

I. NUTRICIÓN VEGETAL BALANCEADA Y RIEGO POR GOTEO EN CULTIVOS HORTÍCOLAS

M.C. Mauricio Navarro García

**Asesor Técnico Independiente en Fertirrigación
Estado de Guanajuato**

Buenvista, Saltillo, Coahuila, 7 de Octubre del 2002

NUTRICIÓN VEGETAL BALANCEADA Y RIEGO POR GOTEO EN CULTIVOS HORTÍCOLAS

M.C. Mauricio Navarro García¹

Fertirrigación

Se entiende por fertirrigación la aplicación de sustancias nutritivas (iones minerales, compuestos orgánicos, vitaminas, aminoácidos, mejoradores, bioactivadores, hormonas, ácidos, etc.) necesarios por los vegetales en el agua de riego, aplicándolos en la cantidad, proporción y forma química requerida por las plantas según su etapa fenológica, ritmo de crecimiento y acumulación de materia seca, a tal manera que se logre a corto y largo plazo altos rendimientos con calidad y el mantenimiento de un adecuado nivel de fertilidad general en el suelo (Navarro, 1997).

Nutrición Vegetal Balanceada

El balanceo de nutrimentos es el arte de manipular a todos aquellos elementos minerales, orgánicos y agua, requeridos por los cultivos hortícolas, ordenando y proporcionando estos conforme a las necesidades fisiológicas de la planta según su etapa fisiológica, formas químicas preferenciales del cultivo, cantidad, calidad, época de aplicación y proporción entre si adecuados. (Navarro, 2000).

El principio básico de la nutrición vegetal balanceada es el monitoreo de los elementos minerales en agua, suelo y planta utilizando para esto una serie de análisis y técnicas de nutrición tales como: análisis de suelo, análisis de agua, análisis de solución del suelo, análisis foliar, análisis de extracto celular de pecíolo y análisis bromatológicos entre los importantes. Se parte del establecimiento de estándares y concentraciones óptimas para cada tipo de análisis, cultivo y etapa fenológica en donde se requiere la ayuda de un laboratorio especializado con el cuál se calibra e interpreta conjuntamente los diferentes tipos de análisis. Los propósitos básicos del análisis vegetal son la predicción de futuros problemas nutrimentales, el monitoreo para conocer la dinámica nutrimental y el diagnóstico para evaluar las posibles causas de un desarrollo fisiológico restringido por alguna deficiencia, exceso o problema del orden nutrimental.

¹asesor técnico independiente responsable de servicios técnicos especializados en fertirrigación de cultivos hortícolas
Inicialmente se realizan como prerrequisito básico un análisis completo de suelo el cuál incluya fertilidad, salinidad y físico y un análisis químico y físico del agua de riego, en base

a estos análisis se realiza el programa de fertirrigación y se toma la decisión de realizar una fertilización de fondo si es que el nivel de fertilidad inicial no es el adecuado de acuerdo a los requerimientos del cultivo.

El programa de fertirriego deberá ser realizado previo conocimiento de la extracción media de nutrimentos por tonelada, duración de etapas fenológicas y acumulación de materia seca, y este solo servirá de base para que durante el transcurso del cultivo se realicen los ajustes correspondientes según la respuesta del cultivo a la aplicación de cierto ritmo de fertilización y al acercamiento que esta fertilización tenga con los estándares óptimos de concentración.

Así pues, si el ritmo planeado de fertilización se encuentra cercano a una concentración óptima, se mantiene el mismo ritmo de aplicación. Si el ritmo de aplicación de fertilizantes se encuentra por debajo de la concentración óptima, se incrementa el ritmo de aplicación o se busca la posibilidad de algún bloqueo de elementos, antagonismo o forma química equivocada. Si el ritmo actual de fertilización se encuentra según resultados de los análisis correspondientes por encima del nivel óptimo entonces se reduce el ritmo de aplicación o se suspende la fertilización según el criterio agronómico del técnico evaluador.

En la Figura 1.1 se muestra la manera de llevar a cabo los balances nutrimentales.

