

ショウガ根茎腐敗病防除のための種根茎消毒技術

(独)農研機構野菜茶業研究所 寺 見 文 宏

はじめに

ショウガは栽培期間が長く、産地では連作されることが多い。そのため土壤伝染性の根茎腐敗病が発生しやすい。根茎腐敗病の病原菌は、植え付ける種根茎を通じても広がるため(後藤・一谷, 1986)、これまで発病のなかった圃場でも、突然発生することがある。そのため根茎腐敗病の防除では、健全な種根茎の植え付けと定植前の土壤消毒が重要である。臭化メチル剤は根茎腐敗病菌に対する消毒効果が特に高く、長年利用されてきた。先進国における臭化メチル剤の農業利用は、地球のオゾン層保全のために、2005年に全廃されたが、国内ではショウガ根茎腐敗病の防除など、代替できる防除技術がない場合に限り、不可欠用途として例外的な利用が認められていた。しかし2008年にはその不可欠用途についての臭化メチル剤の利用も2012年までとすることが決定され、それを実現するための技術開発が、新たな農林水産施策を推進する実用技術開発事業「臭化メチル剤から完全に脱却した産地適合型栽培マニュアルの開発」において進められてきた。ショウガ根茎腐敗病の防除対策の開発も同事業において推進され、ヨウ化メチル剤などを用いた代替技術による土壤消毒を行い、必要に応じて種根茎の温湯消毒を行うとともに、栽培期間中にはシアゾファミド水和剤などの登録農薬による体系防除を実施することで、根茎腐敗病が効果的に防除できることが明らかとなった。筆者は同事業においてショウガ種根茎の消毒技術の開発を担当し、温湯消毒を短時間で実施するため条件を検討するとともに、種根茎消毒に有効な薬剤についても検討した。本稿では、既に発表している成果(寺見・窪田, 2010; 寺見, 2012)に加えて、その後得られた結果を併せて紹介する。

I 短時間の温湯浸漬によるショウガ種根茎の消毒

ショウガ種根茎消毒用の殺菌剤としてキャプタン水和剤がかつては登録されていたが、2005年にショウガが適用対象から除外されて以降は、種根茎の消毒に利用できる殺菌剤がない状態が続いている。物理的消毒方法で

は、香川ら(1987)が、45℃、30分間の温湯処理が有効であることを報告しており、温湯消毒が種根茎の消毒に利用できる唯一の方法である。ショウガの種根茎の大きさは100~200gと大きく、1haの植え付けに3~5トンの種根茎が必要となる。栽培面積が10haの比較的規模の小さな生産組合で温湯消毒を実施する場合を考えると、一度に100kgの処理ができる大型の温湯消毒機を使ったとしても、消毒し終えるのに3~4週間かかる。このようにショウガでは温湯消毒に多大な時間と労力を要するため、栽培現場への普及が進んでいない。そこで消毒作業に時間を要するという温湯消毒の難点を解決するため、5~10分の短時間で効果的に温湯消毒できる温度条件を検討した。

1 ショウガ根茎腐敗病菌 *Pythium zingiberis* の死滅温度

*P. zingiberis*の死滅温度について、田上・重永(1979)は5分間加温で48℃、10分間加温では46℃と報告している。一方、香川ら(1987)は、48℃で30分加温しても完全には死滅せず、50℃、30分で完全に死滅としている。両者の条件に大きな違いがあるので、5分および10分の加温で*P. zingiberis*が死滅する温度について検討することとした。

あらかじめ処理温度(46~54℃)に加温しておいた寒天平板培地へ、*P. zingiberis*の培養寒天片を置床して、所定の時間加温した。その後、室温で冷却して、35℃で培養し、3週間を経過しても菌糸伸長が見られない場合に、処理した培養寒天片中の菌は死滅したものと判定した。

表-1に結果を示したが、5分間加温した場合、48℃以下の処理区では、置床したすべての菌叢から菌糸が伸長した。50℃では2週間以内に菌糸伸長が見られた寒天片はなかったが、16日後に1個の寒天片から菌糸が伸長した。52℃以上の処理では、菌糸伸長は認められなかった。10分間加温した場合、48℃以下の処理区で菌糸伸長が見られたが、50℃以上の処理区では菌糸伸長が認められなかった。

