al N foliar, se observa un aumento gradual de este parámetro al incrementarse el aporte de N.

Bibliografía

Consejo Regulador de la Indicación Geográfica Protegida Berenjena de Almagro. 2005.

JCCM. 2001. Programa de actuación aplicable a las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario. Ed.: Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo, 20 pp.

Nuez F., Prohens J., Valcárcel V., Fernández de Córdoba P. 2002. Colección de Semillas de Berenjena del Centro de Conservación y Mejora de Agrobiodiversidad Valenciana, Monografías I.N.I.A.: Agrícola 11. Ed.: Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid, 95 pp.

Rincón L. 2005. La fertirrigación de la lechuga iceberg. Ed.: Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia, IMIDA, Murcia, 183 pp.