

西瓜の蔓割病(麥凋病)に関する病理學的研究. I. FUSAKIUM NIVEUM の寄主侵入法

吉井, 甫
九州帝國大學農學部植物病理學教室

<https://doi.org/10.15017/20850>

出版情報：九州帝國大學農學部學藝雜誌. 5 (3), pp.313-326, 1933-02. 九州帝國大學農學部
バージョン：
権利関係：



西瓜の蔓割病(萎凋病)に 關する病理學的研究 I.

FUSARIUM NIVEUM の寄主侵入法

吉 井 甫

(昭和八年一月二十一日受理)

從 來 の 研 究

植物の萎凋病を起す *Fusarium* 菌の寄主侵入の門戸については、古來單なる觀察又は大まかな實驗の結果より極めて漠然と根毛又は細根より侵入するものであらうとせられて來たのであつて、かくの如き觀察をなした研究者を擧げるに切りがない程である。

この問題について初めて詳細なる實驗を行つたのは BRANDES, E. W. (1) 氏であつて、同氏によれば、“Banana wilt” に於ては病原菌なる *Fusarium cubense* は、根に對しては根冠又はその附近の幼組織より侵入する、而して根毛はその侵入門戸に非ずとした。これより先き TISDALE W. H. 氏 (9) は實驗的に萎凋病を起させた亞麻の根毛内に侵入してゐる病原菌 (*F. lini*) の菌絲を發見し、これによつて根毛がその侵入門戸であるとした。なほ同氏は甘藍の黃萎病 (Cabbage yellows) に於ても同様の觀察をした。DHARMARAJULU, K. 氏 (3) は、棉の萎凋病菌 (*F. vasinfectum*) はやゝ生長した根の表面の栓質化した組織を通過して侵入し得ることを報告した。FAHMY, T. M. 氏 (4) (DHARMARAJULU 氏による) によれば棉の萎凋病菌は寄主の根冠部より侵入をなすものであると云ふ。SMITH, R. 及び WALKER, J. C. 兩氏は甘藍黃萎病の病原菌なる *Fusarium conglutinans* の寄主侵入法について研究をしたが、その結果によれば、この病原菌は甘藍苗の根の根冠附近を通じて幼組織に侵入すること最も多く、根毛よりの侵入は考慮を値せざるものであると云ふ。

西瓜の蔓割病については、古く SMITH, E. F. (7) 氏は病原菌は寄主の地下部より侵入することしたのであつた。PORTER, D. R. 氏 (6) は病原菌なる *Fusarium niveum* が西瓜に侵入するに際しては地上部或は地下部の傷口及び胚軸等もその侵入門戸となり得ることを證し、なほ根毛もその門戸であると稱へた。同氏の根毛に關する實驗は、要約するに、殺菌した種子に病

原菌を附着せしめて 植木鉢に培養したのに、これに 萎凋病を なつたものがありかつその根毛内には菌絲が存在してゐた云ふのであるが、この實驗は甚だ不完全である云はなければならぬ。

實 驗 方 法

接種に供した病原菌なる *Fusarium nivium* は奈良縣農事試驗場より分譲せられたものであつて、その寄生性は豫め試驗済である。この菌を麴寒天上に扁平培養して菌絲を旺盛に發育せしめた後、豫め催芽させて幼根が數糎に伸長し、根毛がやや生え揃つた程度の西瓜の幼苗を靜かにその上にのせて 23 度内外の溫度に保つた温室に入れた。かくて菌絲の伸長を待つて、幼根の周圍に纏ひついた菌絲及びその附近の寒天をも含めて幼根を靜かに取出して固定した。かくして得た材料をパラフィンに封じ、縦或は横に 5 ミクロンの厚さに切り HEIDENHAIN 氏ヘマトキシリン及びエオジンで染色鏡檢したのである。なほ菌の侵害に對して抵抗的に働く寄主の防衛組織の形成を知る爲にスダン III 及びメチレン青の染色法を行つた。接種時間は最初の時は (10) 20 時間 乃至 48 時間であつたが、その後根冠部に對しては甚だ短時間で侵入するものであることを知つて 16 時間、19 時間、21 時間毎に固定したのである。

