

# 白紋羽病被害桑根の病理解剖学的観察\*

桜井善雄

(昭和27年9月5日受理)

YOSHIO SAKURAI: PATHOLOGICO-ANATOMICAL OBSERVATIONS ON THE WHITE  
ROOT ROT OF MULBERRY TREES CAUSED BY *Rosellinia necatrix* (HART.) BERL.

*Rosellinia necatrix* (HART.) BERL. に起因する白紋羽病の被害は桑、果樹類、茶及び苧麻の如き多年性植物に於て特に著しい。此等の中、苧麻の場合に於ける病原菌の寄主体侵入機構については最近道家<sup>9)</sup>によつて明らかにされたが、桑の如き木本性植物に於ける本病の発生機構については未だ不明の点が多い。我々の研究室では桑の他の主要疾病と共に白紋羽病の発生機構についても2・3の実験的研究を行いつゝあるが、こゝでは桑白紋羽病について病原菌の寄主体侵入及び体内侵害の機構、並びに菌の侵害を被つた寄主組織及び細胞の病理学的変化等、病理解剖学的観察の結果を報告する。

起稿に当り、研究中終始懇切な御指導を賜わり且本稿をつぶさに御校閲下さつた本研究室主任松尾助教教授に衷心より感謝の意を表する。

## 材 料 と 方 法

実験材料としては、植木鉢に栽培せる2年生魯桑実生に研究室保存白紋羽病菌1号菌を接種せるもの並びに信州大学繊維学部農場及び長野県小県郡本原村の桑園に自然発生せるものを供用した。形態的観察を主とする場合には之等の材料は Formalin acetic alcohol で固定し HF<sup>10)</sup> で軟化し、後常法によりパラフィン切片として染色したが、被害組織に於ける顕微化学的反応の変化をみる場合には生の材料の徒手切片を用いた。

## 観 察 結 果

### I 侵 入 機 構

白紋羽病菌の桑の根への侵入機構は、第二次組織が充分発達しない若い根と、第二次組織が充分発達した成根とでは多少異なる。本実験に於て若い根とは直径3~5mm、周皮木栓組織は3~4層、その木栓化膜の厚さは0.8~1.0 $\mu$ 程度、未だ型的な皮目の分化は見られないものをいう。また成根とは型的な皮目の形成されたものを指し、その周皮木栓組織は8~10層又はそれ以上より成り、その膜壁も厚く1.5~2.0 $\mu$ を有する。以上の如き桑根の周皮木栓組織は Sudan III により赤く染まると同時に Phloroglucin-HCl 反応も稍陽性であり木栓化と同時に稍木質化もしている事を示す、

白紋羽病菌が若い桑根に侵入する機構は Fig. 1 に示されている。根の表面に達した菌糸は先づ最外部の木栓細胞にその膜壁を小さく穿孔して侵入する (Fig. 1, A)。この時菌糸は膜を通過する点に於て著しく細くなる。細胞中に侵入した菌糸は次第に増量して、その細胞内腔を充すと木栓細胞膜を穿孔するか又は束状をなして之を溶解し、更に横又は内部に侵入してゆく (Fig. 1, B)。このように菌糸の侵入を受けた部分に於ても、木栓細胞膜には変色、膨潤、及び染色性の変化等は見られず、又 Phloroglucin-HCl 反応の昂進及び鞘状体の形成も本実験の範囲内では観察されなかつた。かくして菌糸は次第にその量を増しつゝ遂に最内部の木栓細胞膜を突破して周皮木栓形成層に達し、更に木栓皮層を突破して皮層組織中に侵入する (Fig. 1, C)。かかる侵入点に於て発達して偽柔組織状をなした菌糸群中には破壊された周皮木栓組織の残片が見られる。なお菌糸群が発達してからは Fig. 1, D

