

# 赤かび病の最近の発生動向と防除法

農林水産省農業研究センター 佐 藤 剛

## はじめに

平成10年(1998年)5月に策定された「新たな麦政策大綱」では、ムギ類の民間流通への移行に際し、現在、外国産ムギに負けないようより高品質かつ安定生産を可能にする品種・栽培技術の開発が強く求められている。

我が国ではムギ類の成熟期から収穫期にかけて、多雨に遭うことは避けられず、このため穂発芽とともに、本病の発生は栽培上の大きな障害となっている。特に、一昨年(1998年)は春先からの適度な高温(赤かび病の発生に好適な平均気温20°C前後)と多雨により、本州以南の各地で本病が多発した。

本病は開花期以降、高温・多雨傾向になると多発し、収量・品質の著しい低下を招き、我が国におけるムギ類の最重要病害の一つとなっている。後述するように、①本病に対する十分な抵抗性品種は存在しないこと、②防除薬剤の予防散布が有効であるが経済的側面から現場ではなかなか行われにくいこと(北海道・九州以外)、③ひとたび発病した場合の対策がないこと、④収穫物である穂(粒)そのものが罹病部でありこれが大きな被害を受けること、以上の点から本病の発生と対策には大きな注意を払わねばならない。

以下、ムギ類赤かび病について、病原菌の種類、分布、生態について概説し、最近の発生動向について記載する。また、後段では防除法の現況について紹介する。

## I 最近の発生動向

### 1 病原菌の種類

ムギ類赤かび病(Scab, *Fusarium blight*)の病原菌として我が国では以下の7種が存在する。

- (1) *Gibberella zeae* (SCHWEINITZ) PETCH [不完全世代：*Fusarium graminearum* SCHWABE]
- (2) *Fusarium avenaceum* (CORDA : FRIES) SACCARDO
- (3) *Fusarium tricinctum* (CORDA) SACCARDO
- (4) *Fusarium acuminatum* ELLIS et EVERHART

- (5) *Fusarium culmorum* (SMITH) SACCARDO
- (6) *Fusarium crookwellense* BURGESS, NELSON and TOUSSOUN
- (7) *Monographella nivalis* (SCHAFFNIT) MÜLLER [不完全世代：*Microdochium nivale* (FRIES) SAMUELS et HALLETT]

これらのうち我が国では *G. zeae* と *M. nivalis* の二つが主要な病原菌である。(1)の不完全世代である *Fusarium graminearum* は海外では子のう殻を形成せず、root rot, foot rot 症状を引き起こす Group 1 と子のう殻を形成し穂に赤かび症状を起こす Group 2 とが存在する (FRANCIS and BURGESS, 1977) ことが報告されている。我が国では北日本地域以外は、Group 2 に相当する *F. graminearum* により大部分の赤かび病は引き起こされていると考えられている。最近の知見では(1)の不完全世代である *F. graminearum* はさらに、新たな種を内包する(上記 Group 1 を別種とする)との報告(AOKI and O'DONNELL, 1999)がある。(3)、(4)の2種は小泉ら(1993)により穂に赤かび症状を起こすことが報告されているが、いずれも病原性が弱く、また発生分布から考えても実際場面で赤かび病の病原菌となる可能性は低いと思われる。

### 2 病原菌の分布と生態

上記のうち、*G. zeae* (不完全世代 *F. graminearum*) は全国的に、紅色雪腐病の病原菌でもある *M. nivalis* (不完全世代 *Microdochium nivale*) はより冷湿性で主に北海道・東北地方に多く分布している。また、北海道の秋播きコムギでは、赤かび病の優占菌種として低温・多雨の冷湿な気象条件では *M. nivalis* の割合が極端に多くなり、さらに、十勝・北見地方の秋播きコムギにおける本病の病原 *Fusarium* 菌の中では従来から全国的に多いとされる *F. graminearum* より *F. avenaceum* が多い傾向にある(安岡, 2000, 表-1)。

