AGRONOMIA SOSTENIBLE DE LOS CULTIVOS LEÑOSOS

Bruno Marangoni, Elena Baldi, Adamo Domenico Rombolà

Dipartimento Colture Arboree Università di Bologna.

INTRODUCCION

Los modelos agrícolas más difundidos en Italia que ponen en práctica los principios y las técnicas propias de la agricultura sostenible son las *producciones integradas*, la *agricultura biológica* y la *biodinámica.* La aparición de sistemas de producción integrada en Europa y en el mundo no se ha improvisado, sino que ha sido fruto de una evolución gradual que ha tenido y mantiene siempre como objetivo reducir los aportes de productos químicos al ambiente.

En Europa, las principales etapas de esta evolución se originaron en los primeros años 70 cuando se pasó de la "lucha a calendario" a la "lucha dirigida"; la etapa siguiente fue la de la "lucha integrada" de la que se derivó directamente la "producción integrada".

La Producción Integrada (P.I.) es, según la definición de la Organización Internacional de Lucha Biológica e Integrada (1993), "un sistema agrícola de producción de alimentos y otros productos de calidad, que utiliza recursos y mecanismos de regulación natural para sustituir aportes perjudiciales al ambiente y que asegura una agricultura viable a largo plazo".

Este tipo de agricultura consiste en un sistema de producción de alimentos que integra recursos y mecanismos de regulación natural, con el uso, controlado y cuidadoso, de productos químicos de síntesis. La combinación equilibrada de medios agronómicos, físicos, químicos y biológicos permite obtener producciones de buena calidad con un número reducido de tratamientos antiparasitarios.

Las producciones integradas están teniendo en Italia una amplia aplicación aunque existen notables diferencias entre las distintas regiones. En el sector frutal, muy activo desde el principio han destacado las regiones de Emilia Romagna y el Trentino Alto Adige.

El reglamento CEE 2078/1992 ha tenido un notable impacto en Italia llevando a una sensible reducción (de casi el 30%) del uso de productos fitosanitarios (Figura 1) y fertilizantes. En 1998 la Producción Integrada ocupaba casi 410.000 hectáreas; subdivididas en 194.000 hectáreas al norte, 161.000 hectáreas en el centro y 55.000 hectáreas al sur (Sansavini, 1999).

(Traducido por J. Gómez Aparisi).

Figura 1. Cantidad de materia activa de fitosanitarios comercializada en Italia

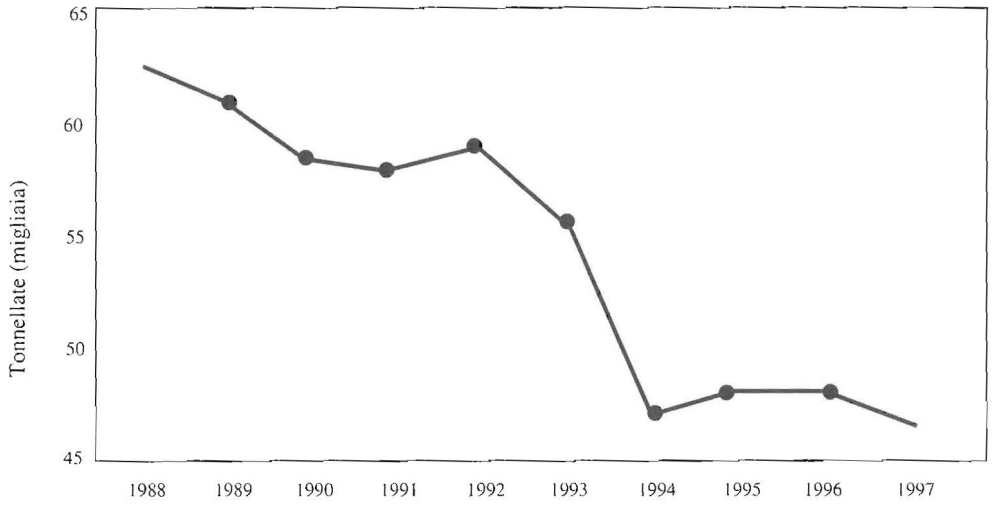
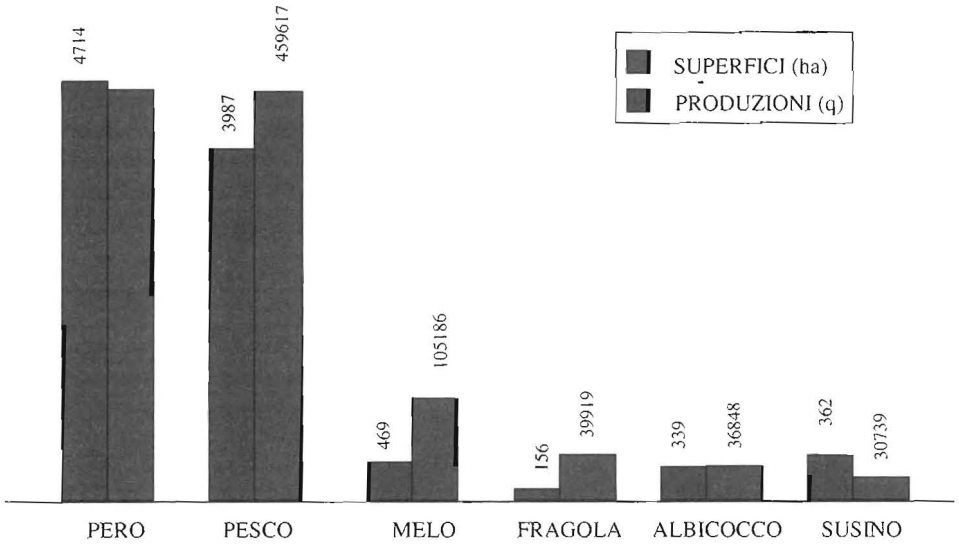


