さび病菌の細胞学的研究(10). ナシ赤星病菌銹子毛の微細構造*

河野 満**・石崎 寛**・久能 均**

Mitsuru KOHNO, Hiroshi ISHIZAKI and Hitoshi KUNOH: Cytological studies
on rust fungi(10). Ultrastructure of roestelium of *Gymnosporangium*
asiaticum Miyabe ex Yamada***

摘要: 長世代種と短世代種のさび病菌の細胞学的研究の一環として、ナシ赤星病菌の銹子毛の微細構造を観察した。異った性を有した柄子器堆上の柄子滴を互いに混合すると、7—10日後ナシ葉裏から銹子毛が形成された。銹子毛は葉肉組織中央部から葉裏に向かって形成された。銹子毛は下側表皮を破って外部へ露出していた。銹子毛護膜はほぼ長円形や長方形の護膜細胞から成り、亀裂がところどころに生じていた。護膜細胞の表面は平滑で、その周囲に多くの突起状構造が認められた。この突起状構造は護膜細胞細胞壁の基部から生じていた。銹子毛基部は単核の不整形菌体細胞から成り、この菌体細胞群から2核の細長いさび胞子梗が生じていた。さらにさび胞子梗から2核のさび胞子と介在細胞とが交互に形成されていた。さび胞子は球状で、全体が突起状構造で覆われており、ところどころに発芽孔がみられた。

緒 言

ナシ赤星病菌は雌雄異体性のさび病菌で、異なった性を有した柄子器の間で受精し、その結果2核性のさび胞子を形成すると考えられている。筆者らは過去数年、長世代種と短世代種のさび病菌の細胞学的差異を検討しており、前報⁵⁾ですでに柄子器の微細構造について報告したので、今回は銹子毛の微細構造について報告する。

材料および方法

本菌柄子器堆上で分泌された柄子滴に他の葉上の柄子器堆上で分泌された柄子滴を混合すると、7—10日後にナシ葉裏から銹子毛の形成が始まる。柄子滴混合7日後の若い銹子毛および14日後の発達した銹子毛病斑部をカミソリで切り取り、前報で述べたように試料を固定し、光学顕微鏡、走査型および透過型電子顕微鏡で観察した。

結 果

1. 走査型電子顕微鏡観察

Fig. 1は柄子滴混合7日後に葉裏を突きつてで

た極めて若い銹子毛を示し、Fig. 2は柄子滴混合14日後の発達した銹子毛を示している。若い銹子毛の先端は尖っており、球形の構造が互いに癒着しているようにみえた。また銹子毛の周囲の葉表皮は下から押し上げられたように破れていた。発達した銹子毛では中央部でところどころに亀裂が生じていた(Fig. 2, 矢印)。銹子毛の護膜はほぼ長円形や長方形の護膜細胞から成っていた(Fig. 2)。Fig. 2から判断するとFig. 1で見られる球形の構造は初期の護膜細胞であると思われる。護膜細胞の表面は平滑で、その周囲には多くの突起状構造が認められた(Fig. 3)。銹子毛内にはさび胞子が充満していた(Fig. 4)。さび胞子は直径約19 μ mの球形で、胞子全体は突起状構造で覆われており、わずかにくぼんだ部位がところどころでみられた(Fig. 4, 5)。各突起構造は3—10個のさらに小さな突起から成る複合体構造を示した(Fig. 6)。

2. 光学顕微鏡および透過型電子顕微鏡観察

Fig. 7はFlemmingの3重染色をほどこしたパラフィン切片を光学顕微鏡で観察したものである。葉肉組織中央部から葉裏にむかって銹子毛が形成されており銹子毛護膜は下側表皮を破って外部へ露出していた。銹子毛基部では菌体群が認められ、菌体群から細長い

* 三重大学農学部植物病理学研究室(業績 No.56)

