

食酢を用いたイネ育苗期病害の防除

富山県高岡農林振興センター ^{せき} 関 ^{はら} 原 ^{じゅん} 順 ^こ 子
 富山県農林水産総合技術センター農業研究所 ^{もり} 守 ^{かわ} 川 ^{とし} 俊 ^{ゆき} 幸

はじめに

イネの育苗期に発生する種子伝染性病害として、ばか苗病、もみ枯細菌病、苗立枯細菌病および褐条病などが知られており、難防除病害とされてきた。これら病害に対して、効果の高い化学農薬が開発されてきたが、いずれの病害も薬剤耐性菌（守川ら，1997；守川，1999；梅沢・守川，2000；堀ら，2004；2007）の発生が問題となっている。一方では、農薬の廃液処理の問題や、消費者の農作物の安全性への関心の高まりなどから、環境に負荷がかからない新しい防除技術の開発が望まれている。

筆者らは化学農薬を使用せずにイネ育苗期における種子伝染性病害を防除する方法について土壌懸濁液（梅沢・守川，2006）、糖（梅沢ら，2003；2004）あるいは有機酸（梅沢・向島，2004）を用いた防除試験を行うとともに、特定防除資材（特定農薬）である「食酢」を用いた防除に関する研究を実施してきた（関原・向島，2008）。さらに、農薬を使用しない種子消毒技術として、各地で採用されている温湯浸漬を「食酢」と組み合わせることにより、イネの種子伝染性病害を総合的に防除できることを明らかにした。本稿では、本技術の実用化までの過程について述べてみたい。

I 「食酢」に至るまでの経緯

1 土壌懸濁液を用いたもみ枯細菌病の防除

筆者らは、細菌性病害の発生には種子予措中あるいは種後の微生物群集の構造が強く影響すると考えており、多様な微生物を含んでいる耕地土壌の懸濁液中で催芽することにより、もみ枯細菌病の発生が著しく抑制されることなどを明らかにした。ただし、土壌が乾燥するとその効果が減退し、さらに土壌の種類によっては防除効果が認められないことから、土壌懸濁液を用いた防除技術の実用化は困難であると考えた。

2 糖溶液中での催芽が細菌性病害の発生に及ぼす影響

次に、初めに生息する常在菌（雑菌）の増殖を促し、こ

れらが病原細菌に対して優勢な状況を作り出すことにより病害の発生を抑制できるのではないかと考えた。

従属栄養細菌ほか、多くの微生物が糖を炭素源として利用して増殖することから、各種の糖の溶液中での催芽が発病に及ぼす影響を調査した。その結果、数種の糖の溶液中で催芽することにより、褐条病の発生が抑制されることが明らかになった（表-1）。当初は、病原細菌が利用できない糖を加えることにより発病が抑制できるものと予想していたが、実際には病原細菌も含めた多くの微生物が利用するグルコースやガラクトースなどの防除効果が高かった。

3 防除効果の要因解析

(1) 微生物相の変化

グルコースあるいはガラクトースの防除効果がどのような仕組みで成り立っているのかを明らかにするため、まず、微生物相に及ぼす影響を調査した。褐条病菌保菌粉（芽+胚+胚乳）における褐条病菌の動態を調査したところ、無処理区に比べてグルコースあるいはガラクトース処理区では褐条病菌の密度が1/10～1/50程度に減少していた。

一方、普通寒天培地上で培養可能な全細菌数は糖処理区と無処理区でほぼ同じ密度であった。

(2) 催芽液の pH の変化

従属栄養細菌は糖を利用して酸を産生することから、グルコースおよびガラクトースを添加した催芽液の pH の変化を測定したところ、無処理区では pH が 5.5 から

表-1 糖の催芽時処理が褐条病の発生に及ぼす影響

糖の種類 ^{a)}	発病度	防除価
グルコース	5.5	89
ガラクトース	5.8	89
グリセリン	11.2	78
デキストリン	16.0	69
ソルビトール	22.1	57
イノシトール	24.8	52
マルトース	33.8	34
無処理	51.5	—

^{a)} 処理濃度は 10% (32℃, 24 時間振とう催芽)。

Control of Some Diseases of Rice Seedling Using Vinegar. By
 Junko SEKIHARA and Toshiyuki MORIKAWA

