

Influence des caractéristiques du sol sur l'incidence de la Maladie de Panama.

**C.E. ALVAREZ, V. GARCIA,
J. ROBLES et A. DIAZ***

INFLUENCE DES CARACTERISTIQUES DU SOL SUR
L'INCIDENCE DE LA MALADIE DE PANAMA

C.E. ALVAREZ, V. GARCIA, J. ROBLES et A. DIAZ

Fruits, fev. 1981, vol. 36, n° 2, p. 71-81.

RESUME - En sols acides, le pH et le Ca échangeable sont significativement supérieur là où la maladie de Panama est absente (horizons moyen et profond). De même, en horizon superficiel, où le Mg échangeable est également supérieur. Pas de relation avec K, Na échangeables et P₂O₅ assimilable.

En sols alcalins, la teneur plus élevée en matière organique et la faible densité apparente semblent se rencontrer en l'absence de la maladie, de même que les teneurs les plus élevées en zone assimilable.

INTRODUCTION

La Maladie de Panama, produite par l'infection de *Fusarium oxysporum* var. *cubense*, a été la maladie la plus dévastatrice qui ait frappé la production commerciale de bananes dans l'hémisphère occidental entre 1900 et 1960. Aux Canaries et à Taïwan, où l'on cultive une des variétés les plus résistantes à cette maladie, la 'Petite Naine' ('Dwarf Cavendish'), la Maladie de Panama continue néanmoins à avoir une grande importance, étant donné la virulence avec laquelle elle attaque les cultures de bananes de ces îles.

La Maladie de Panama est présente depuis longtemps aux Canaries : la première publication scientifique date de 1926 (auteur anonyme, un memorandum qui, selon CAÑIZO et RODRIGUEZ a été écrit par ASHBY).

Ces mêmes auteurs présentent un travail très détaillé sur la maladie dans l'île de Tenerife (1931), sans aucun doute l'un des meilleurs publiés sur la Maladie de Panama aux

Canaries ; dans cette oeuvre ressortent leurs conseils pour corriger la maladie, parmi lesquels il faut signaler une fertilisation correcte, l'emploi d'amendements calciques pour corriger l'acidité, et la désinfection du sol. Dans la décennie actuelle, l'extension que cette maladie a connue a été vraiment alarmante. STOVER (1972 a) a dit que n'importe quelle condition qui débilite la plante peut provoquer une faille dans la résistance génétique que la 'Dwarf Cavendish' présente par sa propre nature contre l'attaque de *F. oxysporum* var. *cubense*, et que les traitements chimiques et le fait d'arracher les plantes ne parviennent pas à diminuer les attaques de ce champignon ; la meilleure façon de les diminuer est d'augmenter la vigueur des plantes. Etant donné que la vigueur de la plante est en relation directe avec son état nutritif, et pour autant avec la fertilité du sol où elle pousse, la nécessité de pratiquer des examens détaillés de terre est évidente parce qu'il est possible qu'un défaut grave ne permette pas à la plante de se développer avec la vigueur adéquate.

Ces points de vue sont soutenus par le fait que la maladie se présente par zones dans une même plantation : dans une même parcelle peuvent exister deux foyers ou

* - Centro de Edafología y Biología aplicada de Tenerife - Cabildo insular de Tenerife - Santa Cruz de Tenerife (Islas Canarias).

plus dont toutes les plantes sont malades, se répétant chaque année sans qu'ils arrivent à s'étendre aux zones saines. Ceci semble être en étroite relation avec la grande hétérogénéité des sols bananiers même en petites superficies, due à ce que le caractère artificiel des terrasses de culture fait que la puissance nutritive de chaque parcelle varie même sur de courtes distances. A leur tour, les doses peu équilibrées de fertilisation peuvent provoquer des déséquilibres nutritifs qui pourraient être une autre cause de perte de résistance contre cette fusariose.

Pour toutes ces raisons, nous avons proposé de réaliser une série d'études sur l'influence exercée par les caractéristiques du sol sur l'incidence de la Maladie de Panama, et nous exposons dans cette communication une partie de leurs résultats.

MATERIEL ET METHODES PRISE DES ECHANTILLONS

Les échantillons de sol pour cette étude se divisent en deux groupes : échantillons superficiels, pris jusqu'à une profondeur de 25 cm, qui ont été collectés dans l'île de Tenerife pendant l'année 1974 ; et échantillons de profils de sol prélevés en 1976 dans les îles de Tenerife, Gran Canaria et La Palma.

Pour la sélection des plantations où on a pris des échantillons de sol, on a toujours suivi le même critère, qui consiste à choisir des plantations de rendement élevé ou celles ayant reçu des soins excellents, tant par la fréquence des arrosages, les amendements organiques, les doses de fertilisation etc., que par le contrôle des fléaux (nématodes, thrips, arachnides, etc.). De cette manière, il nous est possible d'affirmer que la cause de la présence de la Maladie de Panama dans la plantation n'était pas due à un manque de soins.

Dans chaque plantation on a pris un nombre d'échantillons variable, selon l'extension de la maladie, en prenant en même temps un nombre similaire d'échantillons de sol dans les secteurs de la même plantation, indemnes de maladie, afin de pouvoir comparer ces deux types de sol qui avaient reçu les mêmes techniques de fertilisation, arrosage, etc.

La prise d'échantillons de sol superficiel de zones malades se faisait à 30 cm de plantes malades et à 25 cm de profondeur du côté du bananier correspondant à la plus forte concentration des veines jaunes dans son rhizome, signe caractéristique de l'attaque par le *Fusarium* mentionné. Chaque échantillon étant formé par trois prises de sol qui correspondaient à trois plantes malades. Dans les zones saines on a suivi la même technique d'échantillonnage, avec la différence qu'ici il s'agissait de sol pris à 30 cm de plantes saines.

Les profils ont toujours été réalisés dans le centre de la zone où il y avait des plantes malades, en prenant comme

critère que le nombre de plantes atteintes de la Maladie de Panama nécessaire pour qu'on puisse considérer l'échantillonnage comme intéressant, devrait être au minimum de cinquante. En général, le profil a été fait au centre de l'unité d'arrosage, afin d'éviter les emplacements où il pouvait y avoir des accumulations de sels.

On a pris au total 160 échantillons de sols superficiels et 96 profils, équivalant à plus de 520 échantillons individuels.

TECHNIQUES ANALYTIQUES

Les échantillons de sol, après avoir été séchés à l'air, sont passés au tamis de 2 mm, puis on procède à la réalisation des diverses analyses.

