

Estudio sobre el Mal de Panamá en las Islas Canarias.

II.- Influencia de los desequilibrios nutritivos P-Zn y K-Mg del suelo, en la alteración de los mecanismos de resistencia de la platanera (Cavendish enana) al Mal de Panamá.

A. BORGES PEREZ, I. TRUJILLO JACINTO DEL CASTILLO,
F. GUTIERREZ JEREZ y D. ANGULO RODRIGUEZ*

ETUDE SUR LA MALADIE DE PANAMA AUX ILES CANARIES.
II.- Influence des déséquilibres nutritifs P-Zn et K-Mg du sol sur l'altération des mécanismes de résistance de la bananeraie (Cavendish nain) à la maladie de Panama.

A. BORGES PEREZ, I. TRUJILLO JACINTO DEL CASTILLO,
F. GUTIERREZ JEREZ et D. ANGULO RODRIGUEZ

Fruits, nov. 1983, vol. 38, n° 11, p. 755-758.

A partir de l'étude statistique comparant les diverses propriétés physiques et chimiques des sols de bananeraies présentant la maladie de Panama à celles de bananeraies saines, on suggère que les mécanismes de résistance de la plante ont pu être affectés par une série de propriétés liées entre elles.

Des valeurs élevées de K/Mg dans les sols, en relation avec le Ca dans la nutrition de la bananeraie, peuvent être associées à des rapports non adéquats pectates/pectine influençant les gels, lesquels pourraient être peu résistants à l'attaque du champignon.

De faibles valeurs de Zn seraient associées, par l'intermédiaire de la relation de cet élément avec l'I.A.A., à une production insuffisante de tyloses.

INTRODUCCION

El estudio estadístico de las propiedades físicas y químicas de los suelos de platanera (Cavendish enana) en las Islas Canarias de nuestro anterior trabajo (GUTIERREZ JEREZ y col., 1982), ha puesto de manifiesto los parámetros que parecen influir significativamente en la aparición del Mal de Panamá en nuestra variedad de platanera, clasificada como resistente al ataque del *Fusarium oxysporum* f. *cubense*, causante de dicha enfermedad.

Los resultados obtenidos parecen indicar la influencia que sobre la aparición de la enfermedad tienen las malas condiciones físicas de los suelos. La relación K/Mg y los valores de Mg y Zn de los suelos aparecen también diferenciados.

En este trabajo nos proponemos como objetivo, y en función de nuestro anterior trabajo (GUTIERREZ JEREZ y col., 1982), intentar justificar que la aparición del Mal de Panamá en nuestro cultivo (Cavendish enana) está ligada a ciertos desequilibrios nutritivos.

* - Consejo Superior de Investigaciones Científicas - Centro de Edafología y Biología Aplicada de Tenerife - Cabildo Insular de Tenerife (Islas Canarias).

CONSIDERACIONES SOBRE LA RELACIÓN K/Mg EN SUELOS DE PLATANERA

La elevación de la razón K/Mg en el suelo, en ciertas condiciones, lleva consigo la aparición del «Bleu». El aspecto que en la planta origina este desequilibrio K/Mg consiste en manchas de podredumbre debidas a trastornos fisiológicos en el interior del peciolo, que observados por transparencia a través de los tejidos externos presentan apariencia de un jaspeado violáceo.

Los primeros trabajos sobre este tema fueron realizados por BRUN (1952), BRUN y CHAMPION (1953). DUGAIN (1960) estableció varios límites : aparecía «Bleu» con Mg de cambio inferior a valores 2 meq/100 gr. y K/Mg superior a 0.40.

MARTIN PREVEL y MONTAGUT (1966), señalan que el «Bleu» se debe a un desequilibrio entre el K y el Mg, pero que se manifiesta solamente cuando el contenido de Ca en la planta no es capaz de elevarse al aumentar el valor de la relación K/Mg en el suelo.

