

無機銀を含有する水溶性ガラスの病害抑制効果

誌名	宮城県農業・園芸総合研究所研究報告
ISSN	13472232
著者名	関根, 崇行 岩崎, 泰永 山本, 則幸 太田, 喜章
発行元	宮城県農業・園芸総合研究所
巻/号	77号
巻号補足	
掲載ページ	p. 1-9
発行年月	2007年7月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



無機銀を含有する水溶性ガラスの病害抑制効果

関根崇行・岩崎泰永・山本則幸*・太田喜章*

Disease Controlling Effect of the Water Soluble Silver-contained Glass
Takayuki SEKINE, Yasunaga IWASAKI, Noriyuki YAMAMOTO* and Yoshifumi OTA*

抄 録

無機銀を水溶性のガラスに含有させた資材（銀ガラス）を作製し、その病害抑制効果を検討した。銀ガラスは、その組成や粒径を変化させることにより銀イオンの溶出性が異なってくるのが特徴である。本試験においては、13 組成の銀ガラスを作製し、銀イオンの溶出性の最も高いものから順に銀ガラスA～Mとした。銀イオン溶出性の高い銀ガラスほど、トマト青枯病抑制効果が高かったが、同時に薬害程度も高いものとなった。高い青枯病抑制効果を有するが薬害の発生が認められた銀ガラスGと、薬害の発生は見られなかったが、本病に対する抑制効果がやや劣った銀ガラスMについて、その処理方法、銀ガラスの粒径について検討した。その結果、粒径 0.3mm 未満の銀ガラスGを 1.0%(銀ガラス重量/土壌容積)の割合で、不織布に包んでトマト株元に処理したところ、青枯病に対して高い抑制効果を示し、薬害も観察されなかった。本試験はポットレベルの試験であることから、今後圃場レベルでの検討を行う必要があるが、銀ガラスによるトマト青枯病防除の可能性が示唆された。また、銀ガラスはハクサイ根こぶ病、イチゴ萎黄病及びうどんこ病に対しても抑制効果が認められたことから、今後も銀ガラス組成や処理方法の改良を行っていくことで、幅広い殺菌スペクトルを有する殺菌剤の開発が期待できる。

[キーワード] 銀ガラス、病害抑制、トマト青枯病、ハクサイ根こぶ病、イチゴうどんこ病、イチゴ萎黄病

緒 言

銅をはじめとした金属イオンには、微生物に対して殺菌作用があることが古くから知られている。特に銀イオンはその作用が強く、大腸菌に対しては MBC (Minimum Bactericidal Concentration) が 0.24ppb との報告もあり、極めて低濃度で殺菌活性を有する²⁾。また、銀は歯科治療への利用や銀箔が食品添加物として認められていることなどから、人体への高い安全性も知られている。このような銀イオンの高い殺菌力、安全性を利用して、銀イオンをゼオライトやシリカゲルなどの物質に担持させた無機系抗菌剤が近年注目されている³⁾。

銀は植物病原菌に対しても高い殺菌効果が認められ、硝酸銀や硫酸銀などの銀化合物が 30～100ppb の希薄な濃度で、糸状菌の *Phytophthora*, *Pythium*, *Verticillium*, *Fusarium* 属菌や細菌の青枯病菌 *Ralstonia solanacearum* に対して殺菌作用があることが報告されている^{3,4)}。草刈らは、このような銀の強い植物病原菌に対する殺菌効果に着目し、水耕栽培用殺菌剤として酸化銀を繊維表面に微細な粒子として均一にコーティングした銀被覆繊維布（商品名：オクトクロス）を開発した^{4,5)}。オクトクロスは、2002 年 11 月に「金属銀剤」として初めて農薬登録され、現在、野菜類（水耕栽培）の根腐病に適用されている。本剤は、難防除病害である野菜類の根腐病に対する非常に有効な殺菌剤であるが、その使用は水耕栽培に限られる。

本研究では、銀の持つ強い殺菌効果、広い殺菌スペクトルを最大限に活用し、幅広い栽培方法で長期間にわたって

病害を抑制できる殺菌剤として、銀を水溶性ガラスに含有させた殺菌剤（以下、銀ガラス、第 1 図）の開発を試みた。銀には強い殺菌効果が認められるものの、作物によっては高濃度の銀イオンに根が接触すると障害を生じることも明らかとなっている⁶⁾。ガラスはその組成を変えることによって、水に溶解する速度を調節することができる。この性質を利用して、ガラスに銀を含有させ、溶出を制御し、供給量や供給期間を調節することによって、銀による作物への障害を回避するとともに、土壌伝染性病害の抑制効果についての検討をおこなった。また、ガラスの主成分はケイ酸であるが、イチゴやキュウリではケイ酸を与えることによって、うどんこ病の発生が抑制できることが知られている^{1,7)}。本研究では、ケイ酸を含有する銀ガラスによるイチゴうどんこ病の抑制効果についても検討を行った。

なお、銀ガラスは製剤化に向けて継続検討中のため、その組成については公表できない。しかしながら、本研究により、銀ガラスが病害防除に有効な手段となりうることが明らかとなったので報告する。

