

雪腐病の発生生態と防除上の問題点

北海道立十勝農業試験場 ^し清 ^{みず}水 ^{もと}基 ^{しげ}滋

はじめに

雪腐病は、積雪下で作物に被害を及ぼす病気の総称である。日本でコムギに発生する雪腐病は、病名として7種が報告されている。これらの病原菌は、積雪下でコムギに加害するという共通点をもつが、それぞれ独自の生活環をもち、発生条件にもそれぞれ違いがある。したがって、これらに対する耕種的防除対策や使用すべき防除薬剤も病原菌の種類によって異なり、効果的な防除のためには、地域に発生する病原菌を把握し、これらの発生生態を理解することが必要である。ここでは各雪腐病菌の生態に関する概略にふれるとともに、雪腐病の薬剤防除に関する問題点について述べてみたい。

I 雪腐病の発生生態

1 雪腐大粒菌核病 (*Myriosclerotinia borealis* (BUBAK and VLEUGEL) KOHN)

罹病株は乾燥すると淡黄褐色ないし灰褐色を呈し、枯死した葉や茎の中には、黒色で大形の菌核が形成される。その形状は罹病した宿主および菌核の形成部位によって異なるが、ねずみの糞状のものが多く、本病は株全体が枯死することが多いので、発生すると被害が大きい。主に北海道東部の内陸部の寡雪地帯で発生する(富山, 1955)。

病原菌の生育温度は $-7\sim 18^{\circ}\text{C}$ 、生育適温は 7°C 付近で(佐久間ら, 1963; 富山, 1955)雪腐病菌類の中では最も好低温性である。多くのイネ科牧草や雑草に発生する。

被害茎葉上に形成された菌核は、秋になると直径 $4\sim 5\text{ mm}$ の杯状の子のう盤を形成する。しかし耕起作業などで菌核が土壤中に埋没すると、発芽不能となるので、畑内よりも畑周辺の草地や雑草などで越冬した菌核からの飛散胞子が、伝染源として重要であると推定されている。子のう胞子の飛散時期は、北海道東部ではおおむね10月下旬~11月中旬頃である。コムギ葉上に付着した胞子は、積雪のない状態ではほとんど発芽せず、水

点下および乾燥条件下でも生存しており、積雪下で発芽して組織内に侵入する(尾崎, 1979; MATSUMOTO and ARAKI, 1982)。本病は寒さの厳しい土壤凍結地帯で発生するが、発病には土壤凍結そのものは必要でなく、土壤凍結が進むような根雪前の厳しい低温に宿主がさらされることが必要条件となる(尾崎, 1979)。このように本病の発生は、根雪前の気象条件と根雪期間の双方に影響され、発生量の年次間差が大きい。

2 雪腐黒色小粒菌核病 (*Typhula ishikariensis* S. Imai)

融雪直後の被害茎葉は、熱湯をかけたような状態で腐敗しており、時に白いくもの巢状の菌糸が罹病株上を覆う。乾燥すると菌糸は目立たなくなり、茎葉は灰白色となる。枯死茎葉には黒色、球状のけし粒大の菌核が多数認められる。

病原菌には二つの生物型(AおよびB)が存在する(MATSUMOTO et al., 1982; MATSUMOTO and TAJIMI, 1990)。生物型Aは菌核が茶褐色で、北海道では主に多雪地帯で発生する。生物型Bは、生物型Aより大型球形で黒~黒褐色の菌核を形成し、少雪地帯に分布する。積雪がさらに少なく、根雪期間が不安定な地域では、菌核が小型化した生物型Bが分布している(HONKURA et al., 1986)。コムギに対する病原性は生物型Aが比較的弱く、生物型Bが強い(松本, 1989)。本病菌は多くのイネ科植物に寄生する。生物型Aではナタネ、アルファルファなどの双子葉植物にも自然条件下で寄生が確認されているが、生物型Bは双子葉植物からはほとんど分離されない(松本, 1989)。