(キーワード：イネ種子伝染性病害，土壌懸濁液，糖，有機酸，温湯浸漬，食酢)

5へとあまり変化しなかったのに対し、グルコース処理区ではpH 5.5から4へと明らかに低下していた。また、催芽液を高速液体クロマトグラフィーで分析を行ったところ、グルコースおよびガラクトース処理区では、2種の有機酸が顕著に蓄積しており、このうち一つは酢酸であると推定された。

4 各種有機酸の褐条病に対する防除効果

微生物群集の代謝によるものと推定される有機酸の蓄積あるいはpHの低下が、褐条病の発病を抑制している可能性があることから、数種有機酸を用いた褐条病の防除試験を行った。用いた有機酸はpH 4程度となるように催芽時に添加した。その結果、酢酸やレブリン酸を添加した区で褐条病の発生が著しく抑制された。なお、処理24時間後における催芽液のpHは添加した有機酸の種類によって異なり、防除効果が高かった酢酸およびレブリン酸ではあまり上昇せずpH 4.6程度と低いままであった(表-2)。

5 有機酸かpHか?

防除効果が有機酸そのものの効果か、あるいはpHの低下による効果なのかを明らかにするため、Nutrient Broth培地(以下、NB培地)に酢酸およびレブリン酸をそれぞれ加え、NaOHでpHを調整して培地中の菌の増殖を調査したところ、褐条病菌、もみ枯細菌病菌、苗立枯細菌病菌のいずれもが、調査したpH 4~6すべての範囲で増殖が抑えられた。一方で、有機酸を加えず塩酸やNaOHでpHを調整した培地では、pH 4でいずれの菌も増殖は抑制されたが、pH 5~6では良好に増殖した。以上から、有機酸そのものと、pHの低下の両方が病原菌の増殖を抑制していると推察された。

表-2 各種有機酸の催芽時処理が褐条病の発生に及ぼす影響

有機酸	処理濃度	催芽液のpH		発病度	防除価
		処理前	処理後 ^{a)}		
レブリン酸	4.2 mM	3.8	4.7	1.0	99
酢酸	3.9 mM	3.8	5.0	0.7	99
コハク酸	1.7 mM	3.8	5.5	59.5	19
乳酸	0.9 mM	3.8	5.4	43.0	41
リン酸	0.7 mM	3.4	5.4	56.3	23
ピルビン酸	0.7 mM	3.5	5.5	66.0	10
種子消毒剤 ^{b)}		5.5	5.8	1.4	98
無処理		5.4	5.4	73.4	—

^{a)} 32℃, 24時間振とう催芽, ^{b)} イブコナゾール・銅水和剤(200倍)の浸種前24時間浸漬。

II 食酢液中での催芽が細菌性病害に及ぼす影響

1 催芽時食酢処理の防除効果

前章までに述べたように、土壌懸濁液から始まった防除研究が展開・発展し、酢酸を用いた防除の可能性が導き出されてきた。ただし、酢酸は農薬登録されない限り農薬として使用することはできない。そこで、特定防除資材として既に使用が認められている食酢を用い、以降の試験を進めることとした。試験には穀物醸造酢(ミツカン, 酸度4.2%)を用いた。なお、食酢の酸度とは酸の含有量を表し、本食酢の酢酸含有量は約3.4%である。一口に食酢といっても、原料や酸度が異なる様々な製品があるので、注意願いたい。

試験には褐条病、もみ枯細菌病、苗立枯細菌病、ばか苗病の各保菌剤を用い、浸種後に濃度を1%ごとに1~6%まで設定した食酢液中にて、32℃で24時間振とう催芽させた。その結果を表-3に示す。食酢は濃度が高いほど高い防除効果が認められ、褐条病は食酢濃度2%以上で、苗立枯細菌病とばか苗病は3%以上で発病が認められなくなった。一方、もみ枯細菌病に対する防除効果は不安定だった。なお、催芽液中の各病原細菌は褐条病菌では4%以上、苗立枯細菌病菌は6%以上の濃度で検出されなかった。もみ枯細菌病菌は5%以上の濃度で 2×10^2 cfu/ml以下となった(表-4)。以上の試験は数回実施したが、催芽時の食酢処理はこれら細菌性病害に対して高い防除効果を発揮し、特に褐条病に対して安定して高い防除効果が認められた。

