

植木、盆栽及び苗木の輸出に不可欠な 植物寄生性線虫の除去及びそれに伴う 商品価値の低下に関する対策技術マニュアル



生物系特定産業技術研究支援センター

イノベーション創出強化研究推進事業（JPJ007097）

「植木、盆栽及び苗木の輸出に不可欠な植物寄生性線虫の除去及びそれに伴う
商品価値の低下に関する対策技術の高度化（課題番号 02011B）」

2024年3月

イノベ事業 02011B コンソーシアム

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構、埼玉県（農業技術研究センター、
花と緑の振興センター）、千葉県農林総合研究センター、香川県（農業試験場病害虫防除所、
園芸総合センター、農政水産部農業経営課、東讃農業改良普及センター）、
福岡県農林業総合試験場 資源活用研究センター、アグロ カネショウ株式会社

免責事項

- 本マニュアルを利用することによって生じたあらゆる損害等については、当コンソーシアム参加機関は一切責任を負いません。
- 本マニュアルに記載された技術を利用した場合に、本記載どおりの結果が得られることを保証したものではありません。
- 本マニュアルに記載された技術の効果は、圃場条件、栽培管理、気象条件、線虫の発生状況等によって変動します。
- 本マニュアルに記載された資材は、製品ラベル等に記載された取扱注意事項や使用方法に従ってご使用ください。
- 本マニュアルに掲載されている輸出検疫条件は今後改正される可能性があるため、最新情報の確認が必要です。

イノベ事業 02011B コンソーシアム

目次

免責事項

はじめに	1
------------	---

I. アジア諸国向けイヌマキ植木輸出の技術体系

1. 輸出の現状	3
2. 根洗い後の樹勢を維持する技術	
(1) 技術体系の概要	4
(2) 施肥による根量の確保	6
(3) 根洗いの実施時期	7
(4) 根部の保湿資材及び被覆資材	8
(5) 蒸散の抑制	9
(6) 技術体系の効果	11
3. 線虫の防除技術	
(1) 従来薬剤処理の効果	12
(2) 薬剤の処理方法の改良	
ア. 保湿資材充填後の薬剤処理	13
イ. 薬剤処理の実施時期	14
(3) 改良法による薬剤処理と樹勢を維持する技術体系との組合せ	15

II. 台湾向け又は EU 諸国・英国向けマツ盆栽輸出の技術体系

1. 台湾向け輸出における品質維持技術	
(1) 従来技術の問題点	16
(2) 根洗い前の発根促進	17

(3) 根洗い及び薬剤処理	18
(4) 根部の保湿資材	18
(5) 根部の被覆資材	19
(6) 技術体系の効果	20
2. EU 諸国・英国向け輸出における線虫防除技術	
(1) 従来技術の問題点	21
(2) 鉢上げ時の培養土の改変	22
(3) 線虫防除用薬剤の選択	23
(4) 技術体系の効果	23

Ⅲ. EU 諸国・英国向けイブキ盆栽輸出の技術体系

1. 従来技術の問題点	25
2. 新たな線虫防除技術	26
(1) 根洗いの必要性	27
(2) 薬剤の処理時期の影響	27
(3) 薬剤の処理時間及び薬液濃度の順守	28
(4) 薬剤処理の残効期間	28
(5) 2 薬剤の体系処理	29
(6) 2 薬剤の混用	30
(7) 2 か年にわたる 2 薬剤の体系処理	30
(8) まとめ	31

Ⅳ. アジア諸国向け苗木輸出の技術体系

1. 技術体系の概要	32
2. 養生期間中の品質維持	33
(1) 根洗い及び薬剤処理	34

(2) 品質維持に有効な養生方法等	3 5
3. 輸送期間中の品質維持	3 7
(1) 輸出用コンテナ内の温度及び湿度	3 8
(2) 品質維持に有効な輸送方法	3 8
(3) 輸送費	4 1
4. まとめ	4 2
参考：線虫防除用薬剤の作用	4 3
1. アバメクチン乳剤のキタネグサレセンチュウに対する防除効果	
(1) 成幼虫の活動性に対する影響	4 3
(2) 卵の孵化に対する影響	4 4
(3) 根内の線虫に対する影響	4 4
2. イミシアホス液剤のキタネグサレセンチュウに対する防除効果	4 5
用語解説	4 6
本マニュアルに関するお問い合わせ	4 8

はじめに

枝振りや大きさなどの樹形に人が手を加えて作られる植木や盆栽は、伝統技術に裏打ちされた芸術品であり、日本庭園への評価の高まりや「BONSAI」ブームを受けて、海外で高い人気があります。植木、盆栽及びそれらの苗木（以下、本マニュアルでこれらを総称する場合は「造形樹等」と表記）を輸出する際には、植物防疫所が実施する検査に合格して、相手国が輸入を禁止している病害虫の不在を示す必要があります。なかでも植物に寄生する線虫（用語解説 46 ページを参照）は、微小かつほぼ透明な上に土壌や根の中に生息していることに加えて、多くの樹種は線虫に寄生されていても、その生育には目に見えるほどの影響がないことから、線虫の有無の確認や防除の要否の判断が極めて困難です。造形樹等の輸出額は 2017 年には約 126 億円でしたが、その後は減少傾向にあり、2021 年は約 69 億円でした（図 A）。こうした傾向には、主要な輸出樹種の検疫条件が線虫等の侵入を防ぐために強化されたことや、2020 年以降の新型コロナウイルス感染症の世界的な流行によって、造形樹等のバイヤーの往来が減少したことが関係していると思われます。

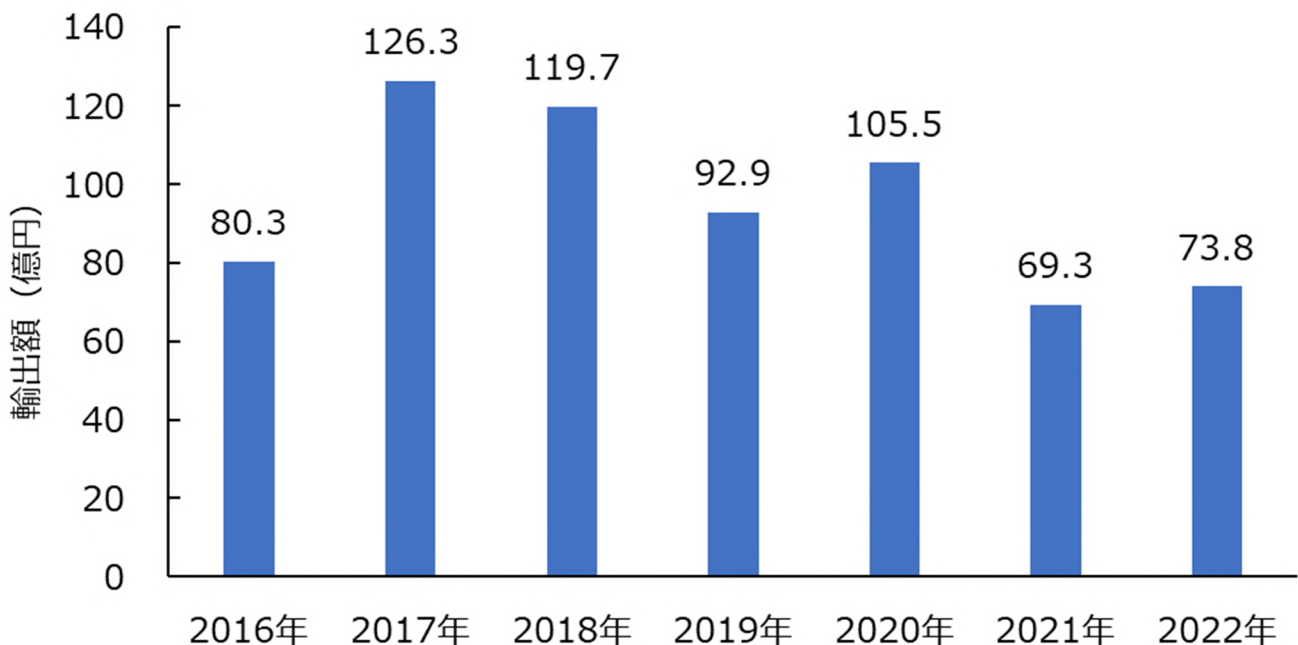


図 A 植木等の輸出額の推移

農林水産物輸出入概況（輸出・国際局国際経済課）から作成

植物防疫所が実施する検査では、造形樹等の培養土や根のすべてを検査することはできないため、それらの一部（サンプル）を採取して検査が行われます。そのため、検査に合格した（サンプル中の線虫の不在が確認された）樹木であっても、相手国の検疫で線虫が検出されてしまうことがあります。この場合は線虫が検出された樹木のみならず、それが含まれていた荷口全体が不合格になるため、高額な経済的損失が生じてしまいます。そこで、根部の土壌を水流で洗い落としてから（以下「根洗い」と表記、輸出条件になっている場合が多い）、線虫防除用薬剤（用語解説 46 ページを参照）の薬液に根を浸漬（薬剤処理）する対策が一般に実施されています。しかしながら、それらの処置は樹木の根にダメージを与えるため、落葉や生育不良を引き起こして商品価値が損なわれる場合があります。樹木類の根部の線虫防除に使用可能な薬剤には、一部の樹種に顕著な葉害を発生させるものや、線虫の種類によっては効果が低いものがあることに加えて、薬剤の効果を高めるための処理条件にも未解明の部分が多いため、検査検疫での線虫の非検出を安定して達成することができない、というのが実情でした。

こうした背景から当コンソーシアムは、イノベーション創出強化研究推進事業「植木、盆栽及び苗木の輸出に不可欠な植物寄生性線虫の除去及びそれに伴う商品価値の低下に関する対策技術の高度化」において、主要な輸出用造形樹等を対象に、新たな品質維持技術及び線虫防除技術の開発や、従来技術のブラッシュアップに取り組みました。本マニュアルは、当該事業で開発したいくつかの技術体系を、生産者や輸出関係者の方々に周知するために整理したものです。ここでご紹介する成果を造形樹等の生産や輸出の現場でご活用いただくことで、植物寄生性線虫に起因する経済的損失のリスクが軽減され、輸出の拡大につながることを期待いたします。

I. アジア諸国向けイヌマキ植木輸出の技術体系

1. 輸出の現状

イヌマキはアジア諸国を中心に需要が高く、大型の植木（樹高3～5m）を中心に盛んに輸出されてきました。いずれの国も土壌付きの造形樹等の輸入を原則禁止していますが、主要な輸出相手国向けには、土壌付きのイヌマキ植木の輸出が例外的に可能でした。しかしながら、土壌付き植物の輸入に伴うリスクを減少させるために、主要な輸出相手国の検疫体制が近年厳格化されたことで、イヌマキ植木の輸出は停滞しています。

こうした状況を鑑みると、今後の輸出を回復・拡大するためには、根部から土壌を除去した状態での輸出（以下、「根洗い輸出」と表記）にも対応する必要があります（図I-1-1）。根洗い輸出の問題は、細根の脱落や線虫防除用薬剤（用語解説46ページを参照）の処理による根傷みが発生することで、輸出先で定植された株の3割以上で落葉や枯死などの商品価値の低下が発生していることです。そのため、根洗い後の商品価値を維持するための技術開発が重要です。また、輸出相手国が懸念する線虫侵入のリスクを軽減するための技術開発も求められています。

