

特集：菌類伝搬性ウイルス病

コムギ縞萎縮病

東北農業研究センター おお 藤 泰 雄

はじめに

我が国のコムギの作付けは、農業生産の国際競争力と食糧自給率の向上が政策として明確に打ち出されるなか、近年増加傾向にある。また、コムギの生産と需要の拡大および流通の民間への移行に伴い、国産コムギには品質向上に加え低コストでの安定供給が求められており、コムギの生産性向上は大きな課題となっている。

縞萎縮病は、我が国の主要な秋播きコムギ産地で発生している土壤伝染性のウイルス病害で、発病株では数十%の減収が生じる。本病の病原ウイルスは、土壌中の原生生物 *Polymyxa graminis* により媒介されると考えられている。*P. graminis* の土壌中での耐久生存能力は高く、経済的に見合う化学的防除方法もないため、いったん土壌が、本病の病原ウイルスによって汚染されると伝染源の除去は困難である。さらに潜在感染も起こるので、土壌が汚染されてもすぐには気づかないことも多い。そのため、発生地域では耕作作業などによる汚染土壌の拡散により、徐々にその汚染域が広がっていると考えられる。そして、実需との関係から、我が国では作付コムギ品種の約7割を本病の感受性品種が占めている。このようなことから我が国のコムギ生産においては、縞萎縮病は収量水準を下げることで生産性の向上を妨げる大きな一因となっており、その対策が急務となっている。

本稿では、コムギ縞萎縮病について、主に温度反応を中心とした発生生態と防除対策の研究の現状について概説する。

I 病徴と減収要因

コムギの縞萎縮病による特有な病徴は、葉の黄化と葉身・葉鞘の伸長抑制による萎縮症状である。この症状が現れるのは、主にコムギの葉鞘伸長期である。初めに新葉の基部に微かなモザイク様の黄化が現れ、やがてこの黄化は葉全体に広がる。さらに症状が進むと、株全体が黄化し、葉鞘伸長が抑制され、葉身の生長も悪くなり、

萎縮を示す（口絵-①）。しかし、気温の上昇とともにコムギの生育が回復すると、病徴はマスクされ、新葉にモザイク症状は現れなくなる。この時期には、草丈の低下と下葉の黄化症状が痕跡として残る。しかし、重症株では、時に回復することなく枯死に至る（口絵-②）。

コムギ縞萎縮病による減収要因で最も大きいのは、萎縮症状の影響による穂を含めた植物体の小型化に伴う一穂粒数の減少である。重症株では、千粒重の減少も認められる。

II 特徴

1 病原ウイルスの性状

病原であるコムギ縞萎縮ウイルス（*Wheat yellow mosaic virus* : WYMV）は Potyvirus 科 *Bymovirus* 属で、長さ約 550 nm、幅約 13 nm、および長さ約 275 nm、幅約 13 nm の長短二つのひも状の粒子からなる。それぞれに、ゲノム RNA1, 2 をもつ。欧州・北米に発生している *Wheat spindle streak mosaic virus* とは、かつて同種とされていたが、ゲノム RNA の塩基配列の相同性から、現在は近縁の別種のウイルスとされている（van REGENMORTEL et al., 2000）。また、ゲノムの塩基配列から遺伝子構造と機能が推定されている（NAMBA et al., 1998）。これを模式的に示したものが図-1 である。*Bymovirus* 属の RNA2 にコードされた P2 タンパクが *P. graminis* による媒介に関与すると推定されているが（ADAMS et al., 2001）詳しい機作は明らかになっていない。WYMV が *P. graminis* 体内で増殖する証拠は示されていない。

2 発生生態

コムギ縞萎縮病は秋期に感染し、冬期間の潜伏期を経て早春から発病し、気温の上昇とともに症状は回復に向かう。春播き栽培での発生は報告されていない。こうしたコムギ縞萎縮病の発生生態の特徴は、主に温度環境により決まっていると考えられる。以下、ウイルス、媒介者それぞれの活動適温域から、温度を主要因として発生生態を解説する。

(1) ウイルスの増殖

WYMV の増殖は、積雪下のほぼ 0℃ 一定の環境下でも認められる（OHTO and NAITO, 1997）。しかし、人工接

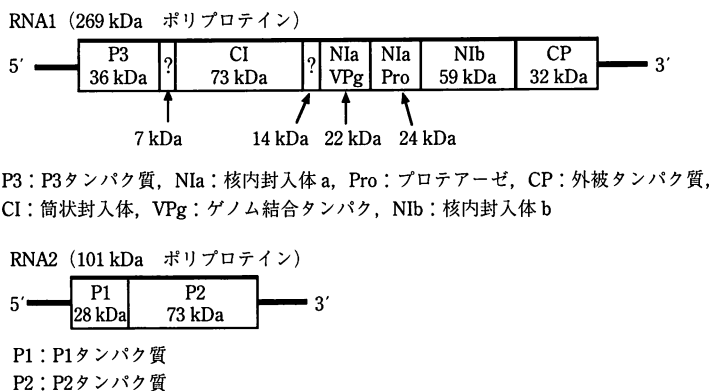


図-1 コムギ縞萎縮ウイルス (*Wheat yellow mosaic virus*: WYMV) の推定されるゲノム構造 (NAMBA et al., 1998 および van REGENMORTEL et al., 2000 より改変)

