

## 麦 - 高品質化に向けた技術開発 - 第3章 病虫害抵抗性育種・防除技術 さび病類

|       |                  |
|-------|------------------|
| 誌名    | 麦                |
| ISSN  |                  |
| 著者名   | 農林水産省農林水産技術会議事務局 |
| 発行元   | 農林統計協会           |
| 巻/号   | 23号              |
| 掲載ページ | p. 102-114       |
| 発行年月  | 2000年3月          |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 2. さび病類

### (1) 抵抗性育種と品種開発

麦類のさび病は小さび病 (dwarf leaf rust), 赤さび病 (leaf rust), 黒さび病 (stem rust), 黄さび病 (stripe rust) の4つに大きく分類される。その病原菌は、担子菌類さび病菌目柄生さび病菌 *Puccinia* 属に属し、それぞれ *P. hordei*, *P. recondita*, *P. graminis*, *P. striiformis* と名付けられている。しかし、赤さび病菌について *P. recondita* よりも *P. triticea* が適当であるとする報告もある<sup>2,43)</sup>。

黄さび病は、胞子の発芽と増殖に適する温度が4つのさび病のうち最も低く、次いで、小さび病、赤さび病、黒さび病の順である<sup>39,55)</sup>。そのため、黄さび病は春先最も早く発生し、黄色の夏胞子堆を葉脈に沿って条線状に形成する。赤さび病は小麦だけに感染し生育中期頃より発生が多くなる。葉に鉄さび色の夏胞子堆を斑点状に形成する。夏胞子堆は成熟するにつれ表皮が破れ、全葉が赤さび色になる。成熟期になると黒褐色、長楕円形の冬胞子堆を形成し、夏胞子堆のように表皮が破れることはない。小さび病は大麦だけに発生し、赤さび病に似ているが、夏・冬胞子堆ともやや小さい。黒さび病は生育後期に発生、大型の夏胞子堆を形成し、稈・葉鞘に多く出るのが特徴である。冬胞子堆は他の3種と違って表皮が破れる<sup>39,55)</sup>。これら4つのさび病のうち、世界的に最も重要視されるのは赤さび病である<sup>39)</sup>。以後、赤さび病抵抗性育種を中心に述べる。

コムギ赤さび病抵抗性遺伝子 (*Lr*) は現在までに47個同定されている<sup>24)</sup>。そのうち26個は普通系小麦由来であるが、その他の抵抗性遺伝子は種属間交雑により導入されたものである<sup>17,21)</sup>。抵抗性はその発現時期により幼苗抵抗性と成体抵抗性<sup>60)</sup>に分類される。また、病原菌レースに対する反応により、レース特異的抵抗性と、レース非特異的抵抗性に分けられる。幼苗抵抗性はすべてレース特異的抵抗性であるが、成体抵抗性はレース特異的に反応するものと<sup>7,18)</sup>、非特異的に反応するものがある。非特異的な成体抵抗性を遅延型抵抗性<sup>4)</sup>あるいは部分抵抗性<sup>34)</sup>といい、どちらもほぼ同じ意味で使用される。この遅延型抵抗性は、感染型による評価では罹病性と判断されるが、潜伏期が長い、胞子堆が小さい、感染率が低い(葉面積当たりの胞子堆数が少ない)等によりさび病の発達を遅らせる型の抵抗性である<sup>33)</sup>。

抵抗性品種の育成は、抵抗性遺伝子の導入により行われてきたが、病原菌の寄生性分化<sup>22)</sup>による抵抗性の崩壊が認められた。そのため、病原菌のレースの同定とその分布の調査が世界各地で行われるようになった。1932年、Johnston and Mainsは8つの品種に対する感染反応により病原菌のレースを同定し、“physiologic race”と名付けた<sup>13)</sup>。1946年Chesterは、上記8品種より環境の影響を受けやすい3品種を除外した5品種による“race group”という概念を発表した<sup>5)</sup>。その後、これら標準判別品種に各国独自の付加的判別品種を加え、レースの同定が行われた<sup>19,54)</sup>。