\* 信州大学繊維学部植物病理学研究室業績 第10号、本研究は文部省科学研究費によつてなされたものである (松尾)。

に示す如く、木栓細胞縫合部を菌糸束が楔状に押開いて侵入する事も稀にある。

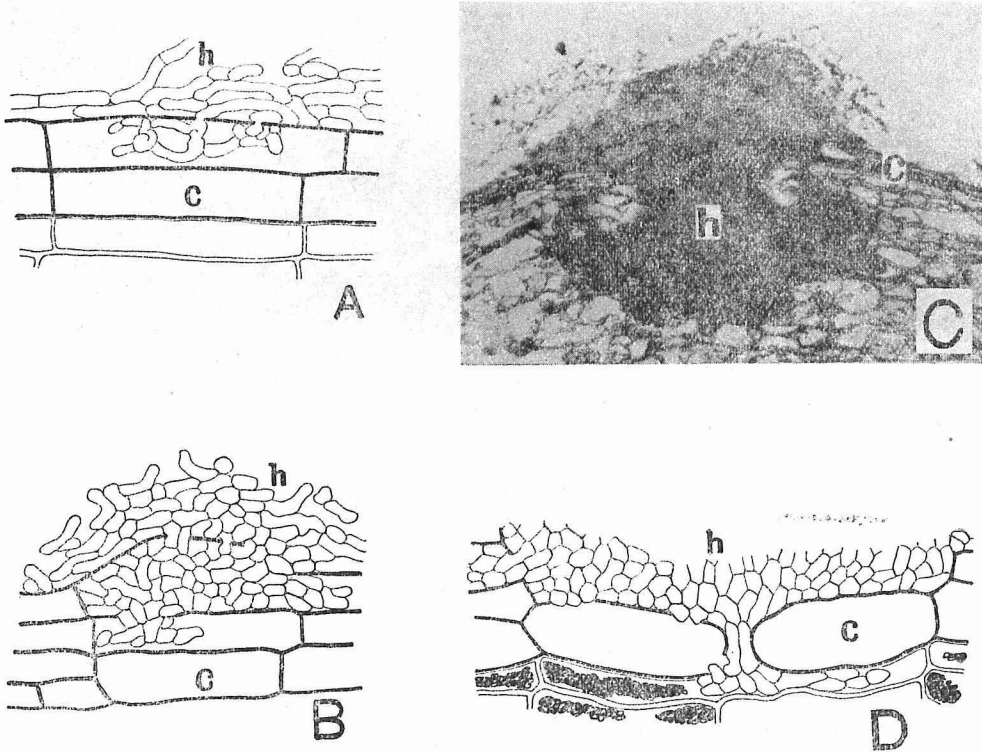


Fig. 1. Penetration of the peridermal cork tissue of young mulberry root by the hyphae of *Rosellinia necatrix*.

(A :  $\times 650$ , B :  $\times 570$ , C :  $\times 100$ , D :  $\times 630$ )

h : hyphae of *Rosellinia necatrix*.

c : cork cells of periderm.

第二次組織の発達した成根では、本菌は周皮木栓組織を突破して侵入する事は殆んどなく、皮目がその侵入門戸となる。皮目侵入の様相は Fig. 2 に示されている。皮目の表面に達した菌糸はそこで侵入座状の菌糸群となり、その下部にある木栓細胞の1~2層より成る皮目閉被層を突破して皮目内腔に侵入する。かゝる菌糸は皮目填充細胞を溶解しつつその量を増し次の閉被層を突破して次第に内部に侵入してゆく。Fig. 2, A では菌糸はすでに皮目最内部の木栓細胞層を突破して皮層組織中に侵入している。皮目侵入に於ける菌糸の木栓組織突破の機構は Fig. 2, A に br の記号を以て示した如く菌糸束が、その圧力により之を裂開せしめる場合が最も多く観察されたが、又同図に bo の記号を以て示した如く、その膜壁を穿孔して通過する事もある。Fig. 2, B はかゝる木栓細胞膜穿孔の様相を一層詳細に示した。同図に明らかな如く菌糸が木栓細胞膜を穿孔して通過する際に部分的には膜壁の溶解消失も見られるが、前述の若い根に於けるほど顯著でなく木栓組織は概してその原形を失っていない。

