

植	物	
	防	疫
講	座	

病害編-18

菌核病菌による病害の発生生態と防除

国立研究開発法人
農業・食品産業技術総合研究機構 野菜花き研究部門

くぼ た まさ はる
窪 田 昌 春

はじめに

菌核病は、多犯性の糸状菌 *Sclerotinia sclerotiorum* による病害である。本菌は、有性生殖によって子のう胞子を容易に形成させることができる子のう菌類であり、国内では双子葉草本植物を中心に、果樹、樹木も含めた約120種の植物宿主が認められている（日本植物病理学会，2019；農研機構遺伝資源センター，2019b）。一部の樹木、果樹等では枝枯菌核病，スギとジョチュウギクでは大粒菌核病との病名がつけられている。茎葉，花器，果実のいずれの器官も侵し，水浸状の病斑から腐敗をもたらし，乾燥すると植物組織は褐～黒変する。この水浸状病斑には，本病菌の病原因子と考えられているオキザロ

酢酸や植物細胞壁分解酵素による植物組織の軟化がかかわっている（Li et al., 2004；MONAZZAH et al., 2018）。高湿度条件では罹病した植物組織上に白色の菌糸束を生じ，大きさ数 mm で不整形，黒色で鼠糞状の菌核を形成する。この特徴的な菌糸束，菌核が形成されるため，本病は容易に診断できる。

S. sclerotiorum 以外に国内で植物病害を起こす主な *Sclerotinia* 属菌種としては，*S. trifoliorum* がマメ科植物，特にクローバ類に菌核病，*S. minor* がサツマイモ，トマト，キク科植物の地際部に小粒菌核病を起こして類似の病徴を呈す。単子葉の草本植物には，*S. borealis*（日本植物病名目録では *Myriosclerotinia borealis*）が同様の病害を引き起こす。*S. nivalis* はいくつかの作物に雪腐病を

