

トルコギキョウ及びりんどうにおける
低濃度エタノールを使用した土壌還元消毒法
による土壌病害対策の実証



令和7(2025)年3月

栃木県農政部経営技術課

1 はじめに

現在、トルコギキョウやりんどうなどの花き栽培において、連作による土壌病害が深刻な問題となっています。

トルコギキョウの立枯病は、主に 2 種類のフザリウム属菌 (*Fusarium oxysporum*、*Fusarium solani*) によって引き起こされる深刻な病害です。この病害は土壌伝染性であり、被害株に形成された厚膜胞子が土壌中に生存し、伝染源となります。連作を行うほど発生が激しくなる傾向があり、被害が全国的に広がっています。現地では、土壌くん蒸剤による土壌消毒が行われていますが、土壌病原菌がほ場の深層部に存在するため、消毒効果が不十分な場合が多くあります。また、土壌くん蒸剤は環境や生産者への影響が懸念されます。

りんどうは深根性植物であり、株を複数年利用するため、根が土壌下層まで伸長した 2 年目以降に土壌病害の被害を受けることが多く、従来の方法では十分な土壌消毒の効果が得られていません。

一方、低濃度エタノールを使用した土壌還元消毒法は、深層部までの殺菌および殺センチュウ効果が高く、環境負荷低減の対策としても評価が高いため、注目されています。そこで今回は、低濃度エタノールを使用した土壌還元消毒法をグリーンな栽培体系として導入し、その消毒効果や作業性の向上について検証しました。



