

麦類赤かび病の防除を通じて 食品の安全性確保に貢献する トッジンM



中島 隆
Takashi Nakajima

はじめに

麦類の開花期に菜種梅雨、登熟～収穫が本格的な梅雨に重なる我が国では赤かび病の発生リスクが高く、麦栽培では避けて通れない病害である。本病は、近年の世界的な異常気象が原因で従来発生がなかった地域でも大きな問題となってきた。このため、今までほとんど注目されることのなかった本病原菌が産生するかび毒による健康被害が国際的にクローズアップされている。我が国では2002年に厚生労働省が小麦のデオキシニバレノール(DON)に関する暫定基準を1.1ppmに設定した。現在この基準値を超える小麦を市場流通させないように指導されている。このため、赤かび病の防除の徹底をはかることが極めて重要となった。本稿では、赤かび病かび毒に関する解説とかび毒を低減するためのトッジンM剤の効果的な防除技術について紹介する。

かび毒と農薬の毒性

「かび毒」とはかび(糸状菌類)の産生する二次代謝産物で、ヒトあるいは家畜・魚類など高等動物に対して急性もしくは慢性の生理的あるいは病理的障害を与える物質群に与えられた総称である。麦類に赤かび病を起こす*Fusarium graminearum*は「かび毒」を産生する代表的な植物病原菌である。赤かび病菌の産生する毒素で最も重要なものがDONである。このDONは発ガン性はないが、悪心・嘔吐・腹痛・めまい・下痢・頭痛等の諸症状を伴う中毒症(急性毒性)を引き起こす急性毒性があることは昔からよく知られていた。ただし、世界的に見ても死亡例は報告されていない。しかし、現在問題になっているのは、こうした高濃度の汚染による中毒症ではない。より低濃度の汚染でも、長期間摂取していると成長抑制、体重低下や免疫力低下等ヒトの体に影響を及ぼすことが明らかになってきたからである。赤かび病に関係のある「かび毒」にはDON以

表 1. 主な赤かび病防除薬剤とかび毒の許容摂取量と残留基準値の比較

農薬	許容摂取量(ADI) (μ g/kg bw/day)	小麦中の残留基準値 (mg/kg)
チオファネートメチル	120	0.6
イミノクタジン	2.3	0.1
クレソキシムメチル	360	0.1
テブコナゾール	29	0.5
プロピコナゾール	18	1.0
メトコナゾール	40	0.2
かび毒	耐容1日摂取量(PTDI) (μ g/kg bw/day)	小麦中の暫定的な基準値 (mg/kg)
デオキシニバレノール	1 ^{a)}	1.1
ニバレノール	0.7 ^{b)}	未設定

注: a: FAO/WHO合同食品添加物専門家会議による評価

b: 欧州食品安全機関(EFSA)による評価

外にもニバレノール(NIV)やT2トキシン、ゼアラレノンが知られている。このうち、NIVは海外や北海道では産生する菌が少ないが、西日本ではNIVを産生する赤かび病菌が多く分布している。今後NIVも規制に含めるかどうかが議論されていくと思われる。

一方、赤かび病の防除に用いられる薬剤は毒性の低い農薬がほとんどであり、許容一日摂取量：ADI(毎日食べ続けても健康に悪影響がない最大摂取量)はDONの耐容摂取量($1\text{ }\mu\text{g/kg bw/day}$)やNIVの暫定的な耐容摂取量($0.7\text{ }\mu\text{g/kg bw/day}$)の数倍から数百倍である(表1)。これらの農薬の小麦中の残留基準値は 0.1 mg/kg ～ 1.0 mg/kg であり、DONの小麦中の暫定基準値(1.1 mg/kg)と比較すると、耐容摂取量から見て相対的に小さく設定されている。さらに、実際に栽培された小麦中の残留農薬濃度は基準値に比べ著しく低いことが農林水産省の実態調査の結果で明らかである。このように、使用する農薬の毒性や残留実態からみて、赤かび病防除のための農薬使用による健康影響のリスクはほとんどないと考えられる。したがって、赤かび病の防除を適切に行いDON及びNIVの汚染を防止・低減することが食品の安全性を確保する上で重要となる。

