

ジャガイモ疫病の防除剤が示すそうか病の発病軽減効果

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 ^{なか} 仲 ^{がわ} 川 ^{あき} 晃 ^お 生

はじめに

ジャガイモ疫病は我が国各地で発生するが、急激にまん延して甚大な被害を生じるため、発生時期には集中的な防除薬剤の散布が必要な重要病害である。通常はマンゼブ水和剤やマンゼブ・メタラキシル水和剤等を中心とした数種の薬剤を組合せた輪番散布を行う。今回筆者らは、ジャガイモ疫病に対する亜リン酸液肥を用いた防除試験を行う中で、本液肥を連続散布した場合、地上部での疫病の発生のみならず収穫塊茎のそうか病の発生が少なくなる傾向を認めた。同様なことはマンゼブ水和剤やマンゼブ・メタラキシル水和剤等の疫病防除薬剤を連続散布した区においても観察されたことから、ジャガイモそうか病の発生に及ぼすこれらの液肥や薬剤の効果について検討を行ったので、以下にその結果を記述していく。

I 亜リン酸液肥のジャガイモそうか病防除効果

亜リン酸（ホスホン酸）は、主に卵菌類による病害に対して高い防除効果を示すことが知られ（FORESTER et al., 1998；草刈ら，2000；JEE et al., 2002），*Phytophthora infestans* 菌により引き起こされるジャガイモ疫病（仲川ら，2010）やトマト疫病（仲川ら，2011）に対しても高い防除効果を示すことが明らかにされている。本液肥の散布とジャガイモそうか病発生の関係を明らかにするため、中央農業総合研究センター内のそうか病汚染圃場（黒ボク土）を使い、ジャガイモ春作露地栽培条件下（3月下旬植付，7月中旬掘取）において試験した。供試種いもは、オキシテトラサイクリン・ストレプトマイシン水和剤（40 倍）で消毒を行った。なお、本論各試験において供試する種いもはいずれも本剤による種いも消毒を行っているが、紙面の都合上以降の記述は省略する。施肥や試験区の配置等については、仲川ら（2010）の文献を参照されたい。亜リン酸液肥は、大塚化学（株）製「ホスプラス」と日本医薬品開発研究所製「アリンサンデス 2 号」（以下サンデスと略記）を使い、展着剤を加用せずに水道水で 250 倍，500 倍および 1,000 倍の 3

濃度に調整し、肩掛け式電動小型噴霧器を使い、疫病初発前の 6 月上旬から 1 週間ごとに 200 l/10 a の割合で茎葉に 4 回散布した。塊茎は最終散布 2 週間後の 7 月上旬に収穫して病塊茎率を調べ、下式による発病度から防除価を算出した。

発病指数，0：病斑なし

1：病斑面積が塊茎表面積の 1% 未満

2：病斑面積が塊茎表面積の 1～10% 未満

3：病斑面積が塊茎表面積の 10～25% 未満

4：病斑面積が塊茎表面積の 25～50% 未満

5：病斑面積が塊茎表面積の 50% 以上

発病度 = $100 \times (\sum \text{発病指数} \times \text{程度別発病塊茎数}) / 5 \times \text{調査塊茎数}$

防除価 = $100 \times (\text{無処理区の発病度} - \text{処理区の発病度}) / \text{無処理の発病度}$

亜リン酸液肥がジャガイモそうか病の発生に及ぼす効果は、図-1 および 2 の通りである。無処理区のそうか病の発生が発病塊茎率で 74.2%，また発病度で 29.8 に

