

縞萎縮病の発生の特徴と防除法

農林水産省東北農業試験場 **お**お **とう** **やす** **お**
大 **藤** **泰** **雄**

はじめに

我が国のムギ類の縞萎縮病は、オオムギ縞萎縮病と、コムギ縞萎縮病であり、いずれも大正年間から昭和10年代に我が国で初めて報告された土壤伝染性のウイルス病害である(沢田, 1927; 鑄方ら, 1940)。1990年以降、4麦の作付面積は大きく減少したが、最近数年間では増加傾向にある。二条オオムギの栽培面積の減少や抵抗性品種の利用の貢献もあり、オオムギ縞萎縮病の発生面積は減少傾向にあるが、抵抗性品種を侵す新たなウイルス系統や別種のウイルスによるオオムギ縞萎縮病が発生し、今後も重要な病害であると考えられる。一方、コムギ縞萎縮病は、発生面積の変動が大きい、近年増加の傾向が認められる(図-1)。コムギの作付面積が再び増えつつあること、抵抗性品種の開発・普及が遅れていることなどが原因と考えられる。コムギ縞萎縮病の発生は、古くは関東以西が中心であったが、岩手県や宮城県で大規模に発生し(赤坂ら, 1990; 大場ら, 2000)、北海道でも発生が確認される(KUSUME et al., 1997)など、1980年代以降、北日本での被害が顕在化した。さらに、三重県で33年振りの大規模な発生が報告されるなど(黒田, 1999)、古くて新しい病害として注目されつつある。

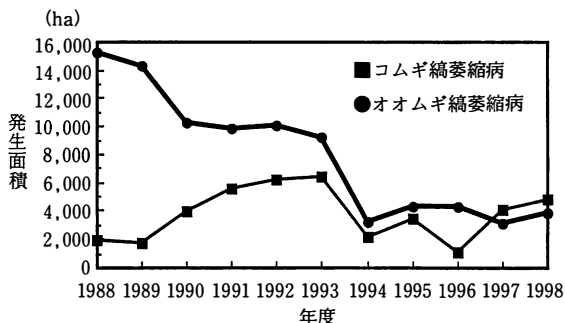


図-1 ムギ類の縞萎縮病の発生面積推移
 農林水産省農産園芸局植物防疫課調査。

I 縞萎縮病の病原・病徴と診断

オオムギ縞萎縮病の病原ウイルスは、オオムギ縞萎縮ウイルス(BaYMV)とオオムギマイルドモザイクウイルス(BaMMV)で、コムギ縞萎縮病の病原ウイルスは、コムギ縞萎縮ウイルス(WYMV)である。これらのウイルスはいずれも *Bymovirus* 属で、太さ約13 nm、長さ約550 nmと約270 nmの2種類のひも状粒子からなり、*Polymyxa graminis* という変形菌門ネコバクビ目に属する土壤生息性の絶対寄生菌により媒介される。病徴は、2種の病害ともに類似している。早春に新葉に淡黄色の退緑斑が生じ、その後かすり状のモザイクやえそ斑となり、株全体が黄化し、葉身・葉鞘の生長が抑制される。軽症株では、生育が回復するため、ほとんど被害を生じない。重症株では、新葉のえ死や株の枯死、分けつ減少、穂の不完全な抽出、出穂期間の延長による熟期のばらつきにより、穂数・千粒重の減少、不稔粒の増加、品質の低下が起こる。被害は、発生地・品種などにもよるが、ビール麦では40~80%(小川, 1988)、コムギでも40%以上の減収をもたらす(御子柴ら, 1988)。病株では、根の生長も悪く、*Pythium* 属菌による黄枯病の被害を助長することもある(草場ら, 1971)。

土壤伝染性のウイルス病でオオムギ・コムギ両方を侵す土壤伝染性ムギ類萎縮病(SBWMV)の症状とは非常によく似ており、混発していることも多いため、病徴のみによる診断は難しい。BaYMVとBaMMVはオオムギのみに、WYMVはコムギのみにそれぞれ感染し、SBWMVは縞萎縮病ウイルスとは形状が異なる。したがって、電子顕微鏡によるウイルス粒子の確認により、診断は可能である。現在では、ELISAによる血清学的診断が簡便で一般的である。また、最近RT-PCRを利用した検出も可能になった(KASHIWAZAKI et al., 1996; 竹内, 1999)。