結 果

根 冠

病原菌の菌絲は根冠の表面に到達するや最初その表面に沿つて伸長しつひに根冠の細胞間隙に侵入する (Fig. 1)。侵入を受けた部分の細胞には最初は何等變狀を認めないが後次第に壞疽を來してつひに原形質は全く變質し、更に進んでは細胞膜も分解せられて全く原形を止めない様になる。菌絲は最初細胞間隙に多く發達してゐるが細胞の變質後はその内に侵入して甚しく繁殖するに至る。

根冠部の成組織内に於ては、かくの如く菌絲は最初細胞間隙に發達するこゝが多いのであるが、更に繁殖して根冠の起原部即ち原始分裂組織に移行する幼組織へ進むに及んで、菌は細胞間隙を侵すのみならず、組織侵害の當初より細胞膜を破壊して進むものゝ様である。

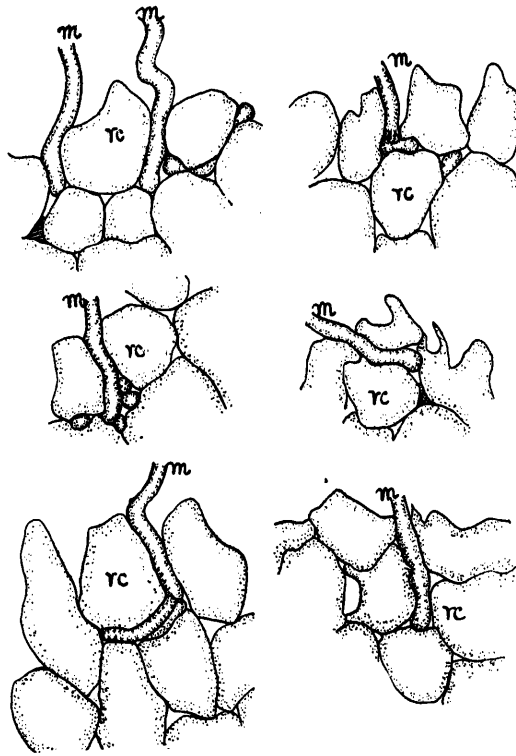


Fig. 1. 根冠部の横断圖。— 菌絲 (m) は根冠細胞 (rc) の間隙に侵入する。圖はすべて下方部が根の中心である

原始分裂組織 (primordial meristem) 及び

初生分裂組織 (primary meristem)

これらの幼組織に對しては、根冠部より侵入した菌が漸次移行して來て次第にこれを侵すか、又は側方の根冠基部より侵入をなすものでこの際には菌絲は最初細胞中間膜を破つて表皮元に侵入するのである。かくして一度之等の組織内に侵入したる後に於ては、菌絲は細胞間を伸長する一方容易に生細胞内に侵入してこれを死滅せしめるものである (Fig 3, 4)。

かくて分裂組織を甚しく侵したる菌絲は上方 (又は中央) へミ伸長をなし、外部の基本組織元 (ground meristem) を通過してつひに維管束元 (protoderm) 附近及びその内部の基本組織元に侵入するに至る。維管束元附近及びその内方に侵入し了つた菌絲は心柱部の細胞間隙又は導管内を上方へミ繁殖蔓延するに至るのである (Fig. 5, 6, 7)。

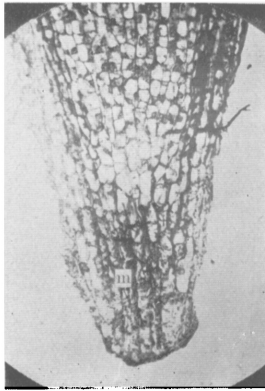


Fig 2.

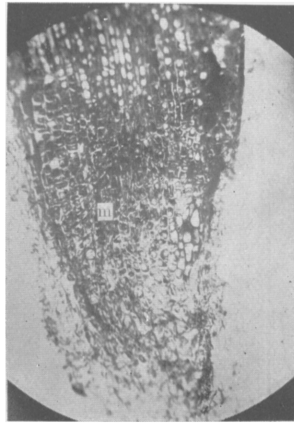


Fig 3.