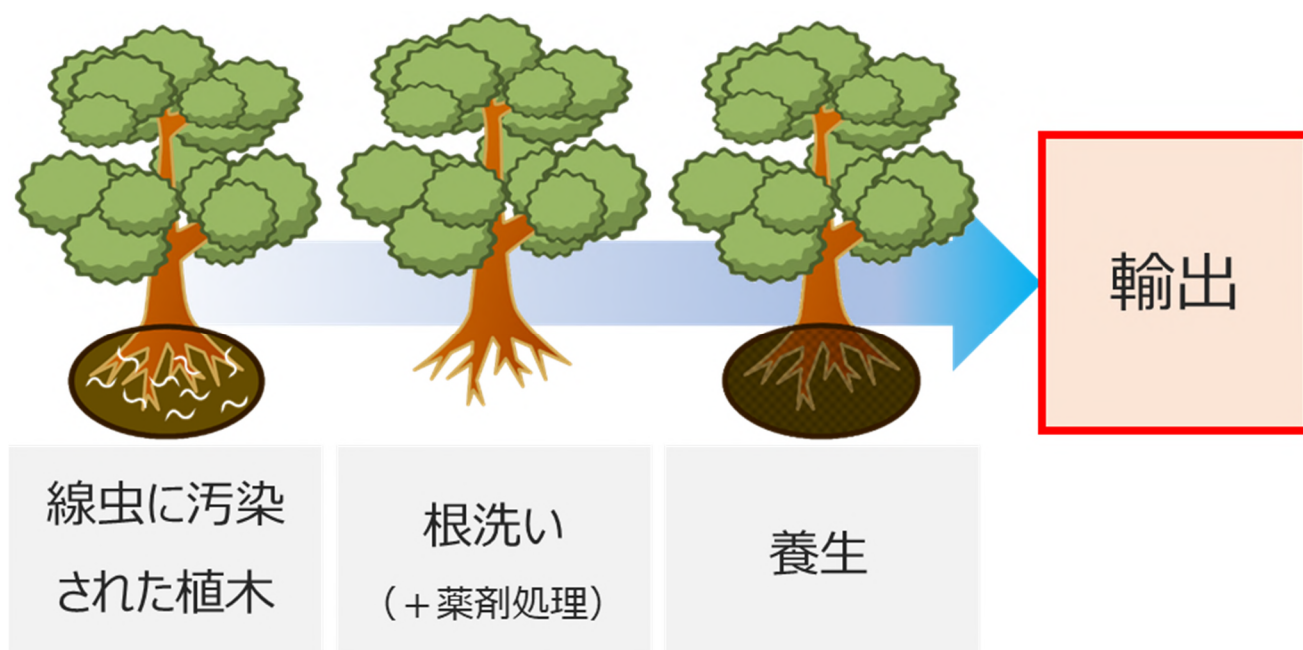


図 I - 1 - 1 根洗い輸出の基本的な作業の流れ

2. 根洗い後の樹勢を維持する技術

(1) 技術体系の概要

本マニュアルで紹介する根洗い後の樹勢を維持する技術体系の概要及びそれを活用した輸出作業の流れを説明します（太字は技術体系を構成する各要素技術を示す）。根洗い輸出では第一に、根鉢（根と土が塊状になった部分）を作るための根回しを確実に行って、株元周囲の細根を増やすことが重要です。さらに、**アミノ酸肥料を施用**して、細根のより多い健全な状態で株を掘り上げます。根洗いの際に土壌が硬い場合は、数時間水に漬けて根鉢を膨軟してから根洗いを行います。根洗いの要点は、多量の水で土壌を洗い流すことです。高圧洗浄機を使用する場合は、根に高圧の水流が当たって損傷することを避けるために、水圧がより低くなるように設定して使用することが推奨されます。本マニュアルで紹介する試験例では高圧洗浄機は使用せず、約 30 mm 径のホースを用いた弱めの水流で、根鉢から丁寧に土壌を除去しています（図 I - 2 - 1）。

根洗い後の根部を線虫防除用薬剤の薬液に浸漬した後、**ポリフィルム**（梱包用ストレッチフィルム：直鎖状低密度ポリエチレン、厚さ 15 μm 、以下「ポリフィルム」と表記）を巻き付けて**根部を被覆**してから一部に穴を開けて、その内部に湿らせた**ピートモス**を間隙ができないように充填して**根部を保湿**します（図 I - 2 - 1、以下、この状態を「根巻き」と表記）。充填後は保湿資材が乾燥しないように、空けた穴をテープで塞ぎます。その後、根巻きの強度を高めるための防風ネット（ポリエチレン製、4 mm 目合）、さらに根鉢に光を当てないための遮光シート（遮光率 90%）で包みます。

線虫防除用薬剤は、事前に土壌中の線虫を検査して、適切な薬剤を選択することが望ましいです。本マニュアルで紹介する試験例のうち、「3. 根洗い後の樹勢を維持する技術」の（1）～（4）ではベノミル水和剤を、（5）ではアバメクチン乳剤を、「4. 線虫の防除技術」ではアバメクチン乳剤及びホスチアゼート液剤を用いました。

根巻きの作製後に、**25～50%の葉を間引きし、蒸散抑制剤を葉面散布**して、樹体からの水分喪失を減らします。

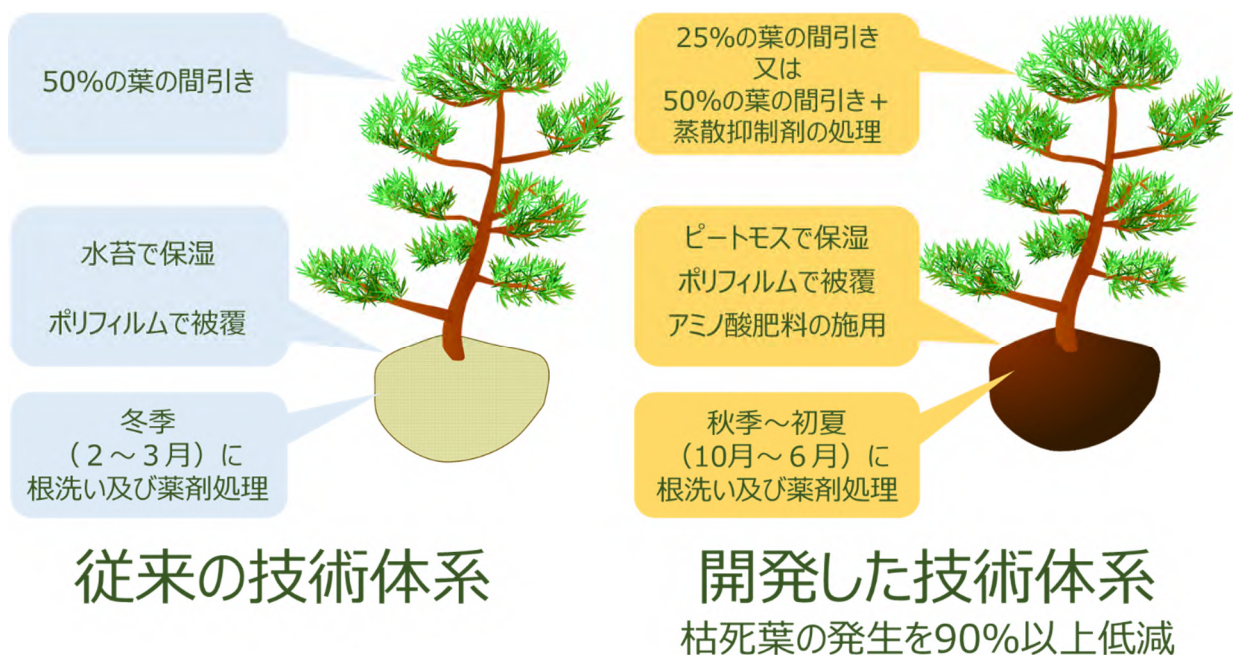
一定期間養生した後、麻布や遮光シート（遮光率 90%）で株全体を梱包します。植木

はコンテナに積み込んで出荷され、輸出検査を経て、各国へ輸出されます。アジア諸国向けの輸送期間は、概ね1か月程度となることが多いことから、本マニュアルで紹介する試験例では、根洗い後に1か月間屋外で保管した後に定植しました。

樹勢を維持するためにこれまで実施されてきた技術体系（従来）と、新たに開発した技術体系を図I-2-2で比較しました。これまでの根洗い（及びその後の薬剤処理等）は樹体の代謝が低い冬季（2～3月）に行われてきましたが、本マニュアルで紹介する方法を用いた場合、**10月～6月（秋季～初夏）に根洗いを実施**することで、樹勢の維持が可能です。



図I-2-1 根洗い輸出の主な作業の実施状況（左：根洗い、右：保湿資材の充填）



図I-2-2 根洗い後の樹勢を維持するための技術体系の比較

前記のように開発した技術体系は、いくつかの要素技術で構成されています。以降の（２）～（５）では、それら要素技術が樹勢の維持にどのように影響し、どのような利点があるのかについて説明します。

（２）施肥による根量の確保

掘り上げ時の根切りや根洗いは細根量を減少させます。樹勢の低下には、こうした細根量の減少に伴う吸水量の不足に加えて、（５）で説明する蒸散量も関係しています。ゆえに、樹勢の低下を防ぐためには第一に、根洗いに先立って細根量を増やすことが重要です。アミノ酸を含む肥料 Tecamin Max（味の素ヘルシーサプライ（株）、窒素全量 7.0%のうちアンモニア性窒素 3.5%）の 200 倍希釈液 5 ℓ を、根鉢 50 cm の株に対して根回し～根洗いまでの 5 か月間に 10 回（月 2 回の頻度）かん注することで、細根量を増加する効果が確認されました（図 I - 2 - 3）。また、翌春の新梢数が増加する効果も確認されました（図 I - 2 - 4）。

