

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

MISION BIOLOGICA DE GALICIA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

ANALISIS FOLIAR

POR

RAMON DIOS VIDAL

DOCTOR EN CIENCIAS QUIMICAS



MADRID

1954

SUMARIO

	Págs.
INTRODUCCIÓN	7
ANTECEDENTES HISTÓRICOS	10
I. APLICACIÓN DEL ANÁLISIS QUÍMICO DE LA HOJA Y DEL MÉTODO DE DIAGNÓSTICO VISUAL A LA INVESTIGACIÓN DE DEFICIENCIAS MINERALES EN RELACIÓN CON LOS SUELOS DE CULTIVO	23
<i>Fundamentos del método de análisis foliar</i>	23
El principio del valor mínimo aplicado a la hoja	27
El concepto de cantidad y calidad de los constituyentes minerales	28
Interacciones de los nutrientes minerales	30
<i>Parte experimental</i>	34
Investigación de exploración	34
Clima	35
Suelos	35
Aplicación de la prueba rápida de suelos a la exploración	36
Toma de muestras y preparación para el análisis de hojas	67
Métodos analíticos y de diagnóstico	38
Deficiencias en las cosechas	88
Examen de las interacciones	47
Introducción del factor «cantidad» en la exploración	73
Consideraciones sobre los resultados	75
Determinación de los valores máximos y mínimos	77
Composición química foliar de maíz y patatas, sometidas a diferentes tratamientos de fertilizantes	77
<i>Resumen y conclusiones</i>	82
II. EL CONCEPTO DE DIAGNOSIS FOLIAR APLICADO AL CONTROL BIOQUÍMICO DE LA NUTRICIÓN DE MAÍZ Y PATATAS EN UNA EDAD FISIOLÓGICA DETERMINADA	84
<i>Condiciones meteorológicas durante las estaciones de 1951 y 1952</i>	85
<i>Suelo</i>	85
<i>Diagnosis foliar de patatas sometidas a distintos tratamientos de fertilizantes</i>	86
<i>Obtención del equilibrio entre los nutrientes en unidades NPK y KCoMg.</i>	86
<i>Tratamientos</i>	87
<i>Características de las hojas</i>	92

<i>Relación del sistema intensidad-balance a los fertilizantes adicionados y a la producción</i>	93
<i>Aplicación del concepto unidad alcalina KCaMg como índice en el análisis foliar</i>	97
<i>Diagnosís foliar del maíz sometido a diferentes tratamientos de fertilizantes</i>	98
<i>Síntomas en las hojas</i>	102
<i>Relaciones de la intensidad y el factor calidad de nutrición a los fertilizantes adicionados y a la producción</i>	103
<i>Acción de los microelementos</i>	109
<i>Unidad alcalina KCaMg en el maíz</i>	110
<i>El óptimo experimental NPK</i>	110
<i>Resumen y conclusiones</i>	115
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	117

ANALISIS FOLIAR

por

RAMON DIOS VIDAL

INTRODUCCION

Desde sus comienzos la Química agrícola tuvo como uno de sus más importantes problemas la determinación de la necesidad de fertilizantes del suelo. El lograr la mejora en el rendimiento y calidad de los productos agrícolas por la investigación de métodos racionales y prácticos que determinen la necesidad de los elementos nutritivos de una planta dada, situada en un medio determinado, sigue siendo todavía, después de un siglo, una parte importante de la ciencia agrícola, en su búsqueda para encontrar el método más simple y económico de controlar la nutrición de las cosechas.

Al principio, el camino más directo para saber la cantidad de elementos minerales que las plantas absorben del medio en que se desarrollan, fué probar el efecto de la adición de nutrientes, generalmente aplicados al suelo como fertilizantes artificiales, sobre el crecimiento de las plantas; pero la acción de tratamientos idénticos sobre el desarrollo y producción variaba en diferentes estaciones y localidades. Además, en cosechas de desarrollo lento los experimentos de campo son también lentos si no se apoyan en datos de laboratorio.

Estas dificultades, inherentes a todos los métodos fundados en la observación del desarrollo de la planta y en la medida de su rendimiento, han conducido a evaluar directamente la cantidad:

de elementos nutritivos presentes en el suelo y a deducir el fertilizante aplicado por comparación con aquellos en los que el cultivo considerado ha dado el rendimiento óptimo. Se creyó que una simple determinación de nitrógeno, ácido fosfórico y potasa utilizable en el suelo mostraría cuánto fertilizante debería añadirse. Este sistema también presentaba defectos, ya que la composición mineral de una determinada especie no es una característica fija, sino que varía considerablemente con el suelo, con las condiciones climáticas y de cultivo. Además, los elementos nutritivos en el suelo no son inmediata ni totalmente asimilables, y solamente una cierta proporción es verdaderamente absorbida por las plantas. Estos inconvenientes trajeron como consecuencia que los estudios de fertilidad se dirigieran a estudiar en qué medida el crecimiento de la planta está afectado por factores, tales como los nutrientes minerales y el aire, así como también por estudios físicos y químicos del suelo.

Durante mucho tiempo los químicos agrícolas enfocaron su atención hacia el análisis de los suelos como método casi exclusivo de determinación de deficiencias minerales. En el curso de los últimos años numerosos trabajos han estado consagrados a investigar y medir los métodos de determinación de la fracción llamada «asimilable» de los elementos del suelo. El perfeccionamiento de los métodos de extracción de nutrientes no ha permitido resolver completamente la determinación de las necesidades de fertilizantes, debido, especialmente, al fracaso de las tentativas de los reactivos químicos para imitar la acción disolvente de las raíces. Esto ha traído la investigación de los medios biológicos de extracción y una inclinación mayor hacia el método de análisis químico de las plantas que había recibido poca atención hasta época relativamente reciente.

Todos los procedimientos para diagnosticar el estado de nutrición de las plantas tienen de común el uso de las partes verdes como un índice de los nutrientes utilizables en el suelo. Algunos de estos procedimientos buscan valores de los procesos fundamentales en relación con el crecimiento y desarrollo de la planta. Pero todos ellos tienen un objetivo básico: el control de las cosechas. El estudio químico de la planta entera como método de fertilidad es, en general, poco recomendable, ya que no es índice su-

ficientemente sensible para reflejar diferencias de crecimiento, debido a la heterogeneidad de los órganos que la constituyen y que poseen diferentes funciones, nutriéndose, en consecuencia, de modo diferente. El uso de las técnicas del campo, basadas en la sintomatología y en la «prueba química rápida o prueba de tejido»; aplicadas a la exploración, ha hecho posible obtener conclusiones de fertilidad con respecto a deficiencias de nutrientes, permitiendo comparaciones con los resultados de los análisis del suelo. En los últimos años se ha investigado la posibilidad de aplicación del análisis químico de alguna parte de la planta como un medio para estudiar la relación de nutrientes entre las necesidades de una cosecha determinada y el poder del suelo para determinarlas.

La sensibilidad que poseen las hojas, laboratorio de la planta, ante los cambios resultantes de las diferencias del medio ambiente, juntamente con la evidencia experimental de las transformaciones que tienen lugar en ellas y que constituyen un proceso que regula su crecimiento y desarrollo, así como la concluyente demostración de que existen relaciones entre el contenido de los nutrientes K, P, N y Ca en las hojas y el desarrollo vegetativo, han dado lugar a que se utilice la hoja como un índice en la integración de todos los factores que influencian la disponibilidad de los nutrientes del suelo y su absorción por las plantas, si el análisis se lleva a cabo sobre hojas en un estado definido de desarrollo. Lagatu y Maumé, en Francia, y Thomas y Mack, en América, se inclinan gradualmente hacia el concepto llamado de «diagnóstico foliar», basado en el control químico de la evolución, en el interior de la planta, de las sustancias que toma del suelo en un lugar determinado. El método tiene en cuenta la reacción biológica propia de cada individuo o grupo de individuos y en todas las situaciones en que las plantas se encuentran. Lagatu y Maumé inician este control bajo el principio de que «una misma alimentación puede ser administrada a diferentes especies y variedades bajo diferente clima, pero solamente el examen directo de cada grupo situado en condiciones determinadas permite tener en cuenta su comportamiento particular y puede dar lugar a conclusiones válidas sobre las modificaciones que se han de aportar a su alimentación».

Los métodos químicos tradicionales de suelos y plantas tienen una limitación definida. Las pruebas de campo con la adición de fertilizantes al suelo pueden llegar a conclusiones erróneas, debido algunas veces a no responder a las aplicaciones de elementos deficientes, ocasionado ésto por condiciones que no les permiten ser utilizables, o debido otras a la necesidad de tratamientos distintos de los que las deficiencias indican. Los métodos visuales, de inyección y rociado, pueden ser enmascarados por enfermedades, apareciendo la deficiencia posteriormente. Por ello, los investigadores están de acuerdo, para satisfacer el máximo crecimiento de las plantas y descubrir los mejores medios de obtener los factores que gobiernen estas deficiencias, en tender a buscar la reunión de diferentes condiciones controladas para diagnosticar por los hechos del suelo y de la planta los dos o más métodos escogidos para resolver los problemas de deficiencias minerales en las circunstancias y tipos de suelos en que se presenten.

La observación realizada por la mayoría de los investigadores considerando a la hoja de mayor sensibilidad, homogeneidad y accesibilidad que otros tejidos más heterogéneos de la planta, motivó nuestro presente estudio de aplicar el análisis foliar como método de exploración para estudiar las deficiencias minerales de las plantas en dos zonas, una ácida y otra calcárea, y el de la «diagnosís foliar» como control bioquímico de las experiencias de fertilidad, comparando la nutrición con relación a los diferentes elementos fertilizantes en parcelas tratadas de un modo semejante y en campos diferentemente fertilizados.

ANTECEDENTES HISTORICOS

Las primeras investigaciones encaminadas a la determinación de la necesidad de un elemento fertilizante en un suelo dado por medio del análisis de la planta estaban basadas en la acumulación de sales en la planta o parte de la planta. La aplicación del análisis de la hoja como índice para determinar las deficiencias minerales fué considerada por Remy (92), en 1903, al realizar experiencias de fertilización con lúpulo. De sus investigaciones su-

giere los números 0,50 y 0,60 en tanto por ciento de materia seca, como valores límites de deficiencia y exceso para el fósforo.

Hasta época reciente el desarrollo fué relativamente lento. Gilbert y Hardin (26), en 1928, observan que la concentración de nutrientes minerales en soluciones de plantas se relaciona con la aplicación de fertilizantes químicos. Encontraron que el potasio experimenta la menor fluctuación durante la estación, mientras que el nitrógeno era el de más y el fósforo el intermedio entre ambos; sugiere el contenido de los nutrientes minerales de la solución de la planta como un índice de la necesidad de fertilizantes.

En el mismo año Wallace (132) analiza las hojas y otros órganos de variedades de grosella, que crecen bajo diferentes tratamientos de fertilizantes, encontrando deficiencias de potasio en las hojas de las plantas donde no se añadió este elemento. Bajos porcentajes de K_2O iban acompañados de valores relativamente altos de CaO , MgO , Na_2O y P_2O_5 .

Lagatu y Maumé (43, 45), en 1927, 1929 y 1930, en estudios llevados a cabo sobre la vid, establecen el concepto de «diagnos foliar en un instante dado», considerándolo como el estado químico de la hoja, convenientemente escogida y en una época determinada. El «diagnóstico foliar anual» está constituido por una serie de estados químicos de la hoja revelado por el análisis en diversas épocas repartidas en todo el ciclo vegetativo. Los mismos autores (44), en 1930, dan los resultados en K_2O y CaO en hojas de patatas con fertilización completa y sin fertilizar, en dos terrenos, uno calcáreo y otro ácido.

En sus estudios sobre clorosis de maíz en Massachusetts, Jones (40), en 1929, observó las características cloróticas debidas a deficiencias de magnesio. Los tratamientos con cal y SO_4Mg neutralizan la clorosis en el campo; las condiciones que favorecen las deficiencias de Mg son: suelo ligeramente lavable, el uso de fertilizantes químicos libres de Mg y sin estiércol y continuas cosechas.

Fonder (23), en 1929, estudió el efecto del crecimiento de las cosechas sobre el contenido de calcio y magnesio de la solución del suelo y sobre el pH. Encontró una variación notable en las relaciones de calcio y magnesio presentes en las hojas y tallos que

se desarrollaron en diferentes suelos tipos. El pH del suelo no guardó relación con el contenido de aquellos nutrientes ni en las hojas ni en otros órganos de las plantas.

En 1935, Wallace (130) estudia los medios de controlar la clorosis en las hojas, revelada previamente por análisis foliar que era debida a deficiencia de hierro, por inyección de sales de este metal. El tratamiento por inyección sólida mejoró los árboles en todos los experimentos, convirtiendo las hojas cloróticas en normales. Hace la observación de que el método de inyección seca es de un considerable valor.

Beaumont y Snell (3), en 1935, estudian los síntomas de deficiencia de magnesio en plantas que se desarrollan en terrenos carentes de este elemento. Las cosechas en estos suelos difieren en su respuesta al magnesio. El maíz fué considerablemente afectado mientras que las patatas lo han sido ligeramente. Las hojas presentan clorosis intervenal y en casos serios con el margen castaño.

Hardy, MacDonald y Rodríguez (31), en 1935, se basan en el análisis químico de la hoja, llevado a cabo en suelos conocidos bajo las mismas condiciones climáticas y con diferencias en la fertilización, para estudiar las necesidades de nutrientes en la vid y en el cacao, observando que la viña es calcícola en su hábito fisiológico; consideran el método como útil para diagnosticar las deficiencias de nutrientes o excesos en los suelos de vid y cacao bajo condiciones climáticas análogas.

La relación entre los sistemas de clorosis de hierro en las hojas y la función del cobre en los suelos fué estudiada por Willis y Pilandy (137), en 1936. La clorosis que se producía en las hojas de maíz cultivado en un suelo turboso e improductivo, al adicionar sulfato de cobre, se identificó como debido a una deficiencia de hierro. Aplicando sulfato ferroso exteriormente a las hojas causó el desarrollo de color verde. La aplicación del sulfato de manganeso en combinación con el sulfato de hierro no tuvo efectos visibles.

Hearman y colaboradores (32) investigaron, en 1936, el efecto producido en la hoja y fruto al llevar a cabo tratamientos de inyección. El daño ocasionado en las hojas de distintas edades se mostró tres o más días después del tratamiento. La inyección con soluciones de nitrato amónico, úrea y asparagina, producía un incremento de nitrógeno en los frutos de los árboles inyectados.

Los trabajos iniciados por Lagatu y Maumé en Francia fueron apoyados por los de Thomas (109), en 1937, fertilizando patatas en suelos de Pensylvania. En su concepto de nutrición de las plantas, utiliza el término «cantidad o intensidad de nutrición» y «calidad» de los constituyentes minerales o razón de los elementos minerales entre sí. El concepto cantidad de nutrición de las hojas, consiste en la suma ($N + K_2O + P_2O_5$) en el momento de recogida de las muestras, expresadas en tanto por ciento de materia seca. La calidad de nutrición es la razón de estas unidades entre sí, obteniendo la expresión NPK, representada gráficamente en coordenadas triangulares. De nuevo Thomas y Mack (110) comunicaron, en 1938, que el contenido de nitrógeno, ácido fosfórico y potasa, en hojas de la misma edad fisiológica, se incrementan con la adición al suelo de estos elementos dominantes, aunque la asimilación de cualquier nutriente está influida por la presencia de los otros. El contenido de nitrógeno no está relacionado con el desarrollo de la planta; bajo contenido en fósforo y baja utilización de este elemento está relacionado con un desarrollo poco satisfactorio. El equilibrio entre nitrógeno y fósforo a lo largo de la estación está asociado con un buen desarrollo. Las variables Ca, Mg y K están relacionadas por una ecuación lineal.

Un método combinado físico-fisiológico para determinar la fertilidad del suelo y la probable reacción de una cosecha a la fertilización fué discutida por Lundegardh (50) en 1938. El método incluye el análisis de las hojas recogidas en el momento de la floración, análisis del suelo y del subsuelo. El método del triple análisis usa las plantas como un agente de extracción mientras que el análisis del suelo revela sus características generales.

Roach (93), en 1938, revisa la historia del método de inyección y establece las bases para diagnosticar deficiencias minerales en plantas por este procedimiento. La permeabilización de las hojas por encima y por debajo del punto de inyección depende de la anatomía vascular y de la filotaxia.

Beauchamp (2), en 1939, aplica la composición del extracto alcohólico de las hojas de la caña de azúcar como medio para determinar la fertilidad de los suelos. Aplicando los conceptos de intensidad de nutrición y unidad «NPK», encontró diferencias de

fertilidad en diferentes terrenos sembrados al mismo tiempo con la misma variedad de caña; que elementos nutritivos se encuentran en estado de deficiencia en el suelo; elementos que deben aplicarse para mejorar la intensidad de nutrición y efectos que sobre el rendimiento de la caña puede tener cualquier factor que directa o indirectamente le afecte.

Thomas y Mack (112, 113, 114, 115), en 1939, aplican la diagnosis foliar al estudio de la nutrición del maíz sometido a diferentes tratamientos de fertilizantes. Observan una relación entre el porcentaje de nitrógeno en materia seca de la hoja y en el fertilizante, pero ninguna entre el nitrógeno en la hoja y la producción, ni entre el nitrógeno en el fertilizante y la producción, excepto que vaya acompañado por ácido fosfórico y potasa. El porcentaje de CaO y MgO en las hojas que recibieron superfosfato sin potasa fué mayor que las que recibieron potasa con superfosfato. El efecto del calcio procedente de la cal y del superfosfato sobre la hoja fué semejante, resultando un incremento de absorción de nitrógeno nativo del suelo y depresión en la absorción de potasio nativo y el añadido al suelo. La absorción del calcio de ambas fuentes redujo la intensidad de nutrición y bajó el K²O y la unidad NPK desde 20 a 8.

Walker y colaboradores (128), en 1941, examinaron el efecto de las deficiencias de boro en las hojas de coles, coliflores y repollos, realizando sus experiencias en cultivo de arena y en suelos deficientes en aquél elemento. Encuentran perturbaciones en las hojas de plantas cultivadas en soluciones libres de boro. Las coliflores cultivadas en parcelas de suelos deficientes en boro presentan ensortijado hacia abajo en las hojas má viejas, resultado de la supresión del crecimiento marginal.

En su comunicación sobre la composición de las plantas como un índice de la fertilidad del suelo, Moser (72), en 1940, indica que el análisis de las plantas son una guía de gran validez para determinar las necesidades de nutrientes en suelos lateríticos y encuentran que la razón Ca/P baja está asociada con buenas cosechas.

Beeson (4), en 1941, lleva a cabo el estudio bibliográfico del valor nutritivo de los elementos inorgánicos contenidos en diferen-

tes órganos de la planta, con especial referencia a los suelos en los que ellas crecen, reconociendo que las variaciones cuantitativas de estos elementos son factores importantes para la salud animal y humana. Se dan muchos ejemplos de las variaciones en el contenido mineral de estos elementos en hojas en función de su color.

En 1941, Chapman (19), en una serie de experiencias realizadas en tiestos y campo sobre el *Hevea brasiliensis* y otros árboles productores de latex, estudió las interacciones de los nutrientes N, P y K, en relación con la composición de las hojas. Esta composición y el crecimiento muestran correlación. La producción del latex parece ser correlativa con el N de las hojas y bajo ciertas condiciones ambos decrecen por fertilización fosfórica.

El creciente interés por análisis foliar condujo a Thomas y Mack (116) a una mayor actividad en sus investigaciones en este campo. En 1941 examinan los factores que dan lugar a diferencias en la producción en experimentos llevados a cabo con tomates. El efecto del fertilizante sobre la producción puede ser el resultado de su acción sobre la intensidad de nutrición o sobre las relaciones fisiológicas entre los elementos, expresada por el equilibrio entre ellos. En 1944, ambos autores (118) discuten las objeciones puestas al método por varios investigadores de la ciencia agrícola, y Thomas (117), en el mismo año, lleva a cabo una detenida discusión sobre la determinación química de los nutrientes de las hojas como una guía para la práctica de fertilización. El uso de valores límites o mínimos de cada nutriente se encontró que era de utilidad en las diagnósias, particularmente para averiguar deficiencias que resultan de enfermedades de naturaleza fisiológica.

Burkhardt (17), en 1941, discute el concepto de diagnósis foliar en relación con la nutrición de las cosechas, considerando los factores internos y externos que afectan a la hoja. Se indican los síntomas visuales del tabaco, algodón y soja, comparando la composición de las hojas deficientes con las sanas. El exceso de calcio en las hojas está asociado con deficiencias de K, Bo y Fe.