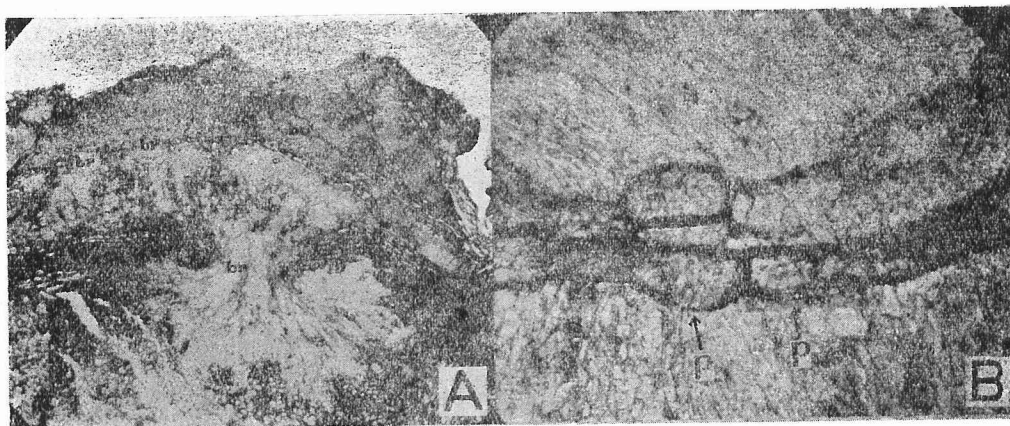


Fig. 2. Penetration of the lenticel of adult mulberry root by the hyphae of *R. allini necatrix*.

A Cross section of infected lenticel. ( $\times 38$ )

br : the portion at which the hyphal strand had passed ; the suberized closing layer of the lenticel was broken by the hyphal strand.

bo : the portion at which the hyphae had passed ; the suberized closing layer of the lenticel was bored by the hyphae.

B Showing the detail of the boring penetration. ( $\times 310$ )

h : hyphae.

p : the micro pore on the cork cell wall which was made by the hyphae.

本菌の侵入を受けた桑根の皮目は、すでに述べた如く、その内腔に偽柔組織状をなして発達した菌糸が充満するため著しく肥大し、更にこの菌糸塊は外側から次第にその膜壁が肥厚すると共に黒褐色となるため、外観菌核状を呈するようになる。

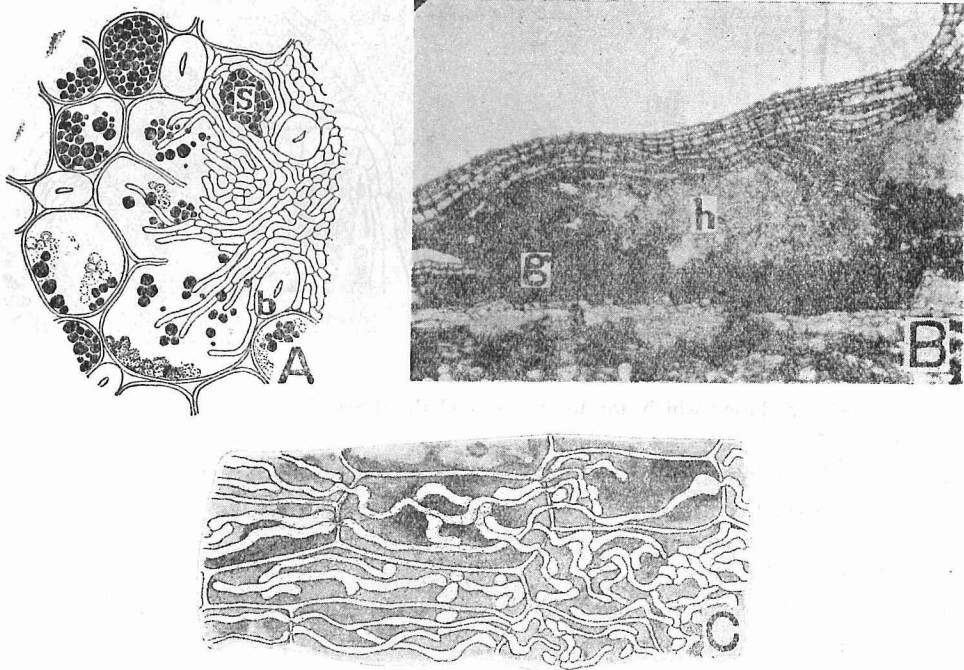
## II 侵入後に於ける菌糸の寄主組織侵害とそれによる寄主組織及び細胞の病理学的変化

