

## Recherches sur le *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes.

### IV. Développement du champignon sur la Tomate en fonction de l'âge de la plante et de ses racines

par PIERRE DAVET (\*)

*Phytopath. medit.* (1972), 11, 103-108

#### Introduction

Le *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes se manifeste rarement sur des tomates jeunes, en voie de développement végétatif actif. Bien que capable d'activité parasitaire à tous les stades végétatifs et doté d'un réel pouvoir pathogène (Davet, 1970), il se révèle surtout sur des plantes en cours de fructification, comme si les racines, à ce stade, devenaient subitement plus sensibles. Une étude des modifications de la composition chimique des racines étant actuellement hors de notre portée, nous allons tenter d'obtenir une explication de ce phénomène d'une manière indirecte.

#### Matériel et méthodes

Comme dans tous les travaux précédents, nous utilisons un isolement de *C. coccodes* provenant de racines de tomates récoltées à Jyé (Liban). Lorsque le cultivar de tomate n'est pas précisé dans le texte, il s'agit du cv. Marmande. Nous avons aussi employé le cv. Moneymaker dans quelques essais.

Les plantes sont inoculées lorsqu'elles ont un mois et demi à deux mois, en trempant leurs racines, non blessées, dans des suspensions de spores. Des essais préliminaires nous ont conduit à fixer le temps du trempage à 24 heures: cette durée peut être notablement réduite, mais on obtient alors des taux d'infection plus faibles, sans doute parce que les filaments germinatifs issus des conidies n'ont pas eu le temps de se fixer solidement aux racines par leurs appressoria. De autres tests nous ont montré que les taux d'in-

fection sur les racines ne variaient pas beaucoup lorsque la concentration des suspensions de conidies passait de 1 à 100 spores par ml. Nous avons utilisé des concentrations d'environ 10 spores par ml, obtenues à partir de cultures âgées de 12 jours.

Après inoculation, les tomates sont placées dans des pots, de 12,5 ou de 20 cm de diamètre selon la durée prévue de l'expérience, contenant un sol argilo-sableux, de pH voisin de 7, non stérilisé, mais exempt de *C. coccodes*.

Pour les isollements nous employons un milieu à base de pomme de terre (P.D.A.) additionné de streptomycine (30 mg/l) et d'acide citrique (100 mg/l).

#### Résultats

a) Rapidité de l'extension du *C. coccodes* dans les racines. Les tomates sont inoculées, puis mises dans des pots. Toutes les 24 heures, 5 plantes sont arrachées avec précaution et lavées. Vingt huit fragments de racines de 5 mm de long sont prélevés au hasard sur chacune d'elles et mis en culture après désinfection superficielle par agitation dans de l'hypochlorite de sodium à 5 % pendant 2 min 1/2, destinée à exclure les conidies dont les tubes germinatifs n'auraient pas pénétré à l'intérieur des racines. Les taux de réisolement des premiers prélèvements correspondent vraisemblablement au pourcentage de fragments de racines ayant réellement été infectés par un tube germinatif. Ces taux de réisolement sont d'abord assez bas, puis après une phase stationnaire d'environ 3 jours, le nombre de fragments de racines fournissant du *C. coccodes* s'accroît de façon très sensible, marquant le début du développement du champignon

(\*) Avec la collaboration technique de N. Abou Hadir.

TABLEAU I. - Evolution du taux d'infection des racines dans les premiers jours qui suivent l'inoculation (résultats de 2 essais comprenant 5 plantes par série).

TABLE I. - Rate of root infection in the first days after inoculation (results from 2 tests including 5 plants per series).