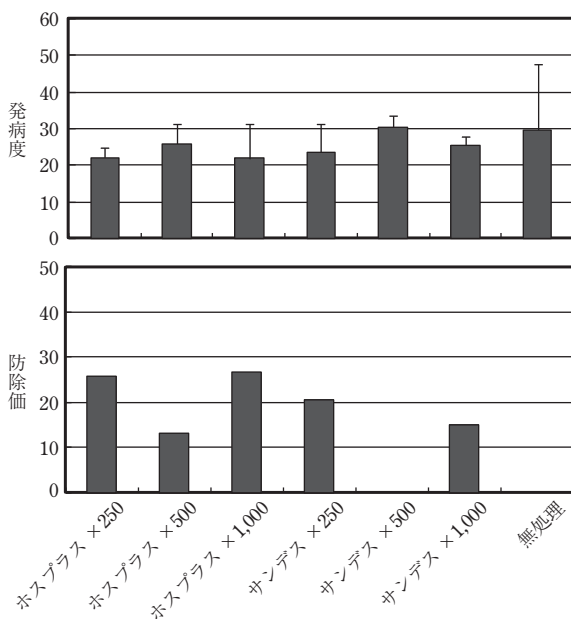


図-1 亜リン酸液肥散布区のジャガイモそうか病発病度

注) サンデス：アリンサンデス 2 号。縦線は標準偏差。薬剤名後の数字（250，500，1000）は、それぞれ希釈倍数を示す。

Effect of Application of Control Chemicals for Potato Late Blight on the Sverety of Potato Scab. By AKIO NAKAGAWA

(キーワード：ジャガイモ疫病，ジャガイモそうか病，防除)

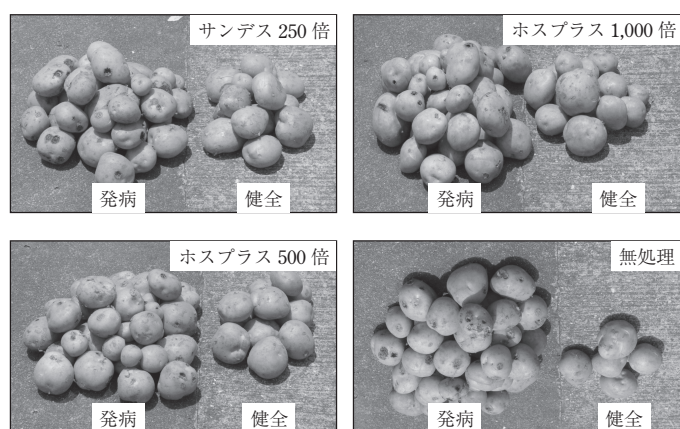


図-2 亜リン酸液肥散布区のジャガイモそうか病の発病様相
注) サンデス：アリンサンデス 2 号。

表-1 ジャガイモ疫病防除剤散布による塊茎のそうか病防除効果^{a)}

薬剤名	希釈 倍数	発病塊茎率				発病度				防除価			
		09 年 春作	09 年 秋作	10 年 春作	11 年 春作 ^{b)}	09 年 春作	09 年 秋作	10 年 春作	11 年 春作	09 年 春作	09 年 秋作	10 年 春作	11 年 春作
マンゼブ水和剤	600	54.2	62.1	77.5	72.6	18.8	14.7	12.3	24.4	36.9	32.9	— ^{c)}	23.5
ポリカーバメート水和剤	500	nt ^{d)}	66.9	75.6	67.6	nt	16.4	4.4	22.4	nt	25.1	6.3	29.8
マンゼブ・メタラキシル水和剤	750	49.5	75.1	80.0	59.7	15.9	2.8	13.7	20.9	46.6	—	—	34.5
無処理		74.2	69.4	76.3	84.3	29.8	21.8	10.3	31.9	—	—	—	—

注. ^{a)} 品種は、09 年春作・11 年春作は「ニシユタカ」（長崎産購入種子）、09 年秋作は「デジマ」（長崎産購入種子）、10 年春作は「トヨシロ」（北海道産購入種子）を用いた。

^{b)} 11 年春作は発病塊茎率、発病度とも 2 反復の数値。^{c)} 効果なし。^{d)} 試験せず。

達する多発生の条件下の中での試験において、供試した両液肥の 250 倍および 500 倍区は、サンデス 500 倍区を除き無処理区と比べてそうか病の発生が低下する傾向が認められた。しかし、その効果は防除価で 12.0～27.0 と低く、統計的には有意な差とはならなかった。