Les cations échangeables ont été extraits par l'acétate d'ammonium 1.N à pH = 7.

Le pH est mesuré avec un rapport sol/eau de 1:2,5.

La matière organique a été mesurée avec un carmographe 12.

Pour le phosphore on a suivi le procédé proposé par OLSEN et col. (1954). Les oligo-éléments ont été extraits suivant la technique indiquée par LINDSAY et NORWELL (1969), puis déterminés après cela par spectrophotométrie d'absorption atomique. Pour l'analyse statistique on a suivi la méthode proposée par SNEDECOR et COCHRAN (1974) pour les deux séries d'échantillons jumelés et les deux séries d'échantillons indépendants.

RESULTATS OBTENUS

Echantillons de sols superficiels.

Sur le tableau 1 se trouvent les résultats des valeurs moyennes des analyses des échantillons de sols de zones saines et malades de plantations affectées par la Maladie de Panama, pour le pH et les cations échangeables, ainsi que les niveaux de signification des différences entre les valeurs d'un même paramètre entre zones malades et saines d'une même plantation.

Nous pouvons observer comment, dans la première plantation, le pH est significativement plus élevé (niveau de probabilité supérieur à 0,05) dans les sols de zones saines, passant d'une moyenne de pH 6,00 dans les zones saines à 4,67, franchement acide, dans les zones malades.

Dans la plantation n° 2, on observe encore que le pH est élevé, avec des niveaux de signification supérieurs à 0,025, dans les zones saines. Cette influence du pH se trouvera aussi dans les échantillons de profils prélevés dans les plantations à sols acides. De leur côté, Ca et Mg échangeables sont aussi significativement supérieurs dans les sols de zones saines (niveau de signification supérieur à 0,01 dans les

TABLEAU 1 - Valeurs moyennes des résultats obtenus pour le pH et les cations échangeables Na, K, Ca, Mg, à l'analyse des sols superficiels des zones saines (S) et malades (M) de plantations atteintes de la « Maladie de Panama ».

plantation	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	NT
pH	S	6,00***	4,65**	7,40	7,88	5,60	6,20	6,06	5,42	6,00***	6,91	5,17	7,83	0,05
	M	4,67	4,17	7,00	8,04	5,30	5,67	5,56	5,77	5,07	6,20	5,12	7,90	
Na	S	2,22	1,30**	3,30	2,24	3,70	3,10	1,40	3,74	3,47	1,67	1,47	3,83	
	M	2,92	0,80	3,40	1,83	4,00	2,78	1,31	4,08	3,02	1,48	1,60	4,10	
K	S	3,62*	2,62	3,50	4,96	3,60	2,93	1,79	2,80	2,87	3,98	1,73	4,67**	
	M	2,55	1,93	4,40**	5,40	4,50	2,43	1,34	3,02	2,17	3,46	1,55	3,30	
Ca	S	6,27	15,2**	13,40	18,24***	12,30	21,85**	28,46**	20,34	27,2**	20,80**	28,97**	18,03	0,025
	M	6,22	8,4	14,40	12,56	15,30*	15,30	26,05	19,58	22,02	15,50	24,65	17,30	
Mg	S	3,90	4,45***	8,10	14,26**	6,10	6,93***	9,37	8,04	9,90***	11,24	11,33	8,33*	0,01
	M	3,07	2,97	7,10	11,11	6,30	4,65	8,94	7,42	6,25	9,74	10,10	7,13	

NT : niveau de signification pour le total des plantations.

niveaux de signification : * : > 0,5 ** : > 0,025 *** : > 0,01

TABLEAU 2 - Analyses de profils de zones saines et malades. Plantation située à Valle Guerra (Tenerife).

Zones	Profil	Horizon	pH	pH	P ₂ O ₅ (ppm)	K	(meq/100 g)			Ca/Mg	Ca/Na	ppm			Densité apparente	Argile	Limon	Sable grossier	Sable fin
							Ca	Mg	Na			Som	Zn	Fe					
Saines	1	superficiel	5,9	16,20	475	3,47	37,40	10,04	1,59	52,50	3,70	23,50	2,60	100,00	1,20	7,30	27	17	5
		moyen	5,2	1,25	130	1,58	14,00	10,00	0,70	26,28	1,40	20,00	0,20	23,00	0,10	20,20	15	4	2
		profond	6,3	1,09	115	1,18	19,22	14,05	1,31	35,76	1,40	14,70	2,30	22,30	2,10	55,00	13	6	3
	2	superficiel	5,3	13,36	465	3,78	26,25	9,29	1,34	40,66	2,82	19,60	6,10	111,60	0,70	10,70	10	23	17
		moyen	6,4	1,72	240	2,43	20,25	9,54	0,87	33,14	2,12	23,20	2,80	39,10	4,00	63,10	22	8	3
		profond	7,2	1,48	145	1,97	28,00	10,20	1,05	41,22	2,74	26,67	3,60	18,10	3,20	16,80	35	8	3
Malades	1	superficiel	4,1	8,10	530	4,09	9,50	4,85	0,86	19,30	1,96	11,05	0,40	88,60	0,40	38,00	22	18	8
		moyen	4,5	1,21	145	2,31	9,50	7,68	0,54	20,23	1,24	17,59	0,90	46,00	4,10	67,90	25	13	6
		profond	7,1	1,08	51	1,36	20,00	14,31	0,91	36,58	1,40	21,99	0,90	30,00	3,90	55,80	25	9	5
	2	superficiel	4,3	7,12	370	2,70	16,50	7,32	0,94	27,52	2,25	17,55	0,80	95,00	0,60	24,10	22	7	14
		moyen	5,6	1,55	145	1,06	16,50	11,50	0,87	29,93	1,43	18,96	0,70	38,40	2,10	52,00	20	11	3
		profond	6,8	1,26	45	0,92	19,25	14,62	1,30	36,09	1,32	14,80	1,30	27,90	1,40	60,60	5	10	3

deux cas), une tendance qu'on observera dans de nombreuses plantations, tant dans celles où ont été pris les sols superficiels que dans celles où ont été pris les profils. L'influence du Ca a déjà été mise en évidence dans les travaux de VOLK en 1929 et 1930. L'application de doses adéquates d'amendement calcique a permis de contrôler et de faire disparaître cette maladie de la plantation en question.