Jours après l'inoculation Days after inoculation no.	Fragments ayant fourni le <i>C. coccodes</i> Fragments yielding <i>C. coccodes</i>	
	no.	%
0	11	3,9
1	16	5,7
2	10	3,6
3	40	14,3
4	95	33,9
6	98	35,0

à l'intérieur de la plante (Tableau I). Cependant, aucune trace d'infection n'est visible à ce moment et les racines paraissent saines.

b) Variation du taux d'infection des racines selon leur âge. Des tomates sont inoculées par trempage dans une suspension de conidies puis plantées dans des pots. Quelques jours plus tard (2 à 7 jours selon les essais) elles sont arrachées avec précaution et lavées. Leurs racines sont séparées en 3 lots: petites racines (moins de 1 mm diamètre), racines latérales moyennes (plus de 1 mm de diamètre), racines principales. Des segments de 5 mm sont prélevés dans la zone subéifiée des deux premières catégories, ainsi que des fragments de taille équivalente des racines principales, désinfectés superficiellement et mis en culture. Le pourcentage des thalles du *C. coccodes* obtenus est maximum sur les racines principales (Tableau II). Un essai dans lequel l'infection est réalisée non plus à partir de spores mais en plantant les tomates dans de la terre artificiellement contaminée conduit à la même conclusion.

c) Variation du taux de fixation le long d'une racine. Dans cette série particulière d'essais, nous avons opéré dans des conditions aseptiques. Les tomates sont semées dans de la terre autoclavée. Elles sont arrachées 7 à 8 semaines plus tard et lavées soigneusement. Toutes les racines sont sectionnées au ras de la racine principale avec des ciseaux flambés. La base des plantes est ensuite rincée à l'alcool, puis à l'eau stérile, et enfin plongée dans de la

solution de Knop autoclavée dans des flacons de verre teinté, à travers une ouverture pratiquée dans le bouchon. Au bout de 2 semaines un nouveau système racinaire s'est formé. Les bouchons sont alors dévissés et les tomates sont trempées, toujours enfilées dans les bouchons, dans une suspension de conidies du *C. coccodes*. Aussitôt après l'inoculation, les racines sont agitées dans de l'eau stérile pour éliminer les conidies qui ne se seraient pas fixées. Puis de petits fragments sont prélevés aseptiquement sous la loupe binoculaire dans les parties suivantes: coiffe, zone d'élongation, zone pilifère, zone en voie de subéification, base de la racine. Ces fragments, de taille équivalente, sont lavés à l'eau stérile puis mis directement en culture sans désinfection préalable. Les thalles que l'on obtient après incubation proviennent donc à la fois des conidies fixées superficiellement et de celles dont les filaments germinatifs ont déjà pénétré dans les tissus. Toutes les parties de la racine fournissent des thalles du *C. coccodes* (Tableau III), les proportions augmentant depuis l'apex jusqu'à la base.

d) Variation de la sensibilité des plantes selon leur âge. Des tomates semées à des dates décalées de 2 en 2 semaines sont inoculées simultanément par une même suspension de spores. Elles sont ensuite plantées chacune dans un pot et conservées pendant un mois et demi à l'extérieur sous une exposition favorable. Leurs racines sont alors prélevées, lavées et triées sous la loupe afin de séparer les portions saines des portions d'aspect brun et malade. Les lots sont pesés séparément après séchage à l'air. On constate que la proportion de racines brunes au moment du prélèvement est d'autant plus élevée que les plantes étaient plus vieilles lors de l'inoculation (Fig. 1).

e) Croissance des racines de la tomate. Le développement du système racinaire est suivi chez deux cultivars de Tomate, 'Marmande' et 'Moneymaker', en prenant comme critère le poids des racines soigneusement lavées et séchées à l'air jusqu'à stabilisation. Les plantes, âgées de 5 à 6 semaines, sont repiquées dans des pots de 20 cm de diamètre et soumises à deux sortes de traitements: dans un lot, les bourgeons axillaires sont pincés et toutes les fleurs sont coupées au fur et à mesure de leur apparition, dans un autre lot les bourgeons axillaires sont pincés mais on laisse les fleurs se développer et former des fruits. Les plantes des deux lots sont

TABLEAU II. - Degré d'infection des racines par le *C. coccodes* en fonction de leur taille, quelques jours après l'inoculation (moyennes de 5 répétitions de 2 plantes).