II ジャガイモ疫病防除剤のそうか病防除効果

亜リン酸液肥の試験を行う中で、ジャガイモ疫病防除によく使われるマンゼブ水和剤（商品名「ジマンダイセン水和剤」など）、マンゼブ・メタラキシル水和剤（商品名「リドミル MZ 水和剤」）およびポリカーバメート水和剤（商品名「ビスダイセン水和剤」）散布区においてもジャガイモそうか病の発生が軽減する傾向が見られたことから、2009 年～11 年にかけて前述の中央農研内の圃場を使い、春作（3 月下旬植付、7 月中旬掘取）または秋作（9 月上旬植付、12 月上旬掘取）露地栽培条件下でこれらの薬剤のそうか病防除効について試験した。供試したジャガイモの品種は、表-1 脚注に記した通り

である。また、施肥や試験区の配置等については、仲川（2012）に記した通りである。ジャガイモ疫病防除薬剤の散布濃度は常用散布濃度とした（マンゼブ水和剤：600 倍、マンゼブ・メタラキシル水和剤：750 倍、ポリカーバメート水和剤：500 倍）。これら薬剤は 200 l/10 a の割合で、疫病初発前（春作：6 月初旬、秋作：10 月初旬）から毎週 1 回の割合で合計 4 回茎葉に散布し、最終散布 2 週経過後にジャガイモを掘取り、前述の基準に従ってそうか病の調査を行った。2009 年～11 年までの 4 作におよぶ疫病防除剤散布区のジャガイモそうか病発生程度を表-1 に示した。そうか病の発生（無処理区）は、試験回次全体を通じて中～多発生となった。これら 3 種の疫病防除剤のジャガイモそうか病に対する防除効果は、2010 年春作を除くと、マンゼブ水和剤は 23.5～36.9、ポリカーバメート水和剤は 25.1～29.8、また、マンゼブ・メタラキシル水和剤は 0～46.6 の防除価を示した。2010 年春作では、これらの薬剤について防除価が 0～6.3 と低い価となった。この原因は不明であるが、

他の3作と比べて該当年はジャガイモ疫病の発生が遅く、例年より2週間程遅れて6月下旬～7月上旬になりまん延した点が異なった(図-3)。また、2009年秋作のマンゼブ・メトラキシル水和剤が低い値を示した原因も不明であるが、本作は秋作であり疫病の発生が遅くかつまん延は比較的緩やかであった。以上の結果から、マンゼブ水和剤などの薬剤でも防除価は20～30前後となるものの、そうか病に対する防除効果があるものと考えられた。

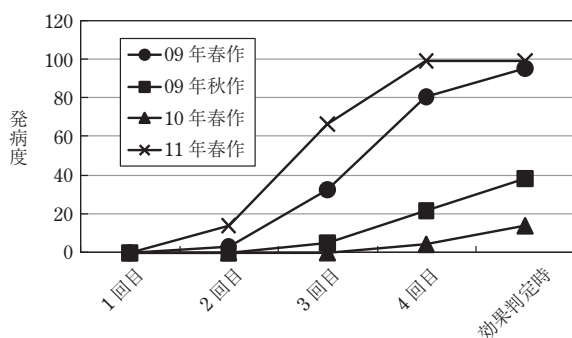


図-3 試験回次ごとのジャガイモ疫病発病推移

注) 1～4回目は各試験における疫病防除薬剤の散布回数を示す。

薬剤は疫病初発前から1週間ごとに4回散布した。

III ジャガイモ疫病防除剤の散布濃度および散布回数とそうか病抑制効果

ジャガイモ地上部への疫病防除剤の散布濃度および散布回数と塊茎のそうか病抑制効果について明らかにするため、ポット試験を行った。ポットにはPET製不織布ポット(上径×下径×高さ=30×30×28cm)を用い、中央農研内ジャガイモそうか病自然汚染圃場から得た土壌(黒ボク土)充填した。施肥・栽培条件等は仲川(2012)を参照のこと。ポット当たりジャガイモ(品種‘トヨシロ’)を1株植えつけ、1処理当たり3ポットを用いた。