しかし、「さび病に対する抵抗性は、宿主の抵抗性遺伝子とそれに特異的に対応する菌の非病原性遺伝子の相互作用によって発現する」とする“遺伝子対遺伝子理論”が提唱され<sup>10)</sup>、これを基本に、赤さび病抵抗性遺伝子に関する準同質遺伝子系統が、病原菌レースの同定に使用されるようになった<sup>41)</sup>。また、4つの抵抗性遺伝子に対する個々の抵抗性反応を記号化したPrtコードによるレース表示が、北米の研究者を中心に提案された<sup>21,47)</sup>。

遺伝子対遺伝子理論は病原菌のレース同定だけではなく、接種された品種が持つ抵抗性遺伝子の推定を可能にした<sup>20)</sup>。この方法により、世界の小麦品種が持つ抵抗性遺伝子が明らかにされてきた<sup>25,37,45,50)</sup>。

レース特異的抵抗性遺伝子の集積による相乗効果<sup>42,45)</sup>、あるいは病原性を示す病原菌が未だ発見されていない抵抗性遺伝子の利用<sup>26)</sup>も考え得るが、永続的抵抗性 (durable resistance) として現在最も有望視されるものは、*Lr34*<sup>8)</sup>及び*Lr46*<sup>53)</sup>に代表される遅延型抵抗性遺伝子の利用である<sup>38)</sup>。現在安定的な抵抗性を示す品種の多くがこの遅延型抵抗性遺伝子*Lr34*を保有し<sup>17)</sup>、その由来は南米品種の「Frontana」あるいは「Chinese Spring」にある<sup>9)</sup>。*Lr34*は他の抵抗性遺伝子の存在により、より強く安定的な抵抗性を発現し、なかでも*Lr16*、*Lr13*、*Lr37*との組み合わせが効果的である<sup>11,15,16,38,51)</sup>。また、*Lr34*の抵抗性は、細胞壁の厚化による感染初期の病原菌の吸器形成阻害によるものと報告されている<sup>1,40)</sup>。

遅延型抵抗性遺伝子は黒さび病及び黄さび病抵抗性育種においても利用され、それぞれ*Sr2*<sup>12)</sup>と*Yr18*<sup>49)</sup>が安定的な抵抗性を提供している。この場合も*Lr34*と同様に、他の数個の抵抗性遺伝子の付加が不可欠である<sup>12,52)</sup>。

近縁野生種由来の幼苗抵抗性遺伝子を中心に選抜効率向上のため、抵抗性遺伝

子と連鎖するDNAマーカーが作出されてきた<sup>3,6,35,44</sup>。最近では成体抵抗性遺伝子についてもマーカー作成の報告がある<sup>46</sup>。遅延型抵抗性遺伝子と連鎖するDNAマーカーは、まだ得られていない。しかし*Lr34*については、それと密接に連鎖する形態マーカーが報告されている<sup>48</sup>。また、小さび病に対する部分抵抗性の解析にQTL解析が利用された<sup>36</sup>。