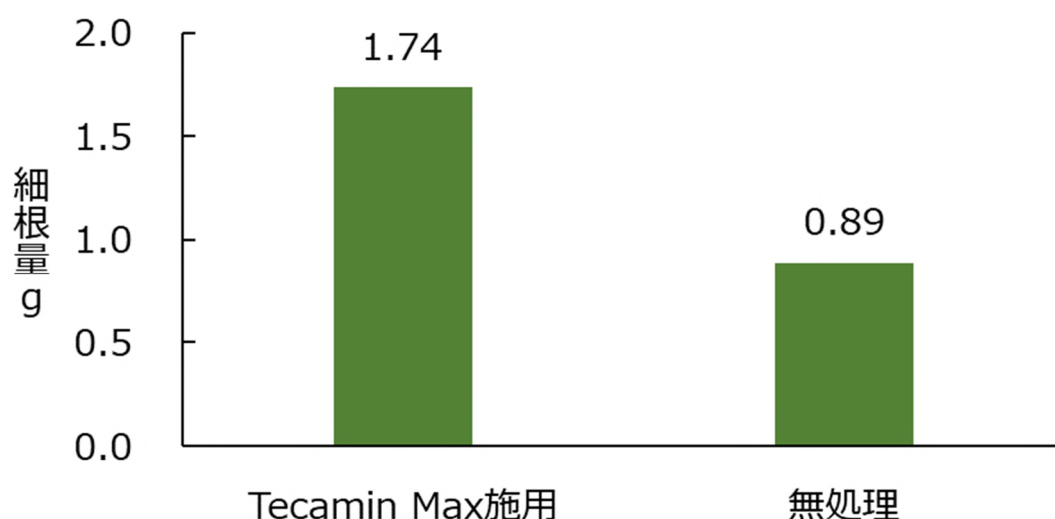


図 I - 2 - 3 栽培期間中の Tecamin Max の施肥と細根量¹⁾の関係

1) コアサンプル法で採取した土壌 278 ml 中の、直径 1 mm 未満の根の乾燥重量

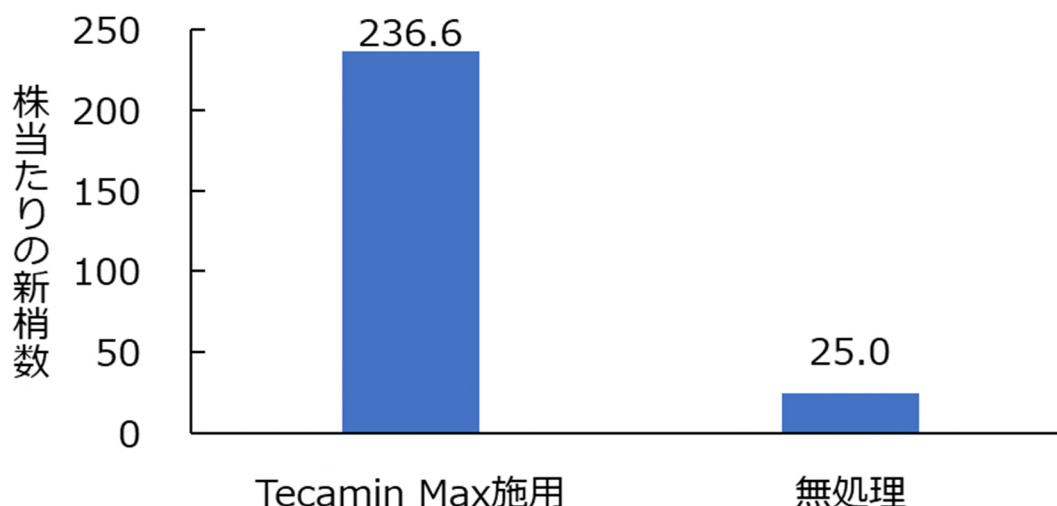


図 I - 2 - 4 栽培期間中の Tecamin Max の施肥と新梢の発生数¹⁾ の関係

1) 翌春に新しく伸長した芽の本数

(3) 根洗いの実施時期

根洗いはこれまで、樹勢の衰退を避けるために樹木が休眠状態にある冬季（2～3月）に実施されてきました。しかしながら、寒冷期に実施する根洗いは生産者の負担が大きく、約2か月間で根洗いできる植木の数にも限界があるため、結果的に輸出可能な植木の数に限られていました。こうした問題の解決に向けて、初夏（6月）又は秋季（10月）の根洗いが樹勢に及ぼす影響を調査したところ、これらの時期に根洗いを実施した場合の枯死葉の発生量は、冬季（3月）に根洗いを実施した場合のそれと比較して、同等以上に少ないことがわかりました（表 I - 2 - 1）。このことから根洗いは、従来の冬季以外にも、初夏及び秋季に実施可能であることが明らかになりました。

表 I - 2 - 1 根洗い時期別の枯死葉割合

根洗い時期	枯死葉割合 ¹⁾	
	定植直後	定植2か月後
冬季（3月）	0.0	3.3
初夏（6月）	0.0	0.0
秋季（10月）	0.0	1.3

1) 全葉数に対する枯死葉割合を目視で評価した値（0～100%）

(4) 根部の保湿資材及び被覆資材

根洗い後は根部の保湿と被覆が必須です。保湿資材として水苔（慣行資材）とピートモス（1ℓ当たり苦土石灰2gを添加してpHを調整）、被覆資材としてポリフィルム（梱包用ストレッチフィルム：直鎖状低密度ポリエチレン、厚さ15μm、以下「ポリフィルム」と表記）、不織布（ユニチカ（株）、ラブシート20507、厚さ0.18mm）、ネット（ポリエチレン製、4mm目合）を比較しました。その結果、ピートモスで保湿した場合は、定植時の枯死葉の割合が低下し、定植した翌春に発生した新梢の発生数も多く、樹勢が維持されていました（図I-2-5、図I-2-6）。また、ポリフィルムで被覆した場合は、枯死葉の割合が少なく、新梢の発生数も多くなりました（図I-2-5、図I-2-6）。このことから、根洗い後の根部をピートモスで保湿し（図I-2-7）、ポリフィルムで被覆することが、イヌマキ根洗い後の樹勢維持に有効であることが明らかとなりました。

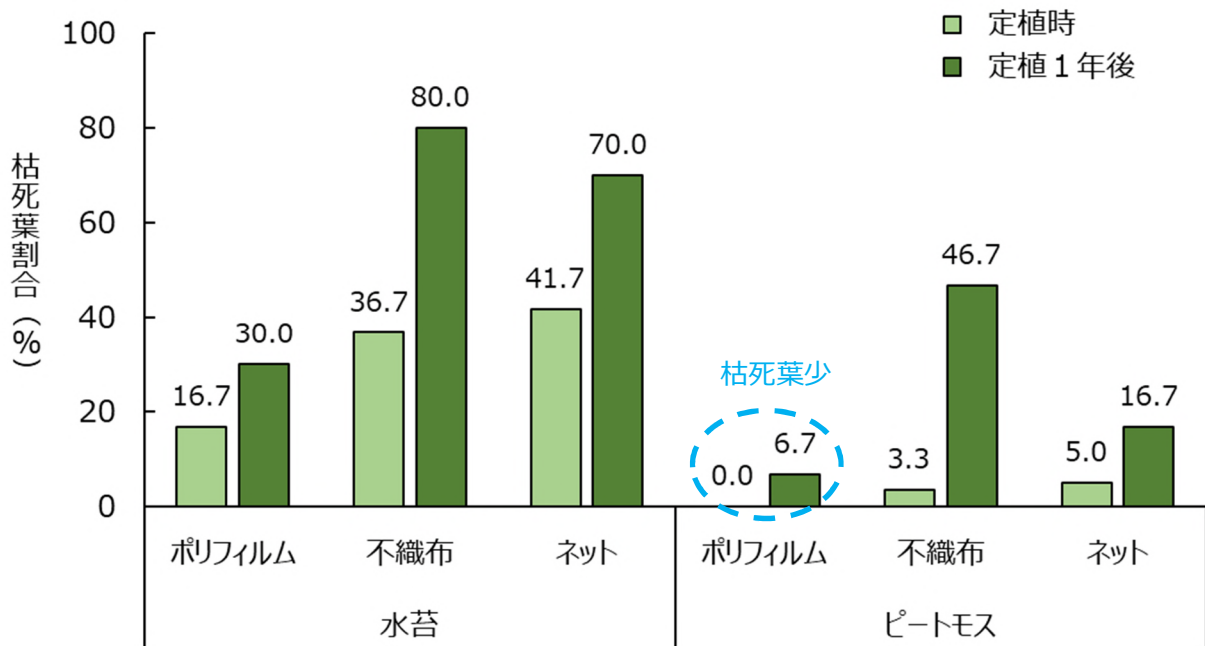


図 I - 2 - 5 根部の保湿資材及び被覆資材が枯死葉割合¹⁾に及ぼす影響

1) 全葉数に対する枯死葉割合を目視で評価した値 (0~100%)

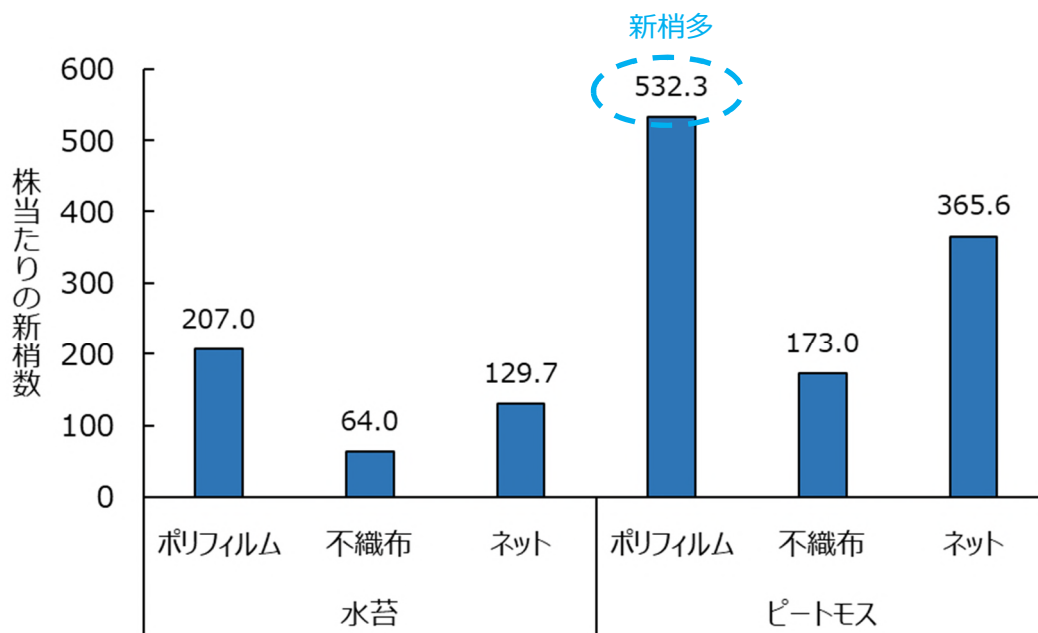


図 I - 2 - 6 根部の保湿資材及び被覆資材が新梢の発生数¹⁾に及ぼす影響

1) 定植1年後の春先に新しく伸長した芽の本数



図 I - 2 - 7 ピートモスを充填した根洗い後の根部（根巻きを解いた状態）

（5）蒸散の抑制

樹勢の低下は、根の吸水量と地上部の蒸散量（葉から放出される水の量）が釣り合わなくなることで生じます（図 I - 2 - 8）。これを防ぐためには、（2）で示したように細根量を増やすことで吸水量を確保するとともに、吸水量に見合うように蒸散量を減らす必要があります。

蒸散量を減らすには、葉の間引き（図 I - 2 - 9）や蒸散抑制剤の散布（図 I - 2 - 10）が有効です。葉の間引きは根部の保湿及び被覆後に、株全体の葉に対して 25%（蒸散抑制剤を散布しない場合は 50%）を目安に行ないます。25%の間引き後に散布する蒸散抑制剤にはプロテックα（アビオン（株）、50 倍希釈液）を用い、株全体に葉の両面にかかるように散布を行います。それらを行うことで葉の含水率の低下を防ぐことができ、枯死葉の発生を抑制することが可能となります。

