

Albugo 属菌によるアブラナ科植物肥大組織の微細構造

野津幹雄[※]・糸井節美[※]・豊嶋洋悦^{※※}・城野洋一郎[※]

Mikio Nozu, Setsumi ITOI, Yoetsu TOYOSHIMA
and Youichirou KINO

Fine Structures of Hypertrophied Tissues of Cruciferous
Plants caused by *Albugo* Fungi

はじめに

植物組織は病原微生物からの刺激物質に反応して細胞の増生 (hyperplasia) や肥大 (hypertrophy) を起こす場合がある。いわゆる増生病として取り扱われているもので、菌瘻と呼ばれている。微生物による植物細胞の増生や肥大の機構を解明する手掛りを得たいと考え、これまでに種々の植物肥大組織の超薄切片を電子顕微鏡で観察した。*Albugo macrospora* (Togashi) S. Ito によるカラシナ (*Brassica juncea* Czern. et Coss.) 白さび病肥大茎組織の観察結果については、その概要を報告した¹⁾。その後タカナ (*Brassica juncea* Czern. et Coss. var. *integrifolia* Sinsk.), ワサビ (*Wasabia japonica* Matsum.) の白さび病罹病組織を加え観察を継続した。ダイコン白さび病罹病組織における *Albugo* 属菌の吸器の微細構造は Berlin, J. D. と Bowen, C. C.²⁾ によって観察され、その模式図が提示された。しかし筆者らが得た知見と異なる点もある。ここではカラシナ、タカナ、ワサビの白さび病罹病組織の寄主細胞と吸器の構造について述べる。

材料と方法

Albugo macrospora (Togashi) S. Ito によるカラシナとタカナの白さび病肥大茎組織、*Albugo wasabiae* Hara によるワサビの白さび病罹病葉組織、対照区として健全組織を供試した。本菌は純寄生菌であるので、自然感染による罹病組織を用いた。各組織を細切し、4% グルタルアルデヒド—りん酸緩衝液 (pH 7.4) と 1% オスミウム酸—りん酸緩衝液で二重固定した。水洗後エタノール系列で脱水し、プロピレンオキシサイドに置換し

て Epon 812, MNA, DDSA に DMP-30 を添加し、包埋した。重合後、ガラスナイフを用い Porter-Blum MT-B 型超ミクロトームで切片を作成した。切片は酢酸ウラニウム飽和水溶液で電子染色し、カーボン補強を行い、日立 HU-12A 型電子顕微鏡 (75 KV) で観察した。

結果と考察

カラシナとタカナの白さび病肥大茎では表皮下細胞数 15—20個までの組織に限定して観察した。健全組織、罹病組織共に表皮下 4—7細胞層までの細胞には澱粉粒を含む葉緑体が多数認められる。肥大組織の皮層細胞は特に細胞質の層が薄い。図 1・2・5 に示されるように細胞の大部分は液胞 (V) で占められている。タカナの肥大茎組織にもカラシナ肥大茎組織と同じように、異常分裂 (増生) 後個々の細胞が伸長しなかったと思われる組織 (図 6) があり、液胞がある細胞やない細胞、電子密度が高く細胞内器官が崩壊しつつあると思われる細胞、葉緑体を持つ細胞や持たない細胞がある。このような組織は肥大茎の彎曲に関係していると考えられる。しかしこの組織には菌体は観察されない¹⁾。肥大組織細胞や吸器、細胞間隙の菌糸の存在状態は前報のカラシナ白さび病罹病組織の場合とほぼ同じである。ワサビ白さび病罹病葉組織では葉緑体の変化に特徴があった。種々の植物病害において、葉緑体の膨潤、グラナメラの変化、好オスミウム性顆粒の増大、澱粉粒の発達とグラナメラの消失などの現象が見られる。ワサビ白さび病罹病葉組織の葉緑体はグラナメラも多く、葉緑体の端に澱粉粒が形成され発達する (図 7・9)。*A. wasabiae* の吸器も古くなると種々の形に変形するが、このような吸器 (図 9, 左) になっても寄主細胞のトノプラスト (図 9, T),