2 温湯処理がショウガ根茎の発芽に及ぼす影響

ショウガ根茎の耐熱性を明らかにするため、温湯処理した根茎を密閉容器に入れて1か月間暗黒に置き、発芽率、発芽茎の数および生重を調べた。なお、温湯処理後

Thermal and Chemical Disinfection of Zinger Rhizomes to Control Rhizome Rot Disease. By Fumihiko TERAMI

(キーワード: ショウガ, 根茎腐敗病, 根茎消毒, 温湯, 殺菌剤)

表-1 短時間加温による *P. zingiberis* の死滅温度

処理時間	処理温度 (°C)				
	46	48	50	52	54
5分					
試験1	6/6 *	6/6	0/6	0/6	0/6
試験2	—	6/6	1/6	0/6	0/6
10分					
試験1	3/6	0/6	0/6	0/6	0/6
試験2	—	6/6	0/6	0/6	0/6

* : (3週間以内に菌糸伸長が見られた培養寒天片数)/(供試した培養寒天片数).

表-2 ショウガ根茎の耐熱性 (温浴後冷水で冷却)^a

処理条件	発芽率 (%)	根茎当たりの発芽茎数 (本) ^b	根茎当たりの発芽茎生重 (g) ^b
無処理	100	2.4 ± 0.16	3.7 ± 0.34
5分温湯			
48°C	100	2.4 ± 0.16	4.8 ± 0.51
50	100	2.5 ± 0.17	3.7 ± 0.56
52	100	3.6 ± 0.40	4.4 ± 0.45
54	100	2.6 ± 0.29	4.3 ± 0.71
56	100	1.7 ± 0.41	2.9 ± 0.20
58	43	1.0	0.5 ± 0.09
10分温湯			
48°C	100	3.3 ± 0.50	3.8 ± 0.28
50	100	2.6 ± 0.31	3.9 ± 0.39
52	100	2.5 ± 0.15	3.1 ± 0.34
54	100	3.6 ± 0.49	2.6 ± 0.41
56	57	1.0	1.2 ± 0.27
58	0	0	0

各区 10 根茎について発芽試験を実施した.

^a : 温浴後の根茎を 18 ~ 22°C の流水で冷却した.

^b : 発芽した根茎から算出.

18 ~ 23°C の流水に 30 分浸けて冷却した場合と、流水で冷却せずに約 20°C の室内に一晚静置して徐冷した場合について検討した。

温湯処理後に流水で冷却した場合について見ると、表-2 に示すように、5 分間の温湯処理では、54°C までは発芽率、発芽根茎 1 個当たりの発芽茎数および発芽茎生重が、無処理区と同等であった。56°C 処理では、発芽率は無処理区と変わらなかったが、発芽茎数と発芽茎生重がそれぞれ 29% および 40% 減少した。58°C 処理で発芽率が 43% に低下した。10 分間の温湯処理では、52°C までは発芽率、発芽茎数、発芽茎生重が、無処理区と同等

表-3 ショウガ根茎の耐熱性 (温浴後室温で徐冷)^a

処理条件	発芽率 (%)	根茎当たりの発芽茎数 (本) ^b	根茎当たりの発芽茎生重 (g) ^b
無処理	100	4.4 ± 0.73	5.0 ± 0.54
5分温湯			
48°C	100	8.0 ± 1.24	6.7 ± 0.61
50	100	7.3 ± 1.39	5.4 ± 0.85
52	90	6.7 ± 0.98	5.9 ± 0.57
54	50	3.6 ± 0.75	4.8 ± 0.77
56	20	1.5 ± 0.50	0.2 ± 0.01
10分温湯			
48°C	90	5.0 ± 0.93	5.9 ± 0.72
50	50	3.8 ± 1.07	2.2 ± 0.91
52	50	3.0 ± 0.81	3.1 ± 0.84
54	50	4.6 ± 1.03	2.2 ± 0.90
56	20	1.5 ± 0.50	0.8 ± 0.43

各区 10 根茎について発芽試験を実施した.

^a : 温浴後の根茎を 20°C の室温に放置して徐冷した.

^b : 発芽した根茎から算出.

