

Fertilización nitrogenada en el cultivo del Ajo Morado de Pedroñeras

Ensayo sobre el fraccionamiento de una misma dosis total

El cultivo de ajo, tan arraigado en la cultura mediterránea, no ha sido estudiado en profundidad, principalmente en lo referente a los aspectos agronómicos. El conocimiento sobre la fertilización nitrogenada (dosis y fraccionamiento de las aportaciones) se reduce en España a una extrapolación de los requerimientos de la cebolla a este cultivo y a los ensayos realizados en otros países con ecotipos y variedades distintos. Este artículo resume las conclusiones de un ensayo realizado durante dos campañas y que evalúa el rendimiento y la calidad del cultivo en función de las distintas fechas de aportación de nitrógeno al cultivo.

Fco. Javier López-Bellido Garrido¹,
Javier Cabrera de la Colina²,
Felipe Gómez del Castillo²,
Delfina Recio Aguado¹
y José M^o Alía Robledo¹.

¹ EUITA-Ciudad Real. Universidad de Castilla-La Mancha.

² Director Departamento de Producción y Calidad. COOPAMAN.

Castilla-La Mancha (Cuenca y Albacete) y Andalucía (Córdoba y Granada) son las comunidades autónomas donde se concentra aproximadamente el 75% de la producción nacional, cultivándose en la primera principalmente el ecotipo Morado de Pedroñeras o Cuenca, de menores rendimientos pero de una calidad organoléptica incuestionable. Este ecotipo pertenece al grupo I, según la clasificación realizada por Messiaen y Beyries (1988), mientras que la mayoría de las variedades cultivadas en occidente pertenecen a los grupos II y III. Esto lleva a tomar con precaución todas las referencias sobre fertilización nitrogenada en ajo provenientes principalmente de estudios franceses o estadounidenses. A tenor de lo

anteriormente afirmado, Burba (2002) señala la gran interacción existente entre cultivar y la dosis de nitrógeno fertilizante.

La mayoría de trabajos de investigación señalan como dosis óptima de nitrógeno fertilizante la comprendida entre 100 y 150 kg N/ha (Sims et al., 1976; Bupalda, 1986a; Tyler et al. 1988; Messiaen et al., 1993; Burba, 2002; Mohammad y Zuraiqi, 2003), aunque está fuertemente condicionada por el cultivar, estado sanitario de los bulbos destinados a plantación, condiciones edafoclimáticas y el nitrógeno residual del cultivo precedente. Elevados aportes de nitrógeno no suelen producir descensos en los rendimientos brutos, aunque su calidad considerada en porcentaje de materia seca se ve reducida (Tyler et al. 1988).

También se produce un mayor porcentaje de bulbos rugosos, (Bupalda, 1986a; Brewster y Rabinowitch, 1990; Messiaen et al., 1993; Burba, 2002). Esto último se debe al crecimiento vegetativo secundario del ajo, propiciado también por las bajas temperaturas tanto en la conservación de los bulbos de plantación como durante el cultivo, recibiendo en España los nombres vulgares de "potras", "lifes", o "superbrotaciones".

En lo referente al fraccionamiento del nitrógeno fertilizante, los estudios realizados son escasos. Las pocas referencias existentes en este aspecto son unánimes al afirmar que los requerimientos de nitrógeno durante la fase vegetativa son escasos y que al menos la mitad de fertilizante debe ser aportada en pri-



mavera, poco antes del inicio de bulbificación (Messiaen et al., 1993; Brewster, 1994). Parece ser que dos tercios del nitrógeno absorbido por el cultivo es asimilado durante el período comprendido entre inicio de formación de bulbos y recolección (Messiaen et al., 1993). Por tanto, aportaciones excesivas de nitrógeno fertilizante antes o inmediatamente después de plantación son innecesarias, además de estar expuestas a riesgos importantes de lixiviación durante el período invernal en zonas con cierta pluviometría.

