

DIAGNÓSTICO VISUAL DE LA CLOROSIS FÉRRICA *

M. Sanz Encinas

L. Montañés García*

Estación Experimental de Aula Dei (CSIC)
Apartado 202, 50080 ZARAGOZA
(España)

RESUMEN

La deficiencia de hierro o clorosis férrica puede considerarse como el desorden nutricional con más amplia difusión en el medio agrícola. La especial incidencia en el cultivo frutal hace que la prevención y tratamiento suponga un apartado muy significativo dentro de los gastos de cultivo. El diagnóstico temprano de la deficiencia es vital para la más pronta recuperación de la planta.

El diagnóstico visual, es decir la observación de la planta a simple vista, constituye un método rápido, económico y con un muy aceptable grado de fiabilidad para la identificación de la clorosis férrica. Para facilitar su aplicación a especies leñosas, en este trabajo se resumen los factores que con más frecuencia intervienen en el desencadenamiento de la enfermedad y se presenta una descripción actualizada de su sintomatología. Como apoyo para un diagnóstico más seguro se incluye una colección de fotografías originales en color, en las que puede observarse el desarrollo de la enfermedad en 25 especies leñosas diferentes: albaricoquero, algarrobo, almendro, avellano, cerezo, ciruelo, endrino, feijoa, frambueso, granado, higuera, kiwi, mandarino, manzano, melocotonero, membrillero, moral negro, naranjo, nashi, níspero, nogal, olivo, peral, vid y zarzamora.

SUMMARY

VISUAL DIAGNOSIS OF IRON DEFICIENCY

Iron deficiency (iron chlorosis) is considered the most widespread nutritional disorder of plants. The particular susceptibility of fruit crops for this disease raises the costs of the cultural management owing the necessary remedial practices applied to impair its negative effects. Visual diagnosis (plant observation at naked eye) is a cheap, fast and reliable method for identifying iron deficiency. As a previous information, in this paper was considered appropriate to summarize the most important factors and causes leading to iron deficiency. Later, an actualized description of the characteristic disease symptoms is reported. Finally, a set of original colour pictures is included as an example of visual diagnosis applied to 25 woody species: almond, apple, apricot, asian pear, blackmulberry, blackberry, blackthorn, carob, feijoa, fig, grapevine, hazel, kiwi, loquat, mandarin, olive, orange, peach, pear, plum, pomegranate, quince, redraspberry, sweet cherry, walnut.

* Trabajo financiado por los proyectos CA 11/86 y PCA 6/91 (CONAI - Diputación General de Aragón y AGRI 89-0502 (Plan Nacional de Investigación Agrícola).

Introducción

La corrección de cualquier anomalía que pueda observarse en un cultivo, tanto sea de origen patológico como funcional, exige como etapa previa imprescindible un adecuado diagnóstico. Sólo así podrán ponerse en marcha las oportunas medidas para la más pronta normalización de una situación irregular.

La deficiencia de hierro, también llamada clorosis férrica, es un desorden nutricional, ampliamente difundido en la naturaleza (MILLAN, 1980) que afecta prácticamente a todas las especies vegetales, herbáceas y leñosas, agrícolas y forestales, silvestres o cultivadas. No obstante, su mayor incidencia económica se hace notar en el cultivo frutal (HERRERO y ABADIA CONTE, 1962); de manera especial en el área mediterránea donde, entre otras, las condiciones de aridez, alcalinidad, texturas y estructuras de suelos pesados y la gran proporción de caliza, inducen con muchísima frecuencia el desencadenamiento de la citada deficiencia (DEMETRIADES *et al.*, 1964; MONTAÑES *et al.*, 1975).

Ante estas circunstancias la planta reacciona desarrollando unas alteraciones metabólicas derivadas de las propias funciones de los componentes afectados (HERAS, 1961; TERRY y ABADIA, 1986; VAL *et al.*, 1987; MONGE *et al.*, 1991) y poniendo de manifiesto una sintomatología típica, que serán de la máxima utilidad para emitir el correspondiente diagnóstico.

Estos síntomas pueden ser: anatómicos y funcionales (se reflejan en el crecimiento y en el desarrollo del árbol), de apariencia física (se reflejan fundamentalmente en el color de las hojas) y productivos (reducción de la calidad y/o cantidad de cosecha).