Ulrich (127), en 1943, investigó la concentración de nutrientes en las plantas o en algunas de sus partes como función del suelo, clima, tiempo y otros factores. Define la «concentración crítica de

nutrientes» de una planta o parte de la planta, como la cadena de concentraciones en las que la velocidad de crecimiento, o la producción, comienza a decrecer en comparación con las plantas de un nivel más alto de nutrición. Plantas con concentración de nutrientes por encima de los valores críticos puede considerarse en condiciones adecuadas para aquel momento mientras que plantas con valores dentro de los críticos pueden considerarse como inadecuadas.

Drosdoff (21, 22), en 1943 y 1944, fertiliza variedades de *Aleurites fordii*, llevando a cabo el análisis de hojas recogidas en diferentes épocas del período de crecimiento para determinar el efecto sobre su composición. Las hojas con síntomas de deficiencia en zinc contienen normalmente 10 p. p. m. Árboles deficientes en manganeso generalmente contienen menos de 30 p. p. m. de Mn. Con la presencia del fruto en el brote terminal, el porcentaje de Ca y Mn se incrementa cuando la estación avanza, mientras que el K y N decrece.

Plice (91), en 1944, estudió las variaciones de los elementos minerales en las hojas durante cinco años consecutivos. El resultado del análisis foliar muestra que desde 1939 a 1942 hubo un decrecimiento gradual y constante del nitrógeno total e incremento regular en cenizas. Las hojas en buen estado fueron siempre más altas en nitrógeno que las defectuosas.

En su estudio sobre la diagnosis de deficiencias de manganeso en remolacha forrajera, Roach y colaboradores (95, 96, 97), en 1945 y Roberts (102), en 1946, del mismo equipo de East Malling, observaron que presentaba síntomas visuales que diferían en grado de severidad. Las de síntomas más intensos dieron más producción cuando se rociaron con sulfato de manganeso; en las rociadas las de mayor producción exhibieron los síntomas menores. En el año 1947 (103) estudian la susceptibilidad de diferentes plantas en las que se observan síntomas visuales de deficiencia en microelementos. Encuentran una relación entre la causa de la severidad de los síntomas y las cosechas en patatas, avena y guisantes. En las investigaciones de análisis foliar, inyección y rociado, realizadas durante la guerra para resolver deficiencias de Ca, Mg y Mn, han logrado incrementar la producción de un modo considerable.

Boyton y Compton (15), en 1945, al estudiar por análisis de la hoja el K, Mg y N, de los árboles frutales, encontraron que la composición de las hojas con respecto a estos elementos está influenciada por las condiciones del sistema radicular y de los tejidos conductores de los árboles; por los daños de rociados tóxicos, edad de la hoja, clima, estación, interacciones iónicas y las variedades de árboles frutales.

Thomas, Mack y Fagan (119), en 1946, utilizan el método de diagnóstico foliar para estudiar las relaciones cuantitativas del Boro con respecto a otros elementos nutrientes y en varios grados de infección del *Bacillus angulosis*, al objeto de descubrir índices de deficiencia o suficiencia en Boro. Encontraron una relación entre la concentración de boro y el balance de nutrición con respecto a los elementos fertilizantes, expresada en la unidad N. P. K. El propio Thomas (120), en 1947, expone las razones limitando el procedimiento de diagnóstico foliar a un sistema de los tres componentes N, P_2O_5 , K_2O , y de las bases cal, magnesia y potasa, e indica modificaciones para la consideración de otros elementos.

Hoagland (38), en 1947, estudia en soluciones de cultivos que contienen de 1,5 a 0,5 p.p.m., la cantidad mínima de fosfatos que requieren las patatas. Del análisis foliar a diversas alturas sugiere que las hojas de la parte media de las plantas pueden usarse para el análisis por indicar la absorción general de fósforo.

Greenwood y Parnette (28), en 1947, estudian los síntomas de deficiencia aguda que se producen en las hojas del *Theobroma cacao* por deficiencias minerales. Las hojas muestran una deformación que consiste en un número de dientes agudos en el ápice de la hoja.

Otros trabajos de Roach (98, 99, 100, 101), en 1947, de Levy (46, 47, 48), Mason (56), Roberts y Landa (103) y Bolas y Portsmouth (6) en el mismo año, y de Bolas (7), en 1949, todos ellos del equipo de East Malling, incluye el uso de métodos químicos, de análisis foliar, inyección, tratamientos curativos y efectos fisiológicos sobre las cosechas, para la determinación de deficiencias minerales. El trigo después de rociado, aumenta la producción en 17 quintales por acre, incrementando en nueve libras su valor económico. Parecido resultado obtienen con la cebada y otras plan-

tas. Pueden obtenerse beneficios con las manzanas afectadas de deficiencia de potasio en la mitad de verano por inyección de un nutriente rico en potasio. Inyecciones de sales de manganeso sólo o combinados con sales de potasio causa un incremento de manganeso en la hoja.

Uno de los intentos más notables para realizar un estudio sistemático de deficiencias minerales aplicando varios métodos, fué iniciado por Wallace en la Estación Experimental de Long Ashton. A sus trabajos, ya citados, sobre la composición química, investigaciones de clorosis y deficiencias minerales siguieron otros muchos. En 1947 (131, 132), comunica los más importantes factores que producen deficiencias minerales en suelos de bajo pH; los elementos básicos, Ca, Mg, K y Na pueden encontrarse a niveles deficientes, y en adición N y P están generalmente deficientes, mientras pueda existir toxicidad de Mn y Al. En las experiencias para controlar las deficiencias de magnesio con solución de sales de Epsom al 20 por 100 obtuvo los mejores resultados.

Simultáneamente Wallace y sus colaboradores de los departamentos de Química y Fisiología llevan a cabo una serie de experimentos de fertilidad y pruebas en tiestos controlados por análisis foliar, síntomas visuales y «test» químico rápido. Nicholas (81), Nicholas y Catlow (78, 79, 80), Plant, Hewitt y Nicholas (87), Hewitt y Jones (33) y Plant (88), en 1947, y nuevamente Nicholas (82, 83, 84), Wallace (133), Bould, Tolhurst y Jarrett (10, 11), Martel, Hewitt y Nicholas (55), Hewitt (34, 35), Jones y Hewitt (41), Bould, Nicholas, Potter, Tolhurst y Wallace (12, 13), Plant (89), en 1948, 1949 y 1950, estudian las acciones de la cal y diferentes fertilizantes orgánicos e inorgánicos; efectos de deficiencias y toxicidades diversas en cultivos en arena y en el campo, en varias plantas hortícolas, en tomates, coliflores y patatas; control de algunas deficiencias en árboles frutales y experimentos para corregir ciertas deficiencias en suelos; aplicación de «test» químico rápido y del análisis visual en las hojas y otros tejidos de la planta. En buen número de casos los datos de deficiencia visual, «test» rápido y análisis químico total muestran correlación entre sí. En experiencias con coliflores el nitrógeno resultó ser un factor límite con respecto a la producción, mientras

que la deficiencia en potasio no produjo ningún efecto en el desarrollo de la pella. El nivel de molibdeno de las coliflores cultivadas en suelos ácidos puede elevarse sustancialmente por encalado. En las patatas la deficiencia de magnesio fué muy marcada cuando se omite nitrógeno y las plantas con estiércol tienen un valor muy bajo en nitrógeno y magnesio con aparición de síntomas visuales. Las deficiencias de nitrógeno y magnesio fueron los factores límites con respecto a la producción. La severidad de la deficiencia en hierro decreció incrementando el potasio. En tomates los datos químicos sobre las hojas sugieren que el 0,5 por 100 del nivel del magnesio pueden considerarse como el límite en el cual se desarrollan síntomas visuales.

Beeson, Gray y Hamner (5), en 1948, presentan el resultado de un estudio sobre los factores que afectan a la absorción de Co, Mn, Cu y P de importancia en la nutrición de la soja. La absorción de calcio y hierro en las hojas de la soja se redujeron en un 50 por 100 por la aplicación de nitrógeno y fosfato. El contenido de cobalto, cobre y manganeso se redujo para altos niveles de aplicación en fosfatos.

MacMurtrey (71), en 1948, hace un estudio crítico del método de diagnosis foliar como medio fácil de utilizar por el agricultor para mejorar sus productos, ya que no requiere ningún equipo caro difícil de obtener; lleva a cabo un sumario detallado de los síntomas visuales de deficiencia en las plantas para cada elemento.

Thomas y Mack, a la cabeza del grupo de investigadores de Pensylvania que desarrollaron en América el concepto de «diagnosis foliar», aplican este concepto a estudios de nutrición mineral en relación con enfermedades bacterianas en las hojas de los frutales. Thomas, Mack y Fagan (121, 122, 123), en 1948, y Thomas, Mack, Smith y Fagan (124), en 1949, y Smith (105), en 1951, encontraron que las diferencias entre hojas sanas y enfermas con respecto al contenido de nitrógeno eran progresivas con el grado de infección, lo cual, sugieren, debería usarse como base de comparación entre la resistencia y la susceptibilidad de las plantas a la infección. En los frutales con síntomas de *Bacterium pruni*, el contenido en potasio de las hojas se incrementa con la severidad de los síntomas de las enfermedades, mientras que la proporción

de calcio disminuye, aumentando también las razones K_2O/N y Fe/Mn con el aumento en el grado de infección. El vigor de los árboles estaba relacionado con la intensidad de nutrición. Se encontró una mayor resistencia al hongo *Phytophthora infestans* a más alta concentración de zinc en la hoja, elevándose con esta concentración el N, K, Mn y Mo.

En Francia, Maumé y Dulac (60 a 70), de 1948 a 1952, Levy (49), en 1951 y Halais (29, 30), en 1952, del grupo de investigadores de Montpellier, continúan sus investigaciones sobre nutrición de la vid, cereales y otras plantas, por análisis químico de las hojas iniciadas anteriormente por Lagatu y Maumé. Llegan a la conclusión de poder apreciar la alimentación de la vid y poder juzgar la cantidad y calidad de esta alimentación, si se aleja de la normal, y si es anormal en qué grado lo es. Se puede obtener el óptimo químico alimenticio correspondiente a la producción conforme al deseo del agricultor. El modo de alimentación de una planta varía con su edad fisiológica y con su naturaleza. Para el trigo, el período crítico está entre el principio y el fin del período fisiológico de la floración. En este cereal demuestran que es de gran interés agronómico el observar en una sola edad fisiológica, comienzo de floración, el estado químico de las hojas situadas a niveles diferentes. La alimentación global $N + K_2O + P_2O_5$, en % de materia seca, disminuye durante el curso de la vegetación desde una cifra de 6,5 al comienzo de la floración a un valor 4 en la madurez. Las diferencias del contenido de Mn con la edad de las viñas es poco sensible; las muestras tomadas en el principio de la floración son las más ricas en este elemento. En suelos de reacción ácida la riqueza de manganeso es más elevada. En el manzano, el contenido bajo en potasio está asociado al contenido alto en fósforo y contenido alto en magnesio.

En 1950, Bacon, Leighty y Bullock (1) llevan a cabo una serie de determinaciones sobre la necesidad de Bo, Cu, Mn y Zn en tabaco. Los microelementos son absorbidos por las hojas de las plantas de tabaco en cantidades que varían directamente con la cantidad aplicada. Las hojas inferiores generalmente contienen un porcentaje considerablemente más alto de Mn y mayor porcentaje de Zn que en las superiores.

Bear y diferentes investigadores americanos (75) llevan a cabo, en 1949, un estudio recopilativo de los diferentes síntomas de deficiencias nutricionales en las cosechas, incluyendo en su estudio el «test» químico rápido en hojas y otros órganos de las plantas.

Lundegardh (54), en 1951, presenta un estudio de los resultados prácticos del Instituto de Fisiología de Upsala. La idea de usar el análisis foliar como método para la determinación de las necesidades en fertilizantes del suelo se fundamenta en dos bases teóricas; la relación entre la concentración interna de nutrientes y el crecimiento y la complicada relación entre el contenido de nutrientes de las plantas y del suelo.

Gachon y Collier (24), en 1951, aplican el método de diagnosis foliar a ensayos encaminados a ver la influencia de la época y del lugar de extracción de los órganos sobre el control de la alimentación mineral en N, P_2O_5 y K_2O . Se observa una influencia de la edad, y particularmente de la localización de la muestra. Las hojas de ramas situadas hacia el medio de los árboles son las más sensibles para registrar la alimentación de la hoja.

Depards y Buron (20), en 1951, llevan a cabo experiencias de fertilización de la viña en relación con los rendimientos. El diagnóstico foliar da números para N y P_2O_5 conformes con los de Maumé, pero netamente inferiores para el caso de la potasa.

Steenbjerg (108), en 1951, comunica que la forma de las curvas de producción parece depender de la severidad de la deficiencia absoluta de los nutrientes en la planta. En aquellos suelos donde la deficiencia no es tan pronunciada, únicamente la parte de la curva a la derecha del punto de inflexión se encontrará probablemente un contenido de nutriente con el incremento de la producción en materia seca.

Jacobsen (39), en 1951, determina el contenido de Mn en varias cosechas en estudios de campo y de tiestos como un medio de diagnosis para averiguar la deficiencia en manzanos y patatas utilizando el análisis químico de las hojas. La curva que expresa la correlación entre la producción de materia seca de la hoja y la cantidad de manganeso absorbida es de forma de S incrementándose cuanto más pronunciada es la deficiencia de manganeso.

En 1952, Burou y Mlle Mavisseau (18) estudian por el método de Lundegardh la acción de diferentes tratamientos con fertilizantes sobre la composición química en las hojas de trigo recogidas durante la floración y las relaciones existentes entre las variaciones en la composición química y sus rendimientos. No encuentran correlación entre los abonos fosfatados y potásicos y el contenido de P_2O_5 y K_2O de las hojas, pero, por el contrario, si se determina el peso de estos elementos en 100 hojas existe correlación para el N, P_2O_5 y K_2O .

Mulder (74), en 1952, estudia las relaciones de nutrientes en las hojas de manzano usando el método colorimétrico de Morgan y un método de análisis total, estando en ambos casos de acuerdo. El contenido bajo en potasio está asociado con el contenido alto en fósforo y contenido alto de magnesio. Para incrementar el contenido de fosfatos en las hojas, en las zonas deficientes en magnesio, es probable sea más económico aplicar fertilizantes magnésicos más bien que potásicos.

I. APLICACION DEL ANALISIS QUIMICO DE LA HOJA Y DEL METODO DE DIAGNOSIS VISUAL A LA INVESTIGACION DE DEFICIENCIAS MINERALES EN RELACION CON LOS SUELOS DE CULTIVO

FUNDAMENTOS DEL MÉTODO DE ANÁLISIS FOLIAR

Se ha reconocido, después de largo tiempo, que la hoja es el laboratorio de síntesis de la planta. Permanece en el centro de su vida funcional debido a que es el agente principal de formación cualitativa y cuantitativa de los hidratos de carbono. La asimilación del dióxido de carbono no sólo está determinada por una serie de factores, tales como su concentración, clorofila, agua e intensidad de luz, sino también por las sales minerales de las hojas. Cuando estos factores son normales el poder de asimilación de las hojas es función de su superficie de desarrollo (54). Los experimentos de Lundegårdh han demostrado que el crecimiento y la producción están regulados por la cantidad de sales nutrientes presentes en las partes verdes de asimilación: la velocidad de crecimiento de una planta, y también de la hoja, es función de su concentración. No es mayormente la presencia de nutrientes en el suelo sino más bien su concentración en la superficie de las raíces lo que determina la relación de crecimiento. Ahora bien, las hojas ejercen al mismo tiempo alguna acción en el proceso de formación de las raíces (86). Por otra parte, para la hoja, el medio cuya concentración controla la velocidad de síntesis, está en los conductos y células del parenquima. Además, representando la hoja el laboratorio central de la planta, la concentración es decisiva para el crecimiento de los otros órganos que reciben nutrientes «preparados» de ellas, siendo la velocidad de distribución de los materiales almacenados función del nivel de concentración de los órganos de almacenamiento. La relación entre la velocidad de crecimiento y el nivel de concentración de nutrientes en la hoja

se apoya en que éstas sintetizan su sustancia directamente de los nutrientes que se lo proporcionan ; así, la intensidad de formación de proteínas en las hojas es función de la concentración del ión NO_3^- (54).

Los nutrientes minerales influyen, por una parte, en el tamaño y la estructura anatómica y, por consiguiente, en la extensión de la superficie de asimilación de la hoja, y, por otra, en su composición química en clorofila N, P, C, etc., aumentando la intensidad de asimilación por unidad de superficie (54, p. 21).

De los trabajos llevados a cabo por diversos investigadores, especialmente por Lagatu y Maumé en Francia, Thomas y Mack en América, Lundegardh en Suecia, Wallace y Roach en Inglaterra, sobre la concentración de nutrientes en las partes verdes de la planta idean usar la concentración de nutrientes en las hojas como una medida de la cantidad utilizable en el suelo. La concentración de nutrientes en este medio, o en solución de cultivo, influencia el crecimiento únicamente en la extensión en la que los elementos fertilizantes correspondientes son tomados por las raíces y distribuidos después a la materia verde de las plantas. El hecho de que la absorción de nutrientes permanece en una relación muy simple con su concentración en el medio trajo la creencia a muchos investigadores agrícolas, durante mucho tiempo, de que el crecimiento se regula por la cantidad de fertilizante aplicado. Sin embargo las investigaciones de Lundegardh sobre la absorción de nutrientes muestran que la influencia mutua de iones tanto en el interior de la planta como en la absorción por las raíces, produce tales efectos de interferencia y antagonismo que considerar la proporcionalidad entre la aplicación del fertilizante y la absorción de nutrientes como fundamento de una teoría de fertilización es injustificado. Ello motivó la búsqueda de una relación más directa entre los fertilizantes aplicados y la producción.

Lagatu y Maumé (43) y Thomas y Mack (109) establecieron que la composición de las hojas de la misma edad metabólica de plantas que crecen en el mismo medio homogéneo y que reciben diferentes tratamientos de fertilizantes refleja estos tratamientos de tal modo que cuando un elemento es efectivo esta efectividad está determinada por la respuesta de la planta a aquel elemento en la hoja seca. La cantidad total de nitrógeno, fósforo, potasio,

calcio y magnesio en cualquier combinación que puedan existir está relacionada con el desarrollo de las plantas que reciben diferentes fertilizantes. A cada tipo de desarrollo de una especie particular le corresponde un modo definido de evolución química medida por la cantidad total de los elementos respectivos. Bajo estas consideraciones se establece el principio del análisis foliar, en el que fundamentalmente el «contenido de los nutrientes K, P y N en las hojas se consideran como una expresión del efecto del fertilizante».

El método de investigación agrícola llamado «análisis o diagnóstico foliar» ha llegado en los últimos años a ser una ayuda útil para determinar las necesidades de nutrición de una gran variedad de cosechas. También fué útil para dilucidar ciertas fases en la ecología de las leguminosas de cobertura que crecen en asociación con otras plantas (19). Lagatu y Maumé sentaron en los últimos veinticinco años las bases para el uso sistemático del análisis foliar para estudiar la absorción de los elementos minerales afectados por varios factores (cit. 117). Sus hallazgos fueron extendidos por Thomas y Mack, quienes han contribuido mucho en este campo.

Se llama diagnóstico foliar a la composición química de la hoja, referida a los elementos minerales dominantes, en el momento de la recogida de muestra, tomada ésta en posición conveniente sobre el tallo. La validez del medio está basada, según Thomas (109), sobre los siguientes hechos experimentales:

1) Dos hojas morfológicamente homólogas de la misma especie y variedad son el lugar de idénticos procesos fisiológicos cuando el medio—suelo y factores meteorológicos—es idéntico y de diferentes procesos fisiológicos cuando el medio es diferente.

2) La respuesta a los elementos fertilizantes N, P o K está siempre asociada a un incremento de este elemento en la hoja seca si se compara con hojas morfológicamente homólogas de plantas que no reciben el elemento en cuestión.

3) La diagnóstico foliar de plantas de la misma especie que crecen sobre el mismo medio homogéneo, pero que reciben diferentes tratamientos de fertilizantes, es correlativa con su desarrollo y también con la naturaleza del fertilizante aplicado.

4) La variación en la composición química de hojas, de la

misma edad fisiológica y de plantas de la misma especie cultivadas en suelo homogéneo y sometido a diferentes tratamientos de fertilizantes, bajo las mismas condiciones meteorológicas, es relativamente grande y debido a la gran sensibilidad de la hoja, como laboratorio de síntesis de la planta, también fácil de determinar.

El método de diagnosis foliar trata de apreciar si la alimentación es normal, y si lo es, en qué cantidad y calidad, o las dos cosas a la vez. Con él se puede situar de un modo preciso el «óptimo químico alimenticio» correspondiente a la producción. Los problemas de fertilizantes, su eficiencia probable, su modo de incorporación, su naturaleza, su proporción en la fertilización pueden estudiarse por el análisis de la hoja (62). Por la observación de un vegetal por este método se puede juzgar la nutrición de un cultivo o puede intentarse una intervención cualesquiera susceptible de modificar el ritmo, el equilibrio o la intensidad de la planta, valiéndose de los estados lógicos de diagnóstico que señala el profesor Lagatu: a) reconocimiento de una alimentación en calidad y en cantidad; b) someter la planta carente a un régimen para que su nutrición llegue a ser normal (67).