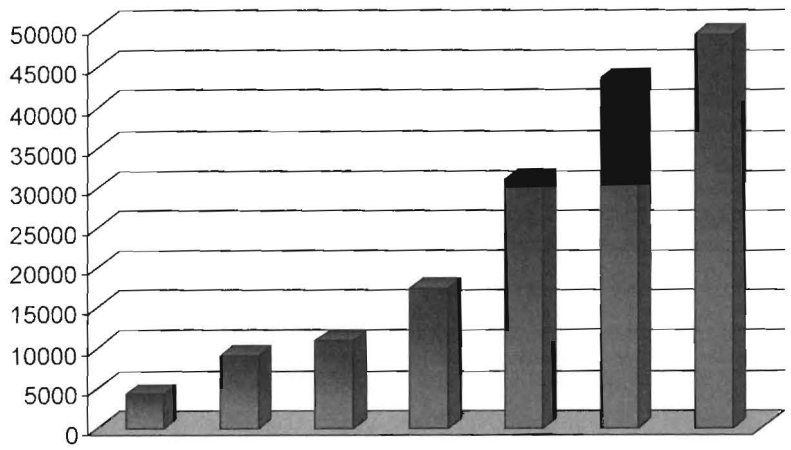
Figura 2. Superficies y producciones frutícolas con la marca Q.C. en la campaña 97-98



Este notable desarrollo de las prácticas agronómicas con bajo impacto ambiental está también ligado a las exigencias del consumidor que, sin descuidar las características estéticas del producto final, tiende a atribuir una importancia creciente a los componentes menos aparentes de la calidad (propiedades organolépticas, aspectos higiénico-sanitarios y de salud del producto) y está preparado para discriminar entre los métodos de producción (convencional, integrada, biológica). En consecuencia, todas las técnicas de cultivo adoptadas y en particular la fertilización, deben ser definidas bajo una óptica eco-compatible, según las directrices de métodos de producción consolidados (Producción Frutal Integrada) o en fuerte ascenso (Fruticultura Biológica) en los países de la Unión Europea.

También la Agricultura Biológica crece a ritmo y velocidad constante en toda Europa, pero en Italia se está asistiendo a una verdadera y adecuada expansión que ha llevado al país, en 1999, a la primera posición de Europa con una superficie de 953.000 hectáreas (Nasolini y Quadretti, 2001). En el período 1993-1999 se ha producido un notable incremento de explotaciones biológicas (Figura 3).

Figura 3. Evolución del número de explotaciones agrícolas biológicas en Italia en el período 1993-1999 (Fuente: BioBank 99).



LA GESTION DE LA PLANTACION FRUTAL

La plantación puede gestionarse, según una escala decreciente de impacto ambiental, con técnicas convencionales, integradas o biológicas.

Las técnicas de produción integradas permiten reducir el impacto ambiental de todas las prácticas agronómicas, manteniendo un nivel de producción satisfactorio y una buena calidad del producto. Para aplicar correctamente este tipo de prácticas, es, sin embargo, necesario un adecuado conocimiento científico de los procesos vegetativos y reproductivos de los

cultivos. El empleo de los medios químicos solo puede ser optimizado mediante un constante control de las fases fenológicas y un profundo conocimiento de las exigencias de la planta.

Los principales factores a tener en cuenta para la correcta gestión de una plantación con las prácticas de agricultura integrada son:

Elección de la especie y de la variedad.
Sistema de plantación (forma de conducción y densidad de plantación).
Fertilización y gestión del suelo.
Defensa fitosanitaria.
Epoca de recolección.

Elección de la especie y de la variedad.

La elección de la especie y de la combinación variedad/patrón es fundamental para no tener ni en el clima ni en el ambiente pedológico factores limitantes para el desarrollo y la producción de las plantas.

También resulta importante la elección del material viverístico que debe ser de buena calidad (tallos erectos, enraizados y con soldadura del injerto íntegra) y provisto de certificado genético-sanitario.

Sistema de plantación

La elección del sistema de conducción debe hacerse en función de la especie y del vigor de la planta. También es importante considerar la capacidad del fruticultor de controlar la planta y por tanto todas las técnicas de poda.

Para los frutales de pepita por ejemplo, los sistemas de formación recomendados son la palmeta y el fuseto (Cuadro 1).

Cuadro 1. Sistemas de conducción y marcos de plantación (m) aconsejados para frutales de pepita Forma de conducción

Forma de conducción	Vigor del Arbol		
	Alto	Medio	Bajo
Palmeta	peral: 4,5x3,5-3,0	manzano: 4,0x2,5-2,0 peral: 4,5x3,5-3,0	manzano: 4,0x2,0-1,8 peral: 4,0x2,5-2,0
Fuseto	--	manzano: 4,2-4,5x2,0-1,5 peral: 4,5x2,0-1,5	manzano: 4,0x1,5-1,0

Fuente: Directrices de Producción Integrada de la Región Emilia Romagna 2002.

Fertilización y mantenimiento del suelo

El mantenimiento del suelo, el riego y la fertilización son las técnicas fundamentales para una correcta gestión de la plantación. Estas prácticas agronómicas deben estar coordinadas entre ellas y con todas las otras intervenciones culturales para respetar al máximo el ambiente y obtener un producto de elevadas características organolépticas y de salubridad. Deben además tener en cuenta las condiciones pedoclimáticas de la zona y de las características biológicas y fisiológicas del material vegetal establecido en la plantación.

Las principales *técnicas de mantenimiento de suelo* son: el laboreo, la cubierta vegetal, los acolchados y el desherbado. Si las dos primeras contemplan ya sea la fila o la calle de la plantación, las otras dos son por el contrario exclusivas de las franjas de las hileras. En la práctica casi siempre se realizan "sistemas mixtos" que permiten adoptar posteriormente diversas técnicas.

Según la normativa de producción integrada, en las hileras se permite el control de las malas hierbas con medios mecánicos (laboreo, siega) y con medios químicos (herbicidas), mientras que en las zonas de las calles solamente se permite la siega o el laboreo del terreno.

No existe un sistema de mantenimiento del suelo que sea absolutamente el mejor, el criterio de elección se basará en las características climáticas (pluviometría y temperatura), en la pedología de la zona (profundidad y textura del suelo), en consideraciones ligadas a la gestión de la plantación, y en la especie, variedad y patrón utilizado.