En consecuencia, los métodos para el diagnóstico de la deficiencia de hierro se basarán tanto en la detección de determinadas alteraciones químicas o bioquímicas, (diagnóstico químico) como en la observación "in vivo" de la sintomatología externa característica (diagnóstico visual). A éste vamos a concretarnos en el presente artículo.

En la cuenca del Ebro las 90.000 ha de regadío que, aproximadamente, están dedicadas al cultivo frutal, son potencialmente susceptibles a la clorosis férrica y de ellas en un 50% son necesarios o se practican ya tratamientos correctores o preventivos. Estos tratamientos se estima que pueden suponer un coste de unos 2.500 millones de pesetas anuales (SANZ *et al.*, 1992).

A pesar de los múltiples estudios realizados sobre la clorosis férrica, en nuestra opinión y en lo que respecta a su diagnosis, sigue siendo todavía vigente lo señalado por BROWN y JONES ya en 1976, quienes hacen hincapié en que el mejor indicador de la deficiencia de Fe, incluida su gravedad, es la intensidad con que la enfermedad se manifiesta (sintomatología externa), avalando así la utilidad del diagnóstico visual.

El objetivo del trabajo es la descripción actualizada de los factores desencadenantes y de los síntomas característicos de la clorosis férrica en los que debe basarse su diagnóstico visual. Como ejemplo de aplicación de esta descriptiva a especies leñosas, se presenta una colección de fotografías en las que se pone de manifiesto la diversidad de especies que, en el área mediterránea, pueden verse afectadas por la clorosis férrica. En las mismas se evidencia la variabilidad en la presentación de los síntomas entre las diferentes especies consideradas.

Material y método

El material vegetal clorótico ha sido observado y fotografiado en su medio de desarrollo (plantaciones frutales o en el medio natural). En todos los casos presentados se confirmó el diagnóstico visual de la deficiencia de Fe por alguno de los métodos descritos más adelante.

Las fotografías en color fueron realizadas con un equipo convencional (Olimpus AZ-11).

Resultados

1. Factores desencadenantes de la clorosis férrica

Como cualquier otra deficiencia mineral, la clorosis férrica puede tipificarse en: directa o primaria e indirecta o inducida. La primera se desencadena cuando en el sustrato nutritivo no existe suficiente hierro para atender las necesidades de la planta; es la menos frecuente y, como es obvio, su corrección se conseguirá en cuanto la planta pueda disponer para su absorción de la adecuada cantidad de nutriente. La clorosis férrica inducida es la habitual y se hace patente cuando, aun existiendo en el suelo en cantidades suficientes para atender la demanda del cultivo, alguna circunstancia impide que el hierro pueda ser utilizado por la planta.

Como apoyo al diagnóstico de la deficiencia de Fe es importante conocer las causas desencadenantes ya que, su coexistencia con una sintomatología dudosa, puede permitir transformar la sospecha en un diagnóstico seguro; siempre que nos encontremos con algunas de estas condiciones es manifiesto el riesgo de clorosis férrica.

Habitualmente, las causas de la clorosis férrica no se presentan de forma aislada sino que suelen coincidir varias de ellas, actuando sinérgicamente y en sentido negativo (p.ej. suelo rico en caliza y pobre en materia orgánica). Por el contrario, cuando alguna de estas circunstancias es favorable, puede actuar como agente paliativo sobre los efectos negativos de otra u otras (p.ej. buen nivel y buenas características de la materia orgánica en un suelo muy calizo).

Esas causas desencadenantes de la clorosis de hierro inducida (KABATA-PENDIAS y PENDIAS 1984; BERGMANN 1992b) pueden residir en el suelo, en la planta, en las condiciones medioambientales y en el manejo cultural. Obviamente, estos grupos de factores suelen, la mayoría de las veces, estar interrelacionados.

Factores dependientes del suelo:

* Suelos con muy bajo contenido de Fe (p.ej. muy arenosos).

* pH alcalino (la asimilabilidad y difusión del Fe son muy escasas a pH por encima de 6-7).

* Elevados contenidos de carbonatos de calcio y de magnesio.

* Suelos muy arcillosos (inhibido el crecimiento de la raíz y por tanto la toma de Fe).