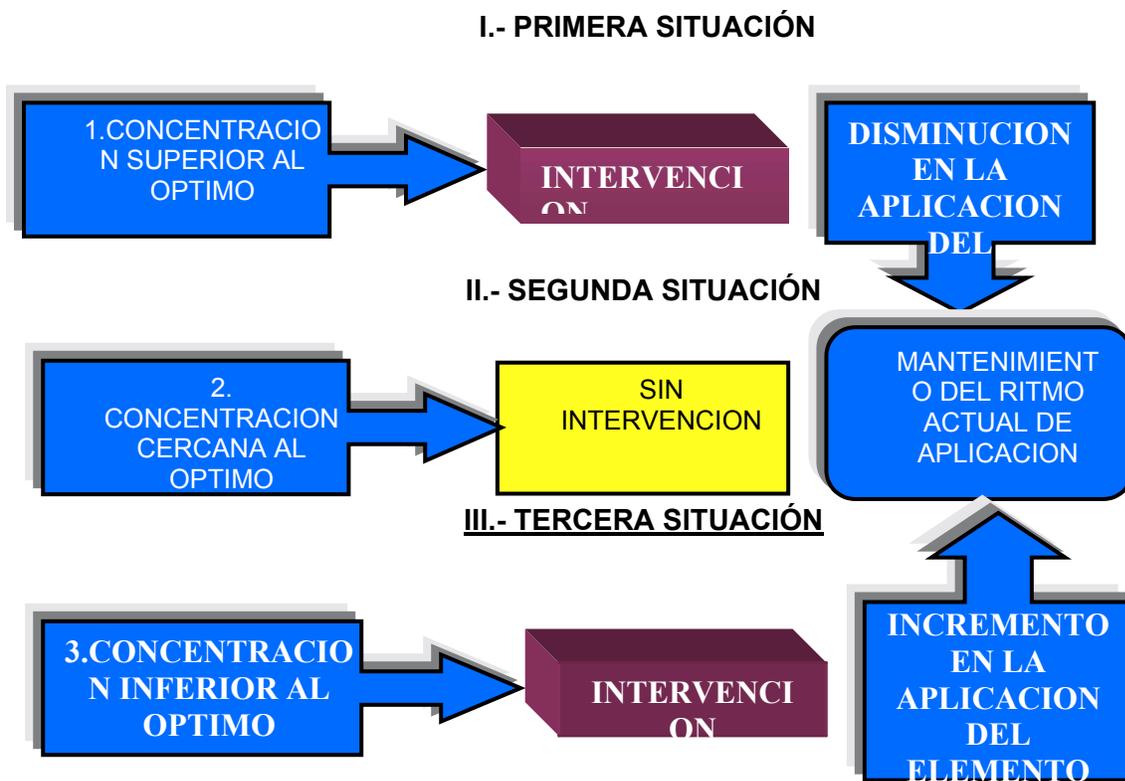


Figura 1.1 Situaciones básicas que se encuentran en la interpretación de análisis nutrimentales.

Es importante mencionar que las antiguas fórmulas de fertilización N-P-K generalizadas para todas las condiciones de un cultivo, actualmente ya no se utilizan en cultivos de alto rendimiento, ahora con la existencia del análisis vegetal como técnica de diagnóstico y debido a la gran demanda de información técnica verídica y nacional referente a la nutrición de cultivos hortícolas, se puede suministrar al cultivo un abasto continuo y adecuado de nutrientes minerales esenciales y complementarios basados en el análisis vegetal, el cuál permite el uso del contenido mineral de las plantas como indicador de su estado nutrimental y fisiológico, lo cuál está directamente relacionado con la obtención de precocidad, altos rendimientos y buena calidad en las cosechas.

Actualmente debido a esta gran demanda de los actuales sistemas de fertirrigación con cultivos de alto potencial de rendimiento se ha mejorado fuertemente la disponibilidad de información requerida para el análisis nutrimental, la disponibilidad y acceso a

diferentes análisis vegetales y de suelo así como la instrumentación analítica y tecnificación de los actuales laboratorios .

Los análisis recomendados en un ciclo de cultivo hortícola son los siguientes:

- ↓# Pre-establecimiento.- Análisis completo de suelo , Análisis físico-químico de agua y Análisis fitopatológico completo en suelo
- ↓# Post-transplante.- Análisis de solución de suelo, Análisis de la disolución fertilizante.
- ↓# Crecimiento.- Análisis de Extracto de Pasta Saturada, Análisis Foliar y Análisis de la disolución fertilizante.
- ↓# Fructificación.- Análisis de Extracto de Pasta Saturada, Análisis Foliar, Análisis de Extracto Celular de Pecíolo y Análisis Bromatológico.