1. 銀ガラスの殺菌効果の検討

材料と方法

試験 1 フザリウム菌小型分生子様菌体に対する銀ガラスの増殖抑制効果（2003 年試験）

試験には *Fusarium oxysporum*（宮城農園研保存菌株：

*東亜合成株式会社

結果と考察

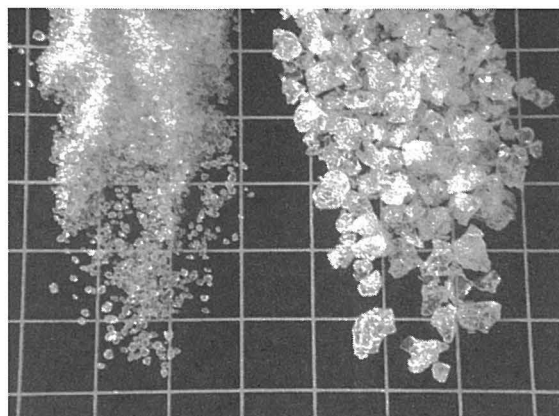
試験1 フザリウム菌小型分生子様菌体に対する銀ガラスの増殖抑制効果(2003年試験)

Fusarium oxysporum 小型分生子様菌体の発芽率及び発芽した菌体への菌糸伸長阻害率を第1表に示した。銀ガラス添加量0.1%では、銀ガラスと菌体の同時添加区よりも菌体を24時間後に添加した区の方が、菌体発芽をより阻害した。しかし、銀ガラス添加量0.5%、1.0%においては、同時添加区と24時間後添加区の間に大きな違いは認められなかった。

また、銀ガラスAのイオン交換水中への銀イオン溶出量は、30時間後で60ppb、120時間後で70ppbであった。このことより、銀ガラスAは短時間の内に多くの銀イオンを溶出させてしまう特徴を持つことが明らかになった。

試験2 遊走子増殖に及ぼす影響(2003年試験)

銀ガラスAの遊走子数に与える影響について第2表に示した。銀ガラスを添加した試験区では、いずれも養液1ml中の遊走子数が検出限界以下となったのに対して、銀ガラス無添加では 1.5×10^5 個であった。本試験は、実際に循環式養液栽培を行っている圃場から循環済み養液を採取して、そのまま所定濃度の銀ガラスAを添加して行ったもので、遊走子の菌種及び銀ガラス添加時の遊走子数については確認していない。したがって、銀ガラスAが養液中の遊走子密度を低く抑えることは明らかとなったが、その効果が殺菌的なものなのか、静菌的なものなのかは判然としなかった。



第1図 無機銀を含有する水溶性ガラス(銀ガラス)

MG-2020)をPS液体培地で5日間、25℃で振とう培養(120rpm)した後、ガーゼで菌糸を濾過して回収して得た小型分生子様菌体を用いた。

供試した銀ガラスは粒径0.4~1.4mmの銀ガラスAとした。この銀ガラスAの溶解性は、イオン交換水への銀イオンの溶出量として実測した。すなわちイオン交換水1リットルに銀ガラス1.0gを投入し、室温でゆっくり攪拌したものを経時的にサンプリングし、ICPにより銀イオン濃度を測定したものである。

プラスチックボトルに培養液(PS液体培地の5倍希釈液)500mlを分注し、それに銀ガラスAを0.1、0.5、1.0%(w/v)の割合で添加、同時にフザリウム菌小型分生子様菌体を 1×10^5 個/mlとなるように加えた(同時添加)。また、同様の割合で銀ガラスAを添加し、室温で24時間振とう(120rpm)後に小型分生子様菌体を同様の濃度となるように加えた試験も行った(24時間後添加)。いずれも供試菌投入後室温で振とう(120rpm)し、12時間後に分生子様菌体の発芽率及び菌糸伸長阻害率を算出した。菌糸伸長阻害については、発芽した胞子について対照区(銀ガラス無添加)と比較し、菌糸の長さが50%以下にとどまるものの数を調査することにより算出した。

試験2 遊走子増殖に及ぼす影響(2003年試験)

所内の循環式養液栽培を行っているイチゴ高設栽培圃場から循環済み養液を採取し、それをプラスチックボトルに500ml分注した。そこに銀ガラスAを0.1、0.5%(w/v)の割合で添加し、室温で振とう(120rpm)した。4日後に血球計数盤で養液中の遊走子数を計数し、養液中の遊走子数(菌種は未同定)を算出した。

第1表 銀ガラスAが *Fusarium oxysporum* 小型分生子様菌体の発芽及び菌糸伸長に与える影響

試験区	銀ガラス添加量 (%)	発芽率 (%)	菌糸伸長阻害率 (%)
同時添加	0.1	54.6	45.3
	0.5	29.9	89.7
	1.0	6.8	100
24時間後添加	0.1	26.0	38.5
	0.5	27.1	86.2
	1.0	2.0	100
無添加	0	55.2	-