TABLE II. - Degree of root infection by *C. coccodes* with respect to their size, a few days after inoculation (average of 5 replicates of 2 plants).

	Petites racines <i>Small roots</i>	Racines moyennes <i>Medium roots</i>	Racine principale <i>Tap roots</i>
% de fragments ayant fourni le <i>C. coccodes</i> . . . . .	12,4	29,3	37,6

TABLEAU III. - Étude de la fixation du *C. coccodes* sur les jeunes racines (moyennes de 5 essais comprenant chacun 3 plantes).  
TABLE III. - Study of the establishment of *C. coccodes* on young roots (average of 5 tests each including 3 plants).

	Coiffe Root cap	Zone d'élongation Elongation zone	Zone pilifère Root-hair zone	Zone subérifiée Suberized area	Base Base
% de fragments ayant fourni le <i>C. coccodes</i> . . . . .	30,7	35,0	59,7	62,9	65,5

disposées au hasard dans une serre. Des échantillons de 3 plantes sont prélevés dans chaque catégorie à des intervalles de 10 à 15 jours.

Pour chaque variété, l'ablation ou la conservation des fleurs n'entraîne d'abord pas une évolution différente du système racinaire. Par contre, dès le début de la formation des fruits, on note une très grande différence dans le comportement des deux lots: la mise à fruits ralentit en effet très fortement (Fig. 2) ou même arrête complètement (Fig. 3) le développement des racines. Au contraire, chez les plantes dont la fructification n'a pas été permise, le système racinaire continue à se développer d'une façon exponentielle.

f) Influence de l'état physiologique des plantes sur l'expression des symptômes. Des tomates de la cultivar 'Moneymarker' sont inoculées au moment de la formation du premier bouquet floral, puis plantées dans des pots et maintenues dans une serre. Elles sont réparties au hasard en 3 lots de 7 individus, qui reçoivent les traitements suivants:

- fleurs et fruits conservés;
- fleurs conservées, fruits supprimés;
- fleurs supprimées.

Les plantes sont arrachées 14 semaines plus tard et leurs racines sont triées et pesées. Nous constatons (Tableau IV) comme dans l'essai précédent que le poids total des racines du lot dont les fruits ont été conservés est très nettement inférieur au poids des racines des deux autres lots. En outre, dans ce traitement, le pourcentage de racines brunes est très significativement supérieur au pourcentage obtenu avec les deux autres traitements. Il n'y a pas de différence significative entre les indices selon que les fleurs sont coupées avant la nouaison ou quelques jours après.

g) Evolution d'infections expérimentales en plein champ. Des tomates sont inoculées en les repiquant dans des petits pots contenant de la terre et 100 g de blé concassé ensemencé un mois auparavant avec le *C. coccodes*. Elles sont mises en pleine terre un mois plus tard. Des prélèvements sont faits à des intervalles d'environ 15 jours pour l'examen et la pesée des racines. Les conditions de cet essai, réalisé à Tell Amara (Béqaa), ont déjà été exposées en détail, avec une partie des résultats (Davet, 1970).

Si l'on suit l'évolution du poids total des ra-

cines en fonction du temps, on obtient comme dans les expériences précédentes une courbe qui croît d'abord rapidement, puis qui arrive à un palier au moment de la fructification. Si l'on considère maintenant non plus le poids total des racines mais le poids des racines brunes, on constate qu'il augmente d'une façon très régulière du début à la fin de l'expérience: on peut en pratique assimiler la courbe à une droite. Un autre essai réalisé à Fanar (zone littorale) nous a donné un résultat identique (Fig. 4 et 5). Dans ces expériences, la progression du *C. coccodes* dans les racines est donc continue et indépendante du stade physiologique atteint par la tomate.