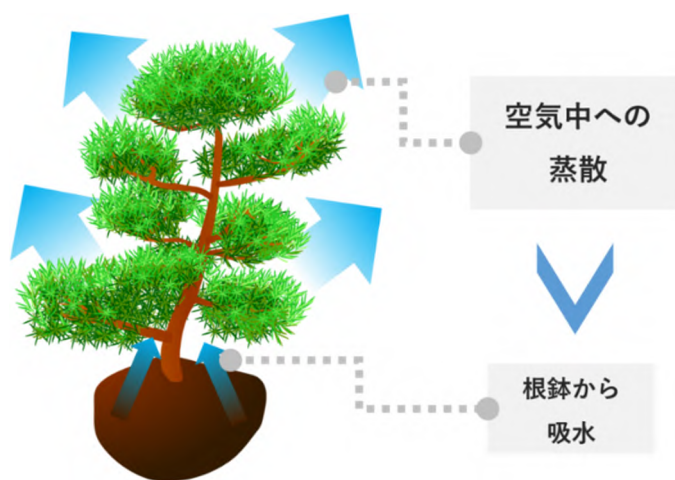


図 I - 2 - 8 根洗い後の水分欠乏のイメージ



図 I - 2 - 9 葉の間引きをした株（左）としなかった株（右）

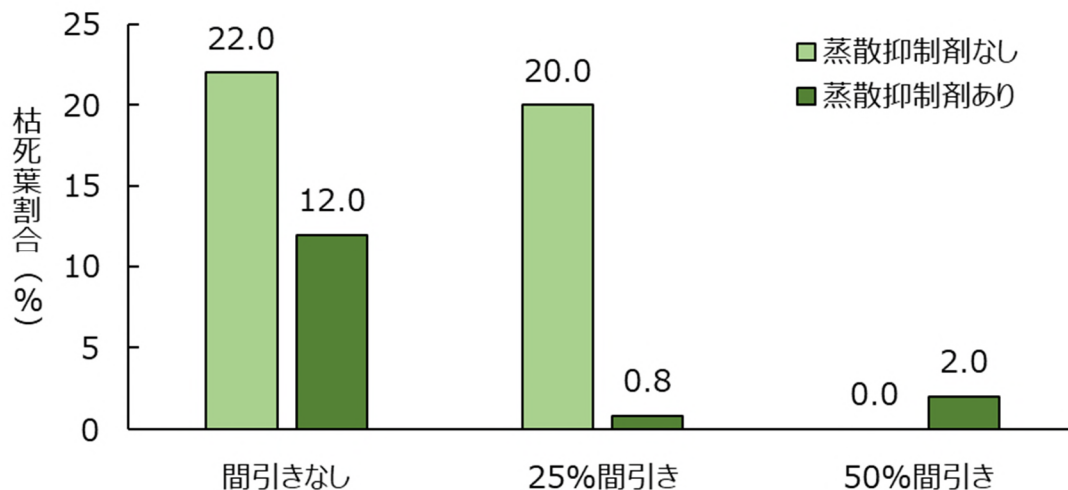


図 I - 2 - 10 蒸散抑制剤処理の有無及び間引き率と枯死葉割合¹⁾の関係

1) 全葉数に対する枯死葉割合を目視で評価した値 (0~100%)

(6) 技術体系の効果

有効性が確認された要素技術 (根洗い前の施肥、6月の根洗い実施、根洗い後のピートモスによる根部の保湿及びポリフィルムによる被覆、葉の間引き、蒸散抑制剤処理) を組み合わせた一連の技術体系 (表 I - 2 - 2) を、樹高約 2 m、根鉢径約 60 cm のイヌマキ植木に適用した結果、葉の含水率が高く維持されていることがわかりました。その結果、定植 2 か月後の枯死葉割合に大きな差が認められ、従来の技術体系では約 2 割の葉が枯死したのに対して、開発した技術体系を適用した場合には枯死葉がほぼ認められず (図 I - 2 - 11)、植木の鑑賞性を維持することができました。

表 I - 2 - 2 技術体系の構成要素の比較

要素技術	従来の技術体系	開発した技術体系
施肥	—	Tecamin Max
根洗いの実施時期	冬季 (2~3月)	秋季~初夏 (10月~6月)
根部の保湿資材	水苔	ピートモス
根部の被覆資材	ポリフィルム	ポリフィルム
葉の間引き	50%	25~50% ¹⁾
蒸散抑制剤	—	プロテックα

1) 蒸散抑制剤を処理しない場合は 50%の葉の間引きが必要

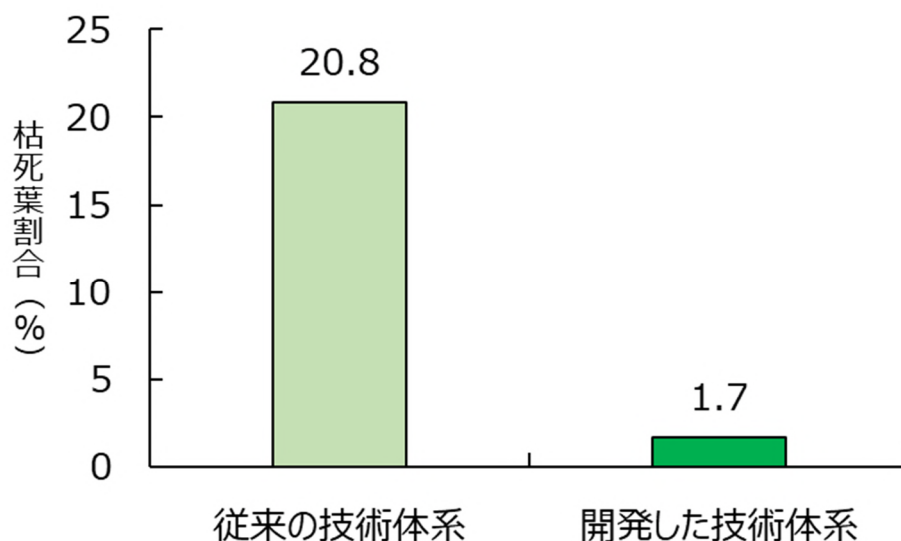


図 I - 2 - 11 枯死葉割合¹⁾の技術体系間の比較

1) 全葉数に対する枯死葉割合を目視で評価した値 (0~100%)

3. 線虫の防除技術

(1) 従来の薬剤処理の効果

根洗い後の薬剤処理は、植物寄生性線虫の防除をより確実にするために行われていますが、大型の植木の根部に薬剤の効果を行き渡らせることは、盆栽や苗木よりも困難です。加えてイヌマキ植木では、根傷みに起因する輸出先での品質低下が特に問題になっていることから、薬害のリスクがより小さい薬剤を選択することも重要です。そこで、イヌマキ植木の生産ほ場で検出されることが多いキタネグサレセンチュウなどのネグサレセンチュウ類を対象に、従来から使用されているホスチアゼート液剤と、2020年6月に農薬登録が適用拡大されたアバメクチン乳剤の防除効果を、従来の処理方法（根洗い後の裸根を薬液に浸漬した後、根の周囲及び隙間に保湿資材（ピートモス）を充填）で比較しました。その結果、アバメクチン乳剤の補正密度指数（用語解説 47 ページを参照）はホスチアゼート液剤と同等かそれ以上に低かったものの（表 I - 3 - 1）、線虫の検出をゼロにすることはできませんでした。また、処理後の時間経過に伴って補正密度指数が高まったことから、防除効果は十分とはいえませんでした。

表 I - 3 - 1 従来の薬剤処理によるネグサレセンチュウに対する防除効果¹⁾

処理区	4週間後		8週間後		12週間後	
	根	ピートモス ²⁾	根	ピートモス ²⁾	根	ピートモス ²⁾
アバメクチン乳剤	9	13	20	11	28	32
ホスチアゼート液剤	38	7	43	17	40	11
無処理	100	100	100	100	100	100

1) 表中の数値は補正密度指数（数値が小さいほど防除効果が高いことを示す）、2) 根部に充填した保湿資材

(2) 薬剤の処理方法の改良

ア. 保湿資材充填後の薬剤処理

従来の処理方法では、薬液は浸漬後の根部から滴り落ちて失われるため、薬剤の効果は速やかに低下すると考えられました。そこで、根洗い後の裸根の周囲及び隙間に保湿資材（ピートモス）を充填してから麻布又は不織布で被覆し、その状態で薬液に浸漬する改良法（ピートモスが薬液を保持、図 I - 3 - 1）の効果を検証しました。この方法で薬剤を処理（10月に実施）した結果、アバメクチン乳剤及びホスチアゼート液剤のいずれも、処理後のネグサレセンチュウ検出頭数はわずかで、アバメクチン乳剤では12週間後においても検出されず、高い防除効果が認められました（図 I - 3 - 2）また、いずれの薬剤も改良法による薬害は認められませんでした。



図 I - 3 - 1 ピートモス充填後の薬剤処理の実施状況

左：ピートモスを充填した根部を麻布又は不織布で被覆、右：薬液に所定の時間浸漬

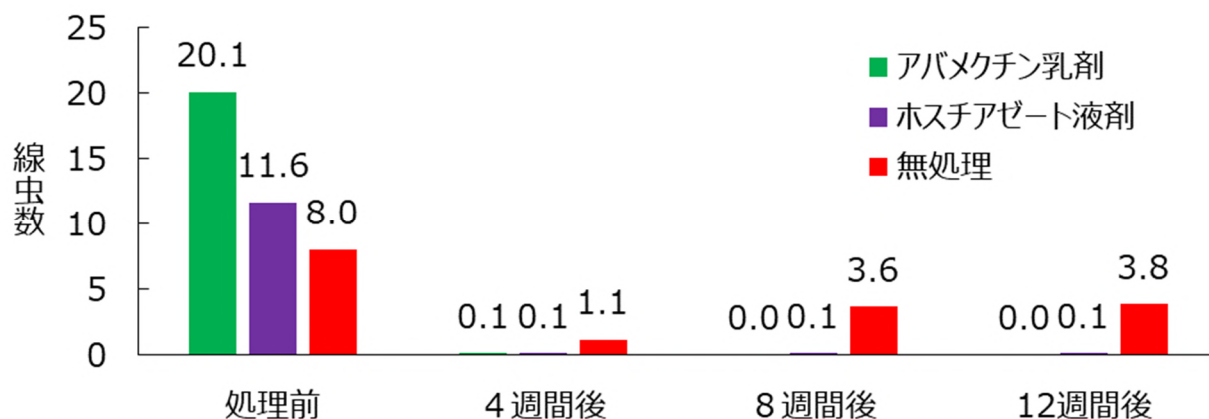


図 I - 3 - 2 ピートモス充填後の薬剤処理によるネグサレセンチュウ検出頭数¹⁾の推移

1) 図中の数値はベルマン法でピートモス 20 g から分離された線虫数

イ. 薬剤処理の実施時期

殺線虫剤は一般に、地温が線虫の活動に適している時期に使用の方が効果的とされており、厳寒期に使用すると防除効果が不足する場合があります。一方、酷暑期に使用すると顕著な薬害が生じる恐れがあります。そこで、アバメクチン乳剤の処理適期を調べるため、2月、6月、10月に処理した場合の効果を調査した結果、線虫防除効果が最も高かったのは6月処理（ピートモス充填後の薬剤処理；以下、改良法と表記）で、次いで10月処理（改良法）でした（表 I - 3 - 2）。一方、2月処理では改良法による薬剤処理でも防除効果が低くなる場合があります。アバメクチン乳剤ではいずれの処理時期でも薬害は認められませんが、ホスチアゼート液剤の2月処理では、葉先が枯れる軽度の薬害が認められました。

表 I - 3 - 2 改良法による薬剤処理による時期別の効果（処理 12 週間後）の概要

薬剤	処理時期		
	10月	2月	6月
薬効	改良法の防除効果がやや高い	改良法でも防除効果が低い場合がある	改良法の防除効果が高い
薬害	なし☺	なし☺	なし☺
	なし☺	あり☹	なし☺

(3) 改良法による薬剤処理と樹勢を維持する技術体系との組合せ

改良法による6月（線虫防除効果が最も高った時期）の薬剤処理を、根洗い後の樹勢を維持する技術体系（図 I - 2 - 2、表 I - 2 - 2）と組み合わせた結果（図 I - 3 - 3）、薬剤処理の8週間後にネグサレセンチュウは検出されず、樹勢の低下も認められませんでした（表 I - 3 - 3）。



