

Conjunto Tecnológico para la Producción de Tomate¹

ABONAMIENTO² *Prof. Luis Ernesto Rivera³*

Determinación de la fertilidad del suelo

El tomate se puede cultivar en distintos tipos de suelo, siempre que los mismos tengan buen desagüe y fertilidad. La planta de tomate tiene un crecimiento rápido y un largo período de producción, por lo cual el requisito nutricional de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) es alto. Es recomendable analizar el suelo como paso inicial del programa de producción de tomate. El análisis del suelo no necesariamente indica la cantidad absoluta de nutrimentos accesibles a la planta, sino que representa un índice del grado de disponibilidad del nutrimento. Con esta información podemos determinar la cantidad de fertilizante que se debe aplicar para suplementar las reservas del suelo y propiciar un crecimiento, desarrollo y una producción adecuada de la planta de tomate. Además, el análisis de suelo provee información importante sobre la condición de acidez o alcalinidad (pH), el contenido de materia orgánica, sales solubles u otros factores que pueden limitar el crecimiento y desarrollo del tomate (Cuadro 1).

Para poder evaluar el nivel de fertilidad de un suelo hay que obtener una muestra representativa del predio. Las muestras para el análisis del suelo se deben tomar de las primeras seis pulgadas de profundidad del mismo. 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 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.

Una metodología para hacer recomendaciones de fertilización se basa en relaciones entre niveles de aplicación de fertilizantes y medidas correspondientes de rendimiento. La respuesta en rendimiento disminuye con un aumento en la razón de aplicación del fertilizante, según se alcanza el rendimiento óptimo. Hochmuth y Halon (1995) se refieren a este enfoque fisiológico como el requisito nutricional del cultivo (RNC) y lo definen 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. El requisito nutricional del cultivo es equivalente al nivel de fertilización cuando el suelo sufre poca o ninguna cantidad del nutrimento.

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 Tomate de Ensalada* (Publicación 166. Junio 2007).

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

En la costa semiárida del sur de Puerto Rico las siembras de tomate se hacen con tecnología de microriego o goteo y se utiliza el mismo sistema para aplicar nutrimentos mayores, principalmente el nitrógeno (N). En trabajos de investigación realizados en esta zona, no se ha encontrado respuesta del tomate a aplicaciones de fósforo o potasio. Sotomayor y Macchiavelli (2002), utilizando valores de rendimiento relativo graficados contra niveles de fertilización con solanáceas para determinar valores de RNC, no encontraron respuesta a la aplicación de potasio (K) en los suelos dominados por arcilla 2:1 de la costa semiárida sur de Puerto Rico. Esta ausencia de respuesta se puede atribuir a las cantidades abundantes que hay en reserva, debido a la composición mineralógica de los suelos, y a la cantidad de nutrientes que puede aportar el agua de riego y los residuos de aplicaciones anteriores.

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

Parámetro	Nivel en el suelo		
	Bajo	Mediano	Alto
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. Cuarta edición, 1996.)

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 tomate

Es importante preparar un programa de fertilización para cada siembra de tomate y cualquier otro cultivo 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 nutrientes. Un programa de fertilización controlado minimiza el riesgo potencial de contaminación de los recursos naturales, especialmente las fuentes de aguas superficiales y subterráneas. Si se mantienen niveles adecuados de nitrógeno y luz solar para el proceso de fotosíntesis, la planta de tomate crecerá en forma constante y producirá buen rendimiento. Una deficiencia de nitrógeno afectará negativamente el vigor de la planta al afectar la formación de amino ácidos y proteínas esenciales para llevar a cabo los procesos metabólicos. La aplicación excesiva de nitrógeno, por el contrario, provoca un rápido y prolongado crecimiento vegetativo que agota la reserva de carbohidratos en la planta, reduciendo el cuaje de frutos y el rendimiento total. También aumenta la vulnerabilidad de las plantas y el fruto al ataque de enfermedades al provocar una reducción en el grosor de la pared celular y en la firmeza de la fruta. Los fertilizantes aplicados en exceso significan pérdida económica para el agricultor y pueden ocasionar un serio problema de contaminación.