La fracción mineral del abono que efectivamente es absorbido por el sistema radicular, puede variar sensiblemente condicionada por múltiples factores: cantidad de abono aportado, disponibilidad del elemento mineral en el terreno, exigencias nutritivas de la planta, características químico-físicas del terreno, características químico-físicas del abono y modalidad de aplicación del mismo.

Para la correcta realización de un programa de *fertilización* es necesario conocer todos los parámetros que acabamos de señalar. El conocimiento se estos parámetros es fundamental para poder efectuar abonados con el objetivo de maximizar la eficiencia fertilizante y por tanto reducir el aporte de los elementos minerales de síntesis al suelo respetando así las normas de P.I. (Marangoni, 1995).

Una correcta técnica de fertilización permite obtener una producción mantenida, constante y de buena calidad.

También el riego tiene una gran importancia por cuanto que si se aplica con un criterio adecuado, permite obtener resultados relevantes desde un punto de vista cuantitativo y cualitativo. Para establecer un correcto programa de riego es preciso disponer en la plantación de un pluviómetro para evaluar la pluviometría y poder calcular las necesidades hídricas de las plantas.

En los últimos años se está desarrollando notablemente la subirrigación que es una práctica de riego consistente en establecer el sistema de riego bajo el nivel del suelo (a una profundidad variable entre 20 y 40 cm) para el suministro de agua al cultivo.

La subirrigación garantiza una mayor eficiencia de la distribución del agua de riego ya que reduce las pérdidas debidas a la evaporación de la superficie del suelo y no conlleva fenómenos de deriva del agua de riego suministrada causada por el viento (inevitable cuando se adopta un sistema de riego por aspersión sobre la copa). Una última ventaja de la subirrigación reside en la posibilidad de utilizar aguas refluidas.

Defensa fitosanitaria.

La normativa de P.I. prevé que la protección fitosanitaria se realice utilizando, en la menor cantidad posible, los productos con el menor impacto ambiental posible. Estos productos deben ser utilizados solo si son estrictamente necesarios y a las menores dosis. Para elegir la época de intervención óptima se deben utilizar los métodos de muestreo, los modelos de previsión y evaluar el umbral económico de la intervención.

Epoca de recolección.

La época de recolección es el momento fundamental del proceso productivo porque caracteriza la calidad global y la conservabilidad del producto. La definición de la época de recolección puede efectuarse con diversas metodologías entre las que seguramente la más fácil de aplicar y con suficiente respuesta fisiológica es el uso de los índices de madurez (penetrometría, acidez y sólidos solubles).

Para poder prolongar la mejor conservación del melocotón debería recogerse con una dureza comprendida entre 5 y 8 kg (puntal del penetrómetro de 8 mm). Para la comercialización inmediata la dureza va ligada a las exigencias de la distribución y a los estandares de la calidad y por tanto no debe ser superior a tales valores (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores de dureza y Sólidos solubles (%) de los frutos, en la distribución (Normativa de P.I. Región Emilia Romagna)

	Dureza en la distribución [1] (kg)	SS en la distribución (%)
Melocotones	3-4,5	≥9,5 precoces ≥11 medias y tardías
Nectarinas	3-4,5	≥9,5 precoces ≥11 medias y tardías

[1] Producto ya preparado para la distribución al detallista

EXIGENCIAS EN NUTRIENTES DE LAS PLANTAS Y TECNICAS Y TECNICAS DE APLICACION DE NUTRIENTES.

Las exigencias de los frutales dependen de factores climáticos y pedológicos. Con la evolución de las técnicas agronómicas y la aparición de material vegetal mejor adaptado a las diversas condiciones ambientales se han difundido sobre todo sistemas frutícolas intensivos que sin embargo requieren una mayor capacidad técnica para conseguir gestionar todo el proceso productivo.

A fin de optimizar la gestión de una plantación son fundamentales las técnicas de mantenimiento del suelo como el análisis de suelo, el diagnóstico foliar y la determinación de un plan de abonado para satisfacer las exigencias de las plantas.

Para conseguir una correcta gestión de la plantación resulta fundamental también la elección de la técnica de abonado; es preciso tener en cuenta la movilidad de los elementos en el suelo para evitar despilfarro de abonos y contaminación.

Análisis del suelo

Los análisis de suelo son un instrumento indispensable para establecer racionalmente los planes de abonado y otros aspectos que afectan al riego, el laboreo, la elección del patrón (Canali y Tittarelli, 2000). Los parémetros químico-físicos fundamentales son: textura, pH, contenido en caliza, salinidad, capacidad de intercambio catiónico, contenido en materia orgánica.

Esta técnica permite evaluar el contenido de los diversos elementos presentes en el suelo y por tanto permite conocer cuantitativamente los macro y microelementos disponibles para la planta. Sin embargo, frecuentemente, como en el caso del nitrógeno, no se define bien la disponibilidad efectiva del árbol porque el aparato radicular absorbe preferentemente N inorgánico; solo con el análisis de los nitratos del suelo es posible evaluar la disponibilidad efectiva de nitrógeno para el árbol.

Están adquiriendo gran importancia algunos indicadores para describir la fertilidad del suelo. Destacan la biomasa microbiana y los parámetros que definen la actividad metabólica (respiración, actividad enzimática endocelular, etc.) que reaccionan rápidamente a las intervenciones agronómicas y a todo tipo de alteraciones del sistema suelo (Canali y Tittarelli, 2000).

Diagnóstico foliar

La composición mineral de las hojas está condicionada por múltiples factores, entre los que los más importantes resultan ser: el genotipo (especie, variedad y patrón); la edad de la hoja y la carga productiva del árbol, el ambiente pedo-climático y las técnicas de cultivo aplicadas. Esta técnica se utiliza preferentemente para establecer el estrés nutricional imputable a la planta, de hecho analizando los tejidos vegetales se puede establecer los elementos presentes en concentración inadecuada o excesiva.

Mediante esta técnica es por tanto posible obtener información útil para aplicar programas de nutrición definidos en base el estado nutricional de la plantación. Esto solo es útil si se dispone de valores de referencia fiables. A título de ejemplo se presentan en el Cuadro 2 los valores de referencia de la variedad 'Fuji':

Cuadro 3a. Concentraciones foliares de referencia de los macro y los microelementos para la variedad 'Fuji' en el mes de julio.