日本では山田ら<sup>56</sup>がコムギ赤さび病菌の調査を行い、標準判別品種に日本独自の6つの付加的判別品種を加え、レース同定を行った。その調査から、北日本には病原性の強い系統が、また南日本には弱い系統が優勢に分布する地域性が認められた。また、得られた病原菌レースのうち21Bが最強で栽培品種中に抵抗性のものがないことから、この21Bを対象として、チモフェービ小麦、ライムギ、カモジグサ等の小麦近縁野生種に由来する抵抗性遺伝子の導入が進められた<sup>27</sup>。その結果育成された1次系統は極端な晩生、長稈で品種育成の交配母本として適さなかったため、栽培品種との交雑を繰り返し、農業特性をさらに改良した「さび系」系統が、1991年までに「さび系73号」まで育成された<sup>58</sup>。これら「さび系」系統の中から、二粒系及びチモフェービ系小麦由来の抵抗性遺伝子を集積した「さび系40号」、ライムギ由来の抵抗性遺伝子を導入した「さび系43号」及び二粒系小麦由来の遅延型抵抗性とカモジグサ由来の成体抵抗性を合わせ持った「さび系50号」の3系統が、それぞれ「小麦中間母本農1号」<sup>29</sup>、「小麦中間母本農2号」<sup>30</sup>及び「小麦中間母本農3号」<sup>31</sup>として農林登録された。チモフェービ系小麦由来系統「FTF」を母本として育成された「さび系」9系統は、対立性検定により*Lr18*を持つことが明らかとなっている<sup>59</sup>。さらに、カモジグサの抵抗性遺伝子*Lr19*を取り込み、粉が黄色みを帯びる特徴を持つ「AS-5」が「小麦中間母本農6号」として登録された<sup>57</sup>。ライムギ転座系統「ST-1」が持つコムギ赤さび病抵抗性遺伝子は、その後海外へ渡り*Lr45*と名付けられた<sup>23</sup>。また、「チホクコムギ」と「ハチマンコムギ」が持つコムギ赤さび病成体抵抗性にも注目し、「ハチマンコムギ」が遅延型抵抗性を示すことが明らかになった<sup>28</sup>。

日本における赤さび病抵抗性遺伝子に関する準同質遺伝子系統の利用が最初に報告されたのは1986年<sup>14</sup>であるが、本格的な導入と利用は1998年に入ってからである<sup>32</sup>。そのため、病原菌のレースの同定は未だ判別品種を利用して行われ、付加的判別品種をはじめ、日本の品種・系統が持つコムギ赤さび病抵抗性遺伝子の多

くは未だ明らかにされていない。

文 献

- 1) Alvarez-Zamorano, R. Patogenesis de *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici* y la resistencia en trigo. Ph.D. Thesis. Colegio Postgrad., Montecillos, Mexico (1995)
- 2) Anikster, Y. *et al.* *Puccinia recondita* causing leaf rust on cultivated wheats, wild wheats and rye. Can. J. Bot. 75 : 2082-2096 (1997)
- 3) Autrique, E. *et al.* Molecular markers for four leaf rust resistance genes introgressed into wheat from wild relatives. Genome 38 : 75-83 (1995)
- 4) Caldwell, R. M. Breeding for general and/or specific plant disease resistance. p.263-272. In : Proc. 3rd Int. Wheat Gen. Symp. Canberra, Australia (1968)
- 5) Chester, K. S. The nature and prevention of the cereal rusts as exemplified in the leaf rust of wheat. p.68-104. Chronica Botanica Co., Waltham (1946)
- 6) Dedryver, F. *et al.* Molecular markers linked to the leaf rust resistance gene *Lr24* in different wheat cultivars. Genome 39 : 830-835 (1996)
- 7) Dyck, P. L. Identification of the gene for adult-plant leaf rust resistance in Thatcher. Can. J. Plant Sci. 59 : 499-501 (1979)
- 8) Dyck, P. L. The association of a gene for leaf rust resistance with the chromosome 7D suppressor of stem rust resistance in common wheat. Genome 29 : 467-469 (1987)
- 9) Dyck, P. L. Genetics of adult-plant rust resistance in 'Chinese Spring' and 'Sturdy' wheats. Crop Sci. 24 : 309-311 (1991)
- 10) Flor, H. H. The complementary genetic systems in flax and flax rust. Adv. Genet. 8 : 29-54 (1956)
- 11) German, S. E. and J. A. Kolmer. Effect of gene *Lr34* in the enhancement of resistance to leaf rust of wheat. Theor. Appl. Genet. 84 : 97-105 (1992)

