

FIG. 4. — Feuille d'un bananier atteint de la maladie de Panama. La cassure s'est produite dans le limbe.

### INFECTION

L'infection des plantes saines est assurée par les conidies. Celles-ci proviennent des sporodochium formés sur les feuilles, elles sont disséminées par le

vent, le transport de feuilles sèches, les eaux de ruissellement naturel ou d'irrigation. La maladie peut enfin être apportée dans une zone saine par l'usage de matériel de plantation malade.

*F. oxysporum cubense* vit dans le sol et c'est dans le sol que l'infection a lieu. Le parasite trouve une voie d'accès aux racines et au rhizome, s'y développe et passe ensuite par les vaisseaux ligneux, aux parties aériennes de la plante (Fig. 4).

**Infection des racines.** — L'infection des racines a été effectuée artificiellement et réussie

dans certaines conditions par contact entre le parasite et une zone blessée de la racine. Elle ne réussit qu'en opérant avec des racines faibles, à croissance lente, et en les inoculant à la partie apicale. L'infection se manifeste par une coloration brune autour du point d'infection. Les poils absorbants ne sont jamais atteints. L'infection établie à l'extrémité distale d'une petite racine peut passer graduellement à la racine-mère. Elle stimule la formation de radicules qui sont atteintes à leur tour. Cette stimulation est probablement due aux sécrétions du champignon. Les parties atteintes peuvent réagir en formant une zone cambiforme, perpendiculaire à la direction d'expansion

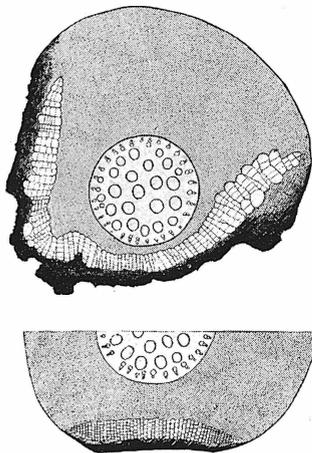


FIG. 5. — En bas : Coupe d'une racine atteinte avec une couche cambiforme protectrice périphérique. En haut : Attaque plus avancée avec une couche cambiforme plus développée (x 22) (d'après *Annals of Botany* et C. W. WARDLAW *Diseases of the banana*).

# LA MALADIE DE PANAMA DES BANANIERS

par **Georges MERNY** (1)

LICENCIÉ - ÈS-SCIENCES

PHYTOPATHOLOGISTE A L'É.F.A.C.

sion du parasite. Les parois externes des cellules de cette zone sont subérisées et opposent un barrage au passage des hyphes mycéliennes et des produits toxiques élaborés par le champignon (Fig. 5).

Dans les tissus malades, on peut, de l'extérieur vers l'intérieur, distinguer trois régions.

1° Une couche où les tissus sont complètement désintégrés.

2° Une couche de cellules envahies par les hyphes.

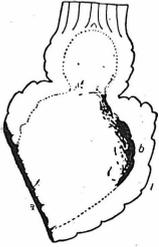
3° Une couche de cellules non envahies par les hyphes mais tuées par les sécrétions du champignon.

Au-dessous on trouve une zone de tissus réactionnels sains tendant à arrêter l'infection.

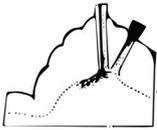
En général, l'infection naturelle d'une racine n'est dangereuse que si elle a lieu dans la région basale. Le champignon n'a ainsi que peu de distance à parcourir pour atteindre le rhizome. Ceci peut avoir lieu quand on plante un rejet, les racines étant alors coupées court. Si le sol est infecté, le champignon peut pénétrer par la surface de coupe des racines et l'infection s'y établir. Cependant, il est rare que plus d'une ou deux racines soient ainsi atteintes.

