



IPNI
INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

INSTITUTO INTERNACIONAL
DE NUTRICIÓN DE PLANTAS





WWW.IPNI.NET

PROGRAMA LATINOAMERICA - CONO SUR



DICIEMBRE
2009

CONTENIDO

-  NUTRICION DE FRUTALES DE CLIMA
TEMPLADO
-  FERTILIZACIÓN DEL TABACO EN LA
PROVINCIA DE TUCUMÁN
-  MANEJO DEL AGUA EN CULTIVOS PARA
GRANO CONDOCIDOS EN SECANO
-  EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES EN LA
AGRICULTURA ARGENTINA

PRODUCCIÓN Y MANEJO NUTRICIONAL DE FRUTALES DE CLIMA TEMPLADO

Enrique E. Sánchez y Mariela Curetti

INTA Alto Valle, Casilla de Correo 782, 8332 General Roca, Argentina

esanchez@correo.inta.gov.ar

Introducción

Las especies frutales caducifolias están confinadas principalmente a latitudes medias, entre 30° y 50°, especialmente en el Hemisferio Norte, siendo China el país productor más importante. La producción puede extenderse a latitudes más bajas a grandes altitudes o a latitudes más altas en regiones donde las masas de agua tienen una influencia moderadora (Westwood, 1978). Comercialmente, este grupo de frutales son cultivados en regiones áridas y semiáridas con riego suplementario. Los programas de fertilización para mantener producciones elevadas y sustentables de fruta de alta calidad son confeccionados utilizando las herramientas tradicionales de diagnóstico: análisis de suelo y hoja además de la información del huerto. La mayor parte de la producción mundial se cosecha en el hemisferio norte. En la Tabla 1 se presentan las diez frutas más comunes (FAOSTAT, 2006). El principal cultivo en el mundo es la vid, con más de siete millones de hectáreas de fruta cosechada. España es el país líder con 1.200.000 hectáreas. Entre las frutas de pepita, manzanas y peras ocupan las dos primeras posiciones, siendo China el principal país productor con casi la mitad del total del área cosechada en todo el mundo. Ciruelas, duraznos y pelones son las principales frutas de carozo y China es el principal país de producción.

Almendras y nueces son las principales especies de fruto seco, con España y China como principales productores. Cabe destacar que una gran parte de estas tierras poseen árboles de bajo rendimiento que crecen sin riego complementario. En conjunto, China es el país más importante con respecto al área de especies frutales caducifolias en producción. El nitrógeno (N) es el nutriente más limitante y los fertilizantes nitrogenados son aplicados anualmente,



Peral en espaldera en el Alto Valle de Rio Negro

Director: Dr. Fernando O. García

INSTITUTO INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN DE PLANTAS
PROGRAMA LATINOAMERICA - CONO SUR

Av. Santa Fe 910

(B1641ABO) Acassuso – Argentina

Tel/Fax (54) (011) 4798-9939

E-mail: fgarcia@ipni.net

Sitio Web: www.ipni.net/lasc

Propietario: International Plant Nutrition
Institute (IPNI)

ISSN 1666 - 7115

No. de Registro de Propiedad Intelectual: 782346

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se cite la fuente y el autor.

Diseño: www.agroeditorial.com.ar - amatthiess@amatthiess.com.ar
Impresión: Grancharoff Impresores



Contenido:

Producción y Manejo Nutricional de Frutales de Clima Templado	1
Estudios para la fertilización del tabaco tipo Burley en la Provincia de Tucumán	8
Bases ecofisiológicas para el manejo del agua en cultivos para grano conducidos en secano	16
Extracción de Nutrientes en la Agricultura Argentina	21
XIX Conferencia Internacional de ISTRO 19th International Soil and Tillage Research Conference	26
Publicaciones y Congresos	27

usualmente en cantidades que exceden los requerimientos de los cultivos. La preocupación por la contaminación del agua subterránea y por la calidad de la fruta ha dirigido la atención en mejorar la eficiencia en la absorción de N mediante el monitoreo del riego y la sincronización de la aplicación de fertilizantes con los períodos de máxima absorción de nutrientes del árbol.

El riego por inundación es la técnica de irrigación más difundida en los países donde hay mucha disponibilidad de agua. Por otra parte, en huertos comerciales modernos la fertirrigación está ampliamente utilizada y los nutrientes son entregados con bases temporales, siendo esta técnica costosa.

La producción orgánica de frutas es cada vez más importante en varios países y la nutrición del árbol es mantenida mediante buenas prácticas de manejo de suelo y la adición de fertilizantes orgánicos y enmiendas.

Es importante educar a los productores en prácticas de manejo sustentables; los fertilizantes deben ser aplicados racionalmente para proteger el medio ambiente y la salud de los consumidores.