La recomendación de nitrógeno para tomate en la costa sur de Puerto Rico es de 150 a 200 libras por cuerda como cantidad absoluta para cubrir el requisito nutricional del cultivo. Si el contenido de nitrógeno total en el suelo es alto (mayor que 0.2%), se puede aplicar 150 libras, divididas en fertigaciones semanales desde el trasplante hasta 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, se sugiere que se aplique un 25% como abono base antes de la siembra (equivalente a 50 libras de nitrógeno por cuerda). El nitrógeno base se debe aplicar presiembra, en bandas o incorporado al banco. Se sugiere utilizar alguna fuente que libere el nitrógeno en forma controlada para reducir la pérdida por efecto de lavado y/o volatilización. Otra alternativa es aplicar unas 233 libras de sulfato de amonio, que proveen unas 50 libras de nitrógeno.

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 dos semanas antes de la última cosecha. La frecuencia de aplicación del nitrógeno puede variar de siete a catorce días, de acuerdo a las limitaciones de la finca y conveniencia para el agricultor. Es importante recordar que parte del nitrógeno disponible a las plantas se puede perder por efecto de lixiviación, volatilización o desnitrificación, lo cual reduce la cantidad que puede ser utilizada por el cultivo. En cada caso en particular 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 el tomate es de 70 hasta 80 días, dependiendo de la variedad utilizada y del manejo. Luego se pueden hacer de dos a cuatro cosechos, dependiendo de las condiciones de la siembra y el precio de venta en el mercado. Estos estimados indican que la siembra de tomate puede permanecer de 84 hasta 108 días en el campo bajo condiciones normales. Utilizando estos valores el agricultor calcula el número de días que debe durar el programa de fertigación. Si tomamos estos valores en consideración se deben restar 21 días al tiempo que estará la siembra en el campo, por lo que el período de fertigación en el tomate puede fluctuar de 63 hasta 87 días. El período de fertigación ajustado se divide entre la frecuencia de aplicación del fertilizante (puede variar de 7 a 14 días) 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 en cada fertigación. Este valor se divide entre el porcentaje de nitrógeno que posee la fuente que se utilizará para determinar la cantidad en libras que se aplicará, ya sea de urea, sulfato de amonio u otra fuente nitrogenada. Una vez se determina esta cantidad, se multiplica por el número o fracción de cuerdas para determinar la cantidad a aplicar de la fuente nitrogenada por aplicación para el área sembrada.

Al momento de planificar y llevar a cabo la fertilización con nitrógeno en las siembras de tomate 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 fertigación. Las prácticas variables de cultivo, al igual que las diferencias regionales y estacionales entre una finca y otra pueden afectar el vigor y crecimiento de la planta de tomate, así como la disponibilidad y eficiencia de absorción de los nutrimentos.

Aplicación mediante el riego por goteo

En las siembras de tomate en el sur de Puerto Rico mayormente se utiliza microriego y a través de este mismo sistema se aplican 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 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 nutrimentos 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 nutrimentos y la solubilidad de algunas materias primas utilizadas como fertilizantes.