防除薬剤の選択

麦類赤かび病に対して登録のある薬剤は赤かび病の被害を軽減することを目的に選抜され、残留毒性試験

等を経て農薬取締法に基づく農薬登録を受け、実際の防除に使用されてきた。しかしながら、これら薬剤が「かび毒」を軽減するか否かはほとんど明らかでなかった。つまり、2002年以降は赤かび病防除技術のエンドポイントが「かび毒」汚染量に変更されたことになる。このため、「かび毒」の穀粒への蓄積を抑制する有効薬剤の選抜が農水省のプロジェクト研究等を通じて行われてきた。その結果、「かび毒」の産生を抑える効果が高いか、効果が確認されている薬剤としてトップジンM・ベフラン・ストロビー・メトコナゾール・テブコナゾール・プロピコナゾールが推奨されている(永田ら、2008)。現在、登録に向けた試験を行っている薬剤についても、防除効果だけではなく「かび毒」の低減効果を調べる自主的な取り組みが行われている。

散布時期

本病の薬剤防除適期は麦種別に異なる。小麦では開花が始まってから10日程度の間が最も感染やすく、この間に降雨が続き、気温が高いと多発する。また、同じ品種でも栽培管理状況によって開花のバラツキが大きいので、各圃場ごとの生育状況に応じた防除が求められる。現在の防除薬剤は予防効果が中心なので、防除開始時期は「開花盛期」よりも「開花始め」が望ましい。この時期に正しく散布できたかどうかで防除の成否がほぼ決する。その後、秋まき小麦で1回、春まき

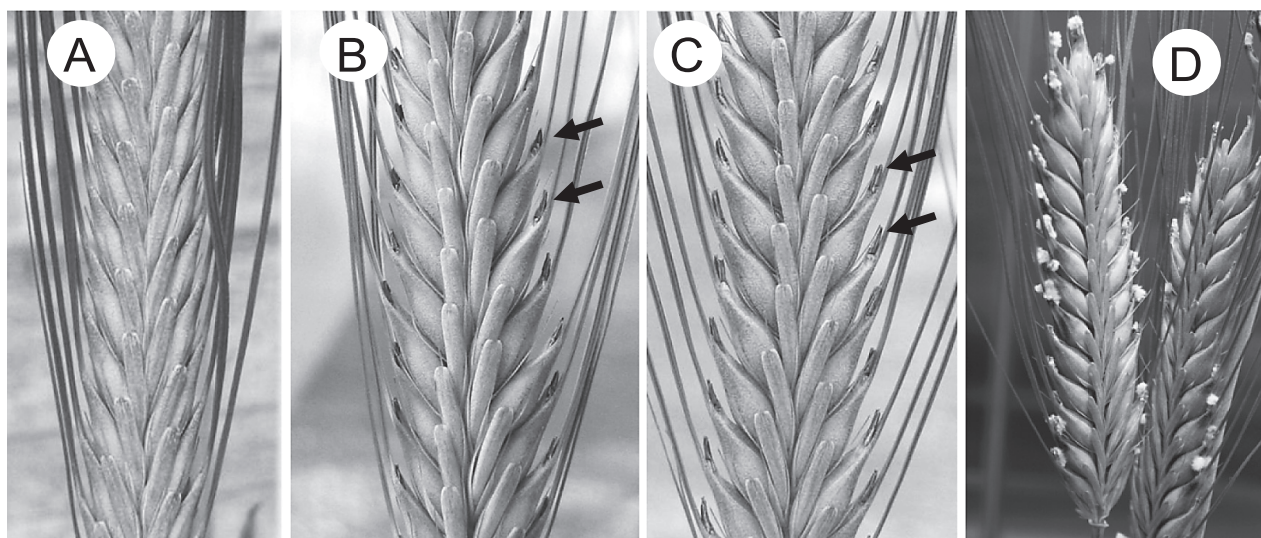


図1. 二条大麦(開花受粉性)における葯殻抽出と葯殻抽出時接種による発病の様子

A：開花(受粉直後) B：葯殻抽出始め C：葯殻抽出完了 D：葯殻抽出時接種による発病
黒矢印で葯殻を示す。品種：ニシノチカラ(左3枚)、ミサトゴールデン(右端)