Metodología

Desde el año 2000, la Universidad de Castilla-La Mancha y la Cooperativa de Segundo Grado COOPAMAN llevan desarrollando distintos ensayos para optimizar el manejo de la fertilización nitrogenada en Castilla-La Mancha y para el cultivar Morado de Cuenca o Pedroñeras. En este artículo se presentan los resultados de dos campañas sobre el fraccionamiento del nitrógeno fertilizante (% fondo-% cobertera) para una misma dosis total, 100 kg N/ha. Esta dosis es la mínima con la cual se alcanzan los máximos rendimientos y calidad, para esta zona y cultivar concretos (resultados sin publicar). Las distribuciones testadas fueron: testigo (sin aporte de N), 100%-0%, 75%-25%, 50%-50% y 25%-75%.

El suelo fue franco arenoso, con un elevado porcentaje de elementos gruesos (66%). El cultivo tuvo riego de apoyo durante todo el ciclo, siendo los aportes totales de agua (lluvia + riego) de 300 mm aproximadamente. La plantación se hizo con bulbos de categorías extraflor y flor, conservados a 20 °C (4 g de peso medio del diente de plantación). El marco de plantación usado fue 50x12 cm, alcanzándose una densidad de 166.667 plantas/ha. La primera campaña (1999/00) se realizó el 18 de enero, siendo en cultivo precedente el maíz; mientras que para 2000/01 fue el 21 de diciembre,



sobre cultivo de trigo. La fertilización nitrogenada se hizo con urea (46% N), tanto en fondo (varios días antes de plantación) como en cobertera (15 de marzo

para ambas campañas). A mediados de junio se procedió a la eliminación manual del escapo floral. La recolección fue el 11 de julio en los dos años.

Durante el cultivo se realizaron seis tomas de muestras de material vegetal (cada veinte días a partir de la fecha de abonado de cobertera). Los rendimientos brutos se midieron en planta fresca (11 de julio), bulbo fresco (12 de julio) y bulbo seco (en septiembre, después del proceso de secado a temperatura ambiente durante julio y agosto). La calidad comercial de la producción se midió como el porcentaje en peso de los calibres comerciales sobre el rendimiento bruto en bulbo seco. Estos fueron: extraflor (Ø >55mm), superflor (Ø 55-45 mm), flor (Ø 45-35 mm), calibres inferiores (Ø <35 mm; primera y segunda) y producción no comercial.