図 I - 3 - 3 改良法による薬剤処理後の樹勢の維持

左：薬液に浸漬後の根部をポリフィルムで被覆（薬液に濡れた状態を保持して根部の乾燥を防ぐ）
 右：薬剤処理後に50%の葉を間引き、蒸散抑制剤を葉面に散布して養生

表 I - 3 - 3 改良法による6月の薬剤処理と樹勢を維持する技術体系を組合せた場合の線虫防除効果及び樹勢の維持効果

線虫防除		樹勢の維持	薬剤処理8週間後の効果	
薬剤	処理法 ¹⁾		ネグサレセンチュウの検出	樹勢の低下
アバメクチン乳剤	改良法	開発した技術体系 ²⁾	なし	なし
ホスチアゼート液剤	従来法	従来技術体系	あり	なし

1) 改良法：根にピートモスを充填 → 薬液に浸漬、従来法：裸根を薬液に浸漬 → ピートモスを充填

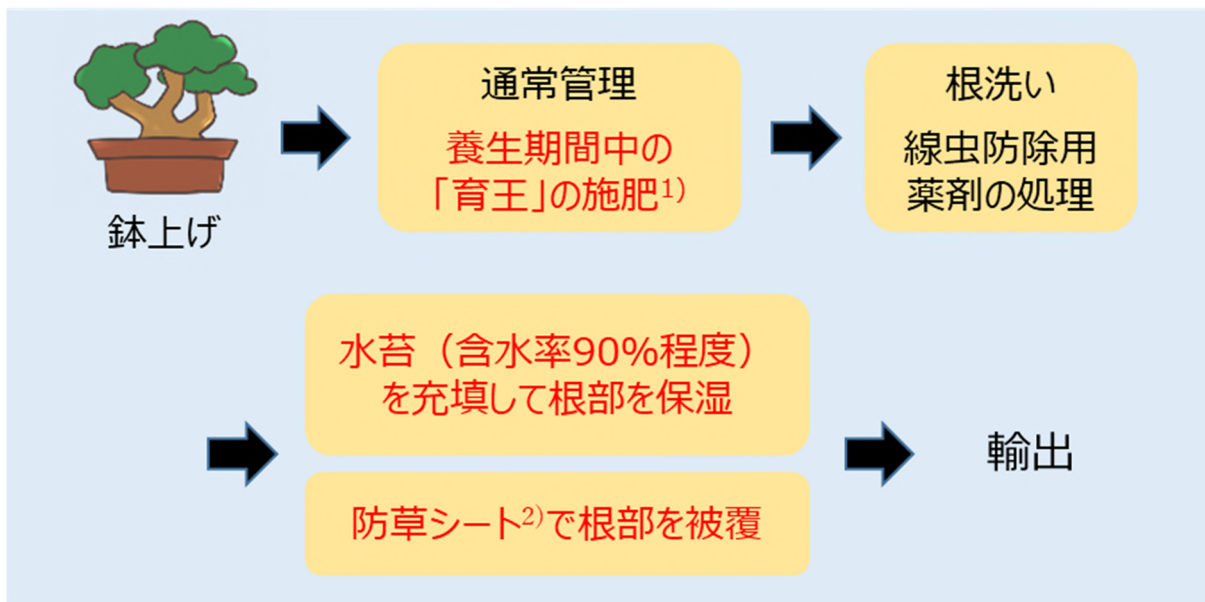
2) 蒸散抑制剤を処理して、50%の葉の間引きを実施

Ⅱ．台湾向け又は EU 諸国・英国向けマツ盆栽輸出の技術体系

1．台湾向け輸出における品質維持技術

(1) 従来技術の問題点

香川県におけるマツ盆栽の生産では、生育を早めて栽培期間の短縮を図るために、地植え栽培を経てから鉢上げをします。地植えするほ場には植物寄生性線虫が発生していることが少なくないので、鉢上げの際には根回りの土壌を可能な限り除去してから、砂を充填した鉢に鉢上げして、一定期間養成します。台湾向けには土壌の除去が輸出条件であるため、根洗いをしてから線虫防除用薬剤を根部に処理した後、保湿資材等で根部を保護した状態で輸出します。しかしながら、従来技術では根洗い等に起因する葉の黄化や枯死などのダメージを確実に回避又は軽減することができないため、輸送中や輸出先で商品ロスが発生しています。こうした問題の解決に向けて、鉢上げ後から輸出までの期間に実施することで、根洗い等に起因するダメージを回避可能ないくつかの管理方法を明らかにしました。本マニュアルでは、それらを組み合わせた、クロマツ盆栽の品質維持に有効な技術体系（図Ⅱ-1-1）を紹介します。



図Ⅱ-1-1 台湾向けマツ盆栽輸出の作業の流れ及び開発した技術体系の概要

赤字は品質維持に有効な管理方法を示す

1) 従来技術体系では「育王」の施肥なし、 2) 従来技術体系ではブルーシートで被覆

(2) 根洗い前の発根促進

根洗いによる根の減少や傷みに起因する品質低下を抑制する方法の一つは、発根を促進して根量を増やすことです。栽培地で鉢上げ後の養成期間中に「育王」(昭光通商アグリ(株)、窒素全量 0.3%、水溶性加里 0.3%) を施肥 (1,000 倍希釈液、1 ℓ / 7号鉢、2 週間間隔で 7 回かん注) した結果、根量の増加が認められました (図 II - 1 - 2、図 II - 1 - 3)。

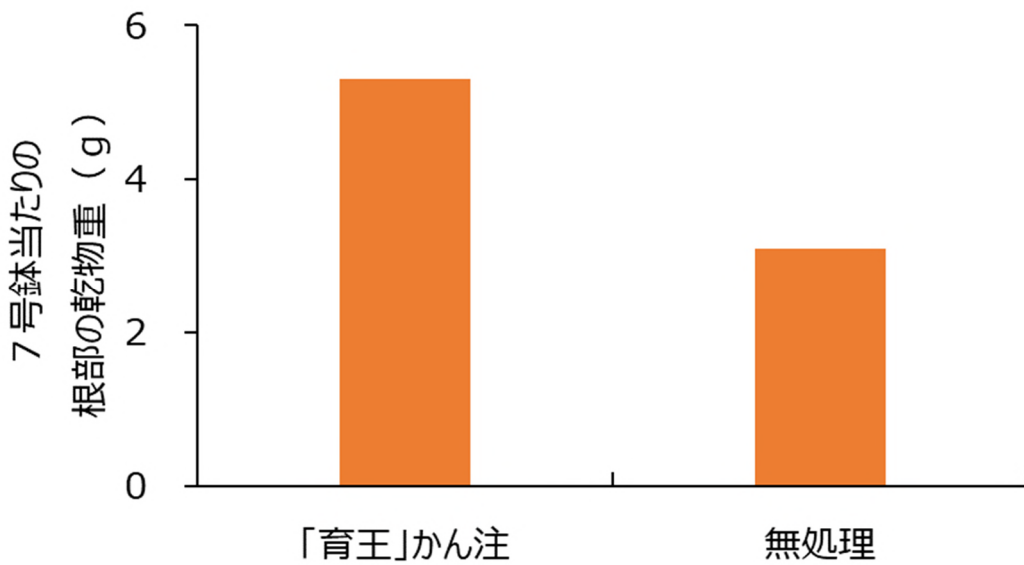


図 II - 1 - 2 鉢上げ後の養生期間中の「育王」の施肥が根量に及ぼす影響



図 II - 1 - 3 根鉢の形成状況の比較 (左 : 「育王」かん注、右 : 無処理)

(3) 根洗い及び薬剤処理

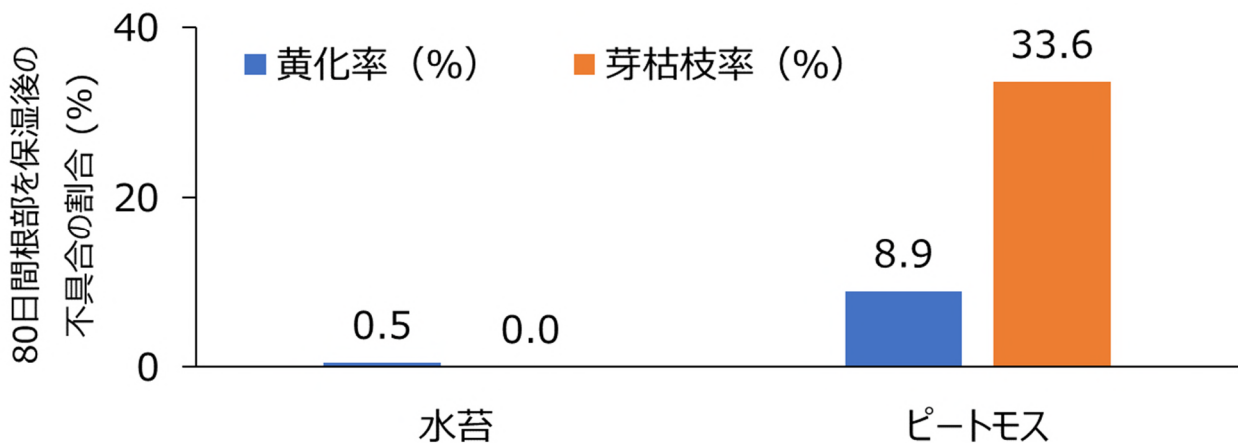
輸出時の荷造りは根洗いから始まります。先ず鉢から根部を抜き、根を傷めないように注意しながら根回りの土壌を丁寧に洗い落とします（図Ⅱ-1-4）。続いて、土壌を除去した根部を線虫防除用薬剤（用語解説 46 ページを参照）で処理します。本マニュアルで紹介する試験例では MEP 乳剤又はアバメクチン乳剤を使用しましたが、いずれの薬剤を処理した場合でも、品質維持効果が確認されています。



図Ⅱ-1-4 根洗い前（左）及び根洗い後（右）の根部

(4) 根部の保湿資材

根部の乾燥を防止するために充填する保湿資材がクロマツ盆栽の生育に及ぼす影響を調査した結果、水苔（含水率 90%程度）で根部を保湿することで、葉の黄化や芽枯の発生を抑えることができました（図Ⅱ-1-5、図Ⅱ-1-6）。



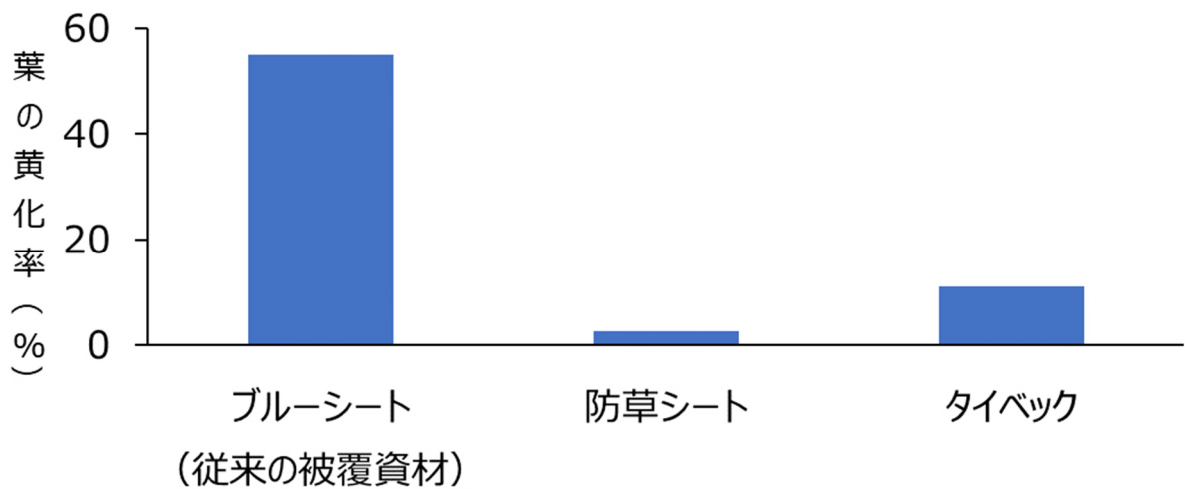
図Ⅱ-1-5 根部の保湿資材の違いが葉の黄化率及び芽枯枝率に及ぼす影響



図Ⅱ-1-6 根部の保湿資材が異なるマツ盆栽の生育状況
 (上列の5株：水苔で保湿、下列の5株：ピートモスで保湿)