**Infection du rhizome.** — BRANDES a observé expérimentalement la pénétration d'hyphes mycéliennes par des blessures du rhizome mais, dans la nature, l'infection a rarement lieu de cette manière. Par exemple, si on plante un rejet dans un sol infecté, la surface de coupe du rejet se trouve en contact direct avec le parasite. Cependant l'infection par la surface de coupe est rare et limitée. L'infection pénètre presque toujours dans le rhizome par une voie latérale : cavité creusée par un insecte, en général le charançon du bananier : *Cosmopolites sordidus*, ou infection de la base d'une racine passant au rhizome par les vaisseaux ligneux (Fig. 6).

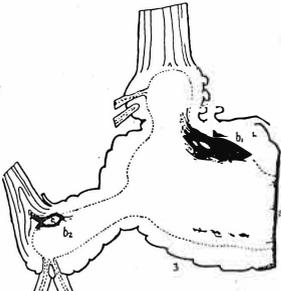
(1) Voir "Fruits d'Outre-Mer", vol. 3, n° 5, 1948, p. 169-172.



1. Rejet montrant une infection limitée de la surface de coupe (a) et une infection latérale en (b); l'endoderme est indiqué en pointillé et les faisceaux vasculaires atteints en noir ( $\times 1/4$ ).



2. Origine d'une infection latérale d'un rejet par une racine atteinte. La racine de gauche montre un faisceau atteint qui pénètre jusqu'au cylindre central du rhizome, celle de droite présente une infection limitée ( $\times 1/4$ ).



3. Rejet et rejet secondaire présentant en b<sub>1</sub> et b<sub>2</sub>, des infections latérales associées avec des cavités creusées par les charançons, la partie coupée (a) ne présente ici encore qu'une infection bénigne ( $\times 1/4$ ).



4. Autre coupe du même rejet, présentant une grande cavité due au charançon, entourée de tissu malade ( $\times 1/4$ ).

FIG. 6. — Résultats d'inoculations après huit mois. (D'après *Annals of Botany* et C. W. WARDLAW loc. cit.).

le champignon et ses sécrétions toxiques sont confinés à l'intérieur des vaisseaux ».

Au stade final de l'infection, on rencontre des

Les tissus du rhizome, comme ceux de la racine, réagissent contre la progression de l'infection, d'abord par la formation d'une zone cambiforme subérifiée et ensuite par l'obturation des vaisseaux. Les parois des vaisseaux se ramoliscent et les cellules parenchymateuses qui les entourent prolifèrent, produisant un écrasement du vaisseau dont le lumen diminue progressivement (Fig. 7). Les vaisseaux sont également obturés par des thylloles, cellules vivant à l'intérieur des vaisseaux et dont les parois s'imprègnent de subérine au contact des régions infectées (Fig. 8).

**Généralisation de l'infection.** — Quand les faisceaux vasculaires du rhizome sont atteints, la plante est condamnée et l'infection se généralise. *F. oxysporum cubense* vit surtout dans les vaisseaux, où il peut parcourir de très longues distances. Il passe au pseudo-tronc et atteint les feuilles.

Là encore, la plante réagit. Des zones cambiformes sont formées dans la région pericyclique et dans le parenchyme qui entoure les vaisseaux (Fig. 10). C. W. WARDLAW fait remarquer que « Dans les racines superficiellement infectées, les changements structuraux et biochimiques observés tendent à maintenir le champignon hors des faisceaux vasculaires alors que, dans le rejet, où la pénétration des hyphes dans les faisceaux vasculaires a été effectuée, des changements comparables ont lieu, par lesquels le

hyphes non seulement dans les vaisseaux mais dans le parenchyme (Fig. 9). L'épiderme est atteint et des sporodochium se forment sur les feuilles.