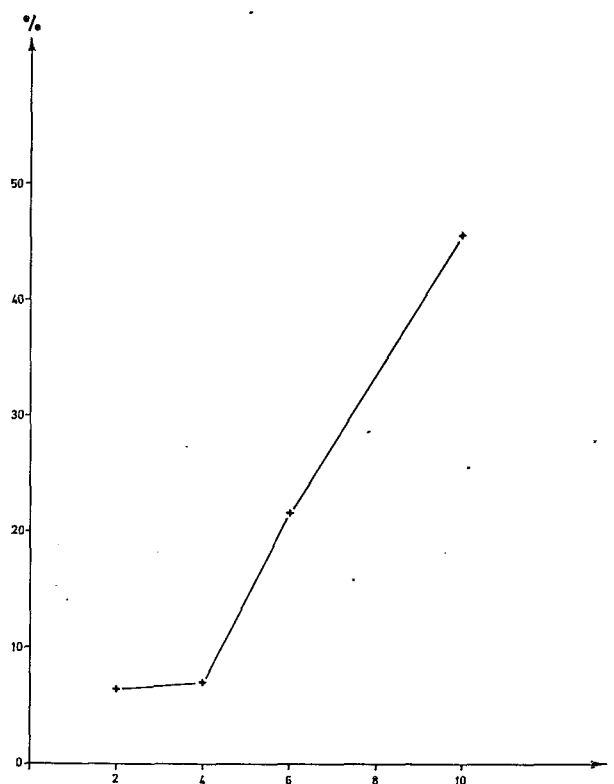


Fig. 1. - Influence de l'âge de la plante au moment de l'inoculation sur la sensibilité de ses racines au *Colletotrichum coccodes*. L'âge est compté en semaines sur l'axe des abscisses et l'évaluation de la maladie est représentée sur l'axe des ordonnées par le pourcentage du poids de racines brunes.

Fig. 1. - Influence of plant age at inoculation on root susceptibility to *Colletotrichum coccodes*. Plant age is expressed in weeks on the abscissae and disease assessment is plotted on the ordinates by weight percentage of brown roots.

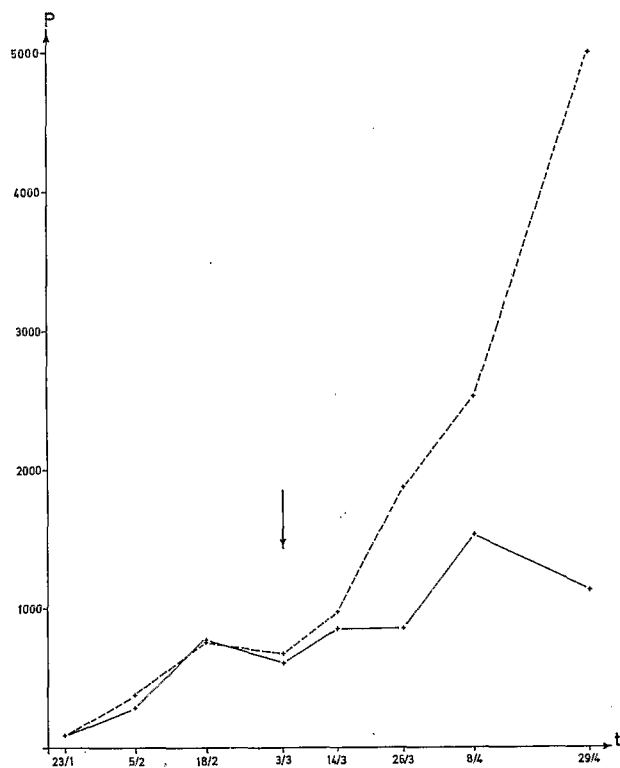


Fig. 2. - Évolution du poids des racines en fonction du temps chez le cv. Marmande. Les dates des prélèvements sont portées en abscisses et les poids en mg en ordonnées. Le graphique en traits pleins correspond aux plantes auxquelles les fruits sont laissés, le graphique en traits tiretés correspond aux plantes dont on supprime les fruits au fur et à mesure de leur apparition. La flèche verticale marque le moment où apparaissent les premiers fruits.