*F. graminearum* では、子のう胞子が第一次伝染源となって開花期の穂に感染し赤かび症状を引き起こす。穂上で形成された分生胞子により二次伝染する。罹病種子をそのまま播種すると発芽阻害や幼苗の苗立枯れを生じる。海外では土壌伝染によって本症状が発生し大きな被害が生じている。*M. nivalis* では、種子伝染により発芽前立枯れなどが生じるほか、翌春、紅色雪腐病を引き起

表-1 北海道の秋播きコムギにおける赤かび病の発生状況 (安岡, 私信)

	芽室町		訓子府町		長沼町		気象条件
	病穂率 (%)	菌種割合 (F:M)	病穂率 (%)	菌種割合 (F:M)	病穂率 (%)	菌種割合 (F:M)	
1987年	4.7	—	—	—	2.2	—	
1988	24.7	(20:80)	0	—	3	—	
1989	47.0	(8:92)	16.9	(79:21)	2.5	—	低温・多雨
1990	1.8	—	18	—	5	—	
1991	47.7	(57:43)	0	—	0	—	
1992	31.0	(28:72)	10.3	—	1.0	—	
1993	77.3	(6:94)	1.0	—	2.0	—	冷害年 (十勝多発)
1994	2.7	—	2.5	—	13.3	—	高温・乾燥年
1995	37.7	(57:43)	69.0	(48:52)	4.5	(75:25)	
1996	81.4	(2:98)	96.0	(48:52)	24.7	(64:36)	低温年 (十勝・網走多発)
1997	2.8	—	2.3	—	2.0	—	
1998	34.6	(60:40)	12.0	(90:10)	0.8	—	

\* 訓子府町・長沼町は予察データ, 芽室町は無防除区のデータ。

\*\* 菌種割合 (F:M) は, *Fusarium* 属菌 (*F. graminearum*, *avenaceum*, *culmorum*): *Microdochium* 属菌の比率を示す。

\*\*\* 品種はいずれもチホクコムギ。

こす。その罹病残渣上で形成された子のう胞子が開花期の穂に侵入する。土壤中で本菌は生存可能であるが、いずれも土壤伝染による穂の赤かび症状への関与は大きくないものと考えられている。

### 3 発生動向

1990~99年までの過去10年間の主産県における本病による麦種別被害状況を表-2に示した。1998年は、本病が本州以南の各地で激発したが、表-2からも多発となったことは明らかである。コムギをはじめオムギにおいても例を見ない程の被害を生じている。一般的に二条品種は六条品種より抵抗性は強いが、この年は二条オムギにおいても非常に大きな被害が見られた。この原因として、4,5月の高温,多雨,日照不足により、赤かび病の発生に最適の条件になったためと考えられる。本病の主要な病原菌である *F. graminearum* はムギ類の耕作地では、恒常的に至るところに存在しているとされ、気象条件さえ整えば、容易に激発へと結びつくことがうかがえる。逆に北海道では、この年、一部不良の作物柄となったが、本州以南の様な多発状況には至らなかった。

北海道十勝地方では、1993年夏に、秋播きコムギ(チホクコムギ)に本病が多発し、乳熟後期のコムギの脱色や穂軸の褐変が多く目立つなど、特異的な発生様相を呈した(安岡,1994)。1993年の気象は出穂期以降、低温・少照・多雨という冷害年であり、*F. graminearum* より冷湿な条件下で多発するとされる、*M. nivale* による赤かび病が多発したと考えられる。

以上のように、本病の発生動向は気象条件と密接な関係にあるが、原因となる菌が *F. graminearum* あるいは *M. nivale* になるかで、発病条件は異なる。同じ赤かび病とはいえ、北日本ではその病原菌が何かという点を考慮に入れて、発生動向を把握し、対策を立てる必要がある。