El «Bleu» podría explicarse por una falta de calcio que forme los pectatos de calcio, lo que implicaría una disminución de la cohesión celular. Esta falta de cohesión celular según MARTIN PREVEL y MONTAGUT (1966), es debida a una insuficiencia de Ca, cuando ésta se acompaña de una insuficiencia de Mg (puesto que en los casos de carencia de Ca sobre medio artificial con nutrición magnésica elevada, no se observa ningún efecto sobre los peciolos).

El potasio en los suelos canarios de platanera ha sido ampliamente estudiado por FERNANDEZ CALDAS y BORGES PEREZ (1971). Las relaciones del potasio frente al Ca y Mg en estos suelos fueron también estudiados por FERNANDEZ CALDAS y BORGES PEREZ (1971, 1973), expresando esta relación a través de la fórmula de WOODRUFF (1955).

Los valores de las reservas de K asimilable, que fueron obtenidos por la ecuación de HAGIN (1962), fueron muy altos. Los valores de K frente a (Ca + Mg) medidos por la fórmula de WOODRUFF, indicaban que una gran mayoría de suelos daban valores de la escala que se correspondían con excesivos niveles de potasio frente a los correspondientes niveles de calcio y magnesio.

En un trabajo posterior en suelos canarios GARCIA y col. (1978), encuentran ciertos trastornos en platanera, que ellos atribuyen a un desequilibrio K/Mg del suelo. Estos suelos de buenas condiciones físicas reaccionaron al tratamiento con SO_4Mg , y tenían valores superiores 0.6 para la relación K/Mg, sin llegar a observarse los síntomas del «Bleu» en la planta.

Hasta la fecha, no se ha relacionado los desequilibrios K/Mg con los mecanismos de resistencia de la platanera al Mal de Panamá. Es preciso señalar, como se ha puesto

de manifiesto en nuestro trabajo anterior (GUTIERREZ JEREZ y col., 1982), que los valores de la relación K/Mg de los suelos con plantas enfermas de Mal de Panamá, eran estadísticamente superiores a los que aparecen en los suelos con plantas sanas, con un valor medio de 0.67 (frente a 0.48 en los suelos con plantas sanas).

Los valores absolutos de potasio en los suelos canarios de platanera son siempre muy altos, y continuamente se sigue aplicando sales potásicas como fertilizantes. Por el contrario, los valores absolutos de magnesio son inferiores estadísticamente (GUTIERREZ JEREZ y col., 1982) en los suelos con plantas enfermas, no añadiéndose en general abonos magnésicos a los cultivos. Como consecuencia, los desequilibrios K/Mg van en aumento.

CONSIDERACIONES SOBRE LA RELACIÓN DEL Zn CON EL IAA

En nuestro trabajo anterior (GUTIERREZ JEREZ y col., 1982), hemos encontrado diferencias estadísticas significativas entre los valores de Zn de los suelos con plantas enfermas del Mal de Panamá (valor medio 2.97 p.p.m.) y los suelos con plantas sanas (valor medio 5.83 p.p.m.). Al mismo tiempo encontramos que tanto la materia orgánica total como la materia orgánica humificada de los suelos con plantas enfermas, tienen valores más bajos (valores medios 2.72 % y 0.69 respectivamente) que los suelos con plantas sanas (valores medios 4.04 % y 1.15 % respectivamente). En todos los suelos estudiados hemos encontrado una correlación significativa al nivel del 0.1 % ($r = 0.71$) entre la materia orgánica total y los valores de Zn en suelo.

Las malas condiciones físicas que presentan los suelos con plantas enfermas (GUTIERREZ JEREZ y col., 1982), asociadas con los bajos niveles de Zn en ellos, hace suponer una posible alteración de la absorción de Zn por la planta, absorción que vendría a su vez agravada por los altos valores de fósforo en suelo y bajo nivel de materia orgánica. En efecto, en estudios realizados en los suelos canarios de platanera (TRUJILLO y col., 1982) hemos encontrado una correlación positiva, altamente significativa, entre los valores de Zn en planta y los valores de Zn en suelo, obtenidos estos por extracción con acetato amónico N a pH 4.8. Por otro lado, todos los suelos canarios de platanera son muy ricos en fósforo, y continuamente se sigue añadiendo éste como fertilizante.