※ 植物病学研究室
※※ マルホ株式会社

細胞膜、葉緑体膜は崩壊せず、細胞の基本的な膜構造は保持されている。

以上の結果から、肥大組織は種類の異なる細胞から構成されていること、病原菌が寄主細胞に侵入しなくても細胞に変化が起ること、肥大茎組織、肥大病斑が形成されるまで寄主細胞の基本的構造は崩壊しないこと、などが推測される。しかし異常組織細胞と病原体は長期間共生的関係を保持するが、図3に示すように、吸器の変化、寄主細胞の細胞膜やトノプラストの崩壊が起り、最終的に寄主細胞はえ死する。図3の細胞は光顕では褐変細胞としては認められない。

図1・2・5・8は吸器の様相を説明するために提示した。罹病組織の細胞間隙の菌糸は寄主細胞に接触し、侵入菌糸を出して(図1)寄主細胞壁を貫通し、寄主細胞の細胞質部分(細胞膜、細胞質、トノプラスト)を陥入させる。すなわち吸器は液胞内に存在するよう見えるが、寄主細胞の細胞質部分に取り囲まれていることがわかる。図1・2・5はいずれも肥大茎組織の皮層組織細胞であり、寄主細胞が肥大すると細胞質の層が薄くなり、吸器周辺の細胞質部分は特に薄い層として存在する。吸器は細胞壁(HW)で取り囲まれ、ミトコンドリアが多く、ERが発達している場合もある。吸器には液胞(HV)も発達するが、核は存在しない。吸器の細胞壁と寄主細胞質の間には高電子密度の物質があり、吸器を取り囲む寄主細胞の細胞膜(図5 CM)が観察される機会は少なく、高電子密度の物質と吸器の細胞壁の境界も不明瞭である。吸器が寄主細胞の細胞質に取り囲まれている形は寄主細胞が褐変え死する直前まで保持される。純寄生菌と寄主細胞との共生的関係は吸器周辺の寄主の細胞質部分の細胞膜やトノプラストの崩壊まで保持され、次いで光顕レベルの褐変細胞が現われる。

Albugo 属菌の吸器についてはBerlinらにより、その微細構造が報告され、菌体細胞壁は吸器頭(haustorial head)に近い柄(stalk)の部分で中断しているとされている。すなわち一般に菌糸細胞には細胞壁があるが、細胞間隙の菌糸と吸器頭間にある首または柄(neck or stalk)の部分に菌体の細胞壁が存在しないとして模式図を提示した。しかし筆者らの観察では、*A. macrospora* のカラシナ肥大茎における吸器(図2, HW)、タカナ肥大茎における吸器(図5)、*A. wasabiae* のワサビ罹病葉組織における吸器(図8)ではいずれも菌体の細胞壁は中断されておらず、連続している(図3・4・10)。筆者らは*Albugo* 属菌の吸器細胞壁は、うどんこ病菌、さび病菌、べと病菌の吸器の細胞壁のように連続していると考えているが、供試材料、固定法も考慮し再検討し

たい。

摘 要

Albugo 属菌によるカラシナ、タカナ、ワサビ罹病組織の起薄切片を電子顕微鏡で観察した。カラシナとタカナ肥大茎組織の場合、表皮下の細胞には澱粉粒を含み、グラナメラが発達した葉緑体が認められた。このような細胞は4—7細胞層であった。さらに内部の組織には肥大した細胞があり、液胞が発達し、細胞質は薄い層として存在した。これらの細胞には葉緑体はほとんどなく、アミロプラストが多かった。吸器が認められる寄主細胞においても細胞膜、トノプラスト、葉緑体膜などの構造は保持されていた。また異常分裂後伸長していない細胞組織には細胞質が変性している細胞、葉緑体を持つ細胞や持たやない細胞、液胞がある細胞やない細胞などがあった。この組織には菌糸や吸器は観察できなかった。ワサビ罹病葉組織では、健全葉に比較し、大型の葉緑体が存在し、大きな澱粉粒を含んでいるにもかかわらず発達したグラナメラがあり、各種植物肥大組織の葉緑体の変化とは様相が異なる。罹病組織には菌糸と吸器が認められ、吸器にはミトコンドリアが多く、液胞も発達するが、核は認められない。吸器の周辺は細胞質で取り囲まれ、吸器細胞壁と寄主細胞膜との間には高電子密度の物質があった。細胞間隙の菌糸細胞壁と吸器頭細胞壁は連続していた。