- 12) Johnson, R. A critical analysis of durable resistance. *Annu. Rev. Phytopathol.* 22 : 309-330 (1984)
- 13) Johnston, C. O. and E. B. Mains. Studies on physiologic specialization in *Puccinia triticina*. U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. No.313. 22pp. (1932)
- 14) 唐澤哲二ほか. 1984~1985年に関東, 東山, 東海地域に発生したコムギ赤さび病菌レース. *関東東山病虫研報.* 33 : 43-44 (1986)
- 15) Kloppers, F. J. and Z. A. Pretorius. Effect of combinations amongst genes *Lr13*, *Lr34* and *Lr37* on components of resistance in wheat to leaf rust. *Plant Pathology* 46 : 737-750 (1997)
- 16) Kolmer, J. A. Enhanced leaf rust resistance in wheat conditioned by resistance gene pairs with *Lr13*. *Euphytica* 61 : 123-130 (1992)
- 17) Kolmer, J. A. Genetics of resistance to wheat leaf rust. *Annu. Rev. Phytopathol.* 34 : 435-455 (1996)
- 18) Kolmer, J. A. Virulence in *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* isolates from Canada to genes for adult-plant resistance to wheat leaf rust. *Plant Dis.* 81 : 267-271 (1997)
- 19) Loegering, W. Q. et al. The North American 1961 set of supplemental differential wheat varieties for leaf rust race identification. *Plant Dis. Rep.* 45 : 444-447 (1961)
- 20) Loegering, W. Q. et al. Computer analysis of disease data to derived hypothetical genotypes for reaction of host varieties to pathogens. *Can. J. Genet. Cytol.* 13 : 742-748 (1971)
- 21) Long, D. L. and J. A. Kolmer. A North American system of nomenclature for *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. *Phytopathology* 79 : 525-529 (1989)
- 22) Mains, E. B. and H. S. Jackson. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat, *Puccinia triticina* Erikss. *Phytopathology* 16 : 89-120 (1926)
- 23) McIntosh, R. A. et al. Cytogenetical studies in wheat XVI. Chromosome location of a new gene for resistance to leaf rust in a Japanese wheat-rye translocation line. *Euphytica* 82 : 141-147 (1995)
- 24) McIntosh, R. A. et al. *Catalogue of Gene Symbols for Wheat.* vol.5 p.134

- 138. In : Proc. 9th Int. Wheat Gen. Symp. Saskatchewan, Canada (1998)
- 25) McVey, D. V. Genes for rust resistance in International Winter Wheat nurseries XII through XVII. *Crop Sci.* 32 : 891-895 (1992)
- 26) McVey, D. V. and D. L. Long. Genes for leaf rust resistance in hard red winter wheat cultivars and parental lines. *Crop Sci.* 33 : 1373-1381 (1993)
- 27) 百足幸一郎. コムギ赤さび病抵抗性育種の現状と問題点. 育種学最近の進歩 21 : 94-102 (1980)
- 28) 百足幸一郎ほか. 小麦の赤さび病反応特性—特に成体および遅速抵抗性について—. 日作東北支部報. 28 : 91-94 (1985)
- 29) 百足幸一郎ほか. 小麦の赤さび病抵抗性中間母本系統「さび系40号」の育成. 東北農試研報. 73 : 1-13 (1986)
- 30) 百足幸一郎ほか. 小麦の赤さび病抵抗性中間母本系統「さび系43号」の育成. 東北農試研報. 73 : 15-28 (1986)
- 31) 百足幸一郎ほか. 小麦の赤さび病抵抗性中間母本系統「さび系50号」(小麦中間母本農3号)の育成. 東北農試研報. 76 : 13-32 (1987)
- 32) 中村和弘ほか. コムギ赤さび病菌極強レース21Bに有効な抵抗性遺伝子の同定. 育種学研究 1 (別1) : 267 (1999)
- 33) Ohm, H. W. and G. E. Shaner. Three components of slow leaf-rusting at different growth stages in wheat. *Phytopathology* 66 : 1356-1360 (1976)
- 34) Parlevliet J. E. Partial resistance of barley to leaf rust, *Puccinia hordei*. I. Effect of cultivar and development stage on latent period. *Euphytica* 24 : 21-27 (1975)
- 35) Procnier, J. D. *et al.* PCR-based RAPD/DGGE markers linked to leaf rust resistance genes *Lr29* and *Lr25* in wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Genet. Breed.* 49 : 87-92 (1995)
- 36) Qi, X. *et al.* Identification of QTLs for partial resistance to leaf rust (*Puccinia hordei*) in barley. *Theor. Appl. Genet.* 96 : 1205-1215 (1998)
- 37) Rizvi, S. S. A. and G. D. Statler. Probable genotypes of hard red spring wheats for resistance to *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. *Crop Sci.* 22 :