雪腐黒色小粒菌核病は土壤伝染性の病害で、土壤中の菌核が伝染源となる。生育適温の 10°C 前後では他の微生物との拮抗作用により、菌糸の伸長が抑制されるが、積雪下では地表温度が 0°C 付近に低下し、他の微生物の活動が鈍ること、さらに多湿条件となることからまん延に好適な条件となる。発芽した菌糸は、雪で地表面に押付けられたコムギ葉身に感染する。連作などで土壤中の菌核密度が高くなると、クラウンや根などの地下部にも感染し、株全体を枯凋させる。また積雪が少なく、根雪期間が極端に短い地域では、生物型Bは地上部に感染できず、地下部のみに感染する(HONKURA et al., 1986)。このような地下部への感染は生物型Bで見られるが、

生物型 A ではその頻度は少ない (松本, 1989)。

感染後のまん延は、低温湿潤条件によって促進されるので、積雪量が多く根雪期間が長いほど発生量は多くなる。被害茎葉上の菌核数は発病度と比例して増加するが、氷点下では菌核形成は抑制される。コムギ上に形成された *T. ishikariensis* の菌核は、土壤表面でも土壤中でも大部分がその年の秋まで生存するので (MATSUMOTO and TAJIMI, 1985), 連作によって菌核密度が高まり、被害も激しくなる。なお宮城県では生物型 B の小菌核フォームが水田内で越冬し、冬期間にはイネの刈り株に寄生して生活環を維持している。このような地域では水田転換初年目でも黒色小粒菌核病の発生を見る (HONKURA, et al., 1986)。

T. ishikariensis は菌核上に子実体を形成するが、*T. incarnata* に比べると形成頻度ははるかに少ない。生物型間で見ると生物型 A に比べ生物型 B はさらに少ない。また *T. incarnata* と異なり、子実体で形成された担子孢子由来のモノカリオン菌糸は、菌核から発芽したダイカリオン菌糸に比べ病原性ははるかに劣る (松本, 1989)。このように雪腐黒色小粒菌核病では、伝染方法として菌核からの土壤感染が主体であり、本病の発生を軽減するためには、適正な輪作が極めて重要である。

3 雪腐褐色小粒菌核病 (*Typhula incarnata* LASCH ex Fr.)

融雪直後の被害茎葉は熱湯をかけたような状態で腐敗しており、乾燥すると灰白色となる。枯死茎葉上には、赤褐色の菌核が付着する。菌核の形状はいびつな球状で、大きさは *T. ishikariensis* よりやや大きい (松本, 1989)。本菌は、イネ科以外の作物も侵し、ナタネ、アルファルファなども寄生植物として記録されているが、病原性は比較的弱く、腐生性が強い (MATSUMOTO and SATO, 1982; 竹中, 1994)。本病は、積雪地帯に広く分布するが、特に日本海側の多雪地帯で発生量が多い。

本菌の伝染方法は、子実体由来の担子孢子による空気伝染と、菌核からの土壤伝染が知られている。

融雪後の被害茎葉上に形成される菌核数は、発病度に比例して増加するが、*T. ishikariensis* に比べると形成量は少なく、また生存率も低い (MATSUMOTO and TAJIMI, 1985)。しかし本菌は、菌核上に子実体を形成し、担子孢子を広い範囲に分散させることが可能である。北海道では、野外での子実体形成は10月頃に見られ、ここから飛散した担子孢子は葉上に付着し、積雪下で発芽して感染を始める。一方、北陸地方では土壤伝染が感染方法の主体で、水田転換後数年間は本病が発生せず、連作により畑地化が進むと本病が常発するようになる (竹中,

1991)。

感染後のまん延は0~1.5°Cで促進され、-1.5°Cでは発病が抑制される (BRUEHL and CUNFER, 1971)。寡雪寒冷地帯では、積雪の保温効果が十分でないため、外気温の影響を受け、地表面温度が氷点下となる。このような地域では本菌の活動は抑制される。しかし積雪量が50 cmを超えると地表面温度は外気温の影響を受けず、ほぼ0°Cに保たれるため本菌のまん延に好適な条件となる。

本病菌は病原性が弱く、野外では単独の被害は生じにくい。一方競争的腐生能力が高いため、紅色雪腐病や褐色雪腐病が先に定着した宿主にもまん延が可能であり、複合的加害が問題となる。根やクラウンへの単独感染がしばしば見られるが、黒色小粒菌核病の場合と異なり、地下部への感染のみによって地上部が枯死することはまれである。しかし、根や地下部葉鞘への感染により、コムギの再生が著しく劣る場合がある。

