

# ダイズ紫斑病菌のチオファネートメチル剤耐性と その防除対策

富山県農業技術センター農業試験場病理昆虫課 むこ ばた ひろ ゆき  
向 島 博 行

## はじめに

水田転換畑の基幹作物であるダイズは、近年全国的に栽培面積が急増し、産地間競争が一層激化しているため、より一層良質なダイズの安定生産が求められている。

ダイズでは紫斑病、ウイルス病および黒根腐病など被害の大きい病害が発生し、生産上の大きな障害となっている。なかでも紫斑病は東北、北陸、関西および山陰など全国各地で発生し、子実に紫斑（口絵写真①）を形成して品質低下を招き、年次によっては検査等級格下げの主要因となることがあり、防除対策が大きな課題となっている。

本病の被害について WILCOX and ABNEY (1973) は罹病種子によって出芽率が低下することを、藤田・鈴木 (1986) は葉の発病によっても早期から多発すると減収することを各々明らかにしている。

富山県農業技術センター農業試験場では、転作としてダイズが栽培され始めた 1979～80 年にかけて、ダイズ紫斑病に対する有効薬剤の検索を行い、生育期散布剤としてチオファネートメチル剤、ベノミル剤および銅剤を選定して以来、本県の防除指針に採用してきた。

その後生産現場では、種子消毒剤には主としてチウラム水和剤＋ECP・チウラム粉剤を粉衣する方法が採用され、一部ではチウラム・ベノミル水和剤も同様な方法で用いられてきた。

また、生育期には、本県では保有している防除機の関係で粉剤の散布が主体となっていることから、チオファネートメチルと殺菌剤の MEP との混合剤である MEP・チオファネートメチル剤が大部分で、しかも 2 回散布が実施されてきた。このことから、チオファネートメチル剤の効力低下が懸念されていた。

ダイズにおけるチオファネートメチルなどのベンゾイミダゾール系薬剤耐性菌については、福西ら (1991) に

よる京都府における発生が我が国での最初の報告であるが、広島県では既に 1988 年に確認されていた（酒井、2001）。その後、滋賀県（山田ら、1994）、鳥取県（長谷川・橋本、1995）、福井県（本多・佐藤、1996）において、また、最近では宮城県（門間ら、2003）でも発生が確認され、全国各地のダイズ生産県に及んでいる。

富山県では 1994 年の調査で耐性菌の発生が確認されたが（向島ら、1997）、本稿では発生の経過およびこれまでに取り組んできた本病に対する防除対策について紹介する。

## I 耐性菌の発生経過

### 1 チオファネートメチル剤に対する感受性の頻度分布

1994 年にはチオファネートメチルを 3,200  $\mu\text{g/ml}$  から 0.19  $\mu\text{g/ml}$  まで含むように順次希釈した 15 段階濃度の PDA 平板培地を作成して、県下 16 市町村の 26 地点から採集した 144 菌株を各々に置床して MIC 法（菌糸生育阻止濃度）により検定した（口絵写真②）。

その結果、頻度分布は両極に明瞭な 2 峰性を示し、MIC が 3,200  $\mu\text{g/ml}$  以上の耐性菌が 88.9%、6.25  $\mu\text{g/ml}$  以下の感性菌が 11.1% 分布していた。

1995 年には、供試菌株数を増やし、県下 19 市町、37 地点から採集した 666 菌株を分離して MIC 値を 6.25（感性菌）、100（中等度耐性菌）、1,600  $\mu\text{g/ml}$ （耐性菌）の 3 段階の各濃度に設定して同様に検定した。この結果、19 市町のうち 8 市町で耐性菌比率が 100% を示し、全県的にも 95.6% と極めて高く、また前年の 88.9% に比べ明らかに増加した（表-1）。

なお、MIC 値が 6.25  $\mu\text{g/ml}$  以下の感性菌および 100  $\mu\text{g/ml}$  の中等度耐性菌の発生率はそれぞれ 4.1% と 0.3% であった。

10 市町、18 地点から分離した 311 菌株を供試し、6.25、100 および 1,600  $\mu\text{g/ml}$  の 3 濃度でチオファネートメチル剤とベノミル剤に対する MIC 値を検定した結果、両剤の間には明らかに正相関の交差耐性が認められた。

一方、チオファネートメチル剤の耐性菌に高い効力が

Occurrence and Chemical Control of Thiophanatemethyl-resistant Strains of Soybean Purple Seed Stain Fungus, *Cercospora kikuchii*.  
By Hiroyuki MUKOBATA