El método foliar revela dosis extremadamente débiles o en exceso para diagnosticar, por una parte, la carencia más o menos acentuada de un elemento que vaya acompañado o no de un desequilibrio en la nutrición, y por otra, conocer de qué manera y por qué técnicas y fertilizantes se puede esperar poner los vegetales en condiciones óptimas. Puede determinar la amplitud de las circunstancias exteriores a las cuales las plantas subordinan su quimismo (65). En este método la heterogeneidad del suelo se expresa no solamente en términos del curso del desarrollo de las plantas y en el de la producción final, sino también en el de la nutrición con respecto a los elementos fertilizantes añadidos, lo cual, se demostró, está directamente relacionado al curso del desarrollo y de la producción. Esto es, se incrementa el número de observaciones en lugar del número de parcelas sometidas al mismo tratamiento.

Una diferencia muy marcada en la diagnosis foliar de plantas de la misma especie, de parcelas tratadas de un modo semejante y bajo condiciones externas uniformes, es una indicación de la

heterogeneidad de los suelos de las dos parcelas en estudio, y puede resultar de la diferencia no sólo en la composición química, sino también debido a variaciones físicas, que puede conducir a diferencias en la proporción de aire y agua en las raíces (116).

El método debe establecerse por la experiencia, llevando a cabo las determinaciones analíticas de la hoja en situaciones y en años meteorológicos muy diversos y sobre varias especies de plantas. De este modo el diagnóstico es sensible y prácticamente accesible, dado que la modificación en un factor de nutrición determinado la nutrición en el vegetal aparece modificada en el sentido de este factor; las diferencias observadas entre la planta fertilizada y el control son suficientes para establecer este hecho.

Algunas veces el porcentaje de potasio, magnesio y nitrógeno varían con otros factores, además de la proporción de aquellos elementos nutrientes, pero ello no significa que el análisis foliar sea menos valioso en trabajos de diagnosis; significa sencillamente que los otros factores deben tenerse en cuenta cuando se interpretan los análisis. Debidamente usados, tales análisis pueden proporcionar valiosa evidencia en apoyo o en contra de las conclusiones basadas en otros datos y observaciones. A falta de un criterio simple o infalible de las necesidades de las plantas para estos nutrientes el diagnosticador debe hacer uso de diferentes índices, cada uno de los cuales tiene su propio límite (116).

EL PRINCIPIO DEL VALOR MÍNIMO APLICADO A LA HOJA

En el empleo del valor mínimo de un nutriente inorgánico, como una base para determinar deficiencias, se encontró que el crecimiento cesa cuando la concentración de cualquiera de los elementos inorgánicos N, P, K, Ca y Mg, y posiblemente Fe, Cu, Mn y B, en las hojas, cae bajo un cierto mínimo diferente para diferentes especies y tipos de desarrollo.

Estos valores mínimos, por debajo de los cuales se presume que existe deficiencia de un elemento dado, se aplicaron a exploraciones, particularmente al estudio del estado de K en las plantas. Chapman (19) encontró que el crecimiento era siempre co-

rrelativo con el contenido de la hoja del elemento deficiente, existiendo una gran correlación con la producción.

El valor crítico usado en el sentido del índice de suficiencia de un elemento también se aplica en ciertas circunstancias de desórdenes de nutrición de origen desconocido. El factor que lo produce se busca por análisis de la hoja para un número de elementos límites que se sospecha y comparando los niveles de cada elemento con los standards normales que crecen bajo el mismo suelo y en análogas condiciones climáticas.

Roach, en 1939 (94), encontró que las diferencias en composición de hojas del mismo tipo y edad de frutales, de una especie particular y variedad que se desarrollaban en diferentes condiciones, son pequeñas en comparación con las diferencias obtenidas entre hojas sanas y deficientes de árboles que crecen en la misma plantación. Se colige que la composición mineral de la hoja del mismo tipo y edad de una especie particular y variedad tiende hacia un *standard* común, al cual pueden referirse la de las hojas deficientes o con enfermedades. En algunos casos el crecimiento parece estar afectado por cambios en la nutrición hasta que existan grandes deficiencias relativas o excesos (117).

Wallace, en 1925, utilizó como índices de diagnosis de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio la comparación de niveles de hojas de frutales mal nutridos y con nutrición que se supone normal.

EL CONCEPTO DE CANTIDAD Y CALIDAD DE LOS CONSTITUYENTES MINERALES

El análisis químico de las hojas no controla muchas pestes climáticas que pueden causar una anormalidad en su estudio; pero el análisis de las hojas, juntamente con estas observaciones, pueden hacer posible una diagnosis positiva, que de otro modo no podría obtenerse.

La ventaja del análisis de la hoja puede condensarse en lo siguiente: La planta indicará de un modo más preciso la utiliza-

ción de las sales nutrientes en el suelo, porque usa su propio método de extracción ; además no da solamente un cuadro instantáneo de la situación en el suelo, sino también que indica la extracción de sales en varias semanas, porque las hojas se toman en un período cuando las partes vegetativas de las plantas están plenamente desarrolladas, pero todavía vigorosas. Son de valor para indicar al agricultor cómo economizar los fertilizantes minerales y cómo usarlos en cantidades adecuadas (54).

Cantidad o intensidad de nutrición de las hojas seleccionadas, según Thomas, consiste en la suma $N + P_2O_5 + K_2O$ en el momento de la recogida de muestras, expresada en tanto por ciento de materia seca. Calidad de nutrición es la razón de estas unidades expresadas como unidad NPK. Esta unidad se expresa en equivalentes miligramo porque el factor calidad debe ser dependiente y estar relacionado con las reacciones químicas que se produzcan en la hoja. La expresión en equivalentes miligramo para el N, P_2O_5 y K_2O serán, respectivamente :

$$E_x = \frac{M_x}{14} \cdot 1000; \quad E_y = \frac{M_y}{\frac{1}{6} P_2O_5} \cdot 1000 \quad \text{y} \quad E_z = \frac{M_z}{\frac{1}{2} K_2O} \cdot 1000 \quad [1]$$

siendo M_x, M_y y M_z los porcentajes de N, P_2O_5 y K_2O Sumando los equivalentes miligramo y dividiéndolos por la suma (s) tenemos :

$$1 = \frac{E_x}{s} + \frac{E_y}{s} + \frac{E_z}{s} \quad [2]$$

Llamando a las fracciones $\frac{E_x}{s}, \frac{E_y}{s}$ y $\frac{E_z}{s}$, que indican en equivalentes miligramos las partes proporcionales de $N + P_2O_5$ y K_2O en una unidad de tres elementos, x', y' y z' , tenemos la ecuación

$$x' + y' + z' = 1 \quad (3)$$

en la que el primer miembro representa la composición de la unidad NPK de la hoja en el momento de la toma de muestra en términos de equivalentes miligramo, que para evitar fracciones

es conveniente multiplicar por 100 y que para simplificar se llama la unidad NPK. Los valores simultáneos de esta unidad se expresa en un triángulo equilátero de lado 100 (109).

Lagatu y Mauné definen la intensidad de nutrición como el tanto por ciento de los elementos N, P y K mientras que denominan alimentación global la suma $N + P_2O_5 + K_2O$.

Los resultados analíticos de K_2O , CaO y MgO (M_x , M_y y M_z), en materia seca, se pueden transformar en equivalentes alcalinos A_x , A_y , y A_z , expresados en equivalentes miligramo, como se hizo anteriormente para la unidad NPK, obteniendo así :

$$A_x = \frac{M_x}{\frac{1}{2} K_2O} \cdot 1000; \quad A_y = \frac{M_y}{\frac{1}{2} CaO} \cdot 1000 \quad y \quad A_z = \frac{M_z}{\frac{1}{2} MgO} \cdot 1000 \quad [4]$$

La suma $A_x + A_y + A_z = s$ representa la alcalinidad total de las tres bases en tanto por ciento de materia seca. Operando del mismo modo que anteriormente se obtiene la unidad K. Ca. Mg.

Clements (cit. 117) encuentra que los micronutrientes influyen los «índices de la diagnosis foliar» con respecto al N, P y K para producir anomalías en los valores de los índices característicos de los elementos deficientes.

INTERACCIONES DE LOS NUTRIENTES MINERALES

El objetivo final de los tratamientos a realizar en los problemas de diagnosis de deficiencias o excesos minerales debe ser, según Wallace, el de conseguir la más alta producción, compatible con la calidad. Refiriéndose a la producción, la idea de la fertilización científica es el alcanzar un balance ideal de nutrientes minerales. Dándole este nutriente mineral ideal a la planta debe esperarse un aumento en su concentración hasta alcanzar un máximo a partir del cual un incremento conduciría a una depresión en la producción. Pero en la práctica hay complicaciones debido a interacciones de los nutrientes minerales que ejercen efectos antagónicos y beneficiosos y que alteran la forma de la curva de crecimiento (135). La gráfica que relaciona el incremento en producción con la concentración de los elementos minerales es usualmente hipérbolica, pero pueden modificarse marcadamen-

te por antagonismo, especialmente cuando las concentraciones antagónicas son muy diferentes (54).

El antagonismo manifiesta claramente si los iones en cuestión no están envueltos en reacciones especiales. Se observa frecuentemente que pequeñas cantidades de calcio favorecen la toma de potasio. Según Lundegardh, esto es probablemente debido a la importante función de los iones de calcio en estabilizar la membrana protoplasmática, preservando sus propiedades normales. Los trabajos de este autor y Burston apoyan la concepción del antagonismo iónico como un aspecto de cambio iónico en el protoplasma, que supone que cada catión actúa antagonísticamente sobre todos los demás (71, p. 25). La interpretación del análisis foliar necesita indudablemente estar relacionado con interacciones de naturaleza metabólica. El más significativo antagonismo encontrado por Burston es a razón molar K/Ca , que cuando es superior a 1 indica que la absorción de potasio ha sido poco influenciada por la variación de la concentración en calcio. Si la razón K/Ca es inferior a 1, el calcio actúa como control, y restringe la absorción de potasio, mientras que las variaciones de la concentración de potasio tienen poco efecto sobre la absorción de calcio.

En algunos casos la interacción provoca algunos inconvenientes en la aplicación del análisis de la hoja; así la interacción potasio y magnesio estorba la determinación de la necesidad de magnesio cuando el potasio es deficiente. La deficiencia en nitrógeno puede causar una baja absorción de magnesio, y conduce a la conclusión de que el último elemento es seriamente deficiente. El potasio parece incrementar intensamente la movilidad del hierro dentro de la planta, y el crecimiento puede estar intensamente favorecido por el nivel de potasio (135).

En el maíz se encontró que el nitrógeno y el potasio ejercen mutua influencia. La aplicación del nitrógeno como sulfato amónico tiene un marcado efecto depresivo sobre el porcentaje de potasio existente en la hoja. Una reducción de la eficiencia de utilización del nitrógeno parece estar relacionada y acompañada con la depresión de potasio. En suelos de moderada cantidad de potasio el proporcionar gran cantidad de fertilizantes nitrogenados puede inducir a intensificar deficiencia de potasio. En los suelos

con bajo poder para suplir nitrógeno las aplicaciones grandes de potasa pueden intensificar los síntomas de deficiencia en nitrógeno y bajar la producción.

La deficiencia de un simple nutriente puede algunas veces alterar la capacidad de absorción de las plantas para otros elementos. Las razones Na/Ca y K/Ca, en la hoja, se incrementan frecuentemente por la clorosis debido a deficiencia en hierro. La causa de estos cambios parece que es debido a modificaciones en el metabolismo de las plantas, inducidas por falta de hierro utilizable, o puede estar relacionado con el metabolismo del oxígeno en la planta.

Sin embargo, el efecto de interacción debe observarse si es debido a las reacciones que tienen lugar en el suelo o en la planta. En ciertos casos se notó que si los fosfatos se añaden al nitrógeno se observa menos cantidad de este elemento que con los fertilizantes nitrogenados solamente. Esto sugiere que el efecto es debido a un descenso de sustancias nitrogenadas en la solución del suelo por adición de fertilizantes fosfatados (19).

Según Gregory (27), la ley del mínimo de Liebig se sostiene únicamente cuando los nutrientes tienen balance fisiológico y la curva de Mitscherlich expresa un efecto de interacción entre un nutriente en mínimo y en exceso.

Hardy encontró correlaciones positivas con la producción en ciertas razones. El incremento en ésta está asociado con el contenido de potasa en la hoja y descenso de nitrógeno y fosfato, pero los mejores índices de producción están en la razón de nutrición de la hoja, particularmente a baja razón N/K₂O o a alta de K₂O + P₂O₅, y N/P₂O₅. Beauchamp (2) encontró que el mejor índice de producción de la caña de azúcar está dado por la razón

$$\frac{K_2O}{N + P_2O_5}$$

Las interacciones de potasio con hierro y manganeso son de interés especial por el antagonismo que presentan estos dos últimos. Así, bajo las condiciones donde hierro y manganeso están en bajos niveles relativos en cosechas de frutales, se observa frecuentemente deficiencia de hierro con la de potasio y deficiencia de manganeso con la de magnesio. Wallace (135) señala los si-

guientes importantes ejemplos de interacciones antagónicas y beneficiosas :

N/P ; N/K ; K/Mg ; Mg/Ca ; Na/Ca ; Ca/Mn ; K/Fe ; P/Zn ; Mn, Zn, Cu, Cr, N, Co/Fe, en los que, aunque los efectos pueden ser mutuos en general, el primer elemento tiende a deprimir al segundo, notándose que la acción es más marcada cuando los niveles de los elementos difieren mucho.

Las relaciones entre el nitrógeno en la hoja y el N y P en la ceniza de la hoja y el peso de la misma es en algunos casos logarítmica (19). Chapman intenta explicar la relación logarítmica entre el peso de la hoja y la composición basándose en la fórmula de Blackman de la relación de crecimiento ilimitado. La ecuación simplificada para la hoja está dada por la siguiente expresión :

$$\text{Log. } P = K\% \text{ de nutriente} \cdot C$$

donde K y C son constantes y P el peso de la hoja.

Lundegårdh (cit. 18) obtiene una expresión que significa la interacción de factores, reflejada por la ecuación del tipo $y = a - \frac{b}{x^c}$ donde a, b y c son constantes que representan la interacción y el incremento en producción debido a la acción del fertilizante x. La forma específica de la ecuación es :

$$y: A = \frac{b_1}{x_1^{c_1}} \cdot \frac{b_2}{x_2^{c_2}} \dots \frac{b_n}{x_n^{c_n}} \cdot C_s$$

donde y es el incremento en producción ; A es una constante que representa los valores individuales, a_1, a_2 y a_n y x_1, x_2 y x_n son los porcentajes de potasio fósforo y nitrógeno en la hoja y C_s una constante de corrección, la cual trae los valores de b_1, b_2 y b_n de acuerdo con la escala de los incrementos en producción.

La mayoría de los elementos esenciales están incluidos entre los que ejercen efectos de interacción que, indudablemente, modifican las curvas de producción. Por ello, en cualquier método de diagnóstico debe tenerse en cuenta la naturaleza y extensión de las interacciones si se desea obtener un cuadro más real del estado mineral de las plantas.

PARTE EXPERIMENTAL

INVESTIGACIÓN DE EXPLORACIÓN

Las investigaciones del tipo de exploración están basadas en el principio de que cada elemento nutriente debe estar presente en las partes verdes de asimilación de la planta por encima de cierta cantidad determinada por los valores obtenidos por la experiencia o, más directamente, por comparación con la composición de las hojas del mismo tipo y edad de plantas bien nutridas de la misma especie y variedad, creciendo en las mismas condiciones. De las exploraciones realizadas se pueden sacar consecuencias con respecto a la fertilidad y a las deficiencias de nutrientes permitiendo, además, comparaciones con los resultados de los análisis del suelo (88).

Nuestro estudio de determinación de deficiencias minerales por el método de exploración está basado en la observación hecha por Roach de que la diferencia en composición de las hojas de una particular especie y variedad de árboles frutales que se desarrollan en diferentes condiciones, son pequeñas en comparación con las obtenidas entre hojas de plantas sanas y deficientes. Al mismo tiempo intentamos obtener *standards* de hojas normales a los cuales puedan referirse la composición de las hojas deficientes o con enfermedades.

La aplicación del método se realizó en dos suelos; uno ácido, con un pH comprendido entre 5,5 y 6,3, y otro calcáreo, de pH 7,1-7,3. Las exploraciones se han llevado a cabo en los años 1951 y 1952. La mayoría de las determinaciones del primer suelo corresponden a la provincia de Pontevedra y algunas a las de Lugo y La Coruña. Las del suelo calcáreo a Retuerta y Vega Sicilia, Sardón del Duero, Valladolid. El número de muestras y el de huertas en las que se hizo la determinación se indican en la tabla I.

La inspección de cosechas se llevó a cabo en épocas distintas. Para centeno, trigo y cebada se hizo en marzo-abril; para pata-

tas en junio-julio; coliflores en diciembre; coles en abril-mayo, y árboles frutales en abril-julio.

C L I M A

La precipitación anual en la zona ácida de exploración es considerable. En la provincia de Pontevedra, en los años 1951 y 1952, hubo una precipitación media anual de 125-136 mm³. La temperatura media fué de 13°-15° C. La menor incidencia de precipitaciones en ambos años fué en junio, julio y agosto con 5 a 10 mm³, aunque no hubo sequías muy severas, y la mayoría en noviembre de ambos años, con 349 y 280 mm³, respectivamente. Las temperaturas medias mensuales más bajas fueron enero, febrero y diciembre, entre 8° y 10°.

La precipitación media anual en Valladolid fué mucho más baja, entre 25 y 30 mm³, y la de los meses de junio, julio y agosto más elevada que en la zona ácida: entre 12 y 43 mm³. La temperatura media en estos meses fué de 19°-21° C., y las más bajas en enero, febrero y diciembre, entre 2° y 5°. La precipitación más alta correspondió a noviembre de 1951, con 107 mm³.

S U E L O S

El suelo de las zonas gallegas donde se llevaron a cabo gran parte de las determinaciones es, en su mayoría, terreno primitivo derivado de rocas graníticas comunes y, en algunas zonas, gneíseas. En la zona de Táy-La Guardia se recogieron muestras en terrenos de origen diluvial y acarreo antiguo, compuesto de guijarros cuarzosos, arena y barro, y en otras de arcillas plásticas, guijarros y cantos rodados —Gándaras de Budiño y Valle del Rosal—. Los campos donde se tomaron las muestras son arenosos, variando en la proporción de arena fina y gruesa. En el Paraño se recogieron muestras en terrenos de pizarra de transición.

Los campos de Retuerta y Vega Sicilia, en Valladolid, proceden de roca caliza, encontrándose en algunas de las zonas exploradas, cerca del río, cantos rodados de cuarzo, posiblemente como arrastre del río. Varían entre ligero y limo-arenoso medio.

APLICACIÓN DE LA PRUEBA RÁPIDA
DE SUELOS A LA EXPLORACIÓN

Se llevaron a cabo determinaciones de pH por métodos potenciométricos y *test* rápido de suelos para los elementos nitrógeno, fósforo y potasio por las técnicas de Bray (16).

En la tabla II se señalan los valores de estos elementos en relación con el número de determinaciones hechas. Los valores bajo, medio, alto y en exceso son indicación de deficiencia, suficiencia o exceso relativo en los suelos. Las determinaciones de nitrógeno, aunque no representan la cantidad total de este elemento con que se provee a la planta, se han llevado a cabo como posible ayuda para determinar la aplicación inicial de fertilizante.

TABLA I
Categoría de valores y porcentajes de nitratos, fosfórico y potasa determinados por «test» rápido de suelos

PONTEVEDRA				
N.º de fincas	Categorías de valores	En %		
		NO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O
121	B	90	66,6	6,5
121	M	8,3	24,1	41,8
121	S	1,60	9,1	40,0
121	Er	—	—	11,6

Notación: B = Bajo, M = Medio, S = Satisfactorio, Er = Exceso relativo.

El elevado porcentaje de deficiencias en nitrato es indicador de que se encontraron en todas las zonas exploradas. El porcentaje de deficiencia para los otros dos nutrientes fueron P₂O₅ = 66,1 y K₂O = 7,5. El mayor número de valores satisfactorios y de rela

tivo exceso corresponden al potasio, con gran diferencia sobre fósforo, que le sigue en porcentaje.

TABLA II
Categoría de valores y porcentajes de nitratos, fosfórico y potasa determinados por «test» rápido de suelos

SARDON DEL DUERO				
N.º de líneas	Categorías de valores	En %		
		NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
21	B	71,5	52,3	9,5
21	M	19,0	38,1	33,3
21	S	9,5	9,5	47,6
21	Er	—	—	9,5

Notación.—B = Bajo, M = Medio, S = Satisfactorio, Er = Exceso relativo.