Manejo nutricional de los árboles frutales

Herramientas de diagnóstico: Los análisis de suelo son valiosos para estimar la disponibilidad de nutrientes, pero los análisis foliares son ampliamente utilizados por ser las hojas los principales centros de síntesis de la planta. Una tercera y muy importante herramienta es el monitoreo del huerto en diferentes estados fenológicos (floración, fruto cuajado, crecimiento de brotes, cosecha) y la toma de información valiosa del desarrollo de los árboles. Estos tres enfoques deben ser utilizados como una metodología integrada para un programa de fertilización eficiente y sustentable. En 1936, Macy presentó el concepto de concentración crítica de nutrientes en materia seca de hoja, estableciendo que es necesaria una mínima concentración de determinados elementos en hoja para producir una buena cosecha (Macy, 1936). En 1948, Ulrich (1948) definió como nivel crítico de nutrientes al rango de concentraciones por debajo del cual el crecimiento de la planta es restringido en comparación con plantas de nivel nutricional mayor.

Tabla 1. Área mundial cosechada y área cosechada en los principales países productores para el año 2006. Entre paréntesis se indica el número de países en los que estos datos fueron informados. Fuente FAO/STAT.

Fruta	Área Mundial Cosechada (ha)	Principal País Productor	Área cosechada (ha)	Porcentaje del total (%)
Uvas	7.251.000 (81)	España	1.200.000	16.5
Manzanas	4.735.000 (87)	China	1.900.000	40.1
Ciruelas	2.143.000 (81)	China	1.554.000	72.5
Almendras	1.748.000 (41)	España	635.000	36.3
Peras	1.716.000 (89)	China	1.188.000	69.2
Duraznos y nectarines	1.433.000 (71)	China	653.000	45.5
Nueces	661.000 (47)	China	188.000	28.4
Damascos	459.000 (60)	Turquía	61.500	13.4
Cerezas	347.000 (64)	Iran	33.000	9.5

El autor demostró que plantas con concentraciones muy diferentes de nutrientes proporcionan rendimientos similares, siempre y cuando estas concentraciones estén por encima del nivel crítico.

Entre 1940 y 1960, se establecieron los estándares de nutrientes foliares óptimos y los métodos de muestreo para la mayoría de los cultivos frutales (Kenworthy, 1950). Sin embargo, los análisis de tejidos deben interpretarse con cautela ya que es esencial comprender la dinámica de nutrientes en el árbol para interpretar adecuadamente los niveles nutricionales. Las concentraciones elementales pueden ser engañosas si no se las analiza en contexto; esto es especialmente cierto en el caso del N, porque los valores en hoja varían a lo largo de un rango relativamente estrecho. Un diez por ciento de diferencia (2.0 a 2.2%) es suficiente para cambiar radicalmente nuestra interpretación (Righetti, 1986). Desafortunadamente, estos pequeños cambios en la concentración de nutrientes no necesariamente corresponden a alteraciones de las cantidades totales de N en un tejido, ni pueden ser interpretados como cambios en la absorción del nutriente desde el suelo (Jarrell y Beverly, 1981).

La fertilización sin restricción en combinación con el riego pueden generar un crecimiento vigoroso de los árboles, requiriendo podas intensas, las cuales promueven aún más el crecimiento. Frecuentemente, los árboles con crecimiento excesivo son diagnosticados como deficientes en N debido a que se produce una dilución por debajo de la concentración normal establecida en las hojas. En los casos de escaso crecimiento, los nutrientes se encuentran a menudo concentrados y las deficiencias pueden no ser evidentes. Dado que el vigor se relaciona con el cultivo y otros factores del manejo, el crecimiento y la carga del cultivo suelen afectar la interpretación de los análisis de tejidos. Desde una perspectiva práctica, las concentraciones de nutrientes pueden ser interpretadas si se tiene en cuenta el crecimiento y el vigor. La partición de la materia seca entre hojas y frutos también puede afectar drásticamente la composición de los elementos (Smith, 1962; Hansen, 1980).

La definición de las concentraciones críticas de los árboles frutales requirió de datos de campo de muchos años sobre una serie de huertos con diferentes tipos de suelo, tamaño de árbol, densidad, sistemas de conducción y variedades. En la Tabla 2 se muestra un resumen de los niveles críticos de nutrientes en hojas de las principales especies frutales caducifolias (Sánchez, 1999).

Tal como se muestra en la Tabla 2, todos los nutrientes presentan valores similares entre las especies, excepto el N y el potasio (K). Esto es especialmente cierto para los micronutrientes y una explicación posible es que la función principal de los elementos menores está relacionada con las enzimas de los procesos fisiológicos clave, los cuales son comunes para todas las plantas.