であった。54°C 処理では、発芽率と発芽茎数は無処理区と変わらなかったが、発芽茎生重が 30% 減少した。56°C 処理では発芽率が 57% に低下し、58°C では発芽が見られなかった。

温湯処理後に室温で徐冷した場合、表-3 に示すように、5 分間の温湯処理では、50°C 以下であれば、発芽率、発芽根茎 1 個当たりの発芽茎数および発芽茎生重が、無処理区と同等であった。52, 54, 56°C の発芽率は、それぞれ 90, 50, 20% に低下した。10 分間の温湯処理では、48°C での発芽率が 90% と無処理を下回り、50 ~ 54°C で 50%, 56°C で 20% であった。温湯処理後に流水で冷却しないと、余熱が根茎に与えるダメージは大きく、温湯処理後の冷却は不可欠であると判断された、その場合、発芽率・発芽茎数が共に低下しない温度域は、5 分および 10 分のいずれの温湯処理においても 54°C 以下であることが明らかとなった。

3 短時間温湯消毒に適した処理温度の検討

5 分あるいは 10 分の短時間での根茎の温湯消毒に適した温度を検討するため、ショウガ根茎を病原菌の菌糸片が高濃度 (1×10^3 個/ml) に含まれる接種液に浸漬接種 (35°C 24 時間) して、水道水で 3 回洗浄後、人為汚染根茎として用いた試験を実施した。1 試験区 10 根茎とし、48 ~ 54°C の温度範囲で 5 分間あるいは 10 分間温湯に浸漬した。消毒効果は、処理した根茎を 35°C の湿室内に 10 日間静置して、腐敗する根茎数を調べる室

内腐敗検定法で評価した（寺見・窪田，2010）。温湯処理していない無処理の根茎は，供試した根茎 10 個中 8 ～ 10 個が腐敗し，試験ごとに腐敗根茎数が変動した。各処理区の消毒効果は，無処理区で腐敗した根茎数に対する比率（対無処理区比率）で評価した。

5 分間の温湯処理を行った場合，検討した温度域においては，腐敗根茎数の対無処理区比率間にほとんど差がなく（0.57 ～ 0.62），従来法（45℃，30 分処理）での対無処理区比率（0.61）と同等であった（図-1）。なお温湯処理の対無処理区比率が予想していた値よりも高い値となったが，これは高温で消耗した一部の根茎が，温湯処理後に混入した雑菌により腐敗したものと考えられる。0.1% 次亜塩素酸に 30 分浸漬した人為汚染根茎の対無処理区比率が 0.63 であったので，温湯処理の消毒効果は室内腐敗検定でも認められたと判断した。

10 分間の温湯処理を行った場合では，50℃ 処理区で

腐敗根茎数の対無処理区比率が 0.46 と最も低く，従来法よりも高い消毒効果であった（図-1）。48℃ 処理区は従来法と同等の対無処理区比率（0.58）であったが，52℃ 以上では従来法よりもやや高い対無処理区比率（0.68）となった。52℃ 以上では高温によるストレス障害を受けて感受性が高まったのではないかと考えられる。

以上の結果から，50℃，10 分間，あるいは 52℃，5 分間の温湯消毒を実施すれば，消毒時間を従来法の 3 分の 1 から 6 分の 1 に短縮できることが明らかとなった。また，50℃，10 分間の温湯消毒条件は，海外で線虫防除のために推奨されている温湯消毒条件に一致している（TRUJILLO，1963）。