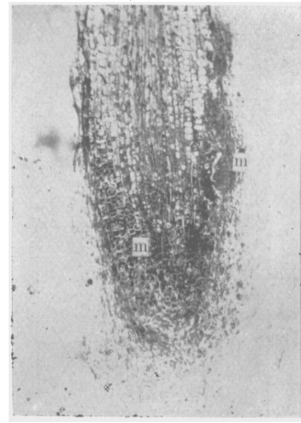


Fig 4.

Fig. 2.— 根冠部に侵入せる菌絲

Fig. 3.— 根冠部より來りたる菌絲に激しく侵されつゝある幼組織

Fig. 4.— 先端及び側方より侵されつゝある幼組織

Fig. 2, 3, 4 はいづれも縦斷圖, m は菌絲

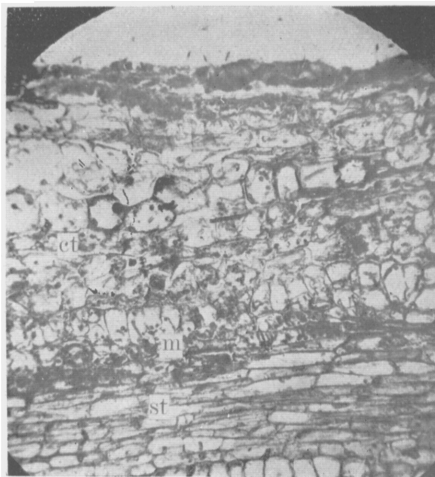


Fig 5.



Fig 6.

Fig 5. 6.— 若き内皮を侵して心柱 (st) 内に侵入したる菌絲 (m)

いづれの圖も縦斷面を示し, 左方が根の基部, ct は皮部,

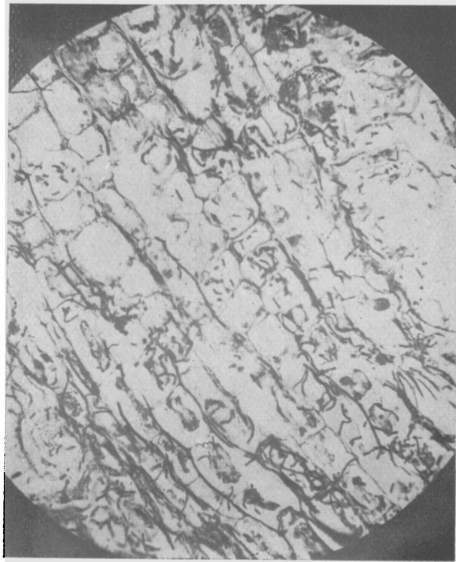


Fig 7.— 幼き皮部の縦断面。菌絲は細胞間又は細胞内を
左上方（根の基部）へさ伸長してゐる

初 生 永 久 組 織 (primary permanent tissue)

(I) 幼 期

初生分裂組織の分化によつて漸くその大體の完成を見た様な若い初生永久組織に對して本菌が侵害をする際には、前記同様根表皮 (piliferous layer) 及び外部基本組織 (皮部) は先づ細胞間隙を先頭として外部より次第に侵されて腐敗するに至る。併しながらその内方に存せる内皮は急激なる早期栓質化をなすに至り、その結果皮部に侵入せる菌の心柱内への進出を完全に阻止するに至るのを常とする (Fig. 8, 9)。従つて初生永久組織に於ては、組織が正常なる生育をしてゐる限り、その部分より心柱内へ病菌が侵入することなく、従つてこの部分の皮部を侵せる菌絲は、寄主植物の萎凋現象に對して何等直接的の關係を有するものではない。

(II) 根毛を生ずるに至つた組織

(a) その初期の場合は (I) の時と同様であつて根表皮系及び皮部柔組織は次第に侵されるに至るも、内皮の早期栓質化の爲に菌はつひに心柱内に侵入することが出来ない。