2 食酢の処理濃度が発芽率に及ぼす影響

次に、食酢濃度の違いが種々の発芽率に与える影響について試験した。催芽時食酢処理は食酢濃度を0~8%となるよう調製して32℃で24時間振とう催芽した。その結果、催芽時に添加する食酢の濃度が4.5%以上とな

表-3 催芽時の食酢添加が4種病害の発生に及ぼす影響

食酢濃度 (%)	発病度			発病苗率 (%)
	褐条病	もみ枯細菌病	苗立枯細菌病	ばか苗病
0(無添加)	22.7	26.7	90.4	97.0
1	0.7	3.1	3.8	69.6
2	0	18.3	0.9	3.7
3	0	9.8	0.1	0
4	0	19.3	0	0
5	0	12.8	0	0.4
6	0	5.3	0	0

ると発芽率は急激に低下した。また、温湯浸漬と併用した場合には、その発芽率の低下がさらに顕著であった(図-1)。

3 食酢が病原細菌の生育に及ぼす影響

催芽時食酢処理の防除効果が確認されたことから、食酢の殺菌効果(円谷ら, 1997)について調査した。

NB培地に食酢を各濃度となるよう添加して調製した

表-4 催芽時の食酢濃度と各種病原細菌の生存

食酢		細菌数 (cfu/ml) ^{a)}		
濃度 (%)	pH	褐条病菌	もみ枯細菌病菌	苗立枯細菌病菌
0	6.5	1.0×10^8	4.2×10^6	2.5×10^6
1	3.9	6.8×10^3	2.4×10^4	8.0×10^2
2	3.6	6.8×10^2	4.0×10^3	4.0×10^1
3	3.4	4.0×10^1	$2.0 \times 10^3 <$	0
4	3.3	0	$2.0 \times 10^3 <$	0
5	3.2	0	$2.0 \times 10^2 <$	2.0×10^1
6	3.2	0	$2.0 \times 10^2 <$	0

^{a)} 選択培地(守川ら, 1998; 白川ら, 2000; KAWARADANI et al., 2000)を用いて定量した。

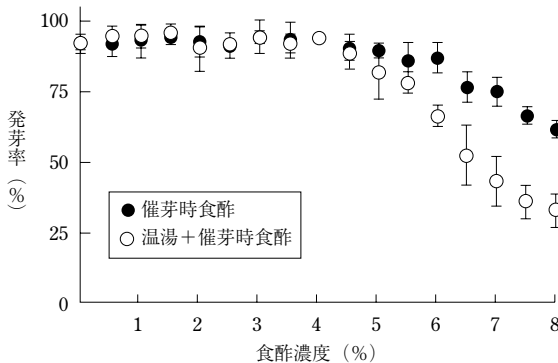


図-1 濃度の異なる食酢の催芽時処理が発芽率に及ぼす影響

供試液にもみ枯細菌病菌, 褐条病菌, 苗立枯細菌病菌を添加後, 混合して32℃で振とう培養し, 所定時間ごとにNB培地に移植した。これを培養して各細菌の生存の有無を判定した。その結果, 褐条病菌は食酢の濃度が1.9%で4時間以上, 2.5%で3時間以上, 12.5%では2時間で検出されなくなった。また, もみ枯細菌病は2.5%で6時間以上, 12.5%では3時間で検出されなくなり, 苗立枯細菌病は1.9%で6時間以上, 2.5%で5時間以上, 12.5%では2時間で検出されなくなった。

III 温湯浸漬と催芽時食酢処理の併用による育苗期病害の防除

前章までに述べたように, 催芽時の食酢処理は育苗期の細菌性病害の防除に有効であることが明らかになったが, 糸状菌による育苗期病害には効果が十分でない事例も確認された。そこで物理的防除法として普及が進んでいる温湯処理技術と催芽時の食酢処理の併用を試みた。すなわち, 浸種前に60℃, 10分間温湯浸漬したのち, 2.5%濃度に調製した食酢液中で催芽した場合の防除効果を調査した。その結果, 褐条病, もみ枯細菌病および苗立枯細菌病, ばか苗病のいずれにおいても温湯浸漬と催芽時食酢処理を併用することにより, 高い防除効果が得られ, これら病害を総合的に防除することが可能であった(表-5)。なお, 種子予措中における褐条病菌の動態を調査したところ, 温湯浸漬によりいったん菌濃度は低下するもののその殺菌効果は十分ではなく, 浸種中に徐々に増殖し, 催芽処理後には無処理区と同程度まで増殖した。一方, 催芽時に食酢処理を併用すると, 催芽液中の菌濃度が大幅に低下し(図-2), 発病が強く抑制された。このように, 温湯浸漬および催芽時食酢処理は2段階で細菌の増殖を抑制することによって, 高い防除効果を発揮しているものと推察された。