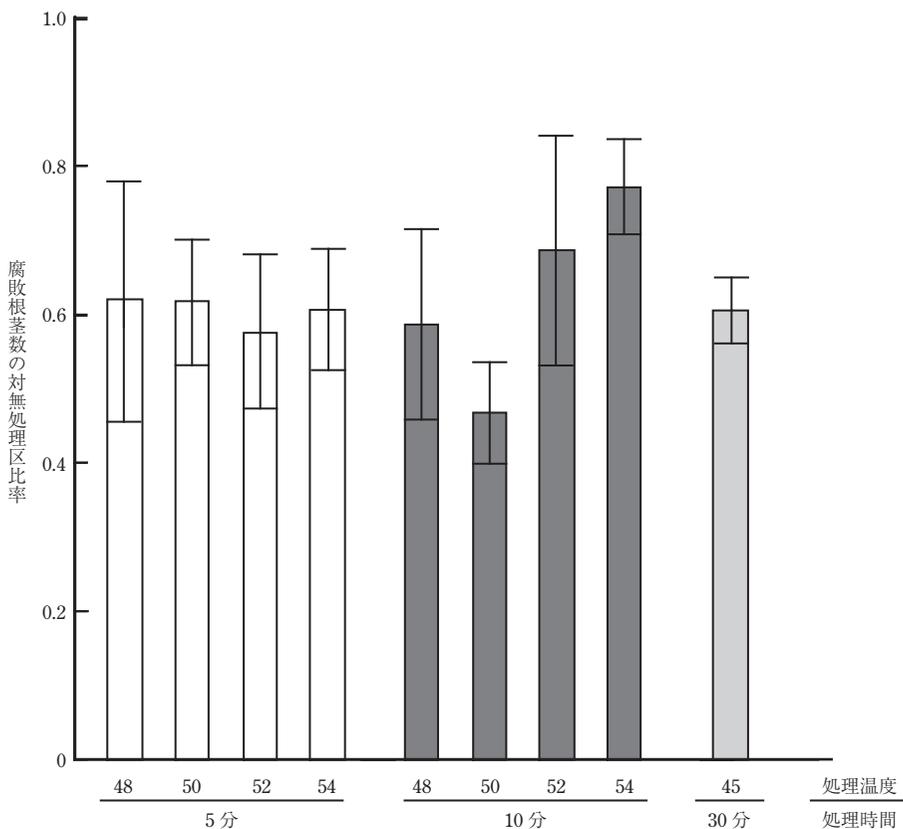


図-1 短時間温湯浸漬の消毒効果

- * 1 試験区当たり 10 個の人為汚染根茎を用い，温湯処理区の腐敗根茎数を無処理区の腐敗根茎数で除した値を腐敗根茎数の対無処理区比率とした。
- * 3 反復した平均値をグラフに示した。エラーバーは標準誤差を示す。
- * 45℃，30 分（従来法）を温湯消毒対照区とした。

II ショウガ種根茎の消毒に有効な殺菌剤の選抜に向けて

1 人為汚染根茎を用いた有効な殺菌剤の選抜

キャプタン水和剤の適用対象からショウガが外れて以来、ショウガ種根茎の消毒に利用できる殺菌剤がない状態が7年続いており、ショウガ根茎腐敗病を防除するうえで危険な状況にある。そこでショウガ種根茎の消毒に有効な殺菌剤を選抜すべく、*Pythium* 属菌に有効な殺菌剤と菌種を問わずに殺菌効果を示す金属銀水和剤について、ショウガの種根茎消毒に利用できるかどうかを検討した。人為汚染種根茎を薬剤に30分浸漬後、35℃の湿室に10日間静置し、腐敗根茎数を調べた。殺菌剤の処理濃度は、キャプタンについては種根茎の消毒に利用されていた時の処理濃度（有効成分濃：0.4%）とし、金属銀水和剤は有効成分濃度で0.2%、他の薬剤は散布・灌注される濃度の5～10倍の濃度とした。

種根茎消毒剤として登録されていたキャプタン水和剤

を消毒処理対照区とする試験を実施する予定であったが、キャプタン水和剤処理区の腐敗根茎数が無処理区と差がなく、消毒効果が認められなかった（図-2）。*P. zingiberis* に汚染したショウガおよびミョウガの根茎をエクロメゾール乳剤に浸漬処理することで、発病を効果的に抑制できることが報告されているので（一谷，1980；外間，1995），同剤を消毒処理の対照薬剤として試験を行った。試験結果は図-2に示したが，シアゾファミド水和剤（有効成分濃：0.19%）とメタラキシル水和剤（0.2%）では，それぞれの対無処理区比率は1.07および1.14であり，キャプタン水和剤と同様に根茎の腐敗はまったく抑制されなかった。対照薬剤としたエクロメゾール乳剤（0.16%）の対無処理区比率は0.79と余り低くはないものの消毒効果が確認された。供試した薬剤中で最も高い消毒効果が認められたのは金属銀水和剤で，対無処理区比率は0.51であった。次いで対無処理区比率が0.59のアミスルプロム水和剤（0.17%）であった。両者に比べて消毒効果はやや劣るもののプロパモカ

