

特集：ムギ類赤かび病とそれによるマイコトキシン汚染の防除

抵抗性品種によるムギ類赤かび病防除

国際農林水産業研究センター生物資源部 ばん とも ひろ
坂 智 広

はじめに

ムギ類赤かび病は、出穂期以降の降雨によって発生が左右され、その後の気象条件により穀粒被害やマイコトキシン汚染の程度も変化するため、経済的な防除が極めて難しい。そのため抵抗性品種を基軸に、農薬や拮抗微生物の利用による防除、輪作や作物残渣の耕転による感染源の減少などの耕種の防除を組み合わせた総合防除が必要である。しかし、ムギ類には近縁野生種を含め赤かび病に対する免疫的な抵抗性は認められず、本病の罹病程度やマイコトキシン汚染程度に関して遺伝的に大きな変異が認められるものの、その差異は環境条件により変動するため効果的かつ実用的な抵抗性品種を育成するのが困難な状況にある。本稿では、赤かび病抵抗性品種育成の素材として必要な抵抗性遺伝資源の充実と、品種改良の中で異なる抵抗性機構に関与する多数の遺伝子の集積に関する研究の現状について紹介する。

I 赤かび病抵抗性遺伝資源の選抜と抵抗性品種育成

コムギの抵抗性遺伝子給源 (gene pool) として、日本・中国の春コムギ、イタリアの春コムギおよび西欧の冬コムギが考えられる (SNIJDERS, 1990)。その中でも有望な育種素材として、中国の育成品種‘蘇麦3号’ (イタリアの‘Funo’ と中国の‘Taiwanxiaomai’ の単交雑)、イタリアコムギの血を引いたブラジルの‘Frontana’、日本の九州在来種である‘延岡坊主小麦’や‘入梅’が、世界各地で抵抗性育種母本として使われてきた。一方で、それらの素材とその派生系統の他に育種現場で使われるものは少なく、世界的にも限られた遺伝資源を利用している現状にあるため、さらに広範な遺伝資源の探索が必要である。

そうしたなかでも、1970年代に入り世界各地で抵抗性遺伝資源から有効な交配母本が選抜されて積極的な抵抗性育種が進められ、1980年代には高い抵抗性レベル

の実用品種が利用されるようになった。日本における赤かび病抵抗性コムギの育種は、1963年の日本国内および朝鮮半島での歴史的な大被害を契機に、1960～70年代にかけ農林水産省東海近畿農業試験場において重点的に展開され、‘新中長’を抵抗性親とした‘農林26号’との交配組み合わせにより‘東海62号’、‘東海63号’、‘東海66号’をはじめとする抵抗性系統が育成された。その後、九州農業試験場において抵抗性育種が進められ、‘延岡坊主小麦’と‘蘇麦3号’の交雑による小麦中間母本農4号の育成や、1986年には‘蘇麦3号’の抵抗性を導入した‘西海165号’が育成された。九州地域にみられる赤かび病の激発条件下での自然選抜や、交配母本として優れた多くの主要品種を生み出した‘新中長’が赤かび病に強いことなどが、西南暖地における育成材料の抵抗性レベルを高めてきたと考えられる (BAN, 2000a; 2000b)。

一方、北海道においては北アメリカと同様に1990年に入り被害が増大したことから、寒冷地に適した抵抗性遺伝資源がないため冬コムギ・春コムギとも西南暖地に比べ抵抗性のレベルは低く、各育成地で緊急な抵抗性向上のための事業が展開されている。現在の冬コムギ主要品種である‘ホクシン’も早生で赤かび病被害を回避してきたが、気象条件により赤かび病の大被害が心配されており、北海道農業研究センターや北見農業試験場で‘西海165号’などの春コムギとの交配から抵抗性を導入した素材の開発が進められており、冬コムギにおいては実用レベルの抵抗性を付与した系統が選抜されている。