1167-1170 (1982)

- 38) Roelfs, A. P. Resistance to leaf rust and stem rust in wheat. p.10-22. In : N. W. Simmonds and S. Rajaram (eds.) Breeding strategies for resistance to the rusts of wheat. CIMMYT, Mexico, DF (1988)
- 39) Roelfs, A. P. *et al.* Rust Diseases of Wheat : Concepts and methods of disease management. p.2-6. CIMMYT, Mexico, DF (1992)
- 40) Rubiales, D. and R. E. Niks. Characterisation of *Lr34*, a major gene conferring nonhypersensitive resistance to wheat leaf rust. *Plant Dis.* 79 : 1208-1212 (1995)
- 41) Samborski, D. J. Leaf rust of wheat in Canada in 1967. *Can. Plant Dis. Surv.* 48 : 6-8 (1968)
- 42) Samborski, D. J. and P. L. Dyck. Enhancement of resistance to *Puccinia recondita* by interactions of resistance genes in wheat. *Can. J. Plant Pathol.* 4 : 152-156 (1982)
- 43) Savile, D. B. O. Taxonomy of the cereal rust fungi. p.79-112. In : W. R. Bushnell and A. P. Roelfs (eds.) *The Cereal Rusts Vol. 1 ; Origins, Specificity, Structures and Physiology.* Academic press, Orlando (1984)
- 44) Schachermayr, G. *et al.* Identification and localization of molecular markers linked to the *Lr9* leaf rust resistance gene of wheat. *Theor. Appl. Genet.* 88 : 110-115 (1994)
- 45) Schafer, J. F. *et al.* Wheat leaf rust resistance combinations. *Phytopathology* 53 : 569-573 (1963)
- 46) Seyfarth, R. *et al.* Development of a molecular marker for the adult plant leaf rust resistance gene *Lr35* in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 99 : 554-560 (1999)
- 47) Singh, R. P. Pathogenicity variations of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* and *P. graminis* f. sp. *tritici* in wheat-growing areas of Mexico during 1988 and 1989. *Plant Dis.* 75 : 790-794 (1991)
- 48) Singh, R. P. Association between gene *Lr34* for leaf rust resistance and leaf tip necrosis in wheat. *Crop Sci.* 32 : 874-878 (1992a)



- 49) Singh, R. P. Genetic association of leaf rust resistance gene *Lr34* with adult plant resistance to stripe rust in bread wheat. *Phytopathology* 82 : 835-838 (1992b)
- 50) Singh, R. P. and S. Rajaram. Resistance to *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* in 50 Mexican bread wheat cultivars. *Crop Sci.* 31 : 1472-1479 (1991)
- 51) Singh, R. P. and S. Rajaram. Genetics of adult-plant resistance to leaf rust in Frontana and three CIMMYT wheats. *Genome* 35 : 24-31 (1992)
- 52) Singh, R. P. and S. Rajaram. Genetics of adult plant resistance to stripe rust in ten spring bread wheat. *Euphytica* 72 : 1-7 (1994)
- 53) Singh, R. P. *et al.* *Lr46* : a gene conferring slow-rusting resistance to leaf rust in wheat. *Phytopathology* 88 : 890-894 (1998)
- 54) Waterhouse, W. L. Australian rust studies. I. *Proc. Linn. Soc. N.S.W.* 54 : 615-680 (1929)
- 55) 山田昌雄. 普通作物の病害. ムギ類の病害. さび病. p.109-112. 梶原敏宏ほか共編. 作物病虫害ハンドブック. 養賢堂. 東京 (1986)
- 56) 山田昌雄ほか. 1952-'58年に発生した小麦赤さび病菌の生態型について. 東北農試研報. 20 : 42-69 (1960)
- 57) 山口勲夫ほか. 黄色粉・赤さび病抵抗性小麦中間母本農6号の育成. 東北農試研報. 87 : 25-31 (1993)
- 58) 山口勲夫. 小麦赤さび病抵抗性育種と“さび系”系統の来歴及び主要特性. 東北農試研報. 87 : 21-31 (1997)
- 59) Yamamori, M. An N-band marker for gene *Lr18* for resistance to leaf rust in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 89 : 643-646 (1994)
- 60) Zadoks, J.C. Yellow rust on wheat : studies in epidemiology and physiologic specialization. *Neth. J. Plant Pathology* 67 : 69-256 (1961)  
(東北農業試験場 中村和弘)