4 紅色雪腐病 (*Microdochium nivale* (Fr.) SAMUELS and HALLET)

融雪後の枯死葉上には菌核の形成は見られず、被害葉は淡桃色を帯びた灰褐色となる。

M. nivale (完全世代: *Monographella nivalis* (SCHAFFNIT) MÜLLER) は-5~約30°Cで生育し、生育温度の幅が雪腐病菌の中で最も広く、生育適温も20°C前後である (小泉ら, 1993)。つまり本菌は、本来常温性であるが、低温に耐えて活動する糸状菌であり、活動相が積雪下や根雪期間の前後に限られる他の雪腐病菌とはこの点が異なる。病原菌は積雪下のみならず、コムギの生育中も葉や葉鞘に病斑を形成し、さらには穂に感染して赤かび病の原因ともなる。

本病は雪腐病類で唯一種子伝染し (中島ら, 1988), *M. nivale* による赤かび病が多発すると、種子保菌率が高まり、翌年の紅色雪腐病が多発しやすくなる (中島・根本, 1987)。保菌種子を播種すると、発芽障害や出芽直後の立枯症状、出芽後の葉鞘部分の褐変などを生じる。このような秋期の感染部位は、積雪下でのまん延の足場となる。積雪下における未感染葉への感染は、主に気孔から侵入による (中島, 1999)。

一方、土壤も重要な伝染経路となり、立枯症状や葉鞘部分の褐変を生じ (坪木・青田, 1986)、また根雪前に過繁茂になると、傷口からの感染により不定形褐色病斑を生じる場合もある (中島ら, 1992)。*M. nivale* は腐生能力が高いことから、土壤中ではイネ科植物などの罹病残渣中で生存する (小泉ら, 1993)。またひこばえを出しながら生き残っている刈り株でも生存しているものと考えられる。しかし本菌は、厚膜胞子のような耐久生

存器官を形成しないため、罹病残渣が分解すると菌密度は速やかに低下する。一方、コムギの地際に形成される子のう殻は、越夏中の温度条件では生存期間が短く、秋季の感染源にはなり難いと考えられている（小泉ら、1993）。いずれにしても、本病の土壌伝染は、主にコムギの連作条件で問題になる。輪作が前提の畑作地帯では、種子伝染が主要な伝染経路となるため、種子消毒が最も重要な対策となる。事実、北海道の種子消毒実施率が高い畑作地帯では、本病の発生が近年極めて少なくなった。

5 褐色雪腐病 (*Pythium* spp.)

融雪直後の莖葉は、ゆで上げたような水浸状暗緑色を呈し、乾燥すると淡褐色となる。単独で発生した場合には枯死葉がもろく砕けることはないが、本病が発生するような条件では、雪腐褐色小粒菌核病や紅色雪腐病が混発することが多く、この場合には枯死葉は灰白色となりもろく砕ける。本病は、主に日本海側の多雪地帯に広く分布し、特に北陸地方で発生が多い（高松ら、1986；竹中、1994）。しかし褐色雪腐病は顕著な標徴を示さないため、褐色小粒菌核病の菌核や紅色雪腐病によるピンクの着色部分が混在すると、本病の発生を見過ごすことがある。北海道でも阿部ら（1989）の報告以降、多雪地帯で慢性的に発生していることが明らかとなった。

日本では、褐色雪腐病菌として7種の *Pythium* 属菌が報告されており、このうちコムギからの分離頻度が高いのは *P. iwayamai* と *P. paddicum* で、病原力は *P. iwayamai* が最も強い（平根、1955；ICHITANI et al., 1986；高松ら、1987；竹中、1994）。*P. iwayamai* の生育適温は18～22°C、0°C以下でも生育可能である。*P. iwayamai* および *P. paddicum* はイネ科穀類および牧草を侵すほか、アカクローバー、レンゲも寄主作物として報告されている（平根、1955）。

本病の伝染源は、罹病莖葉中に形成された卵胞子である。卵胞子は新鮮な罹病組織中では容易に発芽しないが、越夏休眠すると発芽可能となる（平根、1955）。発芽後、本菌の生育に好適な条件では菌糸のまま生育を続けるが、湛水状態では遊走子を形成して宿主に感染する（高松、1989）。葉への感染は角皮侵入と気孔侵入によるが、前者の頻度が高い（竹中、1994）。積雪下における感染は、条件が整えば極めて速やかに成立し、根雪10日後に初期病斑が確認された例がある（高松、1989）。感染後のまん延速度は老化葉ほど速く、菌糸は組織内を進展して最終的にクラウンを侵す。また気孔部分で遊走子を形成して近隣の葉へ感染を繰り返す。このように、本病は遊走子によって急速にまん延するため、一般的に

