

Conjunto Tecnológico para la Producción de Cebolla¹

ABONAMIENTO² *Prof. Luis E. Rivera Martínez³*

Una decisión importante en los sistemas de producción de cultivos está relacionada al uso de fertilizantes. El uso económico y racional de este insumo tiene especial relevancia dentro de la tecnología de producción de alimentos por dos aspectos fundamentales. La incorporación de cultivos mejorados de mayor producción que tienen, en muchos casos, necesidades nutricionales mayores. En segundo lugar está el incremento acelerado en el precio de las materias fertilizantes. Las restricciones ambientales y económicas impuestas por la agricultura moderna y los avances tecnológicos han cambiado los enfoques de la fertilización. El microriego (riego por goteo) y la fertigación (aplicación de fertilizantes por el agua de riego) han modificado la aplicación de formulaciones completas de fertilizantes a estrategias de manejo para cada nutrimento. Dentro de estas estrategias es importante cuantificar el fertilizante aplicado para optimizar el rendimiento, mejorar la calidad, maximizar la ganancia y reducir el riesgo de contaminación ambiental.

La cebolla es un cultivo que se puede sembrar en distintos tipos de suelo, siempre que los mismos reúnan condiciones favorables para su desarrollo. La condición ideal del suelo para producir cultivos es que sea fértil, profundo, suelto y de buen desagüe. En ocasiones se hace difícil encontrar suelos que tengan estas condiciones ideales. Si logramos establecer buenas prácticas de manejo, la cebolla se desarrollará relativamente bien en los suelos fértiles y profundos de la costa sur, en los suelos rojos, ácidos y de baja fertilidad de la altura de Puerto Rico y en otras regiones de la isla.

La planta de cebolla debe permanecer a nivel de campo de 100 a 120 días. Por tal motivo es necesario satisfacer el requisito nutricional de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) para superar con éxito las distintas etapas de desarrollo y producción. Antes

¹ Derechos Reservados. La Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico retiene todos los derechos sobre este documento. Se permite el uso o la reproducción parcial del mismo para usos educativos, siempre y cuando se dé crédito total a la EEA/UPR, citando la publicación, la fuente, la fecha de publicación y el autor del capítulo utilizado.

² Este documento es uno de los capítulos que componen el *Conjunto Tecnológico para la Producción de Cebolla* (Publicación 156), cuya primera versión fue publicada con fecha de Agosto 1999. Este capítulo fue debidamente revisado con fecha de 2012.

³ Investigador, Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales, Estación Experimental Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico.

de iniciar el programa de producción es recomendable realizar un análisis del suelo donde crecerá la cebolla. Este análisis no indicará la cantidad absoluta de nutrimentos que la planta podrá utilizar, pero provee información valiosa del grado de disponibilidad que podemos obtener por medio de un proceso de calibración. Con esta información determinamos la cantidad de fertilizante necesaria para suplementar las reservas del suelo y propiciar un crecimiento, desarrollo y una producción adecuada. Además, el análisis de suelo permite conocer la condición de acidez o alcalinidad (pH), el contenido de materia orgánica, sales solubles u otros factores que pueden limitar en un momento dado el crecimiento y desarrollo de la cebolla (Cuadro 1). El pH del suelo puede afectar la accesibilidad o disponibilidad de los nutrimentos, por lo que debemos mantenerlo hasta donde sea posible, en un nivel adecuado entre 5.5 y 7.5, dependiendo del tipo de suelo. La información básica del suelo es de importancia para establecer buenas prácticas de manejo dirigidas a alcanzar un rendimiento aceptable, buen tamaño y calidad para cumplir con las exigencias del mercado y las proyecciones de ingresos del agricultor.