（キーワード：紫斑病菌、薬剤耐性、ダイズ、チオファネートメチル、防除）

あるとされるジエトフェンカルブ剤とチオファネートメチル剤との相関関係を調べるため、分離した 534 菌株についてジエトフェンカルブの 10  $\mu\text{g/ml}$  の濃度で検定を行ったが、1 菌株でチオファネートメチル剤との両耐性が認められたほかは、すべて負の相関を示した。

## 2 各種殺菌剤の防除効果

上述のように、県下で 95.6% の高度耐性菌が発生し

表-1 富山県内におけるダイズ紫斑病菌のチオファネートメチル剤耐性菌の分布 (1995)

栽培地	供試菌株数	MIC 値 ( $\mu\text{g/ml}$ ) と各該当菌株数			高度耐性菌率 (%)
		6.25 >	100	1,600 <	
朝日町	44	1	0	43	97.7
入善町	31	0	0	31	100
黒部市	19	1	0	18	94.7
宇奈月町	20	8	0	12	60
魚津市	35	0	0	35	100
立山町	50	2	0	48	96
上市町	20	0	0	20	100
富山市	59	0	0	59	100
婦中町	17	2	0	15	88.2
八尾町	16	5	0	11	68.8
小杉町	75	0	0	75	100
大門町	19	0	0	19	100
高岡市	79	0	0	79	100
氷見市	5	0	1	4	80
砺波市	41	2	0	39	95.1
福野町	20	1	0	19	95
城端町	22	0	0	22	100
福光町	42	0	1	41	97.6
小矢部市	52	5	0	47	90.4
合計	666	27	2	637	—
分離比率 (%)		4.1	0.3	95.6	

た 1995 年に 8 薬剤を供試して圃場で防除試験を行った結果 (表-2)、チオファネートメチルは水和剤、粉剤ともに防除価は 0 であり、効果は全く認められず、むしろ無処理を上回る発生粒率となった。

高い防除効果を認めたものは、水和剤ではジエトフェンカルブ・チオファネートメチル、ピリフェノックスおよびイミノクタジナルベシル酸塩の 3 剤であった。また、粉剤では銅剤が 80 以上の防除価は示した。

なお、前年の 1994 年に農試圃場でチオファネートメチル粉剤と銅粉剤の 2 薬剤の防除効果を比較した結果、少発生条件下ながら、いずれの薬剤でも散布区では無散布区に比べ発病が少なく、チオファネートメチル粉剤と銅粉剤は同程度の防除価であった。この圃場では MIC 値 3,200  $\mu\text{g/ml}$  以上の耐性菌比率が 80% で、残りが感性菌であったことから、上記結果は比較的少発生条件下において、この程度の感性菌の存在ではある程度の防除価が得られることを示すものである。

上記の 1995 年の試験圃場において薬剤無散布区で得られた紫斑粒より分離した 28 菌株について耐性菌検定を行った。検定は 6.25, 100 および 1,600  $\mu\text{g/ml}$  の 3 濃度で行ったが、結果はすべて 1,600  $\mu\text{g/ml}$  を超える耐性菌であった。したがって、チオファネートメチル剤の効力の減退は高度耐性菌の存在によるものと考えられた。

特に、本剤耐性菌に対して負相関の交差耐性を示すとされているジエトフェンカルブ・チオファネートメチル水和剤が本試験でも卓効を示したことは、防除効果の減退が耐性菌によるものであることを明確に示すものと考えられた。

上述した 1994 年と 1995 年の試験結果から、本剤は耐

表-2 ダイズ紫斑病に対する各種殺菌剤の防除効果 (1995, 3 区平均)

供 試 薬 剤	使用量 (/10 a)	収量 (g/30 株)	百粒重 (g)	調査粒数	紫斑粒率 (%)	防除価
ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル (水)	1,000 倍, 150 l	549.9	26.3	2,088	0.39	89.1
ピリフェノックス (水)	1,000 倍, 150 l	511.2	25.4	2,005	0.49	86.4
イミノクタジナルベシル酸塩 (水)	1,000 倍, 150 l	617.4	26.3	2,348	0.50	86.1
イプロジオン (水)	1,000 倍, 150 l	506.9	25.7	1,968	2.13	40.7
チオファネートメチル (水)	1,000 倍, 150 l	510.5	26.1	1,953	5.37	0
銅 (粉)	4 kg	535.7	25.0	2,139	0.65	81.9
フェリムゾン・フサライド (粉)	4 kg	558.9	26.8	2,085	2.30	35.9
チオファネートメチル (粉)	4 kg	582.0	26.6	2,176	5.61	0
無散布	—	566.0	26.4	2,140	3.59	—
F 検定		n.s.	n.s.		**	