表2. 二条大麦(閉花受粉性)においてトップジンM水和剤の散布時期が赤かび病の発病およびかび毒蓄積に及ぼす影響

	散布時期 (開花後日数)	2005年		2006年	
		発病度 防除価	かび毒 低減率	発病度 防除価	かび毒 低減率
従来▶	-3 (出穂2日後)	34 c	50 bc	6 ab	17 ab
	0 穂揃い・開花期	33 c	47 b	6 ab	41 bc
	4	74 d	68 bc	37 cd	31 abc
推奨▶	9 (葯殻抽出前)	87 d	76 bc	45 cd	53 cd
	11 葯殻抽出始め	88 d	82 c	50 d	75 d
	13 葯殻抽出盛期	NT	NT	39 cd	80 d
	15 葯殻抽出終期	74 d	69 bc	25 bc	79 d
	20	22 bc	50 bc	13 ab	52 cd
	30	0 a	42 b	4 a	55 cd
	無散布区	0 ab	0 a	0 a	0 a
	(無散布区実測値)	(13.7)	(25.0 ppm)	(3.5)	(6.1 ppm)

Yoshida et al. 2008 より作成

二条大麦品種「ニシノチカラ」を圃場試験に供試。赤かび病菌培養トウモロコシ粒の散布とスプリンクラー散水により常に感染が可能な条件を設定。「葯殻抽出始め」：50%以上の穂で葯殻が見え始めた日、「葯殻抽出盛期」：50%以上の穂で葯殻抽出が完了した日、「葯殻抽出終期」：90%以上の穂で葯殻抽出が完了した日。反復敬3(2005年)および4(2006年)の乱塊法。開花期の20日後に発病度(0-100)を調査し、成熟期収穫後にかび毒(DON+NIV)を分析。異なる英字間で各処理区の実測値に有意差あり(Fisher, spLSD法、有意水準5%)。NT：データなし。

小麦で2回の追加散布を基本とする。なお、秋まき小麦でも近年育成された「ゆきちから」「ミナミノカオリ」等のパン用の品種は赤かび病に対する抵抗性が不十分なので多発条件では開花期散布と2回の追加防除が必要である。

大麦については、六条大麦、二条大麦を区別した防除対策に切り替えるべきである。我が国で栽培されている二条大麦は閉花性であるため、開花受粉期(穂揃期)に葯が抽出しない。さらに、抵抗性やや強の品種が大部分であることから、穂揃期の感染リスクは低い。しかし、子実の肥大に伴い葯の殻が押し出されてくる穂揃い10日後頃に最も発病しやすくなる(図1：Yoshida et al., 2007)。この時期こそが本当の薬剤散布適期である(表2：Yoshida et al., 2008)。このため、福岡・佐賀・栃木等の二条大麦の先進県では薬剤散布時期について、従来の穂揃期から穂揃10日後へ防除基

準が変更されている。六条大麦については開花性であるため、小麦と同じく開花始めが散布適期である。また、抵抗性が弱～やや弱の品種が大部分なので追加防除が必須である。

防除薬剤の耐雨性の比較

ムギ類赤かび病の発生は開花期前後の降雨量と関係が深いことから、多発時の防除は降雨の合間に行われることになる。このため、薬剤の耐雨性の評価が極めて重要である。従来の耐雨性の評価は発病度を評価基準に用いていたが、DONの暫定基準に対応するため、かび毒の汚染濃度をエンドポイントにした評価を行った。人工降雨処理施設を用いて、薬剤散布23時間後に弱雨(3.6mm/時×3時間)と強雨(25mm/時×2時間)の2段階の降雨処理を施し、26時間後に赤かび病菌を噴霧接種した。その結果、トップジンMゾル、同水和剤、