Para evaluar el nivel de fertilidad de un suelo hay que obtener una muestra representativa del mismo. Las muestras para el análisis del suelo se deben tomar de las primeras seis pulgadas de profundidad. En áreas que sean uniformes se pueden tomar varias muestras para luego formar una muestra compuesta. Se deben tomar muestras por separado de áreas o predios que presenten diferencias en textura, tipo de suelo o historial previo de siembra. El personal del Servicio Cooperativo de Extensión le puede brindar mayor información en cuanto al proceso de recolección y análisis de las muestras, e interpretación de los resultados.

Programa de fertilización para cebolla

Es importante preparar un programa de fertilización para cada siembra de cebolla tomando en consideración todos los factores que puedan afectar el vigor y crecimiento de la planta, así como la disponibilidad y eficiencia de absorción de los nutrimentos. Un programa de fertilización controlado minimiza el riesgo potencial de contaminación de los recursos naturales, especialmente las fuentes de agua superficial y subterránea. Si se mantienen niveles adecuados de nitrógeno, de otros elementos esenciales, de luz solar y de humedad para el proceso de fotosíntesis, la planta de cebolla debe crecer y alcanzar buen rendimiento. Una deficiencia de nitrógeno afectará negativamente el vigor de la planta al reducir la formación de aminoácidos y proteínas esenciales para llevar a cabo procesos metabólicos. La aplicación excesiva de nitrógeno, por el contrario, provoca un

rápido y prolongado crecimiento vegetativo que en algunos casos se ha relacionado a un aumento en la vulnerabilidad de la planta al ataque de enfermedades. El agricultor debe tener siempre presente que los fertilizantes aplicados en exceso significan pérdidas económicas para él y ocasionan serios problema de contaminación.

Cuadro 1. Guía general para interpretar algunos análisis de suelo.

<i>Parámetro</i>	<i>Nivel en el suelo</i>		
	Bajo	Mediano	Alto
pH¹	Menor de 5.5	6.5 a 7.3	Mayor de 7.3
Materia orgánica, %	Menor de 2%	2% a 4%	Mayor de 4%
Nitrógeno total, %	Menor de 0.1 %	0.1% a 0.2%	Mayor de 0.2%
CIC, meq/100 g	Menor de 10	10 a 20	Mayor de 20
Fósforo², ppm³	0 - 20 ppm	20 - 40 ppm	Mayor de 40 ppm
Potasio⁴	0 – 120 ppm	120 - 200 ppm	Mayor de 200 ppm
Potasio, meq/100g⁵	0 - 0.38	0.38	Mayor de 0.38
Ca, meq/100 g⁵	Menor de 3	3 a 6	Mayor de 6
Mg, ppm	0 – 50 ppm	50 – 100 ppm	Mayor de 100 ppm
Mg, meq/100 g⁵	Menor de 1.5	1.5 a 2.5	Mayor de 2.5

¹ Valor de 7 = Suelo neutral. Suelos con valores menores de 7 son ácidos y mayores de 7 son alcalinos.

² Fósforo disponible determinado por el procedimiento de Olsen (0.5 N NaHCO₃)

³ El término ppm de fósforo o potasio en un análisis de suelo se refiere a partes por millón, esto es, una parte del elemento en un millón de partes de suelo (1 ppm = 2 libras/acre).

⁴ Potasio (K) extraíble con una solución de acetato de amonio a pH 7.0. Ca y Mg también se extraen con una solución de acetato de amonio a pH 7.0.

⁵ Nuestros laboratorios expresan los resultados de las bases del suelo (calcio, magnesio y potasio) en partes por millón (ppm). Estos valores se pueden transformar mediante el uso de proporciones aritméticas simples a meq/100 gramos de suelo. Para propósito de calcular las cantidades en términos de libras por acre utilizamos los valores que se indican a continuación: a) Un miliequivalente de calcio por 100 gramos de suelo equivale a 400 libras de calcio por acre. b) Un miliequivalente de magnesio por 100 gramos de suelo equivale a 240 libras de magnesio por acre. c) Un miliequivalente de potasio por 100 gramos de suelo equivale a 780 libras de potasio por acre. Al hacer los cálculos aritméticos debemos considerar que para suelos minerales el peso promedio de un acre a 7 pulgadas de profundidad es igual a 2,000,000 libras. Un acre es igual a 43,560 pies cuadrados.