コムギにはスパゲティの材料になる四倍性のマカロニコムギ (*Triticum turgidum* L. *durum* Desf.) があるが、これらは赤かび病に全く弱く、日本では栽培されていない。

オオムギの赤かび病抵抗性の選抜は、コムギ同様に1970年代に入って世界的に進められた。一般に高度抵抗性の遺伝資源はロシア、ヨーロッパに起源する二条オオムギで認められ、1886年にヨーロッパから導入されたゴールデンメロン系の二条オオムギも高レベルの抵抗性を保持している。また、日本の六条ハダカムギ、過型わい性の六条皮麦は中程度の抵抗性をもつものが多かった (KAWADA, 2004)。

Enrichment of Wheat and Barley Germplasm with Resistance to Control Fusarium Head Blight. By Tomohiro BAN

(キーワード：赤かび病, 抵抗性育種, 遺伝資源)

表-1 日本の在来種を含む赤かび病抵抗性の遺伝資源

実験番号	品種・系統名	出穂期	赤かび病抵抗性	ジーンバンク Accession No.	ジーンバンクへの導入元
JGB-6	'中支6号'	5.19	VR-R	ACC.23784	中国
JGB-36	'入梅'	5.14	VR-R	ACC.22957	茨城, 日本
JGB-1	'蕎麦小麦IB'	5.11	VR-R	ACC.23662	鹿児島, 日本
JGB-16	'阿蘇在来II'	5.9	VR-R	ACC.23524	熊本, 日本
JGB-12	'油小麦'	5.12	VR-R	ACC.23516	福岡, 日本
JGB-62	'外海'	5.4	VR-R	ACC.23595	長崎, 日本
JGB-45	'小小麦'	5.7	VR-R	ACC.24142	中国
JGB-23	'伊東小麦'	5.9	VR-R	ACC.23647	宮崎, 日本
JGB-5	'蘇麦3号'	5.3	VR-R	ACC.24141	中国
JGB-28	'菊池'	5.8	VR-R	ACC.23546	佐賀, 日本
JGB-48	'新中長'	5.30	VR-R	ACC.23274	兵庫, 日本
JGB-58	'白南京'	4.30	R	ACC.23277	兵庫, 日本
JGB-70	'在来有芒'	5.6	R	ACC.22130	日本
JGB-38	'入梅NO2'	5.11	R	ACC.22959	茨城, 日本
JGB-25	'鹿児島'	5.6	R	ACC.23542	鹿児島, 日本
JGB-63	'外海A'	5.8	R	ACC.23660	長崎, 日本
JGB-18	'阿蘇在来(有芒褐ふ)'	5.11	R	ACC.23521	福岡, 日本
JGB-2	'蕎麦小麦IC'	5.12	R	ACC.23665	鹿児島, 日本
JGB-22	'福岡小麦18号*'	5.7	VS	ACC.23527	福岡, 日本
JGB-13	'赤小麦*'	5.4	VS	ACC.22872	山梨, 日本

*罹病性の比較品種。

II 日本在来のコムギ遺伝資源の有用性

赤かび病によるマイコトキシン汚染が世界各地で問題になる中で、穂の感染・罹病や穀粒被害(赤かび粒)に高度抵抗性だけでなく、穀粒や小麦粉にマイコトキシン混入が少ない抵抗性品種が求められている。これまで多くの調査研究結果から、九州在来の'延岡坊主小麦'が赤かび病に強くマイコトキシンの汚染も少ない品種であることが知られている(MESTERHÁZY, 1997; MIEDANER, 1997)。そうした日本在来のコムギ品種には赤かび病抵抗性およびマイコトキシン低蓄積性の新しい遺伝資源が存在する可能性が考えられるため、我々は農業生物資源研究所のジーンバンクに保存される遺伝資源(<http://www.gene.affrc.go.jp/plant/SEARCH/db/index-e.html>)の選抜を行い、その多様性を調査した。赤かび病の自然発病が激しい九州地域に適應する在来種を中心にコムギ70品種・系統から、高度赤かび病抵抗性の春コムギ18品種・系統を選抜した(表-1)。同名の品種は、CIM-MYTや米国でも有望な遺伝資源として評価されており(Liu and ANDERSON, 2003)、『Nyuby』や『Abura』はブラジルの遺伝資源として米国・カナダの多くの育種プログラムで利用されている。これらは、1970年代以前の移民やその後の共同研究より日本からブラジルへ持ち込まれた'入梅'・'油小麦'と同品種であり、その後広がったもの