Elementos minerales	Concentración en la hoja
Nitrógeno (%)	2.20 – 2.80
Fósforo (%)	0.15 – 0.25
Potasio (%)	1.20 – 1.60
Magnesio (%)	0.25 – 0.35
Calcio (%)	1.30 – 1.60
Boro (ppm)	25 – 40
Hierro (ppm)	75 – 115
Manganeso (ppm)	30 – 65
Cobre (ppm)	5 – 20
Zinc (ppm)	30 – 75

También es importante para un correcto diagnóstico foliar la época de muestreo foliar: en el Cuadro 3b aparecen los valores medios de los macro y microelementos (± desviación estandar) encontrados en 1998 en 9 plantaciones de melocotonero 'Starkredgold' (Scudellari *et al.*, 1999).

El muestreo foliar se realizó en la fase de caída de cáliz (scamiciatura) de los frutitos, en la fase sucesiva de engrosamiento de frutos (unos 40 días tras el primer muestreo) y en pleno verano, siguiendo la metodología tradicional. En el primer muestreo solo se han considerado las hojas jóvenes que se han formado utilizando preferentemente las sustancias de reserva acumuladas en los órganos perennes y debería permitir una valoración bastante precisa del estado nutricional del árbol al inicio de la estación de crecimiento. El siguiente muestreo se ha realizado correspondiendo con una fase del árbol particularmente exigente desde el punto de vista nutricional cuando se produce un intenso crecimiento de brotes y frutitos. Debería permitir detectar eventuales desequilibrios nutricionales para corregir mediante aplicaciones foliares (caso de microcarencias) o al suelo. El muestreo estival se ha realizado a mediados de julio y los valores obtenidos (Cuadro 3b) se consideran satisfactorios para la variedad considerada (Scudellari *et al.*, 1999).

Cuadro 3b Concentración foliar (% m.s.) ± desviación estandar de los macroelementos determinados en el melocotonero 'Stark Redgold' en tres momentos del período vegetativo (Scudellari *et al.*, 1999).

1: caída de cáliz (scamiciatura)

2; 40 días después de la caída de cáliz

3: mediados de julio

Plan de fertilización

El nitrógeno es uno de los elementos de mayor importancia para el abonado de la plantación. Su dinámica en el suelo es bastante compleja, de hecho puede estar presente en diversas formas: la componente orgánica (la más abundante) que posteriormente es mineralizada por la flora bacteriana formando el ión amonio (NH_4^+) y sucesivamente el ión nitrato (NO_3^-). El N-NO_3^- no es retenido por los coloides y es fácilmente lavado por el agua de percolación. Todo esto dificulta respecto a los otros elementos minerales la realización de la fertilización.

La dinámica del fósforo (P) y del potasio (K) en el suelo es menos compleja que la del N y esto permite más agilidad en la técnica de la fertilización, especialmente considerando que ambos elementos son retenidos por los coloides y corren por tanto menos riesgos de ser lavados. La escasa disponobilidad de P, tanto en suelo ácido como alcalino puede limitar sensiblemente la actividad vegetativa de la planta(Marschner, 1995; Nielsen *et al.*,1990; Tagliavini *et al.*, 2000). Las exportaciones anuales de P son pequeñas y raramente superan los 20 kg/ha. Además la determinación analítica del P da una buena indicación sobre la fracción asimilable por las raíces, por lo que el análisis del suelo puede ser utilizado para establecer el abonado. Basados en estas consideraciones, en caso de un contenido normal del suelo (12-16 mg/kg de P, por el método Olsen), una fertilización fosfórica cada 3-4 años con unos 40-50 kg P/ha es suficiente para compensar las exportaciones.

El potasio es el elemento mineral de mayor contenido en el fruto (Cuadro 3) y permite obtener un buen calibre, un buen equilibrio acidez/azúcares y una intensa coloración del epicarpio. Estos importantes aspectos positivos no deben hacer olvidar que el exceso de potasio reduce mucho la conservabilidad del fruto.

El calcio (Ca) es un elemento que desempeña un papel importante al conferir consistencia a la pulpa, por cuanto contribuye a asgurar una elevada cohesión entre las células del fruto: previene además la disgregación de los frutos al inhibir a la enzima responsable de la demolición de los pectatos que es el preludio del blandeamiento de los tejidos.

Para el suministro de potasio, fósforo y magnesio se puede aplicar la regla que prevé la restitución anual de la cantidad exportada por la producción

de fruta (Cuadro 5), corrigiéndola eventualmente en base a los contenidos del suelo (Cuadro 4) (Scudellari y Tagliavini, 2000).

Cuadro 4. Dosis máximas admitidas para la fertilización fosfórica y potásica.

Dotación del terreno	P (kg de P_2O_5)	K (kg de K_2O)
Baja	250	300
Normal	50	150
Elevada	30	75

(Fuente: Normativa de Producción Integrada-2001 Emilia Romagna)

Cuadro 5. Cantidad de macro (kg) y de microelementos (g) absorbidos por los frutos de manzano, melocotonero, ciruelo, cerezo y albaricoquero (Tagliavini *et al.*, 2000)

Macro-elementos	Cantidad absorbida (kg/t)				
	Manzano	Melocotonero	Ciruelo	Cerezo	Albaricoque
Nitrógeno	0.50 – 0.60	0,90-1,00	0,49	2,00-2,35	0,87
Fósforo	0.07 – 0.13	0,25	0,10	0,18-0,20	0,19
Potasio	1.40	2,00	1,72	1,48-1,70	2,96
Magnesio	0.05 – 0.07	0,10	0,07	0,10-0,16	0,08
Calcio	0.07	0,05	0,04	0,11-0,16	0,14
Microelementos	Cantidad absorbida (g/t)				
Hierro	1.80	1,10	1,00	5,63-10,77	5,40
Manganeso	0.45	0,47	0,49	0,70-0,97	0,79
Zinc	0.40	1,40	1,00	1,83-2,04	2,60

La materia orgánica y el enhierbamiento

El aporte de materia orgánica o de derivados análogos (compost) con elevados contenidos de productos húmicos o similares (C/N superior a 15), además de representar una fuente directa de nutrientes, contribuye a mejorar la estructura y aumenta la solubilización y asimilación de los elementos minerales por parte del aparato radicular. En un terreno bien provisto de materia orgánica no se debe olvidar, además, la contribución nutricional aportada por la biomasa microbiana, en particular de las bacterias fijadoras de nitrógeno.