En ce qui concerne la plantation n° 3, le potassium est significativement supérieur (niveau supérieur à 0,025) dans les zones malades. Le contraire de ce qui a été observé dans la plantation n° 2, ce en quoi les résultats trouvés pour cet élément sont très contradictoires. Les autres déterminations n'offrent pas de différences appréciables.

Dans l'exploitation n° 4, comme on l'a observé pour la deuxième plantation, se présentent aussi des valeurs supérieures de Ca et Mg dans les zones saines (niveaux de signification supérieurs à 0,01 et 0,025 respectivement).

Néanmoins dans la plantation n° 5 on trouve que Ca est significativement plus élevé (niveau de signification supérieur à 0,05) dans les zones malades ; toutefois, pour ce dernier cas, la différence est due à un fort amendement calcique réalisé par l'agriculteur dans les zones malades. Dans cette plantation on peut aussi observer un contenu élevé en Na échangeable ce qui pourrait rendre difficile l'absorption de K par les plantes.

Dans la plantation n° 5, on trouve, contrairement à ce que nous avons vu antérieurement que Ca est significativement plus élevé dans les zones saines (niveau de signification supérieur à 0,05), ce que nous croyons pouvoir attribuer à une mauvaise application d'amendements calciques, l'exploitant ayant employé du gypse au lieu de chaux pour amender le pH.

En ce qui concerne la plantation n° 6, on n'observe aucune tendance définie dans les valeurs étudiées. Par contre, dans la plantation n° 7, on confirme de nouveau la quantité supérieure de Ca et Mg échangeables (niveaux de signification supérieure à 0,025 et 0,01 respectivement) dans les sols des zones saines. Devant ces résultats, on a recommandé à l'agriculteur d'appliquer de la dolomie comme produit d'amendement, depuis lors la Maladie de Panama se trouve en régression dans cette plantation, quoique nous devions signaler aussi qu'on y a remplacé par le goutte à goutte le système d'arrosage par submersion.

Tandis que dans la plantation n° 8 on confirme une fois de plus la quantité supérieure de calcium des zones saines, dans la n° 9 on n'observe aucune tendance définie pour les cations échangeables.

Dans la plantation n° 10 on trouve les plus grandes différences que nous ayons observées pendant cette étude : niveaux de signification pour pH, Ca et Mg supérieurs à 0,01, 0,025 et 0,01 respectivement. Dans les plantations 11 et 12, Ca est encore supérieur dans les zones saines, tandis qu'on trouve la même chose pour Mg dans la plantation n° 13, confirmant nos observations sur les planta-

tions antérieures.

Pour l'ensemble des plantations étudiées, nous pouvons observer que le pH est significativement plus élevé (niveau de signification supérieur à 0,05) dans les zones saines que dans les zones malades, ainsi que le calcium (niveau de signification supérieur à 0,025) et le magnésium, cette dernière différence étant très significative (n. de s. supérieur à 0,01).

Echantillons de profils.

Etant donné qu'une liste des valeurs obtenues dans les plantations où des profils ont été prélevés rendrait l'exposé bien trop long, nous avons pensé qu'il conviendrait de retenir seulement les résultats d'une plantation de Tenerife, d'une de Gran Canaria et d'une de La Palma, dont les données sont représentatives pour les tendances qui se sont révélées dans notre étude.

Les déterminations qui ont été réalisées dans l'extrait saturé de sol n'ont montré aucune tendance définie, raison pour laquelle nous ne les avons pas présentées ici.

Les analyses de sols de la plantation de Tenerife exposées dans le tableau 2 correspondent à une plantation située à Valle Guerra, qui, comme la plupart des plantations de la zone, se distingue par ses sols argileux, en général de caractère vertique. Ces résultats sont représentatifs de ceux obtenus dans les exploitations de notre étude qui possédaient des sols acides, correspondant à plus de 60 p. 100 du total.

En observant le tableau, on voit immédiatement qu'au fur et à mesure que la profondeur du profil augmente, l'acidité du sol diminue en passant d'un pH franchement acide (pH minimum de 4,1) dans l'horizon superficiel à un pH neutre dans l'horizon le plus profond (pH maximum de 7,1), ce qui semble indiquer un lessivage des bases le long du profil.

Quant à la différence de pH des sols de zones saines et malades, on observe qu'en général, ces derniers présentent une acidité plus grande. Si nous calculons la valeur moyenne du pH pour chaque profil, nous trouvons 5,8 et 6,3 pour les profils de zones saines, contre 5,5 et 5,5, pour les zones malades.

Seul le contenu en matière organique offre des variations appréciables entre les horizons superficiels des profils de zones saines et malades ; on trouve des valeurs très supérieures dans les saines, ce qui sans doute aura eu une influence améliorante sur la structure, comme on a pu le constater lors de la prise des échantillons dans la plantation.

Le calcium échangeable présente le comportement que nous avons constaté dans les sols superficiels et dans les profils avec pH acide, c'est-à-dire que les sols sains présentent en général un contenu plus élevé en ce cation. Ainsi nous trouvons que dans les horizons superficiels des zones

saines, la concentration est de 37,40 et 26,25 meq/100 g tandis que, dans ceux de zones malades, elle est seulement de 9,5 et 16,5 meq/100 g. Si nous calculons la concentration moyenne pour tous les profils, nous observons que les profils de zones saines présentent des valeurs de 23,54 et 25,83 meq/100 g, tandis que les zones malades indiquent 13,00 et 17,41 meq/100 g ; ces différences sont suffisamment grandes pour pouvoir penser à un effet favorable du calcium dans la prévention de la Maladie de Panama.

Le magnésium, qui dans l'étude des sols superficiels se présente généralement en plus grande concentration dans les sols de zones saines que dans ceux de zones malades, ne semble pas avoir ici une influence tellement marquée, bien que nous devions souligner la plus haute concentration qu'il présente dans les horizons superficiels des sols de zones saines en comparaison avec les zones malades.

Quant au contenu en oligo-éléments, nous devons indiquer la concentration plus élevée de Zn et moindre de Mn dans les profils sains comparativement aux malades. L'analyse granulométrique permet d'observer dans tous les horizons des contenus supérieurs à 40 p. 100 et avec des valeurs extrêmes de 74 p. 100 d'argile, ce qui sans doute rend plus difficile le développement racinaire des plantes et empêche en même temps une bonne aération en profondeur.