## II 防 除 法

### 1 薬剤防除

現在のところ、本病防除には防除薬剤の散布が最も有効である。本病は開花期の穂への子のう胞子の感染により生じ、とりわけ開花盛期に最も感染しやすい。また、現行の防除薬剤の持続効果は数日と短くさらに治療効果がほとんど期待できないため、適期に予防散布することが必要不可欠である。本病に対する登録農薬にはアゾキシストロピン水和剤、イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤、イミノクタジン酢酸塩液剤、クレソキシムメチル水和剤、チオファネートメチル剤、テブコナゾール乳剤、トリフルミゾール剤、プロピコナゾール乳剤、硫黄・大豆レシチン水和剤、水和硫黄剤、石灰硫黄合剤があり、これらを用いて開花初期から適期防除を行う。特に、多発が予想される気象条件下では出穂期以降十分な予防散布を行う。北海道など積雪地域では紅色雪腐病菌(*M. nivale*)によるムギ類の被害残渣が、翌春、赤かび病の伝染源となるので、紅色雪腐病の発生地域では本病の根雪前防除も併せて実施する。さらに、北海道地方ではチオファネートメチル剤に対し耐性の *M. nivale*

表-2 過去10年間の主産県における赤かび病による麦種別被害状況

	1990年産	1991年産	1992年産	1993年産	1994年産	1995年産	1996年産	1997年産	1998年産	1999年産
コムギ										
総数による被害面積 ha	286,900	337,700	319,600	281,900	220,400	257,500	286,000	260,700	297,900	257,500
総数による被害量 t	137,100	245,800	172,600	160,700	110,900	226,400	241,400	124,200	153,500	182,000
総数による被害面積率 %	110.2	141.5	149.0	153.5	145.5	171.2	182.2	166.3	184.7	
総数による被害率 %	15.1	28.9	21.9	23.7	19.3	39.7	40.7	21.0	25.4	
赤かび病による被害面積 ha	16,400	29,900	9,180	10,700	10,500	17,000	42,000	10,600	41,500	40,700
赤かび病による被害量 t	3,900	9,780	2,020	2,100	2,440	3,290	18,900	2,340	18,100	11,900
赤かび病による被害面積率 %	6.3	12.5	4.3	5.8	6.9	11.3	26.8	6.8	25.7	
赤かび病による被害率 %	0.4	1.1	0.3	0.3	0.4	0.6	3.2	0.4	3.0	
作付面積(全国) ha	260,400	238,700	214,500	183,600	151,900	151,300	158,500	157,500	162,200	168,800
二条オオムギ										
総数による被害面積 ha	89,200	112,600	83,400	86,500	62,300	51,000	42,200	64,500	86,300	32,100
総数による被害量 t	42,000	69,500	34,000	25,400	30,900	27,200	17,100	37,500	59,200	14,500
総数による被害面積率 %	120.7	165.1	132.4	142.7	113.9	99.8	93.0	149.7	223.6	
総数による被害率 %	16.8	29.7	15.6	12.0	16.0	15.0	10.5	23.7	41.6	
赤かび病による被害面積 ha	5,190	12,800	8,050	7,730	6,960	5,420	2,430	2,910	19,900	6,010
赤かび病による被害量 t	1,190	2,120	1,090	695	630	562	347	555	13,600	1,280
赤かび病による被害面積率 %	7.0	18.8	12.8	12.8	12.7	10.6	5.4	6.8	51.6	
赤かび病による被害率 %	0.5	0.9	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.4	9.6	
作付面積(全国) ha	73,900	68,200	63,000	60,600	55,100	51,300	46,100	43,800	39,200	36,600
六条オオムギ										
総数による被害面積 ha	23,500	19,900	20,300	11,300	3,610	3,230	2,870	5,610	14,100	7,350
総数による被害量 t	18,100	11,900	10,600	5,730	2,200	2,370	1,760	3,730	11,800	3,980
総数による被害面積率 %	95.5	95.7	119.4	85.0	92.6	117.5	94.7	76.8	161.9	
総数による被害率 %	23.3	18.3	19.9	13.6	16.3	24.3	16.3	15.0	39.6	
赤かび病による被害面積 ha	514	260	327	224	79	236	73	162	1,850	807
赤かび病による被害量 t	222	67	98	45	12	55	19	46	2,270	341
赤かび病による被害面積率 %	2.1	1.3	1.9	1.7	2.0	8.6	2.4	2.2	21.2	
赤かび病による被害率 %	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.6	0.2	0.2	7.6	
作付面積(全国) ha	24,600	20,800	17,000	13,300	4,000	3,770	6,930	8,650	10,100	10,300
裸ムギ										
総数による被害面積 ha	11,100	10,800	6,260	2,740	3,590	4,820	2,820	6,740	11,400	3,650
総数による被害量 t	7,790	9,650	5,140	978	1,410	1,620	864	3,350	10,300	1,460
総数による被害面積率 %	146.2	177.6	146.3	83.5	111.5	127.2	69.8	135.1	216.7	
総数による被害率 %	29.4	45.7	35.0	8.9	12.9	12.8	6.4	19.7	56.6	
赤かび病による被害面積 ha	1,100	1,220	414	279	175	633	166	427	2,990	687
赤かび病による被害量 t	187	245	54	34	18	166	26	66	2,440	128
赤かび病による被害面積率 %	14.5	20.1	9.7	8.5	5.4	16.7	4.1	8.6	56.8	
赤かび病による被害率 %	0.7	1.2	0.4	0.3	0.2	1.3	0.2	0.4	13.4	
作付面積(全国) ha	7,590	6,080	4,280	3,280	3,230	3,800	4,040	5,000	5,420	5,100