* Suelos minerales excesivamente ácidos (condiciones en las que es muy baja la posibilidad de toma o asimilación del Fe).

* Subsuelos encharcados (capa freática alta).

* Suelos con muy bajo contenido de materia orgánica (escaso contenido de complejos húmicos de Fe solubles).

* Suelos con exceso de materia orgánica (demasiado Fe acomplejado con compuestos húmicos poco solubles).

* Suelos con marcado desequilibrio catiónico, cuando los contenidos absolutos o relativos de Fe son bajos.

* Suelos excesivamente ricos en sustancias acomplejantes naturales.

* Suelos de textura y estructura compactas.

Factores dependientes de la planta:

* Especies y variedades poco eficientes para el hierro. El orden de susceptibilidad (más a menos) entre las especies frutales puede estimarse en el siguiente: melocotenero > peral > groselleros negro y rojo > ciruelo > membrillero > albaricoquero > cerezo > manzano.

* Portainjertos en frutales y vid.

* Procesos de traslocación del Fe inhibidos.

* Movilidad de los iones Fe^{2+} disminuida (no llega al tejido intervenal).

* Excesivo desarrollo de brotes o muy altas cosechas (insuficiente traslocación de Fe para atender la gran demanda).

Factores dependientes de las condiciones medioambientales.

* Acumulación de iones bicarbonato (se interrumpe el metabolismo radicular).

* Suelos encharcados o enfangados.

* Altos niveles de CO_2 en la atmósfera del suelo (exceso de materia orgánica fácilmente descomponible).

* Altos niveles en suelos de metales pesados, como níquel, cromo, cobalto, zinc, cobre y manganeso (inhiben la toma, traslocación y utilización del Fe).

* Temperaturas extremas (golpes de calor o de frío).

* Exceso de luz (sobre todo en especies marcadamente fotosensibles).

* Enfermedades o plagas (algunas virosis fundamentalmente).

Factores dependientes de las prácticas culturales:

* Abonado nitrogenado excesivo (puede provocar un enriquecimiento no deseable de la planta en nitratos o bien, algunos tipos de fertilizantes, una alcalinización del medio).

* Exceso de abonado fosfatado, sobre todo si se repite a lo largo de varios años, (los iones fosfato inmovilizan el Fe e inhiben su traslocación).

* Uso abusivo de maquinaria pesada (compactación).

* Deficiente manejo del riego (tanto por exceso como por defecto).

* Excesivo aporte de azufre.

* Excesivo uso de enmendantes orgánicos fácilmente mineralizables.

2. Diagnóstico visual de la clorosis férrica

La gran ventaja del diagnóstico visual es su rapidez y en consecuencia, siempre que el técnico que lo realice tenga una mediana experiencia, se podrán de inmediato aplicar, en su caso, las adecuadas medidas correctoras.

Es importante el diagnóstico precoz de la deficiencia de Fe, ya que la eficacia de las medidas correctoras es mucho mayor en casos de clorosis media o moderada, cuando las hojas no están todavía completamente desarrolladas. De cualquier forma, los tratamientos deben repetirse a lo largo del ciclo debido a la lentitud con que el Fe es transferido.

do de las hojas tratadas a las que se desarrollan con posterioridad.

La deficiencia de Fe primero aparece en las hojas jóvenes, precisamente por esta poca movilidad del nutriente. El Fe absorbido se transfiere continuamente a los órganos de crecimiento, por eso responden antes y mejor a los tratamientos las hojas jóvenes que las maduras y la recuperación de los árboles se observa primeramente en los extremos de los brotes.

La aplicación del diagnóstico visual también presenta algunos inconvenientes como son, en el caso de la deficiencia de Fe; i) pueden darse deficiencias ocultas o muy ligeras, en las que la sintomatología es nada o poco aparente y por ello difícil de observar (especialmente en plantaciones viejas o que han franqueado); ii) la clorosis puede estar siendo causada por algunos agentes patógenos (insectos y virus) que habrán de ser identificados; iii) la deficiencia de Fe puede ir acompañada por la falta de algún otro nutriente (p.ej. manganeso) y entonces la sintomatología ser confusa por mezcla o solapamiento de síntomas.