第2表 銀ガラスAが遊走子に与える影響

銀ガラス添加量(%)	遊走子数(個/ml)
0	1.5×10^5
0.1	< 検出限界 ¹⁾
0.5	< 検出限界

1)検出限界は 4.8×10^2 個/ml

2. 銀ガラスの育苗用培土処理による土壤伝染性病害抑制効果の検討

材料と方法

試験1 組成の異なる銀ガラス B～G を用いたトマト青枯病抑制効果の検討 (2004 年試験)

組成の異なる6種類の銀ガラス B～G (粒径: 0.4～1.4mm) を作成し、前項1. と同様に銀ガラスからの溶出性を算出した。これらのうちから、銀ガラス B, C, E, G を用いて、トマト青枯病抑制効果を検討した。育苗培土 (V 焼土) に1%, 5% (w/v) の割合で銀ガラスを混合し、10.5cm のポリエチレン製ポットにその育苗培土を充填した。そこに72穴セルトレイ (培土: 元気くんセル 100) で育苗した4葉期のトマト (品種: ハウス桃太郎) を移植し、銀ガラスと接触させた。一週間後に、トマト青枯病罹病株から分離した青枯病菌 (病原菌: *Ralstonia solanacearum*) を約 1×10^7 cfu/ml に調整した菌液を1ポット当たり50ml の割合でかん注接種した。接種から10日後及び15日後に以下に示す基準に従い調査を行い、発病度を算出した。葉害は随時肉眼観察を行った。なお、試験は供試銀ガラス1濃度当たり4反復 (4ポット) とした。

発病指数 0: 発病を認めない 1: 茎頂にしおれが認められる 2: 葉にしおれが認められる 3: 株全体がしおれ青枯症状を呈している 4: 枯死

発病度 = $\{ \sum (\text{程度別発病株数} \times \text{発病指数}) / (\text{調査株数} \times 4) \} \times 100$

葉害の発生程度 - : 葉害を認めない ± : 実用上問題ない程度の葉害 + : 実用上問題となる葉害

試験2 溶出性の低い銀ガラス G～M を用いたトマト青枯病抑制効果の検討 (2004 年試験)

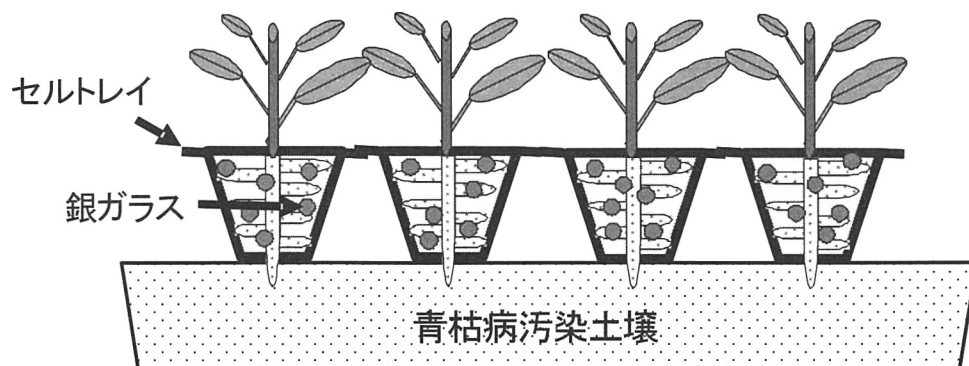
試験1 で用いた銀ガラス G とそれよりもイオン交換水への銀イオン溶出性の低い銀ガラス H～M (粒径: 0.4～1.4mm) を作製し、このうちI以外の6処方の銀ガラスを供試した。それらを育苗培土 (V 焼土) に 0.1, 0.5, 1.0, 5.0% (w/v) となるように混合した後、128 穴セルトレイに

充填し、トマト種子 (品種: ハウス桃太郎) を播種した。2週間後に宮城県名取市内のトマト栽培農家から採取した青枯病自然汚染土壌上にセルトレイを直接載せることにより青枯病菌と接触させた (第2図)。24 日後及び 40 日後に試験1 と同様の基準で発病度並びに葉害の程度を調査した。なお、試験には供試銀ガラス1濃度当たり5～7株を供試した。

試験3 銀ガラスの粒径と処理方法の検討 (2004 年試験)

銀ガラス G と M を用いて、その粒径と処理方法の違いがトマト青枯病抑制効果に与える影響について検討した。銀ガラス G と M の粒径は、篩い分けし、0.3mm 目合いで篩落ちたもの (<0.3mm)、0.3mm 目合いで篩に残ったが、1.4mm 目合いでは篩落ちたもの (0.3～1.4mm)、1.4mm 目合いで篩に残ったが、5.6mm 目合いでは篩落ちたもの (1.4～5.6mm) の3種類に分類した。トマト種子 (品種: ハウス桃太郎) を128穴のセルトレイ (培土: 元気くんセル 100) に播種し、育苗ハウス内で育苗した。2週間育苗したトマト苗を、35穴のセルトレイ (培土: V 焼土) に根鉢ごと移植した。処理方法は混和処理とバッグ処理とした。混和処理は、2週間後の移植の際に、既に銀ガラスを混和してある培土に移植を行ったものである。一方、バッグ処理は、銀ガラス未混和の培土にトマト苗を移植した後に、銀ガラスを布パックに詰めたものを株元に置いた。移植後2週間ほど銀ガラスに接触させた後、試験2と同様に青枯病自然汚染土の上にトレイごと載せた。なお、全ての処理において銀ガラスの処理濃度は1% (w/v) とした。青枯病汚染土壌への接触から21日後に、試験1と同様に発病程度並びに葉害の程度を調査した。試験には1処理当たり8株を供試した。