立枯病（消毒前）の状況



消毒後の状況

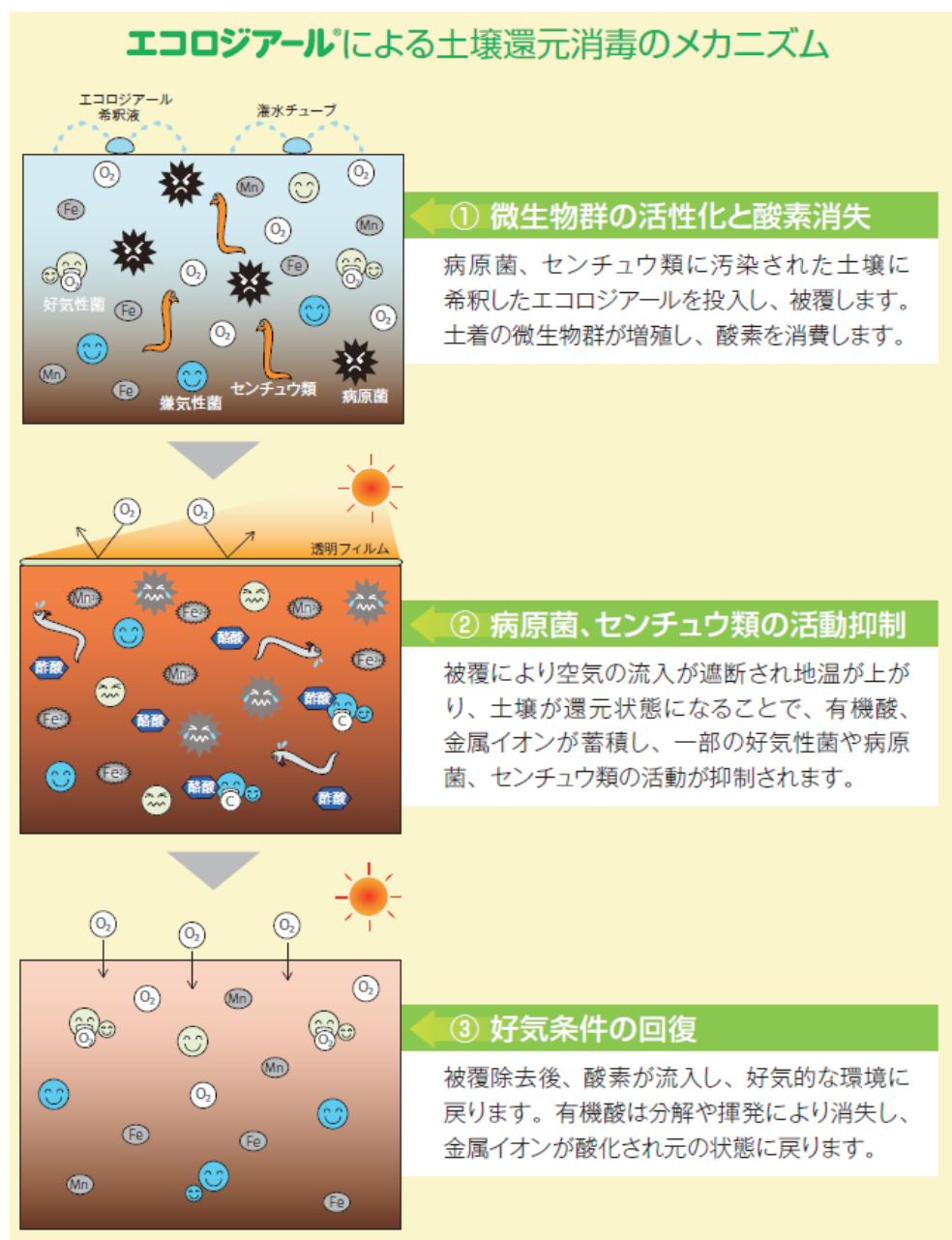
2 低濃度エタノールを使用した土壌還元消毒法とは

低濃度エタノールを使用した土壌還元消毒法は、化学農薬を使用しない安全な方法として評価が高く、適切に実施すれば効果的な土壌消毒法となります。また、低濃度エタノールは土壌深層部まで浸透しやすく、高い消毒効果が期待できます。

(1) 特徴

- 化学農薬を使用せず、環境への負荷が少ない。
- 化学的な土壌くん蒸剤と比べて、人体への影響が少なく、安全性が高い。
- 土壌病害虫や雑草の発生抑制など広範囲に効果がある。
- 多くの作物や病害虫に対して効果が実証されている。

(2) メカニズム



出典：エタノール土壌還元消毒用資材 エコロジアル取扱説明書
(日本アルコール産業株式会社)

3 低濃度エタノールを使用した土壌還元消毒法の手順

(1) ほ場の準備

○耕起

前作の残さや雑草の除去
できるだけ深く、細くなるように耕す
できるだけ均平にする。

○畝立て※

○かん水チューブの設置

○フィルムの被覆

水まくら利用などにより気密性を向上させる。

○事前かん水

処理前日までに行う。
十分かつ均一に湿るようにかん水する。



液肥混入器を利用した
低濃度エタノール投入

(2) 処理

○低濃度エタノールの投入

液肥混入器を利用し、60 倍を目安とする。
水量が少ない場合は、ほ場を分割して順次投入

○被覆期間

14 日から 21 日間

ハウスを密閉し、深さ 20cm の地温が 30℃以上
になるように管理



気密性向上
(隙間ができないように被覆)

(3) 処理後

○フィルムの除去

○還元状態の確認

深層部ほど還元され灰緑色に変色しており、特有の臭気がある。
ジピリジル試薬を用いることで還元状態を確認できる。

○畝立て※

○作物の定植

臭気がなくなり、地温が戻って適度な水分になってから実施

※ 畝立て作業は、処理前、処理後、いずれも可能



低濃度エタノール投入後の様子



ジピリジル反応による効果確認

4 従来の技術との比較（トルコギキョウ）

時期	主な作業	
	グリーンな栽培体系	慣行栽培
6月	収穫終了 改植準備	収穫終了 改植準備
7月	低濃度エタノールによる 土壌還元消毒	薬剤等による土壌消毒
8月	定植準備	定植準備
9月	定植	定植
10月～6月	収穫	収穫

5 年間経費試算（10a当たり）

内容	土壌消毒の方法	
	低濃度エタノール	クロピクフロー
土壌消毒資材	128,900 円	93,600 円
かん水チューブ※	4,400 円	4,400 円
被覆フィルム※	15,547 円	15,547 円
液肥混入器※	10,989 円	10,989 円
合計	159,836 円	124,536 円

※令和5年4月現在の価格

被覆フィルム3年使用、かん水チューブ及び液肥混入器5年使用として（生産者使用実績から）

6 実証の概要

品目	市町	実証した技術	対象病害虫
トルコギキョウ	足利市	消毒後畝立て エタノール濃度 1.0%	青枯病
	鹿沼市	畝立て後消毒 エタノール濃度 1.5%、2.0%	立枯病 センチュウ類
	小山市	畝立て後消毒 エタノール濃度 1.0%	立枯病 センチュウ類
りんどう	宇都宮市	畝立て後消毒 エタノール濃度 1.0%	立枯病 センチュウ類