引用文献

1. 野津幹雄・石原義光：島根大農研報 10：70—79, 1976.
2. BERLIN, J. D. and BOWEN, C. C.: Amer. J. Bot. 51: 445—452, 1964.

図中の記号

CH	葉緑体
CM	寄主細胞膜
CW	寄主細胞壁
D	高電子密度物質
H	菌糸
HC	菌体の細胞質
HV	菌体の液胞
HW	菌体の細胞壁
IS	細胞間隙
M	ミトコンドリア
N	寄主の核
S	吸器鞘
ST	澱粉粒
T	トノプラスト
V	寄主液胞

Summary

Ultra-thin sections of the tissues of Cruciferous plants infected by *Albugo* fungi were studied under an electron-microscope. Stem tissues of *Brassica juncea* consisted of cells showing hypertrophy and of hyperplastic tissues. Hypertrophied cells had a large central vacuole and a thin peripheral layer of cytoplasm contained mitochondria, amyloplasts and endoplasmic reticula. In the chloroplast of *Wasabia japonica* infected by *Albugo wasabiae*, grana lamellar structures, osmiophilic granules and developed starch grains were found. The fungi were observed in the inter-cellular spaces, middle lamella and cells of host tissues. The haustoria within the host cells were always surrounded by a thin layer of host cytoplasm. Many mitochondria, endoplasmic reticula and vacuoles were observed in the haustorial head, but no nucleus was recognized. Hyphal cell wall of *Albugo* was observed to continue to the cell wall of haustorial head.