II 発生生態の特徴と各種環境要因

本病の伝染環は大きく感染期、潜伏期、発病期、回復期に分けられる(図-2)。まず感染期に媒介菌の休眠胞子が発芽し遊走子を放出、その遊走子とともにウイルスが宿主根に侵入する。ウイルスは潜伏期間中に宿主体内

Special Features of Barley and Wheat Yellow Mosaic Disease Epidemiology and Control. By Yasuo OHTO

(キーワード: 縞萎縮病, オオムギ, コムギ, 潜在感染, 抵抗性品種, 耕種的防除法)

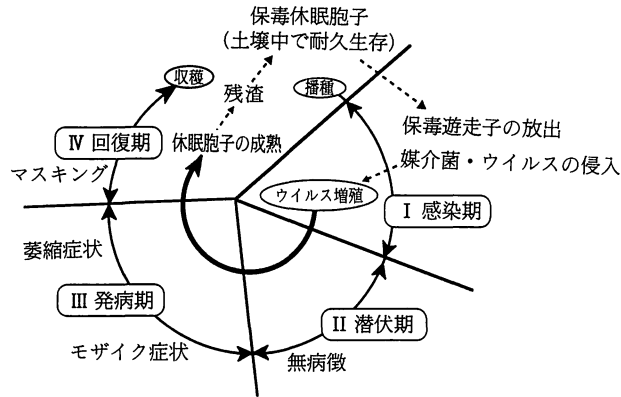


図-2 ムギ類の縞萎縮病の伝染環

で増殖し、宿主は翌春に発病する。宿主体内で増殖したウイルスは媒介菌の休眠胞子に取り込まれ、回復期に成熟した休眠胞子が次の伝染源となる。本病の特徴は、(1) 土壤伝染し伝染源の寿命が長いこと、(2) 潜在感染すること、(3) 発生の年次変動が大きいことである。これらの特徴は防除対策や近年の発生実態を理解するうえで重要であり、温度・土壤水分などの環境要因が大きく関係する。

1 温度の影響

感染期、潜伏期、発病期、回復期は主に温度条件により決まると考えられる。したがって、各時期が暦の上でいつに当たるのかは、栽培地域の温度環境により異なる。感染期は、オオムギ縞萎縮病では、地温が5~20°Cのときで、13~16°Cが最適である(草場ら, 1971)。コムギ縞萎縮病では、日平均気温が5~15°Cの期間に感染が起こると考えられる(大藤ら, 1997)。播種後の温度低下が遅れることにより、翌春の発病が激しくなる(鑄方ら, 1940; 草場ら, 1971; 祝迫ら, 1985)。感染期が長くなり感染の機会が増えること、宿主の生育量が増すこと(大藤, 1998)が原因と考えられる。潜伏期は、宿主地下部に侵入したウイルスが、無病徴で増殖する時期であり、潜伏期の低温は発病を促すと考えられている(鑄方ら, 1940; 草場ら, 1971)。オオムギ縞萎縮病では、0~2°Cで5日間以上ないし4°Cで15日間程度低温に遭遇することで発病株率が上昇する(草場ら, 1971)。コムギ縞萎縮病では、接種後30~40日間の潜伏期間の日平均気温が10°C以下であることが発病に必要と考えられる(斎藤ら, 1964)。しかし、コムギ縞萎縮病では、地上部・地下部のいずれからの感染でもウイルスの地上部・地下部での増殖に潜伏期の低温は必須ではなく(Ohtō et al., 1998)、潜伏期の低温が発病を促す機作は明らかでない。発病期には、オオムギ縞萎縮病では

10~15°Cが病徴発現に最適で、5°C以下および20°C以上で発病しない(草場ら, 1971)。コムギ縞萎縮病では、病徴は、日平均気温がおおよそ3~10°Cの時期に現れ5°C前後で最もはっきりする(大藤, 未発表)。回復期には、軽症株では気温の上昇とともに病徴が消え(マスキング)、萎縮などの症状が回復する。オオムギでは、マスキングを受ける温度は15°Cから20°Cの間にあると考えられる(草場ら, 1971)。コムギでは、日平均気温が10°Cを超えると、マスキングを受ける。