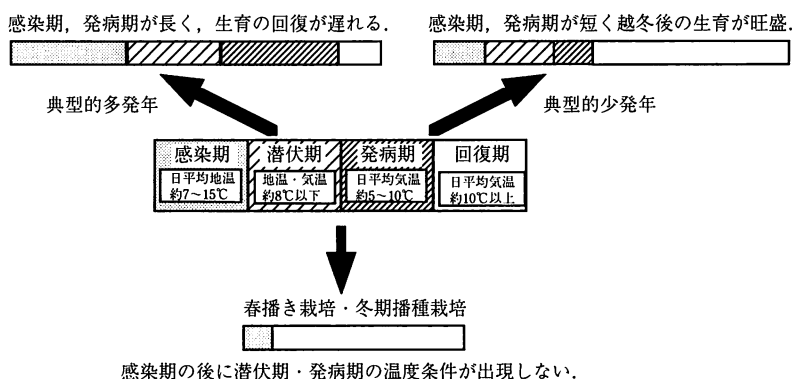


図-2 温度条件とコムギ縞萎縮病の多発年・小発年・春播きおよび初冬播き栽培との関係の概念図 (大藤, 2004 より改変)

種した植物体内からのウイルス検出率の推移から, WYMV の増殖は 5℃より 10℃が適しており, 15℃より高温は増殖に適さないと考えられる (大藤, 2003)。

(2) 媒介者の活動

コムギ縞萎縮病罹病株から採取した *P. graminis* は, 8 ~ 20℃の範囲ではコムギ根での増殖が認められ, その適温域はおおよそ 13 ~ 15℃と考えられる (大藤・石黒, 2004)。

(3) 発生生態と温度の関係

以上の病原および媒介者の温度に対する反応から, コムギ縞萎縮病の発生生態をまとめると図-2 のようになる。

1) 感染期

感染が起こるのは, 媒介者が活動し, かつ宿主体内でウイルスが増殖する温度域と考えられる。汚染圃場では, 地温がおおよそ 7 ~ 15℃ (日平均気温で 5 ~ 15℃) のときに感染が起こっていた (OHNO and NARRO, 1997)。これ

は, WYMV の増殖温度域と *P. graminis* の活動温度域が重なる温度域 (約 8 ~ 15℃) とほぼ一致する。

気温の低下が遅れて感染期が長引くと, 翌春の発病が激しくなることが知られている (鑄方・河合, 1940)。これは, *P. graminis* の活動期間が長引くことに加えて, 宿主根の生長が進み土壤中で宿主根が伝染源と遭遇する確率が高まることで, 個体当たりの感染量が増すことが原因と考えられる。また, WYMV の増殖自体は, 10℃前後のほうがそれ以下より早いと考えられるので, 感染後に気温の低下が遅れることは, コムギ体内の WYMV 濃度の上昇を早め, 潜伏期間を短くし, 発病リスクを高めると考えられる。

2) 潜伏期

コムギ縞萎縮病では, 圃場で自然感染してから発病するまで 2 ~ 4 か月を要する。この間は, 地温は *P. graminis* の活動適温域 (約 8℃以上) より低く, 新た

な感染はほとんど起こらず、かつ温度条件が発病適温域に上昇する前の潜在感染の状態である。この時期には、コムギ体内の WYMV 濃度は徐々に上昇する。春播き栽培では、播種後に秋播き栽培同様に WYMV と *P. graminis* がコムギ根で増殖可能な期間が存在する(大藤・石黒, 2004) が、その後気温・地温の上昇とともに WYMV の増殖に不適な温度環境になるため、十分な WYMV の増殖が起こらず発病に至らないと説明できる。

3) 発病期

コムギ縞萎縮病の病勢進展を圃場で観察すると、日平均気温が 5℃前後のときに病徴が最も明瞭で発病株も増加する(大藤, 2003)。日平均気温が 10℃前後のときは発病株率の上昇は止まり、病勢進展は停滞する。人工気象下での接種試験では潜伏期間は 10℃で 5℃よりも短く、15℃では発病を認めなかった。ただし、10℃では軽症にとどまったのに対して 5℃では重症に至るまで病勢進展が続いた。したがって、春先に気温の上昇が遅れることは、発病期を長引かせ被害を大きくする。