(5) 根部の被覆資材

台湾への輸送中に、根部を適度な湿度で維持するための被覆資材が、クロマツ盆栽の生育に及ぼす影響を調査した結果、保湿資材として水苔を充填した根部を防草シート（材質：ポリプロピレン、厚さ：0.33 mm、遮光率 99.94%）で被覆することで、葉の黄化を最も抑制することができました（図Ⅱ-1-7、図Ⅱ-1-8）。



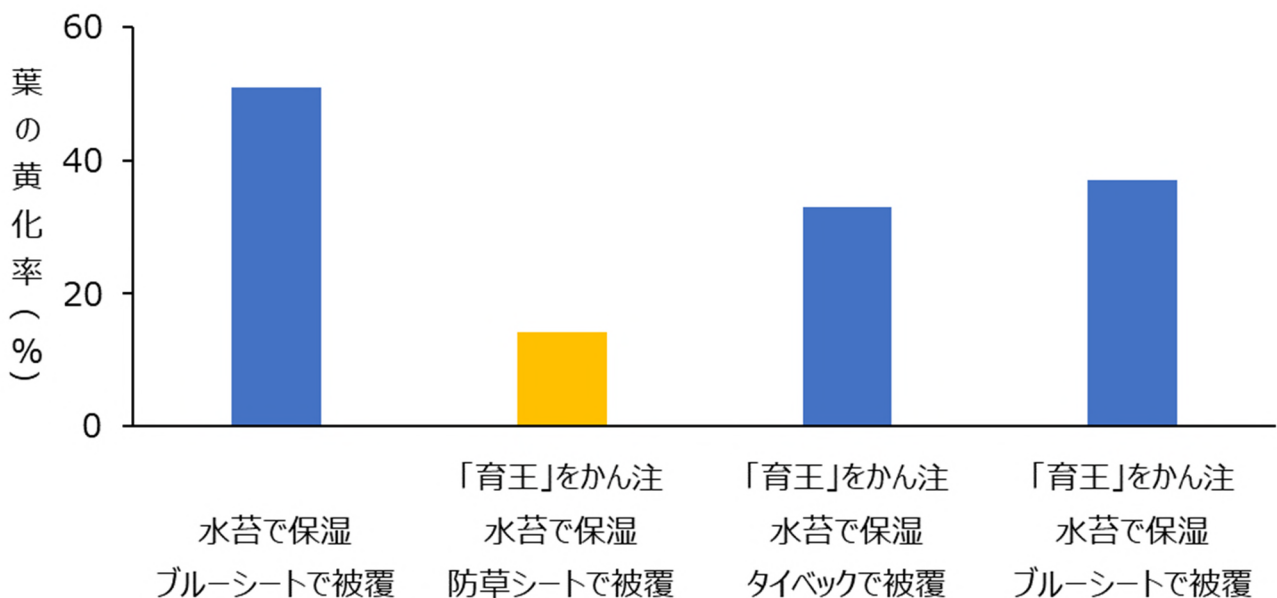
図Ⅱ-1-7 被覆資材の違いが葉の黄化率に及ぼす影響



図Ⅱ-1-8 水苔で保湿した根部の防草シートによる被覆

(6) 技術体系の効果

根洗い前の養生期間中における「育王」の施肥、根洗い後の水苔による根部の保湿及び保湿後の根部の防草シートによる被覆を組み合わせた一連の技術体系の効果、大型盆栽（樹高 50～80 cm）で検証した結果、品質低下の発生率が低く抑えられ、技術体系の有効性が確認されました（図Ⅱ-1-9、図Ⅱ-1-10）。



図Ⅱ-1-9 開発した技術体系による黄化葉の抑制効果



図Ⅱ-1-10 鉢上げ養生後の大型クロマツ盆栽における葉の黄化状況の比較

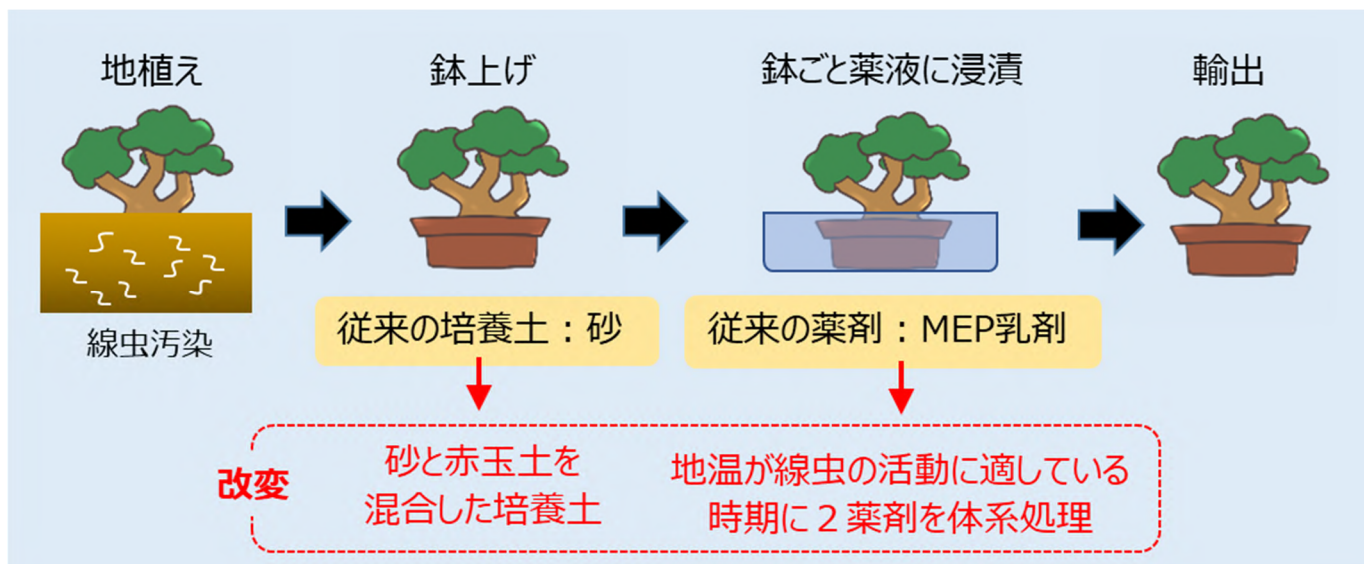
左（従来の技術体系）：「育王」の施肥なし、根部を水苔で保湿してブルーシートで被覆

右（開発した技術体系）：「育王」をかん注、根部を水苔で保湿して防草シートで被覆

2. EU 諸国・英国向け輸出における線虫防除技術

（1）従来技術の問題点

香川県における EU 諸国・英国向けマツ盆栽は、台湾向けと同様に地植え栽培を経て鉢上げし、登録ほ場で 2 年間以上適切な栽培管理等がなされていることにより、培養資材（土壌）を伴った状態のまま輸出することが可能となっています（2024 年 2 月時点）。この場合は輸出前に根洗いを要しないため、樹体へのダメージを少なくすることができます。鉢上げ後の盆栽には植物寄生性線虫が残存している場合があるため、防除用薬剤の処理が行われていますが、十分な防除効果が得られず、栽培地検査や輸出検査で不合格になる場合があります。こうした問題の解決に向けて、鉢上げ時の培養土の改変及び防除用薬剤の変更等を行い、それらを体系化（図Ⅱ-2-1）することで線虫の発生量を低減することができましたので、本マニュアルで紹介します。防除対象線虫は、香川県内のマツ盆栽の地植えほ場で植物寄生性線虫の発生状況を調査した結果、一部のほ場で高密度の発生が認められたキタネグサレセンチュウとしました。



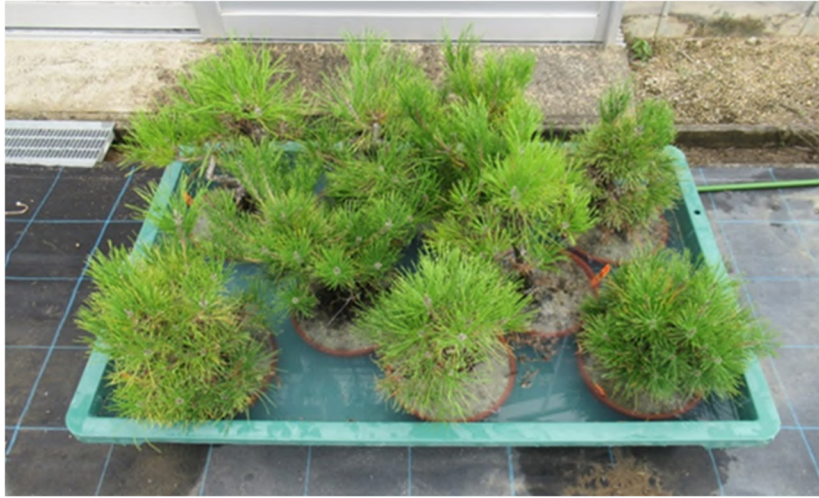
図Ⅱ-2-1 EU諸国・英国向けマツ盆栽輸出の作業の流れ及び線虫防除効果の向上に向けた改変

(2) 鉢上げ時の培養土の改変

EU諸国・英国向けには培養土の除去が必須ではないことから、線虫防除用薬剤の薬液に鉢ごと浸漬します(図Ⅱ-2-3)。この方法では、裸根を薬液に浸漬する場合と比較して、培養土が介在することで薬剤の効果が線虫に届きにくいと考えられる一方、培養土が薬液を保持することで、定められた浸漬時間が経過した後も薬剤の効果が持続しうると考えられます。香川県の産地では、鉢上げ時の培養土にはマツ盆栽に適した砂のみを使用するのが主流ですが、砂のみの培養土からは浸漬後の薬液が速やかに流れ落ちます。そこで、培養土の薬液保持を高めるために、砂5に対して赤玉土(小粒)2を混合した培養土に変更します(図Ⅱ-2-2)。