トルコギキョウ（足利市）の実証結果

- 1 対象病害 青枯病
- 2 設置内容 消毒後畝立て
エタノール濃度 1.0%
- 3 ほ場準備 耕起、整地、かん水チューブ設置、被覆、水まぐらの設置
ほ場全体が均一に湿るように事前かん水を実施
- 4 処理方法

使用資材	エコロジアル（濃度 55.0～59.9%）
処理量	10a 当たり処理量 1,000L
希釈倍率	約 60 倍（10a 当たり希釈液 60,000L 処理）
希釈方法	液肥混入器（スミチャージ N40）
被覆期間	18 日間（7 月 18 日～8 月 4 日）
- 5 処理後 施肥、耕起、畝立て（ベッド）作り
- 6 定植日 8 月 25 日～9 月 1 日
- 7 品種 グラナスライトピンク、渚B、マリッサブルー、ボレロホワイト、
コロソホワイト、グラナスピンク

※クロルピクリン錠剤による土壌消毒（令和5年実施）と比較

表 1 低濃度エタノールおよびクロルピクリン錠剤による土壌消毒作業時間の比較（10 a あたり）

低濃度エタノール			クロルピクリン錠剤※		
作業内容	作業時間 (h)	備考	作業内容	作業時間 (h)	備考
灌水チューブ設置	8.0	2 人	錠剤散播	4.0	2 人
被覆資材設置	6.0	3 人	耕耘	3.0	
低濃度エタノール流入	2.0	250L 当たり 30 分 × 4	被覆資材設置	6.0	3 人
被覆期間中の管理	9.0	30 分 × 18 日間	被覆期間中の管理	17.5	30 分 × 35 日間
被覆資材撤去	3.0	3 人	被覆資材撤去	3.0	3 人
耕耘	3.0		耕耘	3.0	
ベッド作り	8.0		ベッド作り	8.0	
総作業時間	39.0		総作業時間	44.5	

※令和5年実績内容

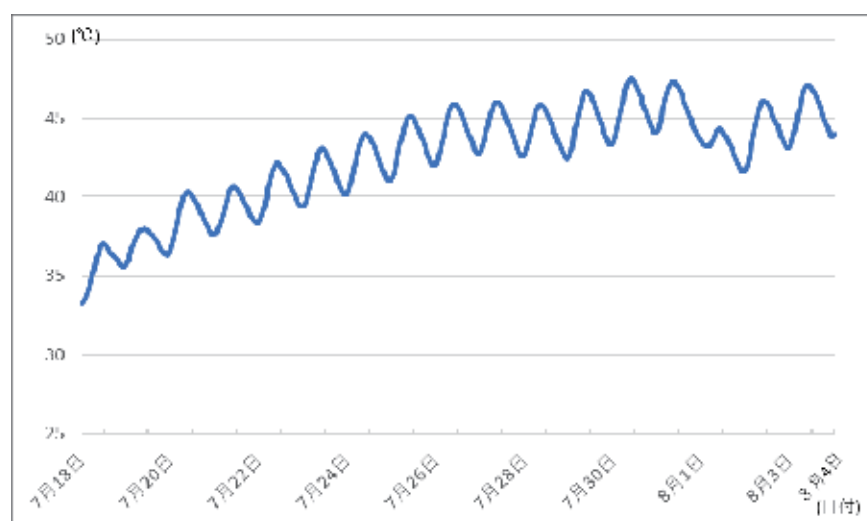


図 1 低濃度エタノール処理期間中の地温の推移

表 2 処理前後の土壌中の青枯病菌の分布密度

採取地点 (上：地下10～20 cm) (下：地下50～60 cm)		青枯病菌			
		有無		密度 (CFU/g土壌)	
		処理前	処理後	処理前	処理後
①	上	—	—	ND	ND
	下	—	—	ND	ND
②	上	—	—	ND	ND
	下	有	—	ND	ND
③	上	—	—	ND	ND
	下	—	—	ND	ND
④	上	—	—	ND	ND
	下	—	—	ND	ND
⑤	上	—	—	ND	ND
	下	—	—	ND	ND
⑥	上	有	—	ND	ND
	下	—	—	ND	ND
⑦	上	有	—	ND	ND
	下	—	—	ND	ND