(Referencia: Knott's Handbook for Vegetable Growers: John Wiley and Sons, Inc. cuarta edición 1996.)

La recomendación de un fertilizante puede estar basada en la metodología de absorción de nutrientes o en el concepto de suficiencia, utilizando curvas de respuestas del cultivo a distintos niveles de fertilizante aplicado. Hochmuth y Halon (1995) se refieren a este enfoque fisiológico como el requisito nutricional del cultivo (RNC) y se define como la cantidad total de un elemento requerido por el cultivo (que puede venir del suelo, el aire, el agua o el fertilizante) durante la época de producción para alcanzar un rendimiento económico óptimo. La recomendación de aplicación del fertilizante se

hace para suplementar la cantidad presente en el suelo. Si aplicamos fertilizante por encima de este valor no vamos a obtener un aumento significativo en rendimiento.

Una forma matemática de expresar la necesidad de fertilización se indica a continuación:

$$NF = [(RPP - S) / E] \times 100$$

En donde,

- **NF= Necesidad de Fertilización (libras/cuerda)**
- **RPP= Requisito del cultivo para obtener el potencial de producción (libras/cuerda)**
- **S= Disponibilidad del nutriente en el suelo**
- **E= Porcentaje de eficiencia de la fertilización**

Basado en los resultados de investigación recomendamos un nivel de fertilización entre 150 a 200 libras de nitrógeno (N) por cuerda. La disponibilidad de nitrógeno en los suelos de la costa sur es limitada, debido a que en las varias formas en que el nitrógeno puede estar disponible a las plantas el mismo se puede lavar, volatizar, desnitrificar o fijar al suelo. La pérdida de nitrato por lixiviación causa problemas de contaminación de las aguas subterráneas en las áreas de producción agrícola. El agricultor debe evitar aplicar nitrógeno en exceso a lo recomendado porque la producción adicional que puede obtener en algunos casos no compensa los gastos del nitrógeno aplicado y el daño ambiental que provoca.

Datos experimentales han demostrado que en la costa sur de Puerto Rico las hortalizas no responden a aplicaciones de fósforo y potasio. Se ha determinado que en la mayoría de esos suelos hay cantidades abundantes de ambos nutrimentos debido a la presencia de residuos de fertilizantes y a la composición mineralógica o grado de meteorización de los suelos. Sin embargo, como la movilidad de estos elementos es relativamente baja, necesitamos mantener condiciones óptimas de humedad en el suelo para que el fósforo y el potasio estén disponibles en la zona de la raíz. Si el análisis de suelo indica la necesidad de aplicar fósforo y potasio, estos se pueden aplicar presiembra. Si los niveles de fósforo (P) y potasio (K) disponibles son bajos (menos de 20 ppm de fósforo y 120 ppm de potasio disponibles), se puede aplicar 100 y 80 lb/cuerda de P₂O₅ y K₂O, respectivamente. Los nuevos enfoques de fertilización, como indicamos anteriormente, basan su estrategia en la aplicación individual de cada elemento. Además

de la aplicación presiembra se puede utilizar la nueva tecnología de riego y nuevas fuentes de fertilizantes para suplir los requisitos nutricionales de estos dos elementos. Cada fuente y método de aplicación requiere un manejo particular que el agricultor debe proveer para obtener los resultados esperados.