En lugar del rango crítico de nutrientes, se ha desarrollado el concepto del balance de nutrientes para árboles frutales. Varios informes recientes describen el uso del *Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación* (DRIS, de sus siglas en inglés) (Beaufils, 1971). La principal ventaja del DRIS es que proporciona una medida del desequilibrio nutricional en lugar de evaluar una deficiencia o exceso puntual en un momento dado. DRIS también puede minimizar los efectos de una dilución o concentración general debidos a la materia seca y factores de la edad y evalúa mejor las posibles interacciones nutricionales (Summer, 1977). A pesar de su utilidad, este sistema no puede detectar todas las deficiencias o excesos en los cultivos frutales (Alkoshab et al., 1988; Righetti et al., 1988). Por tanto, DRIS es considerado como un complemento para diagnosticar el rango de suficiencia, ya que proporciona información adicional cuando se detectan desequilibrios severos (Righetti et al., 1988). El análisis de tejidos debe verse como una herramienta útil más que un medio para hacer diagnósticos rígidos. Respuestas a la pregunta "cuánto fertilizante debe aplicar el productor" son a menudo más filosóficas que científicas.

Ciclo de nutrientes y balance nutricional del huerto

La comprensión del movimiento de nutrientes en el sistema suelo-planta es esencial para determinar las dosis y los momentos de aplicación de fertilizantes. Resultan rele-



Cerezo en el Alto Valle de Rio Negro

Tabla 2. Concentraciones críticas de nutrientes en hojas¹ de varias especies frutales caducifolias (para muestras de julio-agosto²). Los valores de macronutrientes están expresados en % mientras que los micronutrientes se expresan en mg kg⁻¹ de materia seca, respectivamente.

Especie	N	P	K	Ca	Mg	Mn	B	Zn	Cu
Manzano	2.0-2.4	0.13-0.45	1.2-2.0	1.1-2.5	0.24-0.50	30-100	30-65	20-60	5-15
Almendra	2.2-2.7	0.10-0.30	> 1.4	> 2.0	> 0.25	30-60	30-60	> 18	4-20
Cerezo	2.2-2.6	0.16-0.50	> 1.4	1.1-2.5	0.24-0.60	40-100	30-70	20-60	4-20
Duraznero	2.6-3.0	0.10-0.30	> 1.2	> 1.0	> 0.25	> 20	30-60	> 18	> 4.0
Peral	2.2-2.5	0.13-0.50	1.2-2.0	1.1-2.5	0.24-0.50	30-100	30-60	18-60	5-15
Ciruelo	2.3-2.8	0.19-0.40	1.3-3.0	1.1-3.0	0.24-0.60	30-150	30-70	20-60	5-20
Nogal	2.2-3.2	0.10-0.30	> 1.2	> 1.0	> 0.30	> 20	35-100	> 18	4-20

¹Los niveles corresponden a hojas del medio de los brotes para manzanos, cerezos, durazneros, perales y ciruelos; hojas de dardos sin fructificar para almendros y foliolos terminales para nogales.

²Meses correspondientes al hemisferio norte; son equivalentes a los meses de enero y febrero del hemisferio sur.

vantes para este fin la información sobre la tasa de lixiviación del suelo y la tasa de mineralización de la materia orgánica.

Los primeros estudios sobre extracción de nutrientes tomaban en cuenta la exportación debido a la cosecha y el crecimiento anual de los componentes del árbol. Por lo tanto, un enfoque simple fue reponer la cantidad requerida por el árbol. Estudios con metodología destructiva que implicaba la excavación de los árboles en varios momentos del ciclo del cultivo proporcionaron información útil acerca de la demanda en diferentes partes de la planta e identificaban los períodos de alta absorción de nutrientes (Weinbaum et al., 2001; Acuña-Maldonado et al., 2003). Estos estudios son interesantes porque son el punto de partida para la fertirrigación correcta en cada etapa de crecimiento de los árboles. En todo momento, la cantidad de nutrientes en los diferentes componentes del árbol proviene de tres fuentes: la absorción del suelo, la absorción de los fertilizantes y la contribución del almacenamiento de reservas.

Las reservas del árbol frutal proceden de dos fuentes principales: la absorción de nutrientes por raíces y hojas (cuando se aplican fertilizantes foliares de nutrientes móviles en floema) y el reciclaje dentro del árbol. Los árboles frutales caducifolios tienen un sistema único de reciclaje de nutrientes previo a la caída de las hojas y las cantidades de nutrientes que se movilizan a los tejidos de almacenamiento son elevados. El nutriente más estudiado ha sido el N dada su elevada demanda y gran movilidad en la planta durante la senescencia (Weinbaum et al., 1984; Millard y Thomsom, 1989; Sánchez et al., 1991).

El tejido de la hoja es un importante reservorio de nutrientes móviles. Al final de la temporada, cuando las temperaturas comienzan a descender, los nutrientes móviles vuelven a los tejidos de almacenamiento para ser utilizados en el crecimiento de la siguiente temporada. De hecho, la brotación a principios de la primavera se produce a expensas de los nutrientes almacenados ya que, por lo general, los nuevos nutrientes absorbidos son translocados a la parte aérea de los árboles recién después del cuajado de los frutos (Sánchez et al., 1991; Tagliavini et al., 1998). Los estudios sugieren que en la primavera, la absorción de nutrientes por la raíz no se produce hasta que la removilización esté en marcha. Estos estudios han sido posibles gracias al uso de isótopos estables bajo condiciones de campo, que permitió a los investigadores obtener información acerca de la partición en diferentes estados fenológicos y diferenciar la contribución de compartimentos endógenos (almacenamiento) y exógenos (nuevos). En los últimos 20 años, varios estudios se han realizado utilizando isótopos estables. Los más utilizados han sido ^{15}N (Weinbaum et al., 1984, Sánchez et al. 1991), ^{10}B (Brown y Hu, 1996; Sánchez y Righetti, 2005) y ^{68}Zn (Zhang y Brown, 1999; Sánchez et al., 2006).