Fig. 2. - Increase of root weight as a function of time in the cv. Marmande. Time of sampling is plotted on the abscissae and the weights, expressed in mg, on the ordinates. The solid line graph refers to plants with fruits, whereas the dashed line graph refers to plants whose fruits have been removed as soon as they set. The vertical arrow indicates setting of the first fruits.

### Discussion

Le pourcentage de fragments de racines d'où l'on peut isoler le *C. coccodes* croît pendant les jours qui suivent l'inoculation. Cela indique que le champignon est capable de pénétrer dans le système racinaire et de commencer à s'y développer rapidement. Ce développement n'est pas égal dans toutes les racines: plus elles sont épaisses, c'est-à-dire, d'une façon générale, plus elles sont anciennes, plus elles fournissent de thalles du champignon. Ceci est en accord avec les observations faites sur des tomates prélevées en plein champ: on observe plus de sclérotés sur les racines principales et à leur voisinage immédiat que dans les parties les plus jeunes du système racinaire. Cependant les conidies du *C. coccodes* sont capables de se fixer à tous les niveaux d'une racine de tomate: ceci n'implique pas que la pénétration soit possible, et l'observation au microscope d'apex de racines écrasés ne montre pas de développement du champignon. Il est intéressant cependant de constater que la fixation des

conidies est possible, sachant que les appressoria sont considérés comme une forme de résistance (Forlot, 1965) permettant d'attendre des conditions locales plus propices. En fait, c'est dans les régions subérifiées des racines que le champignon semble trouver le milieu le plus favorable. Ceci permet d'expliquer pourquoi, toutes choses égales par ailleurs, les plantes les plus âgées au moment de l'inoculation présentent le plus grand pourcentage de racines brunes. C'est qu'en effet la proportion relative de leurs organes subérifiés est beaucoup plus grande que celle de plantes jeunes. Pour cette raison, il est préférable d'utiliser pour des inoculations expérimentales par le *C. coccodes* des tomates âgées de plusieurs semaines plutôt que des plantules de quelques jours: pour des durées d'expérience égales, on obtient des résultats beaucoup plus nets dans le premier cas.

L'évolution du système racinaire des tomates dépend du stade physiologique auquel les plantes sont parvenues. Après une période de développement exponentiel, la croissance du système racinaire cesse presque complètement au moment où les fruits commencent à se former. Il s'agit d'un phénomène de compétition trophique, les réserves nutritives de la plante étant mises à contribution pour le développement des fruits. A ce moment, le vieillissement des racines déjà formées n'est plus compensé par l'apparition de racines nouvelles relativement résistantes à la maladie. Il s'ensuit une augmentation rapide de l'indice de maladie, calculé comme le rapport entre le poids de racines brunes (qui continue à croître régulièrement) et le poids total des racines (qui devient constant). Cette hausse brutale du pour-

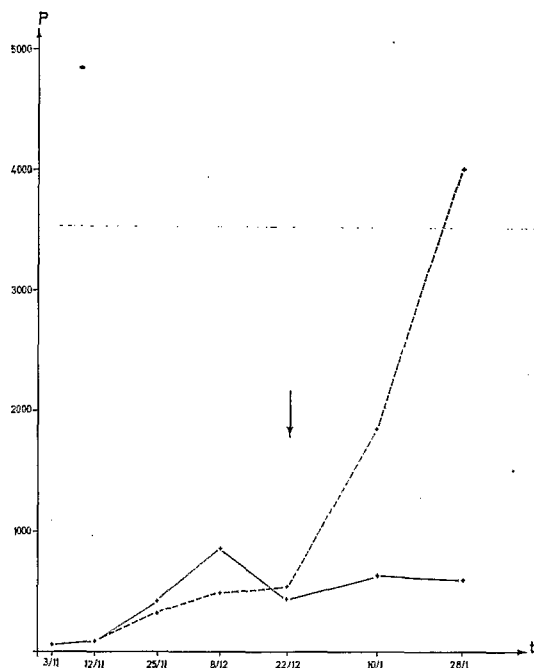


Fig. 3. - Évolution du poids des racines en fonction du temps chez la cultivar Moneymaker. La légende est la même que pour la Fig. 2.

