

La fertirrigación del brócoli en condiciones de cultivo en suelo

Puntos básicos para el cálculo de un programa de fertirrigación en función del ciclo de cultivo

F. Pomares¹, C. Baixauli²
y M. Ribó¹

¹ IVIA. Moncada (Valencia).

² Fundación Ruralcaja. Paiporta (Valencia).

En este artículo se exponen y comentan los puntos básicos que conviene tener en cuenta en la elaboración de los programas de fertirrigación para una especie hortícola como el brócoli, cultivado en condiciones de suelo. Asimismo, se incluyen varios programas orientativos de fertirrigación basados en ensayos experimentales realizados por nuestro grupo en la Comunidad Valenciana, pero aplicables a otras zonas de cultivo de características edafoclimáticas similares.

Ante la preocupante escasez de recursos hídricos para el riego agrícola en las regiones mediterráneas de nuestro país, se ha producido en las últimas décadas una rápida difusión de los sistemas de riego localizado (principalmente de goteo) como medida para aprovechar más eficientemente el volumen de agua disponible. Esta circunstancia ha propiciado un auge inusitado de la técnica de la fertirrigación, que se ha revelado altamente interesante tanto en el aspecto agronómico como en el ambiental y económico. En la actualidad, la fertirrigación se aplica en una superficie superior a un millón de hectáreas a lo largo del territorio de España.

La fertirrigación presenta con respecto a la fertilización convencional las siguientes ventajas:

- Los abonos se localizan en el volumen que ocupa el bulbo húmedo, donde se encuentra la mayor parte de las raíces activas.
- Permite una alta flexibilidad tanto del momento de aplicación como de la dosis de abono, pudiendo ajustar el ritmo de aportación de los abonos a la demanda de nutrientes por el cultivo durante las distintas fases fisiológicas.
- Algunos nutrientes de baja movilidad en el suelo como el fósforo son absorbidos mejor por las raíces de las plantas cuando se aplican conjuntamente con el agua de riego.
- Se obtiene un ahorro de mano de obra y de energía en la aplicación de los abonos.
- Se reduce el riesgo de salinidad, lo que permite el uso de aguas algo más salinas que en



el riego por inundación.

No obstante, la fertirrigación presenta algunos inconvenientes, como son:

- El coste derivado de la instalación del riego localizado (goteo).
- El coste energético necesario para el funcionamiento de la instalación de riego.
- La posible obturación de los goteros, las posibles roturas de las mangueras y otros problemas de mantenimiento de la red de tuberías.
- Los fertilizantes cristali-

nos que se utilizan para la fertirrigación suelen ser más caros que los utilizados en la fertilización convencional.

► Puntos básicos para el cálculo

La fertirrigación necesaria para el brócoli, al igual que para cualquier otra especie vegetal, depende de factores relacionados con el cultivo (variedad, época y marco de plantación, duración del ciclo, cultivo precedente, rendimiento previsto, etc.),

de las características edáficas y climáticas de la parcela, así como del sistema de riego y de la calidad del agua, sin olvidar la influencia ineludible del factor biótico (incidencia de plagas y enfermedades).

Extracción y ritmo de absorción de nutrientes por la planta

Los contenidos de nutrientes absorbidos por las plantas de brócoli constituyen un indicador orientativo de la magnitud de sus necesidades nutritivas (**cuadro I**), que suelen variar marcadamente según las características de la parcela. Ahora bien, es preciso indicar que la cantidad de nutrientes extraídos del suelo por la planta no coincide con el abonado que necesita el cultivo, debido a las siguientes razones:

a) Una parte de los nutrientes extraídos por las plantas de brócoli pueden quedar en la parcela, bien en forma de raíces o como restos de cultivo.

b) Una porción de los nutrientes absorbidos por la planta puede proceder del suelo, agua de riego, enmiendas orgánicas, de los restos del cultivo anterior, etc.

c) En los casos de los fertilizantes minerales (nitrogenados, fosforados, potásicos, etc.) después de aportarse al suelo sufren una serie de transformaciones por las que se producen pérdidas o disminuciones en la asimilación de los nutrientes, lo que se traduce en un aprovechamiento parcial de los fertilizantes por el cultivo.