表-5 温湯浸漬と催芽時食酢処理が4種病害の発生に及ぼす影響

処理方法		発病度			ばか苗病	
浸種前	催芽時	褐条病	もみ枯細菌病菌	苗立枯細菌病菌	発病苗率 (%)	草丈 (cm)
温湯 ^{a)}	食酢 2.5%	0.6	1.3	1.3	1.3	9.5
温湯	—	35.8	35.1	57.7	0	9.3
—	食酢 2.5%	0.6	46.4	28.5	100	19.0
—	種子消毒剤 ^{b)}	7.1	20.5	20.7	0	9.4
—	無処理	46.0	58.0	66.7	100	18.9

^{a)} 60℃で10分間, ^{b)} 銅・フルジオキシニル・ペフラゾエート水和剤(200倍)の浸種前24時間浸漬。

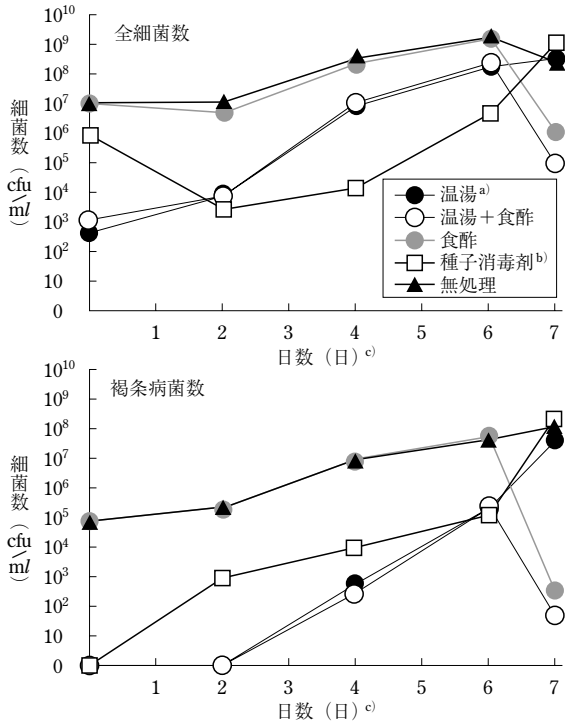


図-2 温湯浸漬および催芽時食酢処理が浸種液中の全細菌数および褐条病菌数に及ぼす影響
 a) 温湯は乾籾（褐条病菌接種籾）を60℃で10分間浸種前に処理。b) 種子消毒剤は銅・フルジオキシニル・ペフラゾエート水和剤の200倍液に浸種開始日より24時間浸漬処理。c) 0：浸種開始日，2：浸種2日目（水交換時），4：浸種4日目（水交換時），6：催芽直前，7：催芽時。

IV 技術の普及

環境に負荷がかからない新しい防除技術の開発は多くの分野で研究が進んでおり、農業者だけではなく消費者からも食の安心安全の観点から環境に優しい農業の実践が望まれている。このような世論の高まりを受け、本県でも種子消毒技術として温湯処理の導入を求める声があったが、必ずしも十分な防除効果が得られない場合があること、特に褐条病に対して効果が低いこと（山下ら、2000；白井ら、2003；堀ら、2005）等から、直ちに温湯処理を現場で普及することができない状況にあった。一方で、本県で研究を進めてきた催芽時の食酢処理は褐条病をはじめとする細菌病には卓効を示すものの、糸状菌病害に対する効果は不十分であった。そこで両技術を併用することにより、育苗期に発生する病害を総合的に防

除できることを明らかにした。

そこでこれまでの試験結果を基に、現地で実用規模の温湯処理機（500lタイプ）を使用し、本研究で行った温湯浸漬と催芽時の食酢処理の実証試験を実施した。その結果、育苗期における病害の発生は認められず、発芽率も98.5%以上を確保することができた。また、作業効率も慣行とほぼ同等であったことから、本県では2006年から本技術の現場での普及が図られた。