El sistema de microriego brinda una oportunidad para la aplicación precisa del fertilizante. El uso a través del agua de riego coloca eficientemente los nutrimentos en la zona donde hay una alta concentración de raíces. Es importante mantener balance entre el nivel de fertilizante aplicado y el requisito nutricional del cultivo. Cantidades aplicadas en exceso no producirán diferencias significativas en rendimiento pero sí un aumento en la cantidad residual del elemento en el suelo. Esto ocasiona pérdidas por lixiviación a horizontes inferiores fuera de la zona radicular. En las siembras de cebolla en el sur de Puerto Rico se utiliza el microriego y se aprovecha el mismo para aplicar nutrimentos, principalmente nitrógeno. Las raíces superficiales de la cebolla necesitan riegos frecuentes para mantener la humedad del suelo en condiciones óptimas. En el caso de los suelos de textura gruesa o predios donde se riega frecuentemente es recomendable aplicar nitrógeno en pequeñas cantidades y con más frecuencia durante la etapa de crecimiento del cultivo para reducir las pérdidas por lixiviación. Estudios en la frecuencia de aplicación de nitrógeno registraron un rendimiento mayor de cebolla al dividir la cantidad total de nitrógeno en fertigaciones aplicadas a intervalos de 7 días, durante el período de crecimiento. Las plantas de cebolla utilizan una cantidad baja de nitrógeno durante la etapa de 3 a 4 hojas. Durante esta etapa el sistema de raíces no está completamente desarrollado. Por tal razón, la aplicación de nitrógeno vía fertigación puede comenzar una semana después de que haya brotado la semilla y se establezca una población uniforme de plántulas (aproximadamente a los 14 días después de la siembra directa). Para asegurar una madurez apropiada del bulbo y reducir las pérdidas en almacenamiento, las aplicaciones de nitrógeno deben terminar por lo menos una semana antes de la fecha de cosecha. En la etapa final de desarrollo la cebolla tiene un alto ritmo de crecimiento. En ocasiones la diferencia de cosechar a los 100 días versus los 115 días después de la siembra hace una gran diferencia en el tamaño de la cebolla (de pequeña a mediana o de mediana a grande o extra grande).

En siembras establecidas bajo riego por goteo el programa de fertilización debe comenzar cuando tenemos una población adecuada y uniforme de plantas en el campo. Si hay poca población debe entonces se debe iniciar su fertilización cuando comience a germinar la semilla de la resiembra. La frecuencia de aplicación del nitrógeno puede variar entre 7 y 14 días, tomando en consideración las limitaciones de la finca y la conveniencia para el agricultor. No debemos olvidar que las diferentes formas en que el

nitrógeno puede estar disponible a las plantas se pierden por efecto de lixiviación, volatilización o desnitrificación, lo cual reduce la cantidad utilizable por el cultivo. Por tal motivo, las aplicaciones excesivas antes de que la planta haya desarrollado el sistema radicular de seguro se perderán por lavado, inmovilización u otros factores. También se pueden perder por eventos de percolación o escorrentía ocasionado por la lluvia. Las aplicaciones de riego que sobrepasen el nivel de retención del suelo provocan eventos de percolación y alejan los nutrimentos de la zona de la raíz. Esta situación es particularmente importante al aplicar urea, la cual se convierte en nitrato que por tener carga negativa no se retiene en los coloides del suelo.

El agricultor debe tener la precaución de ajustar la cantidad de nitrógeno para cada intervalo de aplicación, tomando como referencia el tiempo que espera tener la siembra en el campo. Usualmente el tiempo desde la siembra hasta el primer cosecho de cebolla se estima en 100 a 115 días. Tomando en consideración esta información el agricultor calcula el número de días que durará su programa de fertilización. Como paso inicial restamos 21 días al tiempo que esperamos mantener el cultivo en el campo. Estos 21 días significan que el programa de fertilización iniciará dos semanas (14 días) después de establecida la siembra y terminará una semana (7 días) antes de terminar el ciclo de producción. En este caso restamos los 21 días de los 115 días, lo que nos indica que nuestro período de fertilización será de 94 días. El agricultor divide entonces este tiempo máximo (94 días) entre la frecuencia de aplicación (días entre una aplicación y otra) para determinar el número de fertigaciones a ser aplicadas durante ese ciclo de producción. En el caso de aplicaciones semanales (cada 7 días) el programa de fertilización será (94 dividido entre 7) igual a 13. En el caso de aplicaciones cada dos semanas (cada 14 días) el programa de fertilización se reduce a la mitad (94 dividido entre 14) igual a 6.7 (unas 7 fertigaciones).