Ejemplos en la aplicación de nitrógeno

Para facilitar la toma de decisiones del agricultor al escoger la fuente y frecuencia de las fertigaciones, se presentan a continuación algunos ejemplos:

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 distintas fuentes de abono que suplen este nutrimento son:

- I. Para aplicar como abono base 25 por ciento del nitrógeno (200 libras totales de N x 0.25 = 50 libras por cuerda de N como abono base), se puede usar uno de los siguientes abonos :
 - a. Formulación de abono granular 10:10:10
50 libras de N \div 0.10 = 500 libras por cuerda de la formulación 10:10:10 (adicional al nitrógeno se estaría aplicando 50 libras de P₂O₅ y 50 libras de K₂O)
 - b. Sulfato de amonio (21.5% nitrógeno)
50 libras de N \div 0.215 = 233 libras por cuerda de sulfato de amonio
 - c. Urea (46% nitrógeno),
50 libras de N \div 0.46 = 109 libras por cuerda de urea

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

Asumiendo que el cultivo estará en el campo por 115 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:

$$115 - 21 = 94 \div 14 = 6.7 \text{ veces (Redondear a 7)}$$

La aplicación de las restantes 150 libras por cuerda de nitrógeno en las siete (7) aplicaciones sería a razón de $150 \div 7 = 21.42$ libras de N por cuerda.

- a. Si se utiliza urea, se deberá aplicar:
 $21.4 \div 0.46 = 46.5$ libras de urea por fertigación por cuerda
- b. Si se utiliza sulfato de amonio, se debe aplicar:
 $21.4 \div 0.21 = 101.9$ libras de sulfato de amonio por fertigación por cuerda
- c. Si se utiliza nitrato de amonio, se debe aplicar:
 $21.4 \div 0.335 = 63.88$ libras de nitrato de amonio por fertigación por cuerda

Si se opta por fertigar semanalmente, en vez de cada dos semanas, en cada ocasión se aplicaría la mitad del abono antes mencionado: 23 libras por cuerda de urea, 51 libras por cuerda de sulfato de amonio, o 32 libras por cuerda de nitrato de amonio.

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

Material <u>Nutrimentos mayores</u>	<u>Porcentaje promedio de nutrimentos</u>				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	-	-	-	1,180
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
Acido 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
<u>Nutrimentos secundarios y menores</u>					
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 manganeso (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 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 del cultivo bajo las condiciones antes descritas. También se puede utilizar muriato de potasio (60% K₂O) o superfosfato triple (46% P₂O₅) para suplir el potasio y fósforo, respectivamente.

Elementos menores y uso de bioestimulantes

La utilización de 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 tomate. 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 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 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. Los microelementos también se pueden aplicar foliarmente en forma de sulfatos. 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 los porcentajes de N, P₂O₅ y K₂O que tienen estas fuentes. En suelos ácidos pueden ocurrir deficiencias de microelementos (hierro específicamente), por lo que se recomienda aplicar sales de hierro por el sistema de riego. En suelos ácidos el contenido de hierro total puede ser alto, pero no necesariamente así el contenido de hierro disponible. Por tal razón se deben hacer aplicaciones de hierro para evitar problemas de deficiencia.

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 les orienten sobre los beneficios, disponibilidad, costos y las restricciones de uso que aplican a cada producto en particular. La eficiencia de muchos de estos productos *no ha sido probada científicamente*.

Análisis de tejido y savia

El análisis de tejido y las pruebas de savia (*'sap test'*) revelan el estado nutricional de la planta en un momento dado. Estas pruebas son de gran ayuda para guiar el manejo de fertilizantes y para diagnosticar deficiencias nutricionales durante las diferentes etapas de crecimiento del tomate. En ambos métodos de monitoreo la calidad y confiabilidad de los datos están directamente relacionadas con la calidad de la muestra tomada. La muestra debe tener por lo menos 20 hojas recién maduras, completamente desarrolladas y saludables. Seleccione plantas que sean representativas de las distintas áreas del campo. En el Cuadro 3 se presenta una guía para analizar la concentración foliar de nutrimentos para las distintas etapas de desarrollo del tomate.

Podemos encontrar distintos equipos comerciales para hacer análisis “rápidos” de nitrógeno y potasio utilizando la savia de la planta (*'sap test'*). Estos equipos deben ser calibrados para que los valores de la escala de concentración se ajusten a las condiciones de clima y suelo de cada área en particular. Algunas concentraciones sugeridas para las distintas etapas de desarrollo del tomate se presentan en el Cuadro 4.