**A 皮部** 木栓組織突破後の菌糸の桑根皮部組織内に於ける侵害は、個々分離せる単独菌糸による場合は少く、多くの場合多数の菌糸が集つて菌糸束となつて侵害する傾向が強い。菌糸束は小なるは10数本より、発達せるものでは夥しく多数の平行に走る菌糸より成り、侵入部を中心として放射状に寄主組織中に蔓延してゆく (Fig. 2, A)。かゝる菌糸束は本病被害桑根の初期のものゝ周皮木栓組織を剥ぎ取ると放射状に走る白線として肉眼でも認める事が出来る。

菌糸の侵害を受けた桑根皮部の細胞は、菌糸が直接その細胞に達するよりはるか以前に変性を起すもので、かゝる変性は菌糸束の先端より10数層隔つた細胞にまで及ぶ事が多い。変性細胞は総体的に褐色となり、原形質は砂粒状又は小顆粒状となり、遂には不透明塊状に凝固する。この現象は糸状菌類による植物の壊死性病斑に於て最も普通に見られる凝固壊死の過程である。変性組織は又染色性及び顕微化学反応にも変化を生ずる。変性初期の組織では Methylene blue alcohol 溶液により総体的に黄緑色に染まり (健全部は淡青~青)、Sciiff 反応陽性、又 Ammonia 性  $\text{AgNO}_3$  を還元する小顆粒体を含む細胞が多い。変性が進んだ部分では Methylene blue alcohol 溶液により総体的に緑色に染まり、Sciiff 反応は微弱となるが、Millon 反応が陽性に現れ、又細胞は総体的に Ammonia 性  $\text{AgNO}_3$  を還元して黒く染る事が多い。皮層、節部柔組織及び髄線細胞中には貯蔵澱粉粒が多く含有されるが之は変性細胞中にあつても変化は見られない。なお、変性の初期に細胞内及び細胞間に濃褐色ゲル状

の傷痕ゴム状物質が相当多量に形成される事がある。之は特に皮層の外層に著しい。

以上述べた如き病変組織中を菌糸束が進行する時は、その先端に接する皮部組織は、石細胞及び靱皮繊維の如き膜の木質化又は肥厚せるものを除いてすべて溶解される (Fig. 3, A)。先に述べた傷痕ゴム状物質も又菌糸束により容易に溶解突破される (Fig. 3, B)。然し皮層、篩部柔組織及び髓線細胞中の澱粉粒は直ちに溶解消失する事なく菌糸群中に残る (Fig. 3, A)。



**Fig. 3.** Invasion of the hyphae of *Rosellinia necatrix* into the bark tissues of mulberry root.  
 A The tip of the hyphal strand invading in the phloem. ( $\times 360$ ) Bast fibers (b) and starch grains (s) are not dissolved.  
 B The invasion of hyphal strands into the wound gum which is secreted in the outer part of cortex. ( $\times 65$ )  
 h : hyphal strand.  
 g : wound gum.  
 C The hyphae in the cells in the outer part of cortex which contain much wound gum. ( $\times 650$ )

束状をなさない単独菌糸による侵害は、成根に於て皮層外層の傷痕ゴム状物質を形成せる組織中にしばしば見られるところであり、Fig. 3, Cにみる如く菌糸は主として細胞内を進行し、膜を通過する時は穿孔して細くなる事が多い。然し乍ら菌糸が細胞内腔を溶解して次第にその量が多くなると細胞膜も遂には溶解消失する。

以上述べた如くして白紋羽病菌は桑根組織を次第に侵害し病斑は拡大してゆくが、桑樹の生理活動が旺盛な時季に於ては病斑周辺の健全組織中に傷部木栓組織の形成を見る事がある。傷部木栓組織は木栓皮層、皮層、篩部柔組織、篩部髓線及び形成層附近の未分化細胞の新規分裂により形成されるもので、膜壁の肥厚又は木質化せる靱皮繊維、皮層石細胞及び木部組織からは形成されない。貯蔵澱粉