La reducción de la disponibilidad de las tradicionales fuentes de materia orgánica ha causado una drástica disminución de los aportes de materia orgánica (estiércol) en las plantaciones de la Pianura Padana con el consiguiente empeoramiento de la fertilidad física, química y biológica del suelo. Para contrarestar esta tendencia, la Región Emilia Romagna (Plan Regional de Desarrollo Rural 2000-2006) concede un consistente soporte financiero anual (150-180 Euro/ha) a las explotaciones frutícolas que adoptan técnicas de mantenimiento de suelo tendentes a conservar y aumentar el contenido en materia orgánica. Entre las intervenciones posibles aparece el aporte al suelo (mínimo 2,5 t de materia seca por hectárea y año) de compost de calidad procedente de la recogida selectiva de residuos orgánicos urbanos, de subproductos orgánicos de la industria agroalimentaria o de otros orígenes.

La materia orgánica del suelo de la plantación puede incrementarse más aún, combinando las enmiendas con prácticas de enhierbamiento o de abonado en verde. Experimentalmente se ha evidenciado que para muchas especies frutales y ambientes de cultivo, no es aconsejable introducir el enhierbamiento, aunque sea parcial, el primer año de plantación, por el riesgo de debilitar excesivamente los árboles en fase de formación, cuyo sistema radicular está poco desarrollado y es más sensible a la competencia de la cubierta vegetal. En los 2-3 primeros años de la plantación podría ser más oportuno mantener el suelo con laboreo o enhierbamiento temporal. En líneas generales es preferible orientarse hacia mezclas constituidas por 4-5 especies con características complementarias, la mayor parte de las cuales es mejor que pertenezcan a la familia de las Gramíneas, por ser más rústicas y capaces de soportar mejor los diversos estreses que se pueden presentar. Las especies de más frecuente aplicación en la Pianura Padana son *Lolium perenne, Poa pratensis, Festuca rubra* y *Festuca ovina* , con las que es posible obtener una cubierta con moderadas exigencias de manutención (Marangoni, 2000). Además, la elección de las especies que componen la mezcla debe efectuarse en función de las características pedo-climáticas no solo de las relaciones de antagonismo/alelopatía con la especie frutal y de las relaciones con la fauna del suelo.

El enhierbamiento es además un método muy eficaz para combatir la clorosis férrica al permitir aumentar la eficiencia de utilización del hierro. Entre las especies utilizadas para el enhierbamiento, mientras que las leguminosas ofrecen la posibilidad de fijar N2 atmosférico y por tanto de reducir el abonado nitrogenado, las gramíneas presentan la ventaja de aumentar la disponibilidad de hierro soluble en el suelo mediante la emisión de fitosideróforos (estrategia

II, Marschner *et al.*, 1986). La elección de la asociación más conveniente entre frutales y especies herbáceas eficientes en la absorción de hierro, ayudará a proyectar plantaciones que no precisen aportes exógenos de hierro. Se han obtenido resultados muy alentadores en la prevención de la clorosis férrica en frutales recurriendo al enhierbamiento de las filas de los árboles con especies gramíneas (*Lolium* spp., *Festuca* spp y *Poa* spp) (Rombolá *et al.*, 1999; Tagliavini *et al.*, 2000). Se han obtenido resultados similares con guava (Kamal *et al.*, 2000).

En las áreas de cultivo caracterizadas por precipitaciones escasas o mal distribuidas a lo largo del año, se debe recurrir al enhierbamiento temporal o al abonado en verde. La duración de la cubierta de hierba para el abonado en verde se circunscribe al período en el que la competición hídrica o nutritiva con los cultivos frutales es pequeña. La cubierta vegetal para el abonado en verde puede estar constituida por flora adventicia o, como es más frecuentemente, mediante siembra de especies puras o de mezclas. Para no causar estrés hídrico o nutritivo a la plantación, es conveniente que la presencia de la cubierta no se prolongue más allá de la primavera. La operación del abonado en verde puede afectar a la biomasa fresca, de modo que se agote la humedad que contiene para favorecer los procesos de degradación microbiana, o sea el material vegetal, segado y triturado se hace deshidratar al aire al menos 48 horas, antes de incorporarlo al terreno con un laboreo (Marangoni, 2000). Entre las especies idóneas para esta técnica se encuentran los cereales de otoño-invierno y numerosas forrajeras.

Con el abonado en verde se producen elevadas cantidades de materia orgánica (9 t/ha de peso fresco; Giovanni *et al.*, 2000) y de elementos minerales. La biomasa producida tiene un bajo rendimiento en humus, por lo que esta técnica es menos válida respecto al enhierbamiento permanente si el objetivo es elevar el contenido de materia orgánica del terreno (función enmendante).

En agricultura biológica son muy importantes las prácticas de fertilización orgánica, que, además de la función agronómica, provee una perspectiva concreta para el reciclado de productos residuales de los procesos agroindustriales, de las deyecciones zootécnicas y de todos los desechos orgánicos.

Abonado foliar

El abonado foliar es un método eficaz de abonado tanto para macro como para microelementos sobre todo cuando se manifiestan deficiencias, que requieren intervenciones cuidadosas y urgentes (Brown, 2001).

La aplicación foliar de los nutrientes en forma de soluciones aplicadas a las copas, representa un método de suministro más rápido respecto a los métodos que involucran a las raíces. La capacidad de la copa del árbol para absorber rápidamente los elementos sean macros o micros, además, permite intervenir con éxito si se verifican condiciones anormales del suelo que impiden la absorción radicular de los elementos nutritivos (por ejemplo terrenos asfixiantes, fríos, etc.) Esta técnica presenta todavía algunas desventajas

respecto al abonado del suelo: el efecto benéfico de los aportes a la copa es menos duradero.; muchas formulaciones atraviesan difícilmente la cutícula foliar.; algunos elementos minerales tienen una limitada capacidad de ser translocados fuera de la hoja, como en el caso del Ca (Marschner, 1995) del Zn (Zhang y Brown, 1999) o del Fe complejado con DTPA.; el aporte de elemento es limitado (la concentración media no debe ser superior al 1%) para no producir quemaduras y necrosis foliares.