Es importante que el propio técnico aprenda a determinar sus propios estándares de interpretación de resultados o que este en estrecha relación con alguna institución de investigación agrícola pública o privada que cuente con un laboratorio de análisis químico especializado y de reconocido prestigio, ya que sería un grave error interpretar resultados y tomar decisiones relacionadas a la fertirrigación y nutrición balanceada en base a comparativos de cultivos hortícolas europeos, debido a que mucha de la literatura existente proviene de estos países y esta es de gran validez pero no aplica en su totalidad en nuestros cultivos y condiciones. Como último recurso si el técnico no dispone de estándares para la interpretación de análisis vegetales de algún cultivo no muy comercial y este detecta problemas de orden nutricional, podrá tomar muestras de una planta completamente sana y bien nutrida y muestras de una planta deficiente y realizar una comparación de los valores obtenidos para cada elemento mineral, pero posteriormente deberá ponerse en contacto con algún especialista en fertirrigación o con alguna institución de investigación para proceder a determinar la información pertinente al cultivo.

Principales Relaciones Agua-Suelo-Planta

Las relaciones entre el agua, suelo y plantas que son de particular importancia en la horticultura y que forman parte indispensable de los fundamentos técnicos que los agrónomos especialistas en nutrición deben manejar, son:

1. La capacidad del suelo para retener agua y permanecer bien drenado.
2. Las características del flujo del agua en los suelos.
3. Las propiedades físicas del suelo incluyendo el contenido de materia orgánica, profundidad del suelo, textura del suelo y estructura del suelo.
4. Las propiedades químicas del suelo incluyendo la concentración de sales solubles y nutrimentos debido al movimiento, uso y evaporación del agua localizada en el suelo.

El conocimiento de todas esas relaciones y como ellas están relacionadas entre sí es de gran importancia para todos aquellos que deseen mejorar las actividades de la fertirrigación y obtener el mejor y más eficiente uso del agua y fertilizantes

Técnicas de Nutrición Vegetal Usadas Como Base para la Toma de Decisiones en el Balance de Nutrimentos en los Actuales Sistemas de Fertirrigación

Actualmente existen numerosas herramientas que técnicos y agricultores dedicados a la fertirrigación de cultivos hortícolas pueden utilizar para llevar a cabo un manejo adecuado del proceso de fertirrigación, entre las más importantes se encuentran:

Los Análisis de Agua de Riego (Solución de Riego)

Conociendo las características de las aguas de riego se puede adecuar su pH, neutralizando bicarbonatos, dosificando los fertilizantes de acuerdo con sus contenidos y considerando los elementos en exceso para reducir su efecto negativo modificando adecuadamente los niveles de algunos nutrimentos. Por otra parte puede preverse la incidencia de su composición en la permeabilidad del suelo en función de parámetros como su textura y capacidad de fijación de sodio. El contenido de sales presentes en el agua de riego (solución de riego) utilizadas en sistemas de riego presurizado pueden presentar problemas de precipitaciones y taponamiento de goteros (Fósforo-Calcio) si el tratamiento previo a estas no es el correcto.

Además de esto, es importante conocer el contenido mineral del agua, pues en ciertos casos las aportaciones de elementos pueden ser un complemento en el programa de fertirrigación (NO₃, Ca, Mg ,etc) y en otros casos nos dan lugar a problemas de toxicidad (Boro, Cloro, Sodio).

El nivel de salinidad y la conformación por los diferentes elementos de esta es un criterio esencial en la selección del sistema de riego, ya que con aguas de alta salinidad algunos sistemas de riego no deberían utilizarse.

La determinación de las necesidades de lavado adicional en aguas salinas, es muy importante para evitar problemas al incrementarse el potencial de solutos fuera de los límites fisiológicos que la planta permite.

Otro dato importante es el conocimiento de la presencia de partículas sólidas, arenas, algas, materia orgánica u otros, para determinar la capacidad y tipo de filtrado que ha de requerir el sistema y como medida para evitar futuras obturaciones, siendo el criterio que los orificios de filtración deberán ser 10 veces mas pequeños que la partícula mayor encontrada en el agua de riego, por lo que a demás del análisis químico se deberá realizar un análisis físico cuando menos al momento de establecer un sistema de riego por goteo.