On a constaté que la densité apparente, bien que faible dans tous les sols, est en général moindre dans les sols des zones saines. Les données de l'analyse des sols de la plantation de Gran Canaria du tableau 3 correspondent à une plantation située à Galdar, dont les résultats sont représentatifs de ceux obtenus dans les plantations où les sols ont un pH neutre ou alcalin. Les valeurs du pH sont très semblables, tant entre les profils que dans les horizons de ceux-ci ; elles se trouvent dans un intervalle de variation de 7,9 à 8,4, raison pour laquelle on ne trouve pas ici la relation entre le pH et l'incidence de la Maladie de Panama que nous avons observée pour les sols de pH acide.

Quant au contenu en matière organique, on trouve que les horizons en dessous du superficiel sont très pauvres en ce constituant, variant entre 1,69 et 0,45 p. 100.

Dans les horizons superficiels on observe des teneurs en matière organique plus élevées dans les sols sains, avec des pourcentages de 3,72 et 3,67, tandis que dans les sols malades ceux-ci atteignent seulement 2,31 et 2,98.

Les valeurs des cations échangeables n'offrent aucun intérêt, étant donné qu'il n'y a pas de tendances définies quant à leurs relations avec la Maladie de Panama. Le contenu en oligo-éléments assimilables n'offre pas d'intérêt non plus, bien que les valeurs peu élevées attirent l'attention pour les quatre éléments nutritifs Fe, Zn, Cu et Mn.

La densité apparente ne semble pas être en relation avec l'incidence de la Maladie de Panama, avec des valeurs très similaires dans les deux types de profils. Néanmoins, il faut signaler que dans de nombreuses plantations à pH neutre ou alcalin, la densité apparente est normalement plus

grande dans les sols de zones malades.

On ne peut obtenir des conclusions définies à partir de l'étude de l'analyse granulométrique.

Sur les tableaux 4 et 5 on voit les résultats de six profils, trois en zones saines et trois en zones malades, pris à Barlovento (La Palma).

Les six profils correspondent à une seule plantation, qui offre plusieurs foyers de maladie depuis plusieurs années malgré les soins excellents avec lesquels cette exploitation est traitée.

Nous devons indiquer que les agriculteurs de La Palma sont ceux qui soignent le plus la culture du bananier, en apportant chaque année des quantités élevées de matière organique, ainsi que de fortes doses de fertilisants et des arrosages fréquents, ce qui fait que sur cette île on obtient les rendements par unité de superficie les plus élevés des Canaries.

Les sols de ces plantations sont en général des sols caractéristiques de la zone, qui peuvent être classifiés comme vertisols. Néanmoins, dans plusieurs zones de cette plantation, les terrasses ont été faites avec une couche d'alfisol en sous-sol, surmontée d'une couche de vertisol, comme c'est le cas des profils 2 et 3 de la zone saine.

Barlovento est une zone très humide avec une précipitation annuelle supérieure à 500 mm. Ces précipitations jointes aux arrosages intenses et fréquents qu'on donne à cette culture, font qu'il se produit un lessivage des bases, donnant lieu à des sols très acides malgré le fait qu'ils sont à l'origine neutres ou alcalins.

Les horizons étudiés n'ont pas été classifiés comme on l'a fait pour les sols de Tenerife et Gran Canaria, mais ils ont été indiqués selon la profondeur à laquelle ils ont été pris ; le nombre d'échantillons pour chaque profil et l'intervalle de profondeur ont été choisis pour les changements appréciables à première vue lors du prélèvement du profil.

En général on peut apprécier une alcalinisation du sol suivant la profondeur, spécialement dans les sols de zones malades. Dans tous les horizons superficiels on trouve une acidité élevée, tant dans les zones saines que dans les zones malades, à l'exception de l'horizon du premier profil des zones malades qui présente une valeur de 7,3 due à une couche de 8 à 10 cm de sol nouveau qui a été rapporté pour essayer de contrôler la maladie. Cette couche de sol présente un contenu en CO_3Ca de 1,37 p. 100.

L'acidité élevée de ces horizons pourrait s'expliquer, en dehors du lessivage que peut supposer une application de 2.000 mm d'eau d'arrosage annuel, par l'application superficielle de fumier en quantités annuelles dépassant les 60 tonnes/hectare.

Quant à la relation du pH avec l'incidence de la Maladie de Panama, on remarque qu'en général les sols de zones saines présentent une valeur plus élevée, avec des valeurs

TABLEAU 3 - Analyses de profils de zones saines et malades. Plantation située à Galdar (Gran Canaria).

Zones	Profil	Horizon	% CO ₃ Ca	pH	% mat.org.	ppm P ₂ O ₅	(meq/100 g)				Ca/Mg	Ca/Na	ppm			densité apparente	Argile	% Sable			
							K	Ca	Mg	Na			Som	Zn	Fe			Cu	Mn	limon	Sable grossier
Saines	1	superficiel	7,90	8,0	3,72	375	7,31	49,25	11,72	2,96	71,24	4,20	16,54	6,0	8,7	1,4	15,1	27	12	16	
		moyen haut	17,65	8,2	1,62	210	6,34	52,50	11,10	2,61	72,55	4,73	20,11	2,3	3,4	0,6	4,5	23	12	16	
		moyen bas	13,83	8,1	1,00	115	4,50	50,25	11,92	2,23	68,90	4,22	22,53	1,5	2,5	0,4	1,2	23	8	11	
		profond	18,56	8,0	0,77	95	2,86	50,25	13,25	2,04	68,40	3,79	24,60	1,6	3,0	0,4	2,1	23	11	18	
	2	superficiel	1,00	7,9	3,67	315	6,14	27,00	9,36	3,17	45,67	2,88	8,52	2,9	10,4	0,6	19,1	44	30	8	10
		moyen haut	3,80	8,1	1,69	95	4,04	42,00	9,46	2,83	58,33	4,44	14,84	1,6	4,5	0,3	4,0	49	13	5	7
		moyen bas	12,34	8,3	0,80	95	4,50	51,50	13,15	2,60	71,75	3,92	19,81	3,0	5,8	0,2	5,5	42	33	5	7
		profond	24,03	8,4	0,80	95	4,40	52,70	12,02	2,64	71,76	4,38	19,96	5,4	2,1	0,8	5,4	29	17	19	23
Malades	1	superficiel	4,20	8,3	2,31	400	7,63	38,37	12,12	1,68	57,80	3,16	22,84	3,2	7,5	1,2	20,7	35	27	13	16
		moyen haut	6,62	8,3	1,33	235	7,00	48,25	11,30	1,95	68,50	4,27	24,74	6,1	3,9	0,6	9,7	42	27	10	12
		moyen bas	9,79	8,4	1,00	185	6,45	50,00	12,96	1,95	71,36	3,86	25,64	1,4	2,4	0,4	2,1	47	23	10	10
		profond	17,80	8,3	0,60	175	3,63	55,75	15,00	2,17	76,55	3,72	25,69	1,8	2,6	0,5	3,8	42	25	12	11
	2	superficiel	2,10	8,4	2,98	590	8,93	33,00	8,84	3,21	53,98	3,73	10,28	1,1	5,2	0,4	4,8	44	26	8	10
		moyen haut	3,80	8,3	1,69	150	5,46	42,00	11,00	2,91	61,37	3,82	14,43	1,6	4,2	0,4	4,8	54	25	5	6
		moyen bas	22,20	8,1	0,55	95	7,47	46,50	13,16	3,09	70,22	3,53	15,04	1,7	1,6	0,5	2,5	20	37	14	11
		profond	22,30	8,2	0,45	185	4,86	44,87	16,35	4,79	70,87	2,54	9,36	2,4	1,9	0,6	2,6	36	36	12	11