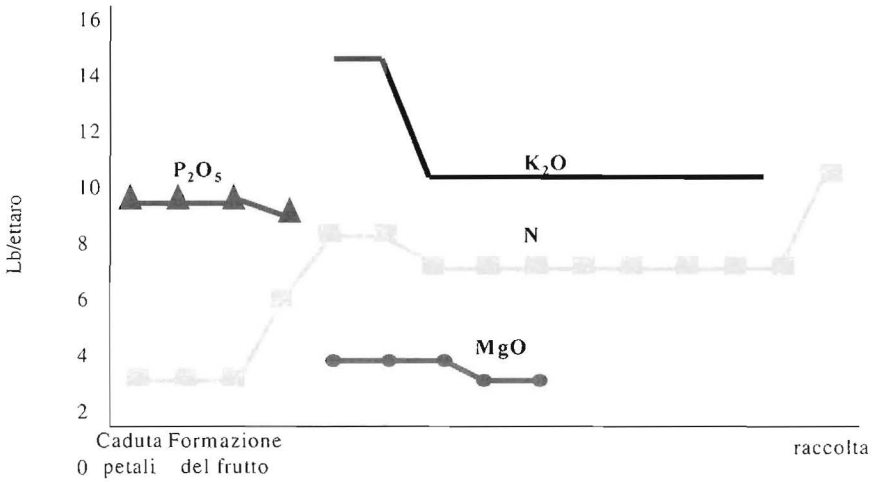
Estas contraindicaciones limitan el uso del abonado foliar en fruticultura atribuyéndole un papel complementario respecto al abonado del suelo. Esta técnica encuentra de cualquier modo mayor aplicación en la distribución de los microelementos sujetos a fenómenos de insolubilización del terreno.

Fertirrigación

Es la técnica que permite distribuir los elementos localizándolos a través del agua de riego, en una zona del terreno explorada por la mayor parte de las raíces. La localización permite un suministro más preciso en cuanto a calendario (Figura 4) y en cuanto a dosis (Cuadro 6), permite intervenir en el momento de máxima absorción por la planta con mayor precisión y eficiencia, limitando así la pérdida de nutrientes. La fertirrigación permite además limitar la contaminación debida al lavado del nitrógeno no retenido por el suelo pero que alcanza capas más profundas en el subsuelo.

En fertirrigación hay que gestionar cuidadosamente la cantidad de agua, especialmente tras dos fertirrigaciones sucesivas: hay que evitar las carencias hídricas que provocan aumentos de la salinidad de la solución de suelo y las excesivas restituciones hídricas que causan un distanciamiento de la esfera radicular de los abonos previamente distribuidos (Marangoni *et al.*, 1997)

Figura 4. Plan de ferirrigación



Cuadro 6. Plan de fertirrigación de una plantación de peral

MES	Cantidad aportada (kg/ha)			
	N	P2O5	K2O	MgO
Abril	2(2)	12(2)	0	0
Mayo	10(4)	7(1)	8(1)	9(2)
Junio	15(3)	0	34(2)	7(1)
Julio	13(3)	0	29(2)	9(3)
Post-cosecha	5(1)+F	0	14(1)	0
TOTAL	45	19	88	25

Recientes experimentaciones (Rombolà *et al.*, 2000) han puesto en evidencia que el abonado en forma de la fertirrigación permite una gestión de la nutrición más racional que las técnicas de abonado tradicionales. De hecho, la constitución del esqueleto de los plantones se ha visto favorecida por los aportes de la fertirrigación, y los árboles al segundo año han tenido producciones mayores que los abonados con fertilizantes granulados (Cuadro 7).

Cuadro 7. Producción y peso medio de los frutos de dos variedades de manzano.

Cultivar	Producción (kg/árbol)	Peso medio fruto (g)
Mondial Gala	8.4	173
Fuji	9.2	237
Nivel de significación	*	***
Tratamiento		
Fertilización normal	8.1 b	211
Fertirrigación	9.5 a	209
Fertirrigación (dosis reducida)	8.8 ab	203
Fertirrigación N-P-K (dosis reducida)	8.7 ab	203
Fertirrigación N-K-Mg (dosis reducida)	8.8 ab	200
Nivel de significación	*	*ns*

ns, *, *** no significativo y significativo al 5% y al 1% respectivamente.. Separación de medias mediante test SNK.

Por otra parte se ha evidenciado que el aporte continuo de pequeñas dosis de nutrientes permite mantener a nivel de la rizosfera una disponibilidad de elementos minerales adecuada a las cambiantes necesidades de los árboles, evitando bruscas variaciones de sus concentraciones.

Trabajos posteriores realizados sobre plantas adultas, han puesto en evidencia que hay un efecto de la dosis sobre la concentración foliar de nitrógeno, mientras que para el potasio hay un marcado efecto de la modalidad de suministro de los nutrientes (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efectos de las dosis y de la técnica de suministro sobre la concentración foliar de nitrógeno y de potasio en los frutos de 'Gala' y 'Fuji' (Rombolà *et al.*, datos no publicados).