また、青枯病自然汚染土接触前に培土中の銀イオン濃度の測定を行った。銀イオン濃度の測定は生土容積法で、水と培土を2:1の割合で混合し、2分間振とうした後、静置し、上澄みを採取して ICP で行った。



第2図 銀ガラス G～M (2.試験2) のトマト青枯病に対する効果試験方法

試験4 ハクサイ根こぶ病抑制効果の検討(2004年試験)

試験3と同様に3段階の粒径の銀ガラスGとMを用いて、ハクサイ根こぶ病(病原菌: *Plasmodiophora brassicae*)に対する発病抑制効果について検討した。育苗培土(元気くんセル100)に供試銀ガラスを0.5%及び1.0%(w/v)となるように混和し、128穴セルトレイに充填した。そこにハクサイ種子(品種: 春秋)を播種し育苗ハウス内で育苗した。3週間後に宮城県岩沼市内のハクサイ栽培圃場から採取した根こぶ病自然汚染土壌を充填した径10.5cmのポリエチレン製ポットに移植(1株/ポット)した。32日後に以下に示す基準に従い調査を行い、発病度を算出した。葉害は随時肉眼観察を行った。なお、試験には供試銀ガラス当たり9~11株を用いた。

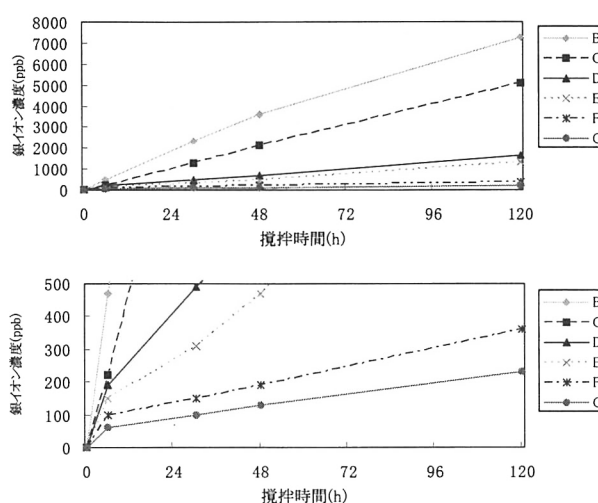
発病指数 0:根こぶの着生を認めない 1:根こぶが根系全体の1~25%未満の根に着生 2:同25~50%未満の根に着生 3:同50~75%未満の根に着生 4:同75%以上の根に着生

発病度 = $\{ \Sigma (\text{程度別発病株数} \times \text{発病指数}) / (\text{調査株数} \times 4) \} \times 100$

結果と考察

試験1 組成の異なる銀ガラスB~Gを用いたトマト青枯病抑制効果の検討(2004年試験)

前述の通り前項1.で試験に用いた銀ガラスAは、短時間の内に銀イオンをイオン交換水中に放出する特徴を持っていた。銀ガラスを殺菌剤として利用するためには、残効や葉害などの面から、長期間に渡り、徐々に銀イオンを放出するタイプの方が利用しやすいものと考えられた。そこで、銀ガラスの成分を変えることにより新たに6種類の銀ガラスB~Gを作成した。これら作成した6種類の銀ガラスB~Gのイオン交換水への銀イオン溶出量の経時変化を第3図に示した。これら6種類の銀ガラスのうち、イオン交換水への銀イオン溶出性の高い銀ガラスB、Cと6



第3図 銀ガラスB~Gのイオン交換水への銀イオン溶出量の経時変化

注) 下図は上図のY軸(銀イオン濃度)スケールを小さくしたもの

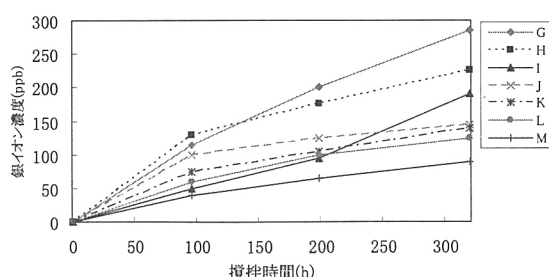
種類の中では中間的な溶出性を持つ銀ガラスE、及び最も溶出性の低い銀ガラスGを用いてトマト青枯病抑制効果をポットレベルで試験した。その結果、供試したすべての銀ガラスにおいて1.0%、5.0%のいずれの濃度でも青枯病抑制効果が認められた(第3表)。特に、銀ガラスCとEの5.0%土壌混和では、15日後でも防除価50を上回る高い抑制効果が認められた。しかし、本試験においては銀ガラスG以外には、葉縁に褐変症状を呈する実用上問題となる葉害が発生した。