Resultados y discusión

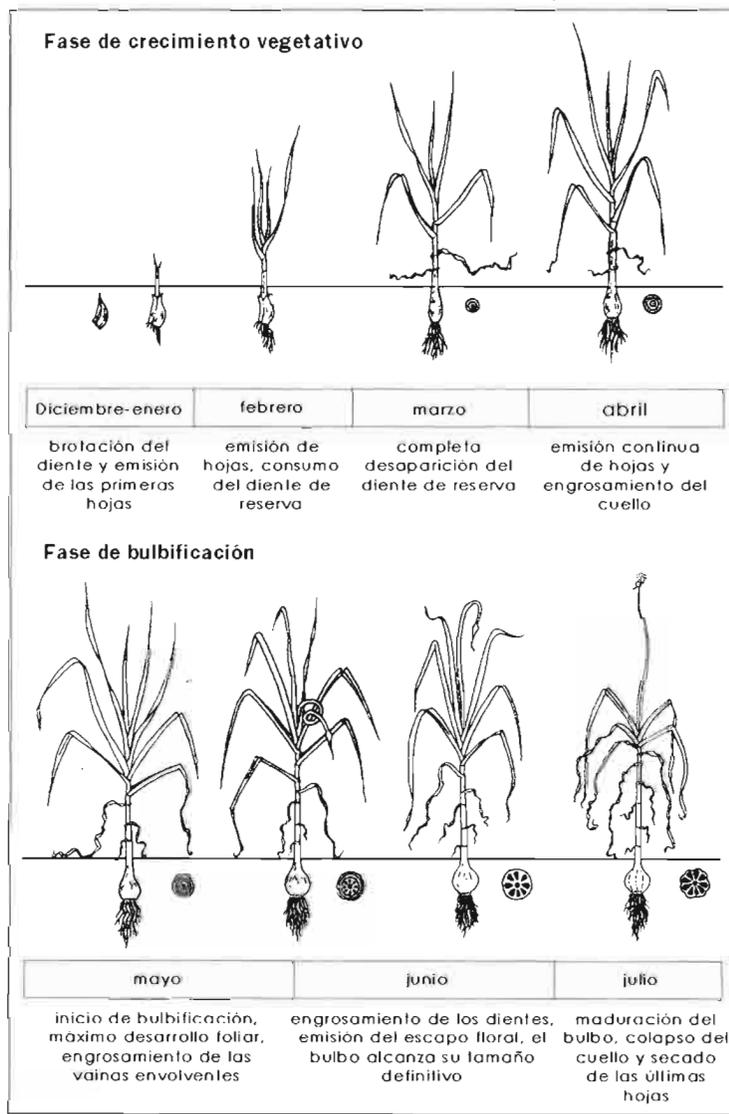
Crecimiento y desarrollo del cultivo

Las temperaturas registradas durante los dos años fueron relativamente similares con una tónica ascendente de las máximas y mínimas desde enero hasta la recolección, exceptuando un descenso de las temperaturas mínimas (por debajo de 5 °C) desde inicios de abril hasta principios de mayo en 2001. En lo referente a las precipitaciones, estuvieron por debajo de la media de la zona (265 mm desde octubre a julio) en las dos campañas (alrededor de los 200 mm en ambas). Durante los dos años de ensayo no se detectaron diferencias en el ritmo de desarrollo del cultivo según los diferentes fraccionamientos. En la **figura 1** se muestran los distintos estados fenológicos del ajo Morado de Cuenca o Pedroñeras en Castilla-La Mancha y que pueden resultar útiles para la mejor comprensión de la evolución de la materia seca, LAI, concentración de N en planta y extracciones de N, a lo largo de todo el cultivo.

La evolución de la materia seca

Tanto en el bulbo (disco, parte basal de las hojas y dientes en los últimos muestreos) como en la parte aérea del cultivo u hojas

FIGURA 1. Estados fenológicos del ajo Morado de las Pedroñeras en condiciones de Castilla-La Mancha (López-Bellido, 2003).

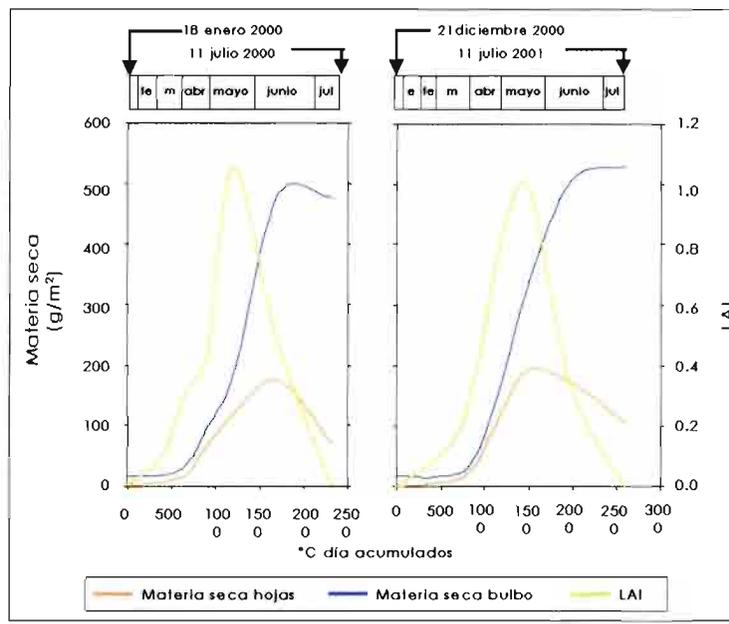


(pseudotallo y limbos de las hojas y escapo floral a partir de junio) fue similar desde plantación hasta finales de abril durante los dos años y para los diferentes tratamientos. A partir de mayo, cuando la producción de materia seca se incrementa rápidamente (**figura 2**), se aprecian diferencias a favor de los tratamientos con fertilización N frente a la dosis cero, tanto en hojas como en bulbo y para ambas campañas, aunque en el 2000/01 no fueron muy evidentes. Las diferencias en materia seca entre las diferentes distribuciones del N fertilizante variaron hasta el final del cultivo de manera dispar según el año. En 1999/00 la materia seca en hojas a finales de mayo fue superior en los aportes con mayor porcentaje de N en cobertura, mientras que en bulbo sólo lo fue al final del cultivo (julio) a favor de los mismos tratamientos mencionados. Por el contrario, en 2000/01 sólo existieron diferencias entre finales de abril y principios de mayo, tanto en bulbo como en hojas, para los fraccionamientos con mayor porcentaje de N fertilizante en fondo. Para este mismo año, el rendimiento en materia seca en bulbo al final del cultivo se llegó a igualar en todos los fraccionamientos, mientras que la materia seca de hoja fue más alta en los fraccionamientos con mayor porcentaje de N fertilizante en fondo.