La cantidad de nitrógeno recomendada por cuerda (unas 150 libras de N) se divide entonces entre el número de fertigaciones para conocer la cantidad de nitrógeno que estaremos aplicando en cada fertigación. Una vez conocemos la cantidad de nitrógeno por fertigación determinamos entonces la cantidad equivalente en términos de la fuente que utilizaremos. La cantidad de nitrógeno de cada fertigación se divide entre el porcentaje de nitrógeno del fertilizante para obtener las libras requeridas, ya sea de urea, sulfato de amonio u otra fuente nitrogenada. Una vez determinamos la cantidad de la fuente nitrogenada, multiplicamos por el número o fracción de cuerdas de cada predio sembrado para determinar la cantidad final de fertilizante que estaremos aplicando a cada área sembrada.

Al momento de planificar y ejecutar la fertilización con nitrógeno en las siembras de cebolla se deben tomar en consideración varios factores, tales como el tipo de suelo, la población de plantas por cuerda, la frecuencia de aplicación del agua de riego, el ciclo de crecimiento de la cosecha, la fuente de nitrógeno, el método de aplicación y la frecuencia de la fertigación. Las prácticas variables de cultivo, al igual que las diferencias regionales y estacionales entre una finca y otra afectan la disponibilidad y eficiencia de absorción de los nutrimentos.

Al aplicar fertilizantes por medio del riego se deben tomar en consideración los siguientes criterios:

- El químico aplicado no debe erosionar o deteriorar los componentes de plástico o tubería de metal, ni debe obstruir cualquier otro componente del sistema
- Debe ser seguro para uso en el campo
- Debe aumentar el rendimiento del cultivo
- Debe ser soluble en agua (tener un grado de solubilidad aceptable)
- No debe reaccionar adversamente con las sales u otros químicos presentes en el agua de riego
- Debe distribuirse uniformemente a través del campo.

Para mejorar la eficiencia de la fertilización siga las siguientes recomendaciones:

- Seleccione cuidadosamente el material a utilizar
- Seleccione la época de aplicación con relación a la lluvia y temperatura
- Utilice sistemas de aplicación adecuados tomando en consideración las condiciones del suelo
- Aplique enmiendas al suelo de ser necesario (ej., corregir el pH).

Aplicación mediante el riego por goteo en el sur de la isla

En las siembras de cebolla en el sur de Puerto Rico se utiliza principalmente el riego por goteo y se aprovecha el sistema para aplicar algunos nutrimentos, principalmente nitrógeno. En suelos de textura arenosa, o predios donde se riega frecuentemente, es recomendable aplicar el nitrógeno en pequeñas cantidades y con mayor frecuencia en la etapa de crecimiento. La inyección de fertilizantes al sistema de riego se puede hacer utilizando un tanque de fertilización, un inyector tipo “Venturi” o mediante el método de bombeo a presión. La aplicación por cualquiera de estos métodos se debe realizar entre la mitad y último cuarto del tiempo que durará el riego. Si aplica el fertilizante durante la primera mitad del riego hay un mayor riesgo de perder los

nutrimentos con mucha movilidad (como el nitrato) en respuesta al movimiento lateral y vertical del agua a través del suelo. Por el contrario, si aplica el fertilizante después del último cuarto corre el peligro de que algunos químicos no salgan del sistema y ocasionen problemas de obstrucción al reaccionar con sales y compuestos orgánicos presentes en el agua.