である。現在その有用性からも、海外の多くの育種家や研究者が日本のコムギ遺伝資源に注目し始めている。

III 異なる gene pool からの赤かび病抵抗性遺伝資源の多様性

最近のDNAマーカーを用いたコムギ赤かび病抵抗性遺伝資源の遺伝的多様性の解析から、日本の遺伝資源が中国のものとは異なる要素をもつことが示されている(Bai et al., 2003; Liu and ANDERSON, 2003)。我々も、先に選抜した日本のコムギ在来種のうち9品種・系統について、他のgene poolの18抵抗性系統との違いを42個のEST-SSRマーカーを用いて分析した(図-1)。その結果、日本の在来コムギは(片親に米国およびドイツの血を引く'農林12号'と'農林27号'を除いて)、中国の'蘇麦3号'系とは異なるグループに分けられた。それらは従来の報告のように、欧米のものに比べ中国の遺伝資源と近いが、'入梅'や'延岡坊主小麦'を含む品種サブグループと改良品種に近いサブグループからなる日本特有のものであった。これは、日本と中国の遺伝資源がもつ赤かび病抵抗性遺伝子を集積できる可能性を示すものである。

抵抗性が中の両親から育成された'蘇麦3号'のように、中国の赤かび病抵抗性品種は、明らかに異なる抵抗性遺伝子を組み合わせた超越分離により育成されてい

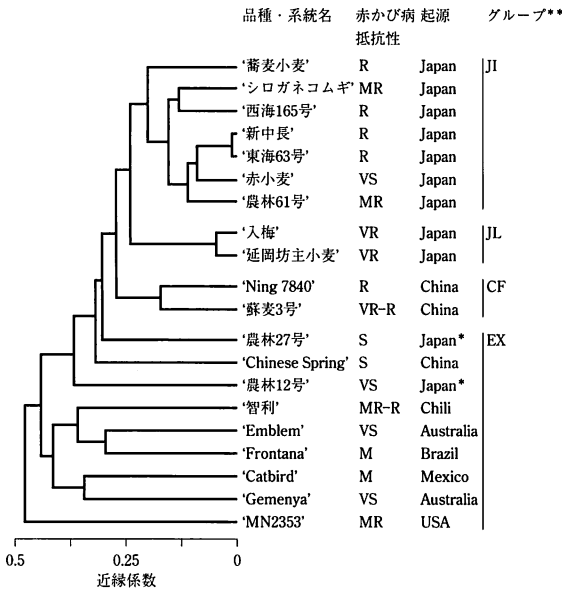


図-1 DNA マーカーを用いてUPGMA法により作成したコムギ20品種・系統の遺伝的類似性の樹形図

*これらの日本品種は外国品種を片親にもつ。 ** JI：日本の栽培品種のグループ、JL：日本の在来種のグループ、CF：中国・'蘇麦3号'系グループ、EX：外国のグループ。

る。九州で育成された'西海165号'は'蘇麦3号'と日本の抵抗性遺伝子を組み合わせていると考えられ (BAN and SUENAGA, 2000), そこにも'新中長'由来の抵抗性が大きく寄与しているものと考えられる。一方で,'延岡坊主小麦'と'蘇麦3号'の間では2個の主働遺伝子が異なり, それぞれ3個と2個の抵抗性遺伝子をもつことが示されている (BAN and INAGAKI, 2001)。現在,'延岡坊主小麦' (日本),'蘇麦3号' (中国),'Frontana' (ブラジル)の遺伝資源はそれぞれ異なる抵抗性遺伝子をもつと考えられている。今後それらの抵抗性機作を明らかにして優良系統の遺伝的背景に抵抗性遺伝子を集積することにより, より高度抵抗性の実用性品種育成が期待される。