注) 1. 農試圃場で品種 'エンレイ' を用い、伝染源として 3 条に 1 条の割合で前年度県下各地より採集した重症紫斑粒種子を播種栽培した。2. 5 月 31 日に播種し、収穫は 10 月 4 日に行った (開花期 7 月 21 日)。3. 薬剤散布は 8 月 24 日と 9 月 1 日の 2 回行った。

性菌比率が一定以上の高いレベルになると防除効果が急激に低下するものと考えられる。

### 3 チオファネートメチル剤の使用中止

本病は罹病種子が主要な第一次伝染源とされているが、本県ではチオファネートメチル等のベンゾイミダゾール剤が採用されて以来、長期間にわたって、しかも種子消毒から生育期散布に至るまで繰り返して使用されてきたことが耐性菌の比率を徐々に高めてきたものと推察された。

以上のことから、富山県では1996（平成8）年産ダイズから、防除効果が期待できないベンゾイミダゾール系薬剤のチオファネートメチルとベノミル剤の使用中止を決めた。また、その当時、紫斑病に対する登録剤は銅剤しかなく、代替薬剤に銅剤を使用するように、さらに種子消毒剤もこれまでのベンゾイミダゾール系の使用を取りやめ、チウラム剤を使用するように、本県の防除指針が変更された。

## II チオファネートメチル剤中止後の耐性菌の動向

### 1 年次推移

チオファネートメチル剤中止後の耐性菌の調査結果を図-1に示した。品種はほとんどが‘エンレイ’で、近年、一部‘オオツル’である。

県下の生産地で発生した紫斑粒から分離した菌は、銅剤に切り替えた1996年から減少し始め、3年後の1998年の調査では約15%にまで低下した。ところが、翌年の1999年には50%近くにまで増加し、2000年の調査でもほぼ横ばいであった。これは、1998年秋に、台風の襲来で県下全体で腐敗粒が多発して著しく低収となり、次年度作付け用の種子が不足したことから、腐敗の被害の少なかった県東部産のダイズ種子を転用したことが大きな要因と考えられる。すなわち、県東部では防除機の関係もあり、銅剤に切り替えず、チオファネートメチル剤がそのまま使われていたことによる。

また、図-1中には農業試験場の原種ダイズ（品種‘エンレイ’）における1997年からの推移を示したが、農業試験場の原種生産では1996年に銅剤に切り替え後全く使用されていないが、耐性菌比率は10～20%台で推移し、中止後8年後の2003年では19.1%であった。また、富山県下における種子生産地での2001年と2002年の両年における高度耐性菌比率を調査した結果、2001年には30～70%（平均56%）、2002年には20～80%（平均40%）と種子生産地域により大きく異なった。このことは防除薬剤の使用層が大きく影響しているものと考

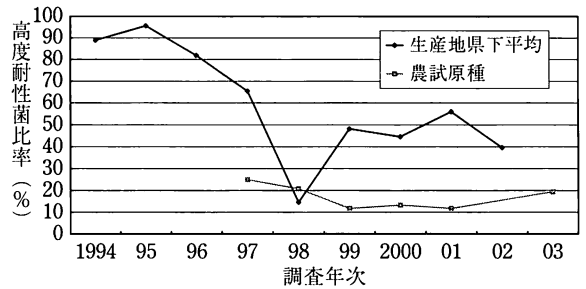


図-1 富山県におけるダイズ紫斑病菌の耐性菌比率の推移

えられた。N地区では近年までチオファネートメチル剤が使われていた。

### 2 薬剤散布圃場におけるチオファネートメチル耐性菌の動向

耐性菌比率がある程度低下した中で、実験的に再度チオファネートメチル剤を散布した場合に、耐性菌比率がどう変化するかについて、3か年検討した結果、1999年、2000年、2002年の3回ともチオファネートメチル剤を散布した区では、すべて100%近くに耐性菌率は上昇した。しかし、チオファネートメチル剤以外の散布剤や無処理区ではそれほど高くならなかった。このことから、耐性菌比率が10～20%程度に低下してきても、チオファネートメチル剤を再使用した場合は、耐性菌比率はすぐに上昇してしまうことが明らかとなった。

## III 防 除 対 策

### 1 有効薬剤の検索

表-3にチオファネートメチル剤耐性菌発生前の1979年と耐性菌発生が確認された1994年から2003年までの10年間に本県で行ってきた各種薬剤の本病に対する試験結果について防除価で示した。

