

# オオバコさび病組織の微細構造

野津 幹雄<sup>※</sup>・山本 昌木<sup>※</sup>

Mikio Nozu and Masaki YAMAMOTO

Ultra-structure of Rust tissue of *Plantago major* L.

Caused by *Puccinia miscanthi* MIURA

## はじめに

筆者らは肥大組織における病原体と感受体の相互関係や感受体細胞の構造について電子顕微鏡を用いて検討しており、すでにさび病ではナシ赤星病組織<sup>1)</sup>、キツネノボタンさび病組織<sup>2)</sup>の微細構造について報告した。本報ではオオバコさび病組織の観察結果を提示し、さび病菌と感受体細胞との関係を考察したい。なおオオバコさび病菌 (*Puccinia miscanthi* MIURA) はオオバコのほかエゾオオバコ、ススキ、チガヤなどを侵害する。

オオバコさび病菌の学名について御教示いただいた東京教育大学名誉教授平塚直秀博士に謝意を表する。

## 実験材料と方法

*Puccinia miscanthi* MIURA の侵害によるオオバコ (*Plantago major* L. var. *asiatica* DECNE) さび病病斑組織を供試した。組織は MILLONING の方法<sup>3)</sup> に準じ 6.25% グルタルアルデヒド-リン酸緩衝液により 4 時間低温固定し、リン酸緩衝液で 6 時間洗い、1% オスミウム酸-リン酸緩衝液で 4 時間固定した。水洗後エタノール系列で脱水しプロピレンオキシドでエポンを誘導し、ゼラチンカプセルに包埋した。ガラスナイフを用い日本電子 JUM-5B 型超マイクロトームで超薄切片を作製し酢酸ウラニウム<sup>4)</sup> 飽和水溶液 (室温) で電子染色し、カーボンで補強し、日立 HS-6 型電子顕微鏡で観察した。

## 結果と考察

病原体と感受体細胞の関係：病原体 (菌糸) が感受体組織にまん延しており、細胞間隙や中層に認められることは、*Gymnosporangium haraeaeum*<sup>1)</sup> や *Uromyces dactylidis*<sup>2)</sup> の場合と同じである。*Puccinia miscanthi*

MIURA はさらに菌糸の末端を感受体細胞壁の内側や、中央液胞に相当する場所に認めることができ、感受体の細胞壁は貫通されていることが判る。細胞壁より内側の菌糸(H)ーさび病では吸器とよばれている一の周辺には感受体の細胞質部分が認められ、菌糸は常に 1 枚の薄膜によって囲まれている。この薄膜は *Gymnosporangium haraeaeum*<sup>1)</sup> や *Uromyces dactylidis*<sup>2)</sup> の周辺にも認められる。図 1-4 で示されるように、液胞に接する膜トノプラスト、感受体細胞膜、細胞質部分 (細胞膜とトノプラストの間の部分)、菌糸細胞壁の関係から感受体細胞膜が陥入されたものであると考えており記号 CM を用いた。さび病菌などでは一般に細胞壁より内側に認められる菌糸を吸器と呼び、電子顕微鏡で吸器構造を観察したものはかなりの数にのぼっており、さび病<sup>5),6)</sup> のほかうどんこ病<sup>7)</sup>、べと病<sup>8)</sup>、白さび病<sup>9)</sup>などで観察されており、細胞膜が陥入されたものであると考える研究者が多い。しかし形成機構や膜の性質についてはほとんど研究されていない。

菌糸が細胞膜やトノプラストを貫通した後に菌糸の周辺に新しく膜ができ、細胞質が集ってさらにトノプラストが形成されるとは考えられない。さび病菌が細胞膜やトノプラストを崩壊すれば細胞質部分の構造物のいくらかは液胞内に認められてもよいが、ナシ赤星病組織やキツネノボタンさび病組織でも菌糸は液胞には絶対に侵入しない。植物の細胞壁には酵素の活性<sup>10)</sup>もあり、植物病学では病原体の侵入に対する最初の防壁でもあり、無視することはできない。細胞の働きの大部分は細胞膜とその内側にあると考え、細胞に対して「物」が外にあるか内にあるかは細胞の表面膜である細胞膜を境界に論議されるであろうし、ウイルス粒子が細胞壁に認められた場合細胞に入ったとはいえない。このように考えると *Puccinia miscanthi* MIURA は組織の細胞間隙や中層にまん