(b) その壯期及び末期に於ては、病菌の侵入は依然として先づ根表皮の細胞中間膜を通じて行はれ、直接生細胞内—根毛を含む—に貫入せるものを認めない (Fig. 10)。根表皮組織が甚だしく侵された場合に於ては菌絲は根表皮の細胞間のみならず根表皮細胞内にも存するもの

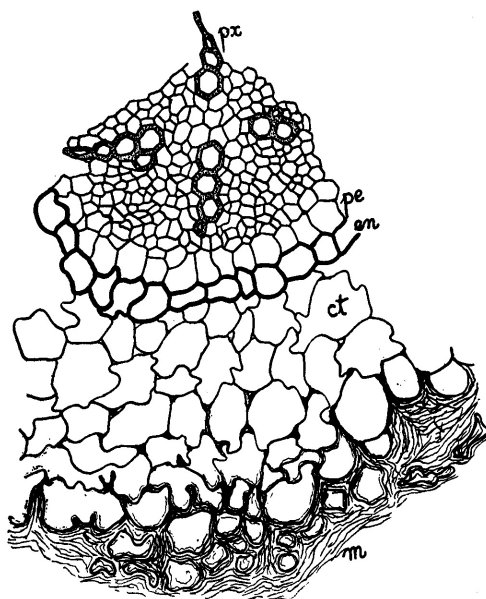


Fig 8.— 幼根皮部被害部の横断圖。皮部 (ct) は外方より次第に破壊せられつつあるが、内皮 (en) の早期栓質化の爲に心柱は完全に保護せられてゐる m 菌絲, pe 周皮, px 初生木質。

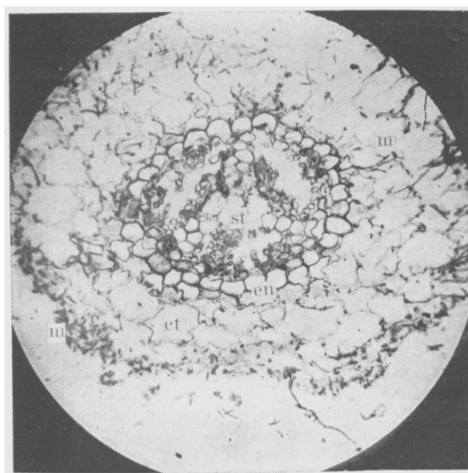


Fig 9.— 幼根皮部被害部の横断圖。皮部 (ct) はすべて 病菌 (m) の爲に侵害せられてゐるが、内皮 (en) の完全なる栓質化の爲に心柱 (st) は全くこれと孤立状態にある。但しこの圖に於ては、心柱は下方部の幼組織より來れる病菌の爲に殆んど完全に破壊せられてゐる

であつて、かくの如き状態のものに於ては、稀にその根毛内に菌絲の存在するこゝもあるが、その菌絲は或は下方の根表皮組織から逆に根毛内に侵入したものか、又は既に死した根毛内に何等かの機會を以て侵入したものであると認められるのである。これらの部に侵入した菌絲は内皮組織の栓質化の爲に心柱内に侵入することが出来ないことは前記同様であつて、これら根表皮又は皮部の組織への侵入は本病の主たる病徴とは直接の關係がないのである。

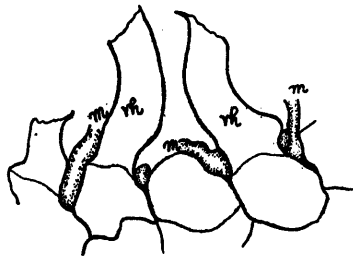


Fig 10 — 根毛を生じた根の横斷圖・菌絲 (m) は根毛 (rh) 基部の側方より根表皮細胞間に將に侵入せんとしてゐる

(III) 根毛の脱落したる後より後生永久組織の形成に至る時代の組織

根毛がその使命を終へたる後に於ては、その内方に生じたる外皮 (exodermis) が栓質化をするが爲に、病菌はこれより内部へは一步も侵入することが出来ない。西瓜の場合に於ける外皮は根表皮起原であつて、その發育は甚だ完全であるといふことを得ないけれども、之を以て充分に外菌の侵入を防ぎ得るものと觀察せられた所である (Fig. 11, 12)。なほこの栓質化の完成に従つてその外方に遮斷せられたる根表皮の細胞膜は容易に破壊せらるゝに至るのである。