El porcentaje de N perdido por las hojas de manzano durante la senescencia varía de 50 a 70% (Sánchez y Righetti, 1990) y esa cantidad puede cubrir hasta un 25-30% del total de N requerido por el árbol en la siguiente temporada (Sánchez et al., 1995).

Aplicaciones sustentables de fertilizantes

Anteriormente se hizo hincapié en la importancia de un diagnóstico preciso para ejecutar un programa de fertilización. Debido a que la producción intensiva de frutas requiere el uso de fertilizantes, el desafío es suministrar cantidades adecuadas de nutrientes para mantener altos rendimientos de fruta de calidad, evitando excesos que puedan conducir a la contaminación ambiental, especialmente de las aguas subterráneas.

El N necesita ser aplicado anualmente en huertos comerciales para mantener la productividad, sosteniendo el crecimiento de nuevos tejidos (desarrollo de hojas y frutos). Lamentablemente, en la mayoría de las zonas de producción de frutas, la sobre-dosificación de N es un problema en el manejo del huerto, afectando a los árboles y el medio ambiente. Por parte del árbol, un exceso de N promueve el crecimiento vigoroso de los brotes y ayuda a promover una canopia densa que normalmente requiere poda en verano y/o una poda de invierno más exigente. El exceso de N en la nutrición de manzanos y perales ha sido asociado con desórdenes fisiológicos (Sánchez et al., 1995) y puede tornar por debajo del rango normal de suficiencia. Otros parámetros de calidad de fruta asociados con sobre-fertilización con N incluye una menor coloración roja de la fruta (Faust, 1989) y una mayor susceptibilidad a enfermedades de almacenamiento (Sugar et al., 1992). Demasiado N al final de la temporada puede retrasar la maduración de los frutos y prolongar el crecimiento de las plantas, predisponiendo a los árboles a daños por heladas tempranas.

En los últimos años, muchos productores han reducido sustancialmente la cantidad de N aplicado a sus huertos. En Europa, por ejemplo, los productores tienen restricciones para usar N bajo protocolos de *Producción Integrada de Fruta* (IFP, de sus siglas en inglés) (IOBC, 2002). Es probable que aparezcan más requisitos relacionados con el manejo de los nutrientes a medida que las prácticas de IFP evolucionen.

Con la creciente preocupación por la protección del medio ambiente, se ha prestado mucha atención a las prácticas para mejorar la eficiencia de la absorción de N. Entre las prácticas culturales, el uso de urea foliar ha mostrado resultados promisorios (Johnson et al., 2001), observándose eficiencias de absorción entre el 60-70% con pulverizaciones foliares concentradas de urea después de la cosecha en frutales caducifolios (Tagliavini et al., 1998). El uso de fertilizantes de liberación lenta sería especialmente apropiado en las regiones donde el agua disponible es abundante y barata. Por ejemplo, en el alto valle de Río Negro, a principios de la primavera, se monitoreó la concentración de nitratos en tres profundidades del suelo después de la aplicación única de 0, 50 y 100 kg ha⁻¹ de N en un huerto adulto de manzanos. Se concluyó que el efecto del fertilizante persistió por un período corto de tiempo, ya que la concentración de nitratos disminuyó bruscamente debido al riego y no difirió del suelo testigo en todas las profundidades del suelo luego de dos meses desde la aplicación del fertilizante

(Aruani et al., 2007). Los resultados demostraron que la aplicación de fertilizantes nitrogenados en una dosis única en primavera resulta ineficiente ya que la absorción puede ser limitada por la baja demanda durante la removilización y por la lixiviación de nitratos de la zona cercana a la raíz después del riego.

La fertirrigación es otra práctica para mejorar la eficiencia del uso de N ya que consiste en el riego por goteo y se utiliza ampliamente en regiones donde el agua es escasa. La aplicación de pequeñas pero constantes cantidades de nutrientes a lo largo de la temporada economiza considerables cantidades de fertilizantes en comparación con la fertilización tradicional (Nielsen et al., 1999). Las pérdidas de N pueden ser importantes si el riego está programado a tasa fija en lugar de satisfacer la demanda de evapotranspiración. Para la mayoría de los frutales de pepita y carozo, se ha estimado que en el pico máximo de demanda, las tasas de absorción de N se sitúan en el rango de 0.5-1.0 kg ha⁻¹ día⁻¹. Para regular la adición de N en a través de la fertirrigación, se debería monitorear la concentración de N-NO₃⁻ del suelo, pudiéndose colocar tubos de succión a distintas profundidades del suelo. En términos prácticos, si el N-NO₃⁻, medido por debajo del sistema radical está presente en mayor concentración que en las parcelas no fertirrigadas (que pueden ser medidas lejos de los emisores), lo más probable es que el N y/o el agua no estén manejados adecuadamente. Se han publicado varios trabajos sobre el manejo del N en el huerto y sus efectos sobre el medio ambiente (Weinbaum et al., 1992; Sánchez et al., 1995).