※ 分析：日本アルコール産業株式会社

処理前：6月13日

処理後：8月4日

青枯病菌の有無：BIO-PCR

ND：検出限界以下

表 3 青枯病発生割合

品種	発生割合（％）			
	1 番花	2 番花		令和 5 年産
	10 月 26 日	5 月 14 日	6 月 13 日	
グラナスライトピンク①	0	1	3	20
渚 B①	0	10	10	10
マリッサブルー	0	1	2	—
ボレロホワイト	0	5	7	30
グラナスライトピンク②	0	1	4	20
コロホホワイト	0	0	0	10
グラナスピンク	0	3	5	—
渚 B②	0	1	1	10

※調査株数：48株/品種

8 結果

○作業時間は、クロルピクリン錠剤による土壌消毒に対して 10a あたり 5.5 時間少なくなった（表 1）。

○処理期間の地温は、常に 30℃以上を確保することができた（図 1）。

○青枯病菌は、処理後検出されなかった（表 2）。

○1 番花では全ての品種で発病は見られなかった。

2 番花では、渚 B①及びボレロホワイトでは 7～10%、それ以外の品種では 5%以下の発病割合となった。令和 5 年産と比較し、発生程度が少なくなった（表 3）。

9 担当農家の評価

青枯病の発生状況について、例年よりも発病株数が減少したことから、作全体を通して消毒効果があったと感じた。また、クロルピクリン錠剤処理に比べて作業時間が短く、安全面についても優れていると感じた。

ハウスの南端の土壌消毒効果が今回十分でなかったと考えられるため、消毒方法を検討したい。

トルコギキョウ（鹿沼市）の実証結果

- 1 対象病害 立枯病（フザリウム）、センチュウ類
- 2 設置内容 畝立て後消毒
処理濃度 処理区①エタノール濃度 1.5%
処理区②エタノール濃度 2.0%
- 3 ほ場準備 施肥、耕起、畝立て（ベッド）、かん水チューブ設置、被覆、水まくら設置
ほ場全体が均一に湿るように事前かん水を実施
- 4 処理方法

使用資材	エコロジアル（濃度 55.0～59.9%）
処理量	供試区① 10a 当たり処理量 1,500L 供試区② 10a 当たり処理量 2,000L
希釈倍率	約 60 倍（10a 当たり希釈液 60,000L 処理）
希釈方法	液肥混入器（スミチャージ N40）
被覆期間	供試区① 29 日間（7月 6日～8月 4日） 供試区② 26 日間（7月 22 日～8月 17 日）
- 5 定植日 供試区① 8月 10 日
供試区② 8月 31 日
- 6 品種 供試区① セレブリッチホワイト、セレブクリスタル、モンロー、
ジュリアスブルー、ラビアーシュ
供試区② 海ほのか、ジュリアスラベンダー、リリックホワイト、
グラナスライトピンク、ラズリーブルーフラッシュ

※クロピクフローによる土壤消毒と比較

表 4 低濃度エタノールおよびクロピクフローによる土壤消毒作業時間の比較（13 a あたり）

低濃度エタノール		クロピクフロー	
作業内容	作業時間 (h)	作業内容	作業時間 (h)
耕起	8.0	耕耘	8.0
ベッド作り		ベッド作り	
かん水チューブの設置 水まくらの設置 事前かん水処理	8.0	灌水チューブの設置 水まくらの設置	8.0
被覆資材被覆		被覆資材被覆	
処理	5.0	処理	1.3
被覆資材撤去	8.0	被覆資材撤去	8.0
合計	29.0	合計	24.3