## (2) 防除技術の開発

平塚<sup>2)</sup>は、先駆的研究の中で、ムギ類さび病の主な防除法として、耕種の防除、薬剤防除、中間寄主植物の撲滅、抵抗性品種の育成選択の4点をあげている。耕

種の防除法には、適期播種、合理的施肥、被害植物の処分・除去、雑草の撲滅・除去があるとしている。除草が必要としているのは、圃場近辺に自生する中間寄主植物以外の雑草は、作物を侵さび病菌の伝播仲介者としての役割を果たすことがあるためである。また、コムギ赤さび病菌の中間寄主のカラマツソウ属植物(アキカラマツ、エゾアキカラマツ、ノカラマツなど)は、日本各地の山野においてきわめて普通に見られる宿根性草本であり、小麦の圃場付近の同植物の除去は、本病防除に効果が大きいと述べている。

一方、山田ら<sup>20)</sup>は、岩手県下の現地調査で、小麦上の赤さび病菌冬胞子の発芽とアキカラマツ上の本菌の消長との間には密接な関係が認められ、本菌が小麦からアキカラマツに移行していることを確認している。しかし、秋に小麦が播種される時期はアキカラマツ発病期間の末期に近く、まもなく降霜のために地上部は枯死する。したがってアキカラマツは、圃場の小麦に対する伝染源としては重要なものとは思えないが、量的には僅少のものであるにしても小麦とアキカラマツの間を本菌が往復する機会に新しい病原性の生態型(レース)が生成され、その地域のレース構成を複雑にし、その結果、抵抗性品種による防除を困難にしていることは明らかである。その意味で小麦耕地に近接して自生するアキカラマツの除去が必要とされる<sup>20)</sup>。

山田ら<sup>24)</sup>は、1952～1958年に各地で採集された小麦罹病標本からChester<sup>3)</sup>に従いrace groupを同定し、1, 21, 6, 37, 9, 5, 45, 17, 2, 73及び109の11のrace groupを見いだした。一般に、北日本には病原性の強い系統が、また南日本には病原性の弱い系統が優勢に分布するという明らかな地域性が見られ、これは1960年以前の21年間を通じて変わらない傾向である。1Aは病原性が最も弱くこれに罹病する品種は全レースに罹病し、21Bは病原性が最強で栽培品種中には抵抗性のものがない<sup>24)</sup>。また山田ら<sup>24)</sup>は、わが国でのレース分布を支配する要因として、栽培品種の抵抗性、栽培慣行、気象条件とくに風向及びレース間の競り合いなどを指摘し、中でも各地に栽培される主要品種の抵抗性が最も大きく影響し、将来、品種の更新に伴いレース構成も大きく変わりうると述べたが、その後の調査でレース分布はあまり変動していないことが明らかとなった。

唐澤ら<sup>8)</sup>が1984～1985年に関東、東山、東海地域のコムギ赤さび病菌のレース分布を調査した結果、当地域のレース構成は1B, 2A及び6Aの3種からなり、いずれ

も過去に報告されているレースであった。このうち、1Bが最も優勢で、ほとんど全域に分布していた。

関東以西では病原性の弱いレースが、北日本では病原性の強いレースが優性に分布している。北海道では病原性の強いレース21Bが圧倒的に多く、本レースは本州に分布する同レースと一部で病原性遺伝子を異にしている可能性がある<sup>12)</sup>。また最近、北海道では比較的多くの判別品種に対して病原性を有する様々なレースが存在することが明らかにされ、従来報告のなかったレースも検出された<sup>16)</sup>。