En Sardón del Duero los porcentajes de valores bajos en nitrógeno y fósforo son inferiores a los de la provincia de Pontevedra, aunque también muy elevados. El porcentaje en potasio es ligeramente inferior, si bien en ambos no constituye elemento serio de deficiencia. También, como en el caso anterior, el mayor número de valores satisfactorios y en exceso son los del potasio, que es el único elemento que se encuentra en exceso relativo en ambas zonas.

TOMA DE MUESTRAS Y PREPARACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE HOJAS

La composición de la hoja depende de la edad, tipo de hoja y hora del día. En los cereales y patatas las hojas se recogieron por la técnica de Lundegardh en el período comprendido entre los diez primeros días del comienzo de la floración. En todos los casos, para mayor exactitud en los trabajos comparativos, se recogieron entre las nueve y doce de la mañana, a lo largo de líneas paralelas.

En los cereales, la hoja sana se recogió a la altura de la deficiente, generalmente la tercera hoja a partir de la base. Para las patatas y fresas, hojas comparables en edad de ramas situadas en la posición media del tallo. En cebollas y puerros, la segunda hoja a partir de la base. En coliflores y nabos, las hojas derechas más viejas que presentaban síntomas visuales y las ramas de la misma edad. En frutales, hojas de la base de brotes jóvenes. En todos los demás casos hojas deficientes, comparadas en edad con las sanas.

Con objeto de tener las hojas en las mejores condiciones de limpieza y evitar cualquier perturbación en el análisis que pudiera producir la presencia de insecticidas, polvo del suelo, etc., se recogieron en bolsas de lienzo blancas y se limpiaron en el laboratorio con un paño de muselina humedecido en agua destilada, separando la lámina del peciolo y de la nerviación central (56, 57).

Las láminas se secaron a 60°, envueltas en muselina de malla muy fina, hasta alcanzar un estado fácil de trituración a mano y de posterior molienda en mortero de ágata. El material molido se almacenó en microfrascos de vidrio y desecado nuevamente a 100° antes de pesar.

MÉTODOS ANALÍTICOS Y DE DIAGNÓSTICO

Los métodos utilizados para la evaluación del estado de nutrientes fueron el visual (136, 75) y el análisis microquímico total, siguiendo, con ligeras modificaciones, las técnicas que utiliza Mason (57) en el laboratorio de Bioquímica de «East Malling» y que se esquematizan en el diagrama. En él se indican los pasos más importantes para la determinación de los elementos fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro y manganeso. El nitrógeno se determinó por la técnica de microkjeldahl, utilizando como catalizador sulfato de mercurio, y como elevador del p. e. del ácido sulfúrico, sulfato potásico. El aparato de destilación fué el de Scott.

DEFICIENCIAS EN LAS COSECHAS

Algunos autores (90) consideran que una investigación de deficiencias minerales en alguna parte de la planta es más útil y define más exactamente el estado de nutrición de las cosechas ara-

bles que con la exploración del suelo, aunque tiene limitación definida debido a que sólo está confinada a tierra arable.

TABLA III

Frecuencia de deficiencias analíticas basadas en el análisis microquímico y síntomas visuales.

PONTEVEDRA pH 5.3—6.4

P L A N T A	N.º de fincas estudiadas	E L E M E N T O						
		N	K	P	Ca	Mg	Fe	Mn
Maíz	60	51	2	10	1	7	—	6
Pataías	40	11	(8 Exc.)	—	2	1	—	2
Centeno	13	12	2	1	—	4	1	3
Coliflor	9	7	—	5	—	3	—	7
Manzano... ..	8	3	2	—	2	—	—	1
Peral... ..	6	—	—	1	—	3	—	1
Puerro	6	6	—	—	1	—	—	1
Trigo	6	5	1	—	1	2	—	—
Trébol	5	3	—	—	—	3	—	—
Cebolla	4	4	—	1	—	—	—	—
Cebada	4	4	—	2	—	1	—	—
Judías... ..	4	3	1	—	—	—	—	—
Ciruelo	3	—	—	—	1	2	—	1
Lechuga romana ...	3	1	—	—	—	—	—	—
Avena... ..	2	2	1	—	1	—	—	—
Ray grass	2	2	—	1	—	1	—	—

SARDON DEL DUERO pH 7.1—7.4

Ciruelo	8	2	—	2	—	—	4	1--(2Lig)
Manzano... ..	8	1	—	—	1	—	3	1
Puerro	6	3	—	1	1	—	—	1
Alfalfa	4	—	—	—	—	—	—	—
Fresa... ..	4	1	—	—	—	—	1	1
Nabo... ..	4	4	—	—	—	1	—	—
Rábano	4	4	—	—	—	—	—	—
Trigo... ..	4	4	—	—	1	1	—	2
Maíz	3	2	1	—	—	—	—	1
Remolacha	3	2	—	—	—	—	—	—
Coliflor	2	—	—	—	—	—	—	—
Malva real *	+ 2	—	—	—	—	—	—	2

Notación: + Planta indicadora de manganeso; lig. = Deficiencia ligera del elemento.
 X Exc. = Exceso del elemento.

Según Goodall y Gregory, «una planta es deficiente en un cierto elemento si proporcionándole este elemento a la planta en for-

ma adecuada produce un incremento en la producción, siendo el efecto específico del elemento en cuestión». Cualquiera método para determinar deficiencias minerales y, en consecuencia, la necesidad de fertilizantes, necesita prever el incremento en el valor de venta del producto final y total que pueda esperarse de los tratamientos posibles de fertilizantes, siempre que las condiciones climáticas puedan determinarse para el período total de crecimiento y puedan controlarse las enfermedades (27).

El uso del método visual y análisis químico de la hoja como método de exploración puede, desde el punto de vista práctico, determinar el estado de nutrición de las cosechas en cultivo y, en consecuencia, iniciarse el tratamiento en la propia estación, o, en todo caso, afectar al tratamiento de fertilizantes de las cosechas siguientes si se aplican, con la ayuda de los índices obtenidos, a la mejora del régimen de fertilización para dichas cosechas.

En la tabla III se indican las deficiencias analíticas encontradas en las cosechas inspeccionadas de campos estudiados en la provincia de Pontevedra y de las 52 parcelas de Sardón del Duero, en Valladolid, y en la tabla IV los porcentajes de ambas zonas. En la tabla V se muestran los valores comparativos de los elementos minerales en relación con la incidencia de los síntomas de deficiencia o normalidad. De las cosechas estudiadas, todas presentaban deficiencias en nitrógeno, con excepción de las alfalfa, ciruelos y perales, y no así en los demás nutrientes.

En la provincia de Pontevedra el porcentaje de deficiencias en nitrógeno para todas las cosechas fué el de 61 por 100, siendo en cereales del 88 por 100, valor próximo al determinado en suelos. Las cosechas de mayor número de fincas estudiadas en esta provincia y las de más interés económico, maíz y patatas, difieren en el porcentaje de nitrógeno, pues mientras el primero alcanza el 85 por 100, en la segunda es solamente el 27 por 100, siendo en éstas, en su mayoría, de ligera deficiencia, mientras que en aquel cereal es, en su mayor parte, de deficiencia visual y analítica muy acentuada.

El porcentaje de deficiencias de manganeso y magnesio, pese a no presentar síntomas aparentes, alcanzaron valores relativamente elevados —del 13 por 100 y 15 por 100—, si bien en algunos casos los valores son de deficiencia ligera. El porcentaje de deficiencias

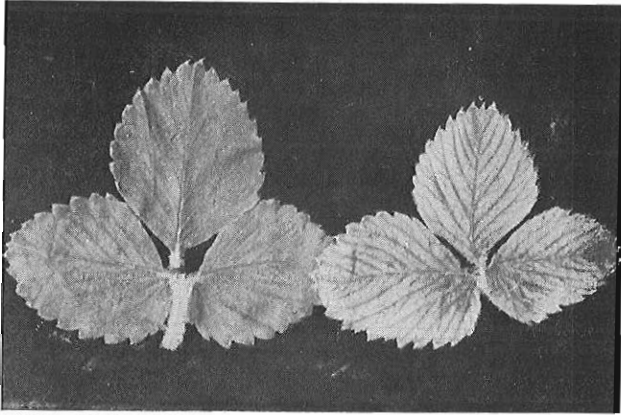


FIG. 1.

Dos estados progresivos de deficiencia de hierro en fresas. A la izquierda, comienzo de clorosis intervenal. A la derecha, hoja terminal manifestando severa clorosis; las venas permanecen verdes en ambos estados. (Suelo arenoso-jimoso de Sardón del Duero, pH 7.3.)

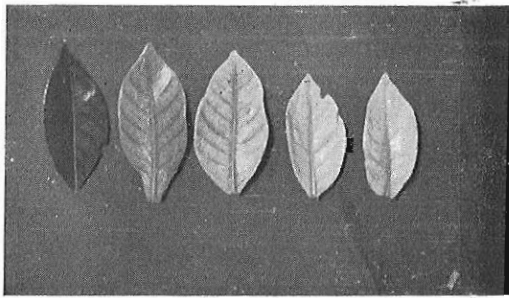


FIG. 2.

Hoja normal y estados progresivos de clorosis producida por deficiencia de hierro en gardenia. Las venas permanecen verdes en los primeros estados, pero más tarde la hoja entera aparece clorótica. (Suelo arenoso de Pontevedra, pH 6.0.)

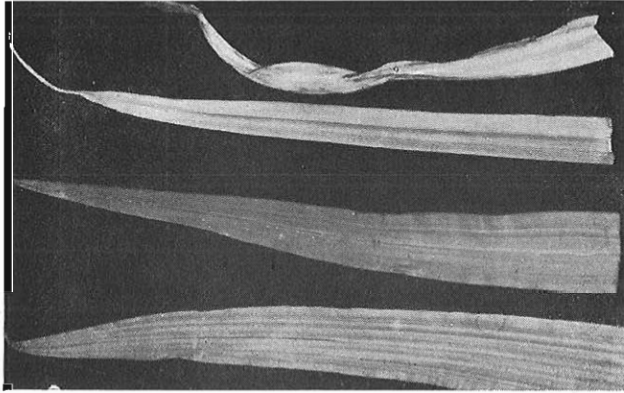


FIG. 3.

Coloración característica debida a deficiencia de nitrógeno en puerros. A la izquierda, hoja normal; en el centro, hoja púrpura y clorótica en el ápice, y a la derecha, hoja clorótica y delgada con torsión marginal. (Suelo arenolimoso de Sardón del Duero, pH 7.2.)

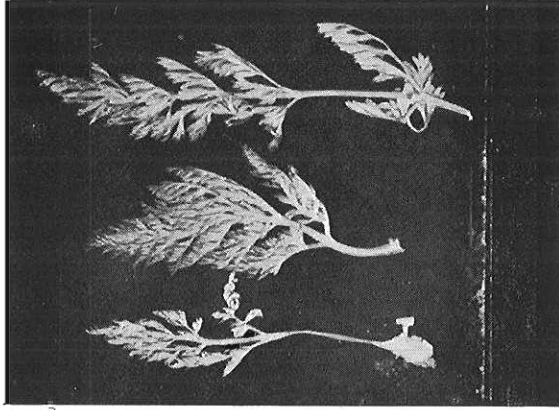


FIG. 4.

Deficiencia de nitrógeno en rábano. A la derecha, planta verde normal; en el centro, púrpura, y a la izquierda, clorótica. Las hojas terminales son púrpuras en el primer estado, y más tarde llegan a ser totalmente cloróticas. (Suelo arenolimoso de Sardón del Duero, pH 7.2.)

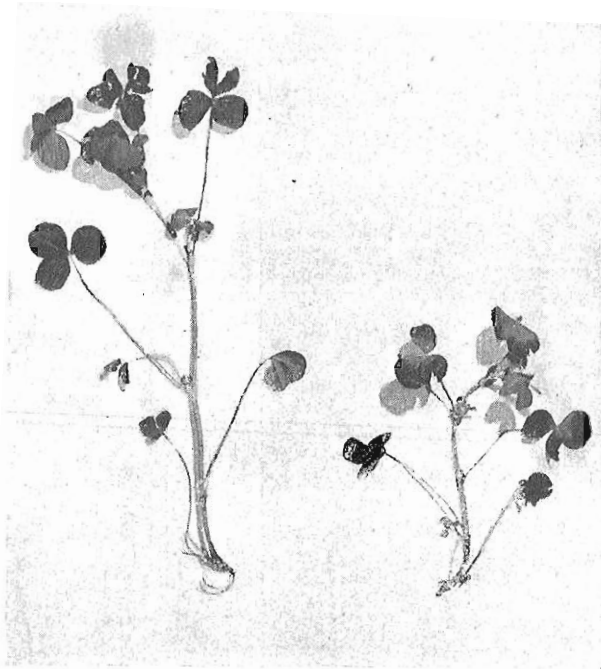


FIG. 5.

Deficiencia de magnesio en trébol violeta en dos épocas distintas. A la derecha en marzo; a la izquierda en abril. Las hojas presentan coloración púrpura en los márgenes y clorosis intervenal hacia el centro. (Suelo arenoso de Salcedo Pontevedra, pH 5.8.)

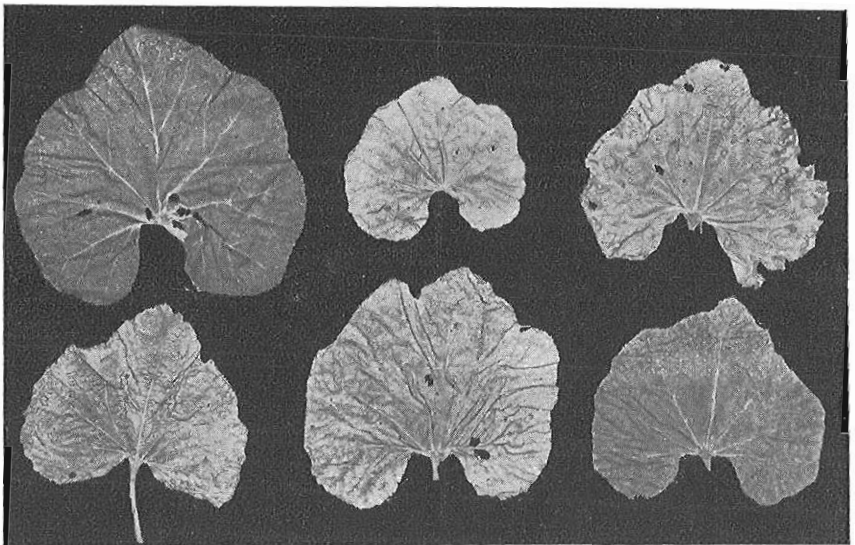
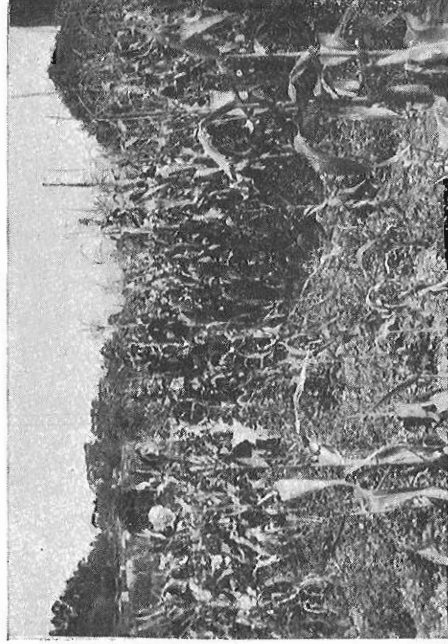
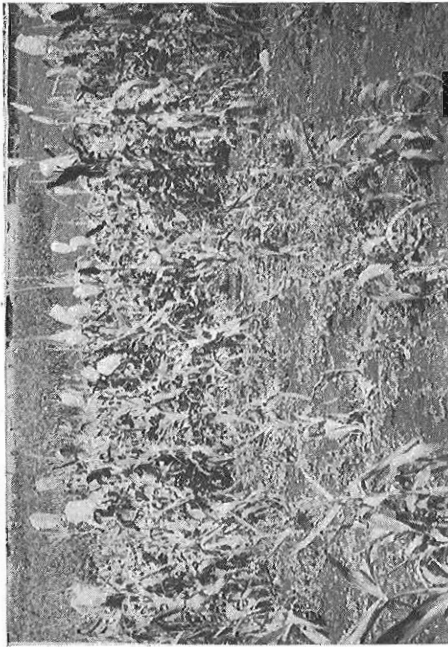


FIG. 6.

Malva real, planta indicadora de deficiencia en manganeso. Parte superior: a la izquierda, hoja normal; a la derecha, dos estados severos de deficiencia. Parte inferior: a la derecha, hoja verde medio; a la izquierda, dos estados intermedios de deficiencia. (Suelo areno-limoso de Sardón del Duero, pH 7.3.)



Figs. 7 y 8.

Deficiencia de manganeso en terreno ácido por adición de exceso de cal, fig. 8, a la derecha; maíz corregida la deficiencia cultivándolo con fertilizantes orgánicos concentrados y azúfre o sus compuestos. En primer plano y a la izquierda, fig. 7, control. (Suelo arenoso de Salcedo, Pontevedra, pH 6.3.)

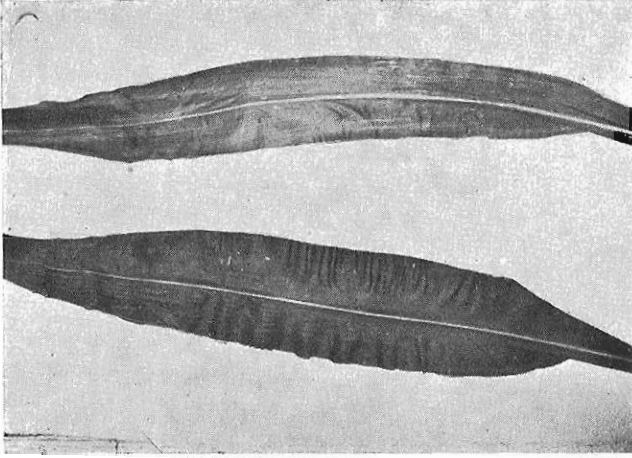


Fig. 10.

Deficiencia de magnesio en maíz. Espacios intervenales cloróticos y coloración rojiza y morada a lo largo de la hoja. (Suelo arenoso de Salcedo, Pontevedra, pH 6.2.)

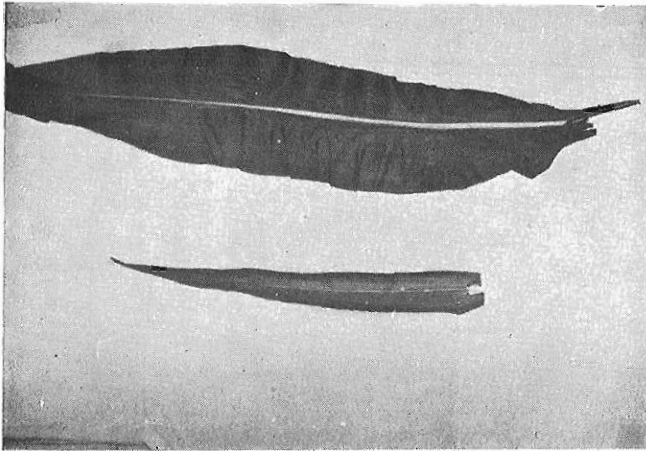


Fig. 9.

A la izquierda, hoja de maíz con 60 p. p. m. de manganeso comparada con otra de la misma edad y variedad —a la derecha—, conteniendo 17,5 p. p. m. en la misma parcela de las figs. 8 y 9. Las hojas presentan primeramente clorosis intervenal y más tarde clorosis total. (Suelo arenoso de Salcedo, Pontevedra, pH 6.2.)

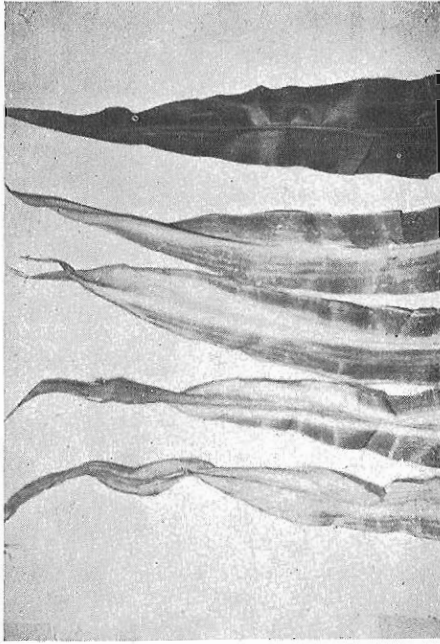


FIG. 12.

Deficiencia de nitrógeno en maíz. De derecha a izquierda: hoja normal y diferentes estados de clorosis en el ápice y a lo largo del nervio central. (Suelo arenoso de Salcedo Pontevedra; pH 6.0.)