Por otra parte, el conocimiento del ritmo de absorción de los nutrientes por la planta (**cuadro II y figura 1**) es otro indicador relevante para determinar el fraccionamiento necesario de los fertilizantes, que logre una adecuada sincronización entre la disponibilidad de los nutrientes en el suelo y las exigencias nutricionales del cultivo.

Análisis del suelo

Este análisis se debe centrar en aquellas propiedades que afectan tanto a la fertilidad

Cuadro I.

Extracción de nutrientes por el brócoli.

Nutriente	Magnífico y col. (1989)	Barbeta y col. (1998)	Rincón y col. (1999)
Nitrógeno (kg N/ha)	460	304	244
Fósforo (kg P ₂ O ₅ /ha)	140	100	66
Potasio (kg K ₂ O/ha)	692	271	289
Calcio (kg CaO/ha)	462	182	310
Magnesio (kg MgO/ha)	70	33	38

Cuadro II.

Ritmo de producción de biomasa y absorción de nutrientes por el brócoli.

Días a partir del trasplante	Materia seca (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
25	2,8	4,3	1,8	4,1
38	7,2	9,9	5,4	9,1
53	16,3	18,2	14,3	22,5
67	27,3	29,6	25,0	42,7
88	55,2	55,4	42,9	72,5
102	85,0	80,0	67,8	100,0
117	100,0	100,0	100,0	99,3

Fuente: Barbeta y col., 1998.

o calidad del suelo como a la eficacia de los fertilizantes. Con los resultados que aporta el análisis del suelo se pueden determinar algunos puntos básicos de la fertilización, como son: las necesidades de enmiendas orgánicas, de abonado fosforado, potásico y magnésico de preplantación, de correctores de pH, etc.

Las determinaciones básicas que se deben incluir en el

análisis del suelo son: textura, pH, carbonato cálcico, materia orgánica, nitrógeno inorgánico, fósforo, potasio y magnesio asimilables, conductividad eléctrica (extracto 1:5 o extracto de la pasta saturada), etc.

Materia orgánica. A pesar de que la materia orgánica o humus del suelo representa una fracción muy pequeña, entre 1 y 3% en peso, en la mayor parte de

los suelos de cultivo en las zonas mediterráneas, este parámetro resulta determinante de la calidad del suelo y por tanto de su capacidad productiva, dada su considerable repercusión en un alto número de propiedades físicas (estructura, porosidad, capacidad de retención de agua, etc.), químicas (disponibilidad de nutrientes) y biológicas (fuente de carbono y energía para los microorganismos).

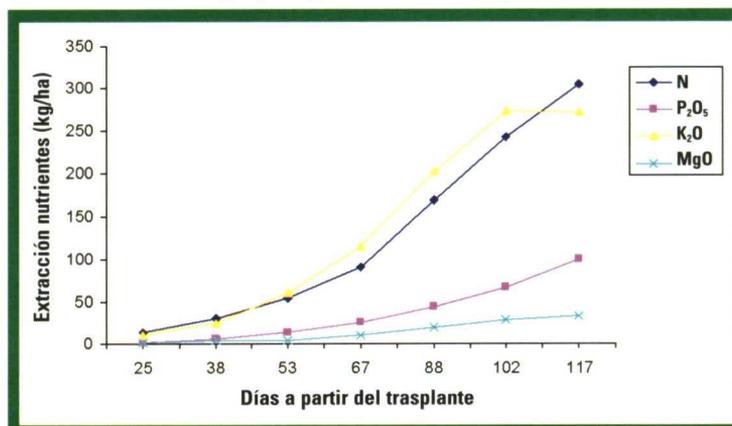
Los cultivos hortícolas suelen ser bastante exigentes en suelos bien provistos de materia orgánica. En base a los experimentos realizados con diferentes enmiendas orgánicas por nuestro grupo, consideramos que el nivel óptimo de materia orgánica para los cultivos hortícolas en nuestra zona de cultivo es un contenido superior a 1,5% en suelos de textura arenosa y un contenido superior a 2,0% en suelos de textura franca y arcillosa.