なお、作業の手順をまとめると以下ようになる。まず、温湯処理装置を用いて、所定の温度と時間（本県では60℃、10分間を推奨）で温湯処理を行う。処理後は直ちに冷水中で冷却し、以降、慣行どおりに浸種処理を行う。次に食酢を2.5%の濃度となるよう加え（40倍希釈）、循環式催芽器で催芽を行う。使用する食酢は酸度4.2%の穀物酢を用い、発芽障害を避けるため使用濃度は厳守する。催芽温度は30～32℃、催芽時間は16～24時間とする。処理後の種籾は洗浄せずにそのまま播種する。なお、一度使用した食酢液は酢酸の濃度が低下することから、繰り返し使用しない。使用後の食酢液は重曹を加えて中和し、適切に処分する。

おわりに

2009年の本県における温湯処理による種子消毒は、面積換算で8,461ha、コシヒカリ作付けの1/4を超え、これまで化学農薬が中心であった種籾の消毒に大きな変革をもたらしている。また、生物農薬の使用も着実に増加しており、これら環境に優しい防除技術の普及は今後も進むものと予想される。ただし、これらの技術単独では十分な防除効果が得られないことがあり、ばか苗病の顕在化（畑中、2009）など、普及が進むにつれてその問題点も明らかになりつつある。特に、褐条病に対しては温湯処理、現存の生物農薬ともに防除効果は高くない。そこで、本稿で紹介したように、食酢を上手に組み込むことにより、各種病害を安定的に防除できると期待される。

本県以外では、北海道において化学農薬で消毒した籾を循環式催芽器で催芽する場合に食酢を加用（白井ら、2008）することが推奨されている。また、本県では食酢と生物農薬との併用、食酢の催芽前の処理についても試験を実施しており、それぞれ良好な結果を得ている。このように、今後とも食酢の適用範囲はさらに広がるものと推察される。

引用文献

- 1) 円谷悦造ら (1997): 感染症学雑誌 71: 443～449.
- 2) 畑中教子 (2009): 植物防疫 63: 131～134.
- 3) 堀 武志ら (2004): 北陸病虫研報 53: 5～11.

- 4) ———ら (2005): 同上 54:7~12.
 5) ———ら (2007): 日植病報 73:278.
 6) KAWARADANI, M. et al. (2000): J. Gen. Plant Pathol. 66:234~237.
 7) 守川俊幸ら (1997): 日植病報 63:516.
 8) ———ら (1998): 北陸病虫研報 46:96.
 9) ——— (1999): 第9回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨集:27~34.
 10) 関原順子・向島博行 (2008): 北陸病虫研報 57:1~9.
 11) 白井佳代ら (2003): 北海道立農業試験場集報 85:29~32.
 12) ———ら (2008): 北農 75(2):108~111.
 13) 白川 隆ら (2000): 日植病報 66:132.
 14) 梅沢順子・守川俊幸 (2000): 北陸病虫研報 48:15~18.
 15) ——— (2006): 同上 55:7~12.
 16) ———ら (2003): 日植病報 69:303~304.
 17) ———ら (2004): 同上 70:67.
 18) ———・向島博行 (2004): 北陸病虫研報 53:51.
 19) 山下 亨ら (2000): 関東東山病虫研報 47:17~21.

(新しく登録された農薬5ページからの続き)

えだまめ: ハスモンヨトウ: 収穫3日前まで
 22469: サムコルフロアブル 10 (デュボン) 09/09/28
 22470: ホクコーサムコルフロアブル 10 (北興化学工業) 09/09/28
 22471: 丸和サムコルフロアブル 10 (丸和バイオケミカル) 09/09/28
 22472: 兼商サムコルフロアブル 10 (アグロカネショウ) 09/09/28
 22473: MIC サムコルフロアブル 10 (三井化学アグロ) 09/09/28
 クロラントラニプロール: 10.0%
 茶: チャノコカクモンハマキ, チャノホソガ: 摘採3日前まで
 りんご: シンクイムシ類, ハマキムシ類, キンモンホソガ, ギンモンハモグリガ: 収穫3日前まで
 おとう: アメリカシロヒトリ: 収穫3日前まで
 すもも: シンクイムシ類: 収穫3日前まで
 なし: シンクイムシ類: 収穫3日前まで
 もも: シンクイムシ類, モモハモグリガ: 収穫3日前まで
 ネクタリン: シンクイムシ類, モモハモグリガ: 収穫3日前まで
 ●クロラントラニプロール粒剤
 22474: フェルテラ粒剤 1 (デュボン) 09/09/28
 22475: ホクコーフェルテラ粒剤 1 (北興化学工業) 09/09/28
 クロラントラニプロール: 1.0%
 稲 (箱育苗): コブノメイガ: 移植当日