Cultivar	Nitrógeno foliar (%p.s.)	Potasio foliar (%p.s.)
Mondial Gala	2.35	1.10
Fuji	2.60	0.97
Nivel de significación	***	***
Tratamiento		
Fertilización normal	2.55 a	0.98 b
Fertirrigación	2.58 a	1.10 a
Fertirrigación N-P-K (dosis reducida)	2.40 b	1.09 a
Nivel de significación	***	***

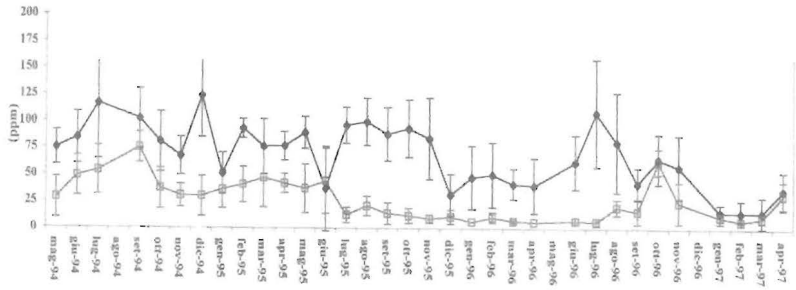
*** significativo al 1%. Separación de las medias mediante test SNK

COMPARACION ENTRE LA PRODUCCION TRADICIONAL Y LA PRODUCCION INTEGRADA

En un experimento establecido en la finca experimental de Forlì del Istituto Sperimentale per la Frutticoltura de Roma, se han comparado dos plantaciones de melocotón cultivadas con dos estrategias diferenciadas: una cultivada según las técnicas convencionales de la zona, la segunda según establecen las Directrices de Producción Integrada de la Región Emilia Romagna.

En la plantación bajo P.I. la presencia de la hierba para abonado en verde no ha interferido en el crecimiento de los árboles durante la fase de formación. En relación con la plantación convencional, con laboreos periódicos del suelo, la plantación integrada parece haberse beneficiado del abonado en verde en términos de crecimiento vegetativo de las plantas. También el enhierbamiento permanente, instalado en la plantación integrada el tercer año de plantación, no ha constituido nunca un problema de competencia hídrica o nutricional para los árboles, sea porque se ha limitado a las calles o bien porque la cubierta herbácea se ha establecido cuando ya los árboles habían alcanzado suficiente desarrollo radicular para poder explorar zonas no ocupadas por la cubierta herbácea. La presencia de una cubierta herbácea en las calles de la plantación integrada ha influido significativamente en las concentraciones y las variaciones estacionales del contenido de nitratos de los horizontes del suelo tomados en consideración. En la plantación convencional las concentraciones de nitratos han mostrado fuertes oscilaciones durante el período vegetativo: se han encontrado valores muy altos en primavera-verano (efecto del abonado y de la mineralización de la materia orgánica estimulada por el laboreo) a bajos valores en invierno, ligados al lavado con el inicio de las lluvias. Por contra, la plantación integrada, la presencia de la cubierta herbácea ha mantenido bajas y constantes las concentraciones de nitratos del suelo, limitando en verano los excesos de actividad vegetativa de los árboles y, en invierno, fenómenos de lavado del nitrógeno nítrico (Figura 5).

Figura 5 Evolución de la concentración de nitrato en las dos plantaciones comparadas.



Respecto a la productividad de los árboles y el tamaño de los frutos, la P.I. no se ha diferenciado sustancialmente de la convencional (Figura 6). Entre lod aspectos cualitativos de los frutos obtenidos en la plantación integrada se ha encontrado una tendencia al incremento de sólidos solubles (Figura 7) y de la acidez valorable (Figura 8), adelanto de la maduración y mejora de la epidermis. Esto indica la influencia y mejora de muchos aspectos cualitativos del fruto por las técnicas del abonado y el mentenimiento del suelo.

Figura 6. Producciones (t/ha) encontrados en las dos plantaciones comparadas en el período 1995-1997.

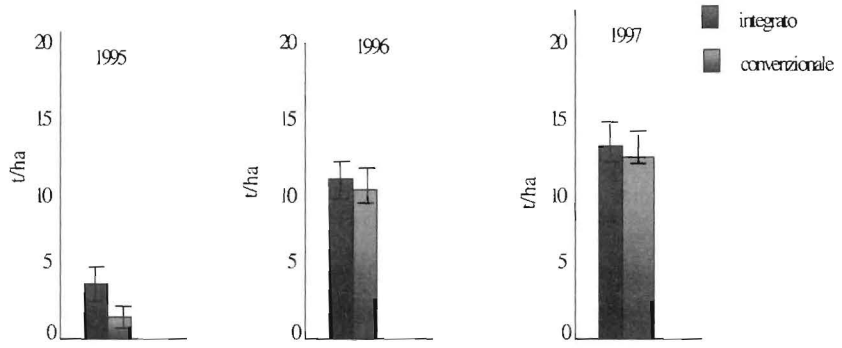


Figura 7. Sólidos solubles de los frutos de las dos plantaciones comparadas en el período 1995-1997

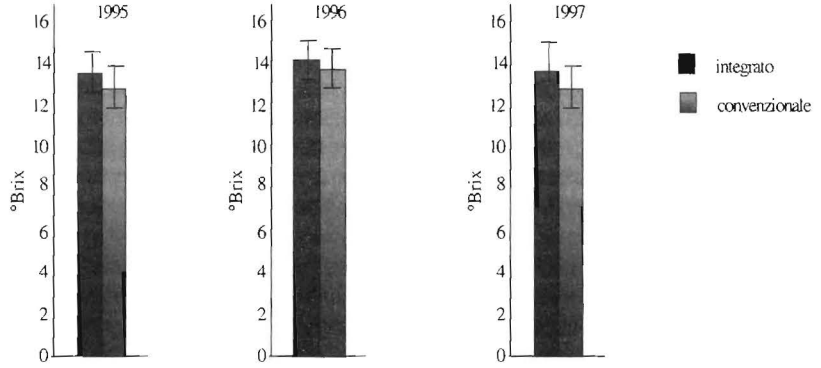
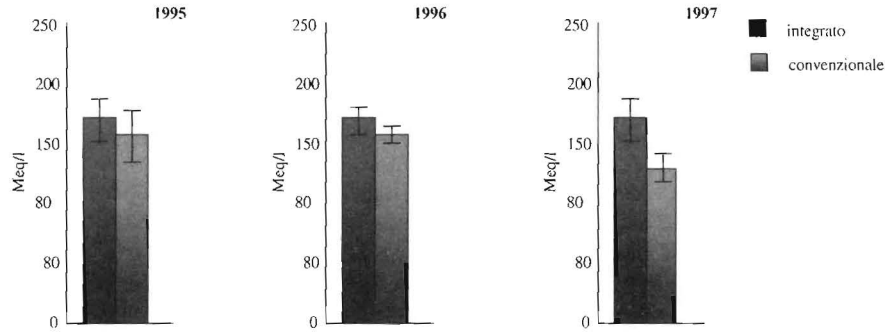


Figura 8. Acidez valorable de los frutos de las dos plantaciones comparadas en el período 1995-1997



CONSIDERACIONES FINALES

En la fruticultura de los países europeos las soluciones agronómicas tendentes a aumentar los rendimientos están dejando paso progresivamente a soluciones menos intensivas y más cautelosas, apuntando a la conservación ambiental. La incorporación en el proceso productivo de las conocimientos científicos en la fisiología de la nutrición ha permitido calibrar el aporte de nutrientes en función de su disponibilidad en el suelo y de las exigencias nutritivas de los árboles reduciendo el riesgo de dispersión de los fertilizantes en la capa freática y en el ambiente.