Como es obvio, este método se basa en la observación directa en campo de los síntomas que la deficiencia de hierro provoca en la planta. Esta sintomatología es consecuencia de un conjunto de alteraciones metabólicas y funcionales que se reflejan, de manera especial, en una disminución de la concentración de clorofila en hoja (ABADÍA CONTE, 1956) y la consecuente aparición de clorosis.

Esta pérdida de clorofila, en caso de clorosis férrica, puede ser parcialmente compensada por una mayor eficacia fotosintética de la clorofila residual; por ello las hojas cloróticas por una deficiencia media o moderada no llegan a necrosarse y pueden permanecer vivas durante todo el verano. Es

así frecuente ver plantaciones frutales que, aun con síntomas manifiestos de clorosis todos los años, mantienen buenos niveles de cosecha durante prácticamente todo su ciclo productivo (15 o 20 años).

Las alteraciones inherentes a la aparición de una deficiencia de hierro quedan reflejadas en determinados componentes (HERAS, 1960; ABADIA *et al.*, 1985), cuya modificación podría servir también de criterio diagnóstico. Así, el contenido foliar de K es más alto de lo normal y el de Ca más bajo (por tanto la relación K:Ca será más alta); lo mismo ocurre con la relación P:Fe; la relación peroxidasa:catalasa es baja; la concentración de aminoácidos libres elevada; se reduce la toma de nitratos; aumenta la concentración de ácido cítrico y disminuye la de málico (consecuentemente aumenta el valor de la relación entre ambos); se altera el equilibrio ácido de la planta; se elevan los azúcares reductores; aunque el contenido de Fe total en relación con la deficiencia, como ya se ha dicho, no siempre está relacionado con aquella, parece ser que su valor diagnóstico es más seguro si el contenido se expresa sobre materia fresca o sobre unidad de superficie foliar; en muchos casos el contenido de Fe activo (soluble en HCl) parece ser un buen medio diagnóstico (más bajo en deficiencia) y aunque suele estar poco correlacionado con el Fe total tiende a mantener una aceptable correlación con la relación P:Fe.

Como se aprecia en las fotografías que se incluyen en el presente trabajo, la clorosis férrica ha podido ser observada en prácticamente todas las especies leñosas, si bien en algunas ofrece particularidades en su sintomatología que será conveniente resaltar, a fin de que para éstas también pueda emitirse un diagnóstico seguro. Por su importancia y especial incidencia en las especies frutales

cultivadas en el área mediterránea, haremos luego referencia a algunas de ellas.

En general, la clorosis férrica comienza a manifestarse en las hojas más jóvenes de los brotes, con un amarilleamiento intervenal que va aumentando conforme la deficiencia avanza; al mismo tiempo, este típico síntoma (tejido foliar amarillento, nervios verdes) puede ir apareciendo en las hojas más viejas, situadas en la zona basal del brote. Ante los ojos del observador las hojas afectadas aparecen como un entramado verde sobre fondo amarillo. En estado todavía más avanzado, la totalidad de la masa foliar adquiere un color blanco-amarillento. En casos más graves, aparece necrosis en los bordes de las hojas que pueden acabar invadiéndolas totalmente, lo que provocará una defoliación abundante (acompañada en casos límite por caída de frutos).

En el melocotonero, especialmente sensible, es muy característica la relativamente temprana defoliación de la zona apical de los brotes del año. En el peral es muy frecuente que la clorosis férrica se manifieste con una sintomatología que podríamos considerar atípica: el amarilleamiento foliar, en sus sucesivas graduaciones, se desarrolla de manera general sobre toda la hoja; es decir, tanto lámina como nervios sufren simultáneamente la pérdida del color verde. Las fases avanzadas y terminales del desorden siguen, sin embargo, la secuencia general descrita. En otros casos todo el desarrollo de la enfermedad sigue su proceso característico.

Pero además, la deficiencia de hierro va acompañada de otros síntomas que si bien son comunes a muchos desórdenes nutricionales, no deben soslayarse a la hora de emitir un diagnóstico: significativa reducción del tamaño de brotes, hojas más pequeñas, acortamiento de espacios internudos. Es decir, la sintomatología que suele acompa-

ñar a toda restricción del crecimiento vegetativo, cualquiera que sea la causa.