TABLEAU 4 - Analyses de profils de zones saines. Plantation située à Barlovento (île de La Palma).

Zones	Profil	Horizon prof.(cm)	pH	M.O.	% CO ₃ Ca	ppm P ₂ O ₅	(meq/100 g)				Ca/Mg	Ca/Na	ppm			den. appa- rente	argile	% Sable		
							K	Ca	Mg	Na			Som	Zn	Fe			Cu	Mn	limon
saines	1	0-15	4,8	4,18	0,00	210	2,05	24,50	8,39	0,61	33,55	2,92	40,16	0,7	33,3	1,9	54,0	68	21	3
		15-30	7,0	1,76	0,00	165	1,25	34,50	9,58	0,65	45,98	3,60	53,08	0,6	12,8	2,1	35,8	-	25	4
		30-45	7,6	2,22	1,58	150	1,02	38,25	11,18	0,78	51,23	3,42	49,04	1,0	9,2	2,2	20,0	-	23	5
		45-65	6,7	2,57	0,00	70	0,73	13,25	4,89	0,82	19,69	2,71	16,15	0,2	10,9	0,1	2,0	-	22	1
	2	65-85	5,2	2,71	0,00	70	0,44	8,30	3,74	0,84	13,32	2,22	9,84	0,1	8,4	0,1	2,7	-	23	1
		0-15	3,8	7,72	0,00	235	3,12	11,12	5,65	0,63	20,52	1,97	17,65	0,2	38,1	T	36,9	0,95	23	8
		15-35	4,2	1,72	0,00	165	2,05	15,50	9,87	0,60	28,02	1,57	25,83	0,2	27,7	1,0	51,7	-	20	10
		35-60	5,8	1,39	0,00	115	1,67	12,87	7,97	1,17	23,68	1,61	11,00	0,3	24,2	2,3	25,8	-	25	19
	3	60-70	6,6	1,39	0,00	95	0,73	14,44	9,46	1,61	26,24	1,53	8,96	0,3	19,7	2,7	15,0	-	22	22
		0-20	6,0	4,39	0,00	280	6,19	28,25	8,35	0,91	43,70	3,38	31,04	1,5	34,7	2,9	70,7	0,79	18	8
		20-40	7,9	1,52	2,68	185	0,87	55,25	13,20	1,08	70,40	4,18	51,15	0,5	5,4	1,4	12,2	-	22	9
		40-60	7,0	2,05	0,00	70	0,41	12,25	6,21	1,13	20,00	1,97	10,84	0,1	9,8	0,1	0,4	-	20	2
		60-70	5,7	1,98	0,00	70	0,29	7,62	5,04	1,07	14,02	1,51	7,12	0,1	8,9	0,1	0,4	-	18	2

moyennes pour les trois profils de 6,26 - 5,1 et 6,65, tandis que dans les sols de zones malades les valeurs atteignent 5,12 - 3,40 et 4,22. Les différences sont en conséquence notoires.

Les sols des zones saines présentent, à l'exception du deuxième profil, pour la plupart de leurs horizons, un contenu léger en CO_3Ca qui peut exercer une action tamponnante.

Le potassium échangeable n'offre pas un comportement régulier, étant en général très faible dans tous les profils étudiés, à l'exception du deuxième des malades, qui présente une valeur moyenne pour les trois horizons composant la coupe, de 5,80 meq/100 g. Les concentrations sont élevées dans les horizons superficiels et diminuent ensuite fortement quand on passe aux couches inférieures. Le calcium échangeable offre la tendance déjà observée dans les sols acides au long de cette étude. Ainsi nous trouvons que la valeur moyenne pour la concentration du calcium dans les profils de zones saines s'élève à 23,75 - 13,48 et 25,84 meq/100 g, tandis que dans les profils de zones malades elle est de 14,5 - 9,67 et 11,24 meq/100 g, avec la particularité que la première de ces valeurs doit son importance à la raison exposée ci-avant à propos du pH.

Pour le magnésium nous trouvons un comportement similaire, c'est-à-dire qu'on observe les plus hautes concentrations dans les sols de zones saines, obtenant les valeurs moyennes suivantes pour chaque profil : 7,55 - 8,24 et 8,20 meq/100 g, tandis que dans les zones malades on trouve 4,98 - 6,79 et 4,87 meq/100 g.

Les sols de zones saines et malades présentent un contenu élevé en argile et limon, tandis que les sables n'atteignent que rarement 20 p. 100. Sans doute cette texture n'est pas la plus appropriée pour le développement du bananier et il n'est pas étonnant que l'acidité élevée et le caractère argileux de ces sols facilitent l'extension de la Maladie de Panama.

Le contenu en oligo-éléments ne manifeste pas de changements appréciables entre sols de zones saines et malades, même si nous devons signaler les valeurs peu élevées pour tous les oligo-éléments, spécialement pour Zn et Cu.

DISCUSSION

Une fois étudiées les différences entre les sols des zones saines et malades pour chacune des plantations, nous allons poursuivre en discutant les caractéristiques du sol qui, d'une manière générale, semblent avoir un rapport étroit avec l'incidence de la Maladie de Panama.