薬剤の散布濃度と抑制効果試験では、薬剤にマンゼブ水和剤、マンゼブ・メトラキシル水和剤、ポリカーバメート水和剤を用い、散布濃度は250, 500, 1,000倍の3濃度とした。散布量は、ポットの植物体が均一に濡れる十分量とし、薬剤を6月の上旬から毎週1回、合計4回にわたり散布した。具体的な散布日は図-4の脚注に示した通りである。薬剤最終散布2週間後に全株掘取り、そうか病発生程度を前述基準に準じて調べた。一方、薬剤の散布回数とそうか病の抑制効果試験については、マンゼブ水和剤(250倍)およびマンゼブ・メトラキシル水和剤(500倍)を使い、それぞれ1～4回散布し、その後のそうか病防除効果を調べた。薬剤の具体的な散布日は図-5の脚注の通りである。薬剤の4回目散布2週間後に全株掘取り、そうか病発生程度は前述基準に準じ

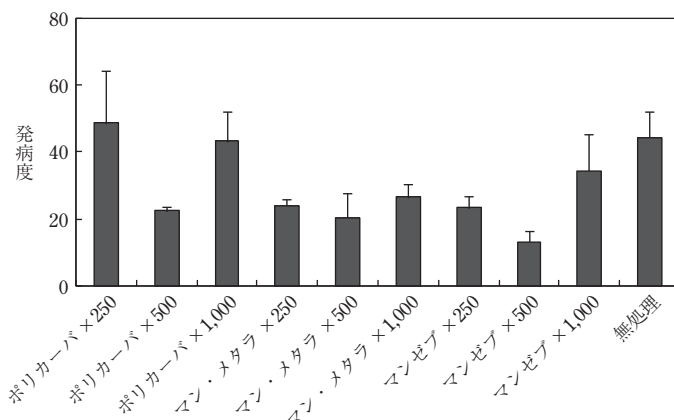


図-4 ジャガイモ茎葉への疫病防除剤の散布濃度の違いが塊茎のそうか病発生程度に及ぼす影響

注) 薬剤名は、ポリカーバ：ポリカーバメート水和剤、

マン・メトラ：マンゼブ・メトラキシル水和剤、

マンゼブ：マンゼブ水和剤を表す。

薬剤名後の数字(250, 500, 1,000)は、それぞれ希釈倍率を示す。これら薬剤は、6月7日、14日、21日および28日の合計4回散布した。

数値は3ポットの平均値、カラムの縦線は標準誤差を示す。

て調べた。

この結果、疫病防除薬剤の散布濃度とそうか病の抑制効果との関連では、供試した3薬剤とも散布濃度に有効域があり、500倍の効果が最も高く、それよりも濃度が高い場合の250倍や低い場合の1,000倍の時は効果が低下する傾向が認められた(図-4)。また、散布回数とそうか病の抑制効果を見た場合、マンゼブ水和剤では、散布回数が1回だけの場合は、そうか病に対する防除効果は認められず無処理区と発病程度に差は認められなかったが、散布回数が2回になるとそうか病の発病程度は無処理区の半分程度まで低下した(図-5)。しかし、散布回数3回以上に増えると発病は逆に高まった。このことは、マンゼブ・メタラキシル水和剤でも同じ傾向を示し、2回散布のときに効果が高く、散布回数が1回と少ない場合や3回以上の場合には効果が低かった。疫病防除では耐性菌の発生を防ぐ目的で、同一系統の薬剤の連続散布は避け、数種薬剤を輪番散布している。マンゼブ水和剤は輪番散布のメニューに必ず入る剤であることから、期間全体の疫病防除剤の散布回数が4～5回であれば、そのうちの2回にそうか病の抑制を目的としてマンゼブ水和剤を組み入れることは可能と考える。