En comparación con el N, sólo hay unos pocos informes de deficiencia de fósforo (P) en huertos maduros. A excepción de la fertirrigación donde el P es parte del programa de fertilización, bajo condiciones regulares (en las cuales las raíces exploran una gran parte del volumen del suelo), los árboles no responden a los fertilizantes fosforados debido posiblemente a la presencia de micorrizas. Por lo tanto, no se han observado síntomas de deficiencia de P aún con valores de P disponible tan bajos como 5 mg kg⁻¹ (Sánchez, 1999). Por otro lado, en la plantación, la fertilización con P es una práctica habitual ya que el P estimula el crecimiento de las raíces. Cuando el árbol es retirado del vivero, se cortan las raíces y su posterior crecimiento se desarrolla a un ritmo bajo en comparación con la parte aérea durante los primeros 2-3 años (Faust, 1989). En situaciones de replante, la adición de P en el pozo de plantación mejora el desarrollo del árbol. El requerimiento total de P en manzanos es relativamente pequeño en relación al de N y K.

La demanda de K en frutales de pepita y carozo es alta. La absorción de K es máxima durante la fase de rápido crecimiento de los frutos, probablemente debido al rol del K en el mantenimiento del potencial de turgencia. Se debe tener cuidado para evitar la sobredosis de K, ya que generaría un desequilibrio de cationes en el suelo y podría causar deficiencias de magnesio (Mg). Es importante encontrar un equilibrio entre el calcio (Ca) y el K para optimizar la calidad de la fruta.

El Ca en los árboles frutales está asociado con la calidad de fruta, especialmente en los *commodities* que se almacenan durante varios meses, tales como las manzanas y las peras. La aplicación de grandes cantidades de compuestos de Ca a la tierra a través del encalado puede aumentar la concentración de Ca en la hoja, pero no la concentración de Ca en la fruta (Nielsen y Neilsen, 2003). Del mismo modo, la aplicación de sales solubles de Ca en el suelo no alteran el nivel de Ca en la fruta, excepto en suelos muy ácidos (Van Lune, 1984). Por esa razón, los niveles insuficientes se encuentran en primer lugar en las frutas en vez de las hojas.

El requerimiento de Mg es similar al de P, y sólo unos pocos informes mencionan respuestas a la aplicación de Mg en el suelo. Dos o tres pulverizaciones foliares con sales de Mg durante el período de rápido crecimiento de brotes son muy eficaces cuando la deficiencia está presente.

El hierro (Fe) generalmente es deficiente bajo condiciones de suelo calcáreo con pH alto. Los árboles frutales caducifolios son muy sensibles a un trastorno llamado clorosis férrica inducida por el calcáreo. Los durazneros son considerados como más susceptibles que la mayoría de las otras especies frutales. Para corregir la clorosis férrica, los agricultores aplican grandes cantidades de quelato de Fe (EDDHA) al suelo, lo cual es eficaz pero caro (Gil Ortiz y Bautista Carrascosa, 2005). Las pulverizaciones foliares de Fe no son tan eficientes porque no logran que las hojas reverdezcan completamente. Otra opción tecnológica es injertar cultivares de duraznero sobre portainjertos resistentes como ciruelos y almendros híbridos (Tagliavini y Rombolá, 2001). Una técnica que ha dado buenos resultados para aliviar los síntomas de clorosis férrica ha sido la incorporación de orujos de vid o desechos de la industria de jugos concentrados con la adición de sulfato ferroso durante el invierno.

El boro (B) es un micronutriente clave ya que su insuficiencia se ha asociado con desórdenes en la fruta (Peyrea, 1994) y niveles pobres de cuaje (Wojcik y Wojcik, 2003). La importancia de la concentración de B en la flor se centra en el hecho de que el B influye en el cuaje de frutos en gran número de especies frutales (Hanson y Breen, 1985); el boro puede aumentar la división celular o la síntesis de ácido nucleico en frutos en desarrollo.

El zinc (Zn) también desempeña un papel importante en la nutrición de los frutales. La mayoría de las especies frutales caducifolias son deficientes en Zn cuando crecen en suelos alcalinos. El Zn interviene en muchas reacciones enzimáticas relacionadas con síntesis de proteínas, fotosíntesis y mecanismos de protección en hojas y frutos contra las Especies Reactivas de Oxígeno (EROs). El Zn es incluido en muchos programas de fertilización con aplicaciones foliares a principios de la primavera (Sánchez et al., 2006).