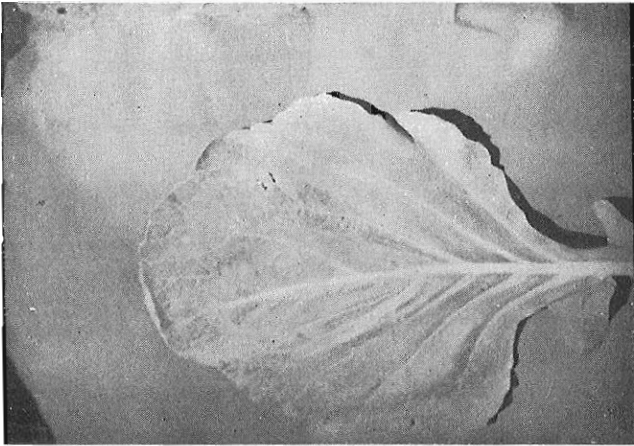


FIG. 11.

Deficiencia de nitrógeno en col. Hoja clorótica y con manchas púrpuras. Las hojas viejas son primeramente púrpuras y posteriormente cloróticas. (Suelo arenoso de Pontevedra, pH 5.5.)

en fósforo es muy inferior a los bajos valores encontrados en el suelo, lo cual indica carencia de fósforo utilizable, nativo de éste, ya que las muestras se recogieron en períodos anteriores a la fertilización. El valor del 5 por 100 de potasio en el vegetal es algo inferior al encontrado en suelos, que es del 6,5 por 100.

TABLA IV

Porcentajes de deficiencias de los principales elementos minerales en Pontevedra y Sardón del Duero

Provincia	N.º de floras estudiadas	N	K	P	Ca	Mg	Fe	Mn	Superficie explorada (en hectáreas)
Pontevedra 1951-1952	170	61,1	5,2	12,2	5,2	15,8	0,58	13,5	200
Valladolid 1951-1952 (Sardón del Duero)	52 p.	44,0	1,9	5,7	5,7	5,7	15,0	21,0	300
TOTALES	222	57,2	4,5	10,8	5,3	13,0	4,0	15,0	500

Notación: p. = parcela.

Análogamente, en Sardón del Duero el porcentaje de carencias de nitrógeno fué el más elevado, si bien inferior al de la zona ácida. Después del nitrógeno, las deficiencias visuales más acusadas fueron las del hierro, con un porcentaje de valores analíticos del 15 por 100, inferior al 21 por 100 de manganeso que, contrariamente, se encontraron pocos casos de deficiencia visual. En ambos casos, particularmente en el hierro, estos valores fueron superiores a los de la zona ácida, no así en el potasio y fósforo, en que los porcentajes fueron muy inferiores.

EXAMEN DE LAS INTERACCIONES

El examen de las razones entre los elementos minerales de la hoja como método de diagnóstico se llevó a cabo en los nutrientes de más elevado porcentaje de deficiencias y entre aquellos en los que los valores de las interacciones se conocen como de una acción bien definida. La razón K/Ca, que se aplicó para distinguir dife-

Valores analíticos comparativos de los principales elementos minerales en las plantas

PLANTA, TIPO DE SUELO Y LOCALIDAD	FECHA O ESTADO DE DESARROLLO	COLOR DE LA HOJA	CARACTER DE LAS DEFICIENCIAS VISUALES (S) sana (D) deficiente
Alfalfa, s. limo-arenoso de Retuerta, Valladolid. Orig. calizo pH 7.3	Abril 1952	V. pálido Clorosis intervenal en hojas viejas	S D _s (Mn)
Avena, s. arenoso de Carballo, La Coruña. Orig. granítico pH. 5.8	Marzo 1951	V. medio Clorosis en el ápice	S D (N)
Cebada, s. arenoso de la M. Biológica. Orig. granítico pH 6.1	Marzo 1952	V. medio Clorótica y manchas grises	S D (N)
Cebolla, s. arenoso de Mourente, Pontevedra s. limo-arenoso de Retuerta, Valladolid pH 7.3	Junio 1952 Abril 1952	V. pálido Clorótica en el ápice V. medio Clorótica Clorótica	S D _s (N) S D (N) D
Centeno, s. arenoso de Salcedo, Pontevedra. Orig. granítico pH 6.0	Marzo 1951	V. medio Clorótica en el ápice	S D (N)
s. arenoso de Villalba, Lugo. Orig. granítico pH 5.5	Idem id.	V. medio Clorótica en ápice y bordes	S D _s (N)
s. arenoso de Salcedo Pontevedra. Orig. granítico... .. pH 6.0	Abril 1951	V. pálido Clorótica	S D (N)
Centeno, s. arenoso de Poyo, Pontevedra. Orig. granítico... .. pH 5.7	Idem id.	V. amarillento	D (N)

V

en relación con la incidencia de los síntomas de deficiencia o normalidad de las hojas

EN % DE MATERIA SECA									EN P. P. M. DE MATERIA SECA			DEFICIENCIAS ANALÍTICAS Y OBSERVA- CIONES
N	K	P	Ca	Mg	N/P	K/Mg	K/Ca	N+K ₂ O +P ₂ O ₅	Fe	Mn	Mn/Fe	
4,60	0,02	0,36	3,02	0,35	12,48	0,05	0,01	5,66	51,4	30,9	1,6	K ₆
5,15	0,05	0,80	2,38	0,30	6,17	0,16	0,02	7,09	41,5	24,8	2,6	Mn
1,83	1,21	0,15	0,04	0,08	12,28	14,35	30,00	3,63	35,8	7,7	4,6	Ca ₆
1,09	0,65	0,12	0,01	0,09	8,70	7,45	65,00	2,15	46,4	14,0	3,1	N, K, Ca
3,30	1,78	0,36	0,54	0,22	13,00	7,80	3,35	6,32	93,3	17,4	5,7	
2,50	1,16	0,18	0,45	0,08	13,31	14,20	2,10	4,43	60,8	10,3	5,9	F, Mg, N
3,57	2,40	0,56	0,62	0,21	6,55	11,40	3,87	7,72	78,5	7,6	10,3	Mn ₆
1,59	2,92	0,32	1,21	0,22	4,72	12,90	2,36	5,88	77,6	3,5	22,1	N, P, Mn
4,80	1,24	0,50	0,41	0,15	9,66	6,03	2,40	7,30	65,3	9,5	6,8	
2,00	0,81	0,32	1,97	0,37	6,27	2,20	0,43	3,70	49,1	8,1	6,1	N, hoja joven
4,00	1,01	0,41	0,73	0,34	9,62	2,92	1,30	6,20	61,6	11,0	5,5	lig. N, hoja media
3,62	0,47	0,19	1,18	0,19	18,70	4,31	0,40	4,67	82,5	7,3	11,2	
1,29	0,87	0,17	0,83	0,10	7,47	8,34	1,06	2,23	61,0	11,9	5,1	N, Mg
3,20	0,96	0,10	0,50	0,10	16,21	9,65	1,82	4,81	51,7	70,8	0,7	
2,73	0,43	0,15	0,50	0,14	18,20	3,03	0,79	3,50	59,4	19,8	2,9	N, K, Mn
3,01	1,15	0,21	0,08	0,04	11,62	29,80	14,40	5,05	72,7	46,7	1,5	Ca, Mg ₆
1,06	0,75	0,23	0,14	0,08	6,37	8,56	5,36	3,52	73,8	17,6	6,7	N, Mg, Mn
2,33	0,65	0,35	0,48	0,10	6,65	6,55	1,35	3,91	94,8	23,8	3,9	N; clorosis en todo el campo

PLANTA, TIPO DE SUELO Y LOCALIDAD	FECHA O ESTADO DE DESARROLLO	COLOR DE LA HOJA	CARACTER DE LAS DEFICIENCIAS VISUALES (S) sana (D) deficiente
s. arenoso del Paraño, Orense Orig. pizarroso pH 5.0	Idem id.	V. pálido	D (N, Mg)
s. arenoso de Lalín, Pontevedra. Orig. granítico pH 5.4	Idem id.	Clorótica	D (N)
s. arenoso de Lalín, Pontevedra. Orig. granítico pH 5.8	Idem id.	Clorótica	D (N)
s. arenoso de Poyo, Pontevedra. Orig. granítico pH 5.7	Idem id.	Clorótica	D (N)
s. arenoso de Puenteáreas, Ponte- vedra. Orig. granítico pH 5.6	Idem id.	Clorótica	D (N)
s. arenoso de Paraño, Orense. Orig. granítico pH 5.0	Idem id.	Clorótica	D _s (N)
Idem id.	Idem id.	Clorótica	D (N)
s. arenoso de Acibeiro, Ponte- vedra. Orig. granítico pH 5.5	Idem id.	Clorótica	D (N)
s. arenoso de Puente-Arnaldas, Pon- tevedra. Orig. granítico... .. pH 5.7	Febrero 1951	V. medio Ligeramente púrpura	S D (P)
Ciruelo, s. arenoso de Salcedo, Pon- tevedra. Orig. granítico... .. pH 6.2	Julio 1952	V. medio Hojas viejas, clo- rosis intervenal	S D (Mn)
s. limo-arenoso de Retuerta, Valla- dolid. Orig. calizo pH 7.3	Abril 1952	V. medio	S

(continuación)

EN % DE MATERIA SECA								EN P. P. M. DE MATERIA SECA			DEFICIENCIAS ANALÍTICAS Y OBSERVA- CIONES	
N	K	P	Ca	Mg	N/P	K/Mg	K/Ca	$\frac{N+K_2O}{+P_2O_5}$	Fe	Mn		Mn/Fe
2,52	0,47	0,38	0,60	0,08	6,55	5,45	0,78	3,96	25,8	56,4	0,4	N, Fe, Mg; clorosis en todo el cam- po
2,45	0,47	0,38	0,36	0,02	1,37	18,90	1,30	3,90	31,9	42,6	0,7	N, Mg; clo- rosis en to- do el campo
1,64	0,96	0,22	0,36	0,17	6,22	4,60	2,67	3,31	147,5	30,2	4,8	N; clorosis en todo el campo
2,69	1,10	0,19	0,30	0,10	14,65	10,45	3,97	4,44	123,0	54,7	2,2	N, Exc., Fe; clorosis en todo el cam- po
2,79	0,88	0,27	0,22	0,05	10,27	18,10	4,00	4,47	91,3	47,65	1,94	N, Exc., Mg; clorosis ge- neral
1,85	0,65	0,14	0,14	0,021	13,25	26,10	4,65	2,94	57,1	12,92	4,42	N, Mg, Mn; clorosis ge- neral
2,69	—	0,12	0,16	0,056	24,43	—	—	2,86	90,5	25,98	3,03	N, K, Mg; clorosis ge- neral
2,14	0,56	0,35	0,34	0,069	6,05	9,49	1,64	3,00	111,6	47,86	2,42	N, Mg; clo- rosis gene- ral
3,60	4,13	0,30	0,33	0,16	11,97	23,10	12,55	9,26	149,0	30,73	5,00	Exc. K
3,20	3,84	0,17	0,48	0,42	19,20	9,05	7,84	8,15	166,50	27,7	6,0	P, Exc. K
2,46	1,49	0,19	1,13	0,43	13,0	3,48	1,3	4,69	63,0	27,91	2,25	
2,80	1,28	0,28	0,39	0,25	10,6	5,20	3,3	4,98	66,0	13,46	4,8	Mn, Ca
2,12	1,68	0,09	2,16	1,50	22,70	1,13	0,77	4,36	43,0	40,3	1,07	

TABLA V

PLANTA, TIPO DE SUELO Y LOCALIDAD	FECHA O ESTADO DE DESARROLLO	COLOR DE LA HOJA	CARACTER DE LAS DEFICIENCIAS VISUALES (S) sana (D) deficiente
Idem id.	Julio 1952	Clorosis intervenal en hojas terminales	D _s (Fe)
Idem id.	Idem id.	V. pálido	D (Fe)
Idem id.	Idem id.	Clorosis intervenal muy acentuado en hojas terminales	D _s (Fe)
Idem id.	Idem id.	V. pálido Clorosis intervenal en hojas terminales	S D _r (Fe)
Col, s. arenoso de Pontevedra. Orig. granítico... .. pH 5.5	Abril 1952	V. pálido Púrpura Clorosis	S D (N, P, Mg) D (N)
s. arenoso de Pontevedra. Orig. granítico... .. pH 5.5	Mayo 1952	V. intenso Ligeramente púr- pura	S (Exc. N)
s. arenoso de Poyo, Pontevedra. Orig. granítico y gneíseo pH 5.7	Marzo 1951	Púrpura V. pálido Púrpura	D (N, P, Mg) D (N, P, Mg) S D (N, P, Mg)
s. arenoso de Cangas, Pontevedra. Orig. granítico... .. pH 5.8	Mayo 1951	V. pálido Púrpura	S D (N, P, Mg)
s. arenoso de Sangenjo, Pontevedra. Orig. granítico y gneíseo... .. pH 5.8	Idem id.	V. medio Púrpura	S D (N, P, Mg)
Coliflor, s. Misión Biológica, Ponte- vedra. Orig. granítico pH 6.2	Febrero 1951	V. medio Púrpura	S D (N, P, Mg)
s. de Retuerta, Valladolid. Orig. calizo... .. pH 7.0	Abril 1952	V. medio Clorótica	S D (Bo) ?
Fresa, s. limo-arenoso de Retuerta, Valladolid. Orig. calizo... .. pH 7.2	Junio 1951	V. medio Hojas jóvenes, clo- róticas intervenales	S D (Fe)

(continuación)

EN % DE MATERIA SECA									EN P. P. M. DE MATERIA SECA			DEFICIENCIAS ANALÍTICAS Y OBSERVA- CIONES
N	K	P	Ca	Mg	N/P	K/Mg	K/Ca	$\frac{N+K_2O}{P_2O_5}$	Fe	Mn	Mn/Fe	
1,47	1,93	0,06	3,30	0,88	25,30	2,20	0,59	3,91	3,90	24,0	0,16	N, Fe, P, lig. Mn
2,04	1,75	0,20	3,22	1,32	10,30	1,35	0,54	4,57	16,80	21,1	0,79	N, Fe, lig. Mn
3,70	2,72	0,34	1,32	0,69	11,0	3,96	2,0	7,80	2,50	13,45	0,18	Fe, Mn
2,86	3,37	0,28	2,15	0,64	10,05	3,7	1,1	6,35	27,8	17,39	1,55	
3,30	3,32	0,32	1,77	0,45	10,39	7,10	1,8	7,87	19,3	17,31	1,50	lig. Fe
3,39	1,27	0,37	1,79	0,32	9,20	3,96	0,71	5,76	55,1	5,69	9,70	N, Mg N, P, Mg
1,81	1,28	0,21	1,37	0,05	8,49	25,8	0,93	4,07	33,0	12,67	2,60	
1,09	0,89	0,14	2,80	0,10	7,59	8,95	0,31	2,48	48,3	11,91	4,05	
4,10	0,78	0,37	0,74	0,15	11,15	5,06	1,05	5,88	83,4	15,20	5,47	Probable ex- ceso de N.
2,18	0,58	0,17	2,27	0,18	12,55	3,26	0,85	3,26	78,4	18,5	4,23	N, P
1,78	1,28	0,22	2,32	0,18	8,40	6,94	0,55	3,92	125,0	9,30	13,42	N, Mn
1,34	0,53	0,57	1,60	0,13	2,34	4,21	0,33	3,28	87,7	1,74	5,08	Mn
0,76	0,60	0,27	0,70	0,01	2,83	60,00	0,86	2,09	57,0	6,75	8,45	N, P, Mg, Mn
1,78	3,29	0,08	1,55	0,37	23,2	8,9	2,1	5,91	41,2	34,18	1,20	P
0,64	1,61	0,13	1,15	0,23	4,77	6,8	1,4	2,91	33,8	4,29	7,90	N, Mn
3,54	2,04	0,40	0,96	0,17	8,72	11,9	2,1	6,88	73,90	12,35	5,95	N, P, Mn
1,77	1,74	0,16	0,79	0,36	11,21	4,9	2,2	4,20	62,9	2,78	22,6	
2,46	2,50	0,44	0,19	0,26	5,63	9,75	13,75	6,51	6,1	7,38	0,83	Fe, Mn
1,25	1,76	0,10	0,53	0,30	12,9	5,96	3,41	3,61	14,5	1,60	9,05	N, P, Mn
3,44	1,04	0,34	2,60	0,57	10,01	1,86	0,4	5,47	77,1	33,13	2,3	30 p.p.m. de Bo 82 p. p. m. de Bo
4,34	2,11	0,62	2,68	0,72	6,96	2,92	0,79	8,26	82,0	26,77	3,1	
3,12	0,34	0,35	1,21	0,66	8,98	0,50	0,28	4,32	93,5	41,71	2,2	Mn, lig. Fe
4,50	0,36	0,51	1,26	0,59	8,80	0,61	0,24	6,10	68,6	17,81	3,8	

TABLA V

PLANTA, TIPO DE SUELO Y LOCALIDAD	FECHA O ESTADO DE DESARROLLO	COLOR DE LA HOJA	CARACTER DE LAS DEFICIENCIAS VISUALES (S) sana (D) deficiente
Idem id.	Abril 1952	V. pálido Hojas jóvenes, clo- róticas intervenales	S D (Fe)
Judía, s. de Mourente, Pontevedra. Orig. granítico pH 5.5 s. de Poyo, Pontevedra. Orig. gra- nítico y gneíseo pH 5.7 s. Salcedo, Pontevedra. Orig. gra- nítico... .. pH 6.3	Julio 1951 Idem id. Julio 1952	V. pálido Clorosis intervenal V. medio Clorótica V. medio Clorótica	S T (Mn) S D (N) S D (N)
Lechuga romana, s. Misión Bioló- gica pH 6.0 Idem id.	Marzo 1952 Idem id.	V. medio V. medio Ligeramente cloró- tica	S S D _i (N)
Malva real, s. limo-arcilloso de Re- tuerta, Valladolid pH 7.2	Abril 1952	V. medio Hojas más viejas cloróticas interve- nales	S D _s (Mn)
Maíz, s. arenoso de la Misión Bioló- gica, Pontevedra. Orig. granítico... pH 6.2 s. arenoso de Poyo, Pontevedra. Orig. granítico y gneíseo pH 5.9	Agosto 1951 Julio 1951	V. medio Clorosis intervenal Clorosis intervenal y púrpura marginal V. medio Clorótica en la nerviación central	S D (Mg, Mn) D (Mg) S D _s (N)

(continuación)

EN % DE MATERIA SECA									EN P. P. M. DE MATERIA SECA			DEFICIENCIAS ANALÍTICAS Y OBSERVA- CIONES
N	K	P	Ca	Mg	N/P	K/Mg	K/Ca	$\frac{N+K_2O}{+P_2O_5}$	Fe	Mn	Mn/Fe	
3,69	1,30	0,33	1,33	0,79	10,39	1,65	0,97	6,01	57,1	73,19	0,78	
3,88	1,09	0,44	2,00	0,66	10,05	1,65	0,55	6,19	25,2	94,03	0,25	Fe
2,70	0,83	0,26	1,64	0,33	10,42	2,51	0,50	3,29	81,0	14,1	5,78	
1,70	0,60	0,40	4,60	0,77	4,21	0,78	0,13	3,33	66,5	37,5	1,77	N, posible to- xicidad de Mn
6,25	1,33	0,16	0,69	0,67	38,0	1,97	1,9	8,20	105,0	76,11	8,20	
5,75	0,49	0,13	0,56	0,96	43,4	0,51	0,87	6,68	139,0	54,50	2,54	K, lig. N
5,20	1,31	0,55	2,08	0,55	9,32	2,40	0,63	8,03	85,0	22,61	3,76	
4,50	1,46	0,45	4,39	0,39	10,0	3,76	0,33	7,30	106,6	14,04	7,55	lig. N, Exc., Ca
4,85	1,36	0,38	0,90	0,41	12,95	3,32	1,52	7,58	54,9	24,2	2,17	
5,45	2,12	0,38	0,65	0,24	14,19	8,8	3,0	8,87	91,9	81,83	1,12	
3,57	0,09	0,37	0,96	0,41	9,70	0,21	0,09	4,43	72,2	32,88	2,2	lig. N
4,80	1,02	0,46	1,69	0,35	10,38	2,8	0,60	7,10	81,7	22,59	3,60	Planta indica- dora de deficiencia en Mn
5,30	0,80	0,62	1,29	0,22	8,50	3,54	0,62	7,70	80,6	7,16	10,6	Mn
3,54	1,11	0,20	0,89	0,31	17,60	3,60	1,20	5,36	82,1	21,3	3,8	
2,90	1,47	0,36	0,61	0,26	8,05	5,60	2,40	5,50	63,1	16,9	3,7	N, lig. Mg, Mn
2,16	0,93	0,13	0,47	0,13	15,95	7,60	1,98	3,61	70,2	5,9	11,8	Mg, Mn, lig. P. Area sobreencalada.
2,80	1,14	0,29	0,99	0,31	9,75	3,70	1,15	4,82	119,7	20,7	5,7	
1,60	0,74	0,31	1,35	0,47	5,02	1,60	1,40	3,22	88,2	33,0	2,6	N

