Conjunto Tecnológico para la Producción de Berenjena¹

ABONAMIENTO²

Prof. Luis E. Rivera³

Determinación de la fertilidad del suelo

Antes de establecer la siembra de berenjena es recomendable realizar un análisis de suelo del predio. El análisis de suelo provee información de la porción de los elementos esenciales en el suelo que pueden estar disponibles o accesibles al cultivo (Cuadro 1). Este valor sirve de guía para determinar la cantidad de nutrimentos que deben ser aplicados para complementar las reservas del suelo y propiciar un crecimiento, desarrollo y producción adecuados de la planta de berenjena. Además, provee información importante sobre la condición de acidez o alcalinidad del suelo (pH), el contenido de materia orgánica, sales solubles u otros factores que pueden limitar el crecimiento y desarrollo de la berenjena.

Los muestreos rutinarios de suelo pueden ayudar a reducir la aplicación excesiva de nutrimentos minimizando los riesgos de contaminación de las reservas de agua. 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 con diferencias significativas en textura, tipo de suelo o historial previo de siembra. El personal del Servicio de Extensión Agrícola le puede brindar mayor información en cuanto al proceso de recolección y análisis de las muestras, e interpretación de los resultados.

En la costa semiárida del sur de Puerto Rico las siembras de berenjena se hacen con sistemas de microriego o goteo y se utiliza el mismo para aplicar elementos mayores, principalmente el nitrógeno (N). En experimentos realizados en esta zona no se ha encontrado respuesta de las hortalizas a aplicaciones de fósforo y potasio, lo que se puede atribuir a las cantidades abundantes que hay en reserva debido a la composición mineralógica de los suelos o a residuos de aplicaciones anteriores.

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 Berenjena* (Publicación 165. Mayo 2006).

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

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

<i>Parámetro</i>	<i>Nivel en el suelo</i>		
	<i>Bajo</i>	<i>Mediano</i>	<i>Alto</i>
pH ¹	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
Fósforo ² , ppm ³	0 a 20	20 a 40	Mayor de 40
Potasio ⁴ , ppm	0 a 120	120 a 200	Mayor de 200
Potasio, meq/100 g ⁵	0 a 0.38	0.38	Mayor de 0.38
Ca, meq/100 g ⁵	Menor de 3	3 a 6	Mayor de 6
Mg, ppm	0 a 50	50 a 100	Mayor de 100
Mg, meq/100 g ⁵	Menor de 1.5	1.5 a 2.5	Mayor de 2.5

(Referencia: Knott's Handbook for Vegetable Growers: John Wiley and Sons, Inc. Segunda edición 1980.)

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

²Fósforo disponible determinado por el método Olsen (0.5 N NaHCO₃).

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

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

⁵Nuestros 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 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 el peso promedio de un acre a 7 pulgadas de profundidad para suelos minerales es igual a 2,000,000 de libras. Un acre es igual a 43,560 pies cuadrados.

Programa de fertilización para berenjena

Es importante preparar un programa de fertilización para cada siembra de berenjena en el cual, además de la fertilidad del suelo, se tomen en consideración los siguientes factores: tipo de suelo, población de plantas por cuerda, cantidad y frecuencia de aplicación del agua de riego o precipitación, ciclo de crecimiento de la cosecha, método de aplicación y frecuencia de fertigación; además de las diferencias regionales o estacionales y las prácticas variables de cultivo entre una finca y otra. Un programa de fertilización controlado minimiza los riesgos potenciales de contaminación de los recursos naturales, especialmente las fuentes de agua superficial y subterránea. Los productores deben evitar aplicar exceso de fertilizante buscando una mayor producción ya que aplicaciones excesivas tienen un impacto negativo en la maduración, el rendimiento y la calidad del fruto. La aplicación excesiva de nitrógeno produce plantas vigorosas, pero se reduce el cuaje de frutos y el rendimiento total. También aumenta la vulnerabilidad de las plantas y el fruto al ataque de enfermedades al reducir el grosor de la pared celular y la firmeza de la fruta. Los fertilizantes aplicados en exceso se convierten en pérdida económica para el agricultor y ocasionan serios problemas de contaminación.