レース新生の要因としては幾つか考えられるが、コムギ赤さび病菌では中間寄主が大きな役割を果たしていると推定される。日本においては、中間寄主アキカラマツが自生しており、赤さび病菌がそれを通過する機会も多く、その働きによって新しい系統が出現する可能性は大きい<sup>22)</sup>。レースの成因としては、中間寄主以外にも突然変異やヘテロカロシスなどがある<sup>26)</sup>。しかし、日本に感受性の中間寄主植物の自生がないコムギ黒さび病菌のレース構成が極めて簡単である<sup>25)</sup>事実からもこれらの二因により新レースが出現することは極めてまれと思われる。外国では、コムギ黒さび病菌の中間寄主上で新レースが容易に生成することが報告されている<sup>19,20)</sup>。

一方、さび病菌の寄生性分化機構として、共通進化(co-evolution)という概念が提唱されている<sup>5,6,13,14,15)</sup>。これは、さび病菌の寄生性分化を遺伝学的、系統発生的に説明するものである。

オート麦(からす麦)では、slow-rusting<sup>2,4,9,17,18,19,23)</sup>を利用する防除法がアメリカやイスラエルなどで取り入れられている。この抵抗性はレース非特異的抵抗性で、病原菌の菌糸体増殖が寄主植物組織内で制限されたり、葉上の夏孢子層の形成量が低下したりして耐性を持たないものに比べ収量低下が少ない。

#### ア. ムギ類黄さび病 (病原菌 *Puccinia striiformis*)

本病は北海道では、病原菌の越夏・越冬など周年発生が確認されたが、府県では夏季の高温で病原菌が死滅するため越夏不能で、周年発生は認められない。このことから府県では、第一次伝染源の夏孢子は早春に中国大陸から黄砂とともに飛来すると推定されている。本病は葉身を主体に葉鞘、稈、浮に発生し、麦類の生育全期間を通じて発病する。

防除対策としては、麦収穫跡地は早期に完全反転耕し、こばれ麦などの発生を抑制して本菌の秋季発生源を断ち切る。窒素肥料の多施用を避け、リン酸やカリ肥料を十分に施用して発病まん延を抑制する。秋季の極端な早播きを避け、適期播種に努める。春季の発病初期からトリアジメホン剤、メプロニル剤などの防除薬剤を散布する<sup>10)</sup>。

イ. ムギ類黒さび病 (病原菌 *Puccinia graminis* subsp. *graminis*)

暖地ではしばしば発病し、とくに西日本では突発的に多発生する。北海道では近年はまれである。葉鞘を主体に稈、葉身に発病する。下位の稈に発病が多いと折損や倒伏が目立つ。

防除対策は、黄さび病に準じ、発病初期から薬剤散布する<sup>11)</sup>。

ウ. コムギ赤さび病 (病原菌 *Puccinia recondita*)

本病は葉身を主体に葉鞘、稈、浮に発病し、また生育全期間を通じて発病する。秋播小麦では秋季発生して越冬し、融雪直後の早春より再び発病し、止葉抽出時期頃から病勢が激しくなる。

本病に対しては、抵抗性品種の栽培が耕種的防除法として有用であるが、耐病性品種の「ホロシリコムギ」や「タクネコムギ」などでは発病が目立ち、「チホクコムギ」の一部でも発病が認められている。現在では「ホクシン」の栽培面積が圧倒的に多いが、これを侵すレースのまん延が最も懸念される。

防除のポイントは、黄さび病と同様であるが、抵抗性品種の利用に当たっては、病斑拡大を招かないような栽培条件を遵守することが肝要である。

(農業研究センター 齊藤 初雄)

文 献

- 1) Anikster, Y. and Wahl, I. Coevolution of the rust fungi on Gramineae and Liliaceae and their hosts, *Ann. Rev. Phytopathol.* 17 : 367-403 (1979)
- 2) Briggie, L. W. and Wahl, I. Slow rusting of oats *Avena sterilis*, infected with crown rust and stem rust, *Final Res. Rep., Presented to US-Israel*