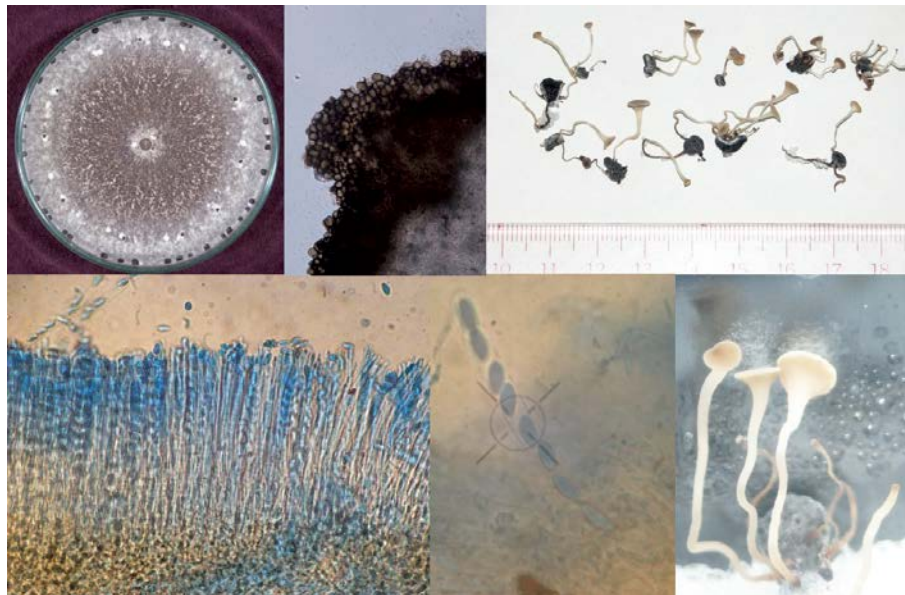


図-1 菌核病菌 *Sclerotinia sclerotiorum* の形態

上左：ポテトデキストロース寒天培地の菌叢。周縁部に菌核を形成する。

上中：菌核表皮断面。黒色球状細胞の層からなる。

上右：菌核から形成された子のう盤。

下左：子のう盤上面の子のう。コットンブルー染色。

下中：子のう中の子のう胞子。コットンブルー染色。

下右：子のう盤からの子のう胞子の射出。プラントボックス内壁面に付着して白色を呈する。

起こす。雪腐病は、前述の病害とは発生生態が異なり、北日本において積雪前に子のう胞子が宿主植物に付着し、積雪後に積雪下で病勢が進展する（渡辺ら、2005）。

I 病原菌の形態と分類

S. sclerotiorum は上述の罹病組織上の菌糸束や菌核から容易に分離でき、ポテトデキストロース寒天（PDA）などの一般的な培地で容易に培養できる。オクラから分離された菌株は、PDA上では4~30℃で生育し、適温は20℃であった（窪田・三澤，2014）。菌叢は白色で気中菌糸を旺盛に作り、20℃での菌叢生育速度は22 mm/日と速い（図-1 上左）。菌叢周縁に大きさ2~20 mm、表面平滑で黒色、不整形の菌核を形成する（KOHN, 1979）。菌核の表皮は何層かの球状の有色細胞からなる（図-1 上中）。菌核を低栄養、湿潤条件に置くと、オクラの菌株では笠径0.8~5 mmの子のう盤（きのこ）を形成し（図-1 上右）、笠の上面に子のうを多数形成する（図-1 下左）。子のう内部には、2核、縦横比>2.0で同形、大きさ7.1~13.8×3.9~5.9 μmの子のう胞子が8個形成される（図-1 下中）。子のう胞子は成熟すると子のうから射出される（図-1 下右）。これらの形態は本菌に特徴的であり、これらにより本菌の同定が容易に行える（KOHN, 1979）。一方、*S. trifoliorum* では菌核にビロード状の菌糸があり、子のう胞子は13.7~16.3×8.0~10.0 μmと*S. sclerotiorum*のものより大きく、4核で縦横比<2.0、大きさにより2型に分けられる（KOHN, 1979；佐々木ら，2006）。*S. minor*の菌核は培地上では菌叢上に分散して形成されて0.5~2 mmと*S. sclerotiorum*のものより小さく、子のう胞子は4核である（KOHN, 1979）。*S. nivalis*では、菌核の大きさが*S. sclerotiorum*と*S. minor*の中間であり、子のう胞子は2核である（SATO, 1997）。*S. borealis*では、子のう胞子が17.5~25×7~9 μmと大きく多核である（SATO, 1998）。

Sclerotinia 属菌は、Internal Transcribed Spacer（ITS）領域を用いた分子系統樹では、灰色かび病菌類（*Botrytis* 属）の近くに位置する（図-2, 3）。*S. sclerotiorum*のITS領域については、オクラ分離菌のものと100%の相同性を示す菌株が、National Center for Biotechnology Information上で100株以上あり（窪田・三澤，2014；U.S. National Library of Medicine, 2019）、種内の遺伝的多様性は比較的小さいと考えられ、分子系統分類による同定も容易である。また、ネギ属の黒腐菌核病菌 *Sclerotium cepivorum* も、分子系統ではこれらの *Sclerotinia* 属菌の近傍に分類される（Xu et al., 2010）。