4) 回復期

コムギ縞萎縮病では、気温の上昇に伴い病徴が消え(マスキング)、コムギの生育が回復することが知られている(鑄方・河合, 1940)。圃場では、日平均気温が連続して 10℃を超えるとマスキングが起こる。その後も、WYMV は上位葉から検出される。このとき重症株ではマスキングが起こらず、モザイク症状が上位葉にまで残ったり、萎縮症状が継続したりすることもある。回復期で最も重要なことは、この時期に急激に増加したコムギ根中の *P. graminis* の休眠胞子が、次作の伝染源となることである(大藤・石黒, 2004)。

以上の発生生態の特徴から、秋期の気温低下が遅れ、春先の気温の上昇が遅い年に被害が最も大きくなる。一方、感染期または発病期が短いときは、被害が小さくなる。

III 防 除 法

1 抵抗性品種

コムギ縞萎縮病の防除対策で最も効果的と考えられるのが、抵抗性品種の導入である。かつて縞萎縮病が問題となっていた九州地方では、‘シロガネコムギ’、‘チクゴイズミ’などの抵抗性品種の導入により、現在本病はほとんど問題となっていない。一方で、抵抗性品種を冒す病原性系統の存在も指摘される。現時点で WYMV は、‘フクホコムギ’を冒す I 型と冒さない II 型の二つに大きく分けられる(Ohto and Ishiguro, 2003)。I 型は、我が国の主要コムギ品種である‘小麦農林 61 号’も侵す。この病原型を分ける因子は、ゲノム RNA1 上にコードさ

れていると考えられる(大藤ら, 2004)。オオムギ縞萎縮病では、オオムギの抵抗性遺伝子が明らかにされ、ウイルスの病原性系統と抵抗性遺伝子の対応関係が明らかになりつつある(柏崎, 2000 ; KANYUKA et al., 2003)。しかし、コムギに関しては遺伝解析が困難であること、圃場での検定精度が悪いことから、抵抗性遺伝子の解析は進んでいない。

新たなウイルス系統による被害は、抵抗性品種の導入により、その抵抗性を打ち破る新系統が正の淘汰を受けて伝染源として圃場に残り、やがて優占系統となるため生じると考えられる。現在確認されている範囲では、I 型は九州から宮城県まで分布するのに対し、II 型は主に東北地方北部と北海道に分布する。‘小麦農林 61 号’は、1944 年に抵抗性品種として導入され、関東以西で広く栽培されてきたが、59 年には罹病化が報告された。現在 I 型が採取される地域は、‘小麦農林 61 号’または‘フクホコムギ’が長年栽培されており、これらの品種の抵抗性による淘汰圧の結果、I 型が優占系統になったと想像される。こうした新たな病原性系統の出現の危険性は、免疫性が付与されない限り残る。これまで免疫性の実用品種は得られていないので、抵抗性品種が機能している地域でも新系統の出現に注意が必要である。

P. graminis に対するコムギの抵抗性遺伝資源は、これまで報告されていない。これは、*P. graminis* を定量的に扱える試験系が確立されていないため、検定が困難であることが原因の一つである。

2 耕種の防除法

(1) 晩播(播種期移動)

播種期を遅らせること(晩播)の有効性が報告されている(鑄方・河合, 1940)。播種期を遅くすると、感染株率は変わらずに発病株率と発病程度の低下が確認される(Ohto and Naito, 1997)。播種期を遅らせると、播種後の温度の低下は相対的に早まる。そのために、*P. graminis* の活動期間が短くなり、コムギの秋期の宿主根の生育量が減少することで、伝染源と宿主根が遭遇する確率が低下して個体当たりの感染量が減少すると考えられる。さらに、感染後の WYMV の増殖適期の短縮により秋期の WYMV の増殖量が減少すると考えられる。以上から、発病前のコムギ体内での WYMV 増殖量が相対的に低下するために、発病程度が軽減されると推察される。晩播により秋期の分けつ数の減少に伴う穂数の減少が起こる。しかし、これは播種量を増やすことである程度補うことができる。播種期を遅らせて播種量を増やすことは、個体当たりの感染量を減らしながら単位面積当たりの穂数を確保するという点で合理的な対策といえ