A quoi doit-on attribuer les symptômes de la maladie de Panama ? On ne peut en rendre responsable l'obturation des vaisseaux par les hyphes car cette obturation n'a jamais lieu. Les vaisseaux sont obstrués par les thylloles et l'affaissement de leurs parois dû à la réaction du parenchyme qui les entoure. Cette obstruction gêne la nutrition de la plante et provoque en partie son flétrissement. Mais le facteur le plus important du flétrissement des bananiers atteints de « wilt » est représenté par les sécrétions toxiques du parasite, qui provoquent chez la plante un véritable empoisonnement.

### ÉCOLOGIE DE L'INFECTION

Un bananier d'une variété sensible planté dans un sol infecté n'est pas obligatoirement atteint. D'après C. W. WARDLAW « On peut poser en postulat que le sol à bananier idéal, même inoculé avec *F. cubense*, porterait, dans de bonnes conditions climatiques, des bananiers Gros Michel indemnes de maladie de Panama ». Il existe donc, dans l'état du sol et les conditions climatiques, des facteurs déterminants de l'infection. Ces facteurs semblent résider essentiellement dans l'humidité, le pH et l'aération du sol et l'existence de traumatismes provoqués par des agents mécaniques.

**Humidité.** — Une forte humidité, surtout suivant immédiatement une période de sécheresse, favorise l'infection. En général, la maladie apparaît moins dans les régions sèches où l'irrigation est nécessaire. Cependant, l'opinion selon laquelle la maladie n'apparaît pas dans les sols irrigués est erronée. Ce n'est pas tant l'humidité elle-même qui détermine l'infection que les variations brutales dans l'apport d'eau.

La maladie apparaît moins dans les terrains où l'apport d'eau est constamment contrôlé que dans ceux où des périodes de grande humidité alternent

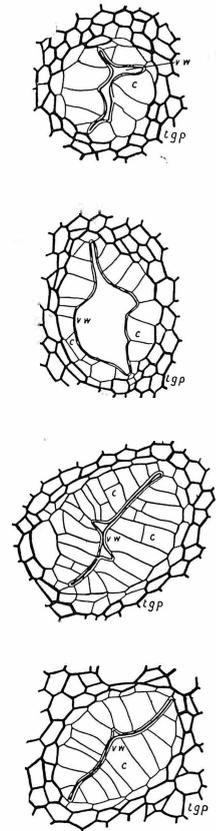


FIG. 7. — Quatre stades montrant l'affaissement des vaisseaux produit par l'agrandissement des cellules du parenchyme conjonctif. (D'après *Annals of Botany* et C. W. WARDLAW loc. cit.). vw : parois des vaisseaux ; c : parenchyme conjonctif ; tgp : parenchyme à parois épaissies ( $\times 105$ ).

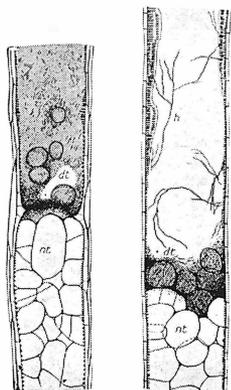


FIG. 8. — Vaisseaux obstrués par les thylloses. (D'après *Annals of Botany* et C. W. WARDLAW loc. cit.). *dt*: thylloses malades; *nt*: thylloses normales; *h*: Hyphes ( $\times 125$ ).

de la subérine est conditionnée par l'apport d'oxygène et d'eau. Peut-être le manque d'air et la sécheresse agissent-ils en empêchant la formation des zones subérifiées destinées à faire barrière à l'infection.

**Blessures.** — Nous avons dit plus haut que l'infection du rhizome s'installait souvent dans les cavités creusées par le charançon du bananier (*Cosmopolites sordidus*).

**LUTTE**

Il est très difficile de supprimer la maladie de Panama là où elle existe. La première mesure à prendre, quand un foyer d'infection apparaît, est de l'empêcher de s'étendre. Une réglementation sévère doit empêcher le transport de matériel et de sols infectés. Dans de nombreux cas on est forcé d'abandonner la culture du bananier pendant de longues années. Il faut alors envisager le problème de la désinfection du sol, de la replantation en variétés localement immunes et de l'amélioration des conditions du sol. Si les conditions climatiques sont très favorables à l'infection il vaut mieux ne pas replanter de bananiers.