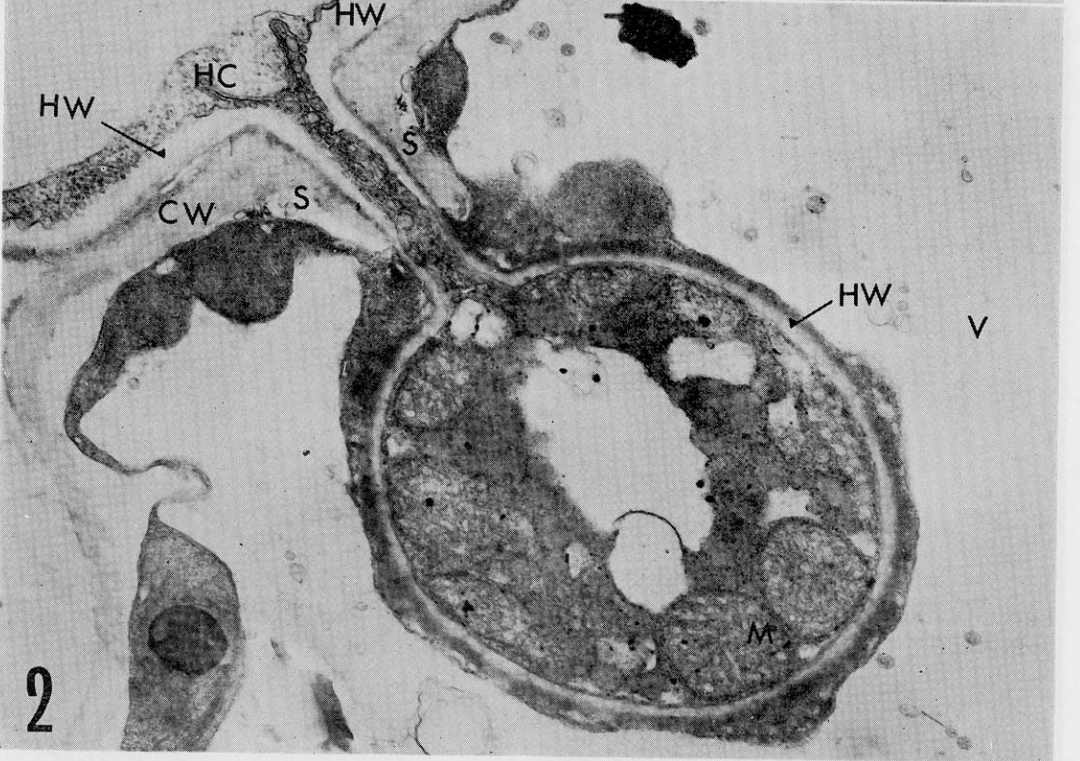
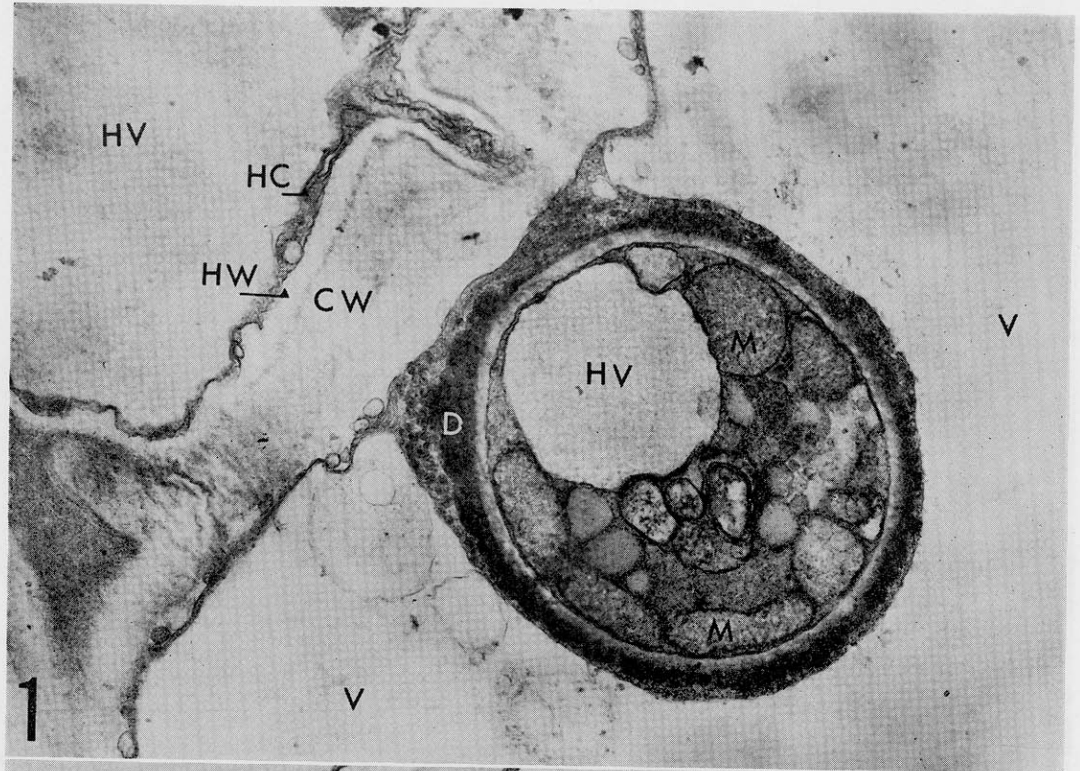