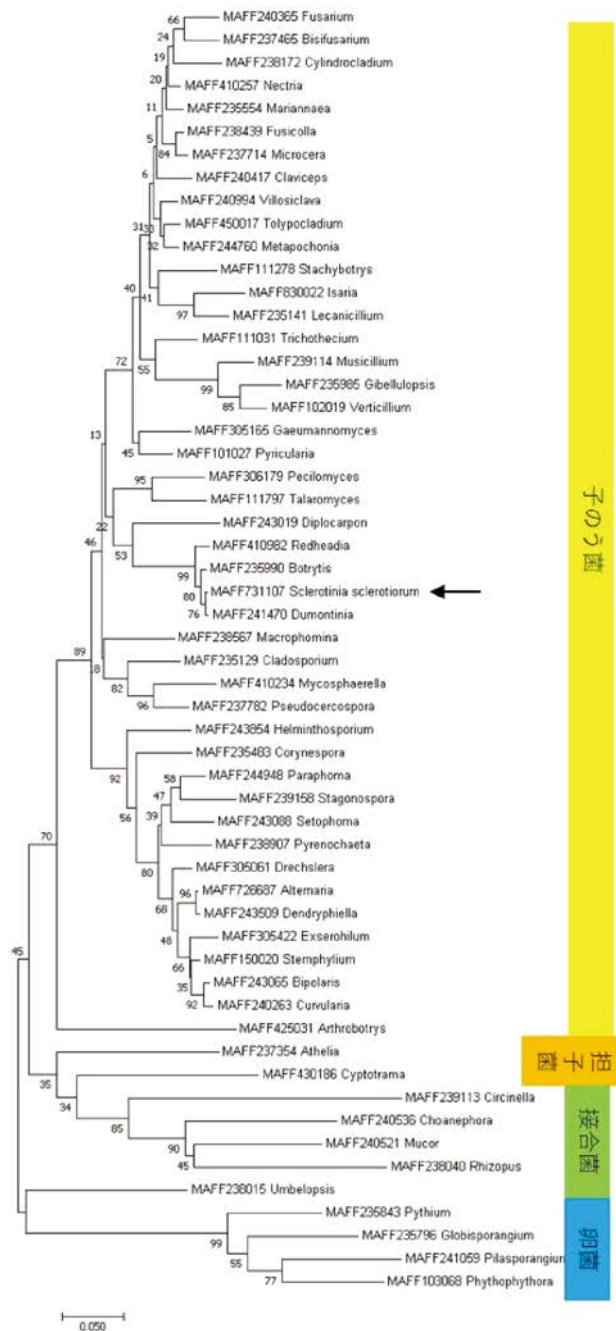


図-2 農研機構遺伝資源センター遺伝資源系状菌株 ITS 領域による系統樹

「分子系統データ等により同定結果を検証した株に限定」して、各属1菌株を代表とした（農研機構遺伝資源センター，2019 a）。近隣結合法，数字はブートストラップ値，スケールは塩基置換あたりの枝長。矢印は *Sclerotinia sclerotiorum*。

II 菌核病の発生生態

S. sclerotiorum による病害は、同菌の培地上での生育適温の通り、低温期の高湿度条件で発生しやすい。北日本や高冷地ならば春季から梅雨時期と秋季、関東周辺ならば春と秋季、西日本ならば晩秋や早春に発生しやすい。

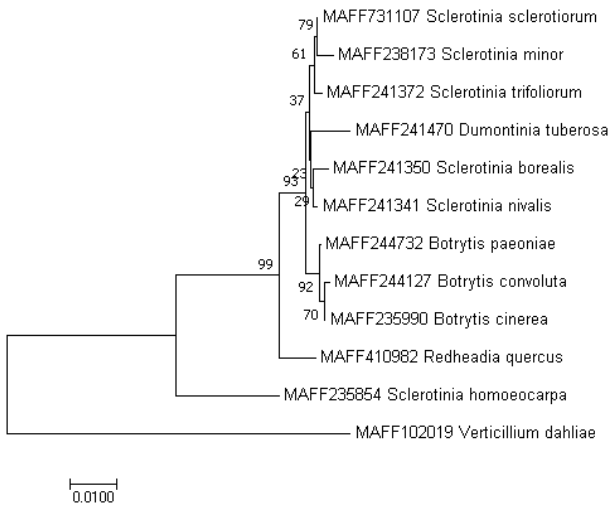


図-3 農研機構遺伝資源センター遺伝資源 *Sclerotinia* 属等菌株の ITS 領域による系統樹

「分子系統データ等により同定結果を検証した株に限定」して、各種 1 菌株を代表とした（農研機構遺伝資源センター，2019 a）。*Dumontinia tuberosa* はミスミソウ根腐病菌（UZUHASHI et al., 2010），*Sclerotinia homoeocarpa* はイネ科草本のグラススポット病菌。近隣結合法，数字はブートストラップ値，スケールは塩基置換当たりの枝長。

い。北海道では夏季にも発生する。また，暖房を行っている施設では，冬季でも結露が多いと発生する。

菌核病菌類の第一次感染源は主に子の子のう胞子である。罹病組織で形成された後，土壤中の罹病残渣などで生残した菌核から，上述の通り子の子のう盤が形成され，その上面の子の子のうから子の子のう胞子が射出される（図-1 下右）。子の子のう盤から空气中に積極的に子の子のう胞子を射出するため，本胞子の風媒能力は高い。子の子のう胞子から発芽した菌糸は，*S. sclerotiorum* では，病原因子であるオキザロ酢酸や植物細胞壁分解酵素を分泌して，宿主の植物細胞を軟化，死傷させて腐生的に栄養分を吸収し，生長しながら病徴を拡大させる（LI et al., 2004；MONAZZAH et al., 2018）。老化した花卉などの傷んだ組織に腐生的に菌糸をまん延させた後，それに接触した生組織に感染する場合も多い。病勢が進めば罹病組織上に白色の菌糸束を形成し，さらに菌核を形成する。この菌核は，罹病残渣上，あるいは分離された状態でも，ある程度土壤中で生残して，上述の通り子の子のう胞子を形成して感染源となる。地表面に茎葉が接する宿主植物では，土壌表面の菌核と直接接触した部位から感染する場合もある。