TABLA V

PLANTA, TIPO DE SUELO Y LOCALIDAD	FECHA O ESTADO DE DESARROLLO	COLOR DE LA HOJA	CARACTER DE LAS DEFICIENCIAS VISUALES (S) sana (D) deficiente
s. arenoso de Pazos, Carballedo. Orig. granítico... .. pH 5.6	Idem id.	V. medio Púrpura al comien- zo del desarrollo	S D (P)
s. arenoso del Paraño, Orense. Orig. pizarroso pH 5.1	Agosto 1951	V. medio Púrpura	S D (P)
s. arenoso de Lalin, Pontevedra. Orig. pizarra y granito pH 5.5	Julio 1951	V. medio Clorótica en la nerviación central	S D _s (N)
s. arenoso de Padrón, La Coruña. Orig. granítico pH 5.6	Idem id.	V. pálido Clorótica en la nerviación central	S D _s (N)
s. arenoso de Puente-Cesures, Pon- tevedra pH 5.4	Idem id.	V. medio Clorótica en la nerviación central	S D _s (N)
s. arenoso de Mourente, Ponteve- dra. Orig. granítico pH 5.6	Idem id.	V. medio Clorótica en la nerviación central Púrpura	S D (N) D (P) S
s. arenoso de la Misión Biológica. pH 6.2	Agosto 1952	V. intenso Púrpura en nervia- ciones secundarias	D (Mg)
s. areno-limoso de Retuerta, Valla- dolid. Orig. calizo pH 7.4	Idem id.	V. medio Púrpura Clorosis en la nerviación central Púrpura venal	S D (P) D (N) P (Mg, P)
s. arenoso de Poyo, Pontevedra. Orig. granítico y gneiseo pH 5.9	Julio 1951	V. pálido Púrpura	S D (P)
s. arenoso de la Misión Biológica, Pontevedra. Orig. granítico... .. pH 5.9	Idem id.	V. medio	S
	Idem id.	Púrpura.	D (P, Mg)
	Idem id.	Clorótica intervenal	D (Mn)
	Idem id.	Púrpura Púrpura	D (P) D (P)

(continuación)

EN % DE MATERIA SECA								EN P. P. M. DE MATERIA SECA			DEFICIENCIAS ANALÍTICAS Y OBSERVA- CIONES	
N	K	P	Ca	Mg	N/P	K/Mg	K/Ca	N+K ₂ O +P ₂ O ₅	Fe	Mn		Mn/Fe
4,10	0,94	0,55	0,33	0,24	7,77	3,80	1,10	6,43	116,5	62,7	1,8	
3,16	0,29	0,13	0,55	0,13	23,90	2,20	0,80	3,83	54,5	20,7	2,6	P Mg, K
3,70	2,99	0,23	0,99	0,28	16,15	10,70	3,70	7,72	131,8	58,3	2,2	N, lig. P
2,38	1,33	0,15	0,53	0,21	16,05	7,60	2,60	4,40	117,7	16,6	7,0	
2,92	1,97	0,20	0,77	0,24	14,55	8,10	3,40	5,78	101,7	2,0	0,5	Mn
1,68	1,14	0,11	1,55	0,20	15,54	5,60	0,61	3,30	99,8	10,3	9,7	N, Mn
2,18	1,47	0,17	0,33	0,25	12,94	6,75	0,33	4,34	82,5	60,6	1,3	
1,54	1,03	0,09	0,77	0,21	17,83	4,80	1,80	2,99	82,4	20,7	3,9	N, P
2,38	1,45	0,13	0,99	0,09	18,62	1,68	3,00	4,42	40,5	11,0	3,6	Ca
1,32	0,52	0,13	0,44	0,30	10,20	1,50	1,10	2,24	23,2	5,9	3,9	N, K, Mn
4,05	0,72	0,25	0,99	0,60	15,95	1,20	1,00	5,49	100,9	10,0	10,0	Mn
2,24	1,29	0,15	0,55	0,21	14,72	6,10	1,35	4,14	66,5	12,7	5,2	N, Mn
2,26	1,69	0,13	0,52	0,39	16,65	4,30	3,20	4,61	76,3	24,0	3,1	N, P
2,32	0,39	0,19	0,99	0,56	15,02	0,70	4,90	3,84	48,9	16,6	2,9	
2,56	0,98	0,14	0,42	0,24	18,44	4,20	2,30	4,06	49,2	16,7	2,91	Jig. Mg, P y N
3,30	0,10	0,32	0,75	0,16	10,17	0,66	0,13	4,16	87,5	56,0	1,5	K
2,75	0,24	0,31	1,03	0,72	8,62	0,32	0,23	3,75	73,5	31,1	2,3	N
2,61	0,05	0,36	1,46	1,32	7,32	0,04	0,03	3,43	170,0	40,2	4,2	K, N, Exc. Mig P
2,18	0,14	—	1,05	0,61	—	0,23	0,13	—	66,0	23,0	2,74	
3,82	2,09	0,31	0,33	0,50	12,8	4,16	6,34	7,90	203,1	40,9	4,9	N, P
2,75	1,98	0,15	0,31	0,23	18,75	8,68	6,39	5,47	178,0	44,4	4,0	
3,30	1,13	0,43	1,91	0,49	7,74	2,30	0,70	5,62	132,0	8,6	15,2	Mn
1,95	1,63	0,23	0,57	0,05	8,62	32,80	2,80	4,48	103,30	19,7	5,2	N, lig. P y Mg
3,34	3,15	0,55	0,71	0,48	6,00	6,60	4,40	8,40	66,00	5,00	13,1	Mn
1,97	1,56	0,13	0,47	0,28	14,62	5,50	3,30	4,16	130,0	31,3	4,1	N, P
2,32	1,49	0,23	0,63	0,36	9,93	4,10	3,30	4,66	154,0	15,9	9,7	lig. N y P

TABLA V

PLANTA, TIPO DE SUELO Y LOCALIDAD	FECHA O ESTADO DE DESARROLLO	COLOR DE LA HOJA	CARACTER DE LAS DEFICIENCIAS VISUALES (S) sana (D) deficiente
s. arenoso de La Guardia. Formación diluvial pH 5.6	Idem id.	V. pálido Clorótica en el nervio medio Clorosis en el ápice Clorótica en el ápice y bordes	S D (N) D (N) D (N)
s. arenoso de Gondomar, Pontevedra. Orig. granítico y acarreo antiguo pH 5.9	Idem id.	Ligeramente clorótica en la nerviación central	D (N)
s. arenoso de Ramallosa, Pontevedra. Orig. granítico pH 5.5	Idem id.	Púrpura	D (P)
s. arenoso de Puente-Sampayo, Pontevedra. Orig. granítico... .. pH 6.0	Idem id.	V. medio Púrpura	S D (P)
Manzano, s. arenoso de Lalín, Pontevedra. Orig. granítico... .. pH 5.8	Junio 1951	Manchas rojizas en todas las hojas	D (prob. K)
s. arenoso de la Misión Biológica, Pontevedra pH 5.9	Mayo 1951	V. pálido Manchas rojizas	S D (? prob. K)
Idem id.	Idem id.	Amarillo Rojizo intervenal Clorosis intervenal	D ? D ?
s. arenoso de Marín, Pontevedra. Orig. granítico pH 6.1	Julio 1952	V. medio Manchas rojas	S D ?
s. limo-arenoso de Retuerta, Valladolid. Orig. calizo... .. pH 7.2	Abril 1952	V. pálido Clorosis intervenal en las hojas terminales	S D ₁ (Fe)
Idem id.	Idem id.	V. pálido Clorosis intervenal en las hojas terminales	S D ₁ (Fe)

(continuación)

EN % DE MATERIA SECA									EN P. P. M. DE MATERIA SECA			DEFICIENCIAS ANALÍTICAS Y OBSERVA- CIONES
N	K	P	Ca	Mg	N/P	K/Mg	K/Ca	N+K ₂ O +P ₂ O ₅	Fe	Mn	Mn/Fe	
3,28	1,95	0,44	0,35	0,41	7,45	4,73	2,21	6,60	126,8	28,4	4,4	N N, P
2,76	0,95	0,35	0,40	0,24	7,82	3,00	1,90	9,71	118,5	50,4	2,3	
1,75	1,34	0,21	0,33	0,31	3,25	4,20	4,00	3,83	118,5	27,9	4,2	
1,58	1,60	0,25	0,93	0,47	6,37	3,40	1,70	4,08	122,7	30,4	4,1	N, lig P
2,69	1,49	0,26	0,59	0,59	9,21	5,20	2,50	5,08	135,5	48,2	2,9	N
2,24	1,55	0,46	0,82	0,36	4,85	4,30	1,90	5,16	83,0	16,0	5,2	N
2,98	0,84	0,20	0,73	0,48	12,79	1,75	1,15	4,48	90,9	28,6	3,1	N, Mg
1,46	0,61	0,40	0,93	0,16	3,80	3,75	0,65	3,11	87,3	15,9	5,5	
2,07	0,01	0,27	0,21	0,19	7,76	—	—	2,68	96,3	17,20	5,60	K
2,12	0,35	0,27	0,00	0,21	7,95	1,69	—	3,16	70,4	25,4	2,7	Ca Ca, N
1,76	0,35	0,20	0,00	0,19	6,15	1,80	—	2,89	98,5	27,3	3,5	
1,95	1,15	0,28	0,18	0,63	6,84	1,80	6,30	3,99	80,2	24,4	3,2	N
1,90	0,28	0,13	0,28	0,34	14,19	0,83	1,00	2,54	39,8	14,6	2,7	K, N, lig. Mn y P
2,43	0,85	0,25	0,52	0,29	9,67	3,30	1,83	4,14	81,25	12,7	6,2	lig. P
2,92	1,15	0,16	0,48	0,21	12,60	5,50	1,40	3,78	81,3	11,5	3,8	
2,80	0,48	0,21	0,82	0,31	13,21	1,55	0,58	3,86	39,8	27,43	1,38	
3,94	1,79	0,42	0,85	0,38	10,42	4,7	3,1	6,83	18,2	41,51	0,44	Fe
2,23	0,89	0,11	1,78	1,40	21,95	6,8	0,50	6,53	24,2	40,0	0,65	P, lig. Fe
4,16	1,41	0,35	0,49	0,22	11,79	6,25	2,8	6,71	21,6	3,4	0,68	lig. Fe, Ca

TABLA V

PLANTA, TIPO DE SUELO Y LOCALIDAD	FECHA O ESTADO DE DESARROLLO	COLOR DE LA HOJA	CARACTER DE LAS DEFICIENCIAS VISUALES (S) sana (D) deficiente
Idem íd.	Idem íd.	V. medio Clorosis intervenal en hojas vieja	S D (Mn)
Idem íd. s. arenoso de Pontevedra ... pH 5.2	Idem íd. Julio 1952	V. medio Clorosis intervenal V. medio Clorótica	S D (Mn) S D (N)
Nabo, s. limo-arenoso de Retuerta, Valladolid. Orig. granítico ... pH 7.2	Abril 1952	V. pálido Púrpura Clorótica	S D (N) D (N)
Patata, s. arenoso de Poyo, Ponte- vedra	Julio 1951	V. medio Ligera clorosis V. intenso	S D (N) D (Exc. N)
Idem íd.	Idem íd.	V. medio V. intenso Manchas oscuras Manchas oscuras	S D (Exc. N) D D
Idem íd.	Idem íd.	V. medio Clorosis intervenal Clorótica V. medio Clorótica intervenal	S D D (N) S D (N)
s. arenoso de Bueu, Pontevedra Orig. granítico ... pH 5.7	Junio 1951	V. medio V. medio Clorótica V. intenso Clorótica V. intenso	S S D Exc. N D
s. Cangas, Pontevedra ...	Idem íd.	V. medio Ligera clorosis	S D (lig. N)
s. Sangenjo, Pontevedra. Orig. gra- nítico y gneíseo ...	Idem íd.	V. medio V. medio V. intenso Clorótica	S S Exc. (N) D (N)

(continuación)

EN % DE MATERIA SECA									EN P. P. M. DE MATERIA SECA			DEFICIENCIAS ANALÍTICAS Y OBSERVA- CIONES
N	K	P	Ca	Mg	N/P	K/Mg	K/Ca	$\frac{N+K_2O}{P_2O_5}$	Fe	Mn	Mn/Fe	
2,12	1,28	0,09	1,45	1,11	23,79	1,15	0,88	3,83	47,7	34,0	1,4	
1,79	2,28	0,08	1,58	0,87	21,48	2,62	1,44	6,47	65,6	26,5	2,50	lig. Mn
3,17	0,99	0,24	0,62	0,41	13,30	7,80	5,10	4,87	36,3	11,08	3,27	
2,67	1,13	0,23	0,69	0,06	11,82	16,30	1,60	4,60	40,3	9,47	4,04	N, Mg, Mn
1,76	0,75	0,15	1,10	0,43	11,72	1,72	0,68	3,00	195,1	35,1	5,57	N
1,37	0,63	0,29	0,82	0,21	7,35	3,10	0,76	2,54	257,0	31,7	8,52	N, lig. Mn
2,42	2,48	0,25	3,36	0,24	9,56	10,40	0,74	5,97	53,6	20,6	2,6	
1,66	1,79	0,25	3,32	0,16	6,49	12,30	0,62	4,38	67,9	28,8	2,4	N, lig Mg
1,43	2,22	0,18	3,62	0,18	7,83	12,30	0,62	4,52	47,6	31,1	1,5	N
4,55	1,10	0,30	0,64	0,39	15,20	2,84	1,72	6,54	36,3	21,6	1,6	
3,21	1,00	0,23	0,56	0,56	14,02	1,89	1,89	5,00	52,0	16,3	3,1	N
5,63	2,05	0,37	0,68	0,48	14,95	4,20	2,95	8,78	80,9	23,0	3,4	Exc. N
4,70	1,95	0,47	0,24	0,47	9,94	4,16	8,12	8,13	62,4	17,5	3,5	
5,28	1,37	0,54	1,66	1,01	9,72	1,35	0,82	8,17	58,1	18,1	3,2	Exc. N
2,83	1,75	0,24	2,48	0,45	11,68	3,91	0,71	5,49	92,9	22,3	4,1	No determinada
3,61	0,84	0,40	1,28	0,93	9,00	26,10	0,65	5,53	59,0	14,3	4,1	Mg
5,08	1,05	0,35	0,52	0,50	14,60	2,21	2,02	7,13	149,5	23,4	6,3	
2,84	1,95	0,26	1,58	0,38	10,80	5,16	1,23	5,78	158,0	26,2	6,0	
1,72	0,65	0,24	0,36	0,44	7,23	1,49	1,80	3,04	165,8	34,6	4,8	N
3,45	1,05	0,26	2,74	0,43	13,60	2,42	0,38	5,31	92,4	2,3	39,0	Mn
2,50	0,70	0,27	0,60	0,16	9,27	4,46	1,16	3,95	139,3	4,1	30,8	Mn, N, Mg
4,50	1,85	0,28	1,46	0,73	16,31	2,54	1,32	7,36	124,0	24,4	5,0	
5,12	2,35	0,27	1,08	0,50	19,20	4,65	2,17	8,56	68,6	20,6	3,3	
4,00	2,30	0,22	1,80	0,83	18,17	2,79	1,28	7,26	160,6	15,8	10,1	lig. N
6,15	2,18	0,38	1,07	0,95	16,05	2,28	2,04	9,65	128,5	76,3	1,6	Exc. N
2,34	2,22	0,28	2,01	0,83	8,45	2,66	1,11	5,65	113,5	23,2	4,8	N
4,39	0,97	0,37	2,02	0,94	11,80	1,02	0,47	6,40	135,6	33,8	4,0	
4,28	2,94	0,33	0,98	0,60	13,11	5,00	3,00	8,62	114,6	23,1	4,9	
3,62	2,54	0,34	1,51	0,52	10,75	5,50	1,68	7,43	106,5	21,9	4,8	lig N
4,70	3,23	0,25	0,81	0,60	18,53	5,45	4,00	9,19	111,4	18,5	6,0	
4,35	3,76	0,42	0,96	0,98	10,40	5,40	3,90	9,83	116,5	42,1	2,7	
4,35	4,08	0,38	0,97	0,77	50,70	5,20	4,20	9,45	123,1	37,7	3,2	pcs. exc. N
3,26	4,58	0,07	0,98	0,61	44,20	7,50	4,60	8,93	127,5	30,7	4,1	lig. N

TABLA V

PLANTA, TIPO DE SUELO Y LOCALIDAD	FECHA O ESTADO DE DESARROLLO	COLOR DE LA HOJA	CARACTER DE LAS DEFICIENCIAS VISUALES (S) sana (D) deficiente
s. arenoso de Cambadós, Pontevedra. Orig. granítico pH 5.9	Idem id.	V. medio V. medio Clorótica	S S D (N)
s. arenoso de Porriño, Pontevedra. Orig. de aluvi6n pH 5.8	Idem id.	V. medio Clorótica	S D (N)
s. arenoso de Bayona, Pontevedra. Orig. granítico pH 5.6	Idem id.	V. medio Clorótica	S D (lig. N)
s. arenoso de Gondomar, Pontevedra. Terreno de aluvi6n... .. pH 5.7	Idem id.	V. medio Clorótica	S D (lig. N)
s. arenoso de Vilaboa, Pontevedra. pH 5.5	Idem id.	V. intenso Clorótica	Exc. (N) D (N)
s. arenoso de Cotobad, Pontevedra. Orig. granítico	Julio 1951	V. medio Ataque de mildium	S D
s. de la Misión Biológica, Pontevedra. Orig. granítico pH 6.0	Junio 1951	V. medio V. intenso	S Exc. (N) Exc. (N)
s. Paraño, Orense pH 5.0	Idem id.	V. medio	S S Exc. (N) S
Peral, s. Cangas. Pontevedra... ..	Julio 1952	V. pálido Manchas negras Manchas rojizas Clorótica	S D ? D ? D (Mg ?)
s. Salcedo, Pontevedra	Agosto 1951	V. medio Clorótica	S D ?

(continuación)

EN % DE MATERIA SECA									EN P. P. M. DE MATERIA SECA			DEFICIENCIAS ANALÍTICAS Y OBSERVA- CIONES
N	K	P	Ca	Mg	N/P	K/Mg	K/Ca	$\frac{N+K_2O}{+P_2O_5}$	Fe	Mn	Mn/Fe	
4,90	3,36	0,45	0,61	0,37	10,70	9,00	5,50	9,98	122,4	36,2	3,3	Ca, lig. N
4,90	4,43	0,51	0,77	0,58	9,66	7,67	5,76	11,62	105,4	76,7	1,3	
4,50	2,86	0,44	0,03	0,35	10,75	8,20	2,70	0,00	80,5	36,2	2,2	
4,50	2,67	0,21	0,94	0,66	20,69	4,00	2,08	8,19	116,0	71,2	1,6	N, K
2,93	0,73	0,33	1,37	0,37	11,08	1,90	0,53	4,38	110,7	63,9	1,7	
3,42	2,63	0,35	1,67	0,63	9,77	4,02	1,50	7,40	128,7	16,6	7,7	lig. N, Ca
3,36	3,58	0,30	0,39	0,33	11,01	4,80	4,20	5,96	104,2	30,4	3,3	
3,85	1,26	0,33	1,22	0,53	11,73	2,40	1,03	6,12	125,1	33,8	3,5	N
2,70	3,64	0,35	1,06	0,61	7,60	5,50	3,40	7,91	144,3	38,1	3,8	
4,63	1,34	0,32	1,17	0,55	14,40	2,40	1,16	6,98	130,5	11,0	11,8	Pos Exc. de N N
3,88	1,04	0,32	1,92	1,05	12,10	0,98	0,53	5,86	107,0	31,7	3,3	
4,38	1,34	0,51	1,75	0,58	8,55	2,30	0,75	7,18	177,7	95,6	1,8	Exc. N
4,82	1,05	0,33	1,50	0,29	14,75	3,60	0,67	6,84	142,1	34,1	4,1	
3,54	3,53	0,27	1,16	0,74	12,90	4,80	3,20	8,42	78,6	11,7	6,7	Exc. N
4,70	1,26	0,27	1,51	0,52	17,45	2,30	0,83	6,83	106,0	31,8	3,3	
5,35	2,47	0,35	1,24	0,53	15,25	4,60	2,00	9,11	108,1	21,3	5,0	Exc. N
3,60	3,32	0,30	1,50	0,31	9,37	12,50	1,10	9,08	108,5	24,5	4,4	
5,33	2,62	0,46	1,34	0,38	16,65	6,90	1,95	9,36	99,5	45,8	2,1	Exc. N
4,12	1,40	0,28	1,75	0,43	14,62	5,10	1,45	7,67	110,1	42,6	2,4	
4,46	2,23	0,25	1,49	0,65	17,45	3,40	1,40	7,80	112,1	66,1	1,6	
1,78	1,85	0,17	0,96	0,06	10,15	3,00	1,90	4,38	53,3	13,6	3,9	Mg Mg, Mn Mg Mg
1,43	1,70	0,11	0,30	0,02	12,20	8,90	3,40	3,76	26,0	8,5	3,1	
1,86	1,94	0,36	1,48	0,03	5,09	53,60	1,30	4,60	33,1	32,7	1,0	
2,09	2,28	0,18	0,75	0,00	11,05	—	3,20	5,20	50,1	15,5	3,2	
1,80	0,65	0,15	0,26	0,30	11,82	2,23	2,50	2,93	27,2	10,1	2,6	P
2,30	0,48	0,07	0,16	0,30	33,80	1,63	3,00	3,04	22,6	11,8	1,9	

TABLE V

PLANTA, TIPO DE SUELO Y LOCALIDAD	FECHA O ESTADO DE DESARROLLO	COLOR DE LA HOJA	CARACTER DE LAS DEFICIENCIAS VISUALES (S) sana (D) deficiente
Puerro, s. limo-arenoso de Retuerta, Valladolid pH 7.3 s. arenoso de la Misión Biológica, Pontevedra. Orig. granítico pH 6.1	Abril 1952 Junio 1952	V. medio V. medio Clorótica Clorótica Púrpura V. medio Clorosis en el ápice	S S D (N) D (N) D (Mg) S D (N)
Rábano, s. limo-arenoso de Retuerta, Valladolid. Orig. granítico... .. pH 7.2	Abril 1952	V. medio Clorótica Rojo-púrpura	S D (N) D (N, P)
Ray grass, s. arenoso de la Misión Biológica, Pontevedra. Orig. gra- nítico pH 5.9	Idem id.	V. medio Púrpura	S D (Mg ?)
Remolacha, s. areno-limoso de Vega Sicilia, Valladolid pH 7.2	Abril 1951	V. medio Clorótica	S D (N) ?
Soja, s. arenoso de la Misión Bio- lógica, Pontevedra. Orig. granítico... pH 6.0	Julio 1952	V. medio V. medio V. medio Clorótica Clorótica Clorótica	S S S D (N) D (N) D (N)
Tomate, s. arenoso de Poyo, Ponte- vedra	Agosto 1952	Mildium Mildium	S D ?