En las siembras de berenjena en la costa sur de Puerto Rico se recomienda aplicar de 150 a 200 libras de nitrógeno por cuerda. Si el contenido de nitrógeno total en el suelo es alto (mayor que 0.2%), se pueden aplicar 150 libras, divididas en fertigaciones semanales desde el trasplante a la cosecha. Si por el contrario, el contenido de nitrógeno es de mediano a bajo (menor de 0.2%) se recomienda aplicar un total de 200 libras de nitrógeno por cuerda. De este total, el agricultor tiene la opción de aplicar un 25% como abono base presiembra (equivalente a 50 libras de nitrógeno por cuerda) o aplicar la totalidad del nitrógeno a través del sistema de microriego en aplicaciones divididas. El nitrógeno base se debe aplicar presiembra en bandas sobre o incorporado al banco. Se pueden aplicar unas 240 libras de sulfato de amonio, que proveen unas 50 libras de nitrógeno. Si los niveles de fósforo (P) y potasio (K) son de medianos a bajos, se pueden aplicar 5 quintales por cuerda de un abono con formulación 10-10-10 para proveer 50 libras de nitrógeno, 50 libras de P_2O_5 y 50 libras de K_2O .

El programa de fertilización a través del riego (fertigación) se inicia una semana después que se establece la siembra por trasplante y se distribuye hasta una o dos semanas antes de la última cosecha. La frecuencia de aplicación del nitrógeno puede ser cada 7, 10 ó 14 días, de acuerdo a las limitaciones de la finca y la conveniencia para el agricultor. Es importante recordar que las diferentes formas en que el nitrógeno puede estar disponible a las plantas se pierden por los efectos de lixiviación, volatilización o desnitrificación, lo cual reduce la cantidad que puede ser utilizada por el cultivo.

El agricultor debe 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 el trasplante hasta el primer cosecho en la berenjena es de 70 a 80 días. Se pueden dar de 8 a 10 cosechos adicionales a intervalos de unos 7 días, dependiendo de las condiciones de la siembra y el precio de venta. Bajo condiciones normales la plantación de berenjena puede permanecer entre 120 y 180 días en el campo. Utilizando estos valores el agricultor calcula el número de días que debe durar el programa de fertigación. Como el período de fertigación comienza una semana después de la siembra y termina una o dos semanas antes del último

cosecho de berenjena, se deben restar de 14 a 21 días al tiempo que estará la siembra en el campo, por lo que el período de fertigación ajustado puede fluctuar entre 104 y 166 días. El periodo de fertigación ajustado se divide entre la frecuencia de aplicación del fertilizante para determinar el número de fertigaciones durante el ciclo de producción.

La cantidad de nitrógeno que se va a aplicar por cuerda se divide entre el número de fertigaciones para determinar la cantidad que se aplicará. Este valor se divide entre el porcentaje de nitrógeno que posee la fuente que se utilizará para obtener la cantidad en libras que se va a aplicar, ya sea de urea, sulfato de amonio u otra fuente nitrogenada. Una vez se obtiene la cantidad necesaria por aplicación por cuerda, se multiplica por el número o fracción de cuerdas para obtener el valor ajustado para cada área sembrada.

Aplicación mediante el riego por goteo

En suelos de textura arenosa o predios donde se riega frecuentemente es recomendable aplicar el nitrógeno en pequeñas cantidades y con más frecuencia durante la etapa de crecimiento del cultivo. 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 de fertilizantes por cualquiera de estos métodos se debe realizar después de la primera mitad pero antes del último cuarto del periodo de riego. Si se aplica el fertilizante durante la primera mitad del riego hay mayor riesgo de pérdida de nutrientes con mucha movilidad (como el nitrato) que se muevan fuera de la zona de las raíces en respuesta al movimiento lateral y vertical del agua a través del suelo. Por el contrario, si se aplica en el último cuarto se corre el riesgo de que permanezcan en el sistema de riego residuos de fertilizantes que puedan ocasionar 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 reducir esa cantidad en el fertilizante a aplicar.

Entre las fuentes de nitrógeno de uso común en los sistemas de microriego están el sulfato de amonio, la urea, el nitrato de amonio y la formulación 33-0-0 líquida. Las compañías de fertilizantes se mantienen buscando alternativas de fuentes de abono nitrogenadas que puedan utilizarse en los sistemas de microriego. Los suplidores locales de fertilizantes le pueden mantener informado de nuevas fuentes de abono y las fluctuaciones en el precio de cada producto. En el Cuadro 2 se indica el contenido de nutrientes 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	N	Porcentaje promedio de nutrimentos			Solubilidad aproximada en agua a temperature ambiente – gramos en 1 litro de agua
		P ₂ O ₅	K ₂ O	Otros	
<i>Nutrimentos mayores</i>					
Nitrato de amonio	33	-	-	-	1,180
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
<i>Nutrimentos secundarios y menores</i>					
Sulfato de magnesio	-	-	-	9.8 magnesio (Mg)	700
Sulfato magnésico-potásico (sul-po-mag)	-	-	22	10 magnesio (Mg)	-
Sulfato de cobre	-	-	-	25 cobre (Cu)	220
Sulfato ferroso	-	-	-	20 hierro (Fe)	290
Sulfato de manganeso	-	-	-	29 manganeso Mn)	1,050
Molibdato de sodio	-	-	-	40 molibdeno (Mo)	560
Sulfato de zinc	-	-	-	36 zinc (Zn)	750