図1. カラシナ白さび病菌の吸器 ×21000

図2. カラシナ白さび病菌の吸器と吸器鞘 (S) ×22000



図3・4 カラシナ白さび病菌の侵入 図3 ×6000 図4 ×16000

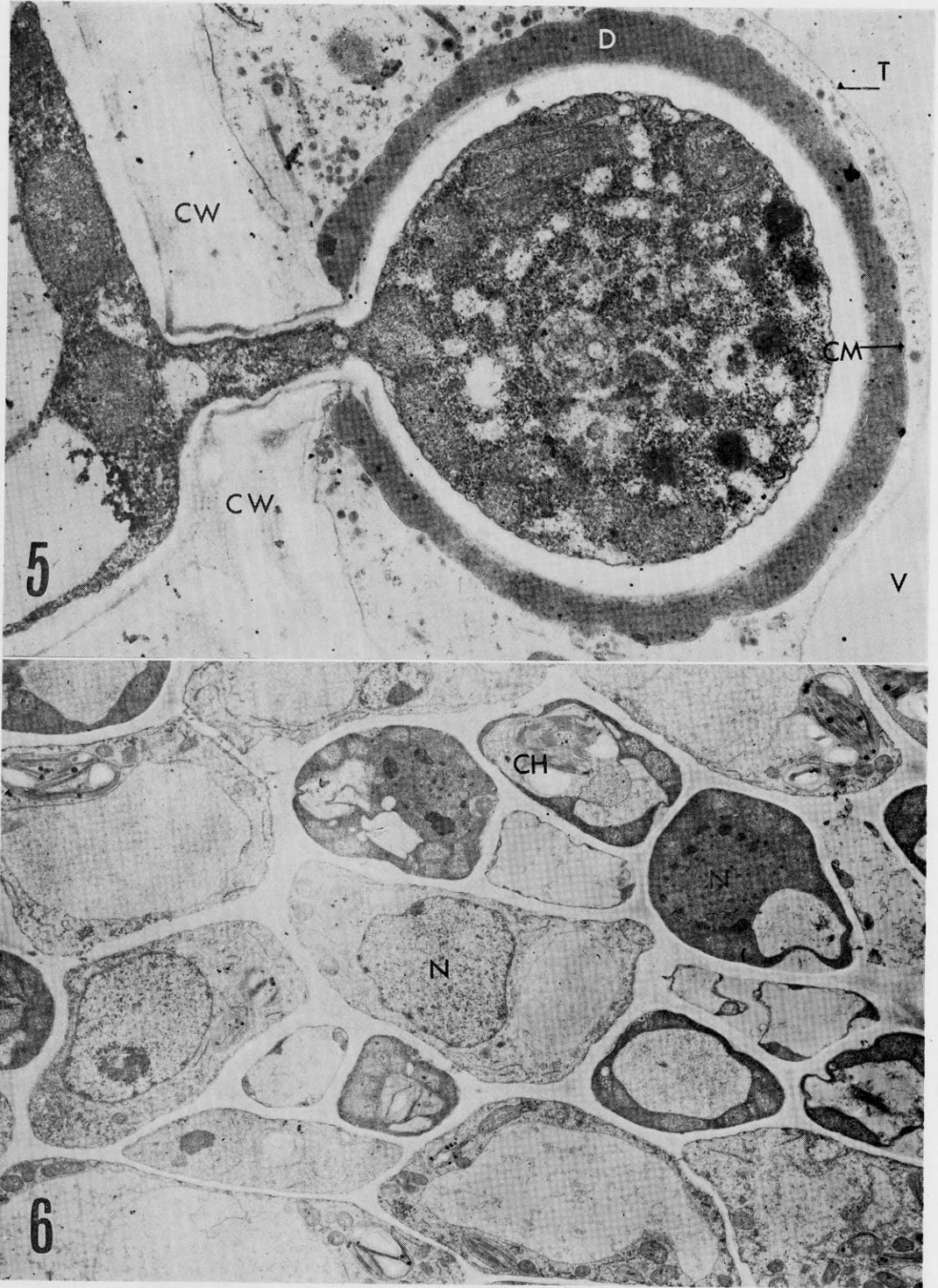