耐性菌発生時の登録剤は銅剤だけであったが、その後ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル剤やイミノクタジナルベシル酸塩剤が登録され、さらに2002～03年にかけてはシメコナゾール剤、アゾキシストロビン剤およびイミベンコナゾール剤の防除効果が高く、登録された。特に近年の試験結果からアゾキシストロビン剤とイミベンコナゾール剤が多発生条件下でも安定して高い防除効果を示すことが明らかとなった。

本県では、現在、銅剤、イミノクタジナルベシル酸塩剤やシメコナゾール剤が主に使用されているが、今後は多発生地で上剤剤の導入が見込まれる。

### 2 薬剤の防除適期

1回散布による防除適期について、2002年にイミベン

表-3 チオファネートメチル耐性菌発生前と発生後の各種薬剤の防除効果<sup>1)</sup>

調査年次	1979	1994	1995	1996	1997(1)	1997(2)	1999	2000	2001	2002	2003
無処理の紫斑粒率 (%)	1.77	0.46	3.59	1.43	1.72	1.29	38.47	28.08	0.93	12.97	5.42
チオファネートメチル (粉)	92.1	52.2	0				0.1	11.1			
銅 (粉)	53.7	47.8	81.9	45.5		82.2	39.1	26.3	34.0	0	41.1
ジェトフェンカルブ・チオファネートメチル (水) <sup>2)</sup>			89.1	81.8	89.5	69.8					
イミノクタジンアルベシル酸塩 (粉)					80.2		40.6			0	55.7
イミベンコナゾール (粉)								77.9	75.0	79.0	89.9
シメコナゾール (粉)								29.5		0	17.5
アゾキシストロビン (水)											100

注) <sup>1)</sup> 表中の各薬剤は紫斑病に対する既登録薬剤で、いずれも2回散布を行い、数字は防除価で示した。<sup>2)</sup> ジェトフェンカルブが本剤耐性菌に対して負相関の交差耐性を示し、効果が高い。

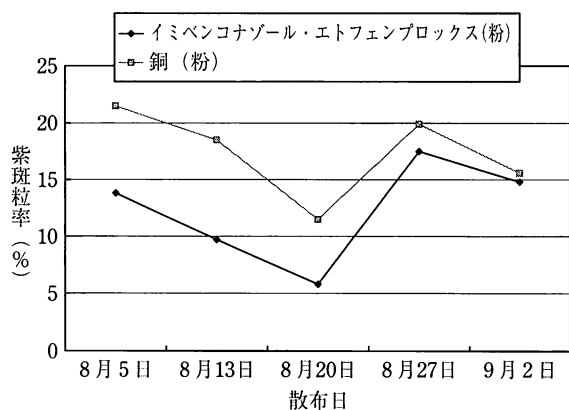


図-2 ダイズ紫斑病に対する多発生条件下における1回散布による防除適期 (2002)

コナゾール・エトフェンプロックス (粉剤) と銅 (粉剤) で行った試験結果を図-2 に示した。薬剤散布量はいずれも  $4 \text{ kg}/10 \text{ a}$  で、無散布区での発病率は 15.0% であった。最も防除効果の高かったのは 8 月 20 日 (開花 31 日後) で、次いで 8 月 13 日 (開花 24 日後) であった。8 月 5 日 (開花 15 日後) の早い時期の散布の防除効果は認められなかった。両剤とも 8 月 20 日が最も防除効果が高かった。しかし、同様に行った 2003 年の試験では最も防除効果の高かったのは 8 月 27 日 (開花 36 日後) であった。

これらの結果から、開花 3～5 週目の防除が最も有効であると考えられるが、各年次の気象条件によりいくらか幅があると考えられる。

薬剤散布適期に関する試験はこれまで数多くあり、藤

田ら (1980) はチオファネートメチル剤で開花 21～35 日後、合田ら (1981) は 2 回散布では開花 27 日後を含む時期が、西岡ら (1981) はさや伸長初期～粒肥大開始期が、また乙藤ら (1981) も子実肥大開始期で、最も効果が高いとしている。鳥取県で、長谷川 (2003) は最近上市された中では最も防除効果の高い剤であるアゾキシストロビンを用いた試験で、適期は開花期後 20～35 日後としているが、本県での散布適期試験結果と同様である。

また、本県で高い防除効果を示したイミベンコナゾール剤においても、多発生時には 1 回散布では安定した高い防除価が必ずしも得られないことから、多発生時には 2 回散布が必要と考えられる。