La evolución y valores de LAI

Fueron muy similares para los dos años, alcanzándose los valores máximos (alrededor de 1,00) en la segunda quincena de mayo (**figura 2**). Estos valores coinciden con los referenciados por Messiaen et al. (1993) para densidades de plantación similares. No existieron diferencias significativas entre los fraccionamientos de N ensayados, si se exceptúan los valores de la dosis 0 durante abril y mayo, donde en ambos años llegaron a ser más bajos que el resto. Esta falta de diferencias en LAI frente a ensayos de N fertilizante en ajo, puesta de manifiesto por Bubalda

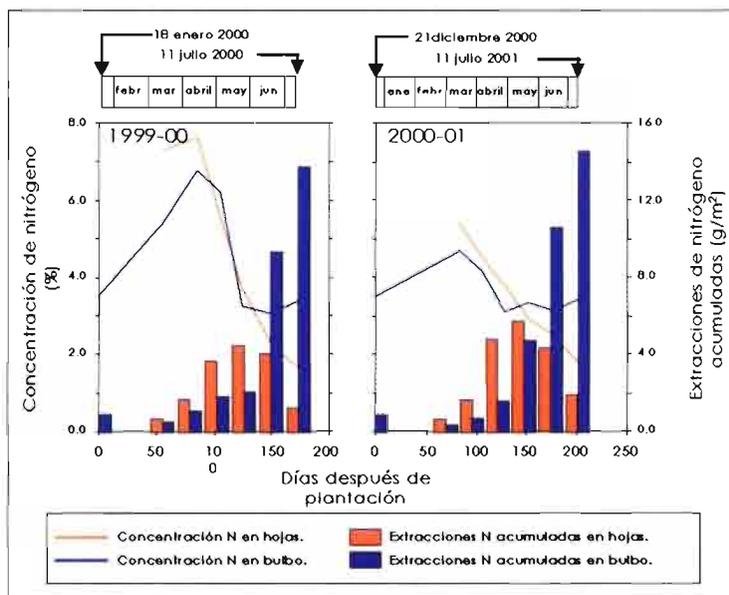
FIGURA 2. Evolución en el ajo Morado de Pedroñeras de la materia seca (hojas y bulbo) y LAI ($^{\circ}\text{C}$ día acumulados, base 0°C), en los años 1999-00 y 2000/01, y para una densidad de 166.666 plantas/ha (datos medios de todos los tratamientos de fraccionamiento de N fertilizante ensayados).



(1986b), junto con un aumento del RGR (crecimiento relativo del cultivo) en suelos con mayor disposición de N para el cultivo, con-

llevan un peso específico de hoja mayor al inicio de bulbificación, que supongan mayores rendimientos finales en bulbo.

FIGURA 3. Evolución en el ajo Morado de Pedroñeras de la concentración de N en materia seca (hojas y bulbo) y extracciones de N acumuladas, en los años 1999/00 y 2000/01, y para una densidad de 166.666 plantas/ha (datos medios de todos los tratamientos de fraccionamiento de N fertilizante ensayados).



Evolución de la concentración de nitrógeno

Durante el desarrollo del cultivo se estimaron las concentraciones de N, tanto en bulbo como en hojas. Los valores y la evolución de la concentración media de N en hojas (**figura 3**) fueron similares a las reportados por Bubalda (1986b), Tyler et al. (1988) y Brewster (1994), declinando desde 7,3 (1999/00) a 5,4 (2000/01) en marzo, hasta 1,7 en recolección (valores similares en los dos años). La concentración de N en bulbo descendió desde 5,4 (1999/00) a 4,7 (2000/01) en marzo, hasta 3,4 en recolección (valores similares en los dos años). En ambas campañas y a lo largo del cultivo no existieron diferencias claras en la concentración de N entre los distintos tratamientos (incluida la dosis 0), tanto en bulbo como en hojas. Es obvio que la interpretación de un análisis foliar de N requiere el conocimiento de la fase en la que se encuentre el cultivo. Por otro lado y en este caso, parece inútil cualquier análisis foliar de N para corregir carencias en este elemento durante el cultivo.