試験2 溶出性の低い銀ガラスG~Mを用いたトマト青枯病抑制効果の検討(2004年試験)

試験1の結果より、銀ガラスGよりも銀イオン溶出性の高い銀ガラスをトマトに適用した場合には、葉害が発生し、実用困難と考えられたため、新たに銀ガラスGよりも銀イオン溶出性の低い銀ガラスH~Mを作製した。こ

第3表 銀ガラスB, C, E, Dのトマト青枯病抑制効果

銀ガラス	濃度(%) (w/v)	10日後		15日後		葉害
		発病度	防除価	発病度	防除価	
B	1.0	12.5	81.8	62.5	37.5	+
	5.0	0	100	87.5	12.5	+
C	1.0	12.5	81.8	81.3	18.8	+
	5.0	25.0	63.7	43.8	56.3	+
E	1.0	12.5	81.8	87.5	12.5	+
	5.0	0	100	43.8	56.3	+
G	1.0	18.8	72.7	81.3	18.8	-
	5.0	25.0	63.7	81.3	18.8	±
無処理	-	68.8		100		



第4図 銀ガラス G～M のイオン交換水への
銀イオン溶出量の経時変化

れら銀ガラス H～M の銀イオン溶出量の経時変化の測定結果を第4図に示した。このうち、溶出速度が不安定であった I 以外の6処方の銀ガラスを用いて、トマト青枯病抑制効果を検討した。その結果、銀ガラス G, H, J の 5.0% 及び銀ガラス H の 0.5% 土壌混和では、青枯病菌接種 24 日後の調査では、発病を完全に抑制した(第4表)。さらに 40 日後調査においても銀ガラス G の 5.0% 土壌混和区では本病の発生が認められず、銀ガラス H と J の 5.0% 土壌混和区でも発病度を低く抑えることができた。しかし、これら青枯病抑制効果の高かった銀ガラス G, H, J の 5.0% 土壌混和及び銀ガラス K, L の 5.0% 土壌混和ではいずれも試験 1. と同様の実用上問題となる葉害が観察された。

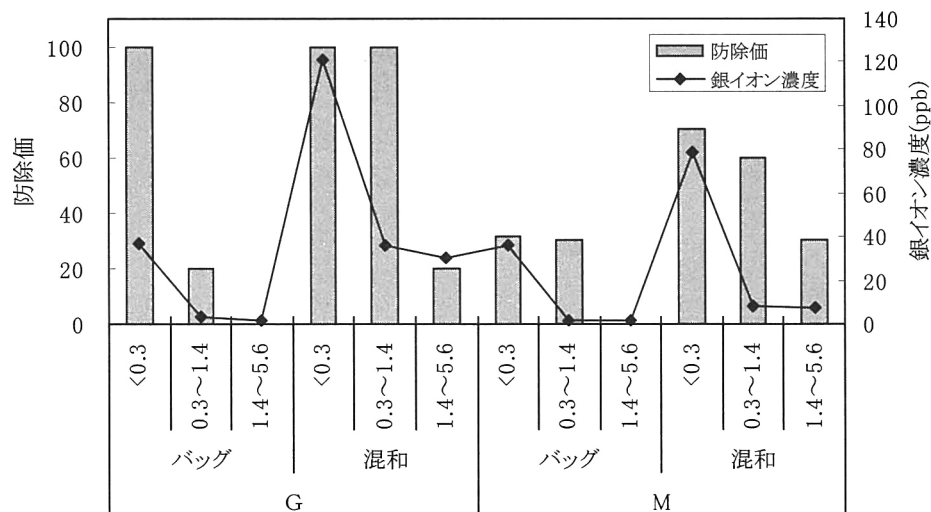
試験3 銀ガラスの粒径と処理方法の検討(2004 年試験)

試験2において最も高い効果の見られた銀ガラス G と葉害の認められなかった銀ガラス M を用いて試験した。銀ガラス G については、青枯病抑制効果を高く保ちながら葉害を軽減することを目的とし、銀ガラス M については、葉害の発生を抑えたまま、青枯病抑制効果を高めることを目的とした。特に葉害回避の目的から、処理する銀ガラス濃度は 1.0% とし、試験1及び2で行ったのと同様に育苗培土へ直接混和する試験区と、新たに銀ガラスとトマト根の直接的な接触を避けるために銀ガラスを不織布に包んで株元に処理する試験区を設定し比較検討した。その結果を第5図に、培土中の銀イオン濃度と青枯病に対する抑制効果(防除価)の関係が分かるように示した。ここで、銀ガラス G の粒径 0.3mm 未満(<0.3mm) 区と 0.3～1.4mm 区については、やや節間がつまり、葉縁が褐変する葉害が見られた。その他の処理区には葉害は観察されなかった。

抑制効果と培土中の銀イオン濃度については、銀ガラス G と M の粒径 0.3mm 未満の混和処理では、高い銀イオン濃度を示し、その結果、青枯病への抑制効果も高くなっているものと考えられた。しかし、銀ガラス G の粒径 0.3mm 未満のバッグ処理では、高い抑制効果が認められたにも関わらず銀イオン濃度はそれほど高くなっていなかった。このことから培土中に銀イオンの濃度差が生じていることが考えられた。本試験では灌水は株元に行っていた。

