養液栽培における発泡スチロールパネル表面の 銀ゼオライトによる抗菌処理効果について

草刈眞一・森川信也・嘉悦佳子・西山禎一*・岡田清嗣

Shin'ich Kusakari, Shinya Morikawa, Keiko Kaetsu, Yoshikazu Nishiyama* and Kiyotsugu Okada:
Effects of an antimicrobial treatment with silver-zeolite containing polymer of
expanded polystyrene panel in hydroponics

Summary

Transplanting panel of hydroponics treated with silver zeolite containing polymer emulsion prevented root incursion and algae growth on transplanting panel. Algae growth on expanded polystyrene transplanting panel was inhibited by a coating treatment with silver-zeolite containing polymer emulsion. Treatment of 800 ppm of silver zeolite containing polymer emulsion was more effective than 400 ppm of silver-zeolite containing polymer emulsion for the suppression of the algae growth on panels. Silver-zeolite containing polymer emulsion also prevented incursion of mitsuba root incursion to the expanded polystyrene transplanting panel. Growth suppression was not found on mitsuba seedlings transplanted on silver-zeolite containing polymer emulsion treatment of the expanded polystyrene transplanting panel. Microorganism populations decreased significantly surface of the panel treated by the silver-zeolite containing polymer emulsion, while they had no effect in the hydroponics cultural solution.

緒 言

水耕栽培は、栽培槽、定植パネル、培養液タンク等で構成され、培養液を循環させて農作物を栽培する方式であり、植物工場の多くはこの方式を導入している。養液栽培装置には、軽量で加工がしやすいことから発泡スチロール製品が多用され、定植パネルのように、植物の茎や根が接触する部分にも使われている。定植パネルは、培養液に浮かした状態または培養液面より数 cm の空間を隔て設置されており、発泡スチロールパネル面や内部に根が付着または侵入する⁸⁾。また、パネル面に付着した藻に発生する昆虫による病害伝染の可能性も指摘されている¹⁾。

水耕栽培を含めて養液栽培は、作物の生育促進と高品質生産が可能な、収益性の高い栽培方式とされるが、病害が発生した場合、病原菌が培養液を介して伝染し大きな被害となる。病害の伝染には、発泡スチロール表面や、パネル内部に入り込んだ罹病根が関係するとされ、熱によるパネルの殺菌¹⁰⁾等の対策や、藻の発生を抑制する対策が必要になる。

合成樹脂等の抗菌化については、各種抗菌剤の練り込み方法やコーティング法^{5,9)}が実用化されており、発泡スチロールについても抗菌化が可能と考えられる。筆者らは、発泡スチロールに銀ゼオライトを浸透させた抗菌化パネルを作製し、藻の付着や表面の抗菌効果について調査したので報告したい。

材料および方法

1. 供試発泡スチロールパネル

発泡スチロールは、養液栽培の定植パネルに使用されている EPS (ビーズ法発泡スチロール) で成型された穴あきパネル (ミツバ等の定植パネル) を供した。供試穴あきパネルは、縦横 30 cm、厚さ 28 mm で、パネル面には、定植用に縦横 11×7 cm 間隔で直径 35 mm の穴があけられている (第 1 図)。

2. 発泡スチロールの抗菌化処理

発泡スチロールパネルは、抗菌剤である銀ゼオライトを樹脂エマルジョンに混合したもので処理して抗菌化した。樹脂エマルジョンに銀ゼオライトを 400 または

第1図 水耕試験装置と定植パネル

上：試験に供試した水耕試験装置の外観

下：水耕試験装置の断面図と大きさ、パネルの外観

800 ppm 混合して注入した資材区(銀ゼオライト 400 ppm 添加区を A-400, 800 ppm 添加区を A-800), 銀ゼオライトを樹脂エマルジョンに400または 800 ppm 混合したものに無機物の粒子を混合した資材区(銀ゼオライト 400 ppm 添加区を B-400, 800 ppm 添加区を B-800)を作成した。発泡スチロールは、銀ゼオライト混合樹脂エマルジョンに浸漬し、減圧によって発泡スチロール内に銀ゼオライト樹脂エマルジョンを浸透させて調整し、抗菌化パネルとした。

無処理区には、ミツバ定植に慣行で使われる発泡スチロールパネルを供試した。

3. 水耕栽培方法

水耕試験装置は、第1図に示す試験装置を供試した。30 cm×30 cm (深さ 18 cm) の栽培槽で藻の付着検証するため、パネルは培養液上に浮上させた状態の湛液式栽培とした。

供試作物にはミツバ(白茎ミツバ)を供試した。ミツバは、平成23年3月28日に播種し、慣行条件下で栽培後、同年4月14日に子葉の展開した苗を試験装置に定植した。培養液は園試興津処方(硝酸カルシウム 944 mg/L, 塩化カリウム 808 mg/L, 硫酸マグネシウム 492 mg/L, リン酸アンモニウム 152 mg/L, 微量元素として大塚ハ