Fig. 3. - Increase in root weight as a function of time in the cv. Moneymaker. The caption is as for Fig. 2.

TABLEAU IV. - Influence de l'état physiologique des plantes sur l'expression des symptômes. Les poids sont donnés en mg et correspondent aux systèmes racinaires de 7 plantes pour chaque série, après séchage à l'air.

TABLE IV. - Influence of the physiological conditions of plants on symptom expression. Weights are expressed in mg and correspond to the root system of 7 plants for each series after drying in the air.

	Fleurs et fruits conservés <i>Maintained flowers and fruits</i>	Fleurs conservées fruits supprimés <i>Maintained flowers fruits removed</i>	Fleurs supprimées <i>Flowers removed</i>
Poids des racines brunes . . . . .	1.155	1.430	2.039
Poids des racines saines . . . . .	826	2.474	2.518
Poids total des racines . . . . .	1.981	3.904	4.557
Pourcentage de racines brunes . . . . .	58,3	36,6	44,7

centage de racines brunes ne correspond pas à une progression subitement accrue du parasite lorsque se forment les premiers fruits, elle reflète simplement un changement dans le développement de la plante-hôte, indépendant de tout parasitisme.

L'expansion du *C. coccodes* sur les racines de la tomate paraît suivre dans nos essais une loi linéaire. Il importe de bien préciser les conditions

dans lesquelles ce résultat a été obtenu: l'inoculation est réalisée en repiquant les tomates dans de petits pots contenant de la terre contaminée; puis les plantes sont mises en place en pleine terre dans un sol sain, avec la motte. L'inoculum est donc limité à la motte d'origine et le champignon se développe à partir d'un seul foyer. On n'aurait certainement pas obtenu une progression linéaire si les tomates avaient été plantées dans un sol uniformément contaminé (multiplication des foyers d'infection) ou si elles avaient été mises dans des pots où les racines doivent se développer dans un volume de terre limité.

Il serait intéressant de vérifier avec d'autres hôtes et d'autres parasites si l'on obtient des courbes de développement du même type. Un champignon comme le *Pyrenochaeta lycopersici* Schneider et Gerlac, bien que plus pathogène que le *C. coccodes*, conviendrait mal à ce genre d'essais