※作物統計(1999年のデータは農林水産統計速報)から引用, 1999年のデータのみ赤かび病だけでなくほかの病害を含む。

(注)1: 主産県とは, 各年産の作付面積(4麦計)が, 500ha以上の主要道府県(27道府県)をいう。

2: 総数とは気象被害, 病害虫など全ての被害を含めるものをいう。

3: 被害面積は, 被害種類別の延べ面積であり, 被害率は被害量/平年収量×100である。

菌が存在する(田中ら, 1983)ので, 今後, 作用特性の異なる薬剤をローテーションして用い, さらなる耐性菌の出現を招かぬよう留意する必要がある。

本病の発生予察については, 第一次伝染源である子のう胞子の飛散と気象条件との関係をもとにした上田(1995)の詳細な研究がある。さらに, 農林水産省九州農業試験場では, コムギの出穂期予測モデルを作成中であり, 出穂時期を予測可能にすることにより(出穂期がわかることにより開花時期もおおよそわかる), 防除薬剤をよりの確に予防散布できる様にするを意図した研究が行われている。

## 2 耕種的防除

### (1) 抵抗性品種および抵抗性検定法

抵抗性品種の利用が防除法として最も経済的であるが, 完全な抵抗性を示す品種はいまだに見いだされておらず, 抵抗性品種の利用だけに頼るのは難しい現状にある。本病抵抗性には複数のポリジーンが関与するとされており, 遺伝子数は2~6個と推定されている(BAN and SUENAGA, 1997; 中川, 1955)。現在, 新しい技術を用い, 本病の抵抗性遺伝子に関する知見が蓄積されつつあり, 例えば代表的な抵抗性品種である‘蘇麦3号’の抵抗性遺伝子の一つは5A染色体上の芒の遺伝子と連鎖

している(坂・末永, 1997) ことなどが判明している。また、異なる菌株を用いた場合でも、菌株により発病程度は異なるものの品種・系統間で相対的な抵抗性の強弱関係は同じ傾向になること、かつ抵抗性強から弱までを示す品種・系統が連続的に分布することから、本病菌にはレース分化はない可能性が高いと考えられている。

抵抗性検定法については、本圃での気象条件の差や出穂期の違いによる影響を除くため、出穂期の調節(平井ら, 1993)、切り穂検定法(武田ら, 1992)、簡易検定法(内藤, 1984)などが開発された。本方法を利用して、コムギの中間母本‘小麦中間母本農4号’が育成された(牛腸ら, 1992)。現在、農林水産省を主体に実施中の「麦緊急開発プロジェクト研究」では赤かび病に対する抵抗性を視野に入れた新品種の育成が行われつつある。