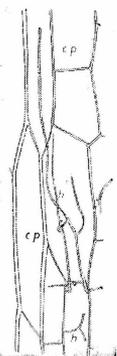


FIG. 9. — Hyphes (*h*) de *F. oxysporum cubense* dans le parenchyme conjonctif (*cp*) ( $\times 185$ ). (D'après *Annals of Botany* et C.W. WARDLAW loc. cit.).

avec des périodes de grande sécheresse. Le dessèchement partiel du sol peut aussi favoriser l'infection. On a provoqué l'infection de racines saines en les plasmolysant, en présence du champignon, pendant quelques heures.

**Acidité du sol.** — En règle générale, l'infection apparaît plus fréquemment dans les sols acides. L'incorporation au sol de chaux, qui fait baisser l'acidité, diminue l'incidence de la maladie.

**Aération du sol.** — Une mauvaise aération du sol favorise l'apparition de la maladie. C. W. WARDLAW fait remarquer que la formation

de la subérine est conditionnée par l'apport d'oxygène et de l'eau. Peut-être le manque d'air et la sécheresse agissent-ils en empêchant la formation des zones subérifiées destinées à faire barrière à l'infection.

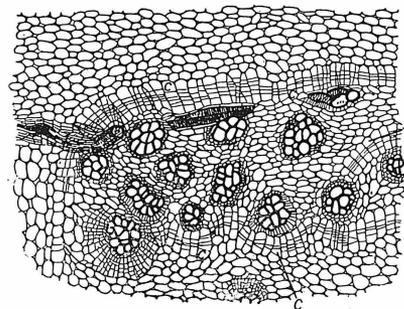
**Mesures d'éradication et de quarantaine.** — C'est à la Jamaïque que les mesures les plus sévères ont été prises. En 1931, une loi fut promulguée, enjoignant à toute personne possédant ou gérant une plantation de signaler à

la section de protection des végétaux, tout cas de maladie de Panama. Une zone infectée était délimitée, comprenant les plants malades et plusieurs rangées de plants sains les entourant. Les bananiers compris dans cette zone étaient détruits par le feu et il était interdit de transporter aucun matériel végétal hors de la zone, les instruments aratoires ainsi que les pieds des personnes et les pattes des animaux sortant de la zone mise en quarantaine devaient être désinfectés. Des inspecteurs étaient habilités à faire respecter cette loi. Malgré ces mesures la maladie s'est étendue à la Jamaïque.

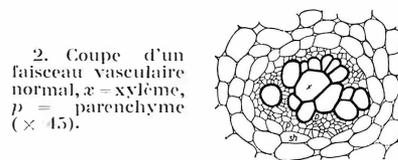
Pour détruire le matériel atteint, on a recommandé d'employer le gas oil lourd appliqué en pulvérisations. Ce traitement présente l'avantage d'éviter de remuer le sol pour déraciner les rhizomes et d'empêcher les souches traitées de produire des rejets. Le gas oil est appliqué aux surfaces de coupe et répandu autour des rejets de façon à pouvoir atteindre les yeux. Il convient de faire une application plus forte aux racines atteintes pour mieux les détruire.

La maladie se répand surtout par l'usage de matériel de plantation malade. Il importe, dans les territoires de l'Union Française, de ne pas utiliser de plants venant de régions infectées (Gros Michel de la Jamaïque, Sinensis des Canaries, etc...).

**Désinfection du sol.** — Au cours d'essais effectués en laboratoire, un certain nombre de produits se sont



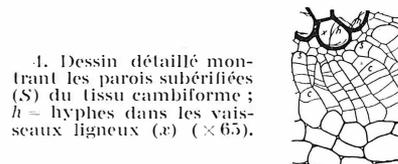
1. Coupe transversale dans des faisceaux vasculaires atteints, les formations cambiformes (*c*) sont présentées à la fois dans le parenchyme et les faisceaux vasculaires ( $\times 10$ ).