Nitrógeno inorgánico. A diferencia de lo que sucede con el nitrógeno orgánico del suelo (que no puede ser absorbido por las raíces de las plantas), el nitrógeno inorgánico (N-amoniaco + N-nítrico) existente en el suelo al inicio del cultivo en la capa de terreno susceptible de ser explorada por el sistema radicular del cultivo es de crucial importancia para el cálculo de la dosis necesaria de abono nitrogenado.

Fósforo, potasio y magnesio asimilables. Está constituido por la fracción de estos nutrientes del suelo que puede extraerse o solubilizarse mediante reactivos químicos específicos (normalmente el bicarbonato sódico para el fósforo y el acetato amónico para el potasio y magnesio). Y los contenidos de esta fracción asimilable suelen estar relacionados con el grado de respuesta de los cultivos a la fertilización fosforada, potásica o magnésica. Los resultados analíticos interpretados según las tablas de niveles críticos son indicadores de la riqueza del suelo en estos nutrientes y pue-

Figura 1.

Extracción de nutrientes por el brócoli, ciclo de unos 120 días, con riego por goteo (Barbeta y col., 1998).





Finca experimental de la Fundación Ruralcaja.



Instalación de fertirrigación.

den utilizarse para ajustar la fertilización a la reserva de estos nutrientes en el suelo (Maroto y col., 2007).

Análisis del agua de riego

El análisis del agua de riego es de gran interés para calcular la cantidad de elementos nutritivos que aporta el agua, así como el manejo de riego más adecuado para evitar o reducir el riesgo de salinidad.

De los nutrientes que aporta el agua, el más importante es el nitrógeno, ya que actualmente es frecuente encontrar aguas de riego con altos niveles de nitratos, cuyo aporte de nitrógeno puede representar una parte importante o incluso la totalidad de las necesidades nitrogenadas.

Cuando se utilizan aguas de pozo para el riego, los contenidos de magnesio suelen ser considerables y pueden ser suficientes para cubrir las necesidades de este nutriente por el cultivo.

Análisis foliar

La utilidad del análisis foliar o, más genéricamente, de cualquier parte de la planta (hojas, pecíolos, frutos, raíces, savia, etc.) como indicador del estado nutricional de las plantas y guía para la recomendación de fertilización, se fundamenta en la estrecha relación que resulta, a veces, entre el rendimiento del cultivo y el contenido de nutrientes en alguno de sus órganos.

En algunas especies leñosas como los cítricos, frutales,

Cuadro III.

Rango adecuado de nutrientes en las hojas de brócoli en parcelas de alta productividad.

Nutriente	Brócoli ⁽¹⁾
Nitrógeno (%)	4,4 – 5,3
Fósforo (%)	0,52 – 0,65
Potasio (%)	1,9 – 2,2
Calcio (%)	1,5 – 2,2
Magnesio (%)	0,19 – 0,24
Hierro (ppm)	85 – 106
Cobre (ppm)	4 – 5
Manganeso (ppm)	55 – 176
Cinc (ppm)	34 – 55

Fuente: Pomares *et al.*, 1992-1995.

⁽¹⁾ Hojas recién formadas, incluyendo los pecíolos, muestreadas en el inicio de la formación de la inflorescencia.

Cuadro IV.

Fraccionamiento de las necesidades en fertilizantes en el brócoli con riego por goteo, ciclo de 90 días.

Semana a partir del transplante	Nitrógeno (kg N/ha)	Fósforo (kg P ₂ O ₅ /ha)	Potasio (kg K ₂ O/ha)	Magnesio (kg MgO/ha)
1	0	0	0	0
2	5	2	4	0,4
3	10	4	8	0,8
4	15	6	12	1,2
5	20	8	16	1,6
6	30	12	24	2,4
7	35	14	28	2,8
8	35	14	28	2,8
9	35	14	28	2,8
10	35	14	28	2,8
11	20	8	16	1,6
12	10	4	8	0,8
13	0	0	0	0
Total	250	100	200	20

vid, olivo, etc., el análisis foliar es muy utilizado como herramienta para el diagnóstico nutricional, siendo complementario del análisis del suelo. Pero en los cultivos hortícolas de ciclo relativamente corto como el brócoli es poco utilizado en las fincas comerciales, siendo dudosa su utilidad debido, entre otros motivos, a una duración relativamente corta del ciclo vegetativo, y a las grandes variaciones en el contenido de nutrientes según la especie, cultivar, tipo de hoja, época de cultivo, estado fenológico, técnicas de cultivo, etc. (Geraldson y Tyler, 1990).