El diagnóstico visual, en general y también en el caso de la deficiencia de hierro, es el método más sencillo, rápido y barato. Sin embargo, su éxito está muy ligado a la experiencia del experto que lo aplique. Aunque la información gráfica que aportan obras como las editadas por CHAPMAN (1966), DE CORMIS *et al.* (1978), SCAIFE y TURNER (1983), WINSOR y ADAMS (1987), BERGMANN (1992a), puede ser de gran ayuda, especialmente para principiantes, su utilidad práctica queda limitada al examen de material vegetal en el laboratorio. El diagnóstico visual en campo requiere una buena dosis de entrenamiento.

Aunque realizado por un experto, el diagnóstico visual de la deficiencia de hierro es lo suficientemente seguro, puede ser aconsejable su confirmación en determinados casos (especialmente cuando se trata de una toma de decisiones en plantaciones o áreas de cultivo importantes), antes de definir las oportunas medidas correctoras. Esto se consigue haciendo llegar hierro en solución a las hojas afectadas, de la forma más rápida posible; en el caso de que la clorosis esté siendo causada por una deficiencia de este microelemento, se pondrá en evidencia una progresiva recuperación (enverdecimiento) de las hojas afectadas.

Este método para la confirmación del diagnóstico visual, en cualquiera de sus cuatro variantes, se aplica directamente sobre las hojas situadas en el árbol, utilizando una mezcla (volumen a volumen) de dos soluciones: sulfato ferroso al 0,025% y ácido sulfúrico al 0,025%. (Solución de diagnóstico).

a. Método de aspersión

Consiste en aplicar la solución de diagnóstico sobre un brote afectado, utilizando

un sencillo aspersor manual. Al cabo de una semana aproximadamente, se iniciará la recuperación de la clorosis, en el caso de que éste inducida por la falta de Fe; en contraste, el resto de las ramas del árbol afectadas, se mantendrán en el mismo grado de clorosis o incluso este será más avanzado. Según lo indicado por KATYAL y RANDHAWA (1983) también pueden aplicarse como soluciones para el diagnóstico, las utilizadas para el tratamiento de la deficiencia de Fe (p.ej. solución acuosa de sulfato ferroso al 1%).

b. Método de impregnación

Dos o tres hojas cloróticas son impregnadas, sólo en una de sus dos mitades, con un algodón (o un bastoncillo de los utilizados para la limpieza de los oídos) empapado en la solución de diagnóstico. Si la causa de la clorosis es la falta de hierro, a partir de 3 ó 4 días podrá observarse el enverdecimiento de la mitad tratada de las hojas.

c. Método de aplicación intervenal

Entre dos nervios secundarios de una hoja clorótica se practica una incisión, paralela a los mismos, de unos 5 mm de longitud, a través de la cual y por el envés de la hoja, se hace pasar una tirita de papel de filtro de la misma anchura, uno de cuyos extremos queda introducido en la solución de diagnóstico.

El dispositivo necesario para la aplicación en campo de este método se prepara de la siguiente forma.

Tiras de papel de filtro: de 55 mm de longitud y 5 de anchura, con uno de sus extremos cortado en bisel y parafinado.

Miniviales de plástico: De 5 mm aproximadamente de diámetro y 20 mm de longitud. Pueden prepararse a partir de las "pajas" utilizadas para la toma de refrescos.

La tira de papel se introduce por su parte recta en el interior del vial cuyo extremo inferior se cierra con una gota de pegamento rápido. Con ello se logra además que la tira quede sujeta al mismo.

Es conveniente tener siempre en el laboratorio varias unidades de este dispositivo preparadas para el momento de su aplicación. Entonces será cuando, con la ayuda de un cuentagotas, se llena el vial con la solución de diagnóstico y se cierra su extremo superior con parafina. Se introduce la tira de papel desde el envés y por su extremo cortado en bisel, a través de la incisión previamente practicada en la hoja y hasta que el tubo contacte con el envés de la misma. La solución de diagnóstico pasa a la hoja a través del papel filtro que la va absorbiendo, al hallarse éste en contacto con la incisión. Si la clorosis está provocada por una deficiencia de Fe, a los 3-4 días podrá apreciarse un enverdecimiento progresivo a partir de la incisión. No obstante y aunque a veces se observan respuestas muy rápidas éstas pueden tardar más puesto que siempre la respuesta depende de muchos factores: especie, estado del árbol, condiciones climatológicas etc.

d. Método de aplicación peciolar

En este caso la solución de diagnóstico se hace llegar a la planta a través del peciolo de una hoja a la que se ha eliminado el tejido laminar, dejando sólo el peciolo y el nervio central. Esta operación se suele efectuar sobre las hojas 4.^a, 5.^a o 6.^a de un brote clorótico.