Binat. Sci. Found 71pp.(1978)

- 3) Chester, K. S. The nature and prevention of the cereal rusts as exemplified in the leaf rust of wheat. *Chronica Botanica Co. Waltman*. 269pp. (1946)
- 4) Dinoor, A. and Wahl, I. Reaction of non-cultivated oats from Israel to Canadian races of crown rust and stem rust, *Can J. Plant Sci.* 43 : 468-470(1963)
- 5) Flor, H. H. Current status of the gene-for-gene concept, *Ann. Rev. Phytopathol.* 9 : 275-296(1971)
- 6) Harlan, J. R. Diseases as a factor in plant evolution, *Ann. Rev. Phytopathol.* 14 : 31-51(1976)
- 7) 平塚直秀. 麦類の銹病とその防除, 東京教育大学農学部附属植物病理学研究室. (1954)
- 8) 唐澤哲二ほか. 1984~1985年に関東, 東山, 東海地域に発生したコムギ赤さび病菌レース, 関東東山病虫研報 33 : 43-44(1986)
- 9) Manisterski, J. *et al.* Rust resistance in natural eco-system of *Avena sterilis*. In *Abstr. Pap., 3rd Int. Congr. Plant Pathol.*, p.301. Munchen, 16-23 August(1978)
- 10) 真野 豊. 畑作物の病害虫, 全国農村教育協会. p.76-78(1992)
- 11) 真野 豊. 畑作物の病害虫, 全国農村教育協会. p.81-82(1992)
- 12) 真野 豊. 畑作物の病害虫, 全国農村教育協会. p.104-106(1992)
- 13) Mode, C. J. A mathematical model for the co-evolution of obligate parasites and their hosts, *Evolution* 12 : 158-165(1958)
- 14) Moseman, J. G. Co-evolution of host resistance and pathogen virulence. *Barley Genet. II. Proc. Int. Barley genet. Symp.*, ed. R. A. Nilan, pp.450-456. Pullman : Washington State Univ. Press(1970)
- 15) Nelson, R. R. Genetics of horizontal resistance to plant diseases, *Ann. Rev. Phyttopathol.* 16 : 359-378(1978)
- 16) 岡本 晋ほか. 日本で1990~1992年に発生したコムギ赤さび病菌の病原性の分化, 日植病報 60 : 196-201(1994)

- 17) Rothman, P. G. Registration of oat germplasm, *Crop Sci.* 16 : 315 (1978)
- 18) Simons, M. D. Crown rust tolerance of *Avena sativa*-type oats derived from wild *Avena sterilis*, *Phytopathology* 62 : 1444-1446 (1972)
- 19) Stackman, E. C. Recent studies of wheat stem rust in relation to breeding resistant varieties, *Phytopathology* 44 : 346-351 (1954)
- 20) Stackman, E. C. and Harrar, J. G. *Principles of Plant Pathology*, New York : Ronald. 581pp. (1957)
- 21) Szejnberg, A. and Wahl, I. Mechanisms and stability of slow rusting resistance in *Avena sterilis*, *Phytopathology* 66 : 74-80 (1976)
- 22) 高橋幸吉ほか. 日本における小麦赤銹病菌生態型の成因について(予報), 北日本病虫研報 8 : 46-48 (1957)
- 23) Wahl, I. Studies on crown rust and stem rust on oats in Israel, *Bull. Res. Counc. Int. Sect. D6* : 145-166 (1958)
- 24) 山田昌雄ほか. 1952~'58年に発生した小麦赤銹病菌の生態型について, 東北農試研報 20 : 42-60 (1960)
- 25) 山田昌雄ほか. 昭和31~35年に北日本に発生したコムギ赤さび病菌の生態型と病原性, 北日本病虫研報 12 : 44-47 (1961)
- 26) 山田昌雄ほか. 日本におけるコムギ赤さび病菌生態型の成因としての中間寄主植物アキカラマツに関する研究, 菌じん研究所研究報告 10 : 283-302 (1973)