る。欠点としては、秋期の気象が極端に暖かいときには効果が弱く、また茎数の過剰による倒伏、品種によってはうどんこ病などのリスクが高まることである。さらに積雪地では、雪腐病のリスクも高まるので注意が必要である。導入に当たっては、各地域の気象条件に即した晩播時期を推定するための試験が必要である。晩播の極端な例としての秋播き品種の初冬播き栽培（岩手県農業研究センター，2001）では、秋期の感染期が終了してから播種するので、春播き栽培同様、播種後に感染が成立しても発病に至らないと考えられる。秋播き品種の初冬播きについては、これまで報告されているのは岩手県における‘ナンプコムギ’による事例であり、その性質から寒冷地に限定される技術ではあるが、今後導入可能な場面を検討する必要がある。

(2) 麦種転換

抵抗性品種や異なる麦種を栽培した跡地で発病が軽いという現象は古くから報告されており（鑄方・河合，1940），これを利用した麦種転換の防除効果が報告されている（渡辺ら，1995）。この機作として、ウイルスが媒介者の中で増殖できないため、非宿主やウイルスが十分増殖できない品種の根では、休眠胞子が無毒化して再生産されている可能性が考えられるが、*P. graminis* を用いた媒介試験系が確立されていないため検証されていない。

これらの防除技術は、既に縞萎縮病に汚染された圃場での効果についての検証は当然であるが、汚染を進めない予防的な技術としての評価も必要である。

おわりに

コムギ縞萎縮病は、土壤中の極めて耐久生存能力の高い微生物により媒介される典型的な土壤伝染性病害である。また、本病は潜在感染するために、早期の発見が極

めて困難である。さらに本病では、土壤伝染性病害特有の性質から、一部の土壤や作物のサンプリングにより一つの圃場の汚染の有無や程度を診断することは非現実的である。これは、抵抗性品種を冒す新たな WYMV の系統の出現にもいえる。したがって、汚染地帯では未発生圃場といえども発生を想定した対策を講じることが重要である。

対策としては、抵抗性品種や耕種的防除法の有効事例が報告されている。今後これらの技術を体系化して利用することで、被害を持続的かつ最小限度にとどめることが可能であると考えられる。そのためには、*P. graminis* 抵抗性も含め抵抗性遺伝子の実体を明らかにして、効率的な抵抗性品種の育成と利用を推進する必要がある。また、耕種的防除事例の機作を解明し、効果の成立条件を明らかにして、根拠に基づく利用を推進する必要がある。そのためには、まず WYMV とコムギの相互作用を明らかにすること、*P. graminis* の試験系を確立して、媒介様式と伝染源の生産過程を明らかにすることが必要である。

引用文献

- 1) ADAMS, M. J. et al. (2001): Arch. Virol. 146: 1139 ~ 1153.
- 2) 鑄方末彦・河合一郎 (1940): 農事改良資料 154: 123.
- 3) 岩手県農業研究センター (2002): 平成 13 年度研究成果情報 (東北農業): 87 ~ 88.
- 4) KANYUKA, K. et al. (2003): Mol. Plant Pathol. 4: 393 ~ 406.
- 5) NAMBA, S. et al. (1998): Arch. Virol. 143: 631 ~ 643.
- 6) 大藤泰雄 (2003): 北日本病虫研報 54: 41 ~ 46.
- 7) ——— (2004): 農業技術大系・作物編, 追録 26 号, 農文協, 東京, p. 227 ~ 235.
- 8) OHTO, Y. and K. ISHIGURO (2003): 8th International congress of plant pathology, Offered papers, 2: 305.
- 9) 大藤泰雄・石黒 潔 (2004): 北日本病虫研報 55: 59 ~ 63.
- 10) OHTO, Y. and S. NARTO (1997): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 63: 361 ~ 365.
- 11) 大藤泰雄ら (2004): 日植病報 71: 44 (講要).
- 12) 柏崎 哲 (2000): 農園 75: 141 ~ 146.
- 13) van REGENMORTEL, M. H. V. et al. (2000): Virus Taxonomy, Seventh report of the international committee of taxonomy of virus, Academic Press, San Diego, CA, U.S.A., p. 719 ~ 724.
- 14) 渡辺 健ら (1995): 茨城農総生農研研報 2: 53 ~ 100.

新刊図書

いちご病害虫の見分け方

日本植物防疫協会 編 A4判 42頁オールカラー
定価 1,995円税込み (本体 1,900円) 送料実費

いちごに発生する害虫 36 種、線虫・病害 32 種の見分け方を各分野専門家により写真とともに解説。

お申し込みは直接当協会へ、前金（現金書留・郵便振替）で申し込むか、お近くの書店でお取り寄せ下さい。

社団法人 日本植物防疫協会 出版情報グループ 〒170-8484 東京都豊島区駒込 1-43-11

郵便振替口座 00110-7-177867 TEL (03) 3944-1561(代) FAX (03) 3944-2103 メール: order@jppa.or.jp