Es recomendable hacer análisis periódicos al agua de riego para determinar el pH y los elementos que hay en solución. De este modo se evita el uso de fuentes que puedan reaccionar formando compuestos insolubles. Es igualmente importante determinar la cantidad de nitrógeno que puede estar supliendo el agua de riego (principalmente nitratos) y la cantidad que puede estar disponible por la mineralización de la materia orgánica. Esa cantidad de nitrógeno presente en el agua y suelo la debemos restar de la cantidad (150 a 200 lb N/cuerda) que ha sido recomendada para el cultivo.

El sulfato de amonio es una de las fuentes de nitrógeno aplicada comúnmente a través del microriego. Esta fuente de nitrógeno tiene la ventaja de ser una sal ácida, que puede ayudar a mantener el sistema de riego limpio a la vez que reduce el pH en el área de las raíces a niveles más adecuados que los que encontramos en muchos de los suelos de la región sur. Otras fuentes de nitrógeno comúnmente utilizadas son la urea, el nitrato de amonio y las formulaciones líquidas. Debido a las restricciones de la nueva ley de explosivos (a nivel federal y estatal) muchos fertilizantes con propiedades explosivas como los nitratos están menos disponibles a los agricultores. Las compañías distribuidoras de fertilizantes en Puerto Rico se mantienen buscando alternativas de fuentes de abono nitrogenadas que pueden ser aplicadas a través de los sistemas de microriego. Es prudente comunicarse con los suplidores para mantenerse informado de nuevas fuentes de abono y las fluctuaciones en precio para cada producto. El Cuadro 2 indica el contenido de nutrimentos y la solubilidad de algunas materias primas utilizadas como fertilizantes.

Cuadro 2. Contenido aproximado de nutrimentos y solubilidad de algunas materias primas comerciales de fertilizantes.

Material <i>Nutrientes mayores</i>	Porcentaje promedio de nutrimentos				Solubilidad aproximada en agua a temperatura ambiente, gramos en 1 litro de agua
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Otros	
Nitrato de amonio	33	-	-	-	1,800
Sulfato de amonio	21	-	-	23 azufre (S)	710
Nitrato de calcio	15	-	-	21 Calcio (Ca)	1,020
Fosfato di-amónico	18	46	-	-	430
Fosfato mono-amónico	12	61	-	-	230
Ácido fosfórico	-	52 - 62	-	-	5,500
Superfosfato triple	-	46	-	13.8 calcio (Ca)	Muy baja solubilidad
Muriato de potasio	-	-	60	48 cloruro (Cl)	350
Nitrato de potasio	13	-	46	-	130
Sulfato de potasio	-	-	50	18 azufre(S)	120
Urea	46	-	-	18 azufre (S)	780
Nutrimentos secundarios y menores					
Sulfato de magnesio	-	-	-	9.8 magnesio (Mg)	700
Sulfato magnésico-potásico (Sul-po-mag)	-	-	22	10 magnesio (Mg), 22 (S)	
Sulfato de cobre	-	-	-	25 cobre (Cu)	220
Sulfato ferroso	-	-	-	20 hierro (Fe)	290
Sulfato de manganeso	-	-	-	29 magnesio (Mn)	1,050
Molibdato de sodio	-	-	-	40 molibdeno, Mo	560
Sulfato de zinc	-	-	-	36 zinc (Zn)	750

Aplicación para otras áreas geográficas y otros sistemas de riego

En áreas donde se emplea el riego por gravedad, por aspersión o por pivote no se recomienda la aplicación del fertilizante por medio del agua de riego (fertigación). El uso de formulaciones granulares es una solución práctica y efectiva para suplir los requisitos nutricionales del cultivo donde se dependa de la lluvia o bajo las condiciones antes descritas. El abono granular se debe esparcir uniformemente a lo largo de la cama o banco para evitar daño a las raíces por efecto de las sales. Se debe utilizar la formulación que mejor se ajuste a su necesidad. Las formulaciones granulares: 10:10:8 y 10:10:10 han sido comúnmente utilizadas para la producción de vegetales cuando hay factores que limitan la aplicación de los elementos esenciales (nitrógeno, fósforo y potasio) por el agua de riego. También se puede optar por aplicar cada elemento en forma individual utilizando la fuente granular recomendada (ej., sulfato de amonio, superfosfato triple y cloruro de potasio para suplir la cantidad requerida de N, P y K, respectivamente).