粒を含有する細胞では分裂に先立つて澱粉粒の消失が起る。Fig. 4, Aは篩部組織中に形成された傷部

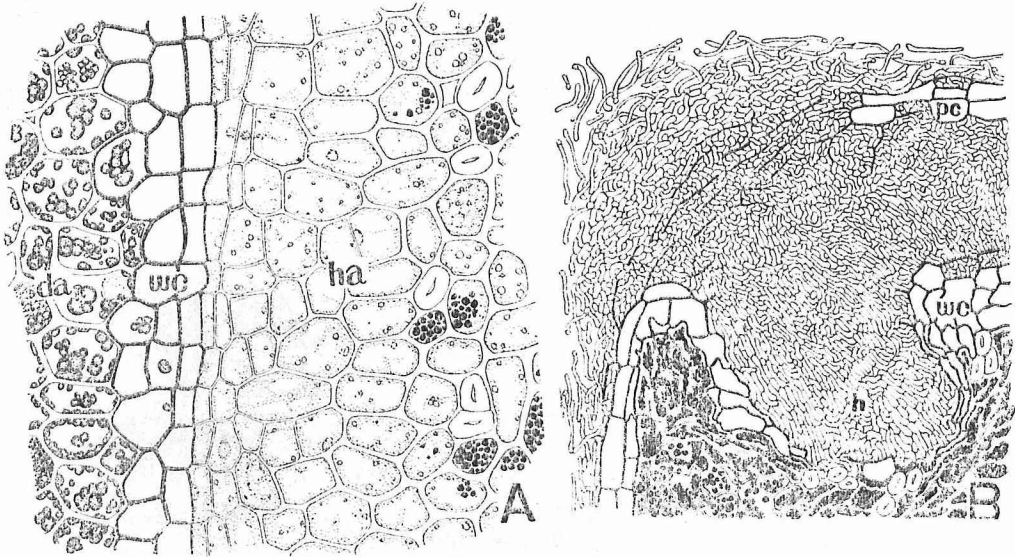


Fig. 4. Wound cork layers which are formed around the diseased area in the bark tissues of mulberry root.

A Wound cork layers which are formed in phloem parenchyma. ( $\times 280$ )

wc : wound cork layers.

da : diseased area.

ha : healthy area.

B Showing the wound cork layers which are being broken by the hyphal strand. ( $\times 185$ )

pc : cork layers of periderm.

wc : wound cork layers.

h : hyphal strand.

木栓組織の一部を示す。病斑周縁にかゝる傷部木栓組織が形成されると、寄主細胞の病変は一応この線で停滞するが如く見える。然し乍ら菌糸束が傷部木栓組織に達すると更に之を突破して健全部に侵入してゆく。菌糸束の傷部木栓組織突破の機構は、Fig. 4, Bに示す如く圧力により之を裂開せしめる場合が多いが、部分的にはFig. 2, Bのような穿孔も見られる。

**B 木部及び髓** 木部への菌糸の侵入は主として髓線を通して行われるものゝようである。木部髓線組織中殊にその横臥細胞中にはFig. 5に示す如く多数の菌糸が見られる。菌糸は髓線細胞から更に導管及び髓組織中にも侵入するが、その細胞間移行は木質化せる膜壁の膜孔を通して行われるものであり、皮部に於ける如く菌糸が束状をなして組織を溶解しつつ進行するような場面は見られなかつた。木部髓線及び髓細胞中の貯藏澱粉粒は菌糸が侵入しても直ぐには消失しない。

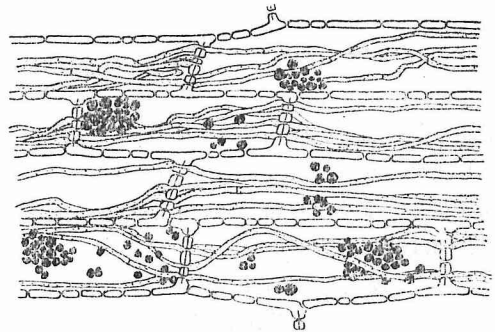


Fig. 5. The hyphae in the radially elongated cells of wood ray. ( $\times 470$ )