〔殺虫殺菌剤〕

●カルタップ・ブプロフェジン・フルトラニル粒剤
 22444: アブロードバダンモンカット粒剤 (日本農業) 09/09/02
 カルタップ: 4.0%, ブプロフェジン: 2.0%, フルトラニル: 7.0%
 稲: 紋枯病, ニカメイチュウ, コブノメイガ, ウンカ類幼虫: 出穂30~10日前 但し, 収穫45日前まで
 ●シラフルオフェン・フサライド粉剤
 22446: MIC ラブサイドジョーカー粉剤 DL (三井化学アグロ) 09/09/02
 シラフルオフェン: 0.50%, フサライド: 2.5%
 稲: いもち病, ツマグロヨコバイ, ウンカ類, イナゴ類, カメムシ類, コブノメイガ: 収穫7日前まで
 ●ヨウ化メチルくん蒸剤
 22462: ヨーカヒューム (アリストライフサイエンス) 09/09/28
 ヨウ化メチル: 99.0%
 メロン: えそ斑点病, 黒点根腐病, ネコブセンチュウ: 定植

の10日前まで

トマト: 青枯病, 萎凋病, ネコブセンチュウ: 定植の10日前まで

〔殺菌剤〕

●イミノクタジン酢酸塩・フサライド粉剤
 22445: MIC ラブサイドベフラン粉剤 DL (三井化学アグロ) 09/09/02
 イミノクタジン酢酸塩: 1.5%, フサライド: 2.0%
 稲: いもち病, 穂枯れ (ごま葉枯病菌), 穂枯れ (すじ葉枯病菌), 稲こうじ病, 変色米 (カーブラリア菌) 変色米 (アルタナリア菌), 変色米 (エピコッカム菌): 穂ばらみ期~穂揃期 但し, 収穫14日前まで

〔除草剤〕

●ダイムロン・ピラクロニル・プロモブチド・ベンスルフロメチル粒剤
 22440: 日農イッポン D ジャンボ (日本農業) 09/09/02
 22441: イッポン D ジャンボ (デュボン) 09/09/02
 ダイムロン: 8.0%, ピラクロニル: 4.0%, プロモブチド: 12.0%, ベンスルフロメチル: 1.0%
 移植水稻: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ミズガヤツリ, ウリカワ, ヒルムシロ, セリ
 22452: 日農イッポン D 1 キロ粒剤 51 (日本農業) 09/09/15
 22453: イッポン D 1 キロ粒剤 51 (デュボン) 09/09/15
 ダイムロン: 4.0%, ピラクロニル: 2.0%, プロモブチド: 6.0%, ベンスルフロメチル: 0.51%
 移植水稻: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ヘラオモダカ (九州), ミズガヤツリ, ウリカワ, ヒルムシロ, セリ, アオミドロ・藻類による表層はく離
 ●ダイムロン・ピラクロニル・プロモブチド・ベンスルフロメチル水和剤
 22454: 日農イッポン D フロアブル (日本農業) 09/09/15
 22455: イッポン D フロアブル (デュボン) 09/09/15
 ダイムロン: 8.0%, ピラクロニル: 4.0%, プロモブチド: 12.0%, ベンスルフロメチル: 1.0%
 移植水稻: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ミズガヤツリ, ウリカワ, ヒルムシロ, セリ, アオミドロ・藻類による表層はく離
 ●オキサジクロメホン・ピラゾスルフロリエチル・ペノキススラム・ベンゾピシクロン粒剤
 22442: シリウスダッシュ 1 キロ粒剤 (日産化学工業) 09/09/02
 オキサジクロメホン: 0.80%, ピラゾスルフロリエチル: 0.21%, ペノキススラム: 0.30%, ベンゾピシクロン: 2.0%

(41 ページに続く)