Evolución de las extracciones de Nitrógeno

El cultivo a lo largo de su desarrollo (**figura 3**) muestra que los mayores requerimientos en este elemento se sitúan desde mediados de abril hasta mediados de junio. Hasta finales de mayo las hojas tuvieron mayor cantidad de N. A partir de principios de junio son los bulbos los que incrementaron su contenido en N, a raíz de la traslocación de asimilados desde las hojas a los dientes en crecimiento (**figura 2**), no produciéndose prácticamente absorción de N por el cultivo a partir de mediados de junio y hasta recolección. Las extracciones de N, de acuerdo con lo referenciado sobre las concentraciones de este elemento, estuvieron principalmente condicionadas por la materia seca acumulada en las distintas distribuciones de N fertilizante. Esto supuso mayo-

res extracciones de N, tanto en hoja como en bulbo, para los fraccionamientos con mayor porcentaje de N en fondo durante abril y para el año 2000/01. Por último, se puede señalar que el N fertilizante aportado en cobertera y bajo la forma de urea se torna disponible para el cultivo a partir del mes de mayo.

Rendimientos brutos

En la **figura 4** se presentan los resultados del rendimiento bruto (planta fresca, bulbo fresco y bulbo seco) según los distintos fraccionamientos del N fertilizante en los dos años de ensayo. Los rendimientos medios en bulbo seco fueron similares en las dos campañas (9.042 kg/h en

tos de crecimiento estudiados, evidencia que los diferentes fraccionamientos de N fertilizante no varían sensiblemente la duración de las distintas fases del cultivo ni, por tanto, su ciclo de cultivo. Las diferencias entre años evidencian el efecto de las condiciones ambientales, principalmente las temperaturas registradas (Bubalda, 1986), no afectando la fecha de plantación, más temprana en 2000/01.

En el primer año los mayores rendimientos en bulbo seco (**figura 4**) fueron para las distribuciones 50%-50% y 25%-75%, sin diferencias significativas con 75%-25%. Esto es consecuencia de la dinámica de absorción del N en el cultivo de ajo, estando a mayor

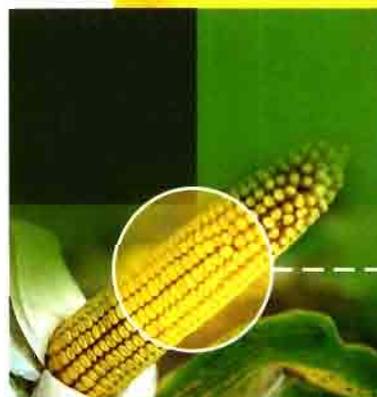


Brotaciones axilares o superbrotaciones.

1999/00 y 9.902 kg/h en 2000/01). El porcentaje de pérdidas en peso en el proceso post-cosecha de acondicionamiento del producto (eliminación de hojas y raíces y secado) varió entre años, aunque no difirieron significativamente entre tratamientos. En 1999/00 éstas fueron del 34% (21% hojas, 13% secado), mientras que en el año siguiente estuvieron en 37% (30% hojas, 7% secado). A menor porcentaje debido a pérdidas por eliminación de hojas y proceso de secado, más óptimo ha sido el momento de recolección, al haber completado el cultivo su ciclo (máxima traslocación de asimilados desde las hojas y estado senescente). La similitud entre tratamientos en estas pérdidas, junto con paráme-

disponibilidad del cultivo con las mayores aportaciones en cobertera. Por otro lado, según Messiaen et al. (1993), el N fertilizante en fondo corre el riesgo de lavado (el cultivo de ajo sólo extrae nutrientes del suelo en los 30 primeros cm). Sin embargo, en 2000/01, los rendimientos no fueron diferentes para los tratamientos con aporte de N. Esto parece deberse a gran cantidad de N residual aportado por el cultivo precedente (trigo), no provocando respuesta en los diferentes tratamientos. Los análisis de suelo al inicio del cultivo (horizonte 0-30 cm) dieron como resultado 25,5 mg/g de N-NH⁴ y 15,0 mg/g de N-NO³; mientras que en 1999/00 sólo se obtuvieron 17,9 mg/g de N-NH⁴ y 9,5