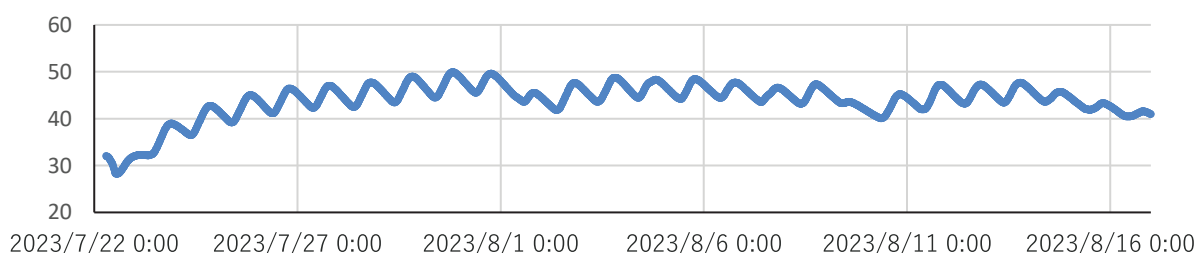


図 2 処理濃度 2 % 区の地温の推移

表5 処理前後の土壌中のセンチュウ類、*F. oxysporum* の分布密度

試験区	採取位置	全センチュウ類 (頭/20g土壌)		<i>F. oxysporum</i> (CFU/g土壌)	
		処理前	処理後	処理前	処理後
供試区①	上 (地下10~20cm)	98	0	1414	ND
	下 (地下50~60cm)	18	0	7	ND
供試区②	上 (地下10~20cm)	46	0	100	ND

※ 分析：日本アルコール産業株式会社 処理前：6月13日 処理後：8月17日 ND：検出限界以下

表6 立枯病発生割合

試験区	品種	発生割合 (%)
供試区①	セレブリッチホワイト	0
	セレブクリスタル	0
	モンロー	0
	ジュリアスブルー	0
	ラビアージュ	0
供試区②	海ほのか	0
	ジュリアスラベンダー	0
	リリックホワイト	0
	グラナスライトピンク	0
	ラズリーブルーフラッシュ	0



写真1 支柱まわりの立枯病発生（調査区外）

※ 調査株数：48株/品種

7 結果

- 作業時間は、クロピクフローによる土壌消毒に対して 13a あたり 3.7 時間多くなった（表4）。
- 処理期間の地温は、25 日間 30℃以上を確保することができた（図2）。
- F. oxysporum* 及びセンチュウ類は、処理後、両供試区とも検出されなかった（表5）。
- 立枯病の発生状況は、両供試区とも全ての品種で発病は見られなかった（表6）。
- 調査区外の支柱まわりに多少の立枯病発生が見受けられた（写真1）。

8 担当農家の評価

立枯症状が大幅に減少したことから効果は十分にあると思われる。一方で、支柱まわりでの発生が顕著だったことから、支柱等資材の洗浄や消毒が必要と考えられた。

ベッド形成後の処理は、外部からの病原菌やセンチュウ類の持ち込みリスクを少なくできると考えられる。一方で、処理により土壌が固くしめるため、定植に時間がかかることが課題であった。

トルコギキョウ（小山市）の実証結果

- 1 対象病害 立枯病（フザリウム）、センチュウ類
 - 2 設置内容 畝立て後消毒
エタノール濃度 1.0%
 - 3 ほ場準備 施肥、耕起、畝立て（ベッド）、かん水チューブ設置、被覆、水まくら設置
ほ場全体が均一に湿るように事前かん水を実施
 - 4 処理方法

使用資材	エコロジアル（濃度 55.0～59.9%）
処理量	10a 当たり処理量 1,000L
希釈倍率	約 60 倍（10a 当たり希釈液 60,000L 処理）
希釈方法	液肥混入器（スミチャージ N40）
被覆期間	32 日間（7月 15 日～8月 16 日）
 - 5 定植日 8月 19 日～24 日
 - 6 品種 ボヤージュⅡ型イエロー3、ボヤージュⅡ型ライトピンク、
ボヤージュⅡ型スノー、アンバーダブルⅡ型ショコラ 他 11 品種
- ※ぬかによる土壌還元消毒（令和5年実施）と比較

表7 低濃度エタノール及びぬかによる土壌熱還元消毒の作業時間比較（10a あたり）

作業内容	低濃度エタノール		ぬか※	
	作業時間（h）	備考	作業時間（h）	備考
ぬか施用（手散布）			8	2人
バイオエース施用（手散布）			6	2人
耕耘	6		6	
ベッド作成	4		4	
灌水チューブ設置	6	2人	6	2人
事前灌水	3	灌水チューブ		
被覆資材設置	9	3人	9	3人
低濃度エタノール注入	6	3時間/5a × 2		
灌水			4	
被覆資材除去	6	2人	6	2人
定植準備	6		6	
総作業時間	46		55	