ウス5号 0.5 g/L を添加)の1/2単位のものを使用し、培養液へは空気ポンプで毎分 8 L の空気を常時曝気した。試験期間中、培養液の減少量を補充するため1週間ごとに1/2濃度の均衡培養液を添加した。

4. 調査方法

①生育調査

ミツバの生育調査は、定植40日後の5月24日に定植穴ごとの草丈、および、株重量を測定した。草丈は、定植穴ごとにミツバの最長茎の長さを測定した。また、重量は、定植穴ごとの株全体の重量(生重)を測定し、2パネル分の平均値を求めた。

②パネル内部への根の侵入

パネルに定植したミツバの根のパネル内への侵入については、パネルの穴の周辺部を切り出し、1穴ごとの根の痕跡数を調査し侵入根数とした。調査は、各槽について3穴を調査し、2区の平均を求めた。

③パネル表面への藻の発生状況

藻の抑制効果は、定植14日後にパネル周辺部への藻の発生状態を調査した。パネル面への藻の発生状況は、発生程度を4段階(0:藻の発生がない, 2:わずかに付着が認められる, 2:明確に発生が見られる, 3:濃緑色の藻が見られる)で評価した(第2図)。栽培槽ごとのパネル各4面について評価し、2パネル分の平均を求めた。

④微生物調査

抗菌化パネルおよび慣行パネルの表面微生物数は、ミツバ定植2週間後に、表面拭き取り法により調査した。各栽培槽のパネルの培養液に接している面について、殺菌綿棒で5 cm の距離を5回拭き取り、滅菌生理食塩水中に懸濁後、標準寒天培地(日水)をもちいた希釈平板法により調査した。検体パネルは、いずれもミツバ定植7日後のパネル面でおこなった。拭き取り法は、各パネルの3か所についておこない、微生物数は2パネル分の平均値を求めた。

また、培養液中の微生物数についても同様に定植2週間後の培養液について標準寒天培地(日水)をもちいて希釈平板法で調査した。

結 果

1. 銀ゼオライトパネルによるミツバの生育

抗菌化パネルによりミツバを栽培し、定植40日後に草丈、株重量を慣行パネルと比較したところ第1表の結果を得た。1穴当たりの株重量については、無処理区と各抗菌化パネル間には有意な差は認めなかった。ミツバの草丈については、無処理区と各抗菌化パネル間には差を

第2図 発泡スチロールへの藻の付着評価

発泡スチロールパネルへの藻の付着状況は、パネル側面部における藻の付着状況を調査した。

付着量は、図のように0-3の4段階、0：藻の発生がない、2：わずかに付着が認められる、2：明確に発生が見られる、3：濃緑色の藻がパネルに見られる、で評価した。

第1表 抗菌化パネルによるミツバの生育

処理区*	草丈 (cm)**	重量 (g)**
A-400	29.4 (1.61) a	80.4 (10.17)
A-800	30.8 (2.60) a	78.1 (12.82)
B-400	32.6 (2.75) b	81.8 (11.48)
B-800	33.9 (2.62) b	82.8 (18.04)
無処理	31.9 (3.31)	77.5 (9.75)

*：A-400, A-800 は、銀ゼオライトを 400, 800 ppm の濃度で添加した樹脂エマルジョンを注入したパネル、B-400, B-800 は、銀ゼオライトの他、無機物粒子を加えた樹脂エマルジョンを注入したパネル。

**：パネル1穴分の草丈、重量を示す。

数値は、全調査数の平均値および標準偏差、() 内は標準偏差で、異なるアルファベット間で有意差あり (Tukeys HSD test, $p < 0.05$)

認めなかったが、抗菌化パネル間では、抗菌化の A 処理と B 処理および銀ゼオライトの添加量間で差が認められ、A 処理に比較して B 処理でやや生育が良好となり、A, B 処理とも銀ゼオライト含量が多いと草丈が高くなる傾向を示した。また、試作パネルにおけるミツバの根色については、慣行パネルおよび供試した抗菌化パネルとも、変色等の障害はなく、差が認めらなかった。

2. パネル内への根の侵入

ミツバ収穫後にそれぞれの定植穴における、発泡スチロールパネル内への根の侵入を調べたところ、第2表の結果を得た。

無処理区と抗菌化パネル間では、発泡スチロール内へ

第2表 抗菌化パネル内へのミツバの根の侵入本数

調査個体 No.	供試パネルの定植穴内側へのミツバの根の侵入本数 (本)*				
	A-400 区	A-800 区	B-400 区	B-800 区	無処理区
1	41	21	62	44	65
2	31	33	36	52	49
3	29	42	32	32	75
4	24	52	41	26	45
5	32	18	37	34	38
6	30	41	31	12	28
7	28	25	41	62	69
8	31	32	31	31	78
9	22	24	48	48	82
10	24	41	31	31	74
11	22	21	52	52	68
12	32	13	29	26	60
平均本数	28.8 ^b	30.3 ^b	39.3 ^b	37.5 ^b	60.9 ^a