第4表 銀ガラス G, H, J, K, L, M のトマト青枯病抑制効果

銀ガラス	濃度(%) (w/v)	発病度		葉害	
		接種24日後	接種40日後	接種24日後	接種40日後
G	0.1	33.3	83.3	-	-
	0.5	50.0	50.0	-	-
	1.0	10.0	90.0	-	-
	5.0	0	0	+	+
H	0.1	28.6	50.0	-	-
	0.5	0	83.3	-	-
	1.0	50.0	91.7	-	-
	5.0	0	33.3	+	+
J	0.1	83.3	83.3	-	-
	0.5	58.3	91.7	-	-
	1.0	66.7	83.3	-	-
	5.0	0	16.7	+	+
K	0.1	33.3	41.7	-	-
	0.5	33.3	58.3	-	-
	1.0	60.0	80.0	-	-
	5.0	16.7	66.7	+	+
L	0.1	25.0	41.7	-	-
	0.5	50.0	66.7	-	-
	1.0	16.7	35.7	-	-
	5.0	60.0	60.0	-	+
M	0.1	16.7	83.3	-	-
	0.5	33.3	50.0	-	-
	1.0	16.7	41.7	-	-
	5.0	8.3	66.7	-	-



第5図 銀ガラス G と M の粒径、処理方法別培土中銀イオン濃度
とトマト青枯病抑制効果

注) X軸の数値は銀ガラスの粒径で mm

る。銀ガラスGの粒径0.3mm未満のバッグ処理では、バッグを株元に置床後、灌水によって比較的早く銀イオンが土壌中に均一に行き渡ることができるために高い抑制効果が得られている可能性が考えられる。

試験4 ハクサイ根こぶ病抑制効果の検討(2004年試験)

結果を第5表に示した。ハクサイに対しては、銀ガラスGの粒径0.3mm未満を処理した試験区でのみ薬害が発生した。このことより、ハクサイはトマトよりも銀イオンに対して反応が鈍く、薬害が生じにくいことが考えられた。

根こぶ病に対しては、銀ガラスGの粒径0.3~1.4mmを1.0%処理した区と銀ガラスMの粒径1.4~5.6mmを0.5%処理した区で防除価56.2と高い抑制効果を示した。

また、銀ガラスGの粒径1.4~5.6mmの1.0%処理区と銀ガラスMの粒径1.4~5.6mmの1.0%処理区においても、それぞれ47.5と48.3という高い抑制効果を示した。

3. イチゴ循環型養液栽培における病害抑制効果の検討

材料と方法

試験1 イチゴ萎黄病及びうどんこ病に対する抑制効果(2004年試験)

椰子殻繊維培土(商品名: ココピート)を用いた循環型養液栽培システムでの検討を行った。栽培ベッドは長さ3m、幅25cmで、実容積50リットルのタンク内の養液(大

第5表 銀ガラスGとMの粒径とハクサイ根こぶ病抑制効果

銀ガラス	粒径(mm)	濃度(%) (w/v)	発病度	防除価	薬害
G	0.3	0.5	45.0	21.2	—
		1.0	58.3	0	+
	0.3~1.4	0.5	36.4	36.3	—
		1.0	25.0	56.2	—
	1.4~5.6	0.5	40.0	29.9	—
		1.0	30.0	47.5	—
M	0.3	0.5	45.0	21.2	—
		1.0	40.0	29.9	—
	0.3~1.4	0.5	70.0	0	—
		1.0	37.5	34.3	—
	1.4~5.6	0.5	25.0	56.2	—
		1.0	29.5	48.3	—
無処理	—	—	57.1		

塚A処方 0.6dS/m) はポンプで給液され、排液は再びタンク内に戻る仕組みになっている。供試した銀ガラスは銀ガラス B～G の混合品とした。この混合品のイオン交換水及び養液 (大塚A処方) 中における溶出性についても前述の方法と同様に測定した。イチゴ (品種：とちおとめ) は 9 月 1 日に定植し、一週間後の 9 月 7 日に銀ガラスを処理し、試験を行った。銀ガラスの処理は、①タンク内処理 1% (実容積 50 リットルの養液タンクに銀ガラス 50g を不織布に包んで投入)、②タンク内処理 2% (実容積 50 リットルの養液タンクに銀ガラス 100g を不織布に包んで投入)、③カートリッジ 1 (不織布に包んだ銀ガラス 50g を漏斗に詰め、栽培ベッドの排水口に取り付けた)、④カートリッジ 2 (不織布に包んだ銀ガラス 50g を円筒形の長さ 20cm のカラムに詰め、栽培ベッドの排水口に取り付けた)、⑤無処理とし、反復なしで行った。

萎黄病の発病程度は 10 月 27 日にクラウンを切断し、内部の導管褐変状況から以下に示す基準に従い調査を行ない、発病度を算出した。

発病指数 0 : 褐変を認めない 1 : 極わずかに褐変
2 : 褐変部が全体の 1/4 未満 3 : 褐変部が全体の 1/4～1/2 未満 4 : 褐変部が全体の 1/2 以上