※令和5年実績内容

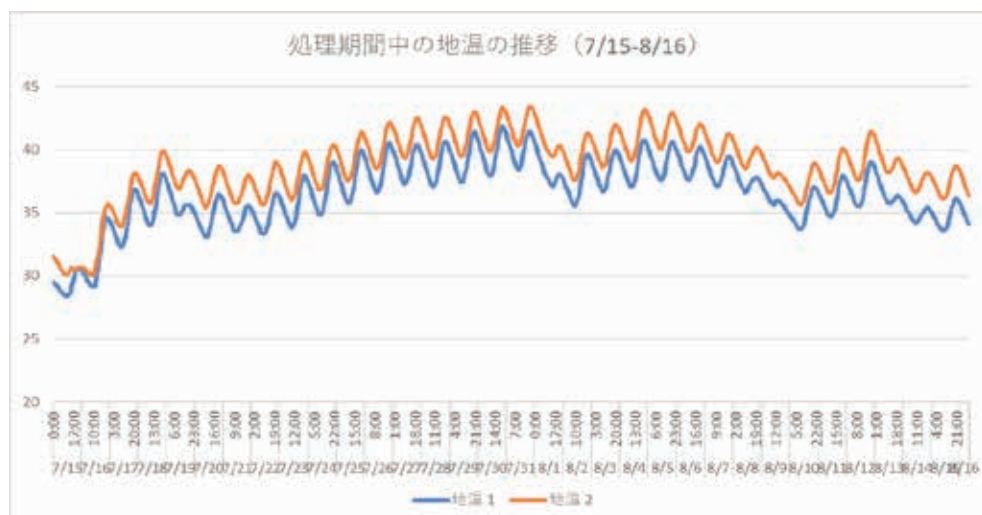


図3 低濃度エタノール処理期間中の地温の推移

表 8 処理前後の土壌中のセンチュウ類、*F. oxysporum*の分布密度

採取地点 (上：地下10～20 cm) (下：地下50～60 cm)		全センチュウ類 (頭/20g土壌)		口針ありセンチュウ類 (頭/20g土壌)		<i>F. oxysporum</i> (CFU/g土壌)	
		処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後
①	上	394	0	0	0	25500	ND
	下	2	0	0	0	100	ND
②	上	158	2	0	0	4100	ND
	下	20	24	0	0	200	ND
③	上	100	0	4	0	37000	ND
	下	0	76	0	0	50	ND
④	上	252	2	0	0	17000	ND
	下	0	2	0	0	ND	ND

※ 分析：日本アルコール産業株式会社 処理前：6月27日 処理後：8月9日 ND：検出限界以下

表 9 立枯病発生割合

品種	発生割合 (%)		
	10月31日	1月11日	5月17日
ボヤージュⅡ型イエロー3	0	4.2	10.4
ボヤージュⅡ型ライトピンク	0	0	4.2
ボヤージュⅡ型スノー	0	0	0
アンバーダブルⅡ型ショコラ	0	0	6.3
モンロー	0	0	2.1
エグゼアンティーク	0	0	0
ボヤージュⅠ型グリーン	0	0	6.3
プリマラベンダー	0	0	0
セレブクリスタル	0	0	0
ジュリアスラベンダー	0	0	4.2

※ 調査株数：48株/品種

7 結果

- 作業時間は、ぬかによる土壌還元処理と比較し10aあたり9時間少なくなった(表7)。
- 処理期間の地温は、30日間30℃以上を確保することができた(図3)。
- F. oxysporum*及びセンチュウ類は、処理後、検出されなかった(表8)。
- 立枯病の発生状況について、1番花では1品種で4.2%、2番花では品種により2.1%～10.4%の枯れが見られた(表9)。

8 担当農家の評価

従来は、ぬかおよび微生物肥料を用いた太陽熱還元消毒をしていたが、ぬか等の散布処理がないため作業性は大きく向上した。また、消毒の効果についても格段に良かった。

りんどう（宇都宮市）の実証結果

- 1 対象病害 立枯病（フザリウム）、センチュウ類
 - 2 設置内容 消毒後畝立て
エタノール濃度 1.0%
 - 3 ほ場準備 耕起、かん水チューブ設置、被覆、水まくら設置、事前かん水
 - 4 処理方法

使用資材	エコロジアル（濃度 55.0～59.9%）
処理量	10a 当たり処理量 1,000L
希釈倍率	約 60 倍（10a 当たり希釈液 60,000L 処理）
希釈方法	液肥混入器（スミチャージ N40）
被覆期間	60 日間（8月2日～9月1日）
 - 5 処理後 施肥、耕起、畝立て（ベッド）作り
 - 6 定植日 令和6年4月15日
 - 7 品種 りんおとめ
- ※ふすまによる土壌還元消毒（令和5年実施）と比較