En premier lieu, nous tenons à souligner le rapport étroit qui existe entre le pH et la présence de la Maladie de Panama. Ainsi, après avoir groupé les pH des profils de zones malades en acides et alcalins, il résulte que dans approximativement 60 p. 100 des plantations où cette maladie se présente le pH est inférieur à 7. Dans ces planta-

tions à sols acides nous avons constaté que le pH est plus élevé dans les zones saines que dans les zones malades. Ces différences sont très significatives pour les horizons moyens ($t = 4,12$) et profonds ($t = 3,16$), avec un niveau de signification supérieur à 0,005 dans les deux cas.

Ce rapport entre le pH et la Maladie de Panama avait été signalé par VOLK (1929, 1930, 1930 b), qui avait constaté que la caractéristique la plus importante des sols résistants était leur pH supérieur à 7,5. En rapport également avec la progression de cette maladie, CROUCHER et MITCHEL (1940) ont observé que celle-ci se développait plus lentement en sol alcalin ou neutre qu'en sol acide, opinion soutenue par WARDLAW (1941) qui affirme qu'en Amérique centrale la concentration des ions hydrogène était le facteur principal déterminant la sévérité de la Maladie de Panama. D'autres auteurs, comme KNUDSON (1923), REINKING et MANN (1932), REINKING (1935), STOTZKY et TORRENCE (1963), ont également trouvé cette influence de la réaction du sol sur la maladie, quoiqu'ils attribuaient celle-ci plutôt à d'autres facteurs.

Cet effet du pH n'est pas étonnant, sachant que le *Fusarium oxysporum* var. *cubense* est acidophile (STOVER, 1962); il pourrait trouver de meilleures conditions de développement et d'attaque dans les sols acides. D'autre part, l'acidité, qui implique une diminution dans le sol du calcium et du magnésium échangeables, augmente ainsi la solubilité de l'aluminium, du fer, et du bore (qui dans certains cas peuvent arriver à des niveaux toxiques) et produit une baisse de la solubilité du molybdène. Avec tout ceci, il existe aussi la possibilité d'une accumulation des toxines organiques. Par contre, dans les sols à acidité peu élevée ou neutres, les conditions chimiques et biologiques sont plus satisfaisantes.

Confirmant ce que nous avons déjà observé dans les sols superficiels, le calcium échangeable semble être étroitement lié à l'incidence de la Maladie de Panama dans plus de 60 p. 100 des plantations dans lesquelles furent réalisés des profils, précisément dans celles qui ont été classifiées comme acides, étant donné qu'il est sensiblement supérieur ($t = 2,24$, significatif au niveau de 0,05) dans les horizons moyens des profils de zones saines. L'effet favorable du calcium dans la lutte contre la maladie, objet de notre étude, avait déjà été signalé par VOLK dans plusieurs de ses travaux (VOLK, 1929, 1930, 1930 b).

L'action favorable du calcium pourrait être indirecte : faisant partie des sels pectiques qui composent la paroi cellulaire, il contribuerait de façon intensive à empêcher l'entrée des champignons parasites dans les cellules végétales ; ou bien, comme il a été trouvé par CORDEN (1965) chez la tomate, il contribuerait à désactiver les enzymes pectolytiques produits par le *Fusarium*. D'autre part, le calcium pourrait agir comme un agent d'amélioration des propriétés chimiques et physiques du sol, action particulièrement claire dans les sols argileux (qui se présentent en abondance dans les bananeraies canariennes), étant donné qu'il augmente la perméabilité à l'air et à l'eau.

Le magnésium garde un rapport étroit avec le calcium en ce qui concerne ces fonctions d'amélioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. Ainsi, on espère que son action bienfaisante se reflète dans l'incidence de la Maladie de Panama, étant donné que, d'après ce qu'on a vu, cet élément se trouvait à des niveaux significativement supérieurs dans les sols de zones saines des plantations dans lesquelles nous avons réalisé l'étude des sols superficiels. Cette tendance a été observée - sans arriver au niveau significatif - dans presque 50 p. 100 des plantations dans lesquelles nous avons réalisé l'étude des profils. L'action avantageuse du Mg dans la lutte contre les maladies fongiques avait déjà été signalée par AKBAR et col. (1971) pour des palmiers à huile attaqués par le Ganoderme. Ces résultats sont d'autant plus importants si on tient compte du fait qu'aux îles Canaries on amende rarement avec des matériaux qui contiennent cet élément en quantité appréciable, et on sait très bien que dans les sols trop acides, ou trop riches en potassium échangeable, ou même en ions calcium (facteurs qu'on retrouve souvent dans beaucoup de plantations de bananes des Canaries) l'absorption de magnésium assimilable peut se réaliser avec difficulté. Un exemple de ceci est le travail réalisé par GARCIA et col. (1978) sur des déséquilibres magnésium-potassium observés à Tenerife.

Pour Na échangeable nous n'avons trouvé aucune tendance définie. Nonobstant, il faut signaler la concentration élevée trouvée dans les sols étudiés, qui arrivent dans certains cas à dépasser les 4 meq/100 g. Cette concentration élevée de Na peut s'expliquer par l'arrosage avec des eaux dont la richesse en cet élément atteint jusqu'à 12 meq.l, ce qui signifie un apport annuel de 440 g de Na par mètre carré (GARCIA et col., 1977). Cette grande abondance de Na échangeable peut occasionner une mauvaise structure de terrain, si les contenus en Ca et Mg sont bas, pouvant provoquer compaction et inondation qui diminuent la résistance du bananier à l'attaque du *F. oxysporum* var. *cubense*.

En ce qui concerne le potassium, WARDLAW et Mc GUIRE (1929), WARDLAW (1935) et RISHBETH (1957, 1960), ont des opinions convergentes : la fertilisation potassique, et aussi azotée, ainsi qu'une faible fertilité, ont une influence sur la résistance de l'hôte contre la maladie étudiée. RISHBETH (1957) considère que l'équilibre azote-potassium a beaucoup d'importance, parce qu'il a observé que la Maladie de Panama était plus accusée dans les sols qui reçoivent beaucoup de N ou peu de K. Néanmoins, dans notre étude, le potassium échangeable ne semble pas avoir une tendance définie. Si nous prenons en considération que le potassium se trouve en abondance dans les sols des bananeraies canariennes, on peut espérer que son rapport avec la Maladie de Panama ne soit pas très défini.