A pesar de estos inconvenientes, el análisis foliar puede ser útil para el diagnóstico de estados nutricionales extremos

(deficiencia o exceso). Y en el caso de su potencial utilización, la interpretación de los resultados puede efectuarse mediante los niveles indicados en el **cuadro III**, obtenidos a partir de distintos ensayos experimentales realizados por nuestro grupo (Maroto y col., 2007).

Programa de fertirrigación

Fertilización de fondo o de preplantación

Aunque es posible aportar la totalidad del abonado mediante la fertirrigación, en algunos casos es conveniente aportar una parte de los fertilizantes en el abonado de fondo antes de la plantación. Entre las circunstancias que justifican esta fertilización de fondo, cabe indicar las siguientes:

- El coste de las unidades fertilizantes es más bajo cuando se aportan abonos convencionales que cuando se aplican los abonos solubles que se utilizan normalmente en la fertirrigación.

- Cuando el suelo presenta un nivel bajo en algún nutriente esencial como el fósforo, el potasio, el magnesio, etc.

- Cuando en la fase de crecimiento vegetativo posterior al transplante se prevean lluvias intensas que provoquen una reducción considerable en la necesidad de riego para el cultivo.

- La aportaciones de fertilizantes que conviene realizar en el abonado de fondo son: 0-25% de la dosis total de nitrógeno,

Cuadro V.

Fraccionamiento de las necesidades nutricionales para el brócoli con riego por goteo, ciclo de 120 días.

Semana a partir del trasplante	Nitrógeno (kg N/ha)	Fósforo (kg P ₂ O ₅ /ha)	Potasio (kg K ₂ O/ha)	Magnesio (kg MgO/ha)
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	4	2	4	0,4
4	8	4	6	0,6
5	12	6	10	1,0
6	16	8	14	1,4
7	23	9	18	1,8
8	23	9	18	1,8
9	23	9	18	1,8
10	23	9	18	1,8
11	23	9	18	1,8
12	23	9	18	1,8
13	23	9	18	1,8
14	23	9	18	1,8
15	16	5	14	1,4
16	10	3	8	0,8
17	0	0	0	0
Total	250	100	200	20

Cuadro VI.

Programa semanal de fertirrigación en brócoli con riego por goteo, ciclo de 90 días.

Semana a partir del trasplante	Nitrógeno (kg N/ha)	Fósforo (kg P ₂ O ₅ /ha)	Potasio (kg K ₂ O/ha)	Magnesio (kg MgO/ha)
1	0	0	0	0
2	11	9	3	3
3	23	17	6	6
4	35	26	8	8
5	46	35	10	10
6	69	52	15	15
7	81	61	17	17
8	81	61	17	17
9	81	61	17	17
10	81	61	17	17
11	46	35	10	10
12	24	16	5	5
13	0	0	0	0
Total	578	434	125	125

50-75% dosis de fósforo y entre el 25 y 50% de las dosis de potasio y magnesio.