El peciolo liberado se introduce en un vial de vidrio preparado al efecto (ver más adelante) en el que se deposita la solución de hierro. Ésta, por absorción a través del peciolo, pasará a las hojas de la zona próxima y, si la causa de la clorosis es una deficiencia de hierro, entre los 3 y los 14

días podrá apreciarse un progresivo enverdecimiento de aquellas. También aquí la velocidad de respuesta depende de las circunstancias indicadas en la prueba anterior.

Para realizar esta prueba se pueden utilizar pequeños tubos de ensayo (vidrio o plástico), de unos 2 ml de capacidad y entre 5 y 7 mm de diámetro. Una vez llenos de solución de hierro, se introduce en los mismos el peciolo, liberado de la lámina foliar. Mediante cinta adhesiva se une al tubo un trozo de alambre, de unos 10-12 cm de longitud, con su extremo inferior doblado para mayor seguridad. El alambre, enrollándolo a la rama, se utiliza para mantener sujeto el tubo mientras se realiza la prueba. También es conveniente tener preparados previamente estos tubos en el laboratorio, para ser utilizados en el momento preciso.

Habitualmente, y según se ha indicado, para realizar esta prueba se utiliza el peciolo y nervio central de la 4.^a, 5.^a ó 6.^a hoja completamente madura, de un brote clorótico. Sin embargo, para poder seleccionar la hoja más idónea en cada caso y conocer la distribución que seguirá en la rama la solución de hierro tras ser absorbida por el peciolo, puede recurrirse a la siguiente prueba previa:

Varios tubos, como los indicados, se llenan con una solución de fucsina ácida al 1% y se colocan de la forma expuesta en varias ramas del árbol y en hojas diferentes (p.ej. 4.^a, 5.^a y 6.^a). A las dos horas se apreciará cómo se distribuye en la rama el colorante rojo y podremos así aplicar la solución de Fe en la posición más adecuada para un diagnóstico más claro y seguro. Es lógico suponer que la solución de hierro seguirá idéntica pauta en su distribución sobre la rama que la solución colorante.

El método de la aplicación peciolar para el diagnóstico de la deficiencia de hierro

está especialmente indicado para membrillero y melocotonero; para el resto de frutales pueden utilizarse indistintamente la aplicación peciolar y la intervenal (ABADÍA CONTE, 1952; HERAS, 1968)

En cualquier caso, la respuesta suele observarse entre los dos y siete días desde la aplicación de la solución de diagnóstico, aunque como ya hemos indicado este plazo de respuesta depende de muchos factores.

Para reflejar, aunque sea de manera subjetiva, los grados de incidencia de la clorosis férrica en un árbol o en una plantación, puede recurrirse a la siguiente escala interpretativa:

– Grado 0: Sin síntomas

– Grado 1: Síntomas incipientes. Clorosis intervenal muy ligera en algún brote (hojas apicales).

– Grado 2: Síntomas incipientes de clorosis generalizados en las hojas jóvenes (amarilleamiento intervenal).

– Grado 3: Síntomas de clorosis intervenal afectando tanto a hojas jóvenes como a hojas maduras.

– Grado 4: Árbol con las hojas jóvenes de color blanco amarillento y con algunas zonas necróticas. El resto de las hojas, de color verde-amarillento.

– Grado 5: Árbol con los brotes de crecimiento defoliados y muertos. Todas las hojas de color blanco amarillento y con zonas necróticas.

Cuando exista duda acerca de la inclusión de un problema entre dos grupos contiguos, puede recurrirse a una expresión decimal (p.ej. 1,5 si la duda se da entre los grados 1 y 2) o bien a una notación doble, es decir los dos grados separados por una barra diagonal (1/2 en el caso del ejemplo).