IV 市販ジャガイモ疫病防除剤のそうか病防除効果

亜リン酸液肥やマンゼブ水和剤等にジャガイモそうか病の発病軽減効果が認められたことから、慣行的に用いられている他のジャガイモ疫病防除薬剤のうち、これら

の剤と同様なそうか病発病軽減効果があるかについてポット栽培条件下で調べた。試験に用いた薬剤と供試濃度は以下の通りである。マンゼブ水和剤(250倍)のほか、シモキサニル・TPN水和剤(1,000倍)、TPN水和剤(500倍)、フルアジナム水和剤(250倍)、シモキサニル・ファモキサドン水和剤(1,000倍)、銅水和剤(「コサイドボルドー」, 250倍)、ジメトモルフ・銅水和剤(500倍)、シアゾファミド水和剤(1,000倍)、シモキサニル・マンゼブ水和剤(500倍)を用いた。薬剤は、6月上旬から毎週1回合計4回、十分量を散布し、最終散布2週間後に前述基準に従いそうか病の発病を調査した。この結果をまとめたのが図-6である。マンゼブ水和剤は先の試験からは500倍が効果最適濃度とされたが、本試験では250倍で十分な発病軽減効果が認められた。供試した剤のうち、シモキサニル・TPN水和剤(1,000倍)、シモキサニル・マンゼブ水和剤(500倍)等で、ジャガイモそうか病の発病が低下する傾向が認められた。シモキサニル・マンゼブ水和剤はマンゼブとの混合剤であることからマンゼブ・メタラキシル水和剤と同様に、ジャガイモそうか病に対する発病軽減効果はマンゼブの影響によるものとも思われる。しかし、両水和剤とも有効成分にシモキサニルを含んでいることから、本成分とそうか病防除との関連の解明も必要である。今回の試験では、処理濃度は慣行防除濃度としたが、フルアジナム水和剤、銅水和剤、シモキサニル・マンゼブ水和剤では、これよりは高い濃度となっている。散布濃度に最適濃度がある

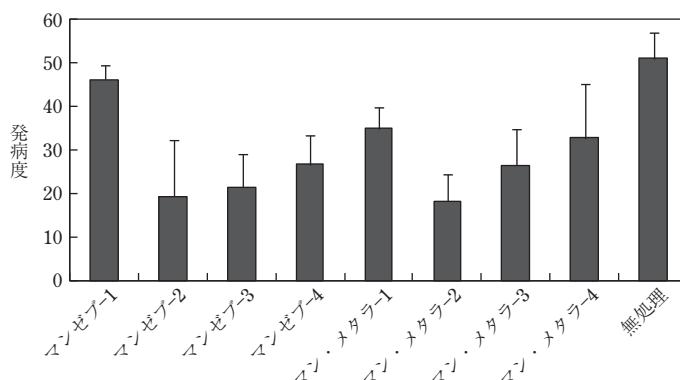


図-5 ジャガイモ塊茎への疫病防除剤の散布回数の違いが塊茎のそうか病の発生程度に及ぼす影響

注) 薬剤名の標記は図-4の脚注参照。

薬剤名後の数字(1～4)はそれぞれ散布回数を示す。すなわち、1回散布区では2010年6月7日のみ、2回散布区では6月7日、14日の2回、3回散布区では、6月7日、14日、21日の3回、4回散布区では6月7日、14日、21日、28日の4回にわたり薬剤を散布した。

数値は3ポットの平均値、カラムの縦線は標準誤差を示す。

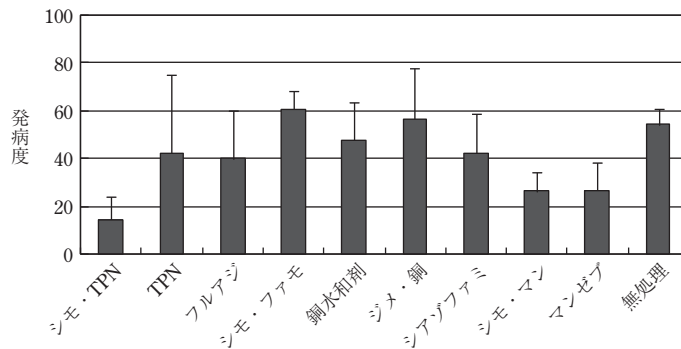


図-6 各種ジャガイモ疫病防除剤のそうか病防除効果

注) 薬剤名は、シモ・TPN：シモキサニル・TPN 水和剤 (1,000 倍),
 TPN：TPN 水和剤 (500 倍),
 フルアジ：フルアジナム水和剤 (250 倍),
 シモ・ファモ：シモキサニル・ファモキサドン水和剤 (1,000 倍),
 銅水和剤：コサイドボルドー水和剤 (250 倍),
 ジメ・銅：ジメトモルフ・銅水和剤 (500 倍),
 シアゾファミ：シアゾファミド水和剤 (1,000 倍),
 シモ・マン：シモキサニル・マンゼブ水和剤 (500 倍),
 マンゼブ：ジマンダイセン水和剤 (250 倍)。