2 土壤水分

ムギ類の縞萎縮病の発生には、感染期の土壤水分の影響が大きいことは古くから報告され(鑄方, 1940)、感染期に暖く降水量が多いと翌春の発病が激しく、気温と降水量により発生面積の変動が説明できることが報告されている(祝迫ら, 1985; 小川, 1988)。一方で、盛岡でのコムギ縞萎縮病の発生の年次変動には播種後の降水量の影響は認められなかった(大藤ら, 1994)。これは、土壤により水分保持能が異なるためとも考えられるが詳細は不明である。少なくとも、水はけの悪い圃場では発生しやすい可能性がある。

3 その他の要因

その他に、感染に影響すると考えられる要因に土壤硬度がある(小川ら, 1995)。また、別種のポリミキサ属菌により媒介されるウイルス病のテンサイそう根病が中性からアルカリ性の土壤で多発することが知られている(阿部, 1988)が、縞萎縮病では、pH 4~11の範囲でははっきりとした影響は認められていない(草場, 1971; 小川, 1995)。

4 発生生態の特徴と疫学的意義

盛岡では潜伏期から、WYMVがコムギの地下部に高率に検出される(Ohtō et al., 1997)。このことから、感染期・潜伏期の条件が整えばウイルスは発病期の有無に

関わらず宿主根内で増殖していると考えられる。こうした潜在感染により、知らず知らずに伝染源の拡散と蓄積が起り、連作、品種の更新、発病期の気象等の影響を受けて、大規模な発生に至るのではないかと考えられる。特に、水田輪換畑では、作業機などに付着して持ち込まれた伝染源が、代かきなどの湛水状態の作業により圃場全体に均等に分散され、連作により一斉に密度が高まると考えられ、圃場全面に様に発生する傾向がある(小川ら, 1995)。昨年三重県での WYMV の大発生は、作付面積の 30.3%にも及ぶ規模であること(黒田ら, 1999)、ほとんどが水田輪換畑での発生であることから(富川, 私信)、小川らが示したように、長期にわたる潜在的な伝染源の拡散と蓄積がおこり、潜伏期の低温や発病期の気象条件など何らかの理由で急速に顕在化したものと考えられる。一方、北海道での新たな系統の発生(KUSUME et al., 1997)とその急速な拡大(竹内, 私信)は、品質や各種耐病性が優れるため急速に普及した新品種ホクシンが縞萎縮病に極端に感受性であったために、以前の品種(チホクコムギ, ホロシリコムギ)での潜在的な発生が顕在化した結果と考えられる(柏崎, 2000)。水田輪換畑の増加や抵抗性品種の導入に向けて、汚染圃場から伝染源を移動しない工夫や、既存品種・導入品種の潜在感染の評価が必要である。

III 防 除 法

1 ウイルスの系統と抵抗性品種による防除

(1) BaYMV, BaMMV の系統と抵抗性品種

オオムギ縞萎縮病は、抵抗性と病原ウイルスの系統の関係では、ウイルス病の中で最も研究が進んでいるものの一つであり、高橋らにより見出された中国在来種六条オオムギ木石港-3がもつ高度抵抗性を中心に研究が進んできた(高橋ら, 1966)。我が国に発生するオオムギ縞萎縮ウイルスは、オオムギ品種に対する病原性の違いにより7系統に分けられた(柏崎, 2000)。判別品種・抵抗性遺伝子とウイルス系統の関係についての詳細は、前出文献(柏崎, 2000)に譲り、ここでは、概略だけ紹介する。これまで報告されている抵抗性遺伝子は、ほとんどが劣性遺伝子である。木石港-3は、抵抗性遺伝子 *ym1* と *ym5* を同時にもつことで、我が国で報告されているすべての BaYMV・BaMMV 系統に対して高度の抵抗性を示す。*ym5* はミサトゴールデンなど実用品種に導入されているが、*ym1* は醸造用二条オオムギ育成過程で除かれている可能性がある(KONISHI et al., 1997)。抵抗性遺伝子 *ym3* はハガネムギや竹林茨城1号 Ea 52 由来で、マサカドムギ(六条皮ムギ)、イシュ