III 菌核病の病徴

子の子のう盤が土壌表面に形成されて感染源の子の子のう胞子が射出される，あるいは土壌表面の菌核と直接接触するため，キャベツなどの結球性葉菜類では，土壌に近い部

分から病徴が広がる（図-4 上左）。このような部分では換気されにくく高湿度となっている。病勢が進展すると結球全体が腐敗して菌核が形成される（図-4 上右）。ポリジなどの節間が短く，根冠から葉が叢生する形態となる植物では，葉が叢生する茎の周辺から発病しやすい（図-4 中左・右）。この部分には葉の上を流れた水が溜まりやすく，換気もされにくく，湿度がこもりやすい。その部位で葉柄が侵された葉はしおれる。本病が茎に発生した場合は，罹病部の上部がしおれる（図-4 下左）。誘引資材と接触した部位など，水がたまりやすい部位からしばしば発病する（図-4 下右）。ニンジンやダイコンの根菜類では，ポリジなどと同様に根冠の地際部から発病し，根部も地表に現れるなど好气的条件になった場合には，傷口などから感染して腐敗する（図-5A）。果実では，上述の通り花落部に残った花卉から腐生的に感染して発病する（図-5B）。果実が小さな植物では，果実を介して茎にまで病徴が広がることもある（図-5C）。果実でも高湿度条件が保たれると菌核が形成される（図-5D）。

IV 防除対策の考え方

菌核病菌類は種によって，おおむね双子葉，単子葉類の区別はあるものの，それぞれのグループの植物に対しては多犯性であり，病名の報告がない雑草などにおいても感染，増殖していると考えられる。また，上述の通り子の子のう胞子の風媒性も高いため，野外において本菌の感染圧を低下させることは困難であるが，個々の圃場内から発生する子の子のう胞子の密度を抑えることは可能である。土壌表面の子の子のう盤から射出される子の子のう胞子への作物の暴露を避けるためには，土壌表面を被覆するマルチの利用が有効である。施設内でも，畝間や周縁部等の土壌表面も，可能な限り被覆することが有効である。トンネル栽培の場合には，被覆材に紫外線カットフィルムを用いることで，フィルム下では本菌の子の子のう胞子の形成を生理的に抑えられる（工藤ら，1979；山内ら，2012）。ただし，紫外線カットフィルムは，病害虫を含めた他の様々なストレスに対する植物の反応を抑えるため，ハウスなどで大規模に用いる場合は注意を要する。施設では換気や暖房機を調節して高湿度条件を避ける工夫により発病を低減できる。また，腐生的な本菌の増殖の場となる結実後の花卉や枯葉等の傷んだ組織を，速やかに作物体上から取り除く工夫も耕種的な防除となる。