Desórdenes nutricionales

Los desórdenes nutricionales son el resultado del suministro inadecuado o en exceso de nutrimentos como consecuencia de las características del suelo y clima, o fallas en las aplicaciones de fertilizantes. La disponibilidad de los nutrimentos, además, está influenciada por el pH, la humedad, la temperatura y el balance entre los elementos que contiene el suelo. Los síntomas visuales de los desórdenes nutricionales se presentan en las hojas, tallos y frutos. El Cuadro 5 presenta los síntomas comunes de desórdenes nutricionales en la planta de tomate y las condiciones que los favorecen. En el Cuadro 6 se presentan algunas recomendaciones para la aplicación foliar de nutrimentos.

Cuadro 3. Guía para análisis foliar: Concentración foliar de nutrimentos en la hoja de tomate (hoja y peciolo recién maduro).

Etapa de desarrollo	Nivel	-----valores en %-----						-----valores en ppm-----					
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
Etapa de 5 Hojas	Deficiente	<3.0	0.3	3.0	1.0	0.3	0.3	40	30	25	20	5	0.2
	Rango Adecuado	3.0	0.3	3.0	1.0	0.3	0.3	40	30	25	20	5	0.2
		5.0	0.6	5.0	2.0	0.5	0.8	100	100	40	40	15	0.6
Alto	>5.0	0.6	5.0	2.0	0.5	0.8	100	100	40	40	15	0.6	
Primera flor	Deficiente	<2.8	0.2	2.5	1.0	0.3	0.3	40	30	2.5	20	5	0.2
	Rango Adecuado	2.8	0.2	2.5	1.0	0.3	0.3	40	30	25	20	5	0.2
		4.0	0.4	4.0	2.0	0.5	0.8	100	100	40	40	15	0.6
	Alto	>4.0	0.4	4.0	2.0	0.5	0.8	100	100	40	40	15	0.6
Tóxico (>)								1500	300	250			
Cuaje temprano de la fruta	Deficiente	<2.5	0.2	2.5	1.0	0.25	0.3	40	30	20	20	5	0.2
	Rango Adecuado	2.5	0.2	2.5	1.0	0.25	0.3	400	30	20	20	5	0.2
		4.0	0.4	4.0	2.0	0.5	0.6	100	100	40	40	10	0.6
	Alto	>4.0	0.4	4.0	2.0	0.5	0.6	100	100	40	40	10	0.6
Tóxico (>)										250			
Primera fruta madura	Deficiente	<2.0	0.2	2.0	1.0	0.25	0.3	40	30	20	20	5	0.2
	Rango Adecuado	2.0	0.2	2.0	1.0	0.25	0.3	40	30	20	20	5	0.2
		3.5	0.4	4.0	2.0	0.5	0.6	100	100	40	40	15	0.6
Alto	>3.5	0.4	4.0	2.0	0.5	0.6	100	100	40	40	10	0.6	
Período de Cosecha	Deficiente	<2.3	0.2	1.5	1.0	0.25	0.3	40	30	20	20	5	0.2
	Rango Adecuado	2.0	0.2	1.5	1.0	0.25	0.3	40	30	20	20	5	0.2
		3.0	0.4	2.5	2.0	0.5	0.6	100	100	40	40	10	0.6
Alto	>3.0	0.4	2.5	2.0	0.5	0.6	100	100	40	40	10	0.6	

Fuente: Simonne, E. H. and G. J. Hochmuth 2002. Fertilizer and Nutrient Management for Tomato, University of Florida, Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Science

Cuadro 4. Concentraciones sugeridas para las distintas etapas de desarrollo del tomate.