これら薬剤は、6 月 7 日、14 日、21 日および 28 日の合計 4 回散布した。
 数値は 3 ポットの平均値、カラムの縦線は標準誤差を示す。

とすれば、再度濃度を変えた試験が必要である。

お わ り に

土壌病害の防除には通常、土壌消毒のほか、種子や苗の植え付け時の薬剤の土壌混和や作物の生育期の土壌灌注や株元散布等が行われてきた。これらは地上部茎葉への散布に比して作業性が悪く労働が過重であることから、薬剤の地上部への散布による土壌病害の防除は長年の夢であった。薬剤の性質上、地上部に散布することで地下部の病害を防除するためには、植物体を通じて薬剤が地下部に届くか植物が病害に対して罹らない(抵抗性)状態になっていることが必要である。植物に病害抵抗性を誘導する化学農薬としてプロパナゾール水和剤(「オリゼメート水和剤」)は、古くから水稻の白葉枯病防除に用いられ、最近ではチアニジル水和剤、イソチアニル水和剤等も用いられてきているが、これらは基本的に地上部病害防除に対して用いられている。近年になりイネ紋枯病防除に使われるバリダマイシン液剤についても抵抗性の誘導効果が知られ、各種細菌病に対する効果判定の中で、軟腐病や青枯病等の土壌伝染性細菌病に対する防除試験もなされている。

亜リン酸も、作物に抵抗性誘導を引き起こし、病害抵抗性を向上させる(GUEST, 1995)とされ、亜リン酸処理したササゲの葉にはファイトアレキシン等が蓄積するこ

とが報じられており(SAINDENAN, 1988)。同様に、マンゼブ水和剤についてもトマト・キュウリに全身抵抗性を誘導することが中澤(1997)により報じられている。今回の亜リン酸やマンゼブ水和剤等の散布によるそうか病の発病軽減効果が抵抗性誘導であるとは直に断じ得ないにしても、地上部への薬剤の散布による土壌病害の防除という課題は徐々にではあるが実現しつつある。

今回用いた剤のうちマンゼブ・メタラキシル水和剤はマンゼブ剤との混合剤であり、また、ポリカーバメート水和剤は、マンゼブ水和剤と同じ、エチレンビスジチオカーバメート系の殺菌剤に分類され、エチレン骨格を有することから、病害の抵抗性にかかわるとされるエチレンの関与が示唆される。しかし、圃場条件下での効果は防除価で 20～30 程度と低く、2010 年春作のように効果が認められない場合もあるなど、年次により変動し安定していない。効果が認められなかった 2010 年春作および 2009 年秋作でのマンゼブ・メタラキシル水和剤では、疫病の発生が遅くまん延も比較的緩やかであった点が効果の違った場合と異なる。疫病防除薬剤の処理時期とそうか病の発生軽減効果を調べた試験では、疫病発生初期に散布したほうが効果が高い(仲川, 2012)ことから、有効散布時期の存在が示唆される。ジャガイモでの試験系が未確立のためトマトを用いた場合、マンゼブ水和剤、マンゼブ・メタラキシル水和剤およびポリカーバメート

水和剤を散布しただけでは病害抵抗性にかかわるとされるサリチル酸、ジャスモン酸およびエチレン系の活性化は認められなかった(仲川未発表)。このため、今後は疫病菌またはそうか病菌とのプライミング効果の存在の有無を絡めて機作解明が必要である。これにより、疫病的発病が遅いまたは少ない場合のそうか病防除効果の強弱が判断できる可能性がある。

本論では紹介しなかったが、亜リン酸液肥では粉末化した資材を植え付け時に処理することで、地上部の疫病的発生と地下部そうか病の発生を同時に軽減することが可能であった(仲川ら, 2010)。現状、作業従事者の高齢化の進む中で、疫病防除のための毎週ごとの薬剤散布は過重な作業であり、かつ散布時の作業により茎葉が折損して軟腐病等の二次的被害を招く原因ともなっている。このため疫病防除のための「植付時一発処理剤」はぜひとも開発が期待される剤の一つである。この試験では、そうか病に対する防除効果は地上部への液肥散布よ