上に述べた如く桑根本部組織は白紋羽病菌の侵害によつて容易に崩壊しないため、本病被害桑根に於て皮部が消失して了つても木部は、なおその原形を失わないで残る。

なお、被害根の導管中に填充体及び傷痕ゴム状物質の形成を見る事があるが菌糸は之等の中にも侵入する。

### 総 括 と 論 議

白紋羽病菌, *Rosellinia necatrix* (HART.) BERL., が桑の根に侵入するには、第二次組織が未だ充分に発達しない若い根にあつては無傷の周皮木栓組織を貫通し、また第二次組織の発達した成根では主として皮目から侵入する事が明らかとなつた。而して何れの場合にあつても本菌は桑根の健全な木栓組織を突破するのであるが、その機構をくわしく観察すれば、(1)木栓細胞膜を穿孔又は部分的に溶解せしめるか、(2)菌糸束の生長による機械的圧力により木栓細胞層を裂開せしめるか、又は菌糸束が木栓細胞の縫合部を押開いて突破するか、何れかによるもので、此等の方法の組合せにより侵入が行われるのである。

病原糸状菌が寄主植物の木栓組織を溶解して侵入するものとしては、*Armillaria mellea* 及び *Phymatotrichum omnivorum* について THOMAS<sup>(23)</sup> 及び WATKINS<sup>(24)</sup> の報告があり、又道家<sup>(6)</sup> の告によれば白紋羽病菌が芋麻の吸枝に侵入する際にも部分的にかゝる現象が見られるらしい。而して THOMAS 及び WATKINS 両氏はかゝる木栓組織溶解現象の原因に関して、病原菌の生産する木栓質溶解酵素の存在を想定している。白紋羽病菌の桑根侵入に於ける木栓組織の溶解も大綱に於ては、THOMAS 及び WATKINS の観察と軌を一にするもので、両氏が考えた如く、白紋羽病菌もまた木栓細胞膜を溶解せしめる或特殊な酵素を生成するものであろうか。此の点の解明については将来の検討にまちたいと思う。

菌糸束が木栓組織を裂開せしめて侵入する場合及び木栓細胞縫合部を押開いて侵入する場合は何れも菌糸束の発達による機械的圧力の作用が大きく考えられる。吉井・伊藤<sup>(25)</sup>、伊藤<sup>(6)</sup>、道家<sup>(6)</sup>、PELTYER・KING・SAMSON<sup>(16)</sup>、及び SCHAAL<sup>(17)</sup> によれば、病原糸状菌が寄主の木栓組織を溶解せしめずに突破する場合の多くは後者によるものゝようであるが、白紋羽病菌の桑根侵入にあつては後者による場合はむしろ稀である。

なお、伊藤<sup>(6)</sup>及び鈴木<sup>(21)</sup>によれば紫紋羽病菌が甘藷塊根の木栓細胞縫合部を押開いて侵入する場合には侵入座の機械的作用の外に細胞膜中層を溶解せしめる化学的な作用も之に依るようであるが、白紋羽病菌が桑根本部木栓細胞縫合部を押開いて侵入する際かゝる作用が伴うか否かについては今後の検討にまたねばならない。

白紋羽病菌の侵害を受けた桑根に見られる細胞の変性は、赤井<sup>(12)</sup>又は吉井・河村<sup>(27)</sup>によつて記載されたように、糸状菌の侵害による植物の壊死性病斑に最も一般的に見られる凝固壊死の過程であり何等特殊なところは見られない。然し乍ら桑根皮部組織に於けるかゝる変性細胞が直接菌糸束の侵害を受けると、厚膜又は木質化細胞を除いて、すべて溶解消失し、細胞の消失したところは腔所となる事なく緻密な菌糸束により充填されてゆく。かゝる現象については道家<sup>(6)</sup>も芋麻の本病被害吸枝に於て観察しているが、糸状菌の侵害による他の多くの植物疾病に於ては殆んど見られぬところである。