外皮層の形成がかくの如く充分に行はれる場合に於ては、その部分の内皮層の心柱防禦的機能はさほ急激に發動することなく、その栓質化は極めて徐々に行はれるものである。即ち Fig. 11 と既に皮部柔組織が侵されたる Fig. 8 とを比較する時は、内外皮層の心柱防禦的機能が如何に有機的に働くかが明かに分るのである。

側根の形成によつて生じる皮部柔組織の破壊溝附近

側根を生ずる時期には、根毛は既にその生理的機能を了へて脱落し終り、根の外方には外皮の栓質化充分なものがあり、内皮の栓質化もやゝその緒についた時期であつて、既に後生永久

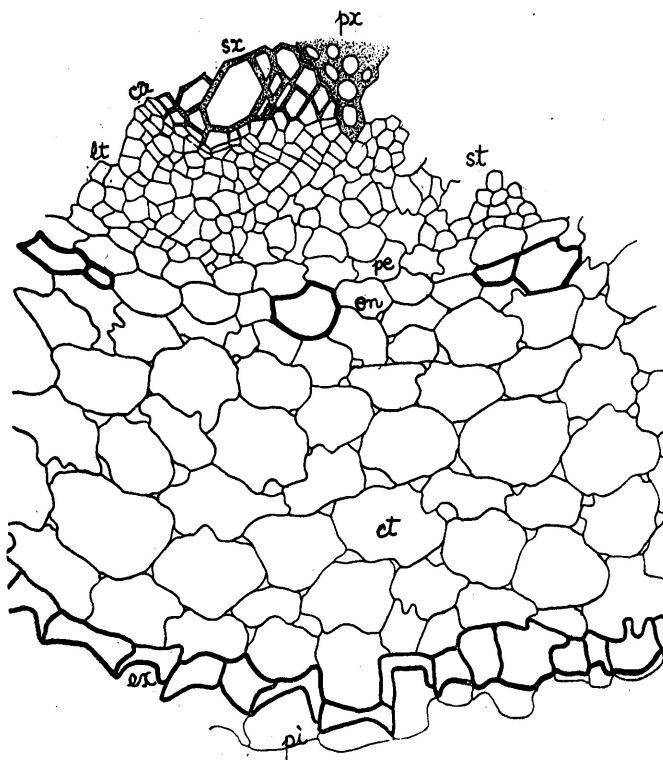


Fig 11.—根毛の脱落後の根の横断圖。外皮(ex)は完全に栓質化し、根表皮(pi)の形骸は一部残存してゐる。内皮(en)の栓質化は韌皮部(lt)の外方に始まつてゐるが完全ではない
ct 皮部. pe 周皮. ca 形成層. px 初生木質部. sx 後生木質部. st 心柱.

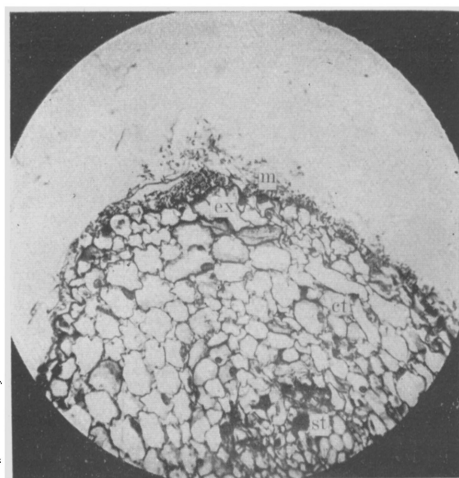


Fig 12—根毛脱落後の根の横断圖。外皮(ex)の栓質化の爲に病菌(m)は全く侵入し得ざる状態にある ct 皮部. st 心柱.