土壌が多湿条件になりやすい転作田や排水不良畑で多発する。

褐色雪腐病は、播種期の遅いコムギほど多発し、枯死株率も高まる。これに対し、本病と混発することの多い褐色小粒菌核病は、播種期が早いほど発生量が多くなる。しかし褐色小粒菌核病は、多発しても株が枯死することが少ないので、両者が混発する北陸地方では、遅播きとならないよう播種適期を守ることが雪腐病の被害を防ぐ上で重要とされている（高松ら、1985）。

6 株腐病 (*Ceratobasidium gramineum* ONIKI, OGOSHI et ARAKI)

融雪直後の莖葉は暗緑色に腐敗しており、乾くと灰白色ないし黄白色になる。生き残った葉には楕円形で、明瞭な褐色のふちどりのある病斑が形成される。病斑中央部には、灰白色ないし淡褐色の菌糸塊が見られる。

本菌は元来、積雪のない期間に活動し、コムギに感染して被害を起こすが、福井県では積雪下での加害も認められている（TAKAMATSU, 1989）。

7 スッポヌケ病 (仮称：未同定担子菌)

病原菌は-5～15°Cで生育し、生育適温10°C付近の好低温性菌で、菌糸の隔壁部に Clamp connection が見られることから担子菌類に属する。しかし、子実体が確認されておらず、分類学的所属は確定されていない。本菌は菌核の形状、病徴およびダイモン交配の結果から、同じ担子菌類に属する *T. incarnata*, *T. ishikariensis* やカナダなどで発生している LTB とは異なる低温性担子菌である（清水・宮島、1990；1992 b）。本病は、北海道東部の内陸で発生する（清水・宮島、1992 a）。

II 防除上の問題点

雪腐病は、積雪地帯におけるコムギの安定生産にとって最大の阻害要因である。多発すると農耕を余儀なくされるほどの被害となる。しかし雪腐病の発生量は、根雪期間や積雪量に大きく影響され、根雪前の発生量予測が困難である。このため、融雪促進以外の対策を根雪前に行わなければならない雪腐病では、常に最悪のケースを想定して総合的な防除対策を施す必要がある。耕種的対策としては、抵抗性品種の選択、コムギの適期播種と良好な越冬態勢の確保などがある。しかし、これのみで雪腐病の被害を回避することは現状では難しく、コムギの安定生産のためには薬剤の防除が不可欠である。

雪腐病に対する薬剤防除の効果は高く、北海道ではコムギの収量、品質の向上に大きく貢献した。しかし、雪腐病の薬剤防除には、いまだ不安定要素も多い。現在登録されている雪腐病の防除薬剤は、紅色雪腐病の種子処

理を除けばすべて茎葉散布処理であり、これらの散布適期はいずれも根雪直前である。薬剤の防除効果は、散布から根雪までの期間が開くと不安定となる。さらにその間に降雨や降雪があると極端に効果が低下するため、防除期が早すぎた場合は再散布が必要となる。また、根雪日は年次間差が大きいため、無防除のまま根雪を迎えてしまうことも多い。一方、日本海側の多雪地帯では、根雪前に降雨が多く、転換畑や排水不良畑などではトラクターによる防除が困難なため、防除を実施できないことが多い。このような地域では、無人ヘリの利用も進められているが、散布適期を把握することが難しいことに変わりはない。

このように、本病の薬剤散布適期は明確であるが、現場での安定的な適期防除は極めて困難であり、雪腐病の薬剤防除が難しい理由の一つである。

このため、雪腐病の防除に対しては、早期施用でも効果の高い薬剤が求められている。究極的には種子処理や播種時施用による防除が考えられるが、これまでの少ない試験のなかで有効例は認められていない。一方、早期散布については、浸透性の薬剤などを用いた早期散布の可能性について試験が行われている。