(continuación)

EN. % DE MATERIA SECA									EN P. P. M. DE MATERIA SECA			DEFICIENCIAS ANALÍTICAS Y OBSERVA- CIONES
N	K	P	Ca	Mg	N/P	K/Mg	K/Ca	$\frac{N+K_2O}{P_2O_5}$	Fe	Mn	Mn/Fe	
2,72	0,79	0,32	0,47	0,11	8,54	7,25	1,60	4,39	47,6	8,6	5,0	Ca
2,78	0,97	0,41	0,91	0,11	6,77	8,95	1,06	4,90	60,4	17,1	3,5	P, N
1,83	0,84	0,18	1,27	0,36	10,29	2,30	0,65	3,20	84,5	11,8	7,1	N
2,32	1,02	0,33	1,81	0,24	6,95	4,25	0,61	4,32	65,2	30,8	2,7	Prob. Mn,
3,12	1,03	0,33	1,09	0,14	9,30	7,50	0,95	5,12	62,6	17,4	3,8	Mg
2,02	0,29	0,19	0,55	0,11	10,70	2,53	0,12	2,8	49,2	5,5	8,9	Mn ?
1,57	0,85	0,17	0,68	0,12	9,34	7,14	1,15	2,95	55,5	10,3	5,3	N
2,58	1,26	0,33	2,08	0,63	7,87	2,00	0,60	4,83	56,5	27,2	2,0	
1,32	2,38	0,31	0,78	0,43	4,17	5,59	3,05	4,89	172,0	33,0	5,2	N
1,97	1,03	0,28	1,94	0,65	6,91	1,60	5,60	3,84	80,4	20,5	3,9	N lig. P
2,71	1,77	0,26	0,64	0,09	10,30	19,90	2,78	5,44	33,2	37,3	10,8	Mg
1,74	2,30	5,17	0,48	0,02	10,22	14,50	4,80	4,91	59,0	18,7	3,1	Mg, lig. P, lig. N
3,12	1,07	0,16	1,16	0,70	19,67	1,50	0,02	5,36	18,6	30,2	0,6	
2,42	1,09	0,18	1,13	0,65	13,12	1,68	0,96	4,13	127,1	29,3	4,3	N
3,56	0,89	0,31	2,62	—	11,41	—	0,33	5,34	126,0	30,8	4,1	
3,80	0,98	0,29	2,72	0,46	13,04	2,14	0,36	5,63	211,0	34,8	6,0	
3,18	1,28	0,27	2,76	0,57	11,65	2,58	0,45	5,34	56,3	42,6	1,3	N, P
1,38	0,63	0,11	4,83	0,50	12,25	1,28	0,13	2,38	85,9	24,4	3,5	K, P, N
1,18	0,10	0,10	4,65	0,86	12,11	0,11	9,02	1,60	145,0	49,6	2,9	N
2,98	1,24	0,33	2,04	0,50	6,99	2,01	0,48	5,23	121,2	51,0	1,3	
3,46	1,18	0,16	1,07	0,77	21,0	1,53	0,18	5,25	99,7	82,6	1,2	
3,42	0,86	0,11	1,52	0,99	29,70	0,27	0,56	4,71	101,7	64,1	1,3	Def ? no de- terminada

TABLA V

PLANTA, TIPO DE SUELO Y LOCALIDAD	FECHA O ESTADO DE DESARROLLO	COLOR DE LA HOJA	CARACTER DE LAS DEFICIENCIAS VISUALES (S) sana (D) deficiente
Trébol, s. arenoso de la Misión Bio- lógica, Pontevedra. Orig. granítico. pH 6.2	Marzo 1951	V. medio V. medio Clorosis intervenal y rojizo marginal	S S D (Mg)
Idem íd.	Abril 1952	Púrpura Púrpura	D (Mg) ? D (Mg) ?
Trigo, s. arenoso de Carballo, La Coruña. Orig. granítico pH 5.4	Marzo 1951	V. medio Clorótica en el ápice	S D (N)
s. arenoso de Villalba, Lugo. Orig. granítico pH 5.8	Marzo 1951	V. medio Clorótica	S D (N)
s. limo-arenoso de Retuerta, Va- lladolid pH 7.0	Abril 1952	V. medio V. medio	S S
s. arenoso de Vega Sicilia, Valla- dolid pH 7.2	Abril 1952	Clorótica Clorótica	D (N) D (N)
s. Chantada	Marzo 1951	Clorótica Púrpura	D (N) D (Mg) ?

(continuación)

EN % DE MATERIA SECA									EN P. P. M. DE MATERIA SECA			DEFICIENCIAS ANALÍTICAS Y OBSERVA- CIONES
N	K	P	Ca	Mg	N/P	K/Mg	K/Ca	N+K ₂ O +P ₂ O ₅	Fe	Mn	Mn/Fe	
4,07	2,30	0,32	1,26	0,12	12,56	17,78	1,83	7,59	34,3	50,9	0,6	
4,39	0,39	0,34	1,10	0,55	13,10	0,71	0,35	5,62	55,4	17,5	3,1	
3,87	0,44	0,34	1,29	—	21,50	—	0,34	5,17	39,6	19,6	2,0	Mg, lig. N
2,62	0,18	0,25	0,80	0,07	10,45	2,62	0,22	3,40	39,3	11,0	3,5	N, Mg N, Mg
2,05	0,27	0,20	0,70	0,13	10,40	2,07	0,38	2,83	18,4	31,0	0,5	
2,08	0,48	0,13	0,34	0,01	15,45	48,00	1,35	2,96	22,2	15,7	1,4	Mg N, Pos. Mg
1,71	0,52	0,22	0,28	0,01	7,83	52,00	1,86	2,39	22,2	11,9	1,8	
3,25	0,65	0,38	0,36	0,19	9,74	3,39	1,81	4,90	40,4	33,4	1,1	N, K, Ca
2,02	0,00	0,35	0,16	0,19	5,75	—	—	2,83	111,5	48,6	2,3	
2,78	1,04	0,44	0,49	0,10	6,29	10,40	2,10	5,40	46,2	15,8	3,1	Mg, Mn
2,63	0,47	0,23	0,40	0,00	11,49	—	1,18	3,70	29,8	3,7	7,8	
1,34	0,94	0,26	0,59	0,20	5,18	4,74	1,60	3,04	109,7	13,4	8,1	N N, Mg, Mn
1,33	0,13	0,18	0,54	0,00	7,54	—	0,24	1,86	31,3	5,2	6,0	
1,96	0,44	0,23	0,29	0,00	8,52	—	1,51	2,82	60,5	34,0	1,7	N, Mg N, Mg
1,96	0,54	0,22	0,18	0,00	8,90	—	2,98	2,90	38,0	24,4	3,6	

Valores máximos y mínimos de los principales elementos y

PLANTA, TIPO DE SUELO Y LOCALIDAD		CATEGORIA DE VALORES	
Centeno... ..		Máximo Mínimo	
Ciruelo		Máximo Mínimo	
Col y coliflor... ..		Máximo Mínimo	
Fresa... ..		Máximo Mínimo	
Lechuga romana		Máximo Mínimo	
Maiz... ..		Máximo Mínimo	
Manzano		Máximo Mínimo	
Nabo... ..		Máximo Mínimo	
Patata		Máximo Mínimo	
Peral		Máximo Mínimo	
Puerro		Máximo Mínimo	

VI

relaciones que se indican en algunas importantes cosechas

EN % DE MATERIA SECA									EN P. P. M. DE MATERIA SECA			OBSERVA- CIONES
N	K	P	Ca	Mg	N/P	K/Mg	K/Ca	N+K ₂ O + P ₂ O ₅	Fe	Mn	Fe/Mn	
3,62 1,64	4,13 0,01	0,38 0,12	1,18 0,08	0,43 0,03	24,43 6,05	29,80 3,03	1,40 0,40	9,26 2,73	166,5 27,8	56,4 7,3	6,7 0,4	
3,70 1,47	3,37 0,84	0,34 0,06	3,30 0,39	1,50 0,15	25,30 10,05	7,10 1,13	3,30 0,54	7,87 3,91	66,0 25,0	40,3 13,4	4,9 0,1	
4,34 1,09	3,29 0,53	0,62 0,08	2,80 0,19	0,72 0,01	23,20 2,34	60,00 1,86	13,75 0,31	8,29 2,09	125,0 6,1	34,1 1,6	22,6 0,9	
4,30 3,12	1,30 0,34	0,51 0,33	2,00 2,21	0,79 0,59	10,39 8,80	5,80 0,54	0,97 0,24	6,19 4,32	93,5 25,2	94,0 17,8	3,8 0,2	
5,44 3,57	2,12 0,09	0,38 0,37	0,96 0,65	0,41 0,24	14,10 9,70	8,80 0,21	3,00 0,09	3,87 4,43	72,2 54,9	81,8 24,2	2,2 1,1	
4,10 1,46	3,15 0,05	0,55 0,09	1,91 0,31	1,32 0,05	23,90 3,80	32,80 0,04	6,39 0,03	8,40 3,11	203,1 23,2	62,7 2,0	15,2 0,5	
4,16 1,37	2,28 0,01	0,83 0,09	1,58 0,00	1,11 0,07	23,79 6,15	14,70 0,83	11,90 0,50	6,83 2,54	257,0 21,6	41,5 9,4	8,5 0,9	
2,42 1,43	2,48 1,79	0,25 0,18	3,62 3,36	0,24 0,16	9,56 6,49	12,30 10,40	0,79 0,54	5,97 4,38	67,9 47,6	31,1 20,6	2,6 0,1	
6,15 1,72	4,58 0,65	0,54 0,07	2,48 0,24	1,05 0,03	50,70 7,23	12,50 0,98	8,12 0,38	11,62 3,04	177,7 36,3	95,6 2,3	39,0 1,3	
2,30 1,43	2,28 0,84	9,36 0,07	1,46 0,16	0,30 0,00	33,80 5,09	53,60 1,63	3,40 1,30	5,10 2,93	53,3 22,6	32,7 8,5	3,9 1,0	
3,12 1,57	1,03 0,29	0,41 0,17	1,81 0,47	0,36 0,11	10,70 6,76	8,95 2,30	1,60 0,52	5,12 2,80	85,2 47,6	30,8 5,5	8,9 2,7	

(Continuación)

EN % DE MATERIA SECA									EN P. P. M. DE MATERIA SECA			OBSERVA- CIONES
N	K	P	Ca	Mg	N/P	K/Mg	K/Ca	N+K ₂ O +P ₂ O ₅	Fe	Mn	Fe/Mn	
2,50 1,32	2,38 1,03	0,33 0,28	2,08 0,78	0,65 0,43	7,87 4,17	5,50 1,60	5,60 0,60	4,89 3,84	172,0 56,5	33,0 20,5	5,2 2,0	
3,80 1,18	1,28 0,10	0,33 0,10	4,65 2,04	0,86 0,46	13,04 8,99	2,58 0,11	0,48 0,02	5,63 1,60	211,0 56,3	51,0 24,4	6,0 1,3	
3,12 1,57	1,03 0,29	0,41 0,17	1,81 0,47	0,36 0,11	10,70 6,76	8,95 2,30	1,60 0,52	5,12 2,80	65,2 47,6	30,8 5,5	8,9 2,7	
3,25 1,33	1,04 0,01	0,44 0,13	0,59 5,16	0,20 0,00	15,45 1,44	52,60 3,30	2,98 0,24	5,40 1,86	111,5 22,2	48,6 3,7	8,1 1,1	

rentes clases de clorosis debidas a hierro o potasio y manganeso, no produjo una correlación relativa definida, si bien, en general, aumenta en las plantas cuya clorosis es producida por un valor deficiente de manganeso, siendo la razón mayor que 1, posible indicación de que la absorción de potasio está poco influenciada por las variaciones de calcio. Las plantas con clorosis producida por deficiencias en hierro no mostraron tampoco interacción definida en todas las cosechas, con excepción de los manzanos, carentes de este nutriente, en los que aumenta considerablemente, indicando que la clorosis es producida por cal. En las cosechas que mostraron deficiencia analítica definida de potasio, la razón K/Ca es menor en las hojas de plantas deficientes que en las normales, y frecuentemente inferior a uno, lo que indica que el calcio controla y restringe la absorción de potasio mientras que la variación en concentración de potasio tiene poco efecto sobre la absorción de calcio (54).

La razón Fe/Mn tiende a valores entre 2 y 22, y más cuando cosechas, como las patatas, presentan acusada deficiencia de manganeso, alcanzando valores superiores a 30. Deficiencias ligeras de manganeso produjo pequeños aumentos en la razón. Las deficiencias en hierro produjeron una disminución de la razón, dando frecuentemente valores mitad de las hojas normales e inferiores a uno. La toxicidad de manganeso da valores inferiores 1/4 del valor de la hoja normal.

Las cosechas que dieron resultados analíticos deficientes en potasio estaban asociados con una razón K/Mg baja. Esta razón, que varía generalmente entre 3 y 4, puede adquirir valores entre 3 y 23 cuando hay exceso de potasio. En los casos de deficiencia en magnesio la variación es más amplia que en las de potasio, alcanzando valores diez y doce veces mayores cuando son severas, aunque generalmente es doble y triple de la hoja normal. La mayor deficiencia en magnesio está reflejada en una razón K/Mg más alta.

La razón N/P, en la que interviene el factor límite para ambos suelos —el calcáreo y el ácido—, el nitrógeno, es de máxima importancia en esta interrelación. Los síntomas de mayor o menor severidad para este elemento aparecen reflejados en el valor del nitrógeno. Las plantas que analíticamente sufren deficiencia

en nitrógeno tienden a valores entre 1/2 y 1/3 de la planta normal. La deficiencia en fósforo puede aumentar el valor de la razón hasta el doble del normal, mientras que si la deficiencia es de nitrógeno y fósforo a la vez elevan este valor en un máximo de tres o cuatro unidades.

INTRODUCCIÓN DEL FACTOR «CANTIDAD» EN LA EXPLORACIÓN

El concepto de cantidad e intensidad de nutrición de las hojas o suma ($N + P_2O_5 + K_2O$), usada por Thomas para el estudio de la nutrición de las plantas, fué introducida en esta exploración con la intención de observar la variación de este índice en las hojas con síntomas de deficiencia en los microelementos hierro y manganeso en comparación con las de apariencia normal. Nuestra hipótesis tendía a obtener alguna información adicional a los hallazgos de Clements y a las ideas de Thomas, los cuales indican que cualquiera de los elementos micronutrientes influenciarían los «índices de diagnóstico foliar con respecto al nitrógeno, fósforo y potasio para producir anomalías en los valores de los índices característicos del elemento deficiente».

En el presente estudio pudimos comprobar el efecto de las deficiencias de los micronutrientes hierro y manganeso con respecto a sus interacciones con los elementos fertilizantes. La tabla VII indica algunos de los valores relativos de nitrógeno, fósforo y potasio, y de la intensidad de nutrición y de aquellos microelementos en hojas sanas y con síntomas de deficiencia, severa o ligera, en diferentes plantas de los suelos calcáreos y ácidos. El punto más notable en esta interacción es «la constancia en la elevación de la intensidad de nutrición de las hojas visualmente deficientes en comparación con las normales».

El valor de la suma $N + K_2O + P_2O_5$ aumenta a medida que aumenta la severidad de la deficiencia visual hasta un máximo de 4. Si dicha deficiencia en ambos microelementos es ligera, el aumento es de algunas décimas la mayoría de las veces, y en algunos casos puede elevarse a dos unidades. En general, las deficiencias visuales severas producen un aumento de los tres factores

N, K₂O y P₂O₅ y en las de ligera deficiencia disminuye comúnmente el potasio y aumentan N y P₂O₅. El fenómeno contrario ocurre en las hojas que no presentan carácter de deficiencia visual en los dos micronutrientes, en las que los valores de las hojas normales son generalmente superiores —en 1 ó 2 unidades— a las

TABLA VII

Valores de N, K₂O y P₂O₅ y de intensidad de nutrición de las hojas visualmente deficientes en hierro y manganeso en comparación con las respectivas hojas sanas

Planta	Carácter de la deficiencia visual. Sana (S) Deficiente (D)	N	K ₂ O	P ₂ O ₅	N+K ₂ O +P ₂ O ₅	Valores analíticos p. p. m.		Localidad
						Fe	Mn	
Alfalfa	S	4,60	0,024	0,81	5,66			Sardón del Duero pH 7,7-7,3
	Ds (Mn)	5,15	0,06	1,83	7,09		30,90 14,8	
Ciruelo.....	S	2,46	1,79	0,43	4,69			Salcedo Pontevedra pH 5,6
	Dl (Mn)	2,80	1,54	0,64	4,98		27,9 13,4	
Ciruelo.....	S	2,12	2,02	0,20	4,16	4,30		Sardón del Duero pH 7,0-7,3
	Ds (Fe)	3,70	3,28	0,78	7,80	3,9		
	Dl (Fe)	2,04	2,11	0,46	4,57	16,8		
	S	2,86	4,06	0,64	6,35	27,8		
	Dl	3,36	3,84	0,73	7,87	19,3		
Fresa.....	S	3,12	0,41	0,80	4,32			Sardón del Duero pH 7,0-7,2
	Ds (Fe)	4,50	0,43	1,16	6,10		41,7 17,8	
	S	3,69	1,57	0,75	6,01	57,1		
	Dl (Fe)	3,88	1,31	1,01	6,19	25,2		
Malva Real	S	4,80	1,23	1,05	7,80			Sardón del Duero pH 7,1-7,1
	Ds (Mn)	5,30	0,96	1,42	7,70		22,5 7,61	
Manzano.....	S	2,80	0,58	0,48	3,86	39,8		Sardón del Duero pH 7,1-7,4
	Ds (Fe)	3,94	2,16	0,73	6,83	18,2		
	S	2,23	1,07	0,25	3,53	24,2		
	Ds (Fe)	4,16	1,70	0,80	6,71	21,6		
	S	2,12	1,54	0,20	3,85		34,0	
	Dl (Mn)	1,79	2,75	1,96	6,47		26,5	
Maíz.....	S	3,30	1,36	0,98	4,62			Misión biológica (Pontevedra). pH 5,8
	Ds (Mn)	3,34	3,80	1,26	8,40		16,6 5,0	
	S	3,54	1,34	0,46	5,36		21,3	
	Dl (Mn)	2,90	1,77	0,82	5,50		16,9	

hojas deficientes. Las que poseen exceso visual en nitrógeno dan valores una o dos unidades mayores que las de hojas de sintomatología normal. Las plantas con valores analíticos deficientes en manganeso y hierro, pero sin deficiencia visual, no denotaron interacción realmente provocada por carencia de las dos nutrientes.