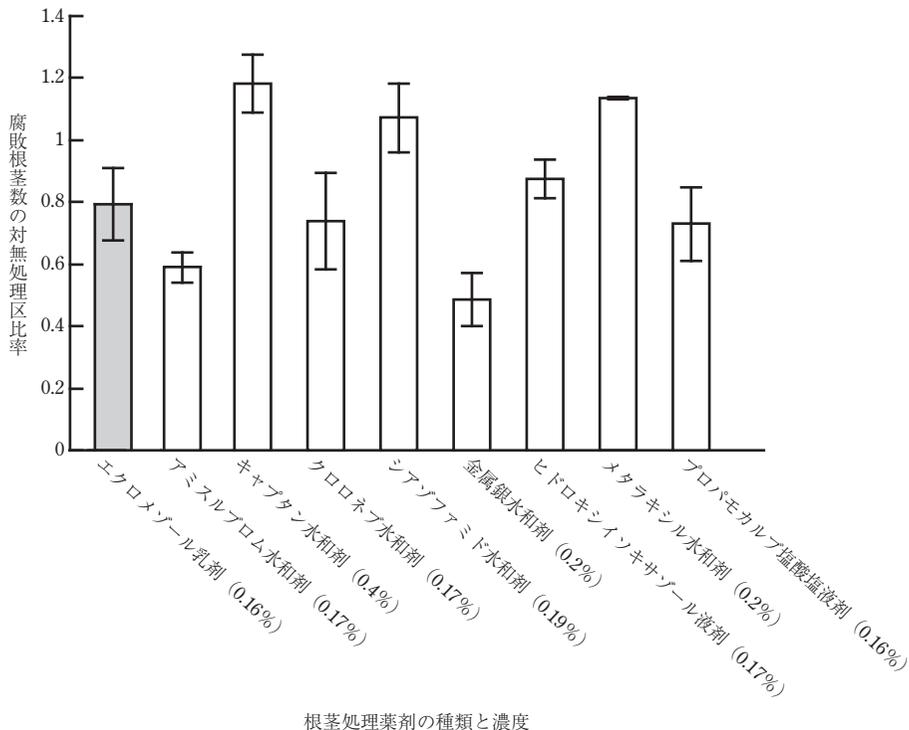


図-2 各種薬剤の根茎消毒効果

- * 1 試験区当たり10個の人為汚染根茎を用い，各薬剤処理区の腐敗根茎数を無処理区の腐敗根茎数で除した値を腐敗根茎数の対無処理区比率とした。
- * 3 反復した平均値をグラフに示した。エラーバーは標準誤差を示す。
- * 括弧内の数値は薬剤の有効成分濃度を表す。
- * エクロメゾールを薬剤消毒対照区とした。

ルブ塩酸塩液剤（0.16%）とクロロネブ水和剤（0.17%）が、それぞれ0.73および0.74の対無処理区比率を示した。エクロメゾール乳剤よりも低い対無処理区比率を示した金属銀水和剤、アミスルプロム水和剤、プロパモカルブ塩酸塩液剤およびクロロネブ水和剤は、種根茎の消毒効果が大きいと期待できると考えられる。キャプタン水和剤、メタラキシル水和剤およびシアゾファミド水和剤が消毒効果を示さなかった点については、用いた菌株がこれらの薬剤に耐性であった可能性や、薬剤の根茎への浸透性が不十分であった可能性が考えられ、今後の検討が必要である。

2 ショウガ根茎への殺菌剤塗抹処理の検討

消毒効果のある殺菌剤の選抜試験では、殺菌剤に根茎を浸漬したが、栽培現場で大規模な薬剤浸漬を実施すると、大量の薬剤廃液の処分を廃液処理業者に委託する必要があり、その経費も無視できない額となる。水稲や豆類の種子消毒においては、薬剤廃液を出したくない場合、湿粉衣法や塗抹法による処理が行われる。そこで、消毒効果の高かったアミスルプロム水和剤と金属銀水和剤について、根茎に塗抹処理しても十分な腐敗抑制が得られるかどうか人為汚染根茎を用いた室内腐敗検定で検討した。