Este sistema de evaluación es habitualmente utilizado desde hace tiempo en nuestro trabajo de campo (HERAS *et al.*, 1976) con magníficos resultados, de forma que:

1. Cuando la diagnosis es realizada por personal medianamente experimentado, la coincidencia en el grado asignado a una determinada observación es prácticamente del 100%.

2. Existe una gran concordancia (datos no publicados) entre el grado de clorosis asignado mediante el diagnóstico visual y

algunos de los parámetros bioquímicos, como la concentración de clorofila en hoja, habitualmente correlacionados con el grado de incidencia de la deficiencia de Fe.

A modo de conclusión podemos afirmar que el diagnóstico visual de la deficiencia de hierro y las normas para su evaluación proporcionan una metodología muy válida para el reconocimiento de la incidencia y gravedad del desorden nutricional, tanto en una plantación frutal como en áreas más amplias de cultivo.



Método de aplicación intervenal para confirmar el diagnóstico visual de la clorosis férrica.
Interveinal injection method to confirm the visual symptoms of iron chlorosis



Método de aplicación peciolar para confirmar el diagnóstico visual de la clorosis férrica.
Leaf-stalk injection method to confirm the visual symptoms of iron chlorosis



Deficiencia de Fe en albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.). Iron deficiency in apricot tree



Deficiencia de Fe en algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.). Iron deficiency in carob tree



Deficiencia de Fe en almendro (*Prunus dulcis* Mill.). Iron deficiency in almond tree



Deficiencia de Fe en avellano (*Corylus avellana* L.). Iron deficiency in hazel tree



Deficiencia de Fe en cerezo (*Prunus à vium* L.) Iron deficiency in sweet cherry tree



Deficiencia de Fe en ciruelo (*Prunus domestica* L.) Iron deficiency in plum tree



Deficiencia de Fe en endrino (*Prunus spinosa* L.) Iron deficiency in blackthorn



Deficiencia de Fe en feijoa (*Feijoa sellowiana*, Berg) Iron deficiency in feijoa



Deficiencia de Fe en frambueso
(*Rubus idaeus* L.)
Iron deficiency in redraspberry



Deficiencia de Fe en kiwi [*Actinidia deliciosa* (A. Chev.)
C.F. Liang et A. R. Ferguson] Iron deficiency in kiwi tree



Deficiencia de Fe en higuera (*Ficus carica* L.)
Iron deficiency in fig tree



Deficiencia de Fe en granado (*Punica granatum* L.)
Iron deficiency in pomegranate bush



Deficiencia de Fe en mandarino (*Citrus reticulata* Blanco) Iron deficiency in mandarin tree



Deficiencia de Fe en melocotonero (*Prunus persica* L., Batsch) Iron deficiency in peach tree



Deficiencia de Fe en manzano (*Malus pumila* Mill) Iron deficiency in apple tree



Deficiencia de Fe en membrillero (*Cidonia oblonga* Mill) Iron deficiency in quince tree



Deficiencia de Fe en moral negro (*Morus nigra* L.) Iron deficiency in blackmulberry



Deficiencia de Fe en naranjo (*Citrus sinensis* L., Osbeck)
Iron deficiency in orange tree



Deficiencia de Fe en níspero japonés [*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lind.] Iron deficiency in loquat



Deficiencia de Fe en nashi (*Pyrus serotina* Rehder)
Iron deficiency in asian pear



Deficiencia de Fe en nogal (*Juglans regia* L.)
Iron deficiency in walnut tree



Deficiencia de Fe en olivo (*Olea europaea* L.)
Iron deficiency in olive tree



Deficiencia de Fe en peral (*Pyrus communis* L.)
Iron deficiency in pear tree



Deficiencia de Fe en vid (*Vitis vinifera* L.)
Iron deficiency in grapevine



Deficiencia de Fe en zarzamora (*Rubus fruticosus* L.)
Iron deficiency in blackberry