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

En un suelo donde el contenido de nitrógeno sea de mediano a bajo y se recomiende la aplicación de 200 libras de nitrógeno por cuerda, los cálculos para la aplicación de este nutrimento con las distintas fuentes de abono que suplen este nutrimento son:

- I. Para aplicar 25 por ciento de nitrógeno (200 libras de N x 0.25 = 50 libras por cuerda de abono base) se puede usar uno de los siguientes abonos:
 - a. Formulación de abono 10:10:10 (10% nitrógeno)
50 libras de N ÷ 0.10 = 500 libras por cuerda de la formulación 10:10:10
 - b. Sulfato de amonio (21.5 % nitrógeno)
50 libras de N ÷ 0.21 = 238 (~240) libras por cuerda de sulfato de amonio
 - c. Urea (46% nitrógeno)
50 libras de N ÷ 0.46 = 109 libras por cuerda de urea

II. Algunas alternativas para la aplicación de abono por medio de microirrigación son:

Asumiendo que el cultivo estará en el campo por 161 días y que el nitrógeno se aplicará cada 14 días, a partir de una semana después del trasplante y terminando 14 días antes de la última cosecha, se fertigaría de la siguiente manera:

Procedimiento: Restar los 7 días después del trasplante y los 14 días antes de la última cosecha (21 días en total) al tiempo que se espera que permanezca el cultivo en el campo. Luego se divide entre la frecuencia de fertigación (14 días).

$$161 - 21 = 140 \div 14 = 10 \text{ veces}$$

La aplicación de las restantes 150 libras por cuerda de nitrógeno en las 10 aplicaciones sería a razón de $150 \div 10 = 15$ libras de N por cuerda.

- a. Si se utiliza Urea, se deberá aplicar:
 $15 \div 0.46 = 33$ libras de urea por fertigación por cuerda
- b. Si se utiliza sulfato de amonio, se deberá aplicar:
 $15 \div 0.21 = 71$ libras de sulfato de amonio por fertigación por cuerda
- c. Si se utiliza nitrato de amonio, se deberá aplicar:
 $15 \div 0.335 = 45$ libras de nitrato de amonio por fertigación por cuerda

Si, en lugar de cada dos semanas, se opta por fertigar semanalmente, se aplicaría la mitad del abono: 16.5 libras de urea por cuerda, o 35.5 libras de sulfato de amonio por cuerda, o 22.5 libras de nitrato de amonio por cuerda.

Aplicación para otras áreas geográficas y otros sistemas de riego

En áreas donde se usa el riego por gravedad, por aspersión o por pivote, o donde se dependa de la lluvia se recomienda utilizar abono granular. En este caso se recomienda aplicar 100 libras de nitrógeno presiembra o después del trasplante y 100 libras adicionales al comenzar la florecida. Se recomiendan aplicaciones de fósforo y potasio en suelos con niveles bajos o medianos de estos nutrientes. El uso de formulaciones granulares tales como 10:10:10 ó 10:10:8 es una solución práctica y efectiva para suplir los requisitos nutricionales de nitrógeno, fósforo y potasio del cultivo bajo las condiciones antes descritas.

Elementos menores y uso de bioestimulantes

La aplicación de elementos menores o micronutrientes (Fe, Cu, Zn y Mn) se puede incluir en las prácticas de manejo para evitar las deficiencias de estos elementos en siembras comerciales de berenjena. La deficiencia de un micronutriente perjudica el desarrollo de la planta y la hace susceptible al ataque de enfermedades y plagas. Si los niveles de los elementos menores están bajos, o hay factores que puedan provocar alguna deficiencia, es recomendable aplicar elementos menores en el abono base o hacer un programa de aspersiones foliares

utilizando la dosis recomendada por el fabricante. En aplicaciones foliares las soluciones muy concentradas pueden causar la quemazón de las plantas. El peligro de quemazón puede reducirse evitando la aplicación bajo condiciones de evaporación excesiva 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 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 quelatos ya que a pH alto el hierro y el manganeso tienden a tornarse insolubles rápidamente. 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.

En el mercado hay disponibles compuestos bioestimulantes y reguladores de crecimiento que se aplican durante la etapa de florecida y fructificación para mejorar el tamaño y calidad de la cosecha. Es deseable que el agricultor se mantenga en contacto con los suplidores locales de estos productos para que le orienten sobre los beneficios, disponibilidad, costos y las restricciones de uso que aplican a cada producto en particular.