組織の形成即ち肥大生長の初つた時期である。この時に當り、内皮の内側に存せる周皮 (pericambium) 中の或一群の細胞の分裂増殖によつて側根を生ずるのである。かくて側根の原基が出来てこれが外方の皮部柔組織中に突出する様になるに、その破壊刺戟の爲に内皮は速かに栓質化をする。この栓質化は主根の内皮のみならず側根の幼稚なる内皮にまで及ぶのであつて、時には側根の先端の分裂組織にまで及ぶこともある。

然るが故に側根の形成によつて皮部柔組織に破壊溝を生じて、之を通じて病菌が主根の心柱内に侵入出来ないのは勿論側根の心柱内にも侵入する事が出来ないのである。而も側根はその外皮が早くから栓質化をするものである。

實驗中、側根の心柱内に多數の病菌を見出した場合も尠くないが、これらはすべて主根の心柱内に存した菌が維管束に沿つて側根内に侵入したものであることを確認した。

考 察

接種はすべてベトリ皿内に於て行はれたものであり、幼根は概して氣中に曝された部分が多く、中には根毛を生ずるに至つた部分の根表皮の外部に根被 (velamen) 様組織の形成を認めたこともあつたのであるが、實地に於て、*Fusarium nivaeum* が如何にして寄主体内に侵入するかはこれを以て察する事が出来るを考へる。

この實驗に於ては、西瓜の各器關に傷を附して、これより菌が侵入するか否かの試験を行つてゐないが、傷癢栓質層が速かに出来難い状態の元に於ては、傷を附してクチクラ層等の防衛組織を豫め破壊するならば、これは菌の侵害を可能ならしめるものであると云ふ事が出来るであらう。

又この試験は根に對する場合のみであつたが、その結果より推して、他の幼組織に對しても、本菌は侵入し得るものと思はれる。

この試験によつてみるに、西瓜の蔓割病菌は寄主の根の極めて幼稚なる部分より侵入してつひに心柱内に入り込むのであつて、やゝ生長をなしたる組織に於ては、外皮の阻止により内部へは全く侵入し得ないか、又は外皮の栓質化以前に於ては皮部柔組織を侵すに至るも、内皮の早期栓質化の爲につひに心柱内に侵入する事が出来ないのを常態とする。PEARSON, N. L., 氏 (5) は、玉蜀黍の幼苗に對して *Gibberella saubinetii* はその鬚根の形成によつて生じた皮部の破壊溝より侵入するを云つてゐる。又 CONANT G. H. 氏 (3) は煙草を侵す *Thielavia*

basicola の侵入は、側根の形成によつて生じた煙草根の皮部の破壊溝より初るゝ稱してゐる。然しながら西瓜の側根形成の場合に於ては、たゞ皮部の破壊溝より病原菌が侵入したゝするも主根及び側根基部の内皮層の栓質化の爲に、之等の根の心柱内へ侵入するゝは不可能である。更に根の後生永久組織形成が進捗して來た後に於ては、[周皮の分裂によつて内皮の内側に生じた厚い栓皮 (periderm) が存在する爲に、病菌は愈々全く根 (この際には既に初生皮部は脱落してゐる) に侵入するゝが出来ないのである。

病菌の侵入を時間的に見れば、旺盛なる病菌の菌絲が西瓜の根端に到着するゝ、23 度内外に於て 16 時間後には既に根冠を激しく侵して、それより原始分裂組織、初生分裂組織の基本組織元になで侵入してゐる。側方より直接初生分裂組織を侵したものにあつても、16 時間後には既にその外部基本組織元を侵してゐる。初生永久組織に對してはやゝその侵害力を減じ、若き根毛を生じてゐる部分に於ては 20 時間内外で漸く皮部の 外方部二三細胞層を侵してゐるに過ぎない。

從來表皮系を貫通しての侵入機構を角皮侵入 (cuticular infection) なる語で云ひ表はされて來たがこの語は實に或特定の場合にのみ當はまる言葉であつて、角皮をつひに全く生ずるゝこなき根表皮の場合の如きに於ては甚だ當らないのである。