図Ⅱ-2-2 改変した培養土(砂5:赤玉土2)で鉢上げ



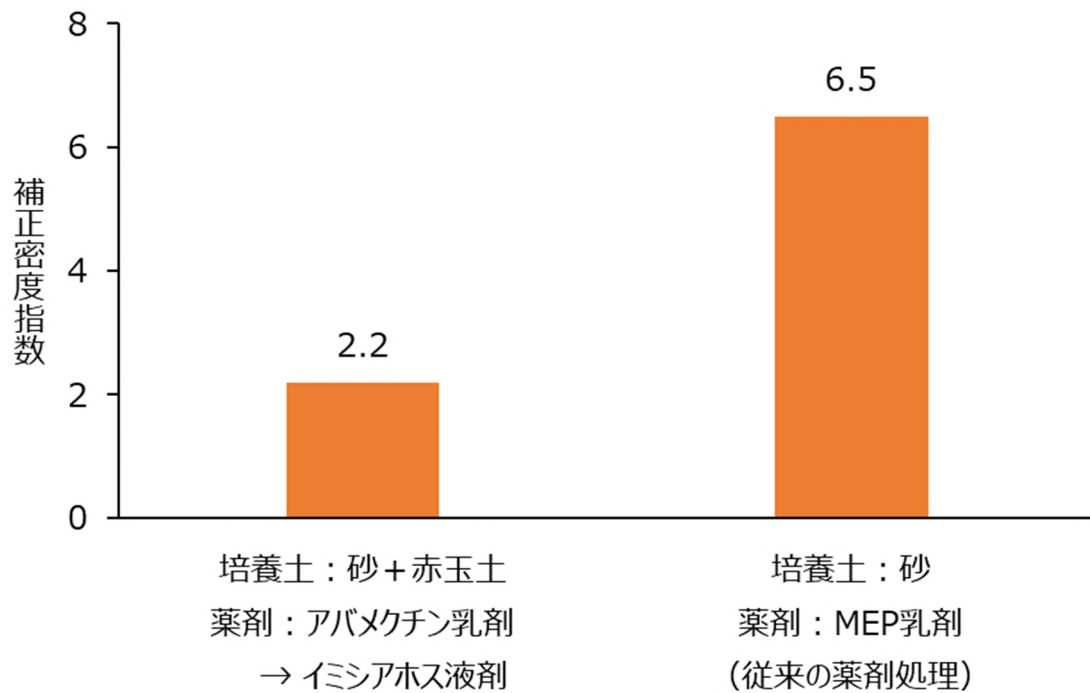
図Ⅱ-2-3 培養土を除去せずに鉢ごと薬液に浸漬

（３）線虫防除用薬剤の選択

マツ盆栽は、一部の線虫防除用薬剤を処理した場合に、顕著な薬害が生じる懸念があります。そこで、先行調査で顕著な薬害の発生が認められず、キタネグサレセンチュウに対して有効なアバメクチン乳剤及びイミシアホス液剤（2023年12月に農薬登録が適用拡大、45～46ページを参照）を選択します。ここで紹介する試験例では、アバメクチン乳剤処理の2週間後にイミシアホス液剤を体系処理しました。

（４）技術体系の効果

殺線虫剤は一般に、地温が線虫の活動に適している時期に使用する方が効果的とされていますが、7月及び10月（従来）に薬剤処理を実施した結果、いずれの処理時期でも線虫防除効果が認められました。また、高温期の7月に薬剤を処理することで、マツ盆栽がダメージを受けることが懸念されましたが、10月の薬剤処理と同様に薬害は認められませんでした。改変した培養土では、従来の砂のみの培養土よりも、薬剤処理の約2か月後のキタネグサレセンチュウの補正密度指数（用語解説47ページを参照）が低くなりました（図Ⅱ-2-4）。



図Ⅱ-2-4 2薬剤の体系処理¹⁾及び培養土の改変によるネグサレセンチュウ防除効果

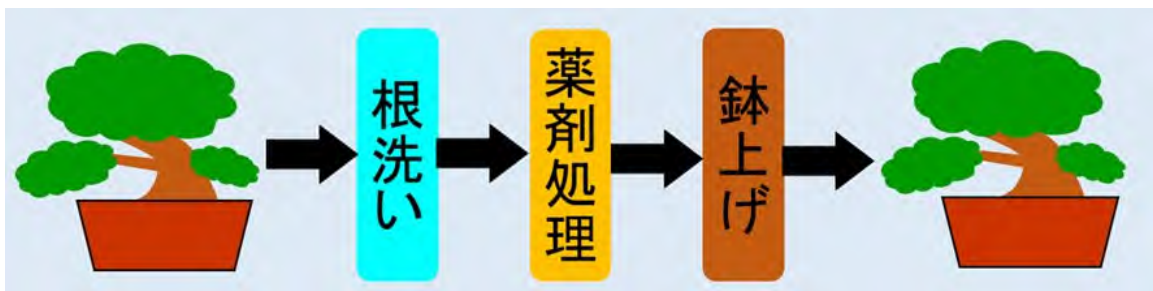
1) 7月処理（アバメクチン乳剤の2週間後にイミシアホス液剤を処理）

図中の数値は補正密度指数（数値が小さいほど防除効果が高いことを示す）

Ⅲ. EU 諸国・英国向けイブキ盆栽輸出の技術体系

1. 従来技術の問題点

線虫防除の従来技術は、鉢土を高圧洗浄機や流水によって洗い流した根部を線虫防除用薬剤の薬液に所定時間（薬剤によって異なります）浸漬した後、健全土壌に鉢上げしてました（図Ⅲ-1-1）。薬液浸漬以外の一連の処理に要する作業時間は、株の大きさや状態によって異なりますが、根洗い（図Ⅲ-1-2）に約5分間、鉢上げに約2分間を要し、準備から片付けまでには1鉢当たり最低でも約10分間は必要です。また、念入りに土壌を除去することで根が傷んだ場合は、株の衰弱やその後の生育に悪影響を及ぼす可能性もあります。



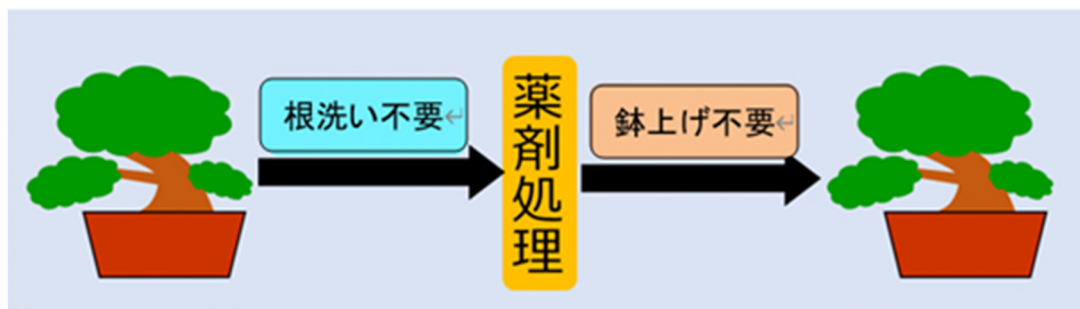
図Ⅲ-1-1 従来技術の作業の流れ



図Ⅲ-1-2 根洗いの状況

2. 新たな線虫防除技術

EU 諸国・英国向けには、線虫が混在しない等の条件を満たす場合に限り、培養資材（土壌）を伴って輸出することが可能です（2024年2月時点）。盆栽の根部から土壌を除去する根洗い作業は生産者の負担が大きいことから、ここで紹介する新たな線虫防除技術は、根洗いを行わずに鉢ごと薬液に浸漬する方法です（図Ⅲ-2-1）。使用したイブキ盆栽は、5号浅型素焼き鉢で赤玉土（中粒）に植え付けられた樹齢7年程度のものです（図Ⅲ-2-2）。イブキにおける植物寄生性線虫の大半はネグサレセンチュウ類であり、使用したイブキ盆栽ではキタネグサレセンチュウが高密度で発生していたため、これに対応した薬剤であるアバメクチン乳剤及びホスチアゼート液剤を用いました（両剤の農薬登録上の希釈倍数及び使用方法は用語解説46ページの表Cを参照）。薬剤処理の効果は補正密度指数（用語解説47ページを参照）で評価しました。



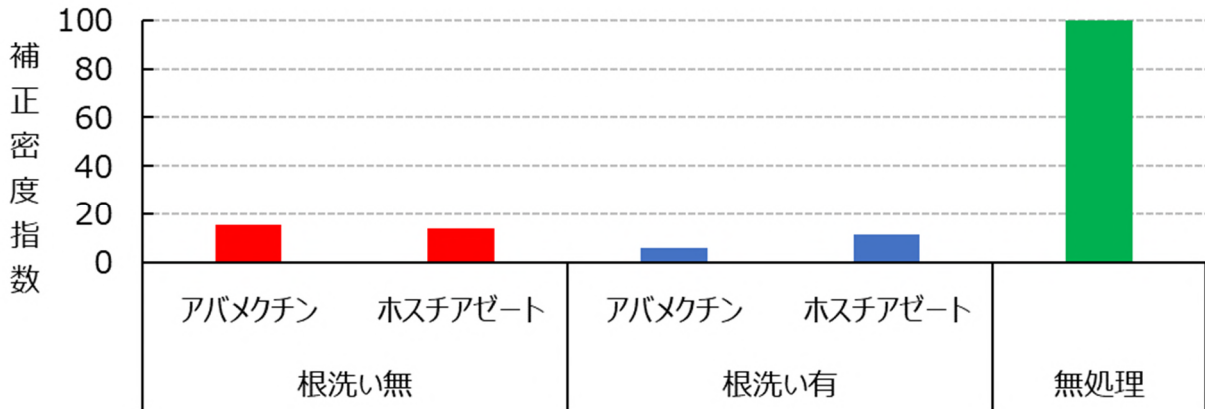
図Ⅲ-2-1 新たな線虫防除技術の基本的な作業の流れ



図Ⅲ-2-2 イブキ盆栽を鉢ごと薬液に浸漬

(1) 根洗いの必要性

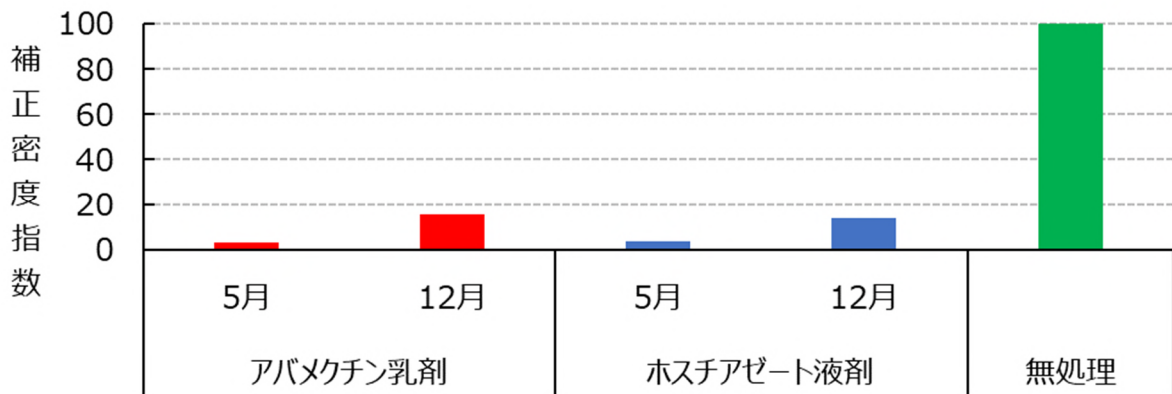
根洗いしてから薬剤を処理した場合と根洗いせずに処理した場合では、前者の線虫防除効果がわずかに高くなりました（図Ⅲ-2-3、補正密度指数が小さいほど防除効果が高いことを示す、以下同様）。その要因としては、根洗いをするとう線虫が寄生した細根が脱落するためと考えられますが、根洗いせずに薬剤を処理しても効果があることがわかりました。



図Ⅲ-2-3 根洗いの有無による線虫防除効果の比較
(薬剤処理の2か月後に調査)