IV 赤かび病抵抗性品種育成の今後の展望

腐生性のフザリウム菌による赤かび病に対する抵抗性品種育成に向けて大きな支障となるのが, 宿主の抵抗性と病原菌の病原性との関連性, 特にマイコトキシンの役割について科学的な解明がなされていないことである。近年, 分子遺伝学的手法を用いDNAマーカーによるQTL (量的遺伝子座) の解析により, 様々な抵抗性・耐性に関与する染色体領域が明らかになっている。DNA

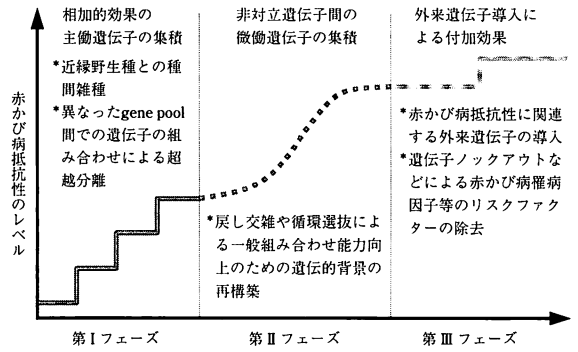


図-2 赤かび病抵抗性向上のための育種法のコセプト

マーカーによる間接選抜で, これらの染色体領域を組み合わせることで抵抗性遺伝子の集積を効率的に進め, 抵抗性品種育成を戦略的に進めることが期待される (図-2)。その際, 赤かび病抵抗性を構成する要因とメカニズム (坂, 2002) を念頭に置き, より多くのブロック (抵抗性遺伝子) を集積することで, 圃場レベルでの持続的抵抗性を導入することが重要である。

おわりに

1990年代以降, ムギ類の赤かび病被害は全世界的な広がりを見せ, マイコトキシン汚染の安全性ガイドラインが設けられるようになり, 人類が緊急かつ確実に解決しなければならない問題となっている。多くの研究者が様々な角度からこの問題に取り組み, ここ10年で目覚ましい進展をみせている。今こそ, 世界中の英知を結集し, ムギ類赤かび病の総合防除に取り組む必要があると感じる。本稿をまとめるに当たり貴重なご意見をいただいた, 九州沖縄農業研究センターの河田尚之氏, 北見農業試験場の柳沢朗氏に感謝いたします。

引用文献

- 1) BAI, G. H. et al. (2003) : Crop Sci. 43: 498 ~ 507.
- 2) BAN, T. (2000a) : Breeding Sci. 50: 131 ~ 137.
- 3) ——— (2000b) : Proc. Intl. Symp. on Wheat Improvement for Scab Resistance, 82 ~ 93.
- 4) 坂 智広 (2002) : 植物防疫 56: 58 ~ 63.
- 5) BAN, T. and M. INAGAKI (2001) : Wheat in a Global Environment : 359 ~ 365.
- 6) ——— and K. SUENAGA (2000) : Euphytica 113: 87 ~ 99.
- 7) KAWADA, N. (2004) : Abstract. JIRCAS Workshop on CRFHBR in Wheat & Barley : 19 ~ 20.
- 8) LIU, S. and J. A. ANDERSON (2003) : Crop Sci. 43: 760 ~ 766.
- 9) MESTERHÁZY, A. (1997) : Cereal Research Commn. 25: 631 ~ 637.
- 10) MIEDANER, T. (1997) : Plant Breeding 116: 201 ~ 220.
- 11) SNUJERS, C.H.A. (1990) : Euphytica 50: 171 ~ 179.