クシラズ(二条オオムギ)などに導入された(柏崎, 2000)。ウイルス系統のうち、I-1型は全国的に広く分布する(宇杉ら, 1989)。I-2型とII-2型は関東の6条オオムギ栽培地帯に、I-3型は四国の6条裸ムギ地帯にそれぞれ分布する。III型は1985年に茨城県下館市でミサトゴールデンから分離され(小川ら, 1995)、その後、栃木県でも発生が確認された。IV型は、宮城県歌津町で六条オオムギより分離された。BaMMVは、1989年に香川県高松市と山口県山口市で、それぞれ異なる系統の発生が確認されている(NOMURA et al., 1997)。小川ら(小川ら, 1995)によると、茨城県におけるBaYMV系統の分布は、長年その地帯で栽培された麦種と密接な関係にあったが、III型の発生過程などから、ウイルス系統と麦種の栽培歴の関係にはまだ不明な点もある。持続的に抵抗性品種を利用するためには、既知の抵抗性遺伝子の組み合わせ、継続した遺伝資源の探索に加えて、新たなウイルス系統の出現機構の知見も必要と思われる。

(2) WYMV の系統と抵抗性品種

コムギ縞萎縮ウイルスに病原性系統が存在することは古くから知られていた(和田ら, 1935)。しかし、コムギ品種の抵抗性とウイルス系統に関する研究は、オオムギに比べて大きく遅れている。明確な抵抗性遺伝資源がなかったこと、ウイルス系統・判別品種が確立されていないこと、普通コムギが6倍体であるために、遺伝解析が難しいこと、地域・年次間の発病の変動の幅がオオムギに比べて大きく抵抗性の評価が一定しないこと、などが理由として挙げられる。秋播コムギの栽培地域は暖地(九州)から寒地(北海道北部)にまで及び、同じ品種と伝染源の組み合わせでも、栽培環境が違うと抵抗性の評価が変わることがある(斎藤ら, 1964; 大藤ら, 1998)。現在、抵抗性品種の育成は、育成場所ごとの特性検定圃場での選抜に頼っているが、全国的には抵抗性品種の導入は進んでおらず、多くの地域では、品質・栽培しやすさなどの理由から、農林61号やナンブコムギなどの古い罹病性品種が栽培されているのが現状である。麦作の振興により、今後、栽培地域が拡大し、これまで以上に高品質で収量の安定した品種の開発が求められるなかで、栽培環境の変化や発生域の拡大に的確に対応するためには、遺伝情報に基づく抵抗性育種が必要である。筆者らは、関東での代表的罹病品種フクホコムギが、東北農試のWYMV株に対して、極めて強い抵抗性を示すことを見だし(大藤ら, 1996)、罹病性品種ナンブコムギとの交配により半数体倍加系統を作成し、この抵抗性の遺伝解析に着手した(HATTA et al., 1998)。また、コムギ品種北海240号が、複数の地域のWYMV

株に対して極めて強い抵抗性を示すことを確認した(大藤, 未発表)。今後, これらを材料とした WYMV 系統の類別と遺伝解析に基づいた抵抗性品種の開発が期待される。

2 耕種的防除法

縞萎縮病に対する主な耕種的防除法は, 麦種転換(上原ら, 1960; 渡辺ら, 1995)と晩播(上原ら, 1960; 鑄方, 1940)である。麦種転換は, 抵抗性品種や免疫性の麦種の作付け後, 罹病性の品種・麦種を作付けしたとき, 発病が軽減されるものである。渡辺らの研究(渡辺ら, 1995)では, BaYMV 抵抗性のオオムギおよび免疫性のコムギの作付年数が長くなるほどその後作付けされた BaYMV 罹病性オオムギ品種の発病は軽減され, その効果は免疫性コムギの前作区で高く, 罹病性品種を連作すると2年間程度効果は続いた。ただし SBWMV 混発圃場ではコムギや六条オオムギの作付けによりムギ類萎縮病の発病を助長した。そこで, 適用に当たっては, あらかじめ圃場がどのウイルス種・系統により汚染されているかを調べておく必要があり, このとき判別品種を部分的に栽培することが簡便で有効である(小川ら, 1995)。晩播は, オオムギ・コムギともに, 播種期を遅くすると発病が軽減される現象を利用したものである。播種期を遅らせる基準は, 圃場の汚染程度や栽培地の気候, 品種・麦種の栽培特性によるが, 二条オオムギでは1~2週間程度が有効であると考えられる。生育遅延による減収を補うためには, 播種量を増やすことが有効とされる(渡辺ら, 1995)。その他に, 反転プラウ耕(草場ら, 1971), 不耕起栽培や土壌鎮圧, 罹病株の発病期鋤込み・抜き取り(渡辺ら, 1995)などの効果が報告されている。これらの耕種的防除法は, 適用例が限られ, 効果の機作に不明な点が多く, その評価は難しい。例えば, 麦種転換するに当たりコムギの栽培期間が長く水田裏作に向かない地域がある。また, 晩播は, 発病程度の軽い圃場・年では効果は小さく, 生育の遅延からかえって減収となる(上原ら, 1960; 渡辺ら, 1995)。