しかも *F. niveum* の如きは、寄主の組織が極めて幼稚で分化の甚だ進まない原始分裂組織又はこれに續く幼稚なる組織である所の初生分裂組織—或はこれら分裂組織の一分化器關である根冠を通じて先づ分裂組織内へ—に入り、それより心柱内部に到達しそこで繁殖し、これを侵害するゝこによつて初めて寄主の發病を見る病菌である。而して既に分化の進みたる根表皮を侵害するゝも、その特定の病害を起すゝが出来ないのであるから、これは角皮侵入ではないばかりでなく、表皮侵入と云ふ語さえも不適當である。著者はそこで、本菌の侵入方法を幼組織侵入 (meristematic infection) と呼び、之を從來云はれてゐる角皮侵入より區別するのである。

從來所謂角皮侵入をなすゝ考へられて來た病菌に於ても、未だ表皮細胞が十分に分化せざる時分にのみ侵害し得るゝと云ふものが甚だ少くないゝ考へる。これらはすべて幼組織侵入をなすゝものゝする方がよいのではなからうか。

摘 要

本稿は西瓜の蔓割病（萎凋病）の病理學的研究の一部をなすものであつて、主として、本病原菌が健全なる 西瓜の根のどの部位より有効的に 侵入するものであるかを 探究したものである。

本菌は西瓜の幼根の先端なる根冠を通過してその原始分裂組織に侵入し、或は根冠の側方より直接初生分裂組織に侵入する。然る後根の心柱内に進んでこゝに繁殖し、つひに寄主をして特異なる萎凋さ云ふ病徴を現はしむるのである。

病原菌が根冠又は直接幼組織に侵入する際には最初その細胞間隙に潜入するのを常とするが既に幼組織内に侵入した菌糸は幼組織の細胞間を侵すのみならず容易に細胞膜を破壊して進むものである。

初生永久組織に對しては、(A) 未だ根毛が十分に生え揃はない時分に於ては菌糸は根表皮細胞の中間膜を破つて内部に侵入し、先づ細胞間隙に沿つて蔓延し、かくて根表皮に近き皮部組織より次第に内部へ組織を破壊しつつ進むのである。然しながらかかる 侵害をなしたる 病菌も、皮部の内方の内皮層の早期栓質化の爲に阻止せられて心柱内へ侵入することは不可能である。(B) 根毛の十分に生え揃つた時よりその末期に至る時期に於ては病原菌は依然常に根表皮細胞の中間膜を侵して内部へ侵入せんとし、直接根毛に侵入したものを發見しない。又根表皮の中間膜を破つて皮部を侵すに至つたものも、前同様内皮の栓質化の爲に心柱内へは侵入が出来ない。(C) 根毛の脱落したる後の組織に於ては、根表皮の直下に發達して來た外皮の栓質化の爲に菌は全く阻止せられて皮部をも侵すことが出来ない。

更に側根の發生によつて生じた皮部より根表皮に至る破壊溝に對して本菌が侵害することがあつても、主根より側根に亘れる内皮の廣汎なる栓質化の爲に、それらの心柱内に侵入することは不可能である。

即ち本菌は幼組織に對して 侵入し得た 場合にのみ、その 侵入の目的を達して 根の心柱内にその位置を占めることが出来るのであつて、既に初生永久組織へ分化したる後に於ては、その寄主の皮部侵害は組織の局部的崩壊を結果するのみであつて萎凋病とは直接的交渉のないものである。