Quoique RISHBETH (1957) ait constaté que les sols riches en phosphore et potassium assimilables produisent des plantations saines, nous n'avons pas trouvé cette

influence dans notre étude. Toutefois nous devons signaler l'extraordinaire abondance du phosphore dans nos sols à bananes, qui dépassent dans beaucoup de cas les 500 ppm, alors que CROUCHER et MITCHEL (1940) ont indiqué 10 ppm comme valeur critique pour le bananier. Ce manque de rapport entre le phosphore et la Maladie de Panama nous rapprochent des conclusions de STOTZKY et TORRENCE-MARTIN (1963), qui signalaient que la grande coïncidence observée entre les valeurs du phosphore et leur distribution au hasard ne permettait pas de prédire la résistance potentielle d'un sol contre la Maladie de Panama.

En ce qui concerne l'azote, bien que nous n'ayons pas étudié sa concentration dans le sol vu les grandes difficultés qui se présentent pour que sa détermination soit fiable, nous avons suivi les indications trouvées dans la bibliographie traitant du rapport entre les niveaux de cet élément nutritif dans le sol et les fusarioses ou maladies fongiques en général (WOLTZ et ENGELHARD, 1973 ; HERLIHY, 1970 ; KANNAIAYN et col., 1973 ; CHIN, 1973 ; CHABOUSSOU, 1973 ; KIRALY, 1976). Ainsi qu'il a été exposé auparavant, on conseille une diminution accentuée de la fertilisation azotée dans plusieurs plantations. De cette façon, dans certains cas, on a obtenu des résultats satisfaisants, en réduisant la maladie jusqu'à sa presque complète disparition, confirmant ainsi les observations de WARDLAW et Mc GUIRE (1929), RISHBETH (1957), et les suggestions de SHEAR et WINGARD (1944).

RISHBETH et NAYLOR (1957), en prenant en considération les expériences de SCARSETH (1945), pensaient que l'addition de matière organique pourrait améliorer suffisamment la capacité de rétention des sols à texture légère, de telle sorte que celle-ci offre une résistance contre la Maladie de Panama. Toutefois, il n'y a pas eu un tel effet. Nonobstant dans notre cas, le contenu en matière organique était, dans six des plantations où se réalisaient les profils, plus élevé dans les sols de zones saines ; on a observé le contraire dans une plantation seulement. Dans les sols alcalins, la matière organique pourrait avoir un effet positif sur la structure du terrain, en aidant au lessivage des ions Na, ce qui justifie les corrélations négatives très significatives que nous avons rencontrées dans nos études antérieures entre la concentration de Na et le pourcentage de matière organique dans le sol (GARCIA et col. 1977). Cette influence de la matière organique sur les sols alcalins semble se refléter également sur la densité apparente, de telle façon qu'on observe qu'en général celle-ci est plus grande dans les sols alcalins, qui ont un contenu inférieur en matière organique.

Les résultats obtenus dans l'analyse de la texture ne permettent pas de trouver une relation avec l'incidence de la Maladie de Panama, étant donné que presque tous les sols sont compris parmi les argileux et franco-argileux, avec quelques exemples de sols franco-argileux-sablonneux. L'absence de sols sablonneux nous empêche d'observer les relations indiquées par VOLK (1929), GRANT, VOLK et WELSKO (1929), REINKING et MANN (Bull. 44), qui

ont trouvé que dans de nombreux cas la maladie se développait plus rapidement dans les sols à texture légère que dans ceux à texture lourde. Nous croyons nécessaire de mentionner le fait que la plupart des sols dans lesquels se présente la Maladie de Panama aux Canaries sont de caractère vertique, et de ce fait, riches en argile montmorillonitique, ce qui semble ne pas être en conformité avec les conclusions de STOTZKY, DAWSON et TER KUILE (1961) et STOTZKY et TORRENCE (1963), qui supposaient que les sols riches en argile montmorillonitique étaient à peine sensibles à cette fusariose.

L'influence que les oligo-éléments exercent sur l'incidence des maladies cryptogamiques a été signalé par CHABOUSSOU (1973). Dans nos études nous n'avons pas pu observer une influence déterminée des concentrations de Fe, Cu et Mn en rapport avec la présence de la Maladie de Panama, quoi qu'il faut souligner l'action qui pourrait être exercée par Zn. Ainsi, cet élément se trouve en quantités très supérieures dans les horizons superficiels des sols de zones saines dans huit plantations, parmi lesquelles six présentent un pH acide, effet très singulier si on prend en considération que le Zn assimilable se présente plus abondamment à mesure que l'acidité des sols augmente, ce qui est le cas ici dans les zones malades. Par contre, dans quatre plantations seulement, trois avec pH neutre ou alcalin et une avec pH acide, le Zn est supérieur dans les sols superficiels des zones où il y a la maladie. Donc, bien que l'analyse statistique ne révèle pas de différences significatives pour la tendance décrite, nous croyons toutefois souhaitable d'insister sur ce rapport intéressant dans des

études postérieures.

CONCLUSIONS

Les résultats obtenus au long de cette étude nous ont permis de trouver que dans les horizons moyen et profond des plantations à sols acides, le pH et le calcium échangeable sont significativement supérieurs dans les sols où la Maladie de Panama ne se présente pas. Ces conclusions sont aussi valables pour les plantations où furent pris uniquement des sols superficiels, si l'on ajoute que dans celles-ci le magnésium échangeable est sensiblement supérieur dans les sols sans maladie.

En ce qui concerne les teneurs en potassium et sodium échangeables et en phosphore assimilable, nous n'avons pas trouvé de rapport avec l'incidence de la Maladie de Panama.

D'autre part, dans les sols alcalins, la teneur plus élevée en matière organique et la densité apparente la plus basse semblent être les uniques facteurs qui aient un rapport avec l'incidence de cette maladie, ce qui indique l'importance des propriétés physiques dans le développement de cette fusariose.

Nous n'avons pas trouvé que la texture du sol ait une influence sur l'expansion de la Maladie de Panama, à l'exception des sols très argileux. Le Zn assimilable paraît avoir un rapport avec la présence de la maladie étudiée, étant donné que dans un tiers des plantations ses teneurs sont supérieures dans les zones saines.