Los Análisis de Suelo

Para comprender la productividad del suelo, se debe reconocer las relaciones suelo-planta existentes. Algunos de los factores externos que controlan el crecimiento de las plantas son: aire, calor (temperatura), luz, soporte mecánico, nutrimentos y agua. La planta depende del suelo en forma total o parcial para el suministro de estos factores, con excepción de la luz. Cada uno de ellos afecta en forma directa el crecimiento de la planta. Cada uno de ellos esta relacionado con los demás.

La fertilidad del suelo es vital para un suelo productivo. Un suelo fértil no tiene necesariamente que ser un suelo productivo. Drenaje insuficiente, insectos, plagas, sequía y otros factores pueden limitar su producción, aún teniendo fertilidad adecuada. Para comprender mejor la fertilidad del suelo, debemos en primer lugar conocer los otros factores que favorecen o limitan la productividad.

Los análisis de suelo han sido y seguirán siendo por muchos años una de las mejores herramientas con las que cuenta el agrónomo para cultivos implantados en el suelo. Los análisis de suelo son el primer tipo de análisis que debe realizarse antes de comenzar la campaña de fertirrigación.

Deben realizarse cuando menos 3 análisis de suelo uno al inicio del programa, otro a la entrada a producción y al finalizar el programa de fertirrigación, para así de esta manera analizar la dinámica del contenido de nutrimentos en el suelo, esto con el fin de conocer el balance de entradas y salidas de nutrimentos y el establecimiento de programas de mejoramiento a largo plazo.

Hay tres partes básicas que deberán conformar un buen análisis de suelo

- 1.- Análisis de fertilidad
- 2.- Análisis de extracto de pasta saturada (salinidad)
- 3.- Análisis físico.

La interpretación de los resultados es de especial interés, debiéndose ajustar los resultados con el suficiente criterio agronómico, en base a las características de la línea de producción por establecer, tipo de suelo, extracción media de nutrimentos por el cultivo y el tipo de cultivo.

Los análisis de suelo nos permiten realizar las aportaciones previas para hacer más eficaz la fertirrigación, determinar la fertilización de fondo que normalice los índices de fertilidad del suelo, y conocer los niveles de reserva, fundamentalmente fósforo y potasio.

Los valores encontrados en los análisis de suelo nos indican lo que potencialmente el suelo le puede aportar al cultivo, dado que para poder iniciar un buen programa de fertirrigación es necesario contar con un nivel de fertilidad mínimo aceptable en el suelo, según los requerimientos del cultivo.

El extracto de saturación del suelo o sustrato nos informa sobre la disponibilidad real de nutrimentos para la planta junto con los niveles de reserva de fósforo y potasio determinados en dicho suelo o sustrato. De los datos correspondientes podremos deducir las correcciones a efectuar en la disolución fertilizante. Por otra parte, las sales disueltas

en el extracto de saturación nos permitirán recomendar un régimen de lavados en cuanto a su frecuencia y cuantía. Es recomendable realizar el extracto de saturación en el laboratorio saturando el suelo o sustrato con la propia disolución fertilizante, puesto que ésta, en la práctica, se aplica todos los días y la interacción se debería estudiar después de regar con la disolución y no con el agua de riego, entonces los resultados estarán más próximos a la realidad (Cadahía, 1998).

Los Análisis de la Solución Fertilizante

El análisis de la solución fertilizante se realiza en las muestras recogidas de los goteros en la cinta de riego durante la fertilización para comprobar que todos los procesos de disolución, dilución y adecuación de pH y C.E. (Conductividad Eléctrica) se han hecho correctamente.

La solución nutritiva es la disolución en agua de los nutrientes necesarios para la alimentación de la planta, que deben estar en forma asimilable, en concentración y en proporción adecuada. Esta solución deberá contener los nutrientes disponibles para el cultivo, considerando que un mismo elemento mineral puede presentar diversas formas químicas de las cuáles solo alguna o algunas pueden ser absorbidas eficientemente por la planta. En general la forma asimilable de un nutriente será la que se encuentre soluble en agua de forma natural en un suelo fértil.