Aplicaciones foliares

Los programas de fertilización de la mayoría de los productores incluyen aplicaciones foliares de fertilizantes. La cantidad de nutrientes que puede atravesar la cutícula de la hoja en una pulverización es pequeña

en relación con la demanda del árbol. Sin embargo, la fertilización foliar puede mejorar deficiencias transitorias de micronutrientes y mejorar la calidad de la fruta. Por ejemplo, varias pulverizaciones con Ca aumentan la firmeza de las manzanas, la vida post-cosecha y la protección contra muchos patógenos poscosecha (Sugar et al., 1992; Biggs et al., 1997), y reducen la incidencia de desórdenes fisiológicos, como el *bitter pit* y el decaimiento interno (Bangerth, 1979; Poovaiah et al., 1988).

Aplicaciones foliares de N en forma de urea son eficaces para mejorar el crecimiento de los árboles y aumentar las reservas. Por otro lado, el K no debe ser aplicado foliarmente debido a que la escasa absorción a través de las hojas no satisface la demanda de los árboles, ni siquiera por pocos días (Sánchez, 1999). Como se ha descrito anteriormente, micronutrientes como el Zn y el B son adecuados para la aplicación foliar. En el mercado hay cientos de formulaciones e incluyen activadores de planta, ácidos húmicos, aminoácidos, sales y quelatos.

Manejo del suelo

El manejo del suelo está destinado principalmente al control de malezas y a la prevención de la compactación, que afectan el crecimiento de las raíces y perjudican el crecimiento de los árboles en producción. Las raíces no sólo absorben agua y nutrientes, sino que también son un sitio para la síntesis de hormonas como citoquininas y giberelinas.

El control de malezas es de suma importancia durante los dos primeros años después de la plantación de los árboles, cuando éstos desarrollan la canopia. Las raíces crecen lentamente durante estos años y cualquier competencia por los recursos limita marcadamente su crecimiento.

Si el agua no es limitante, los cultivos de cobertura pueden ser usados para prevenir la erosión y proveer una base firme para la maquinaria del huerto cuando el suelo está húmedo. Como la vegetación del suelo del huerto compete con las raíces de los árboles por agua y nutrientes, en huertos comerciales usualmente se aplican herbicidas en la fila de los árboles para minimizar la competencia.

Producción orgánica de fruta (PO)

A diferencia de la producción convencional, la PO enfrenta retos particulares en la gestión de la fertilidad del suelo (Granatstein, 1999); los sistemas orgánicos se basan en el ciclo de nutrientes para asegurar una



Durazno en el Alto Valle de Rio Negro

nutrición adecuada del árbol, y el N es el macronutriente más limitante. En un artículo reciente sobre un huerto orgánico de manzanos, Sánchez et al. (2007) señalaron que la cobertura permanente, ya sea de alfalfa (*Medicago sativa* L.), en combinación con festuca (*Festuca arundinacea* Schribn.), el trébol frutilla (*Trifolium fragiferum* L.) o la siembra de vicia común (*Vicia sativa* L.), afectaron las propiedades del suelo, el crecimiento de los árboles y el rendimiento después de 6 años de tratamiento en comparación con el suelo sin cultivar (suelo arado dos veces a fines de invierno). Por ejemplo, la materia orgánica y el contenido de N aumentó en la parte superior del suelo (0-15 cm), bajo la cobertura perenne de los cultivos, pero el N en hojas de manzano disminuyó en forma constante en todos los tratamientos y fue necesario aumentar la cantidad de abono orgánico. Los autores concluyeron que, a pesar de las ventajas ofrecidas por los cultivos de cobertura, cuando la producción de frutas es alta, la demanda de nutrientes, especialmente N, también es alta y requiere fertilizantes orgánicos adicionales.

Futuros desafíos y necesidades de investigación

La producción de fruta proveniente de especies frutales caducifolias está aumentando en todo el mundo gracias a la aparición de nuevos cultivares con menores requisitos de horas de frío. En el pasado, los manzanos y los perales se cultivaban en climas con bastantes horas de frío que aseguraban una buena brotación. Sin embargo, en climas subtropicales como Brasil o Nigeria se liberaron nuevas variedades con excelentes atributos para los consumidores. En un futuro próximo, la ingeniería genética permitirá ampliar los límites de producción de fruta mediante la incorporación de características como tolerancia a la salinidad, a los elementos tóxicos (boro, aluminio) y tolerancia del cultivo de durazneros a altos contenidos de carbonato de Ca. Se han logrado importantes progresos en el descubrimiento de los genes que afectan los rasgos morfológicos de los cultivos frutales. Por ejemplo, mejorar la eficiencia del uso del agua es una necesidad, ya que la disponibilidad de agua es un problema grave y creciente en muchas regiones del mundo. La calidad del agua es también una cuestión importante a considerar, ya que los acuíferos están perdiendo la calidad a medida que el bicarbonato e incluso el arsénico se presentan en cantidades cada vez mayores.