*：数値は、ミツバの定植穴の内面に入り込んだ根の本数

栽培槽各6穴、2区の全てを調査下数値について、平均値を示した

異なるアルファベット間には有意差あり (Tukeys HSD test, $p < 0.05$)

第3表 抗菌化パネルの藻の付着状態

処理区	区	パネル周辺4面への藻の発生程度*				藻の発生度数**
A-800	1	0	0	1	0	8
	2	0	1	0	0	8
	平均					8
A-400	1	1	2	2	2	58
	2	2	0	2	2	50
	平均					54
B-800	1	0	2	0	0	17
	2	0	0	1	0	8
	平均					12.5
B-400	1	2	2	2	2	67
	2	2	2	2	2	67
	平均					67
慣行	1	3	2	3	3	91
	2	2	3	3	3	91
	平均					91

*：藻の発生程度は，0；藻の発生なし，1；わずかに発生を認める，2；明確に発生を認める，3；濃緑色の藻が発生している，の4段階で評価した

**：藻の発生度数は，0-3の4段階の発生程度を下記式により求めた。 n_0, n_1, n_2, n_3 は，各発生程度の出現数

$$\text{度数} = \frac{\Sigma(0 \cdot n_0 + 1 \cdot n_1 + 2 \cdot n_2 + 3 \cdot n_3)}{4 \times 3}$$

の根の侵入数に有意な差が認められ，銀ゼオライトを含む樹脂エマルジョンを処理した抗菌化パネルで，ほぼ半数近くまで根の侵入を抑制できた。抗菌パネル間では銀ゼオライトの量，無機化合物の添加，無添加等で有意な差は認められなかった。発泡スチロール内への根の侵入は，スチロール粒子間隙に多く認められた。

3. 抗菌化パネル表面における藻の発生

各抗菌化パネルおよび慣行パネルについて，ミツバを定植して2週間後パネル側面の藻の発生状況を調査したところ，抗菌化パネル区で発生が減少した（第3表）。また，抗菌化パネルでは，銀ゼオライトの添加量が多いほど，藻の発生が抑制された（第3図）。

4. 微生物の抑制効果

抗菌化パネルについて，微生物の抑制効果を検討したところ，パネル表面の微生物数については，抗菌化パネル表面で微生物数が少ない傾向を示した（第4表）。抗菌化処理のAおよびB間では有意な差は認めなかったが，銀ゼオライトの添加量の多い方が表面微生物数の少ない傾向が認められた。

また，ミツバ定植2週間後の培養液中の微生物数を調査したところ，第5表の結果を得た。無処理パネル区，抗菌化パネル区間について，微生物数に有意な差は認められなかった。

第3図 発泡スチロールへの藻の発生状況

無処理区では，側面に広く藻の発生を認める（最上部）が，樹脂処理A，Bの区では少なく，特に，A-800，B-800区ではほとんど藻の発生を認めない。

考 察

養液栽培では，発泡スチロール製の定植パネルが汚染して発病を繰り返すことが指摘され，パネルの熱処理によって発病の減少することが報告されている¹⁰⁾。発泡ス

第4表 定植パネル表面の微生物数

処理区	No.***	微生物数 (×10 ³ cfu/ml)*				
		A-400 区	A-800 区	B-400 区	B-800 区	無処理区
1	1	85**	53	60	72	172
	2	90	62	83	75	164
	3	87	50	92	82	187
2	1	92	62	85	68	189
	2	81	59	79	74	174
	3	70	48	83	85	211
平均		84.2 ^a	55.7 ^b	80.3 ^a	76.0 ^a	182.8 ^c

*：各定植パネルの培養液と接している面について、殺菌綿棒で5 cmの距離を5回拭き取り後、10 mlの滅菌生理食塩水中に回収し、希釈平板法で微生物数を求めた

**：微生物数は、10 ml中の回収液中の微生物数を示す

***：各試験区2パネルについて、それぞれ3カ所の微生物を採取し、平均値を求めた

異なるアルファベット間には有意差あり (Tukeys HSD test, $p < 0.05$)

第5表 培養液中の微生物数

栽培槽	No.	コロニー数 (×10 ³ cfu/ml)				
		無処理区	A-400 区	A-800 区	B-400 区	B-800 区
1	1	122	95	110	112	90
	2	156	115	87	98	126
2	1	110	92	91	85	75
	2	122	108	78	117	95
平均		121.5	91.5	102.5	96.5	103.0