2. Coupe d'un faisceau vasculaire normal, *x* = xylème, *p* = parenchyme ( $\times 45$ ).



3. Coupe transversale dans un faisceau vasculaire atteint montrant les faisceaux infectés. *C*<sub>1</sub> = Début de formation cambiforme autour des vaisseaux. *C*<sub>2</sub> = Tissu cambiforme plus vieux. *C*<sub>3</sub> = Tissu cambiforme formé dans le parenchyme. *S* = Parois subérifiées ( $\times 45$ ).



4. Dessin détaillé montrant les parois subérifiées (*S*) du tissu cambiforme; *h* = hyphes dans les vaisseaux ligneux (*x*) ( $\times 65$ ).

FIG. 10. — Réactions dues à la présence dans le rejet de *F. oxysporum cubense* (d'après *Annals of Botany* et C.W. WARDLAW loc. cit.).

montrés nettement toxiques pour *F. oxysporum cubense*.

MEREDITH [16] signale l'iodure d'éthyle-mercure (0,0025 %), l'aldéhyde formique (0,04 %), le chlorure de mercure (0,05 %), l'acide carbolique (0,75 %) et le nitrite de sodium (0,5 %). Les doses indiquées sont les doses toxiques les plus basses.

L'« hortosan » a également donné des résultats encourageants.

D'après MEREDITH [15] le nitrate de soude inhibe la pénétration du parasite dans le sol. Cet auteur recommande l'application mensuelle de nitrate de soude près des racines principales à la dose de 60 g par pied.

C. W. WARDLAW [30] a rapporté en 1941, un nouveau procédé de désinfection qui consiste à submerger les plantations atteintes pendant un certain temps. Elles sont partagées en lots d'une dizaine d'hectares et les lots sont submergés à tour de rôle. Les champignons du sol ont besoin d'oxygène pour vivre. Si on recouvre de 60 cm d'eau, pendant un mois, un terrain infecté *F. oxysporum cubense* ne peut y vivre.

**Replantation de variétés résistantes.** — Pour replanter une zone ayant préalablement été infectée il est recommandé d'utiliser les variétés localement résistantes. Avant d'adopter une variété il faut étudier sa valeur commerciale (aspect, goût, valeur alimentaire), son comportement au cours du transport et du mûrissement, sa résistance aux basses tempé-

ratures et aux maladies apparaissant en conservation (black-tip, pourriture de la hampe, etc...).

On a cherché, par croisement de la variété Gros Michel avec des variétés résistantes, à créer des hybrides ayant la valeur commerciale de la première et la résistance des secondes. Certains ont donné d'assez bons résultats (I. C. 1, I. C. 2, S. A. 1).

**Amélioration du sol.** — Nous avons vu que l'état du sol était un facteur important de l'infection. Quand un sol risque d'être infecté on peut empêcher la maladie d'y apparaître en apportant à ce sol certaines améliorations :