図-3に示したように、アミスルプロム水和剤では、浸漬処理で有効であった0.17%液を塗抹しても、根茎腐敗の抑制効果は見られなかった。0.5%の濃度で塗抹すると、0.17%液へ浸漬した場合と同等の腐敗抑制効果が得られた（対無処理区比率：0.62）。塗抹する薬液の濃度を1.67%および5%に上げた場合には、対無処理区比率がそれぞれ0.79および0.77となり、腐敗抑制効果の低下が見られた。

金属銀水和剤を0.2～0.02%の濃度で塗抹処理したところ、浸漬処理で有効であった0.2%の濃度において、浸漬処理と同等の対無処理区比率となった。0.2%よりも低い濃度での塗抹では、対無処理区比率がそれぞれ0.77および0.72となり、腐敗抑制効果が低下した。

以上の結果から、アミスルプロム水和剤と金属銀水和剤をショウガ根茎に塗抹処理した場合も十分高い殺菌効果を発揮することが確認された。

おわりに

ショウガ根茎腐敗病は、日本のみならず、ショウガを生産している世界各国においても発生している重要病害である。日本で発生している根茎腐敗病の主要な病原菌は *P. zingiberis* であるが、海外で発生しているショウガ根茎腐敗病の主たる病原菌は *P. aphanidermatum* と *P.*

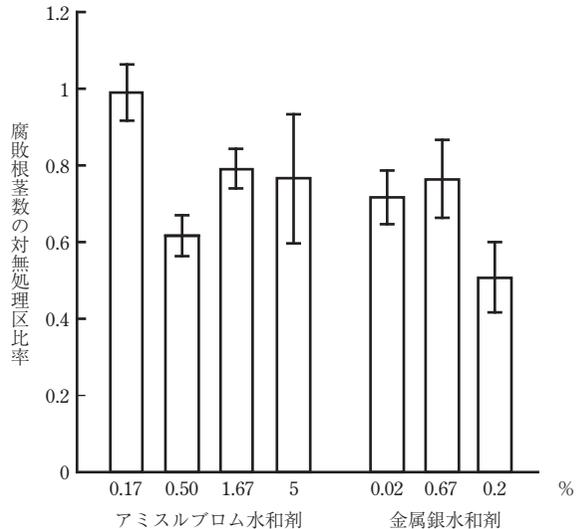


図-3 アミスルプロム水和剤と金属銀水和剤の塗抹処理に適した薬剤濃度

* 1 試験区当たり10個の人為汚染根茎を用い、薬剤処理区の腐敗根茎数を無処理区の腐敗根茎数で除した値を腐敗根茎数の対無処理区比率とした。

* 3 反復した平均値をグラフに示した。エラーバーは標準誤差を示す。

myriotylum であり、*P. zingiberis* は日本と韓国にのみ分布するとされてきた (DoHROO, 2005)。近年、*Pythium* 属菌の分子生物学的研究が進み、*P. myriotylum* と *P. zingiberis* が同一種であることを示す結果が得られている (景山, 2011)。*P. myriotylum* は多犯性の病原菌であることを考えると、ショウガ根茎腐敗病の伝染源として、ショウガ以外の植物が栽植されている圃場なども注意が必要となってこよう。ショウガやミョウガ以外の作物では、生育期間に使える *Pythium* 属菌用の殺菌剤がないので、病原菌が水系を介して離れた圃場に伝搬する可能性がある。種根茎を生産する圃場で、栽培後期に病原菌が侵入してきた場合、外観には問題のない感染根茎を生ずるおそれがある。感染根茎が次作の種根茎生産圃場に植え付けられて発病すると、発生した圃場の根茎はすべて種根茎として出荷できなくなる。そのため種根茎の消毒は、種根茎生産において、特に重要である。

現在、唯一有効なショウガ種根茎の消毒方法である温湯消毒について、30分の消毒時間を5～10分に短縮できる温度条件を明らかにした。5分間の温湯処理では、発芽が促進される傾向が認められ、また10分処理根茎を土に植え付けた場合、出芽率が悪くなるがあるので (未公表)、5分間の温湯消毒を推奨したい。*P. aphanidermatum* の死滅温度は、51℃ 15秒以上である

と報告されているので (RUNIA and AMSING, 2001), *P. aphanidermatum* が根茎腐敗病の主要な病原となっている海外においても短時間の温湯消毒は有効であると考えられる。