発病度 = $\{ \sum (\text{程度別発病株数} \times \text{発病指数}) / (\text{調査株数} \times 4) \} \times 100$

うどんこ病の発病程度は 10 月 5 日に各株上位 4 複葉 (12 小葉) について以下に示す基準に従い調査を行ない、発病度を算出した。葉害は随時肉眼観察した。

発病指数 0 : 発病無し 1 : 病斑面積率が小葉面積の 5% 未満 2 : 同 5% 以上 25% 未満 3 : 同 25% 以上 50% 未満 4 : 同 50% 以上

発病度 = $\{ \sum (\text{程度別発病小葉数} \times \text{発病指数}) / (\text{調査小葉数} \times 4) \} \times 100$

試験 2 イチゴうどんこ病に対する抑制効果 (2005 年試験)

試験 1 と同様のシステムを用い試験を行った。供試品種はとちおとめで、定植は 9 月 7 日に行った。試験には銀ガラス G を用い、9 月 12 日に実容積 50 リットルのタンクに 50g 投入し、2 反復で試験を行った。10 月 11 日、24 日、11 月 4 日に各区 20 株の上位 3 複葉の各小葉について発病の有無を試験 1 と同様に程度別に調査し、発病小葉率及び発病度を算出した。葉害は随時肉眼観察した。

結果と考察

試験 1 イチゴ萎黄病及びうどんこ病に対する抑制効果 (2004 年試験)

本試験で用いたイチゴの栽培ベッドは、前年にイチゴ萎黄病菌を人工的に接種し、栽培ベッド全てにほぼ均一に萎黄病の発病が見られたベッドを用いた。本試験開始前に、ベッドに充填されている椰子殻培土は新しいものに交換したが、その他資材は交換や消毒をせずに、萎黄病の発病を促した。

本試験における萎黄病の発病程度を第 6 表に、うどんこ病の発生程度を第 7 表に示した。無処理区と比べて、全ての処理区で萎黄病の発生株は少なく、発病度も低く抑えられた。うどんこ病についても、対象病害の発生は少発生ではあったが、全処理区で無処理区よりも発病が低く抑えられた。しかし、第 6 表に示した通り、タンク内処理 1% 以外の試験区では、葉縁が褐変する実用上問題となる葉害が

第 6 表 銀ガラス B～G 混合品のイチゴ萎黄病抑制効果

処理方法	調査株数	発病株率 (%)	発病度	防除価	葉害
タンク内処理 1%	27	78.1	30.5	41.2	—
タンク内処理 2%	26	71.9	25.0	51.9	+
カートリッジ 1	24	66.7	20.8	59.9	+
カートリッジ 2	26	57.1	20.5	60.5	+
無処理	24	100	51.9		—

第 7 表 銀ガラス B～G 混合品のイチゴうどんこ病抑制効果

処理方法	調査小葉数	発病小葉率 (%)	発病度	防除価
タンク内処理 1%	324	15.1	3.8	52.5
タンク内処理 2%	312	21.5	5.4	32.5
カートリッジ 1	288	14.9	3.7	53.8
カートリッジ 2	312	13.4	3.6	55.0
無処理	288	27.4	8.0	

第8表 銀ガラスB～G混合品の養液タンク内銀イオン濃度

処理方法	タンク内銀イオン濃度(ppb)
タンク内処理1%	<5
タンク内処理2%	18
カートリッジ1	21
カートリッジ2	81
無処理	<5

第9表 銀ガラスGのイチゴうどんこ病抑制効果

処理方法	区制	10月11日		10月24日		11月4日	
		発病葉率(%)	発病度	発病葉率(%)	発病度	発病葉率(%)	発病度
銀ガラスGを養液タンク(50g/50L)処理	I	7.8	3.1	13.9	3.9	12.8	3.8
	II	3.9	1.1	3.3	0.8	8.3	2.2
	平均	5.9	2.1	8.6	2.4	10.6	3.0
無処理	I	2.2	0.6	16.1	4.3	22.8	6.1
	II	16.1	4.0	22.2	5.7	19.4	6.1
	平均	9.2	2.3	19.2	5.0	21.1	6.1

観察された。

また、養液タンク内の銀イオン濃度の測定値を第8表に示した。タンク内処理1%では、タンク内の銀イオン濃度が検出限界以下(<5ppb)と低い値であったが、タンク内処理2%、カートリッジ1及び2では銀イオン濃度がそれよりも高い値となったことから、それらの処理区で発生した葉害は銀イオンによる葉害であると考えられた。

試験2 イチゴうどんこ病に対する抑制効果(2005年試験)

試験1の結果より、銀ガラスの処理方法は、タンク内処理1.0%が効果と葉害の両面から有効であると考えられた。ここでは、トマトの青枯病抑制試験(前項2)において最も高い効果の見られた銀ガラスGを用いてイチゴうどんこ病抑制効果と葉害の発生について検討した。うどんこ病抑制効果について第9表に示した。2004年の試験(試験1)と同様に、銀ガラスの処理によってうどんこ病の発生を半分程度に抑えることが可能であった。また、銀ガラス処理区には銀によると思われる葉縁褐変症状が認められたが、古葉への軽微なものであり、実用上問題にならないものと考えられた。