木部組織が本菌々糸により容易に崩壊せしめられないでよくその原形を保つのは、その膜壁の木質化によるものと考えられる。

植物に機械的傷害又は糸状菌・細菌等の侵害により損傷が出来たとき、その患部周縁に傷部木栓組織が形成される場合とされぬ場合とある<sup>(1,2,4,27)</sup>。而して傷部木栓組織が形成される場合には、病原菌の侵害はそれにより阻止される事が多く、その形成の有無、遅速等はその疾病の発生又は進展如何に

可成り重要なはたらきをもつ場合が多い(3, 5, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 24, 26, 27)。然るに白紋羽病被害桑根に於ては、たとえ傷部木栓組織が形成されても病原菌の菌糸束は之を突破して更に侵害を続けるもので、本病の進展は傷部木栓組織の形成によつて殆んど影響されないものゝようである。この事は本菌が寄主体侵入に當つて無傷の木栓組織を突破する事と共に本病発生機構上興味あるところである。植物病原糸状菌が寄主組織中に形成された傷部木栓組織を突破する事についてはすでに *Armillaria mellea* について THOMAS<sup>(23)</sup> の報告があり、又白紋羽病菌についても苧麻の場合に於て、かゝる現象がある事を道家<sup>(4)</sup>が認めている。最近松尾<sup>(14)</sup>は桑芽枯病菌及び胴枯病菌の桑條侵害に対する傷部木栓組織の病理学的意義について実験的研究を行い、之等両疾病の発生及び進展の季節的消長は桑條組織中に於ける傷部木栓組織形成の如何により最も影響される事を闡明したが、桑白紋羽病に於ては上述の如き host-parasite relation から推して此等両疾病とは可成り異つた季節的発生様相を示すものと思われる。この点については引続き実験を行つている。

### 摘 要

本論文には、白紋羽病菌、*Rosellinia necatrix* (HART.) BERL., に侵された桑の根について病原菌の寄主体侵入及び体内侵害の機構、並びにその侵害による寄主組織及び細胞の病変等、病理解剖学的観察の結果を記載した。

(1) 第二次組織のあまり発達しない若い根にあつては、本菌は周皮木栓組織を貫通して侵入する。この場合菌糸は最初木栓細胞膜を小さく穿孔して侵入するが、菌糸の量が多くなるに従ひ之を部分的に溶解せしめる事が多く、又稀に菌糸束が木栓細胞縫合部を押開いて侵入する事もある。

第二次組織の発達した成根では主として皮目が本菌の侵入門戸となる。この場合菌糸は木栓化する皮目閉被層を穿孔するか又は束状をなして之を裂開せしめて突破する。侵入を受けた皮目は、その内腔に菌糸が偽柔組織状をなして発達するため著しく肥大する。

(2) 皮部組織中に入った菌糸は菌糸束となつて侵害する傾向が強い。而して侵害を受けた部分の寄主細胞は菌糸が接触するよりはるか以前に砂粒状又は顆粒状変性を経て凝固壊死に至る。かゝる皮部病変組織中を菌糸束が進行する時は、韌皮繊維又は石細胞の如き膜壁の肥厚又は木質化する細胞の外はすべて溶解される。変性初期の細胞はその内外に傷痕ゴム状物質を形成する事もあるが菌糸は之も溶解して突破する。

(3) 桑樹の生理活動の旺盛な時季に於ては病斑周縁の健全組織中に傷部木栓組織が形成される事がある。傷部木栓組織が形成されると寄主細胞の病変は一応この線で停滞するが如く見える。然し菌糸束が傷部木栓組織に達すると之を裂開せしめて更に健全部に侵入してゆく。

(4) 木部への菌糸の侵入は主として髄線細胞を通して行われ、更に導管及び髓組織中にも菌糸の侵入が見られる。然し乍ら、之等組織中の菌糸は皮部に比してその量が非常に少く、且その細胞間移行は主として膜孔を通して行われ、皮部に於ける如く束状をなして組織を溶解しつつ進行するような事は無い。従つて木部 菌糸の侵入を受けても容易に崩壊しない。

### 引 用 文 献

- (1) 赤井 重恭 (1948) : 日本植物病理学会報. 13 ; 1—3.
- (2) ARAI, S. (1951) : Mem. Coll. Agr., Kyoto Univ. 61 ; 1—30.
- (3) CONANT, G. H. (1927) : Amer. Jour. Bot. 14 ; 457—480.
- (4) CUNNINGHAM, H. S. (1928) : Phytopath. 18 ; 717—751.