L'addition de chaux, qui augmente le pH du sol est, depuis longtemps recommandée. G. D. SCARSETH [21] recommande d'enfouir la chaux jusqu'à 60 cm de profondeur, d'y adjoindre des engrais phosphatés et potassiques et de cultiver le sol avec *Crotalaria* ou *Stizolobium deeringianum*. THOROLD [24] fait ressortir l'importance de l'adjonction de matières organiques dans le cas du renouvellement de plantations abandonnées depuis longtemps. D'après lui, cet apport de matières organiques amène la réduction de *F. oxysporum cubense* par antagonisme des autres organismes du sol. En effet, MEREDITH [18] signale que de nombreux organismes du sol (surtout des Actinomycètes) inhibent sa croissance en culture. Enfin il convient d'assurer l'aération du sol, de surveiller de près le drainage et l'irrigation et d'y assurer la conservation d'une proportion suffisante d'humus.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] ARRUDA (S. C.). — Mal di Panama en Bernardino de Campos. Biologico V, 9, pp. 198-199, 1939.
- [2] DESLANDES (J.). — Doenças da Bananeira. Rodriguesia II, Num. Esp. (1936), pp. 199-206, 1937.
- [3] EDWARDS (W. H.). — Report on an agricultural survey in the Cayman Islands with notes on the more important pests and diseases which were found attacking economic plants in that dependency of Jamaica. Bull. Dep. Sci. Agric. Jamaica N.S. 13, 40 pp., 1938.
- [4] GREGORY (G. B.). — Report of the Department of Agriculture st Lucia 1937, 43 pp., 1939.
- [5] ROUCHER (H. H.). — Leaf spot Control Division. Rep. Dep. Sci. Agric. Jamaica 1941-42, pp. 11-12, 1942.
- [6] HELM (R.). — Observations et suggestions préliminaires concernant une mission récemment accomplie en Côte-d'Ivoire et en Guinée Française. Février 1939 (C. R. Acad. Sc. colon.).
- [7] MARTYN (E. B.). — Plant pathological Division. Banana leaf spot control division, loc. cit., p. 17. Rep. Dep. Agric. Jamaica 1942-43, p. 16, 1944.
- [8] KAMAT (M. N.). — Progress of plant pathological research in Bombay. Poona agric. Coll. Mag. XXXIII, 3, pp. 97-100, 1941.
- [9] KEBREAU (F.). — La maladie de Sigatoka et la maladie de Panama. Compte rendu du 1<sup>er</sup> Congrès des Agronomes et Spécialistes du Service National de la production agricole et de l'enseignement rural. Bull. Serv. Nat. Agric. Haïti 16, pp. 14-31, 1940.
- [10] LARTER (L. N. H.). — Report of the plant pathologist. Rep. Dep. Sci. Agric. Jamaica 1939-40, pp. 22-23, 1940.
- [11] Report of the Plant Pathologist :  
LARTER (L. N. H.). — Rep. Dep. Sci. Agric. Jamaica 1940-41, pp. 13-14, 1941.  
ROUCHER (H. H.). — Report of the leaf spot control officer, loc. cit., pp. 14-15.  
LEACH (R.). — Report of the leaf spot mycologist, loc. cit., p. 15.
- [12] MARTYN (E. B.). — Plant pathological division. Rep. Dep. Sci. Agric. Jamaica 1941-42, pp. 11-12, 1942.
- [13] MENON (J. G.). — Enfermedades del plátano del Guineo y del Rulo. Rev. Agric. S. Domingo XXX, 118, pp. 340-342, 1939.