Los Análisis de la Solución del Suelo

Los análisis de solución del suelo nos ayudan a conocer la interacción entre la disolución de nutrientes aplicada y el suelo o sustrato, verificando pH, C.E. y elementos minerales de interés en general. La proporción o equilibrio químico adecuado en la solución del suelo puede influir en el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

La solución del suelo es el intermediario nutritivo entre el complejo absorbente del suelo y la planta, la composición de la solución del suelo es variable según el tipo de suelo, la riqueza en elementos nutritivos (fertilización), la estación, y el grado de humedad del suelo. El contenido de elementos minerales en la solución del suelo es de particular interés, puesto que la planta absorbe dichos elementos de ahí, dependiendo esto en gran parte de su concentración .

La cantidad de elementos disponibles para las plantas dependerá del desplazamiento en masa de la solución, y de la difusión mantenida en las cercanías de las raíces por el gradiente de concentración producido por su funcionamiento.

Los Análisis Foliares

El análisis foliar nos informa sobre la respuesta de la planta a la nutrición y confirma las correcciones necesarias para optimizar el proceso de fertirrigación. Sirve así mismo, como índice de referencia comparativo de nutrición. También permite hacer un seguimiento de las reservas de la planta representadas por el porcentaje de almidón (Cadaña, 1998).

Uno de los parámetros que nos ayudan para el manejo de la fertirrigación de los cultivos, es el diagnóstico foliar. Se cuenta con gran diversidad de información referente a los niveles óptimos de concentración en elementos minerales en las plantas mediante el análisis de hojas y pecíolos.

Los Análisis de Extracto Celular de Pecíolo (Savia)

Los análisis de savia nos permiten conocer el ritmo de nutrición como índice de la respuesta de la planta a los nutrientes contenidos en el suelo o sustrato saturado con la disolución fertilizante. La evaluación rápida de la respuesta de la planta permite efectuar correcciones y optimizar la nutrición durante el ciclo de cultivo. Por otra parte, se deben considerar los análisis de savia para cultivos leñosos, dado que los índices de reserva representados por el nitrógeno de aminoácidos y proteínas y la concentración de azúcares en la savia correspondiente al jugo extraído de tejidos conductores, pueden servir como indicadores del estado nutricional del cultivo (Cadaña, 1998).

El análisis de la planta puede ser considerado como un medio clásico de control de la nutrición y de la fertilización de los vegetales cultivados. El órgano de referencia comúnmente utilizado para hacer este control, es la hoja, la razón evidente de su generalización bajo el nombre de " Diagnóstico Foliar " viene del hecho de que se trata de la parte de la planta más fácil de tomar y, sobre todo, fácil de determinar su nivel o posición sobre el vegetal.

Sin embargo, no es evidente que esta sea la mejor opción: en efecto, para vegetales que producen una biomasa importante en un corto lapso, la composición de la hoja varía muy

lentamente con respecto a la velocidad de crecimiento de la planta. Las hojas no constituyen, pues, un órgano de referencia lo bastante sensible para evaluar el estado nutricional de las plantas con rápido crecimiento.

Contrariamente, es evidente que los tejidos conductores (tallos, pecíolos, brotes axilares), están en relación permanente y directa entre la “ Fuente de aprovisionamiento” (sistema radical) y las “ Zonas de utilización” de los elementos minerales (hojas y frutos), y constituyen un indicador mejor adaptado a hortalizas con rápida producción de biomasa (Burgueño, 1994).

Los Análisis Bromatológicos

El analizar minerales, carbohidratos, aminoácidos y proteínas en planta y fruta es una nueva técnica recientemente usada como apoyo el guía de la fertirrigación. El conocer por ejemplo la composición N-P-K en fruta da una gran idea de las extracciones de estos elementos y la composición de la fruta con respecto a otras especies químicas de interés puede ayudar de gran manera al servir como un término de mera referencia al dar idea no solo de las extracciones de elementos si no de la preferencia de las diferentes plantas por ciertos elementos y su capacidad para acumular ciertas sustancias.