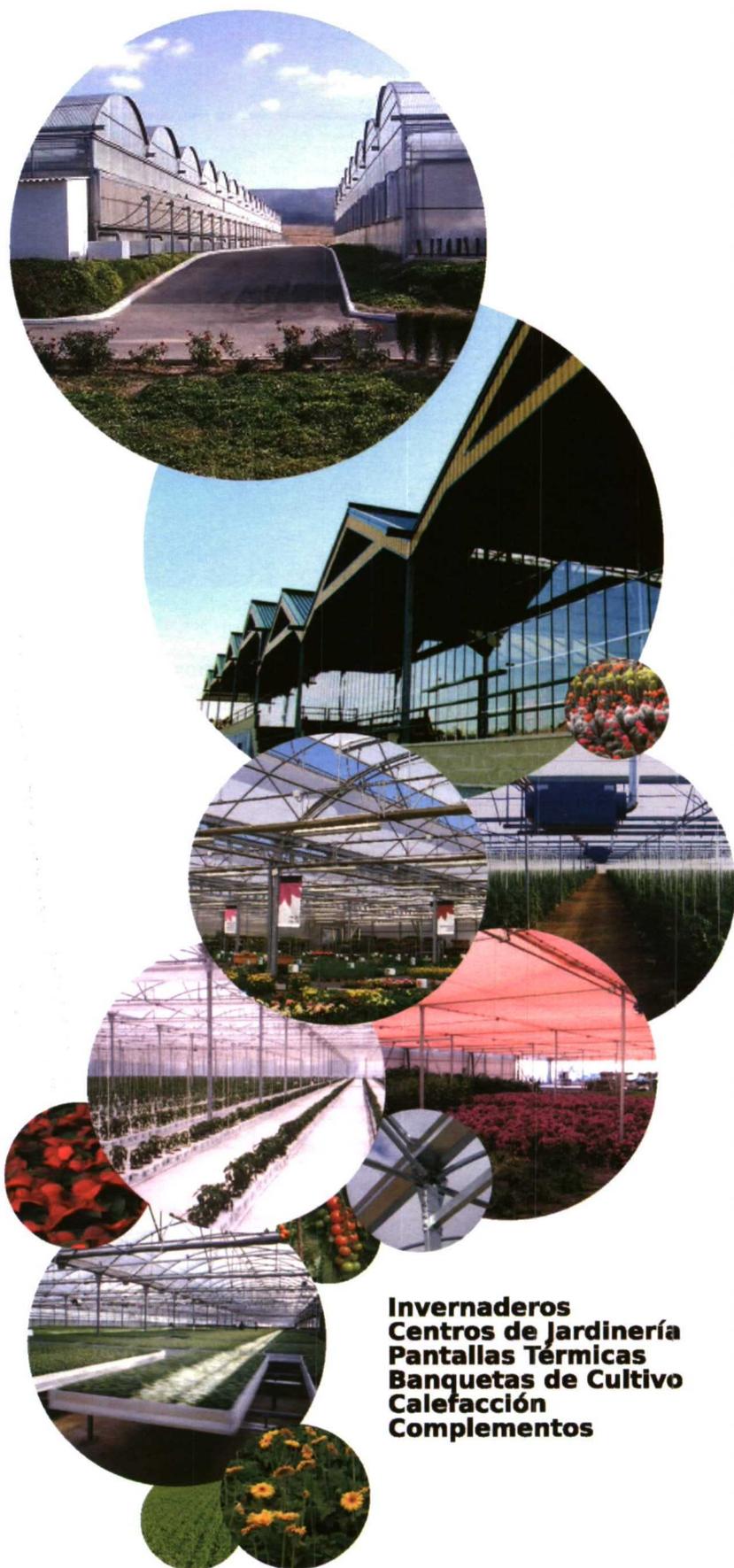
• La aplicación de un fertilizante complejo N-P-K es una opción interesante para efectuar el abonado de replantación.

Fertilización de cobertura mediante fertirrigación

Esta fertilización se realiza después de la plantación del

cultivo con la finalidad de aportar las cantidades de fertilizantes que no han sido cubiertas con la fertilización de fondo.

Para calcular el programa de fertirrigación se necesita conocer tanto las necesidades nutricionales del cultivo como las fuentes potenciales de nutrientes distintas a los fertilizantes minerales, como pueden ser: el agua de riego, las enmiendas y



**Invernaderos
Centros de Jardinería
Pantallas Térmicas
Banquetas de Cultivo
Calefacción
Complementos**



INVERNADEROS E INGENIERIA, S.A.

D> Camino Xamussa, s/n. Apdo.145; 12530 Burriana (Castellón) España
T >(+34) 964 514 651 F >(+34) 964 515 068 M>ininsa@ininsa.es W>www.ininsa.es



Ensayo de fertirrigación en riego por goteo.