En definitiva, estas plantas presentarían menores niveles de Zn como consecuencia de una serie de factores : malas condiciones físicas del suelo, altos valores de fósforo, bajos valores de Zn y materia orgánica en los suelos, y en última instancia interacción del P dentro de la planta (OLSEN, 1972).

Investigadores tales como SKOOG (1940), TSUI (1948), SALAMI y KENEFICK (1970) y TAKAKI y KUSHIZAKI (1970), han señalado la relación que existe en las plantas

(maíz y tomate) entre el Zn y el I A A, aunque los mecanismos responsables de esta relación no se conocen.

MACE (1962, 1965) y MACE y SOLIT (1966), encontraron que la formación de tilosa, uno de los mecanismos que regula la resistencia de la platanera al Mal de Panamá, era estimulada por el I A A. No existen hasta la fecha referencias bibliográficas que relacionen el Zn del suelo con los mecanismos de resistencia de la planta a la enfermedad del Mal de Panamá.

DESEQUILIBRIOS NUTRITIVOS Y MECANISMOS DE RESISTENCIA DE LA PLANTA

Los mecanismos de resistencia de la platanera ante el ataque del *Fusarium oxysporum* f. *cubense* (STOVER, 1972), responsable del Mal de Panamá, brevemente resumidos son los siguientes : 1) ante la invasión de la raíz por el hongo se producen unos geles en el xilema por encima de las placas perforadas que impiden físicamente el avance del hongo en el sistema vascular ; 2) estos geles se mantienen lo suficiente frente a la hidrólisis enzimática del hongo en las variedades resistentes, como la platanera cultivada en Canarias, para que se produzca el segundo mecanismo de defensa, la formación de tilosas, que cierra definitivamente el camino del hongo hacia el rizoma.

Los geles de las variedades resistentes y no resistentes tiene cantidades semejantes de pectinas y pectatos (BECKMAN y col., 1967), pero la cantidad de hemicelulosa B es mayor en las variedades resistentes, lo que implica que los geles sean más durables en estas últimas variedades (ZAROOGIAN y col., 1968).

La variedad canaria (Cavendish enana) es resistente al ataque del *Fusarium oxysporum* f. *cubense*, pero sin embargo aproximadamente un diez por ciento de plantas aparecen afectadas del Mal de Panamá, lo que se traduce en una significativa pérdida económica. Parece lógico pensar entonces que alguno de los mecanismos de defensa, o los dos conjuntamente, han sido alterados.

En el primer mecanismo, la formación de geles, en que se supone que la pectina está protegida de los ataques enzimáticos del hongo (BECKMAN y col., 1967), por los pectatos principalmente de calcio, y de magnesio, es posible que la relación pectatos/pectina no sea la adecuada para proteger los geles. En este hipotético caso, los geles no serían capaces de mantenerse hasta que entre en funcionamiento el segundo mecanismo de defensa, más lento, la formación de tilosas. En la bibliografía (CORDEN y col., 1959 ; 1960 ; EDGINGTON y col., 1961) se describe como las plantas de tomate con bajo contenido de calcio eran más susceptibles al ataque del *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici*.