総合考察

銀は強い殺菌効果を有することが知られているが、作物によっては銀との接触により障害(葉害)を生じることも知られている⁵⁾。本報告では銀ガラスについて、宮城県内で栽培の多いトマト、ハクサイ、イチゴの主要病害に対する抑制効果を検討したが、これらに対しても、銀ガラスの種類によっては銀による作物への障害が観察された。銀ガラスを殺菌剤として利用する場合には、病害に対する抑制

効果と同様に、作物に対する葉害についても十分な検討が必要であると考えられた。トマトの土壌伝染性病原細菌である青枯病菌に対する銀ガラスの病害抑制効果並びに葉害について検討した結果、銀ガラスGの粒径0.3mm未満の1.0%バッグ処理は、本病に対して高い抑制効果を示し、トマトへの葉害も認められなかった。本試験はポットレベルの試験であったことから、今後圃場レベルでの検討を行う必要があるが、銀ガラスによるトマトの難防除病害である青枯病防除の可能性が十分に示唆される結果となった。また、その他にも土壌伝染性の糸状菌病害であるハクサイ根こぶ病、イチゴ萎黄病にも抑制効果が認められた。これら病害に対する抑制効果は、銀ガラス中の銀イオンによるものと考えられる。一方、銀ガラスにはイチゴうどんこ病の抑制効果も認められた。これは、銀ガラスのガラス成分の一つであるケイ酸がイチゴに吸収され、うどんこ病に対し抑制的に働いているためと考えられる。

今後も銀ガラス組成や処理方法を継続検討することにより、幅広い殺菌スペクトラムを有する新しいタイプの殺菌剤の開発が期待できる。

引用文献

- 1) 神頭武嗣, 三好昭宏, 岩本豊, 小河拓也(2000). ケイ酸カリ土壌かん注によるイチゴうどんこ病発生抑制効果とその品種間差異. 日植病報 66:171(講演要旨).
- 2) Kourai, H.; Manabe, Y., Yamada, Y. (1994). Mode of Bactericidal Action of Zirconium Phosphate Ceramics Containing Silverions in the Crystal Structure. J. Antibact. Antifung. Agents. 22:595-601.

- 3) 草刈眞一, 岡田清嗣, 江口晴一郎, 鷺見隆男(1994). 銀イオン及び銀被覆繊維布による水耕栽培病害防除. 日植病報 60:337-338 (講演要旨).
- 4) 草刈眞一, 江口晴一郎, 趙志宏, 鷺見隆男, 岡田清嗣(1998). 養液栽培における培養液中への銀被覆繊維布添加によるキュウリ, ミツバ根腐病の防除とキュウリ果実の銀の残留量. 日植病報 64:50-56.
- 5) 草刈眞一(2003). 無機系抗菌剤“銀”の農業への利用—オクトクロスの農薬登録と“銀”の利用—. 平成 14 年度 大阪“食とみどり”の新技術:7-8.
- 6) Slade, S. J. and Pegg, G. F. (1992). The effect of silver and other metal ions on the *in vitro* growth of root-rotting *Phytophthora* and other fungal species. *Ann. Appl. Biol.* 122:233-251.
- 7) 田中達也, 富士真, 新妻成一, 久保省三, 森国博全(2004). 接木キュウリ苗へのケイ酸施用によるうどんこ病抑制効果. 2004 年度日本土壌肥科学会講演要旨集:141 (講演要旨).
- 8) 山本則幸, 加藤秀樹(1998). 無機系抗菌剤の特長とその応用. 防菌防黴 26:582-584.

Summary

Silver glasses that are contained silver in water soluble glass were made, and some diseases controlling effect of them were examined. Dissolution rate of the silver ion is different from the feature of silver glass according to the change of the composition and the particle size. In this examination, the thirteen silver glasses that had different compositions were made and sequentially numbered them A~M in order to dissolution rate of silver ion. The faster dissolution rate of silver ion they had, the higher controlling effect against bacterial wilt of tomato was shown, though they caused stronger damage for tomato. Silver glass numbered G, which had higher controlling effect against bacterial wilt but showed stronger damage, and silver glass numbered M, which had lower controlling effect but didn't show any damage for tomato, were examined on their treatment methods and particle sizes. As the results, when silver glass numbered G, which was the particle size 0.3mm or less and enveloped in unwoven cloth, was treated at the rate of 1.0%(w/v) by tomato, a high effect of control was shown to bacterial wilt without any damages. Though this result was obtained in laboratory, field experiments will need doing, but the much possibility of control to bacterial wilt of tomato by silver glass was suggested. Moreover, silver glasses had some controlling effect against clubroot of Chinese cabbage, fusarium wilt and powdery mildew of strawberry. The development of new sterilizer that have wide spectrum using silver glass can be expected by further examination of their composition and treatment methods.