En los países del tercer mundo, hay una gran brecha entre el conocimiento actual sobre las prácticas culturales eficientes y el manejo que realizan los productores en sus huertos. Es posible optimizar el rendimiento y la calidad de la fruta solamente mediante la aplicación de la enorme cantidad de conocimientos generales sobre prácticas culturales, en particular de riego y nutrición. Mientras tanto, en los países líderes se están realizando progresos en agricultura de precisión para reducir la aplicación de insumos y fertilizantes y para ahorrar agua. Sin embargo, esta técnica es compleja, requiere de años de datos en el campo y registros de rendimiento para demostrar los efectos de tratamientos

y para ajustar la tecnología. La relación costo/ beneficio necesita ser evaluada ya que muchos concuerdan en que la agricultura de precisión puede ser útil en grandes superficies, pero no en las explotaciones pequeñas.

Bibliografía

- Acuña-Maldonado L.E., M.W. Smith, N.O. Maness, B.S. Cheary y B.L. Carroll.** 2003. Influence of nitrogen application time on nitrogen absorption, partitioning and yield in pecan. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128 (2):155-162.
- Alkoshab O., T.L. Righetti y A.R. Dixon.** 1988. Evaluation of DRIS for judging the nutritional status of hazelnuts. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113:643-647.
- Aruani M.C., E.E. Sánchez, P. Reeb y E. Aun.** 2007. Variación de la concentración de nitratos en un suelo franco limoso del Alto Valle de Río Negro. *Rev. FCA UN Cuyo Tomo XXXIX 2:* 25-33.
- Bangerth F.** 1979. Calcium-related physiological disorders of plants. *Ann. Rev. of Phytopathology* 17:97-122.
- Beaufils E.R.** 1971. Physiological diagnosis: A guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. *Fert. Soc. South Africa J.* 1:1-30.
- Biggs A.R., M.M. El-Kholi, S. El-Neshawy y R. Nickerson.** 1997. Effects of calcium salts on growth, polygalacturonase activity, and infection of peach fruit by *Monilinia fructicola*. *Plant Disease* 81:399-403.
- Brown P. H. y H. Hu.** 1996. Phloem mobility of boron is species dependent: Evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species. *Annals of Botany* 77:497-505.
- FAOSTAT.** 2008. FAOSTAT database. FAO statistics database on the World Wide Web. <http://faostat.fao.org> (consultado en junio 2008).
- Faust M.** 1989. Physiology of temperate zone fruit species page. John Wiley and Sons, New York, 53-132.
- Gil Ortiz R. e I. Bautista Carrascosa.** 2005. Response of leaf parameters to soil applications of iron-EDDHA chelates in a peach orchard affected by iron chlorosis. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 36:1839-1849.
- Granatstein D.** 1999. Tree fruit production with organic farming methods. *Proc. First Southern Hemisphere Conference on the Integrated Fruit Production of Fruits. Río Negro, Argentina* sec. 3.4; 1-12.
- Hansen P.** 1980. Crop load and nutrient translocation. En: *Mineral Nutrition of Fruit Trees.* D. Atkinson; J.E. Jackson; R.O. Sharpley y W.M. Waller (Eds.) Butterworths, London. 201-202.
- Hanson E.J. y P.J. Breen.** 1985. Effects of fall boron sprays and environmental factors on fruit set and boron accumulation in Italian prune flowers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110:389-392.
- IOBC.** 2002. Guidelines for Integrated Production of Pome Fruits. *IOBC/wprs Bull.* 25 :1-8.
- Jarrell, W.M. y R. B. Beverly.** 1981. The dilution effect in plant nutrition studies. *Adv. Agron.* 34:197-224.
- Johnson R.S., R. Rosecrance, S.A. Weinbaum, H. Andris y J. Wang.** 2001. Can we approach complete dependence on foliar-applied urea nitrogen in an early maturing peach? *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126:364-370.
- Kenworthy A.L.** 1950. Nutrient element composition of leaves from fruit trees, *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 55:41-46.
- Macy P.** 1936. The quantitative mineral nutrient requirements of plants. *Plant Physiol.* 11:749-764.
- Millard P. y C.M. Thomsom.** 1989. The effect of the autumn senescence of leaves on the internal cycling of nitrogen for the spring growth of apple trees. *J. Exp. Bot.* 40:1285-1289.
- Neilsen G.H., D. Neilsen y F. Peyrea.** 1999. Response of soil and irrigated fruit trees to fertigation or broadcast application of nitrogen, phosphorus, and potassium. *Hort.Tech.* 9: 393-401.