El segundo mecanismo de defensa, la formación de ti-

losas, está regulado según varios investigadores (MACE, 1962 ; 1965 ; MACE y col., 1966) por el I A A. Si este mecanismo no se pone en acción en la platanera canaria, puede ser debido entre otras causas a las siguientes : 1) a un trastorno en la producción de I A A, quizás inducido indirectamente por un bajo nivel de Zn en planta (SKOOG, 1940 ; TSUI, 1948 ; SALAMI y col., 1970 ; TAKAKI y col., 1970), consecuencia éste último a su vez de bajos niveles de Zn en suelo (en condiciones físicas adversas), ó por altos valores de fósforo en planta (OLSEN, 1972) ; 2) a altas concentraciones de calcio en planta (CORDEN y col., 1959 ; 1960 ; EDGINGTON y col., 1961), que contrarresta el crecimiento debido al I A A, con lo cual la tilosación no tiene lugar de la manera adecuada. La presencia de valores altos de calcio en planta es difícil, porque en general hemos encontrado siempre excesivos valores de potasio frente a calcio y magnesio en los suelos canarios de platanera (FERNANDEZ CALDAS y BORGES PEREZ, 1971 ; 1973).

CONCLUSIONES

Los estudios realizados hasta la fecha nos permiten aventurar las siguientes hipótesis :

- a) suelos con valores bajos de calcio y magnesio, frente a valores altos de potasio, con malas condiciones físicas.

En este caso puede fallar el primer mecanismo de defensa, la formación de geles durables hasta la formación de tilosas, como consecuencia de una disminución de la protección de los pectatos sobre la pectina, por lo que esta última sería atacada rápidamente por las enzimas del hongo. En estas condiciones, antes de que la tilosación se produjera ya el hongo habría avanzado y la infección continúa hacia el rizoma.

- b) suelos con valores equilibrados de calcio y magnesio con respecto a los de potasio, con condiciones físicas adversas.

En este caso, los geles en principio no se verían afectados en cuanto a la relación pectatos/pectina. Suponemos entonces que debe ser el segundo mecanismo, la tilosación el que se vea afectado como consecuencia de un nivel inadecuado de I A A, del que puede ser responsable el bajo nivel de Zn en planta, debido a bajo Zn en suelo ó a alto nivel de P en planta.

- c) suelos con altos valores de Ca y Mg frente al potasio, en condiciones físicas adversas.

Este en un caso excepcional en los suelos canarios de platanera, que podría surgir de un fuerte encalado, lo que también afectaría a la disponibilidad de Zn, indirectamente, por la subida del pH.

En estas condiciones, la formación de geles no estaría obstaculizada en presencia de suficiente calcio y magnesio,

es decir, serían geles durables hasta la tilosación. Sin embargo el segundo mecanismo, la tilosación podría no ponerse en juego por un efecto provocado por el calcio de contrarrestar el crecimiento inducido por I A A, incluso a niveles adecuados de I A A.

Estas hipótesis que sugerimos, podrían explicar aunque indirectamente, las conclusiones contradictorias aparecidas en la bibliografía y recogidas por STOVER (1962), espe-

cialmente las que se refieren a K, Ca, Mg y pH de los suelos.

¡Iniciamos a partir de este momento los trabajos experimentales necesarios para reproducir los desequilibrios nutritivos señalados, y tratar de demostrar como estos desequilibrios están alterando los mecanismos de resistencia de la platanera canaria al Mal de Panamá. Creemos que estas hipótesis deberían ser estudiadas también por otros investigadores interesados en este tema.