図5. タカナ白さび病菌の吸器 ×20000

図6. タカナ肥大茎組織の異常分裂後伸長が停止したと思われる組織細胞 ×5000

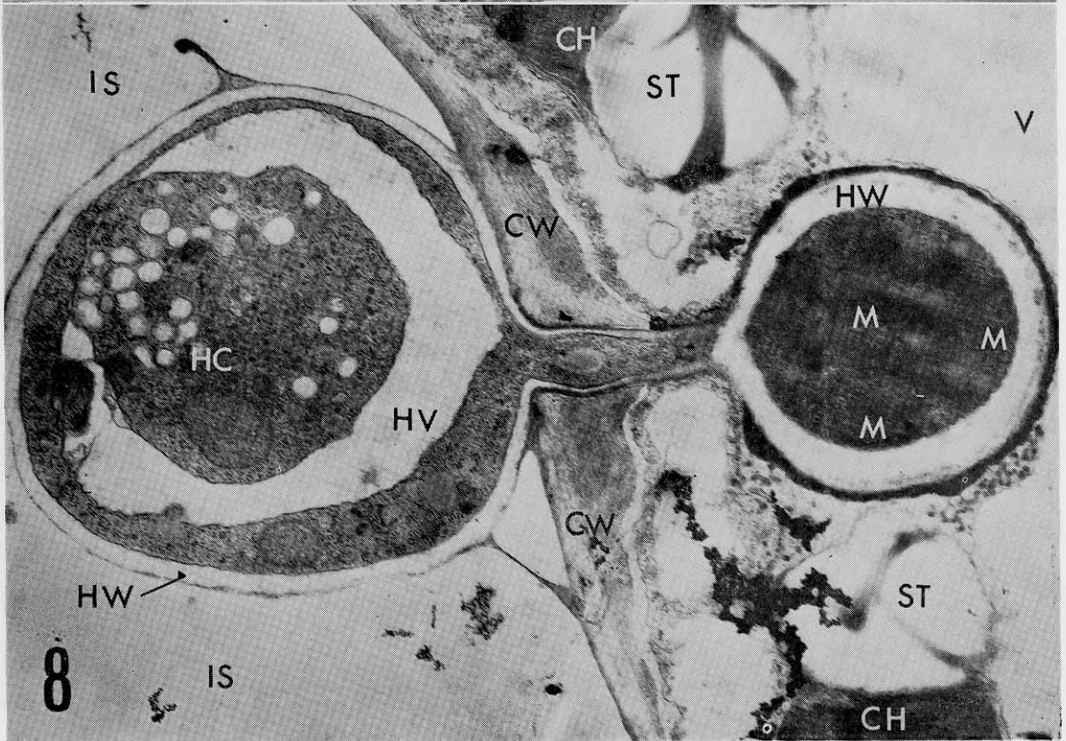
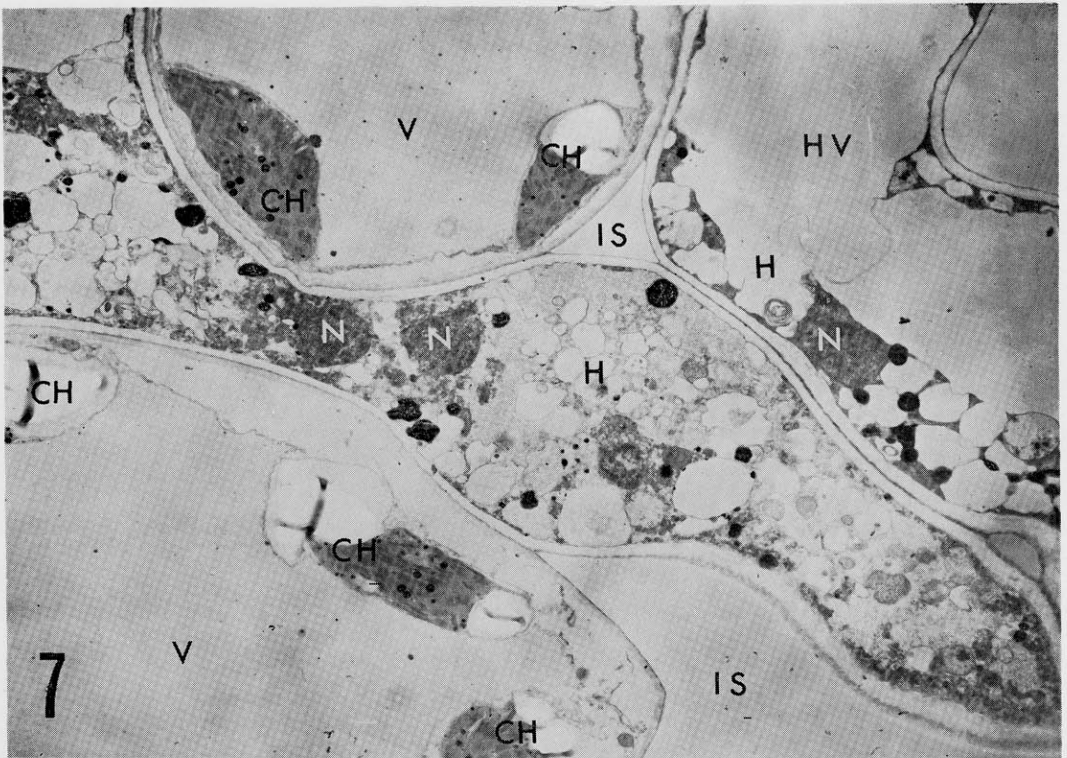