*：各栽培槽の培養液をサンプリングし、希釈平板法で微生物を調査

チロールパネルへの根の侵入抑制は、根腐病、青枯病等の防除に重要であり、定植用発泡スチロールパネルへの藻の付着や根の侵入を防止することが必要である。

銀や銅には、藻の発生¹¹⁾や、根の伸長を抑制する作用⁸⁾が知られており、プラグ苗トレイ内面への根の付着防止と根鉢形成促進に無機銅を主成分とした塗布剤が利用された⁴⁾。本研究によっても、銀ゼオライトを含む樹脂エマルジョンを注入した抗菌化パネルを用いて栽培したところ、慣行パネルに比較して、発泡スチロール内への根の入り込みを半分程度に抑制することが可能であった。また、抗菌化パネルでは、パネル表面への藻の付着も抑制され、これらの効果が銀ゼオライト量の増加によって、高まることから、抗菌剤である銀ゼオライト樹脂の注入処理が、発泡スチロールパネルへの藻の付着と根の侵入抑制に対して有効であることが実証された。

しかし、銀や銅イオンには、作物の生育を抑制する作用が知られている^{2,3)}が、今回使用した銀ゼオライトを400および800 ppm含む抗菌化パネルは、ミツバの草丈伸長および株重量が、慣行パネルと比較してほとんど差

がなく、根の変色も見られなかった。

ミツバの生育が抗菌化パネルで良好になる傾向を示したが、銅イオンには低濃度 (10^{-5} M 以下) で生育促進し、高濃度 ($10^{-4} \sim 10^{-2}$ M) で生育を阻害するとされており¹⁰⁾、銀ゼオライトの生育促進効果については、検討していく必要がある。

銀や銅には抗菌作用があり、養液栽培の防除資材として金属銀剤が農薬登録されている^{6,7)}。これらの金属で、発泡スチロールパネル表面を処理することで、抗菌効果が得られる可能性がある。銀ゼオライトを処理した抗菌化パネルを培養上に浮上させて栽培し、培養液接触面の付着微生物数を、殺菌綿棒による拭き取り法で調査したところ、慣行のパネルに比較して少ないことが確認された。しかし、培養液中の微生物調査では、慣行パネル区、抗菌化パネル区において差がなく、培養液中における微生物抑制効果は認められなかった。これらのことから、銀ゼオライトを混合した樹脂エマルジョン処理は、パネル表面の抗菌化に有効であるが、培養液中へ銀イオンが流出して培養液を殺菌する効果は得られないことが

わかった。

以上の結果より、発泡スチロールに銀ゼオライトを含む樹脂エマルジョンを注入して抗菌化することで、表面微生物数、藻の発生およびパネル内への根の侵入を抑制できることが確認された。ミツバの生育抑制が認められないことから、本処理法による抗菌化パネルは、養液栽培における定植パネルの藻の発生の抑制や根の侵入防止に利用できる。

摘 要

1. 銀ゼオライトを含む樹脂エマルジョン処理した発泡スチロールパネル（抗菌化パネル）は、パネルへの藻の発生、および、発泡スチロール内への作物根の侵入を抑制し、藻の発生と根の侵入抑制効果は、銀ゼオライト含有量と相関した。

2. 発泡スチロールパネル表面の微生物数は、銀ゼオライト樹脂エマルジョン処理パネルで低下した。

3. 抗菌化パネルを使用したミツバの栽培では、株重量、草丈伸長の生育抑制効果はなく、根の変色も見られなかった。

引用文献

- 1) El-Hamalawi, Z. A. and M. E. Stanghellini (2005) Plant Disease 89: 619-623.
- 2) Jiang, W., D. Liu and X. Liu (2001) Biologia Plantarum 44(1): 105-109.
- 3) Malcolm, C. D., M. B. Jackson, C. G. Giffard and R. Campbell (1981) Planta 153: 217-224.
- 4) 清田 勇 (1995) 野菜園芸技術 22(3) : 43-47.
- 5) 高麗寛紀 (1996) 防菌防黴 24 : 509-515.
- 6) 草刈真一・江口晴一郎・趙志宏・鷺見隆男・岡田清嗣 (1998) 日植病報 64 : 50-56.
- 7) 草刈真一・岡田清嗣・伊藤克彦 (2003) 植物防疫 57 : 325-329.
- 8) 草刈真一 (2009) 養液栽培の病害と対策, 農文協, 東京, pp. 133-134.
- 9) 栗原靖夫 (1997) 防菌防黴 25 : 735.
- 10) Young, R. G. and D. J. Lisk (1972) Water Pollution Control Federation 44: 1643-1647, 153(3): 217-224.
- 11) 竹内妙子 (1995) 植物防疫 49 : 426-429.