りも防除価的には高まったが、収量の抑制も見られたことから、適正処理量などの検討が今後の課題である。

これらの一連の試験を通じ、現状そうか病の防除効果は防除価で20～30台と低いものの、体系的な防除のベースとして20～30台の防除効果が常に確保できれば、品種の抵抗性、排水対策や有機物施用等の耕種的防除技術および生物防除技術等を組合せた「併せ技」により対策を組むことが可能となり、農薬の使用を抑えた環境保全型防除技術の確立の一助となると考えられる。今後の研究展開が望まれる。

引用文献

- 1) FÖRSTER, H. et al. (1998): Plant Disease 82: 1165 ~ 1170.
- 2) GUEST, D. L. et al. (1995): Aust. Plant Pathology 19: 113 ~ 115.
- 3) JEE, H. et al. (2002): Plant Pathol. J. 18: 142 ~ 146.
- 4) 草刈眞一ら (2000): 日植病報 66: 296.
- 5) 仲川晃生ら (2010): 関東東山病虫研報 57: 1 ~ 4.
- 6) ————ら (2011): 同上 58: 31 ~ 34.
- 7) ———— (2012): 同上 59: 111 ~ 114.
- 8) 中澤靖彦 (1997): 日植病報 63: 223 (講要).
- 9) SAINDENAN, P. (1988): Plant Science 58: 245 ~ 252.

登録が失効した農薬 (24.12.1 ~ 12.31)

掲載は、**種類名**、登録番号：商品名（製造者又は輸入者）登録失効年月日。

「殺虫剤」

●サイアノックス乳剤

12215: CYAP 乳剤（琉球産経）2012/12/12

●アチーブ粒剤 9

20527: フェノキサニル粒剤（日本農薬）2012/12/21

●アチーブ 1 キロ粒剤 24

20547: フェノキサニル粒剤（日本農薬）2012/12/26

●アチーブスミチオントレボン粉剤 DL

20549: エトフェンブロックス・MEP・フェノキサニル粉剤（日本農薬）2012/12/26

●ブルースカイスプレー

20556: イミダクロプリドエアゾル（バイエル クロップサイエンス）2012/12/26

●プラズマ油剤

20569: DCIP・D-D くん蒸剤（エス・ディー・エス バイオテック）2012/12/26

●ダントツ FT 水溶剤

22538: クロチアニジン水溶剤（住友化学）2012/12/2

「殺菌剤」

●ノンプラス水和剤

18019: トリシクラゾール・フェリムゾン水和剤（協友アグリ）2012/12/16

「除草剤」

●ゲザプリムフロアブル

14222: アトラジン水和剤（シンジェンタ ジャパン）2012/12/11

●ザーベックス SM1 キロ粒剤

19788: シメトリン・ベンフレセート・MCPB 粒剤（三井化

学アグロ）2012/12/5

●ジョイスターフロアブル

19798: カフェンストロール・シハロホップブチル・ダイムロン・ペンシルフロルメチル水和剤（デュボン）2012/12/12

●キングダムフロアブル

19808: テニクロール・ピリブチカルブ・ペンシルフロルメチル水和剤（日本曹達）2012/12/12

19809: テニクロール・ピリブチカルブ・ペンシルフロルメチル水和剤（デュボン）2012/12/12

19810: テニクロール・ピリブチカルブ・ペンシルフロルメチル水和剤（エス・ディー・エス バイオテック）2012/12/12

●キングダム L フロアブル

19812: テニクロール・ピリブチカルブ・ペンシルフロルメチル水和剤（デュボン）2012/12/12

●ロンゲットフロアブル

19814: イマズスルフロル・ダイムロン・ピリブチカルブ・メフェナセット水和剤（住友化学）2012/12/12

●バビカフロアブル

19818: シハロホップブチル・テニクロール・ペンシルフロルメチル水和剤（北興化学工業）2012/12/12

19819: シハロホップブチル・テニクロール・ペンシルフロルメチル水和剤（デュボン）2012/12/12

19820: シハロホップブチル・テニクロール・ペンシルフロルメチル水和剤（エス・ディー・エス バイオテック）2012/12/12

●バビカ L フロアブル

19822: シハロホップブチル・テニクロール・ペンシルフロルメチル水和剤（北興化学工業）2012/12/12

(58 ページに続く)