図7. ワサビ白さび病罹病組織細胞と菌糸 ×3600
図8. ワサビ白さび病菌の吸器 ×15000

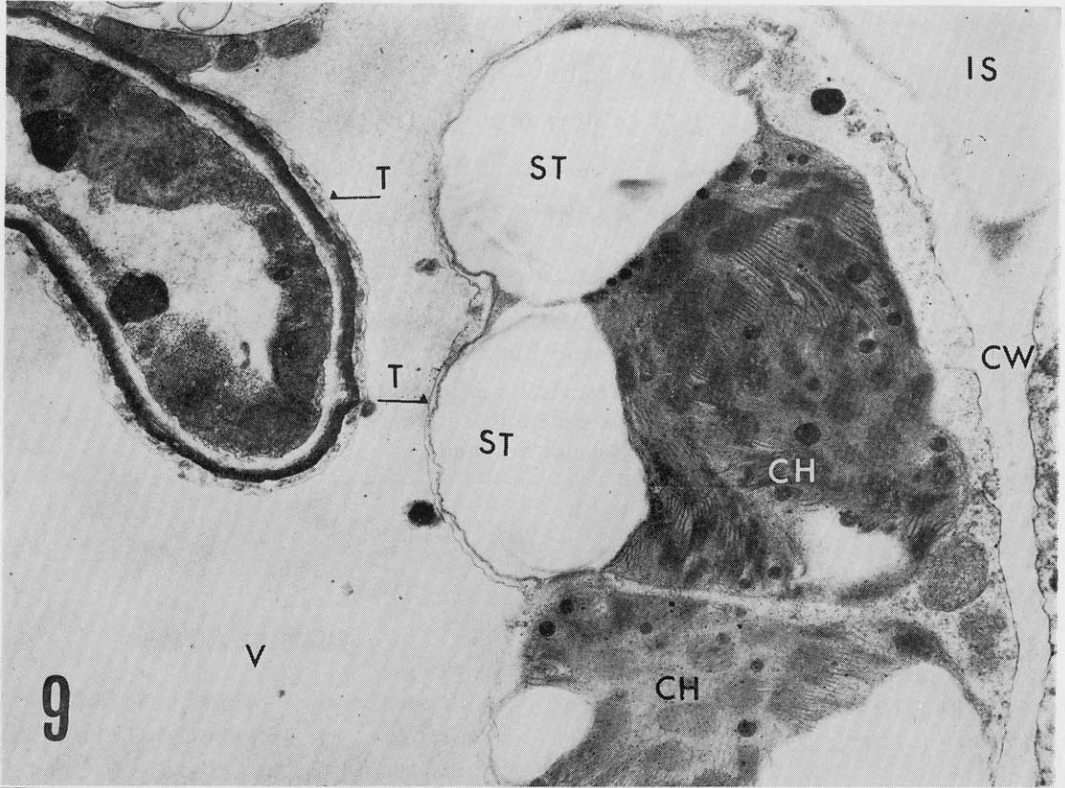


図9. ワサビ白さび病菌の吸器と葉緑体 ×16000
図10. ワサビ白さび病菌の侵入 ×10000