- [14] MEREDITH (C. H.). — The Growth of *Fusarium oxysporum cubense* in the soil. *Phytopathology* XXXI, 1, pp. 91-93, 1941.
- [15] MEREDITH (C. H.). — The effect of sodium nitrate on *Fusarium oxysporum cubense*. *Phytopathology* XXXI, 6, p. 564, 1941.
- [16] MEREDITH (C. H.). — The effects of chemicals on *Fusarium oxysporum cubense* growing in the soil. *Phytopathology*, XXXII, 2, pp. 182-184, 1942.
- [17] MEREDITH (C. H.). — Mercury compounds applied to banana plants in the field. *Phytopathology*, XXXIII, 9, pp. 835-836, 1943.
- [18] MEREDITH (C. H.). — The antagonism of soil organisms to *Fusarium oxysporum cubense*. *Phytopathology*, XXXIV, 4, pp. 426-429, 1944.
- [19] MULLER (A. S.). — El reconocimiento de las enfermedades de la plantas cultivadas en Venezuela 1937-41. *Bol. Soc. Venez. Cien. nat.*, VII, 48, pp. 99-113, 1941.
- [20] PARHAM (B. E. V.). — Annual report on banana disease investigations 1934. *Bull. Dep. Agric. Fiji*, pp. 41-48, 1935.
- [21] SCARSETH (G. D.). — Reported control of Panama disease. *Daily Gleaner*, Kingston, Jamaica, 25 th, January 1945.
- [22] STELL. — Report of Mycologist 1935. *Rep. Dep. Agric. Trin. Tob.* 1934, pp. 47-50, 1935.
- [23] STELLÉ (F.). — Report of mycologist 1935. *Rep. Dep. Agric. Trin. Tob.* 1935, pp. 47-50, 1936.
- [24] THOROLD (C. A.). — Reported control of Panama disease. *Proc. Agric. Soc. Trin. Tob.*, XLV, 1, pp. 39-41, 1945.
- [25] WARD (F. S.). — Annual report of plant Pathologist for 1938. *Rep. Dep. Sci. et Agric. Jamaica* 1938, pp. 90-93.
- [26] WALTERS (E. A.). — Report on the agricultural Department St. Lucia 1934, 45 pp., 1935.
- [27] WARDLAW. — Banana diseases XI. Notes on some plantation diseases in Guadeloupe. *Trop. Agriculture*, Trin., XIV, 10, pp. 279-280, 1937.
- [28] WARDLAW (C. W.). — Banana diseases XII. Diseases of the banana, in Haiti, with special reference to a condition described as plant failure. *Trop. Agric. Trin.*, XV, 12, pp. 276-282, 1938.
- [29] WARDLAW (C. W.). — Banana diseases XIII. Further observations on the condition of banana plantations in the Republic of Haiti. *Trop. Agriculture Trin.*, XVII, 7, pp. 124-127, 1940.
- [30] WARDLAW (C. W.). — The banana in central America IV. Panama disease *Nature Lond.*, CXL, VII, 3726, pp. 380-81, 1941.
- [31] WARDLAW (C. W.). — Banana research at the Imperial College of Trop. Agriculture B. W. I. *J. R. Soc. Arts*, XC, 4621, pp. 644-653, 1942.
- [32] WATERS (H. B.). — Report of the Departement of Agriculture, Gold Coast for the year 1939-40, 6 pp., 1940.
- [33] WATERS (H. B.). — Report of the Department of Agriculture, Gold Coast for the year 1940-41, 106 p., 1941.
- [34] WORTLEY (E. J.). — Trinidad and Tobago administration report of the Director of agriculture for the year 1938, 85 pp., 1939.
- [35] X... — Report of the agricultural department Dominica 1936. *Trin. Imp. Col. Trop. Agric.*, 32 pp., 1937.
- [36] X... — Report of the Agricultural department Dominica. *Imp. Col. Trop. Agric. Trinidad* 1939.
- [37] X... — Report of the agricultural Department, Dominica 1939, 17 pp., 1940.
- [38] X... — Report of the Department of Agriculture St. Lucia 1941, 12 pp., 1942.
- [39] X... — Report of the Department of Agriculture St. Lucia 1942, 14 pp., 1943.
- [40] X... — Southern Rhodesia Gov. notices 184-187, 7 pp., 9 avril 1943.
- [41] X... — Report of the Department of Agriculture St. Lucia 1943, 16 pp., 1944.
- [42] X... — Report of the Agricultural Department, Dominica 1943, 9 pp. 1944.
- [43] X... — Service and regulatory announcements, October-December 1943. Plant quarantine import restrictions, Republic of Mexico S.R.A., B.E.P.Q., U.S., Dep. Agric., p. 42, 1944.
- [44] X... — Service and regulatory announcements, April to June 1945. S.R.A., B.E.P.Q., U.S. Dep. Agri., pp. 30-35, 1945.
- [45] X... — Annual report of the Department of Agriculture Jamaica, for the year ended 31 st March 1944, 16 pp., 1945.