おわりに

本病は, 伝染源を完全に取り除くことは難しい。しかし, 症状を緩和することで被害を最小に抑えることが可能なことも大きな特徴である。ますますの生産コスト削

減が迫られる中では, 発病程度を低く抑えることを目標にし, 伝染源の潜伏・移動に注意しながら, 抵抗性品種の導入を中心に, 耕種的防除法を組み合わせるのが最も現実的な防除法である。抵抗性品種・耕種的防除法の開発と効率的利用のためには, 今後, 抵抗性の遺伝学的研究, ウイルスや媒介菌の疫学的・生態学的研究, さらに, そのための発病程度や伝染源密度の定量的評価法の開発が必要である。

本稿をとりまとめるに当たり, 農業研究センター 藤澤一郎氏, 柏崎 哲氏, 北海道立中央農業試験場 竹内徹氏, 三重県農業技術センター 富川 章氏には, 貴重なご助言・情報提供をいただいた。この場を借りて各位に厚く御礼申し上げる。

引用文献

- 1) 阿部秀夫 (1987): 北海道立農試報 60: 1~99.
- 2) 赤坂安盛ら (1990): 東北農研 43: 119~120.
- 3) HATTA, K. et al. (1998): Proceedings of the 9th International wheat genetics symposium 3: 276~278
- 4) 鑄方末彦・河合一郎 (1940): 農林省農事改良資料 154: 123.
- 5) 祝迫親志ら (1984): 茨城農試研報 23: 143~148.
- 6) 柏崎 哲 (2000): 農及園 75: 141~146.
- 7) KASHIWAZAKI, S. and H. HIBINO (1996): J. Gen. Virol. 77: 581~585.
- 8) KONISHI, T. et al. (1997): Theor. Appl. Genet. 94: 871~877.
- 9) 黒田克利ら (1999): 日植病報 65: 678.
- 10) 草場敏彦ら (1971): 鳥取農試特別研報 2: 208.
- 11) KUSUME, T. et al. (1997): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 63: 107~109.
- 12) 御子柴義郎ら (1988): 東北農研 41: 143~144.
- 13) NOMURA, K. et al. (1996): J. Phytopathol. 144: 103~107.
- 14) OHTO, Y. and K. ISHIGURO (1998): Abstracts of 7th ICPP. 2・5・9.
- 15) 大藤泰雄・石黒 潔 (1998): 日植病報 64: 412.
- 16) ———・内藤繁男 (1994): 同上 60: 761.
- 17) ——— (1996): 同上 62: 598.
- 18) OHTO, Y. and S. NAITO (1997): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 63: 361~365.
- 19) 大場 淳・阿部健司 (2000): 北日本病虫研報 (印刷中).
- 20) 小川 奎 (1988): 植物防疫 40: 143~144.
- 21) ———ら (1995): 茨城農総セ農研研報 2: 1~52.
- 22) 斎藤康夫ら (1964): 農技研報 C 17: 1~102.
- 23) 沢田栄寿 (1927): 病虫害雑 14(8): 12~17.
- 24) 高橋隆平ら (1966): 農学研究 51: 135~152.
- 25) 竹内 徹 (1999): 日植病報 65: 698.
- 26) 上原 等ら (1960): 香川農試研報 11: 11~18.
- 27) 宇杉富夫ら (1985): 関東病虫研報 32: 53~55.
- 28) 和田榮太郎・深野 弘 (1935): 農及園 10: 153~164.
- 29) 渡辺 健ら (1995): 茨城農総セ農研研報 2: 53~100.