** 三重大学農学部 Faculty of Agriculture, Mie Univ., Tsu-city, 514 Japan.

*** 平塚直秀(1975)日菌報 16: 90—92.

菌体が密に生じていた．細長い菌体内には2核が認められ、2核が連続している場合も観察された(Fig. 7, 矢印)．銹子毛中央部では多くのさび胞子が認められた．

透過型電子顕微鏡で観察すると、銹子毛基部は不整形の菌体細胞から成り、大部分が単核で、著しく液胞化しているものも認められた(Fig. 8)．これら不整形の菌細胞群から細長い菌体細胞が密に生じ、細胞内には2核が認められた(Fig. 9)．さらにこれらの細長い菌細胞群から、2核の菌細胞が連鎖状に形成されていた(Fig. 10)．これらを拡大すると凸レンズ状の細胞と凹レンズ状の細胞とが交互にならび、全体として細長い糸状構造を示した(Fig. 11)．これら糸状構造の先端部の凸レンズ状細胞はさび胞子になり、それに続く凹レンズ状細胞はしばしば崩解していた(Fig. 12)．未成熟および成熟したさび胞子は大部分が2核であった．さび胞子細胞壁は厚さ約1.7 μ mで、細胞壁基部から電子密度の低い突起状構造が形成されていた(Fig. 12, 13)．銹子毛護膜はほぼ長円形および長方形の護膜細胞から成っていた．護膜細胞はほとんど液胞化しており、細胞壁は電子密度が低く、細胞壁基部からやや電子密度の高い突起状構造が形成されていた(Fig. 14)．

考 察

平塚²⁾は護膜の形状により、さび病菌の銹胞子堆を銹子腔、銹子のう、銹子毛および銹子堆の4種に類別した．走査電子顕微鏡観察の結果から明らかなように、ナシ赤星病菌の護膜は毛状で、典型的な銹子毛である．銹子毛護膜は未成熟なさび胞子の保護をするが、成熟すると護膜に亀裂を生じ、そこからさび胞子が飛散する．また本菌護膜はほぼ長円形および長方形の護膜細胞から成っていた．Gold¹⁾らは *Puccinia recondita* の護膜細胞表面に生じる突起状構造の発達過程を報告しており、護膜外側の方が内側よりも護膜細胞細胞壁が厚く、また突起状構造の形状にも違いがあると述べている．本菌の護膜細胞表面は平滑で、その周囲に突起状構造が認められたことから、表面に突起状構造がある．*P. recondita* の護膜細胞とは形態的に異なるようである．Littlefield⁶⁾らによると、さび胞子は数個の発芽孔を有し、透過型電子顕微鏡で観察すると発芽孔細胞壁は周囲の細胞壁より電子密度が低くなっている．Fig. 5に見られるさび胞子表面のややくぼんだ部位が発芽孔に相当するものと思われる．さび胞子の表面は突起状構造で覆われており、その形状により Littlefield⁶⁾は coglike (歯状) annulate (環紋状)、

pointed (先端状) および conical (円錐状) の4種類に分類した．本菌さび胞子表面にみられる突起状構造は走査型電子顕微鏡の低倍率観察によると coglike に近いと思われるが、高倍率観察による小突起の複合体であることが明らかなので、Littlefield⁶⁾の示した coglike とはやや異なるようである．しかしながら彼らは低倍率の電子顕微鏡写真しか示していないで、現在のところ本菌さび胞子の突起が全く新しいタイプであると断定することは難しい．

平塚²⁾は寄主組織内で単相菌糸体から成るさび胞子始原体が生じ、やがて基部のさび胞子を形成する部分と先端の銹子腔空隙にあたる部分とに分化すると述べている．また Rijkenberg and Truter^{7,8)}は *Puccinia sorghi* の銹子腔基部は4つの細胞、すなわち a. 単核の細胞、b. 癒合した多核細胞、c. 2核のさび胞子梗、d. 細胞質の崩解した細胞から成ることを報告している．これらのうちbの多核細胞は単核の細胞が癒合してでき、この多核細胞から2核のさび胞子梗が生じると考えられている．しかしながら異なった性を有した2つの核がどのような機構でさび胞子梗に移行していくのかは明らかでない．本菌銹子毛基部では、単核の不整形菌体細胞群および胞子梗と思われる2核の細長い細胞が認められたが、Rijkenberg and Truter^{7,8)}が観察した多核細胞はみられなかった．本菌の場合単核の細胞群からどのようにして2核のさび胞子梗が生じるのかは明らかではないが、本菌の2核化の機構を検討するうえで是非とも解決しなければならない問題である．