※ 植物病理学研究室

延し、細胞壁を侵害して細胞壁より内側に入るが、細胞膜を陥入させるだけで崩壊や貫通はしない。その結果細胞質とは直接接触せず、菌糸は感受体細胞の外に存在することになる。キツネノボタンさび病組織における *Uromyces dactylidis* やナシ赤星病組織における *Gymnosporangium haraeum* も感受体との関係は類似している。また *Puccinia graminis* によるコムギ黒さび病<sup>5)</sup>、*Puccinia cathami* によるベニバナさび病<sup>6)</sup>においても菌糸をとりまく薄膜は認められている。菌糸をとり囲む膜が菌糸による感受体細胞膜の陥入によってできたものであるとしても、なぜ菌糸によって破られないのか、細胞膜に伸張性があるとしても膜の伸張には限界があり、膜が作られるとすればどのようにして作られるかという疑問が残る。菌糸をとり囲んでいる膜の性質、役割についてはまったく研究されておらず今後の課題としてとりあげなければならない。

**感受体細胞：**肥大組織の細胞であっても原形質分離は起こしておらず細胞膜は細胞壁に密着している。病原体細胞質に比較して感受体細胞質は電子密度が低く細胞質部分にはリボソームの密度は低いようである。核は1胞1核のようであり、しばしば核の表面には凹凸があった。一般に緑色度の高い細胞の葉緑体ではグラナラメラやインターグラナラメラが発達しているが、オオバコさび病病斑組織の葉緑体には殿粉粒が存在し、アミロプラストに近い形を示す。インターグラナラメラはいくらか残存しているがグラナラメラは観察できなかった。なおラメラは限界膜と殿粉粒の間よりも殿粉粒間に存在し、ラメラの存在する部分には好オスミウム果粒（またはカロチノイドボディ）が点在している。肥大組織では一般に超薄切片の面積当りのミトコンドリア数が少ないが、オオバコさび病組織においては比較的多数のミトコンドリアが存在するようである。超薄切片では円形とかだ円形に見えるが実際には桿状のものが多くであろう。肥大した典型的な病斑組織を供試しているにもかかわらずミトコンドリアには膨潤、収縮、空胞化は認められずクリステも多く、ミトコンドリアの機能は極端に低下しているとは考えられない。またミトコンドリアや葉緑体の限界膜が崩壊されないことから、組織への菌糸のまん延、細胞への陥入に対し細胞質部分は細胞内器官が崩壊するほどの影響を受けていないことが判る。菌糸と菌糸に近い細胞質部分には脂質と考えられるオスミウム酸に濃染する物質が認められる。しかしこの物質は液胞には観察できなかった。蛋白質合成の旺盛な細胞にはリボソームも多く粗面小胞体が存在する<sup>11)</sup>がオオバコさび病組織の細胞はリボソームの密度も低く、粗面小胞体は観察さ

れないことから肥大組織が形成された時点では細胞の蛋白質合成能力は低下しているかもしれない。小胞体はチューブ状のものも存在し、いくらか膨化が起っているようである。液胞は大きく感受体細胞の大部分を占めている。液胞内にはオスミウムに親和性のある物質があり密度は低いが液胞全体に均一に存在している。