Elementos Menores y uso de Bioestimulantes

La utilización de micronutrientes (Fe, Cu, Zn y Mn) para evitar las deficiencias de estos se puede añadir a las prácticas de manejo en siembras de cebolla. La deficiencia de un micronutriente perjudica el desarrollo de la planta y la hace susceptible al ataque de enfermedades y plagas. Por lo tanto, si los niveles de los elementos menores están bajos o si hay factores que puedan provocar alguna deficiencia, es recomendable aplicar elementos menores en el abono o hacer un programa de aspersiones foliares utilizando la dosis recomendada por el fabricante. En aplicaciones foliares se debe evitar la quemazón de las plantas con soluciones muy concentradas. El peligro de quemazón puede reducirse evitando su aplicación bajo condiciones de excesiva evaporación de agua.

En suelos de pH alto (más de 7.5 con presencia de carbonatos) o extremadamente alcalinos pueden ocurrir deficiencias severas de hierro, manganeso y/o zinc. También se pueden observar deficiencias de elementos menores en áreas donde se ha removido suelo superficial mediante equipo mecánico. Las deficiencias pueden manifestarse en forma de clorosis, crecimiento deforme de las plantas o podredumbre de raíces y tallos. Las aplicaciones de elementos menores al suelo, o vía riego por goteo, deben ser en forma de quelato ya que a pH alto, el hierro y el manganeso tienden a tornarse insolubles

rápidamente. Los microelementos también pueden ser aplicados en forma de sulfatos foliares. Comercialmente hay una gran variedad de mezclas completas de microelementos. En el Cuadro 2 se indican algunas materias primas solubles comúnmente utilizadas como fuentes de elementos menores y sus correspondientes porcentajes de N, P₂O₅ y K₂O. En suelos ácidos puede ocurrir deficiencias de microelementos (hierro específicamente), por lo que se recomienda aplicar sales de hierro y/o manganeso por el sistema de riego. En suelos ácidos el contenido de hierro total puede ser alto, pero no necesariamente el contenido de hierro disponible. Por tal razón se deben hacer aplicaciones de hierro para evitar problemas de deficiencia.

La cebolla es poco tolerante a la deficiencia de magnesio (Mg), la cual se manifiesta principalmente bajo condiciones de acidez en el suelo (pH menor de 5.5). Si se observan deficiencias de este u otro elemento se deben aplicar los mismos incorporándolos al terreno, en bandas a lo largo de la hilera de la siembra o como abono foliar. En el Cuadro 3 se presentan algunas dosis recomendadas para la aplicación foliar de nutrimentos.

Cuadro 3. Recomendaciones para aplicación foliar de nutrimentos

Nutrimento	Fuente	Aplicación Foliar (libras de producto por acre)
Boro	Borax	2 a 5
	Solubor	1 a 1.5
Cobre	Sulfato de cobre	2 a 5
Hierro	Sulfato ferroso	2 a 3
	Quelato de hierro	0.75 a 1
Manganeso	Sulfato de manganeso	2 a 4
Molibdeno	Molibdato de sodio	0.25 a 0.5
Zinc	Sulfato de zinc	2 a 4
	Quelato de zinc	0.75 a 1
Calcio	Cloruro de calcio	5 a 10
	Nitrato de calcio	5 a 10
Magnesio	Sulfato de magnesio	10 a 15
Fuente: Knott's Handbook for Vegetable Growers, 4ta ed., D. Maynard y G. Hochmuth (eds.), 1997.		