Ensayo de abonado en riego por inundación.

abonos orgánicos y minerales aplicados en el abonado de fondo, los restos del cultivo anterior, la mineralización del humus del suelo, la reserva de nutrientes asimilables en el suelo, etc., según lo indicado anteriormente. Y también se precisa conocer la duración del ciclo del cultivo y el ritmo de absorción de nutrientes. A modo de orientación, en los cuadros IV y V se muestran las dosis de fertilizantes y su fraccionamiento para el brócoli en condiciones de cultivo en suelo correspondiente a ciclos de unos 90 y 120 días, respectivamente.

Fertilizantes para la fertirrigación

Para la fertirrigación, pueden usarse abonos sólidos cristalinos (simples, binarios o ternarios), como el nitrato amónico, nitrato potásico, nitrato cálcico, fosfato monoamónico, sulfato magnésico (epsonita), etc. También pueden utilizarse abonos líquidos simples como la solución N-32, el ácido fosfórico, etc.; o ternarios, que aportan conjuntamente nitrógeno, fósforo y potasio. Y cuando los fertilizantes comerciales no resultan adecuados para unas condiciones particulares determinadas,

se puede recurrir a la preparación de fertilizantes "a la carta" que reúnan las características requeridas.

Adicionalmente, para una adecuada gestión de la fertirrigación es conveniente seguir las indicaciones pertinentes relativas a la utilización de mezclas de fertilizantes que sean compatibles, evitar las concentraciones excesivas en las disoluciones madre, acidificar convenientemente la disolución nutritiva para evitar la formación de precipitados de compuestos cálcicos o magnésicos y procurar que la salinidad de la disolución nutritiva no resulte perjudicial para el cultivo.

De forma orientativa, en los cuadros VI y VII se indican sendos programas de fertirrigación semanal para el brócoli (ciclo de 90 y 120 días, respectivamente) en suelos de fertilidad media.

Consideraciones adicionales

La fertirrigación debe realizarse en un número alto de riegos. Lo ideal es abonar en cada riego. De esta forma se minimizan los problemas derivados de la salinidad de la disolución nutritiva o de los desequilibrios nutritivos (antagonismos y toxicidades).

Cuando en el programa de fertirrigación se hayan incluido fertilizantes simples que no pueden mezclarse, deben aportarse en riegos distintos. Con la utilización de fertilizantes complejos (sólidos o líquidos) se minimizan los inconvenientes derivados de la incompatibilidad entre fertilizantes.

Para la aportación del nitrógeno, es preferible elegir una mezcla de fertilizantes nítricos y fertilizantes amoniacales, en lugar de utilizar productos exclusivamente nítricos o amoniacales.

En la fase final del cultivo la dosis de nitrógeno debe ser muy reducida o incluso nula, con la finalidad de evitar un posible deterioro en la calidad de las pellas y/o generar niveles altos de nitrato residual en el suelo, que pueda ser lixiviado con el agua de drenaje derivada de la lluvia o del riego.

Cuando se utilizan aguas de pozo para el riego, no suele ser necesario efectuar aportaciones de fertilizantes magnésicos. ■

Cuadro VII.

Programa semanal de fertirrigación en brócoli con riego por goteo, ciclo de 120 días.

Semana a partir del trasplante	Nitrógeno (kg N/ha)	Fósforo (kg P ₂ O ₅ /ha)	Potasio (kg K ₂ O/ha)	Magnesio (kg MgO/ha)
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	8	9	3	3
4	19	13	6	4
5	27	22	8	6
6	36	30	10	9
7	54	39	11	11
8	54	39	11	11
9	54	39	11	11
10	54	39	11	11
11	54	39	11	11
12	54	39	11	11
13	54	39	11	11
14	54	39	11	11
15	36	30	6	9
16	20	18	4	6
17	0	0	0	0
Total	578	434	125	125

AUNQUE ES POSIBLE APORTAR LA TOTALIDAD DEL ABONADO MEDIANTE LA FERTIRRIGACIÓN, en algunos casos es conveniente aportar una parte de los fertilizantes en el abonado de fondo antes de la plantación