Bibliografía

- ABADÍA CONTE, A. 1952. Deficiencia inducida de hierro en frutales. Actas VI Congr. Int. Patología comparada. Madrid pp. 147-156.
- ABADÍA CONTE, A. 1956. La formación de clorofila en casos de deficiencia inducida de hierro. An. Aula Dei 4(3-4):212-261.
- ABADÍA J.; HERAS, L.; HISHIO, J.N.; MONGE, E.; MONTAÑES, L. 1985. Mineral composition of peach leaves affected by iron chlorosis. J. Plant Nutr. 8:697-707.
- BERGMANN, W. 1992a. Colour Atlas. Nutritional Disorders of Plants. Gustav Fischer. Jena (Alemania) 186 pp.
- BERGMANN, W. 1992b. Nutritional Disorders of Plants. Iron. Gustav Fischer. Jena (Alemania) pp. 223-247.
- BROWN, J.C.; JONES, W.E. 1976. A technique to determine iron efficiency in plants. J. Soil Sci. Soc. Amer. 40:398-405.
- CHAPMAN, H.D. 1966. Diagnostic Criteria for Plants and Soils. Univ. California. Div. Agric. Sci. 793 pp.
- DE CORMIS, L.; HUGUET, C.; HUGUET, J.C.; TROCHE, S. 1978. Carences et toxicités chez les Arbres Fruitières INRA. Paris 40 pp.
- DEMETRIADES, S.D.; GAVALAS, N.A.; PAPADOPOULOS, S.E. 1964. Trials for the control of lime induced chlorosis in fruit trees in Greece. I Preliminary observations in peach and lemon trees. An. Institut. Phytopat. Benake 7(1):28-36.
- HERAS, L. 1960. Polifenoles en casos de deficiencia inducida de Fe. An. Aula Dei 5(3-4):164-169.
- HERAS, L. 1961. Potencial de oxidoreducción en clorosis férrica inducida. An. Aula Dei 6(3-4):136-165.
- HERAS, L. 1968. Clorosis férrica. 2 Métodos de diagnóstico. Cogullada 28:4-7.
- HERAS, L.; SANZ, M.; MONTAÑES, L. 1976. Corrección de la clorosis férrica en melocotonero y su repercusión sobre el contenido mineral, relaciones nutritivas y rendimientos. An. Aula Dei 13(3-4):261-289.
- HERRERO, J.; ABADÍA CONTE, A. 1962. Comportamiento de árboles frutales en suelos calizos. An. Aula Dei 7(1-2):35-55.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. 1984. Trace Elements in Soils and Plants. Iron. CRC Press Boca Raton (Florida USA) pp. 233-238.
- KATYAL, J.C.; RANDAWA, N.S. 1983. Micronutrients. FAO Fert. and Plant Nutr. Bull. 7; 26 pp.
- MILLAN, E. 1980. Influencia del suelo en los procesos de fijación y liberación de hierro. An. Aula Dei 15(1-2):78-125.
- MONGE, E.; MONTAÑES, L.; VAL, J.; HERAS, L. 1991. El hierro modulador de la estructura y función del cloroplasto. En: Fijación y Movilización de Nutrientes. I Fotosíntesis : Aspectos fisiológicos y de estrés, Lopez Gorgé, J. ed. Nuevas Tendencias. CSIC. Madrid pp. 85-108.
- MONTAÑES, L.; SANZ, M.; HERAS, L. 1975. Fertilidad actual de los suelos dedicados a frutales en regadío de la cuenca del Ebro. An. Aula Dei 13(1-2):167-178.
- SANZ, M.; CAVERO, J.; ABADÍA, J. 1992. Iron chlorosis in the Ebro river basin, Spain. J. Plant Nutr. 15(10):1971-1981.
- SCAIFE, A.; TURNER, M. 1983. Diagnosis of Mineral Disorders in Plants. 2 Vegetables. MAFF/ARC. London. 232 pp.
- TERRY, N.; ABADÍA, J. 1986. Function of iron in chloroplasts. J. Plant Nutr. 9(3-7):609-647.
- VAL, J.; MONGE, E.; ABADÍA, J.; HERAS, L. 1987. Changes in photosynthetic pigment composition in higher plants as affected by iron nutrition status. J. Plant Nutr. 10(9-16):995-1001.
- WINSOR, G.; ADAMS, P. 1987 Diagnosis of Mineral Disorders in Plants. 3 Glasshouse Crops. MAFF /ARC. London. 168pp.

(Aceptado para publicación el 4 de diciembre de 1996)