一般に、さび胞子は鎖状に連結して形成され、さび胞子間には介在細胞が存在することが知られている．Hughes⁹⁾はさび胞子の形成法は子のう菌などで多くみられる meristem arthrospore であると論じている．しかし Rijkenberg and Truter^{7,8)}は *P. sorghi* のさび胞子原基は annellophorie に形成されると述べている．彼らはまた未成熟なさび胞子間にはくさび状の扁平な介在細胞が形成されることを観察している．Gold¹⁾も *P. recondita* ではほぼ同様な介在細胞を観察している．本菌のさび胞子形成部では凸レンズ状細胞と凹レンズ状細胞とが交互に形成されたが、Fig. 12に示すように凸レンズ状細胞がさび胞子になる細胞で、凹レンズ状細胞は介在細胞になる細胞であると考えられる．Rijkenberg^{7,8)}やGold¹⁾の観察した介在細胞はくさび状で扁平であったが、本菌の介在細胞は糸状に細くなってやがて消滅する．このようにして本菌のさび胞子が形成され、やがて1個づつ離脱するものと考えられる．

引用文献

- 1) GOLD, R. E., L. J. LITTLEFIELD and G. D. STATLER (1979) Can. J. Bot. 57: 74-86.
- 2) 平塚直秀 (1955) 植物锈菌学研究, 笠井出版, 東京, pp. 11-44.
- 3) HUGHES, S. J. (1970) Can. J. Bot. 48: 2147-2157.
- 4) KOHNO, T. NISHIMURA, M. NODA, H. ISHIZAKI and H. KUNOH (1977) Trans. Mycol. Soc. Japan 18: 211-219.
- 5) 河野 満・石崎 寛・久能 均 (1981) 三重大農学報 (投稿中)
- 6) LITTLEFIELD, L. J. and M. C. HEATH (1979) Ultrastructure of rust fungi, Academic Press, New York, London, pp. 20-45.
- 7) RIJKENBERG, F. H. J. and S. J. TRUTER (1974) Protoplasma 81: 231-245.
- 8) ———— (1975) Ibid. 83: 233-246.

Summary

As a part of our extended studies on long- and short-cycled rust fungi, fine structure of roestelia of *Gymnosporangium asiaticum* Miyabe ex Yamada was investigated in this study. Roestelia formed on upper surfaces of Japanese-pear leaves 7-10 days after mixing pycnidial dews artificially which were exuded on heterothallic pycnidia. Roestelia arose from mesophyll tissues and were extruded from epidermises of lower surfaces of pear leaves. Peridial cells composing the outer walls of roestelia were of varied shapes, oblong or elliptic. Binucleate aeciosporophores arose from the cell mass which resided at the basal part of roestelium. Aeciospores and intercalary cells were formed alternately on aeciosporophores, making a spore-chain. The intercalary cells disintegrated, when aeciospores matured. Aeciospores were covered with a thick cell wall showing the bizarrely shaped ornaments.

Explanation of plates

Abbreviations in figure. as: aeciospore, asp: aeciosporophore cw: fungal cell wall ic: intercalary cell n: fungal nucleus, p: peridial cell, r: roestelium, sa: spine (aeciospore ornamentation), v: fungal vacuole Calibration: Bar=20 μ m in Figs. 1, 3, 4 and 7. Bar=100 μ m in Fig. 2. Bar=2 μ m in Figs. 5, 6, 8-13.

Figs. 1-6. Scanning electron micrographs of roestelia of *Gymnosporangium asiaticum* on Japanese-pear leaves.

1. A young roestelium which has broken through a leaf surface, observed 7 days after mixing pycnidial dew. 2. A mature roestelium with several cracks (arrows) at the central part, observed at 14 days. 3. Peridial cells with frills and aeciospores which have been exposed by removing peridial cells. 4. Abundant aeciospores within a roestelium which have been exposed by breaking the roestelium. 5. Ornamental spines covering the aeciospore surface. 6. Enlarged spines each of which is composed of three to five tiny projections.

Fig. 7. A light micrograph of a roestelium with a number of aeciosporophore and aeciospore. Arrows indicate binucleate cells which reside at the basal part of roestelium.

Figs. 8-10. Transmission electron micrographs of roestelia. 8. Uninucleate cells of varied shapes which are present at the basal part of roestelium. 9. Binucleate aeciosporophores arising from the cell masses which are shown in Fig. 8. 10. Immature, binucleate aeciospores and wedge-shaped, binucleate intercalary cells which reside alternately in chains. 11. A binucleate, wedge-shaped intercalary cell which resides between each of the immature aeciospores in the chain. 12. An immature aeciospore. Note that the attaching intercalary cell has disintegrated. 13. A binucleate mature aeciospore enveloped by a thick cell wall. 14. Longitudinal peridial cells of roestelium showing the bizarrely shaped ornaments. The cytoplasm appears disintegrated.

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3