本菌が寄主組織に侵入するのは極めて短時間であつて、23 度の元に於ては 16 時間前後にして既に根冠部を通過して幼組織内に侵入し了つてゐるのである。

著者は本菌が寄主の幼組織に侵入することによつて初めてその侵入の効果を擧げるものであることを指摘し、この侵入法を幼組織侵入とした。

引用文献

- 1) BRANDES, E. W.:—Banana wilt, *Phytop.* 9, 339-390, 1919.
- 2) CONANT, G. H.:—Histological studies of resistance in tobacco to *Thielavia basicola*. *Am. Jour. Bot.* 14, 457-480, 1927.
- 3) DHARMARAJULU, K.:—A study of the pathological anatomy of the cotton plant in connection with the wilt disease. *Ind. Jour. Agr. Sc.* 2, 293-313, 1932.
- 4) FAHMY, T. M.:—Etude de la penetration du champignon *Fusarium vasinfectum* (ATK.) var. *aegypticum* T. FAHMY dans les radices du cotonnier. Univ. de Geneve, Inst. de Bot. These 881, 1930.
- 5) PEARSON, N. L.:—Parasitism of *Gibberella saubinetii* on corn seedlings. *Jour. Agr. Res.* 43, 569-596, 1931.
- 6) PORTER, D. R.:—Infection studies with watermelon wilt caused by *F. niveum* EFS. *Iowa Agr. Exp. St. Res. Bull.* 112, 1928.
- 7) SMITH, E. F.:—Wilt disease of cotton, watermelon, and cowpea. *U.S.D.A. Bull.* 17, 1899.
- 8) SMITH, R. and WALKER, J. C.:—A cytological study of cabbage plants in strains susceptible or resistant to yellows. *Jour. Agr. Res.* 41, 17-35, 1931.
- 9) TISDALE, W. H.:—Flax wilt: A study of the nature and inheritance of wilt resistance, *Jour. Agr. Res.* 11, 573-606, 1917.
- 10) YOSHII, H.:—西瓜の蔓割病菌の寄主侵入法について(豫報)病蟲, 19, 341-343, 1932.

PATHOLOGICAL STUDIES ON WATERMELON WILT. I. ON THE
MODE OF INFECTION OF THE CAUSAL FUNGUS,
FUSARIUM NIVEUM, EFS.

(Résumé)

Hazime YOSHII

The present paper deals with the pathological studies on watermelon wilt caused by *Fusarium niveum*, EFS., with special reference to the mode by which the fungus gains the entrance to the healthy root, to bring on the wilting of watermelon. *Fusarium niveum* invades at first the root cap (fig. 1), and then into the primordial meristem, or directly attacks the primary meristem of the host plant (fig. 2, 3, 4). Then the fungus makes its way into the stele, penetrating through the meristematic tissue intercellularly and intracellularly (fig. 5, 6, 7).

After the fungus gains its position in the stele, it progresses vigorously along the xylem elements, destructing the invaded tissues, for which any response of the host plant can not be found. In this way, finally, the wilting is resulted.

When *Fusarium niveum* reaches the host tissue, e. g. root cap or protoderm or piliferous layer, the fungus penetrates the host tissue intercellularly; and no intracellular penetration through the living tissue is observed.

The fungus which penetrated through young piliferous layer intercellularly into primary cortex (fig. 8, 9, 10), may be destructive to this parenchymatous tissue and may cause a blight of this region, but it cannot enter the stele to cause wilt of the host, in consequence of the premature suberization of the endodermis.

As soon as the physiological function of the root hair is ended, the piliferous layer cells may produce the suberized exodermis cells. And by the protective action of the suberized exodermis the causal fungus is entirely refused to enter inner tissue (fig. 11, 12).

Although the fungus may invade the cortex of a root through a rupture produced by the emergence of a secondary root, it may not be allowed into the stele, because of the presence of the endodermis which is just suberized by the wound stimulus of the root tissue, owing to the emergence of the new root.

Within sixteen hours, at 23°C, the fungus may penetrate the root cap and enter the meristematic tissue.

The mode of infection of the host tissue by this fungus may well be called as "Meristematic infection," because, its infection is successful only when the meristematic tissue is invaded.

Laboratory of Plant Pathology,
Dept. of Agr., Kyushu Imperial University.

"Explanation of the abbreviations of the illustrations"

- | | |
|-------------------|--|
| Fig. 1, 2, 3, 4 | m mycelium, rc root cap |
| Fig. 5, 6 | m mycelium, ct cortex, st stele |
| Fig. 8, 9, 10, 11 | m mycelium, ct cortex, st stele |
| | en endodermis, rh root hair, px protoxylem, |
| | pe pericycle, sx secondary xylem, |
| | lt phloem, ex exodermis, pi piliferous cell, |
| | ca cambium |