DK 312



maíz

Gane tiempo
y dinero

- Híbrido simple de nueva generación
- Comportamiento excepcional
- Alta resistencia al encamado

SEGURIDAD DE UN ALTO RENDIMIENTO
EN CUALQUIER SITUACIÓN



FIGURA 4.

Influencia de distintos fraccionamientos (% fondo-% cobertera) para una misma dosis total de N fertilizante (100 kg N/ha) sobre el rendimiento final en el cultivo de ajo Morado de Pedroñeras, campañas 1999/00 y 2000/01. (Para cada tipo de rendimiento, letras diferentes representan la existencia de diferencia significativa al 95% de probabilidad).

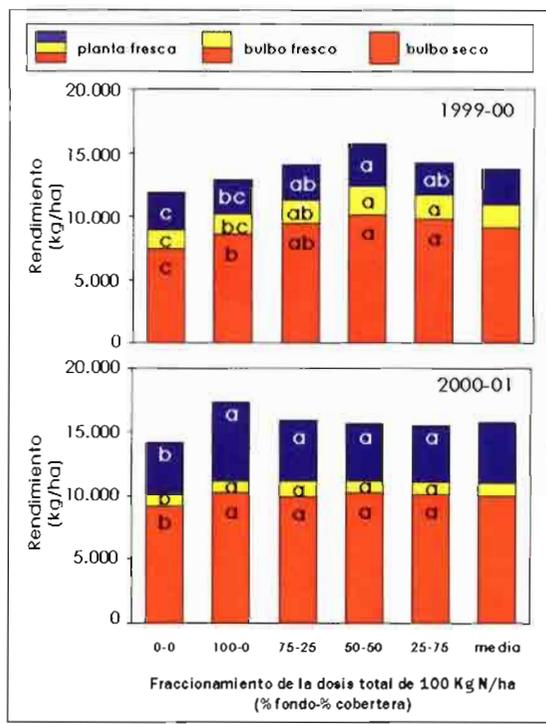
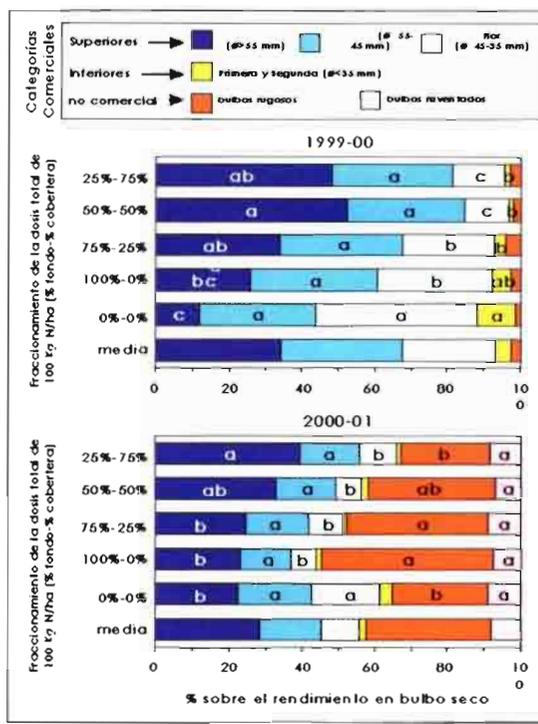


FIGURA 5.

Influencia de distintos fraccionamientos (% fondo-% cobertera) para una misma dosis total de N fertilizante (100 kg N/ha) sobre la calidad comercial (\emptyset de bulbo) en el cultivo de ajo Morado de Pedroñeras. Campañas 1999/00 y 2000/01. (Para cada categoría comercial, letras diferentes representan la existencia de diferencia significativa al 95% de probabilidad).



mg/g de $N-NO_3$. El cultivo precedente en este año fue el maíz, cultivo con mayores extracciones y más esquilma de la fertilidad del suelo.