Ejemplos en la aplicación de nitrógeno

A continuación se presentan algunos ejemplos para facilitar la toma de decisiones del agricultor al escoger la fuente y frecuencia de la fertigación:

Recomendación de 150 lb N por cuerda a una frecuencia de cada 14 días:

Aplicar 150 libras por cuerda de nitrógeno en 13 aplicaciones sería a razón de $150 \div 13 = 11.5384$ libras de nitrógeno por cuerda por fertigación.

a. Si la fuente utiliza es urea, debe aplicar:

$$11.5384 \text{ lb N} \div 0.46 = 25.08 \text{ libras de urea por fertigación por cuerda}$$

b. Si se utiliza sulfato de amoníaco, debe aplicar:

$$11.5384 \text{ lb N} \div 0.21 = 54.94 \text{ libras de sulfato de amoníaco por fertigación por cuerda}$$

c. Si se utiliza nitrato de amoníaco, debe aplicar:

$$11.5384 \text{ lb N} \div 0.335 = 34.44 \text{ libras de nitrato de amoníaco por fertigación por cuerda}$$

Recomendación de 150 lb N por cuerda fertigando cada 7 días:

Si aplicamos la fertigación semanalmente, en vez de cada dos semanas, utilizaremos la mitad del abono indicado en cada caso en particular, o sea, unas 12.54 libras por cuerda de urea, unas 24.47 libras por cuerda de sulfato de amoníaco, y 17.22 libras por cuerda de nitrato de amoníaco.

Referencias

- Alers, S., E. Orengo y L. Cruz Pérez, 1979. Influence of various N-P-K fertilizer levels on onion production in southern Puerto Rico. *J. Agric. Univ. PR.* 63: 111- 15.
- Colberg, O. y A. Beale, 1991. Cuatro niveles de nitrógeno en dos variedades de cebolla (*Allium cepa*). *J. Agric. Univ. PR.* 75 (1): 1-10.
- Hochmuth, G. J., 2000. Nitrogen Management Practices for Vegetables Production in Florida. Univ. of Florida, Cooperative Extension Service Circular #1222, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, <http://edis.ifas.ufl.edu/cv241>
- Hochmuth, G. J. y E. A. Hanlon, 2009. Commercial Vegetable Fertilization Principles. University of Florida, Cooperative Extension Service Circular 225E, Institute of Food and Agriculture Sciendes. http://edis.ifas.ufl.edu/cv_009
- Hochmuth, G. J. y A. G. Smajstrla, 1998. Fertilizer Application and Management for Micro (Drip)-Irrigated Vegetables in Florida. Univ. of Florida, Cooperative Extension Service

- Circular 1181. Institute of Food and Agricultural Sciences, Univ. of Florida.
<http://edis.ifas.ufl.edu/cv141>
- Hochmuth, G. J. y E. A. Hanlon, 1995. Commercial vegetable crop nutrient requirements in Florida. Florida Coop. Extension Service, Circ. SP 177.
- Mangual, G., C. T. Ramírez y E. Orengo, 1979. Effect of plant spacing and fertilizer levels on yield and dry bulb weight of onion cv Texas Grano 502. *J. Agric. Univ. PR* Vol. 63: 417.
- Maynard, D. N. y G. J. Hochmuth, 1997. Knott's Handbook for Vegetable Growers. 4th ed. Wiley Interscience, New York, 390pp.
- Olson S. M., W. M. Stall, K. L. Pernezny y S. E. Webb, 2009. Vegetable Production Handbook 2009-2010. Chapter 14. University of Florida, Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences.
- Peet, M., 2003. Sustainable Practices for Vegetable Production in the South.
http://www.cals.ncsu.edu/sustainable/peet/profiles/pp_toma.html