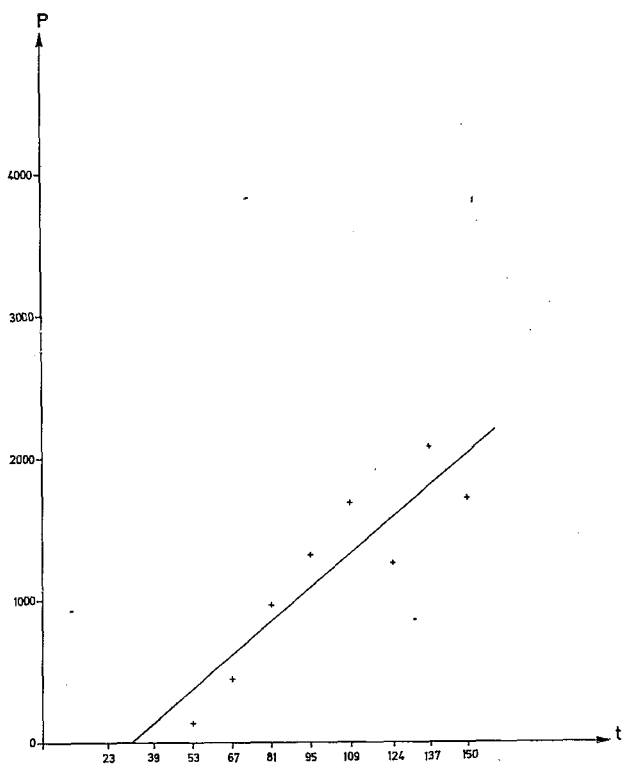


Fig. 4. - Évolution en fonction du temps du poids de racines brunes dans un essai d'inoculation en plein air de tomates par le *Colletotrichum coccodes* à Tell Amara (Béqaa). Les chiffres portés en abscisses représentent le nombre de jours écoulés depuis la inoculation. Les poids de racines brunes sont donnés en mg sur l'axe des ordonnées.

Fig. 4. - Increase in brown root weight as a function of time in a field test on tomatoes plants inoculated with *Colletotrichum coccodes* at Tell Amara (Béqaa). Figures on the abscissae are the number of days after inoculation. The weights of brown roots are expressed in mg on the ordinates.

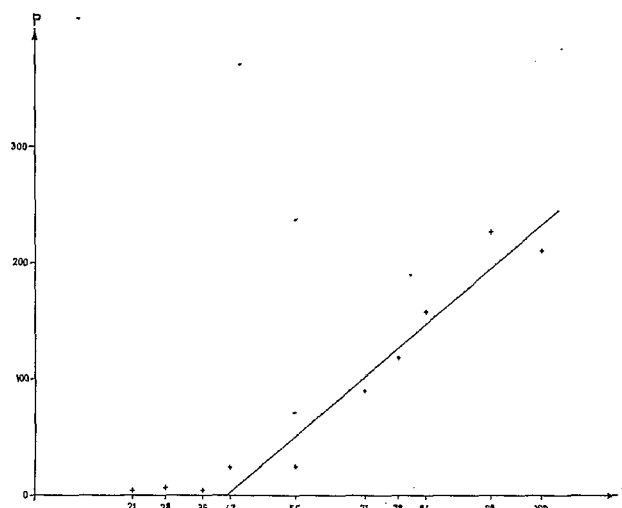


Fig. 5. - Evolution en fonction du temps du poids de racines brunes dans un essai d'inoculation en plein air de tomates par le *Colletotrichum coccodes* à Fanar (littoral). La légende est la même que pour la Figure 4.

Fig. 5. - Increase in brown root weight as a function of time in a field test on tomatoes inoculated with *Colletotrichum coccodes* at Fanar (coastal area). The caption is as for Fig. 4.

à cause de sa très faible vitesse de progression à partir de la motte d'origine (Last et Ebben, 1966, et résultats non publiés).

#### Remerciements

Nous remercions notre collègue J. Dejardin pour ses indications en matière de statistiques, et M. G. Sardy pour la mise au propre des graphiques.

#### Résumé

Des inoculations expérimentales de Tomate par le *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes ont permis d'établir que ce champignon est capable de pénétrer et de se développer assez rapidement dans des racines jeunes. Le taux de fixation des conidies augmente depuis l'apex jusqu'à la base subérifiée des racines, et le pourcentage de fragments de racines colonisés est d'autant plus élevé que ces racines sont plus anciennes.

Le poids des racines formées par un plant de tomate croît d'une façon exponentielle jusqu'au début de la fructification, puis il devient à peu près stationnaire. Le *C. coccodes*, quant à lui, progresse sur les racines d'une façon régulière (linéaire dans certains cas). Le rapport entre le poids des racines malades et le poids total des racines augmente donc brusquement au début de la phase stationnaire. L'ablation des fruits, en faisant disparaître cette phase stationnaire, supprime cette intensification apparente de la maladie.