## (2) その他の耕種の防除

汚染種子による発芽不良や幼苗の苗立枯れを防ぐため、無病圃から採種した健全種子を使うのが基本である。罹病種子が混在する場合は極力これを除外し必要ならば種子消毒も行う。収穫した種子は速やかに乾燥・調整を行い、麦粒の被害拡大を抑える。発病圃場では、翌年の伝染源除去のためムギ被害残査は持ち出して処分もしくは完熟堆肥にするか、鋤き込むかして、翌年の伝染源とならぬよう圃場衛生に留意する。イネ・ムギの栽培体系では、イネ刈株、イネわらも重要な伝染源であるので、これらの除去を図るとともに、イネ科の畦畔雑草も伝染源となりうるので可能であればこれらの除去も図る。土壌を湛水処理すると土壌中の病原菌は死滅するが、穂での発病軽減にはあまり影響しないと考えられている。越冬後のコムギの株元に土入れ(土寄せ)を行うと株元からの孢子飛散を防止し、伝染環遮断によって発病抑制が可能である(中島, 1996)という。本病常発地では出穂期の異なる品種を分散栽培して発病回避を図ることも考慮する。施肥条件と発病との関係では、窒素肥料を多用すると発病を助長し、施肥時期が遅い程発病する傾向にある。生物防除については中国における報告などがあるが、実用段階に達していない。

## おわりに

ムギ類赤かび病については多くの研究蓄積はあるものの、いまだに抜本的に解決されていない古くて新しい問題といえよう。この原因として、本菌は非常に腐生の性質が強く多犯性であり、病原菌と宿主の間で、いわゆる

遺伝子対遺伝子説(gene for gene theory)が成立しない系であることがあげられる。このことが、菌の側からの研究のアプローチを難しくし、また、従来型の抵抗性品種の開発を困難にして、本病抵抗性をもつ有力な実用栽培品種が育成されてこなかった大きな原因といえよう。今後、育種法の新たな展開により新しい抵抗性品種の育成が強く望まれる。

また、*M. nivalis*を除く(NAKAJIMA and NAITO, 1995)その他の病原菌(*Fusarium*属菌によるもの)は人畜に有害なかび毒(マイコトキシン)を産生する(一戸, 1978)場合があり食品衛生上重要である。現在までのところこれらのマイコトキシンは発ガン性はないものとされているが、未だ本病の発病とトキシン産生との因果関係については不明な点が多く、今後より一層の研究の進展が必要である。さらに、近年、地球的規模の気候の変動によるものか定かでないが、従来本病による被害がほとんど報告されてこなかった北アメリカ・ロシアの一部地域においても本病による被害が生じているとの情報がある。今後、世界的に本病防除対策が必要になるかもしれない。現に国際とうもろこし・小麦改良センター(CYMMYT)を中心とした国際共同研究が盛んに実施されている。

以上、本病についてはまだまだ解決していかねばならない多くの問題があり、梅雨という気象条件を抱える日本において麦作を振興していくうえで、避けて通れない重要な問題である。

## 引用文献

- 1) AOKI, T. and K. O'DONNELL (1999): *Mycologia* 91: 597~609.
- 2) 坂 智広・末永一博 (1997): 育種 47 (別2): 131.
- 3) BAN, T. and K. SUENAGA (1997): *Cer. Res. Comm.* 25: 727~728.
- 4) FRANCIS, R. G. and L. W. BURGESS (1977): *Trans. Br. Mycol. Soc.* 68: 421~427.
- 5) 牛腸英夫ら (1992): 九州農試報告 27: 317~331.
- 6) 平井俊臣ら (1993): 同上 28: 1~15.
- 7) 一戸正勝 (1978): 植物防疫 32: 417~422.
- 8) 小泉信三ら (1993): 農研センター報告 23: 1~104.
- 9) 内藤秀樹 (1984): 九州農試報告 23: 355~386.
- 10) 中川元興 (1955): 育種 5: 15~22.
- 11) NAKAJIMA, T. and S. NAITO (1995): *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 61: 357~361.
- 12) 中島 隆 (1996): 東北農試年報 平8: 63~65.
- 13) 武田和義ら (1992): 育種 42: 649~656.
- 14) 田中文夫ら (1983): 日植病報 49: 565~566.
- 15) 上田 進 (1995): 愛媛農試研報 33: 1~54.
- 16) 安岡眞二 (1994): 北日本病虫研報 45: 35~37.
- 17) 〃 (2000): 私信.