## おわりに

以上、富山県におけるダイズ紫斑病の耐性菌発生と今後の対策について述べてきたが、耐性菌発生後、チオファネートメチル剤を使用しないと確かに耐性率は減少してくるが、短期間では一定レベル以下には下がらないようである。また、使用を再開すると、耐性菌比率がすぐに急上昇することから、使用するの当面は難しいと考えられる。

耐性菌発生の回避策として、鈴木・藤田 (1982) は散布回数を少なくすることを述べ、SAKAI (1999) もベンゾイミダゾール系薬剤は 1 回散布にとどめるべきと提案している。生産現場では、効果の高い剤を長期にわたって使用する傾向があること、また登録剤の種類が少なかったこともこのように耐性菌の出現を招いた原因と考えられる。

生産現場においてこのチオファネートメチル剤の教訓を念頭に長期的な視野で、今後はより防除効果の高い剤の1回防除や作用機作の異なる剤とのローテーション使用、各種虫害の防除適期に合わせた殺菌・殺虫剤の混合剤等を、作業省力化も考慮して地域の実態に合わせて導入していく必要がある。

石井(1998)は、ある薬剤の洗礼を受けていない菌の集団が示す薬剤感受性ベースラインについて、耐性菌の環境適応能(fitness)の大小が耐性菌の発達や衰退に大きく影響するとし、これを調査しておくことが、耐性菌のリスクアセスメントとして重要であると述べている。今後は新規剤のベースラインデータの把握と耐性菌モニタリング調査を行っていく必要がある。

現在、ダイズ紫斑病の発生予察は難しく、今後は予察精度向上を図っていく必要があるが、生育後半の高温・多雨で発生助長されることがわかっていることから、天候が悪化して多発が懸念される事態に対応して、9月

上・中旬の散布でも防除が期待できる、一層治療的効果の高い薬剤も求められるところである。

#### 引用文献

- 1) 福西 務ら (1991): 関西病虫研報 33:55~56.
- 2) 藤田耕朗ら (1980): 関東東山病虫研報 27:36.
- 3) 藤田佳克・鈴木穂積 (1986): 北日本病虫研報 37:53~55.
- 4) 合田 薫ら (1981): 関西病虫研報 23:87.
- 5) 長谷川優・橋本久雄 (1995): 鳥取農試研報 25:25~28.
- 6) ——— (2003): 第13回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨集:7~16.
- 7) 本多範行・佐藤陽子 (1996): 北陸病虫研報 44:65~71.
- 8) 石井英夫 (1998): 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル, 日本植物防疫協会, 東京, pp.1~9.
- 9) 門間陽一ら (2003): 北日本病虫研報 54:47~50.
- 10) 向島博行ら (1997): 日植病報 63(3):224.
- 11) 西岡幹弘ら (1981): 関西病虫研報 23:92.
- 12) 乙藤まりら (1981): 九州病虫研報 27:26~29.
- 13) SAKAI, Y. (1999): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 65:510~514.
- 14) 酒井泰文 (2001): 広島農試研報 70:pp.68.
- 15) 鈴木穂積・藤田佳克 (1982): 北陸病虫研報 30:126~127.
- 16) WILCOX, J. R. and T. S. ABNEY (1973): Phytopathology 63:796~797.
- 17) 山田裕章ら (1994): 関西病虫研報 36:93~94.

#### 発行図書

## 種子伝染病の生態と防除

—健全種子生産をめざして—

大畑 貫一他編 B5判 本文281頁+索引8頁編録55頁  
定価 9,030 円税込み (本体8,600円) 送料380円

種子伝染病に関する体系的な研究やその啓蒙的な成書の必要性が強く叫ばれて来ている。本書は総論と各論から構成されており、総論では種子伝染病の重要性、生態と防除について研究の経過と現状について解説し、各論ではわが国に発生する33種作物の主要種子伝染病96種について、それぞれの専門家に解説していただいた。また、国際化がますます進む中で種子の健全性についても当然国際的な高水準が求められることになるが、本書ではこのことについても掲載した。

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

#### 発行図書

## 野菜作りのエキスパート

—やさしい病害虫の防ぎ方—

阿部善三郎・小林五郎・伊達 昇 編 B5判 本文202頁+口絵8頁+付録55頁  
定価 3,990 円税込み (本体3,800円) 送料340円

家庭などで気軽に栽培できる野菜について、上手な栽培方法から病害虫などによるトラブルの防ぎ方のポイントを、野菜作りの技術の指導と研究に従事している全国の技術および研究者がわかりやすく解説した書です。

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