Calidad comercial de la producción

La calidad comercial del bulbo de ajo se define principalmente por su simetría y diámetro. En la figura 5 se muestran en porcentaje sobre la producción bruta en bulbo seco de las categorías comerciales, más usuales para este tipo de ajo, alcanzadas en los distintos años y para los diferentes tratamientos. En los dos años la dosis total a lo largo del cultivo junto a un mayor aporte de N fertilizante en cobertera dio como resultado mayor porcentaje en categoría extraflor y menores en flor y categorías inferiores. Esta respuesta se hizo más patente el año con mayores rendimientos en bulbo seco para las

distribuciones con mayor porcentaje de fertilizante aplicado en cobertera (1999-00). El aumento de peso, y por consiguiente de diámetro, de bulbo se debió a un mayor tamaño de diente, y no a un mayor número de éstos por bulbo. Esto último coincide con los resultados obtenidos recientemente por Mohammad y Zuraiqi (2003). En 2000/01, año sin diferencias entre rendimientos en los tratamientos con aporte de N, independientemente de su fraccionamiento, aparecieron en elevados porcentajes bulbos rugosos debido a aparición y desarrollo de brotes vegetativos axilares durante mayo y junio.

Este desequilibrio se debe principalmente al efecto de las bajas temperaturas durante el cultivo (la conservación de los bulbos por plantación se realizó en los dos años a 20 °C). Las causas pudieron ser la fecha más temprana de plantación (21 de di-

ciembre), junto con las bajas temperaturas registradas entre abril y mayo, citadas anteriormente. El hecho de que un % menor de bulbos rugosos apareciera en la dosis 0%-0% y 25%-75% puede indicar que la distribución del N fertilizante afecta, aunque en menor manera que las bajas temperaturas, en la aparición de esta fisiopatía del ajo.

Fertilizaciones con mayor aporte de N en cobertera reducen en cierto grado esta deformación del bulbo. Según diversos autores, esto es debido a elevadas reservas de nitrógeno disponible ($N-NO_3$) para el cultivo durante la fase temprana de inicio de bulbificación, o período de inducción a la bulbificación. La mayor cantidad de materia seca y extracciones de N por el cultivo a finales de abril y principios de mayo para los fraccionamientos con mayor porcentaje de N fertilizante en fondo durante ese año puede ser la consecuencia directa y más tempranamente detectable de la aparición de este desequilibrio en crecimiento del cultivo. Los análisis de suelo realizados inmediatamente antes del aporte del N fertilizante en cobertera (15 marzo 2001) así lo atestiguan, al tener en 100%-0% una concentración de $N-NO_3$ (38 mg/g), más del doble de la detectada en 0%-0% (13 mg/g). Por otro lado, bajo estas condiciones ambientales y con este cultivar en concreto, se puede apuntar que dicha fase de inducción, influida principalmente por el fotoperíodo y el termoperíodo, se produce en abril, teniendo cierta importancia el N disponible para el cultivo en ese momento. ■

Agradecimientos: Los trabajos han sido soportados por Fondos FEDER-CICYT, proyecto de referencia 1FD97-2002, y de la Consejería de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

Bibliografía: Existe una amplia bibliografía a disposición de los lectores.

CONCLUSIONES

De todos los resultados obtenidos y bajo las condiciones ambientales castellano-manchegas, se concluye que el fraccionamiento más adecuado en el cultivo de ajo Morado de Pedroñeras, para alcanzar los máximos rendimientos y la mayor calidad comercial, es aquél que aporta al menos el 50% del N fertilizante en cobertera, considerando como dosis total de N 100 kg/ha. Esta dosis total se ha mos-

trado a su vez como la más efectiva para este cultivo (datos no publicados). Por otro lado, la cantidad de N residual existente al inicio del cultivo mediatiza en un elevado grado la respuesta a la fertilización. Y por último, la concentración de N en hojas o bulbo indica de manera más clara el estado fenológico del cultivo que la deficiencia o exceso de este nutriente en un determinado momento. ■