今回ショウガ根茎の消毒に有効な候補薬剤をいくつか選抜したが、いずれもショウガ根茎の消毒用途では登録がなく、現時点では種根茎の消毒剤としては使用できない。なおアミスルブロム水和剤については、今回得られた成果を受けて、ショウガへの適用拡大に向けた試験が実施されているところである。

引用文献

- 1) DOHROO, P. (2005): Diseases of ginger. In 'Ginger, the genus Zingiber'. (Eds P. N. Ravindran, K. Nirmal Babu) (CRC Press: BocaRaton) p. 305 ~ 340.
- 2) 後藤久和・一谷多喜郎 (1986): 植物防疫 40: 274 ~ 278.
- 3) 外間数男 (1995): 沖縄農業 30: 72 ~ 78.
- 4) 一谷多喜郎 (1980): 関西病虫研報 22: 7 ~ 11.
- 5) 香川晴彦ら (1987): 関東東山病虫研報 34: 88 ~ 89.
- 6) 景山幸二 (2011): 植物防疫 65: 102 ~ 106.
- 7) RUNIA, W. T. and J. J. AMSING (2001): Acta Horticulturae 554: 333 ~ 339.
- 8) 田上俊太郎・重永知明 (1979): 九州病害虫研報 25: 47 ~ 49.
- 9) 寺見文宏・窪田昌春 (2010): 関西病害虫研報 52: 95 ~ 97.
- 10) ——— (2012): 関西病害虫研究会報 54: 135 ~ 137.
- 11) TRUJILLO, E. E. (1963): Phytopathology 53: 1370 ~ 1371.

(新しく登録された農薬 18 ページからの続き)

●テフリルトリオン・ピラクロニル水和剤 ※新製剤

23141: ゲットスター顆粒 (日産化学工業) 12/10/24

テフリルトリオン: 37.5%

ピラクロニル: 22.5%

移植水稲: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ (北海道を除く), ヘラオモダカ (北海道, 東北), ヒルムシロ, セリ (東北を除く), アオミドロ・藻類による表層はく離 (関東・東山・東海)

直播水稲: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ

●ピリミスルファン・メフェナセット剤 ※新製剤

23142: ムソウ豆つぶ 250 (日本農薬) 12/10/24

ピリミスルファン: 2.0%

メフェナセット: 40.0%

移植水稲: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ, ヒルムシロ, セリ

●ピリミスルファン・メフェナセット剤 ※新製剤

23143: ムソウジャンボ (日本農薬) 12/10/24

ピリミスルファン: 2.0%

メフェナセット: 40.0%

移植水稲: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ, ヘラオモダカ (東北), ヒルムシロ, セリ

●インダノファン・ピラクロニル・ベンゾビシクロン粒剤 ※新混合剤

23144: ライジンパワー 1 キロ粒剤 (日本農薬) 12/10/24

23145: SDS ライジンパワー 1 キロ粒剤: (エス・ディー・エス バイオテック): 12/10/24

インダノファン: 1.2%

ピラクロニル: 1.5%

ベンゾビシクロン: 3.0%

移植水稲: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ (北海道を除く), ヘラオモダカ (北海道, 東北), ヒルムシロ

●インダノファン・ピラクロニル・ベンゾビシクロン水和剤 ※新混合剤

23146: ライジンパワーフロアブル (日本農薬) 12/10/24

23147: SDS ライジンパワーフロアブル (エス・ディー・エス バイオテック) 12/10/24

インダノファン: 2.3%

ピラクロニル: 2.9%

ベンゾビシクロン: 5.7%

移植水稲: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ (北海道を除く), ヘラオモダカ (北海道, 東北), オモダカ (東北), ヒルムシロ

●エトベンザニド水和剤 ※新剤型

23148: グリーンビルフロアブル (保土谷化学工業) 12/10/24

23149: アビシムフロアブル (理研グリーン) 12/10/24

エトベンザニド: 35.0%

西洋芝 (ベントグラス): メヒシバ

「農薬肥料」

●イミダクロプリド・プロベナゾール複合肥料 ※新規参入
23129: くみあいコープガード W-発 820 (コープケミカル) 12/10/10

イミダクロプリド: 0.050%

プロベナゾール: 0.60%

稲: いもち病, イネミズウムシ, イネドロオイムシ, ツマ

グロヨコバイ, ウンカ類: 移植時 (側条施用)