Consideraciones Generales en la Utilización de Análisis de Suelo, Agua y Planta Como Medio para Controlar la Nutrición Vegetal

- ↓# Los diferentes análisis descritos hasta ahora no compiten entre sí, ni significa que uno se a mejor que otro, mas bien son complementarios y dependiendo de la superficie establecida, el tipo de cultivo y la disponibilidad de laboratorios, se seleccionaran los mas adecuados.
- ↓# Los análisis vegetales dado su bajo costo y la gran cantidad de decisiones que ayudan a tomar son altamente rentables y de gran productividad, sobre todo en hortalizas de alto rendimiento en donde se llevan a cabo fuertes programas de fertirrigación, con fertilizantes caros de alta calidad.
- ↓# El especialista en fertirrigación y nutrición vegetal deberá seleccionar entre toda la gama de análisis mencionados, no significa que se deban utilizar todos los análisis en todos los cultivos. Por ejemplo si se trata de un ciclo de Calabacita de 45 días bastará con un análisis de suelo y agua inicial y posteriormente un Análisis Foliar.

↓# Los principales errores en el balanceo de nutrimentos y fertirrigación en general son originados por una técnica de muestreo equivocada, una mala preparación y análisis del material recolectado o por la falta de criterio agronómico de parte del técnico o persona encargada del muestreo. Por esta razón el muestreo viene a constituir una de las partes mas importantes y quizás el punto débil del análisis nutrimental, por lo que “el análisis nunca deberá ser mejor que la muestra”. (Jackson,1976)

Recomendaciones de Fertilización

Las recomendaciones de fertilización se realizarán en función del análisis de suelo, agua de riego y planta como se ha venido explicando. Una vez elegidos los fertilizantes mas adecuados podrán calcularse la dosis a recomendar en las fórmulas de fertilización. Se evaluarán las interacciones suelo-agua de riego y para el fertilización tradicional se cubrirán las exportaciones específicas de cada cultivo.

Las normas generales que comprenden las recomendaciones de fertilización pueden resumirse en los siguientes apartados:

↓# La recomendación se hará para un cultivo, suelo o sustrato y unas condiciones climáticas definidas.

↓# Además de las aportaciones, el fertilización completo se calculará sumando las aplicaciones necesarias para mejorar u optimizar los índices de fertilidad del suelo y las exportaciones de cada cultivo. Por otra parte, pueden preverse factores de corrección por pérdidas o ganancias de nutrimentos en el suelo por causas naturales.

↓# Se seleccionarán los fertilizantes mas adecuados para la fertilización de fondo. Se fijarán las épocas de aplicación según el cultivo.

↓# La fertilización se definirá por las exportaciones de cada cultivo, que se obtendrán por el método tradicional en función de los rendimientos estimados y las concentraciones de nutrimentos en la cosecha. Para el método de fertirrigación las exportaciones de nutrimentos para cada cultivo se cubrirán aplicando en el riego las concentraciones adecuadas de nutrimentos en las disoluciones fertilizantes que se fabrican en el cabezal de riego.

↓# Si la fertilización se realiza por el sistema de fertirrigación, el fertilizante de fondo debe ser de menor cuantía e incluso nulo según el caso. En este caso, si se hace fertilización de fondo sería deseable aplicar abonos organominerales o fertilizantes de lenta liberación en dosis relativamente bajas, puesto que tanto este tipo de fertilización

de fondo como la fertirrigación cubren el objetivo de evitar excesos de fertilización y por lo tanto evitar contaminaciones del medio de cultivo y de los acuíferos.

Literatura Citada

Burgueño C. 1994. Fertirrigación de cultivos Hortícolas. Manual Teórico-Práctico

Cadahía, C.1998. Fertirrigación de cultivos Hortícolas y ornamentales. Editorial Mundiprensa. Madrid.

Navarro G.M. 1999. Los análisis de Savia en Chile Poblano cultivado con fertirrigación en el norte del Estado de Guanajuato. Tesis Maestría UAAAN .

Navarro G.M. 1997. Fertirrigación de Cultivos Hortícolas. Manual del Curso Teórico-Práctico.

Navarro G.M. 2000. Fertirrigación del Cultivo de Brócoli. Curso de capacitación.

Navarro G.M. 2000. Fertirrigación del Cultivo de Chile. Curso de capacitación.

Jackson, M.L. 1976. Análisis Químico de Suelos. Segunda Edición. Omega. Barcelona, España.