Es posible que posteriores investigaciones nos indiquen el modo y mecanismo por el cual estos elementos afectan el equilibrio del N, P_2O_5 y K_2O y si causan o no grandes diferencias en la producción.

CONSIDERACIONES SOBRE LOS RESULTADOS

Las exploraciones en la provincia de Pontevedra se llevaron a cabo en dos zonas montañosas y tres del litoral. En las primeras, la fertilización de los suelos de las fincas estudiadas se realiza generalmente a base de estiércol, y algunas veces superfosfato. En las zonas del litoral la aplicación básica de fertilizante ha sido también estiércol, pocas veces fertilizantes minerales, y con frecuencia algas, existiendo zonas en las que la aplicación de aquéllas es casi tan abundante como la de estiércol. En algunos lugares utilizan residuos de pescado. La superficie aproximada de las fincas exploradas fué de unas 200 hectáreas, si bien las deficiencias visuales exploradas en maíz y patatas fué mucho mayor. El cultivo es intensivo, no existiendo rotaciones. En Sardón de Duero (Valladolid), la exploración se realizó en dos fincas, con una superficie total de 300 hectáreas. La fertilización fundamental es estiércol, superfosfato y nitrato sódico para todos los cultivos, y algunas veces potasa. Las rotaciones son muy irregulares.

Los datos visuales y químicos y la tabla de porcentajes muestran que el nitrógeno-nitrato es el factor límite principal en las dos zonas, la ácida y la alcalina. La deficiencia en este elemento indica la importancia que puede tener el incorporar al nitrógeno orgánico, en forma de estiércol; en que comúnmente se añade, nitrógeno inorgánico y debidamente aplicado para evitar la aparición de deficiencias en este nutriente y obtener producciones más altas. En este punto es de especial interés la presencia de la deficiencia de nitrógeno, generalmente muy acentuada, en los

cereales de ambas zonas, que alcanzó un 85 por 100, indicador de la deficiencia en el suelo donde se realizaban los cultivos —comprobados en ambas zonas por *test* químico rápido de ellos—, y de un inadecuado procedimiento de adición. El incremento en el uso de fertilizantes nitrogenados particularmente en adiciones posteriores de cobertura, son de gran interés para evitar la deficiencia de este elemento.

La exploración mostró a la vez que la acidez no parece ser, en general, un factor límite para el desarrollo de las cosechas, si bien sería muy conveniente una política de encalado para elevar en algunas zonas de la provincia de Pontevedra el pH alrededor de 6, especialmente en zonas montañosas. Por otra parte, en algunos casos la adición en exceso de cal ocasionó la aparición de deficiencias en microelementos, como manganeso en el maíz, que perturbó el desarrollo normal de la planta.

Análogamente, el 12,5 por 100 de deficiencias en fosfatos se disminuiría con la adición más intensa de fertilizantes fosfatados, que, por otra parte, es el fertilizante mineral más frecuentemente utilizado en las áreas exploradas. La incidencia de las deficiencias de nutriente potásico no es realmente apreciable en ninguna de las zonas, como lo indicó también el *test* químico de suelos, aun cuando una cosecha con deficiencia en nitrógeno requiere menos potasio, lo cual podría afectar el grado de incidencia de ésta.

El porcentaje de deficiencias analíticas de magnesio en la provincia de Pontevedra es excesivamente elevado en comparación con la de otros nutrientes, como fósforo y potasio, y es debida, posiblemente, al cultivo intensivo y falta de rotaciones juntamente con la escasa adición de fertilizantes minerales que le contengan. Sin embargo, pese al porcentaje, las deficiencias se encontraron solamente en áreas muy reducidas. Del mismo modo las deficiencias analíticas de manganeso en terreno ácido y que raramente se presentan con carácter visual son probablemente debidas al desequilibrio en la nutrición del vegetal, dado que no es deficiencia común en estos suelos ácidos. En las llanuras de Sardón del Duero de suelos limo-arenosos, con un estado ligeramente básico, la deficiencia en aquel elemento y en hierro se encuentra frecuentemente produciendo la clorosis inducida por la cal.

DETERMINACIÓN DE LOS VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS

En la tabla VI se indican los valores máximos y mínimos de los principales elementos determinados en la exploración y en cosechas en las que se realizó un número de determinaciones suficiente. Los valores máximos se obtuvieron como media de valores muy elevados con respecto a los medios y los mínimos del mismo modo con respecto a la media de los bajos.

COMPOSICIÓN QUÍMICA FOLIAR DE MAÍZ Y PATATAS, SOMETIDAS A DIFERENTES TRATAMIENTOS DE FERTILIZANTES

Para interpretar los resultados del análisis foliar es esencial tener *standards* de referencia conociendo la concentración de nutrientes y sus relaciones. La determinación de un solo elemento como base para deducir las conclusiones es, generalmente, poco satisfactoria, ya que los incrementos en producción que se puedan esperar al proporcionar determinados nutrientes está relacionado no sólo con la concentración interna de ese elemento sino también con la de otros nutrientes (27). El problema de interpretación está también ligado a los medios empleados para determinar las relaciones de composición del fertilizante aplicado con el crecimiento y desarrollo (99).

Los valores mínimos, por debajo de los cuales se presume que existe una deficiencia particular, se determinaron también por análisis foliar y se aplicaron a las investigaciones de exploración. Los valores críticos como índice de suficiencia de un elemento se aplica a las deficiencias de nutrición de origen desconocido. El factor causal se obtiene analizando la hoja para un determinado número de elementos y comparando los niveles de cada elemento separadamente con los *standards* normales que crecen bajo el mismo suelo y condiciones climáticas (118). En este sentido, Roach (94) sugiere que la composición mineral de las hojas sanas del mismo tipo y edad de una especie y variedad particular tienden hacia un *standard* común al cual pueden referirse las hojas deficientes.

Valores analíticos de los principales elementos minerales y razones que se indican en relación con los tratamientos en hojas de patatas de carácter normal

TRATAMIENTO	EN % DE MATERIA SECA							En p. p. m. de materia seca				
	N	K	P	Ca	Mg	N/P	K/Mg	K/Ca	N+K ₂ O + P ₂ O ₅	Fe	Mn	Fe/Mn
Variedad Industria de la Misión Biológica												
NPK.....	3,78	1,39	0,28	1,57	0,61	15,65	2,3	0,99	6,10	100,8	11,3	9,0
PK + Ca.....	2,39	1,75	0,28	1,69	0,79	8,55	2,3	1,06	5,19	52,1	13,5	3,82
NPK + Ca.....	4,05	2,41	0,18	1,36	0,75	20,41	3,2	1,7	7,92	93,8	11,8	8,70
NK.....	3,38	1,39	0,28	1,57	0,61	13,65	2,3	0,99	6,10	100,8	11,13	9,0
NP.....	3,65	0,92	0,24	2,18	0,58	14,8	1,06	0,42	4,32	129,6	27,5	4,75
PK.....	3,58	0,87	0,33	2,36	0,68	10,3	1,30	0,37	5,40	97,9	30,40	3,20
NP + Ca.....	3,44	1,44	0,28	1,99	0,91	12,0	1,50	0,40	5,82	130,8	19,15	4,65
NK + Ca.....	2,86	0,99	0,29	2,50	0,83	9,67	1,20	0,40	4,70	136,4	16,5	8,28
P.....	3,68	2,41	0,26	1,68	0,68	14,8	3,50	1,43	7,30	108,0	14,6	7,35
E.....	4,80	0,96	0,23	2,17	0,81	16,40	1,20	0,45	6,51	106,6	24,6	4,35
K.....	4,12	2,41	0,23	1,80	0,65	17,45	3,79	1,38	7,56			
Variedad Industria de Vitoria												
NPK _{1/2}	3,94	0,48	0,35	1,79	0,85	01,05	0,57	0,26	5,34	94,0	18,7	5,04
N ₂ P _{1/2} K ₂	4,05	0,53	0,27	1,21	0,65	14,55	0,81	0,43	5,28	116,5	17,6	6,62
NPK + Ca.....	3,78	0,40	0,35	2,43	0,60	10,71	1,97	0,14	4,74	55,0	22,6	2,43
N ₂ P _{1/2} K.....	4,05	0,53	0,37	1,97	0,83	10,85	0,63	0,51	5,52	70,7	22,6	3,12
PKN.....	4,15	0,29	0,35	2,38	0,86	11,56	0,33	0,12	5,32	19,7	24,4	0,81
P.....	3,90	0,34	0,35	2,27	0,11	11,12	0,28	0,15	5,11	11,1	24,6	0,45
N.....	4,20	0,68	0,28	1,80	0,77	15,00	0,87	0,37	5,60	14,5	18,9	0,76
NP.....	4,02	0,33	0,30	0,90	0,72	13,26	0,44	0,34	3,11	54,2	13,91	4,0
PKN + Bo.....	4,05	0,39	0,38	2,70	0,70	10,41	0,55	0,15	5,31	45,4	23,0	1,97
PKN + ME.....	3,72	0,34	0,38	2,37	0,77	9,75	0,50	0,16	5,06	91,0	21,2	4,46
PK.....	4,13	0,33	0,39	1,93	0,67	10,41	0,49	0,17	5,46	78,0	53,0	1,47
N ₂ PK.....	4,18	0,48	0,34	2,49	0,81	12,20	0,59	0,19	5,54	80,0	24,6	3,28
NK.....	4,10	0,39	0,36	1,93	0,71	11,20	0,55	0,22	5,41	10,9	20,8	0,52
K.....	3,90	0,68	0,29	3,71	0,65	13,11	1,02	0,18	5,40	23,2	19,7	1,17

TABLA IX

Valores analíticos de los principales elementos minerales y razones que se indican, en relación con los tratamientos en hojas de maíz de carácter normal

TRATAMIENTO	EN % DE MATERIA SECA										En p. p. m. de materia seca			
	N	K	P	Ca	Mg	N/P	K/Mg	K/Ca	$\frac{N+K_2O}{P_2O_5}$	Fe	Mn	Fe/Mn		
	79 ♀ 86 ♂													
P K + Ca.....	3,66	0,56	0,31	1,05	0,27	11,45	2,0	0,56	4,76	71,1	18,7	4,25		
N P K.....	2,98	0,18	0,27	1,00	0,30	10,9	0,58	0,18	4,82	57,4	4,56	1,26		
E N P K + Ca.....	2,72	0,15	0,19	1,00	0,20	13,86	2,10	0,40	3,69	55,5	11,59	4,80		
N P K + Ca.....	2,88	0,65	0,20	0,99	0,13	14,0	4,70	0,60	4,14	76,8	11,7	6,55		
N K.....	3,01	0,66	0,15	1,06	0,15	14,5	0,43	0,62	4,16	68,6	7,5	8,8		
N P + Ca.....	3,58	0,53	0,28	1,17	0,26	12,5	2,10	0,45	4,80	84,5	4,3	19,6		
N P K (N. enterrado).....	2,84	0,79	0,26	1,02	0,53	10,7	1,14	0,78	4,79	82,3	13,4	6,1		
N P + Ca.....	3,02	0,91	0,32	1,41	0,17	9,35	5,40	0,65	4,92	83,3	3,4	2,40		
E.....	2,72	0,27	0,33	0,99	0,23	8,04	1,10	0,27	3,81	60,3	18,5	3,25		
P K.....	2,68	0,60	0,37	1,16	0,16	7,07	4,66	0,53	4,26	84,6	8,8	9,6		
76 ♀ 42 ♂														
N P K + Ca.....	2,94	0,52	0,36	0,93	0,37	8,07	1,38	0,55	4,41	69,3	18,4	3,78		
N ₂ K ₂ + Ca.....	3,15	0,76	0,32	0,72	0,30	8,02	2,48	1,05	4,82	77,9	64,9	1,20		
N ₂ + Ca.....	3,36	0,76	0,44	0,75	0,28	7,55	2,50	0,98	5,25	71,1	18,9	3,76		
N ₂ P K ₂ Ca.....	3,30	0,33	0,33	0,94	0,38	6,20	2,20	0,54	5,10	74,4	25,2	2,29		
N K + Ca.....	3,06	0,48	0,54	0,84	0,21	5,65	2,28	0,57	4,88	71,0	24,03	2,96		
N K 1/2 + Ca.....	2,58	0,24	0,32	0,93	0,17	8,0	1,38	0,24	3,60	71,7	19,9	3,60		
N P Ca.....	2,78	0,34	0,36	0,71	0,18	7,69	1,80	0,48	1,86	46,7	27,8	4,02		
N ₂ K + Ca.....	2,70	0,39	0,37	0,52	0,14	7,22	2,52	0,79	4,03	75,4	21,0	3,62		
N + Ca.....	2,76	0,63	0,29	0,62	0,21	9,43	2,90	1,00	4,42	66,1	30,1	2,22		

TABLA IX (continuación)

TRATAMIENTO	EN % DE MATERIA SECA										En p. p. m. de materia seca		
	N	K	P	Ca	Mg	N/P	K/Mg	K/Ca	N + K ₂ O + P ₂ O ₅	Fe	Mn	Fe/Mn	
NK.....	2,90	0,78	0,31	1,10	0,38	9,24	2,04	0,70	4,55	88,2	37,2	2,37	
NPK ^{1/2}	2,60	0,40	0,26	1,10	0,36	9,87	1,11	0,36	3,68	86,4	15,7	5,44	
NPK ^{1/2} K.....	3,02	0,80	0,37	1,00	0,41	8,14	1,96	0,80	4,83	74,9	60,2	1,20	
NPK.....	2,60	0,65	0,33	1,25	0,45	7,90	1,43	0,52	4,13	137,0	40,0	3,40	
N ^{3/2} P ^{1/2} K ^{1/2}	2,74	1,00	0,37	1,53	0,39	6,30	2,54	0,65	4,36	121,5	24,3	5,00	
NPK + Ca.....	2,12	0,48	0,30	0,90	0,48	9,45	1,01	0,53	4,07	129,1	23,8	5,23	
N ^{3/2} PK.....	2,50	0,48	0,29	0,98	0,43	9,79	1,12	0,49	4,12	66,4	35,2	1,88	
NPK(1/2N, enterrado)	3,10	0,65	0,25	1,21	0,13	12,37	5,00	0,53	4,45	98,5	15,2	6,47	
N ₂ PK.....	2,73	0,58	0,38	1,04	0,58	7,16	0,98	0,55	4,28	82,1	33,2	2,48	
N ^{1/2} PK.....	2,90	0,48	0,29	0,70	0,56	9,97	0,85	0,67	4,12	103,1	24,2	4,26	
N.....	2,49	1,13	0,27	1,33	0,38	8,95	2,57	0,86	4,48	70,6	23,4	4,49	
NP.....	2,30	0,98	0,27	1,29	0,31	8,11	3,18	0,76	4,13	95,9	20,2	4,74	
	2,44	0,93	0,40	1,36	0,23	6,03	3,98	0,68	4,49	68,6	6,12	11,2	

76 X 86

De las plantas exploradas son de especial interés en la provincia de Pontevedra el maíz y las patatas y en ellas realizamos la determinación de la composición química con la fertilización y determinación de *standards* locales, valiéndonos de cien tratamientos de hojas sanas de plantas normales y de buena producción para el maíz y 80 para patatas. Los tratamientos se realizaron durante dos años consecutivos utilizando para maíz los cruces 79 ♀ × 86 ♂, 76 ♀ × 42 ♂ y el híbrido 76 × 86. En patatas se utilizaron dos variedades; la variedad industria, cultivada ya en años anteriores en la Misión Biológica y otra también industria procedente del Centro de la Patata de Vitoria.

En las tablas VII y IX se dan los resultados analíticos de los diferentes tratamientos de fertilizantes en maíz. Los menores valores de nitrógeno en los híbridos y en los cruces se corresponden con las producciones más bajas. De los tres nutrientes fundamentales es el fósforo el de menor variación, con los tratamientos y con la variedad. Comparando los datos de las tablas anteriores con la de exploración (tabla V) se observa que las diferencias en composición, con respecto a los elementos N, P, K, Ca, Mg, Fe y Mn, de las hojas de síntomas visuales normales, de la exploración y de las sometidas a distintos tratamientos, son pequeñas en comparación con la habida entre las hojas sanas y las deficientes.

En general, los porcentajes de los elementos minerales estudiados y el de sus relaciones, en hojas recogidas en la exploración, con caracteres visuales normales, son mayores y más variables que los de hojas tomadas de plantas sometidas a diferentes tratamientos de fertilizantes.

En la tabla X se muestran los valores de deficiencia *standard* y en exceso. Los *standard* han sido obtenidos determinando la composición media de hojas, en el primer período de la floración, de cien tratamientos de buena producción. Los valores de deficiencia se obtuvieron como media de 200 determinaciones inferiores a las *standard* y los de exceso de igual modo con la media de 120 determinaciones superiores a aquéllos.

En patatas los valores de nitrógeno y potasio, hierro y manganeso, en hojas sanas, también son menores en los tratamientos que en la exploración, mientras que los de fósforo, calcio y magnesio presentan muy pequeña diferencia. Análogamente los va-

lores potasio en ambas variedades y en años distintos son también distintos, siendo en la variedad «Victoria» la un medio de la variedad «Misión». El fósforo es ligeramente superior al de la variedad «Victoria». El calcio experimenta pequeñas variacio-

TABLA X

Probables valores medios de deficiencia, standards y en exceso de de los elementos minerales y razones que se indican en hojas secas de maíz y patata

Elemento	MAÍZ			PATATA		
	Deficiencia	Standards	Exceso	Deficiencia	Standards	Exceso
N.	2,15	2,88	3,44	2,97	3,72	4,78
K.	0,25	0,55	1,35	0,73	0,98	2,31
P.	0,17	0,30	0,46	0,25	0,29	0,38
Ca.	0,61	0,99	1,44	1,10	1,97	2,31
Mg.	0,20	0,31	1,32	0,49	0,79	0,94
N/P.	7,12	9,32	15,60	10,10	12,98	15,94
K/Mg.	1,09	1,69	5,07	1,00	1,28	4,78
K/Ca.	0,23	0,59	2,58	0,42	0,54	2,58
(N + P ₂ O ₅ + K ₂ O)	3,57	4,20	5,12	4,33	5,52	8,14
p. p. m. Fe	56,2	78,7	117,0	59,2	81,0	123,3
p. p. m. Mn.	13,3	21,3	38,8	12,3	18,7	50,1
p. p. m. Fe/Mn.	2,4	3,5	6,9	2,8	4,7	6,9

nes ; magnesio y hierro es ligeramente superior en la variedad de la «Misión», teniendo el manganeso valores iguales. Los valores medios de deficiencia, standards y en exceso se han obtenido del mismo modo que indicamos para el maíz y se muestra en la misma tabla.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se aplica el método de análisis foliar micro-químico a la investigación de deficiencias minerales en plantas de los elementos N, P, K, Ca, Mg, Fe y Mn, y las interacciones N/P, K/Mg, K/Ca y Fe/Mn en dos zonas, una ácida, de pH 5,5 a 6,3, y otra calcárea, de pH 7,1 a 7,4.

El factor límite principal en las zonas ácida y alcalina de exploración es el nitrógeno, siendo el porcentaje medio de deficiencias de 57 por 100 y alcanzando en cereales el 85 por 100.

En la zona ácida el pH, en general, no es un factor límite para el desarrollo de las cosechas. Sin embargo, la extensión de una política de encañado en zonas montañosas sería muy conveniente para elevar dicho factor a un valor próximo a 6.

Los porcentajes del 15,8 por 100 de deficiencia en magnesio y el 13,5 por 100 en manganeso en la provincia de Pontevedra son elevados en comparación con los de los elementos fertilizantes fundamentales, fósforo y potasio.

En la zona ligeramente básica las deficiencias más comunes, con exclusión del nitrógeno, son el manganeso y el hierro, con 21 por 100 y 15 por 100, respectivamente.

Las plantas con deficiencia en nitrógeno tienden a valores entre 1/2 y 1/3 en la razón N/P. La deficiencia en fósforo puede aumentar el valor de la razón al doble del normal.

Las deficiencias en potasio están asociadas a una razón K/Mg entre 3 y 4, adquiriendo valores entre 3 y 23 cuando hay exceso de potasio. La deficiencia en Mg está asociada a una razón más alta.

La razón Fe/Mn tiende a valores entre 2 y 22 y más. Las deficiencias en hierro produjeron una disminución de la razón, dando frecuentemente valores mitad de las hojas normales o inferiores a uno. La toxicidad de Mn da valores inferiores a 1/4 del de la hoja normal.

La suma $N + K_2O + P_2O_5$ en hojas visualmente deficientes en hierro y manganeso es mayor que en las hojas de carácter normal, incrementándose hasta un máximo de cuatro, a medida que aumenta la severidad de la deficiencia visual. Esta interacción no ocurre si las hojas no presentan sintomatología visual en estos dos micronutrientes, en los que el factor cantidad de las hojas normales es superior a las de carácter deficiente.