### 図の説明

- 図1. 病原体と感受体細胞：菌糸は陥入された感受体細胞膜で取り囲まれる。病原体（菌糸）の細胞壁は電子密度が高く陥入された膜が菌糸に密着していることは倍率を高くすると確認できる(図2・3参照)。葉緑体には殿粉粒が多く、わずかにラメラと好オスミウム果粒が存在する。 ×7,000
- 図2. 病原体と感受体細胞：菌糸(H)は薄膜(CM)によりとりかこまれ、感受体細胞質とは接触しない。なお図1の1部を拡大したように見えるが、連続超薄切片によるもので、図1, 2の間には切片3枚位のずれがある。 ×14,000
- 図3. 感受体細胞：ミトコンドリアは超薄切片では円形楕円形に見えるが、実際には桿状であろう。小胞体(写真上部)は滑面でチューブ状のものもあり、膨化している。 ×14,000
- 図4. 菌糸と陥入膜：菌糸細胞壁の電子密度が高く、陥入された膜が菌糸細胞壁に密着すると確認が困難である。写真右下の陥入膜はかるうじて認められる。 ×21,000

### 図中の記号

- CH chloroplast  
 CM cell membrane of the suscept  
 ER endoplasmic reticulum  
 H hypha  
 HCW cell wall of the pathogen  
 L lipid granule  
 LA lamellar structure of chloroplast  
 M mitochondrion  
 OS osmiophilic granule in the chloroplast  
 S starch grain in the chloroplast  
 T tonoplast  
 V central vacuole

### 摘 要

*Puccinia miscanthi* MIURA に侵害されたオオバコ *Plantago major* L. var. *asiatica* DECNE の肥大組織の超薄切片を電子顕微鏡で観察した。*Puccinia miscan-*

*thi* は感受体細胞壁を貫通するが、感受体の細胞膜、細胞質部分、トノプラストを中央液胞部へ陥入させるだけで、これを破ることはないので、本菌は感受体細胞の外に存在する。感受体細胞のミトコンドリア数は比較的多く、クリステも発達している。葉緑体の大部分は澱粉粒が占めグラナは観察できなかつた。わずかのラメラが観察され、ラメラが観察される部分に好オスミウム顆粒が観察される。小胞体が発達している細胞もある。小胞体は滑面で、チューブ状のものもあり、膨化しているようである。液胞にはオスミウムに親和性のある物質が均一に存在する。

### 引用文献

1. 野津幹雄・山本昌木：島大農研報 **4** : 25-30, 1970.
2. 野津幹雄・山本昌木：日菌報 **12** : 179-183, 1971.
3. MILLONING, G. : J. Appl. Physics. **32** : 1637, 1961.
4. WATSON, M. L. : J. Biophys. Biochem. Cytol. **4** : 475-478, 1958.
5. EHRLICH, H. G. and EHRLICH, M. A. : Amer. J. Bot. **50**(2) : 123-130, 1963.
6. ZIMMER, D. E. : Phytopathology **60** : 1157-1163 1970.
7. BRACKER, E. : Phytopathology **58** : 12-38, 1968
8. KAJIWARA, T. : Morphological and Biochemical Events in Plant-Parasite Interaction (Eds. Akai S. and Ouchi, S.) The Phytopathological Society of Japan Tokyo 1971. p. 255-277.
9. BERLIN, J. D. and BOWEN, C. C. : Amer. J. Bot **51**(4) : 445-452, 1964.
10. 佐藤七郎・鈴木堯子：生物科学 **21**(2) : 58-65, 1969.
11. 村上悟：東昇編医学生物学用電子顕微鏡学文光堂東京 1969, p. 420-477.

### Summary

Ultra-structures of the hypertrophied leaf-tissue of *Plantago major* L. infected with *Puccinia miscanthi* MIURA were studied under the electron-microscope.

Although the tips of hyphae were recognized in the region of the central vacuole of the suscept cell, the hyphae were always surrounded and separated from the suscept cytoplasm by a invaginated cell membrane. Nuclei, endoplasmic reticula, chloroplasts and mitochondria were found in the cytoplasmic areas of the suscept cells. Swollen, contacted and/or vacuous mitochondria were not found but developed cristae mitochondriales were observed in the mitochondria. Starch grains, osmiophilic granules and lamellar structures were recognized but grana structures were not recognized in every chloroplast.