#### Riassunto

RICERCA SU *COLLETOTRICHUM COCCODES* (WALLR.) HUGHES. IV. SVILUPPO DEL FUNGO SU POMODORO IN FUNZIONE DELL'ETA DELLA PIANTA E DELLE SUE RADICI

Infezioni artificiali eseguite con *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes hanno permesso di stabilire che il fungo è capace di penetrare e di svilupparsi assai rapidamente entro giovani radici di Pomodoro. La percentuale di conidi fissati aumenta mano a mano che ci si allontana dall'apice verso la base suberificata delle radici. Più vecchia è la radice, più alta è la percentuale di frammenti di radici colonizzate.

In condizioni normali, il peso dell'apparato radicale di una pianta di pomodoro aumenta secondo

una curva esponenziale fino all'inizio della formazione dei frutti; dopo tale fase l'aumento di peso è pressoché costante. La colonizzazione delle radici ad opera di *C. coccodes* è d'altra parte molto regolare (la curva di sviluppo può essere talvolta una linea retta). Il rapporto tra peso di radici malate e peso totale delle radici aumenta perciò bruscamente quando ha inizio la fase stazionaria di crescita e cioè quando i frutti cominciano a formarsi. L'asportazione precoce dei frutti determina la scomparsa della fase stazionaria e di conseguenza anche l'apparente intensificarsi della malattia.

#### Summary

RESEARCH ON *COLLETOTRICHUM COCCODES* (WALLR.) HUGHES. IV. DEVELOPMENT OF THE FUNGUS ON TOMATO IN RELATION TO PLANT AND ROOT AGE

*Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes has been proved able to penetrate into and to grow rather quickly in young tomato roots. The percentage of fixation of germ-tubes appressoria on the roots rises from the apex to the origin of the roots. The older is the root, the higher is the percentage of root fragments actually colonized a few days after inoculation.

In normal conditions, the weight of the root system of a tomato plant grows following an exponential pattern until the beginning of fruit setting, and then becomes almost constant. On the other hand, root colonization by *C. coccodes* is performed in a regular way (the development curve may be a straight line in some instances). The ratio between the weight of diseased roots and the total weight of roots therefore suddenly rises at the beginning of the stationary phase, at fruit setting. Preventing fruit to develop by early cutting, suppresses this stationary phase and consequently suppresses this apparent increase of the disease.

#### BIBLIOGRAPHIE

- DAVET P., 1970. - Le *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes au Liban. *Phytopath. medit.*, 9, 29-34.
- FORLOT P., 1965. - Contribution à l'étude de *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes. Thèse, Fac. Sci. Nancy.
- LAST F. T., M. H. EBEN, 1966. The epidemiology of tomato brown root rot. *Ann. appl. Biol.*, 57, 95-112.

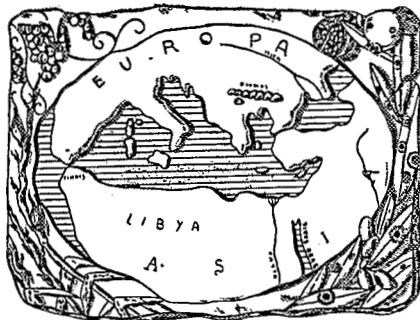
4

INSTITUT LIBANAIS DE RECHERCHES AGRONOMIQUES,  
LABORATOIRE DE PHYTOPATHOLOGIE ET MISSION O.R.S.T.O.M. AU LIBAN,  
JDEÏDEH EL METN - FANAR, LIBAN

PIERRE DAVET

**Recherches sur le *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes.  
IV. Développement du champignon sur la Tomate  
en fonction de l'âge de la plante et de ses racines**

*Extrait de "Phytopathologia Mediterranea",  
Vol. XI - n. 2, 1972 - pag. 103-108*



**EDIZIONI AGRICOLE BOLOGNA - ITALIA**

Quadrimestrale - Spedizione in abbonamento postale - Gruppo IV

18 SEP. 1973  
O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n°

6328 Phyto