表3. 赤かび病防除薬剤の発病抑制効果及びかび毒汚染低減効果に及ぼす降雨の影響

薬剤名 (処理濃度)	評価項目	無雨	弱雨	強雨
トップジンM粉剤 (4kg/10a)	発病度の防除価	66.9	87.1	22.8
	かび毒低減率	39.1	72.5	43.6
トップジンM粉剤DL (4kg/10a)	発病度の防除価	78.1	85.6	13.4
	かび毒低減率	51.4	76.9	-2.6
トップジンMゾル (4倍)	発病度の防除価	93.3	91.7	91.5
	かび毒低減率	93.9	93.9	85.6
トップジンM水和剤 (1,000倍)	発病度の防除価	92.7	96.9	88.7
	かび毒低減率	98.2	97.6	78.2
ベフラン液剤 (1,000倍)	発病度の防除価	78.9	78.2	54.8
	かび毒低減率	54.1	59.2	49.7
塩基性硫酸銅粉剤 (4kg/10a)	発病度の防除価	78.7	62.9	21.8
	かび毒低減率	51.0	55.8	25.4
メトコナゾール乳剤 (1,000倍)	発病度の防除価	98.9	97.5	90.6
	かび毒低減率	96.0	85.6	82.5
テブコナゾール水和剤F (2,000倍)	発病度の防除価	97.1	92.4	83.1
	かび毒低減率	84.1	78.6	69.0
プロピコナゾール乳剤 (1,000倍)	発病度の防除価	88.6	71.2	58.6
	かび毒低減率	79.8	59.5	13.7
無処理	発病度 (%)	17.5	22.0	17.7
	かび毒 (ng/g)	3037	4040	3880

中島ら、2006より作成

およびメトコナゾール乳剤はいずれの試験でも耐雨性が強く、発病度およびDON、NIVの防除価の低下程度が低かった。トップジンM粉剤の耐雨性は水和剤およびゾルと比較して劣るが、弱雨(3.6mm/時×3時間)では効果の低下が見られなかった。降雨による抑制効果の低下は発病度よりもDON、NIV汚染濃度により顕著に表れた(表3：中島ら、2006)。

再散布が必要な降雨条件

農薬の散布は、雨を避けて行うことが理想である。しかし、麦類の赤かび病発生には降雨が深く関係していることから、降雨が多い年ほど赤かび病が多発しやすく、防除が特に重要となる。しかしながら、「午前中に農薬散布を行ったが、午後から雨が降った。再散布を行うべきか?」という農家の切実な疑問に対する答えがないのが現状である。このため、農薬散布後に雨が降った場合の防除効果への影響についてトップジンM水和剤を用いて調査した結果、散布直後に降雨があった場合だけ有意に防除効果の低下が認められた

が、散布30分以降の降雨であれば防除効果の低下は認められず、降雨までに30分以上の時間が確保されれば、再散布は必要ないと考えられた(中島ら、未発表)。トップジンM粉剤では弱い雨(3.6mm/時)が5時間以上続く場合や、強い雨(25mm/時)が降る場合は防除効果の低下が認められた(中島ら、未発表)。一般に粉剤は結露等の水分により、溶解して植物体内に取り込まれることから考えて、短時間の弱い雨ならば薬剤の流亡効果よりも活性成分の溶解・吸収促進効果の方がまさるためと考えられる。つまり、一定以上の強い雨でない限りは粉剤といえども再散布は必要ないこととなる。

(農研機構 九州沖縄農研 赤かび病研究チーム長)
引用文献

Yoshida et al.(2007)Phytopathology(2007) 97 : 1054-1062

Yoshida et al.(2008)Plant Disease 92 : 1164-1170

中島ら(2006)九病虫研会報 52 : 33-37

永田ら(2008)農林水産技術会議事務局研究成果第445 : 282-341