Etapa de Crecimiento	Concentración en la savia (ppm)	
	NO ₃ -N	K
Primeros brotes	1000 - 1200	3500 - 4000
Primera flor abierta	600 - 800	3500 - 4000
Frutas de 1 pulgada de diámetro	400 - 600	3000 - 3500
Frutas de 2 pulgadas de diámetro	400 - 600	3000 - 3500
Primera Cosecha	300 - 400	2500 - 3000
Segunda Cosecha	200 - 400	2000 - 2500

Cuadro 5. Desórdenes nutricionales en tomate y condiciones que lo favorecen

Nutrimiento (elemento)	Síntoma visual	Condiciones que lo favorecen
Nitrógeno	Clorosis general que inicia en las hojas viejas y se mueve a las hojas nuevas, las cuales cambian de un color verde claro a amarillo. El tallo se vuelve delgado, se observa una restricción en crecimiento y pérdida de las hojas viejas.	Fertilización inadecuada, suelos con bajo contenido de materia orgánica, lluvia ácida, cubierta vegetativa sin descomponer, volumen restringido de sustrato en el caso de producción en tiestos.
Fósforo	Se observa un crecimiento lento y madurez tardía. Los tallos son flacos y cortos. Las hojas y pecíolos desarrollan una coloración púrpura, primero en la superficie inferior, en la vena central y luego en toda la hoja.	Temperaturas bajas, compactación del suelo, suelo ácido o alcalino, fertilización inadecuada y suelos con exceso de humedad.
Potasio	El margen de la hoja se observa reseco, con quemazón o puntos necróticos. El margen se torna marrón y se enrosca hacia abajo. Se observa restricción en crecimiento y áreas cloróticas por toda la hoja. Los síntomas comienzan primero en las hojas recién maduras; luego es más pronunciado en las hojas viejas y finalmente aparece en las hojas nuevas. Los síntomas son comunes tarde en el periodo de crecimiento debido a la translocación de potasio hacia la fruta en desarrollo.	Suelos livianos o arenosos, lavado excesivo por lluvia, suelos ácidos, suelos orgánicos y fertilización inadecuada.
Calcio	Los síntomas de deficiencia de calcio inician en los puntos de crecimiento. Las hojas en formación desarrollan clorosis intervenal, necrosis en el margen y muerte de los puntos terminales de crecimiento. Los márgenes de las hojas en los puntos de crecimiento muestran síntomas de deficiencia, mientras que las hojas viejas permanecen verdes. Una deficiencia en la fruta causa la condición conocida como “ <i>blossom-end rot</i> ”.	Suelos ácidos, alta concentración de cationes competitivos: K ⁺ , NH ₄ ⁺ , y Mg ²⁺ en solución, baja humedad en el suelo, salinidad, alta humedad atmosférica.
Magnesio	Los síntomas de deficiencia de magnesio se caracterizan por una clorosis intervenal de las hojas viejas que gradualmente pasa a las hojas jóvenes. La vena principal de la hoja se mantiene verde, aun cuando el área intervenal se debilita y se necrotiza. Pueden aparecer síntomas de deficiencia en las hojas viejas cuando ocurre mucho cuaje de fruto, como resultado de la traslocación de magnesio hacia los tomates en desarrollo.	Suelos ácidos, suelos arenosos, alta concentración de cationes competitivos: K ⁺ , NH ₄ ⁺ , y Mg ²⁺ en solución, o suelos sujetos a lavado.
Azufre	Hojas uniformes de color verde claro que cambian a un tono amarillo. Se observa un crecimiento lento y pobre. La deficiencia de azufre y nitrógeno son similares en apariencia. La deficiencia de nitrógeno aparece primero en las hojas viejas, mientras que la deficiencia de azufre aparece primero en las hojas jóvenes y luego la clorosis se desarrolla en toda la planta.	Alta precipitación, suelos arenosos, suelos con bajo contenido de materia orgánica.