一般的に糸状菌病原菌は好气的であり，本菌類の菌核も土壌中では地表付近で生残するため，様々な方法による土壌消毒は有効である。化学土壌消毒剤を用いない場



図-4 菌核病の茎葉の病徴

上左：キャベツ感染初期，上右：病勢が進んだキャベツ，中左：ポリジ，中右：ポリジの葉の叢生部，下左：ピーマンの茎からの発病，下右：メロン茎の病徴。

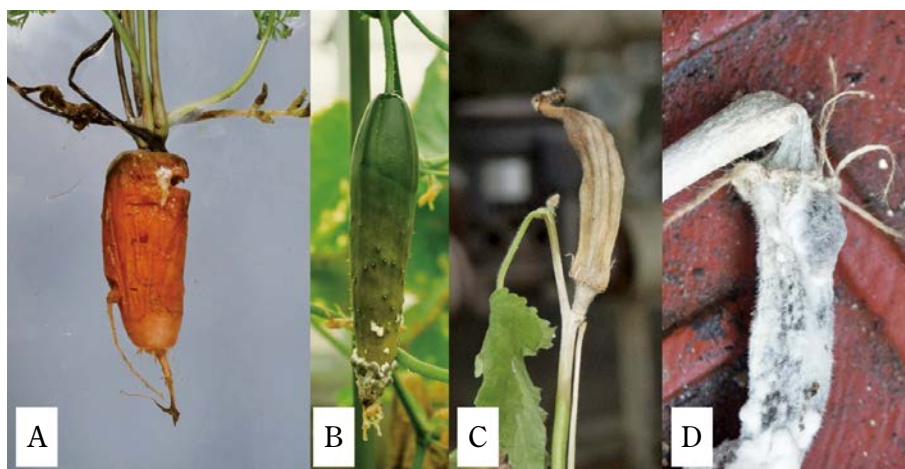


図-5 根菜と果実の病徴

A：ニンジン根冠と根部の発病，B：キュウリ果実の花落部からの発病，C：オクラ果実の花落部からの発病と茎への病徴拡大，D：病勢が進んだオクラ果実での菌核形成。

合、十分に腐熟した有機物などの施用によって土壤微生物の多様性を高めることにより、*Trichoderma* 属などの菌寄生性糸状菌や細菌類による本菌菌核の分解を促すことができると考えられる (SMITH et al., 2012)。また、本菌類は好気性であるため、田畑転換などによる圃場の湛水も、土壤中の菌核を死滅させるのに有効である。

野菜類の菌核病に対しては、多数の殺菌剤が登録されている。単剤では、特に多くの作物でベノミル、イプロジオン、チオファネートメチルが登録されている。このほかに、子のう菌類による病害に一般的に使われているペンチオピラドやボスカリドのアミド系コハク酸脱水素酵素阻害 (SDHI) 剤、マンデストロピン等のストロビルリン系剤を使用できる作物が多い。作物別では、キャベツ、レタス、キュウリで登録農薬が多く、これらの作物での被害が大きいことが伺われる。上述の通り子のう盤が形成され、子のう胞子が飛散する時期に、予防的にこれらの殺菌剤を散布したい。薬剤耐性はキュウリでベンゾイミダゾール系 (ベノミル、チオファネートメチル) に対するものが見つかっているが、国内ではほかに報告はないと思われる (壺谷ら, 2002)。

おわりに

菌核病は秋から春に発生するよく知られた病害であり、特に露地栽培のキャベツやレタス等では古くから注意が払われてきた。本病では土壤中の菌核も感染源となるものの、主たる感染源は風媒される子のう胞子であり、他の地上部病害と同様に、防除の中心は殺菌剤の散

布で、登録されている農薬も多い。しかし、近年の気候の温暖化や、暖房施設における様々な作物の栽培の拡大により、発生時期が変化してきていると思われる。特に施設における冬季での発生については、新たに導入される作物も含めて注意が必要であろう。また、化学農薬の使用量を減らして作物生産コストや環境負荷を低減するためには、発病適期に限った集中的な農薬散布による防除を行いたい。このためには、今後、気象データなどを基にした、正確な子のう胞子飛散時期の予測などの技術が求められる。

引用文献

- 1) 壺谷 剛ら (2002): 日植病報 (講要) **68**: 209.
- 2) KOHN, L. M. (1979): *Phytopathology* **69**: 881~886.
- 3) 窪田昌春・三澤知央 (2014): 関東病虫研報 **61**: 43~46.
- 4) 工藤利一ら (1979): 日植病報 (講要) **45**: 96.
- 5) LI, R. et al. (2004): *Fung. Genet. Biol.* **41**: 754~765.
- 6) MONAZZAH, M. et al. (2018): *J. Gen. Plant Pathol.* **84**: 2~11.
- 7) 日本植物病理学会 (2019): 日本植物病名目録 (2019年4月版), <https://www.ppsj.org/pdf/mokuroku/mokuroku201904.pdf>
- 8) 農研機構遺伝資源センター (2019 a): 微生物遺伝資源の検索, https://www.gene.affrc.go.jp/databases-micro_search.php
- 9) ————— (2019 b): 日本植物病名データベース, https://www.gene.affrc.go.jp/databases-micro_pl_diseases.php
- 10) SAITO, I. (1997): *Mycoscience* **38**: 227~236.
- 11) ————— (1998): *ibid.* **39**: 148~153.
- 12) 佐々木静江ら (2006): 日植病報 **72**: 150~153.
- 13) SMITH, A. et al. (2012): *J. Gen. Plant Pathol.* **79**: 74~85.
- 14) U.S. National Library of Medicine (2019): National Center for Biotechnology Information, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
- 15) UZUHASHI, S. et al. (2010): *J. Gen. Plant Pathol.* **76**: 183~187.
- 16) 渡辺剛志ら (2005): 帯畜大研報 **26**: 27~33.
- 17) XU, Z. et al. (2010): *Mycologia* **102**: 337~346.
- 18) 山内智史ら (2012): 関東病虫研報 **59**: 23~25.