BIBLIOGRAPHIE

- AKBAR (U.), KUSNADI (M.) et OLLAGNIER (M.). 1971.
Influence de la nature du matériel végétal et de la nutrition minérale sur la pourriture sèche du tronc de palmier à huile due à *Ganoderma*.
Oléagineux, 26, 8/9, 527-534.
- ALVAREZ (C.E.). 1977.
Influencia de las características de los suelos sobre la incidencia del Mal de Panama.
Tesis doctoral, Universidad de La Laguna.
- CANIZO (J.) y RODRIGUEZ SARDIÑA (J.).
La enfermedad de la platanera en el Valle de la Orotava.
Boletín de Patología Vegetal, n° 23, 24, 25, 26, 1-35.
- CHABOUSSOU (F.). 1973.
Le rôle du potassium et de l'équilibre cationique dans la résistance de la plante aux parasites et aux maladies.
Le document technique de la SCPA, n° 16.
- CHIN (K.M.). 1973.
Studies on the sheath blight disease of rice in West Malaysia.
M.Sc. Thesis, University Sains, Malaysia.
- CORDEN (M.E.). 1965.
Influence of calcium nutrition on Fusarium wilt of tomato and polygalacturonase activity.
Phyt., 55, 222-224.
- CROUCHER (H.H.) and MITCHELL (W.K.). 1940.
Fertilizer investigation with the Gros Michel Banana.
Dept. Sci. Agric. Jamaica, bull. n° 19 (N.S.).
- GARCIA (V.), DIAZ (A.), FERNANDEZ CALDAS (E.) y ALVAREZ (C.E.). 1977.
Características químicas de los suelos de plátanos de Tenerife.
Anales de Edafología y Agrobiología, XXXVI, n° 9-10, 943-955.
- GARCIA (V.), FERNANDEZ CALDAS (E.), ALVAREZ (C.E.) et ROBLES (J.). 1978.
Déséquilibres potassico-magnésiens dans les bananeraies de Tenerife.
Fruits, 33, 1, 7-13.
- GRANT (T.J.) et WALSKO (J.K.). 1929.
Irrigation in relation to the spread of Panama.
Disease Bull. 9, Research Dept. United Fruit Co.
- HERLIHY (M.). 1970.
Contrasting effect of nitrogen and phosphorus on potato tuber blight : *Phytophthora infestans*.
Plant. Patho., 19, 2, 65-68.
- KANNAIYAN (J.), VIDHYASEKARAN (P.) y KANDASWAMY (T.K.).
Indian Phytopathology, 26, (2), 355-359.
- KIRALY (Z.). 1976.
Plant disease resistance as influenced by biochemical effects of nutrients in fertilizers.
12th Colloquium International Potash Institute, 33-46.
- KNUDSON. 1923-7.
U.F. Reports, cité par STOVER, 1962.
- LINDSAY (W.L.) and NORWELL (W.A.). 1969.
Equilibrium relationships of Zn, Fe, Cu and Mn with EDTA and DTPA in soils.
Soil Sci. Soc. Am. Proc., 33, 62-68.
- OLSEN (S.R.), COLE (C.V.) WARANABE and DEAN (L.). 1954.
Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate.
U.S.D.A. circular n° 939.

- REINKING (O.A.) and MANNS (M.M.). 1932.
Significance of diseased spread in the fields under different conditions.
U.F. Research Dept., Bull. 44.
- REINKING (O.A.) and MANNS (M.M.). 1932.
Relative abundance and distribution of *Fusarium cubense* on type soils about diseased mats with known history in the Tela and Guatemala West Coast Divisions, February.
- REINKING (O.A.). 1935.
Soil and Fusarium diseases.
Zentr. Bakteriolog. Parasitenk., Abt. II, 92, 243-245.
- RISHBETH (J.). 1957.
Fusarium wilt of bananas in Jamaica. II.- Some aspects of host-parasite relationships.
Annals of Botany, N.S., 31, n° 82, 215-245.
- RISHBETH (J.) and NAYLOR (A.G.). 1957.
Fusarium wilt of bananas in Jamaica. III.- Attempted control.
Annals of Botany N.S., 31, n° 82, 599-609.
- RISHBETH (J.). 1960.
Factors affecting the incidence of banana wilt (Panama disease).
Emp. J. of Exper. Agric., 28, n° 110-113.
- SCARSETH (G.C.). 1945.
Reported control of Panama disease.
Rev. Appl. Myc., 24, 198.
- SHEAR (G.M.) and WINGARD (S.A.). 1944.
Some ways in which nutrition may affect severity of disease in plants.
Phytop., 34, 603.
- SNEDECOR (G.W.) and COCHRAN (W.G.). 1974.
Statistical methods.
The Iowa State University Press.
- STOTZKY (G.), DAWSON (J.E.), TORRENCE MARTIN (R.) and TER KUILE (C.H.H.). 1961.
Soil mineralogy as factor in spread of Fusarium wilt of bananas.
Science, 133, 1483-1484.
- STOTZKY (G.) and TORRENCE MARTIN (R.). 1963.
Soil mineralogy in relation to the spread of Fusarium wilt of banana in Central America.
Plant and Soil, 18, n° 3, 317-337.
- STOVER (R.H.). 1962.
Fusarial wilt (Panama disease) of bananas and other *Musa* species.
Phyto. Paper Comm. Mycol. Inst., 4, p. 117.
- STOVER (R.H.). 1972.
Banana, plantain and abaca diseases.
Commonwealth Myco. Inst. Kew, Surrey, England.
- STOVER (R.H.). 1972 a.
Conferencia sobre el Mal de Panamá en las plataneras canarias (en Las Palmas de Gran Canaria).
Reproducción de la Caja general de Ahorros.
- VOLK (N.J.). 1929.
Progress report : The relation of the contents of the soil solution to the activity of Panama disease.
- VOLK (N.J.). 1930.
Preliminary summary : The relation of various soil characteristics to the activity of Panama disease.
Bureau of Soil Investigations, bull. n° 27.
- VOLK (N.J.). 1930 b.
Progress report : The apparent relation of active calcium and active magnesium on the activity of Panama disease of Gros Michel bananas.
U.F. Co, bull. n° 30.
- WARDLAW (C.W.) and Mc GUIRE (L.P.). 1929.
Panama disease of bananas. Reports on scientific visits to the banana growing countries of the West Indies, Central and South America.
Emp. Marketing Board, Publi., 20, 97 p. (R.A.M., 8, 796).
- WARDLAW (C.W.). 1935.
Diseases of the banana.
Mac Millan and Co, Ltd., London.
- WARDLAW (C.W.). 1941.
The banana in Central America. III.- Panama disease.
Nature, London, 147, 300-301 (reprinted in *Trop. agric., Trinidad*, 18, 162).
- WOLTZ (S.S.) and ENGELHARD (A.W.). 1973.
«Fusarium wilt of *crisanthemum*», effect of nitrogen source and lime on disease development.
Phyt., 63 (1) 155-157.
- Anonyme. 1926.
Panama diseases of bananas in the Canaries and West Africa.
Tropical Agriculture, 3 : 8.