La influencia de algunas técnicas de cultivo (abonado, riego, mantenimiento de suelo) sobre el equilibrio vegeto-productivo del árbol y sobre el metabolismo de los elementos en el fruto, es análogo en condiciones ambientes diferentes. Por ejemplo, los excesos de nitrógeno, frecuentes en el cultivo del melocotonero, aumentan la sensibilidad de los frutos a los ataques de diversos patógenos como la monilia.

El interés creciente manifestado recientemente por los consumidores y los operadores del sector hacia los productos de alta calidad y obtenidos además con sistemas compatibles con los recursos ambientales, ha empujado a las políticas agrícolas regionales, nacionales y comunitarias a incentivar la investigación en el campo de la agricultura sostenible. En los últimos años se han definido los rendimientos operativos y las Normativas de Producción Integrada y Biológica llamados a constituir una guía útil para la aplicación práctica de los principios de la Producción Agrícola Integrada y Biológica.

También el sector de la investigación asume un papel crucial en la realización de investigaciones científicas y pruebas experimentales dirigidas a definir estrategias de cultivo eco-compatible, alternativas a las técnicas convencionales actuales.

BIBLIOGRAFÍA

Brown P. H. (2001) Foliar fertilization to overcome transient nutrient deficiency: the boron story; 47

Canali S., Tittarelli F., 2000. Conoscere il terreno. Il Divulgatore, 3: 6-14

Disciplinari di Agricoltura Integrata, 2002-Regione Emilia Romagna

Donati G., 1997 valutazione agronomica delle tecniche di produzione integrata e convenzionale del pesco-tesi di laurea.

Giovannini D., Neri D., Scudellari D., Aldini A., Marangoni B., 2000. Il sovescio ed il prato nel pescheto biologico: effetto ammendante ed aspetti allelopatici. Atti del XXIV Convegno peschicolo, Cesena 24-25 febbraio (in stampa).

Kamal, K., Hagagg, L., Awad, F., 2000. Improved Fe and Zn acquisition by guava seedlings grown in calcareous soils intercropped with graminaceous species. J. Plant Nutr. 23 (11&12): 2071-2080.

Marangoni B., 2000. Esigenze nutrizionali delle piante da frutto in clima temperato. Atti del "III Encontro Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado", Parque da Maçã, Fraiburgo, Santa Catarina, Brasile, 25-27 Luglio 2000, pp. 50-59

Marangoni B., Tagliavini M., Scudellari D., 1995. La gestione del suolo, l'irrigazione e la fertilizzazione del pesco. Atti del Convegno "La peschicoltura veronese alle soglie del 2000" Verona, 25 febbraio 1995, pp. 273-294.

Marangoni B., Tagliavini M., Scudellari D., Ferraro R. (1997) Aspetti tecnici della nutrizione minerale e dell'irrigazione nella moderna melicoltura. Atti del Convegno "Melicoltura di pianura: quale futuro". Camera di commercio di Verona; 173-194

Marschner H., 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, Londra.

Marschner H., Roemheld V., Kissel M., 1986. Different strategies in higher plants in mobilization and uptake of iron. J. Plant Nutr. 9: 695-713

Mazzanti F., 2002. Acquisizione di nutrienti da fertilizzanti organici e minerali e stato nutrizionale del melo-tesi di dottorato.

Nasolini T., Quadretti T.,2001. Italia, un frutteto biologico. Frutticoltura 1:13-19

Neilsen G. H., Hogue E.J., Yorston J., 1990. Response of fruit trees to phosphorus fertilization. Acta Horticulturae, 274: 347-359.

Rombolà A.D., Quartieri M., Marangoni B., Tagliavini M., Scudellari D., Abadia J., 1999. Strategie di cura della clorosi ferrica nella frutticoltura integrata. Frutticoltura 5: 59-64

Rombolà D. A., Zavalloni C., Scudellari D., Ceccaroli A., Mazzanti F.,Marangoni B., Tagliavini M.,2000. Frutticoltura 6: 67-74

Sansavini S., 1999. produzione integrata e biologica: cammino in parallelo, ma irto di ostacoli. Frutticoltura 5: 10-18

Scudellari D. (1996) La fertilizzazione. Supplemento al n° 34 di "terra e vita"; 39-43

Scudellari D., Tagliavini M., 1998. Speciale fertirrigazione, principi teorici ed applicativi per l'impiego nel frutteto. Supplemento a Terra e Vita, 13: 4-7.

Scudellari D., Toselli M., Marangoni B., Tagliavini M., 1999. La diagnostica fogliare nelle piante arboree a foglia caduca. Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo, 48 (4):829-842.

Tagliavini M., Quartieri M., Rombolà A.D., Zavalloni C., Malaguti D., Marangoni B., Scudellari D., 2000. Ripartizione degli elementi minerali nei frutti degli alberi decidui. Frutticoltura 1:83-87.

Tagliavini, M., Abadía, J., Rombolà, A.D., Tsipouridis, C., Marangoni B., 2000. Agronomic means for the control of iron deficiency chlorosis in deciduos fruit trees, J. Plant Nutr. 23 (11&12), 2007-2022.

Zhang Q., Brown P.H., 1999. Distribution and transport of foliar applied zinc in pistachio. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 124(4): 433-436.