BIBLIOGRAFIA

- BECKMAN (C.H.) y ZAROOGIAN (G.F.). 1967.
Origin and composition of vascular gel in infected banana roots.
Phytopathology, 57, 11-13.
- BRUN (J.). 1952.
Le bleu du bananier en Guinée française.
Fruits, 7, 324-329.
- BRUN (J.) y CHAMPION (J.). 1953.
Le bleu du bananier en Guinée française.
Fruits, 8, 266-269.
- CORDEN (M.E.) y DIMOND (A.E.). 1959.
The effect of growth regulating substances on disease resistance and plant growth.
Phytopathology, 49, 68-72.
- CORDEN (M.E.) y EDGINGTON (L.V.). 1960.
A calcium requirement for growth-regulator-induced resistance to Fusarium wilt of tomato.
Phytopathology, 50, 625-626.
- DUGAIN (F.). 1960.
Les analyses de sol et le «bleu» du bananier.
Première Réunion internationale de la banane, FAO et CCTA, Abidjan.
- EDGINGTON (L.V.), CORDEN (M.E.) y DIMOND (A.E.). 1961.
The role of pectic substances in chemically induced resistance to Fusarium wilt of tomato.
Phytopathology, 51, 179-182.
- FERNANDEZ CALDAS (E.) y BORGES PEREZ (A.). 1971.
Les réserves de potassium dans les sols de bananeraies aux îles Canaries.
Fruits, 26, 651-656.
- FERNANDEZ CALDAS (E.) y BORGES PEREZ (A.). 1973.
Interrelations entre divers indices du potassium assimilable dans les sols de bananeraies.
Fruits, 28, 191-193.
- GARCIA (V.), FERNANDEZ CALDAS (E.), ALVAREZ (C.E.) y ROBLES (J.). 1978.
Desequilibrios potásicos-magnésicos en los cultivos de plátanos de Tenerife.
Fruits, 33 (1), 7-13.
- GUTIERREZ JEREZ (F.), TRUJILLO JACINTO DEL CASTILLO (I.) y BORGES PEREZ (A.). 1982.
Estudio sobre el Mal de Panamá en las Islas Canarias. I.- Características físicas y químicas de los suelos y su relación con la aparición de la enfermedad.
Fruits, 1983, 38 (10)
- HAGIN (G.) y FEIGENBAUM (S.). 1962.
Estimation of available potassium reserves in soils.
Potassium Symposium, 219-227.
- MACE (M.E.). 1962.
Histochemistry of phenols in health and fusarium-invaded Gros Michel banana roots.
Abs. in Phytopathology, 52, 240-241.
- MACE (M.E.) y SOLIT (E.). 1966.
Interactions of 3-indolacetic acid and 3-hydroxytyramine in Fusarium-wilt of banana.
Phytopathology, 56, 245-247.
- MARTIN-PREVEL (P.) y MONTAGUT (G.). 1966.
Essais sol-plante. Les interactions dans la nutrition minérale du bananier.
Fruits, 21 (1), 19-25.
- OLSEN (S.R.). 1972.
Micronutrient interactions. Micronutrients in Agriculture.
Soil Sci. Soc. of Am. Inc., Wisconsin USA.
- SALAMI (A.V.) y KENEFICK (D.G.). 1970.
Stimulation of growth in zinc-deficient corn seedlings by the addition of tryptophan.
Crop. Sci., 10, 291-294.
- SKOOG (F.). 1940.
Relationship between zinc and auxin in the growth of higher plants.
Am. J. Bot., 27, 939-951.
- STOVER (R.M.). 1962.
Fusarial wilt (Panama disease) of bananas and other Musa species.
Phytopathology paper Comm. Mycol. Inst, 4.
- STOVER (R.M.). 1972.
Banana, plantain and abaca diseases.
Comm. Mycol. Inst. Kew Surrey. England.
- TAKAKI (H.) y KUSHIZAKI (M.). 1970.
Accumulation of free tryptophen and tryptamine in zinc deficient maize seedlings.
Plant and Cell Physiol., 11, 793-804.
- TSUI (C.). 1948.
The role of zinc in auxin synthesis in the tomato plant.
Am. J. Bot., 35, 172-179.
- TRUJILLO JACINTO DEL CASTILLO (I.), BORGES PEREZ (A.), GUTIERREZ JEREZ (F.) y PEREZ MENDEZ (J.A.). 1982.
Estudio comparativo de métodos para determinación de los micronutrientes Cu, Zn y Mn, en suelos de plátano en la isla de Tenerife.
Fruits, 37 (1)
- WOODRUFF (C.M.). 1955.
Cation activities in the soil solution and energies of cation exchange.
Soil Sci., Soc. Am. Proc., 19, 98-99.
- ZAROOGIAN (G.E.) y BECKMAN (C.M.). 1968.
A comparison of cell wall composition in banana plants resistant or susceptible to *Fusarium oxysporum* f. *cubense*.
Phytopathology, 58, 733-735.