表10 低濃度エタノール及びふすまによる土壌還元消毒の作業時間比較（3.3aあたり）

作業内容	低濃度エタノール		ふすま※	
	作業時間(h)	備考	作業時間(h)	備考
ふすま施用			2	全面散布
ほ場耕耘作業	6		6	
かん水チューブ設置	1	2人	1	2人
被覆作業	1	3人	2	2人
低濃度エタノール施用	5			
総作業時間	16		14	

※令和5年実績内容

表11 処理前後の土壌中の線虫、*F. oxysporum*の分布密度

採取地点		全センチュウ類 (頭/20g土壌)		口針ありセンチュウ類 (頭/20g土壌)		<i>F. oxysporum</i> (CFU/g土壌)	
		処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後
①	上	4	0	0	0	550	ND
	下	6	0	0	0	200	ND
②	上	42	0	0	0	550	ND
	下	0	0	0	0	ND	ND
③	上	8	0	0	0	850	ND
	下	0	2	0	0	ND	ND
④	上	2	0	0	0	1400	ND
	下	0	0	0	0	ND	ND
⑤	上	136	0	0	0	450	ND
	下	2	0	0	0	ND	ND
⑥	上	0	0	0	0	150	ND
	下	2	0	0	0	ND	ND

※ND：検出限界以下

分析：日本アルコール産業株式会社

処理前：6月27日

処理後：9月12日

「上」：地下10～20 cm

「下」：地下50～60 cm

8 結果

- 作業時間は、ふすまによる土壌還元処理と比較し3.3aあたり2時間多くなった 表(10)。
- F. oxysporum*及びセンチュウ類は、処理後、検出されなかった（表11）。

9 担当農家の評価

消毒効果が高く、生育も良好で、有効な消毒方法であると思われる。

実証試験のまとめ

1 トルコギキョウ

- 作業時間は、足利市及び小山市の実証ほ場において、慣行よりも 10a あたり 5.5～9 時間削減した。一方で、鹿沼市の実証ほ場では 10a あたり 3.7 時間増加した。
- 安全性や作業性での負担軽減による評価が高かった。
- 処理期間中、すべての実証ほ場において、深さ 20 cm の地温が 21 日間以上 30℃以上を確保することができた。
- 青枯病菌、*F. oxysporum* 及びセンチュウ類は、処理後、地中 10～20cm、50～60cm とともに検出されず、地中深くまで効果が確認できた。
- 消毒後畝立て、畝立て後消毒とも同様の効果が見られた。
- エタノールの処理濃度については、1.0%、1.5%、2.0%とも同様の効果が見られた。
- 病害の発生状況について、1 番花では全ての品種で発病は見られなかった。しかし、2 番花では病害が発生したものの、前年と比較し発生程度が少なくなった。
- 病害の発生場所が支柱パイプ周辺で顕著だったため、支柱などの資材の洗浄や消毒が必要であると考えられた。

2 りんどう

- F. oxysporum* 及びセンチュウ類は、処理後、検出されなかった。

以上のことから、低濃度エタノールを使用した土壌還元消毒法により、青枯病菌、*F. oxysporum* 及びセンチュウ類が検出限界以下となり、病害虫の発生を抑えることができた。

また、経費について既存の土壌消毒法に比べて増加するが、消毒効果や作業の安全性が高く評価された。今後、品質向上や生産ロスについて調査し、費用対効果の検証が必要と考えられた。

導入時の留意事項

- 消毒の時期は、深さ 20cm の地温が 30℃以上であり、かつその状態を 14 日間以上維持できる時期とする。
- 支柱等の資材の洗浄や消毒を実施し、再汚染を防止する。
- 土壌消毒効果の低下を防ぐため、気密性の向上に努める。

本冊子は、みどりの食料システム戦略緊急対策交付金（グリーンな栽培体系への
転換サポート）を活用し作成しました。

【資材に関するお問い合わせ】（エコロジアル）
日本アルコール産業株式会社 ０３－５６４１－５２５５



【お問合せ先】

栃木県農政部	経営技術課	028-623-2322
河内農業振興事務所	経営普及部	028-626-3066
上都賀農業振興事務所	経営普及部	0289-62-6125
下都賀農業振興事務所	経営普及部	0282-24-1101
安足農業振興事務所	経営普及部	0283-23-1431