Nutrimiento (elemento)	Síntoma visual	Condiciones que lo favorecen
Boro	Los síntomas de deficiencia pueden ocurrir tanto en la planta como en la fruta. Los efectos en la planta son fragilidad del follaje, amarillamiento de la punta terminal de la hoja y necrosis o muerte de los puntos terminales de crecimiento. Se observa una pobre florecida. Los síntomas en la fruta incluyen el desarrollo de áreas de corcho alrededor del pedúnculo, frutas de apariencia áspera, hendiduras o moteadas.	Suelos ácidos, suelos alcalinos, baja humedad en el suelo, suelos orgánicos, suelos arenosos con bajo contenido de materia orgánica.
Cobre	Marchitamiento de las hojas jóvenes seguido de clorosis y necrosis. Esta deficiencia es rara en tomate.	Suelos orgánicos, suelos ácidos, suelos alcalinos, suelos arenosos o sujeto a lavado excesivo.
Hierro	Clorosis intervenal en las hojas jóvenes, comenzando en la base de la hoja y progresando hacia la punta. Las hojas jóvenes se tornan amarillas o blancas según progresa la deficiencia.	Suelos alcalinos, suelos compactados, excesiva concentración de otros metales pesados.
Manganeso	La deficiencia de manganeso es parecida a la deficiencia de hierro. Clorosis del tejido intervenal de las hojas jóvenes es seguido de necrosis en el área intervenal. Las venas de las hojas, sin embargo, se mantienen bastante verdes.	Suelos alcalinos (pH mayor de 6.7).
Molibdeno	Clorosis intervenal y necrosis del margen en las hojas viejas. Las venas se mantienen verde pálido. El mismo síntoma progresa a las hojas nuevas de la planta.	Suelos ácidos, suelos alcalinos.
Zinc	Los síntomas iniciales de la deficiencia se presentan en hojas anormalmente gruesas, pequeñas y con una leve clorosis intervenal. En casos severos los peciolo torcidos hacia abajo se entrelazan en forma de espiral. Las hojas inferiores muestran una clorosis marrón rojiza con áreas necróticas. Se observa falta de crecimiento.	Suelos orgánicos, suelos alcalinos, suelos ácidos, suelos sujetos a lavado excesivo, suelos con bajo contenido de materia orgánica.

Cuadro 6. Recomendaciones para aplicación foliar de nutrimentos.

Nutrimiento	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, 4th ed., D. Maynard and G. Hochmuth (eds.), 1996.		

Referencias

- 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, 1995. Commercial vegetable crop nutrient requirements in Florida. Florida Coop. Extension Service, Circ. SP 177.
- Hochmuth, G. J. y E. A. Hanlon, 2000. Commercial Vegetable Fertilization Principles. Univ. of Florida, Cooperative Extension Service Circular 225E. Institute of Food and Agricultural Sciences. <http://edis.ifas.ufl.edu/cv009>
- 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>
- Jones, J. B., J. B. Jones, R. E. Stall y T. A. Zitter, 1991. Compendium of tomato diseases. APS Press. The American Phytopathological Society, pages 60-63.
- Lorenz, O. A. y D. N. Maynard, 1988. Knott's Handbook for Vegetable Growers. Wiley-Interscience, New York.
- Maynard, D. N. y G. J. Hochmuth, 1997. Knott's Handbook for Vegetable growers. 4th ed. Wiley Interscience, New York, 390 pp.
- Peet, M., 2003. Sustainable Practices for Vegetable Production in the South. www.cals.ncsu.edu/sustainable/peet/profiles/pp_toma.html
- Simonne, E. H. y G. J. Hochmuth, 2002. Fertilizer and Nutrient Management for Tomato, Univ. of Florida, Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, <http://edis.ifas.ufl.edu>
- Sotomayor Ramírez, D. y R. E. Macchiavelli, 2002. Interpretations of field fertility research on Solanaceae in Puerto Rico. Journal of Agriculture University of Puerto Rico. Vol. 86 No. 3 -4 (July and October), pages 95-113.