- Neilsen, G.H. y D. Neilsen.** 2003. Nutritional requirements of apples. En *Apples; Botany, Production and Uses.* (Eds) D.C. Ferre y I.J. Warrington, CAB International pp. 267-302.
- Peyrea F. J.** 1994. Boron nutrition in deciduous tree fruit. En: *Tree Fruit Nutrition.* (Eds). A.B. Peterson y R.G. Stevens. Good Fruit Grower, 95-107. Yakima, USA.
- Poovaliah B.H., G.M. Glenn y A.S.N. Reddy.** 1988. Calcium and fruit softening: physiological and biochemistry. *Hort. Rev.* 10:107-152.
- Righetti T.L.** 1986. Using tissue mineral analysis. 1986. *Proc. Oregon Hort. Soc.* 77:11-32.
- Righetti T.L., O. Alkoshab y K. Wilder.** 1988. Diagnostic biases in DRIS evaluations on sweet cherry and hazelnut. *Comm. Soil. Sci. Plant Anal.* 19 (13): 1429-1447.
- Sánchez E.E. y T.L. Righetti.** 1990. Tree nitrogen status and leaf canopy position influence postharvest nitrogen accumulation and efflux from pear leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:934-937.
- Sánchez E.E., T.L. Righetti, D. Sugar, y P.B. Lombard.** 1991. Recycling of nitrogen in field-grown "Comice" pears. *J. Hort. Sci.* 66:479-486.
- Sánchez E.E. H. Khemira, D. Sugar y T.L. Righetti.** 1995. Nitrogen management in orchards. In: P.E. Bacon (ed). *Nitrogen fertilization in the environment.* Marcel Dekker, New York, 327-350.
- Sánchez E.E.** 1999. Nutrición mineral de frutales de pepita y carozo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Ed). Estación Experimental Alto Valle de Río Negro. Macrorregión Patagonia Norte, Argentina. 198 pp.
- Sánchez E.E. y Righetti, T.L.** 2005. Effect of postharvest soil and foliar application of boron fertilizer on the partitioning of boron in apple trees. *Hort. Sci.* 40:2115-2117.
- Sánchez E.E., S.A. Weinbaum y R.S. Johnson.** 2006. Comparative movement of labeled nitrogen and zinc in 1-year-old peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] following late-season foliar application. *J. Hort. Sci. & Biotech.* 81 :839-844.
- Sánchez E.E., A. Giayetto, L. Cichón, D. Fernández, M.C. Aruani y M. Curetti.** 2007. Cover crops influence soil properties and tree performance in an organic apple (*Malus domestica* Borkh) orchard in northern Patagonia. *Plant and Soil* 292:193-302.
- Smith P.F.** 1962. Mineral analysis of plant tissues. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 13:81-108.
- Sugar D., T.L. Righetti, E.E. Sánchez y H. Khemira.** 1992. Management of nitrogen and calcium on pear trees for enhancement of fruit resistance to postharvest decay. *Hort. Tech.* 2:382-387.
- Summer M.E.** 1977. Use of DRIS systems in foliar diagnosis of crops at high yield levels. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 8:251-268.
- Tagliavini M., P. Millard y M. Quartieri.** 1998. Storage of foliar-absorbed nitrogen and remobilization for spring growth in young nectarine (*Prunus persica* var. *nectarine*) trees. *Tree Physiol.* 18:203-207.
- Tagliavini M. y A.D. Rombolá.** 2001. Iron deficiency and chlorosis in orchard and vineyard ecosystems. *Europ. J. Agr.* 15: 71-92.
- Ulrich A.** 1948. Plant analysis, methods and interpretation of results. En: *Diagnostic Techniques for Soils and Crops.* H.B. Kitchen (ED.) Amer. Potash Inst. Pp. 157-198.
- Van Lune P.** 1984. Effects of lime, gypsum and trace elements on bitter pit and breakdown in apples from trees growing on river clay. *J. Hort. Sci.* 59:71-78.
- Weinbaum S.A., I. Klein, F.E. Broadbent, W.C. Mickie y T.T. Muraoka.** 1984. Effects of time of nitrogen application and soil texture on the availability of isotopically labeled fertilizer nitrogen to reproductive and vegetative tissue of mature almond trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109:339-343.
- Weinbaum S.A. R.S. Johnson y T.M. DeJong.** 1992. Causes and consequences of overfertilization in orchards. *Hort.Tech.* 2: 112-121.
- Weinbaum S.A., P.H. Brown, R.C. Rosecrance, G.A. Picchioni, F.J.A. Neiderholtzer, F. Youssefi y T.T. Muraoka.** 2001. Necessity for whole tree excavations in determining patterns and magnitude of macronutrient uptake by mature deciduous fruit trees. *Acta Horticulturae* 564:41-49.
- Westwood M. N.** 1978. *Temperate-Zone Pomology.* W.H. Freeman and Company, New York. 1-19.
- Wojcik P. y M. Wojcik.** 2003. Effects of boron fertilization on "Conference" pear tree vigor, nutrition, and fruit yield and storability. *Plant and Soil* 256:413-421.
- Zhang Q. y P.H. Brown.** 1999. Distribution and transport of foliar applied zinc in pistachio. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 124:433-436. ■