また、褐色雪腐病については、*Pythium* に対する有効薬剤自体が少なく、また現在の登録農薬は効果が十分とはいえない現状にある。今後増えるであろう水田転換畑の秋播きコムギの安定生産のためにも、褐色雪腐病に対する有効な殺菌剤の開発が望まれる。

おわりに

北日本における秋播きコムギの越冬環境は、世界的に見ても厳しい地域が多い。しかし新たな水田農業政策により、これらの地域でも今後コムギの作付面積は増加するものと思われる。コムギを安定的に越冬させるために

は、総合的な防除対策が不可欠である。しかし、前述したように、現在の薬剤防除体系には、いまだ不安定要素が多い。このため、防除薬剤や散布方法の改良も必要であるが、地域で問題となる病原の種類に対応した高度抵抗性品種の開発が強く望まれる。

引用文献

- 1) 阿部秀夫ら (1989) : 日植病報 55 : 112~113.
- 2) BRUEHL, G. W. and B. CUNFER (1971) : Phytopathology 61 : 792~799.
- 3) 平根誠一 (1955) : 農業改良技術資料 60 : 1~86.
- 4) HONKURA, R. et al. (1986) : Trans. mycol. Soc. Japan 27 : 207~210.
- 5) ICHITANI, T. et al. (1986) : Ann. Phytopath. Soc. Japan 52 : 209~216.
- 6) 小泉信三ら (1993) : 農研センター研報 23 : 1~104.
- 7) 松本直幸 (1989) : 北海道農試報告 152 : 91~162.
- 8) MATSUMOTO, N. and T. ARAKI. (1982) : Res. Bull. Hokkaido Natl. Agric. Exp. Stn. 135 : 1~10.
- 9) ——— et al. (1982) : Ann. Phytopath. Soc. Japan 48 : 275~280.
- 10) ——— and T. SATO (1982) : ibid. 48 : 419~424.
- 11) ——— and A. TAJIMI (1985) : Can. J. Bot. 63 : 1126~1128.
- 12) ——— (1990) : ibid. 68 : 1768~1773.
- 13) 中島 隆 (1999) : 東北農試報告 94 : 53~98.
- 14) ——— ら (1988) : 日植病報 54 : 90.
- 15) ——— ・内藤繁男 (1992) : 同上 58 : 118.
- 16) ——— ・根本正康 (1987) : 東北農業研究 40 : 119~120.
- 17) 尾崎政春 (1979) : 道立農試集報 42 : 55~65.
- 18) 佐久間勉・成田武四 (1963) : 同上 11 : 68~84.
- 19) 清水基滋・宮島邦之 (1990) : 日植病報 56 : 141~142.
- 20) ——— (1992 a) : 同上 58 : 147~148.
- 21) ——— (1992 b) : 同上 58 : 148.
- 22) TAKAMATSU, S. (1989) : Ann. Phytopath. Soc. Japan 55 : 233~237.
- 23) 高松 進 (1989) : 福井農試特別報告 9 : 1~135.
- 24) ——— ら (1985) : 北陸病虫研報 33 : 111~114.
- 25) ——— ら (1986) : 福井農試報 23 : 27~40.
- 26) ——— ら (1987) : 同上 24 : 15~24.
- 27) 竹中重仁 (1991) : 北陸病虫研報 39 : 83~88.
- 28) ——— (1994) : 北陸農試研報 36 : 71~145.
- 29) 富山宏平 (1955) : 北海道農試報告 47 : 1~234.
- 30) 坪木和男・菅田彦彦 (1986) : 日植病報 52 : 142.

主な次号予告

次号6月号は、「IPMの発展に向けて」の特集を掲載予定です。予定されている原稿は下記のとおりです。

特集：IPMの現状（行政）	小野泰樹
IPMの現状（研究）	藤澤一郎
IPMの理念の再検討	鈴木芳人
園芸作物のIPM実践に向けて	河合 章
リング褐斑病の多発と防除上の問題点	

広間勝巳・近藤賢一

アブラムシをめぐるアリと寄生蜂と捕食者の関係
金子修治
中国ジャポニカ水稻のセジロウンカ抵抗性 寒川一成
日本に飛来するトビイロウンカのバイオタイプの現
田中幸一
状
BT剤に対する標的害虫の抵抗性の特徴と防除戦
高務 淳
BT 遺伝子導入作物の環境生物への影響 松井正春