- (5) DICKSON, J. G. and HOLBERT, J. R. (1928) : Amer. Nat. 62 ; 311—333.
- (6) 道家剛三郎 (1950) : 九州農業研究. 6 ; 53—54.
- (7) CHAMRAWY, A. K. (1932) : Thesis for the degree of Ph. D. in the University of London.
- (8) HAWKER, L. E. (1950) : Physiology of fungi.
- (9) ITO, K. (1949) : Bull. Gov. For. Exp. Sta. 34 ; 1—126.
- (10) LA LEMA, M. (1920) : Bot. Gaz. 72 ; 82—84.
- (11) LAURITZEN, J. I. and WRIGHT, R. C. (1934) : Jour. Agr. Res. 48 ; 265—282.
- (12) LAURITZEN, J. I. (1935) : Jour. Agr. Res. 49 ; 285—329.
- (13) LILLY, V. G. and BARNETT, H. L. (1951) : Physiology of the fungi.
- (14) MATSUO, T. (1952) : Jour. Fac. Text. Seric. Shinshū Univ. No. 2, Ser. A ; 185—227.
- (15) 西門義一・舛井修三 (1948) : 日本植物病理学会報. 13 ; 66—67.
- (16) PELTIER, G. L., KING, O. J. and SAMSON, R. W. (1926) : U. S. Dep. Agr. Bull. 1417.
- (17) SCHAAL, L. A. (1939) : Phytopath. 29 , 759—760.
- (18) SHAPOVALOV, M. and EDSON, H. A. (1919) : Phytopath. 9 ; 483—496.
- (19) SHAW, L. (1904) : Jour. Agr. Res. 49 ; 283—313.
- (20) STRUCKMEYER, B. E. and RIKER, A. J. (1951) : Phytopath. 41 ; 276—281.
- (21) 鈴木 直治 (1952) : 日本植物病理学会報. 16 ; 42—43.
- (22) THOMAS, H. E. (1934) : Jour. Agr. Res. 48 ; 187—218.
- (23) WATKINS, G. M. (1938) : Phytopath. 28 ; 195—202.
- (24) 吉井 甫 (1933) : 九大農学部学芸雑誌. 5 ; 524—545.
- (25) ————— (1943) : 同上 10 ; 273—300.
- (26) —————・伊藤一雄 (1944) : 農及園. 19 ; 17—18.
- (27) —————・河村榮吉 (1947) : 解剖植物病理学.

## Summary

In this paper the results of the pathologico-anatomical observations on the white root rot of mulberry trees caused by *Rosellinia necatrix* (HART.) BERL. are dealt with.

(1) When the causal fungus infects the young mulberry roots which have not well-developed secondary tissues, it passes through the cork tissue by boring and dissolving the cork cell walls and rarely by wedging between the cork cells.

On the other hand, when the causal fungus infects the adult mulberry roots which show advanced development of secondary tissues, it invades into the inner tissues mainly through the lenticels of the roots. In this case also the fungus passes the suberized closing layers of the lenticels by boring or breaking them.

(2) The fungus invades into cortex and phloem generally as a hyphal strand. The harmed cells of these tissues show the brownish discoloration and their original states degenerate into small granules and finally into the coagulation necrosis before the hyphal penetration occurs. The cells of these tissues which are contact with the tip of the hyphal strand are dissolved except stone cells and bast fibers.

(3) In the growing stage of the mulberry trees the wound periderm is formed around the affected areas in the cortical tissues. But the hyphal strands break open this wound periderm



easily and invade farther into the healthy tissues.

(4) When the hyphae spread to the inner part of the wood tissue, they progress mainly through the medullary ray and invade into the vessels and the cells of pith. In these tissues the hyphae are observed but less than in cortex and phloem. They go forward chiefly through the pits of the lignified cell walls, and the tissues are not readily decomposed by the fungus. (The Laboratory of Phytopathology and Mycology in the Faculty of Textile and Sericulture, Shinshū University, Ueda, Japan.)