(2) 薬剤の処理時期の影響

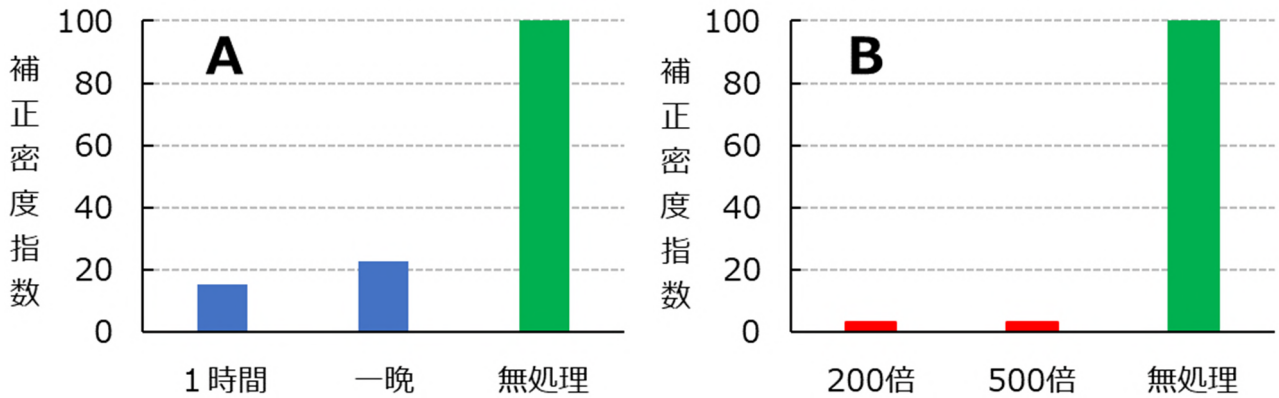
5月に薬剤を処理した場合と12月に処理した場合では、前者の線虫防除効果が高くなりました（図Ⅲ-2-4）。一般的には、殺線虫剤は地温が高く線虫の活動が活発な時期に使用の方が効果的とされています。



図Ⅲ-2-4 処理時期の異なる薬剤処理による線虫防除効果の比較
(薬剤処理の1～2か月後に調査)

(3) 薬剤の処理時間及び薬液濃度の順守

実験的に、農薬登録で定められた処理方法よりも強くアバメクチン乳剤を処理した結果、薬液への浸漬時間や薬液の濃度を変えても、線虫防除効果は大きく変わらないことがわかりました（図Ⅲ-2-5）。**生産現場では農薬登録と異なる方法で薬剤を使用することはできません。用量・用法を順守してください。**

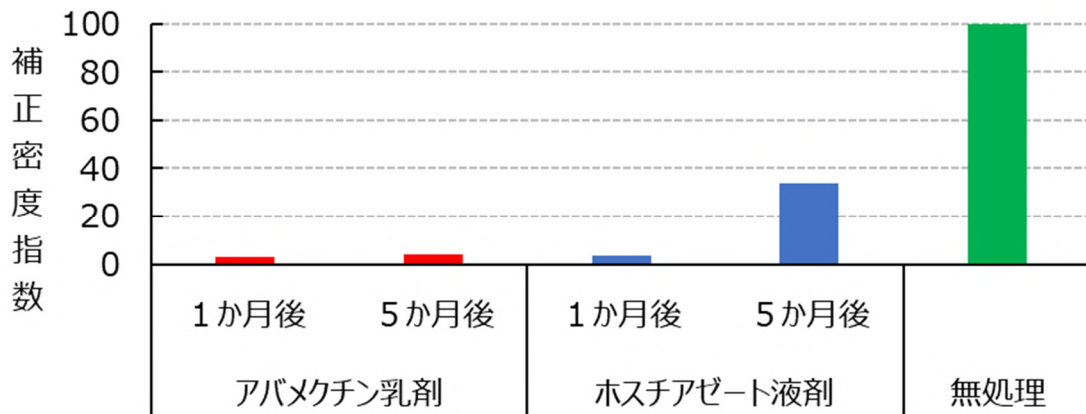


図Ⅲ-2-5 アバメクチン乳剤の処理時間及び処理濃度が線虫防除効果に及ぼす影響

- A : 薬液への浸漬時間の影響（500倍希釈した薬液に浸漬、薬剤処理の2か月後に調査）
- B : 薬液濃度（希釈倍率）の影響（薬液に1時間浸漬、薬剤処理の1か月後に調査）

(4) 薬剤処理の残効期間

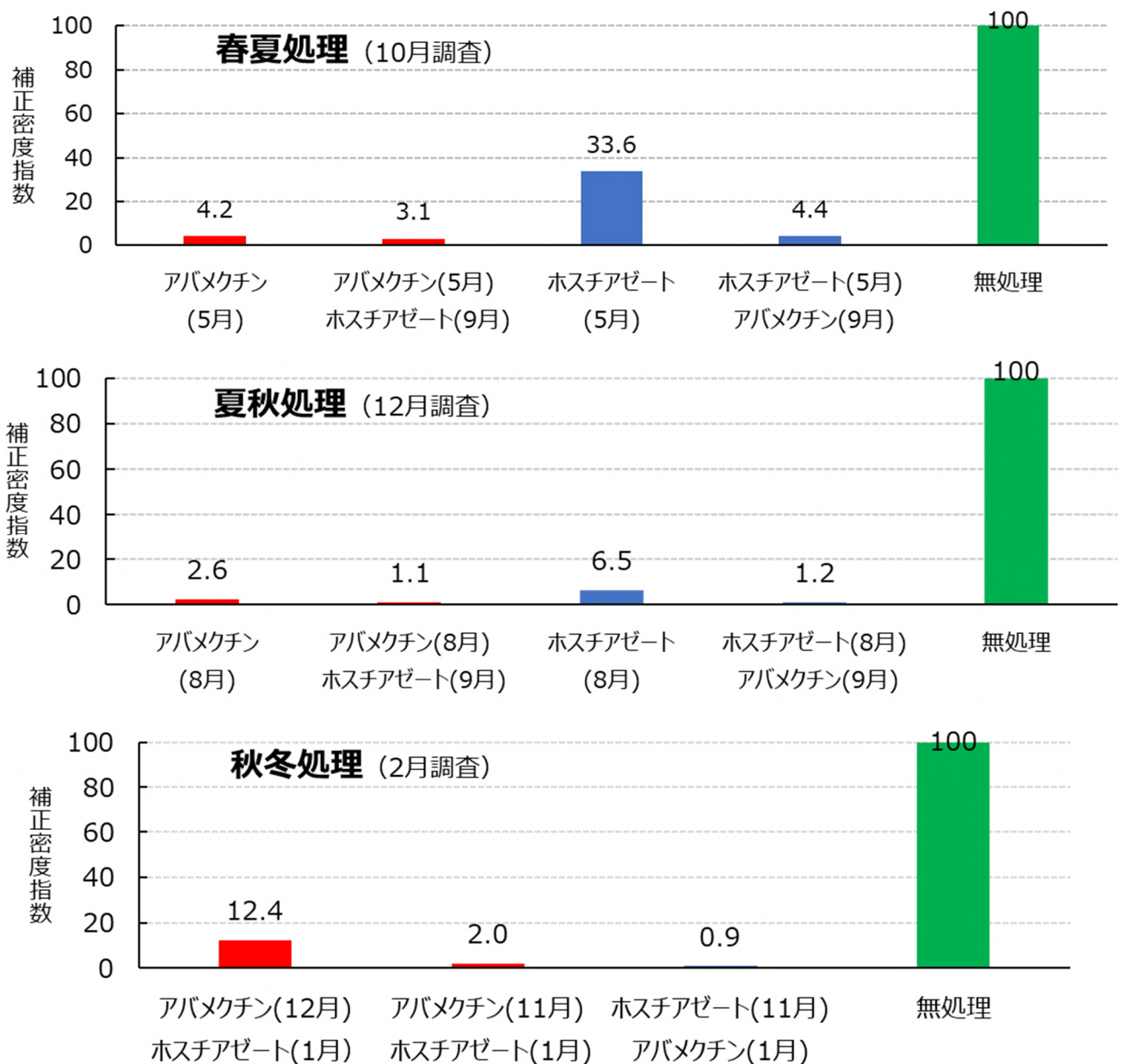
薬剤処理の1か月後と5か月後の防除効果を比較した結果、アバメクチン乳剤はほとんど変化がありませんでしたが、ホスチアゼート液剤では5か月後には効果が低下しました（図Ⅲ-2-6）。1回の薬剤処理では、時間経過とともに線虫の発生量が回復する場合がありますとわかりました。



図Ⅲ-2-6 薬剤処理の残効期間

(5) 2 薬剤の体系処理

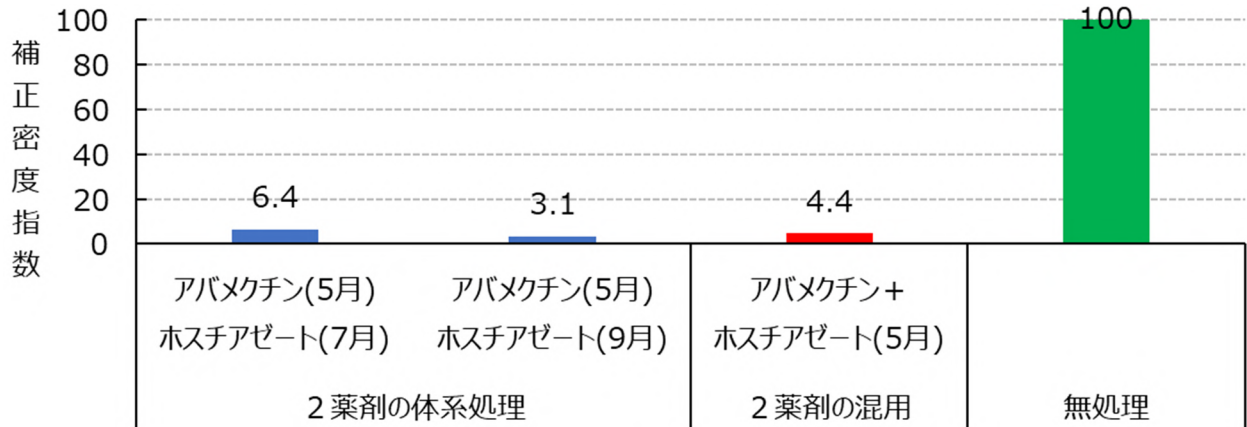
アバメクチン乳剤及びホスチアゼート液剤の処理は、いずれも 1 年に 1 回と定められているため、これら 2 剤を同一年の異なる時期に処理（体系処理）した場合の効果进行调查しました。その結果、春夏処理（一方の薬剤を春に、もう一方の薬剤を夏に処理、以下同様）及び夏秋処理では、薬剤の処理順序にかかわらず、いずれも高い線虫防除効果が認められました（図Ⅲ-2-7）。一方、秋冬処理ではやや効果が劣る場合があります。



図Ⅲ-2-7 2 薬剤を体系処理した場合の線虫防除効果
(薬剤名に続く括弧内は薬剤処理の実施月を示す)

(6) 2 薬剤の混用

実験的に、アバメクチン乳剤とホスチアゼート液剤を混用（前者は 500 倍希釈、後者は 1,000 倍希釈、10 分間浸漬）した場合の線虫防除効果を調査した結果、2 薬剤の混用処理と、2 薬剤の体系処理の効果は同程度でした（図Ⅲ-2-8）



図Ⅲ-2-8 2 薬剤を混用した場合の線虫防除効果

(最初の薬剤処理の 5 か月後に調査、薬剤名に続く括弧内は薬剤処理の実施月を示す)

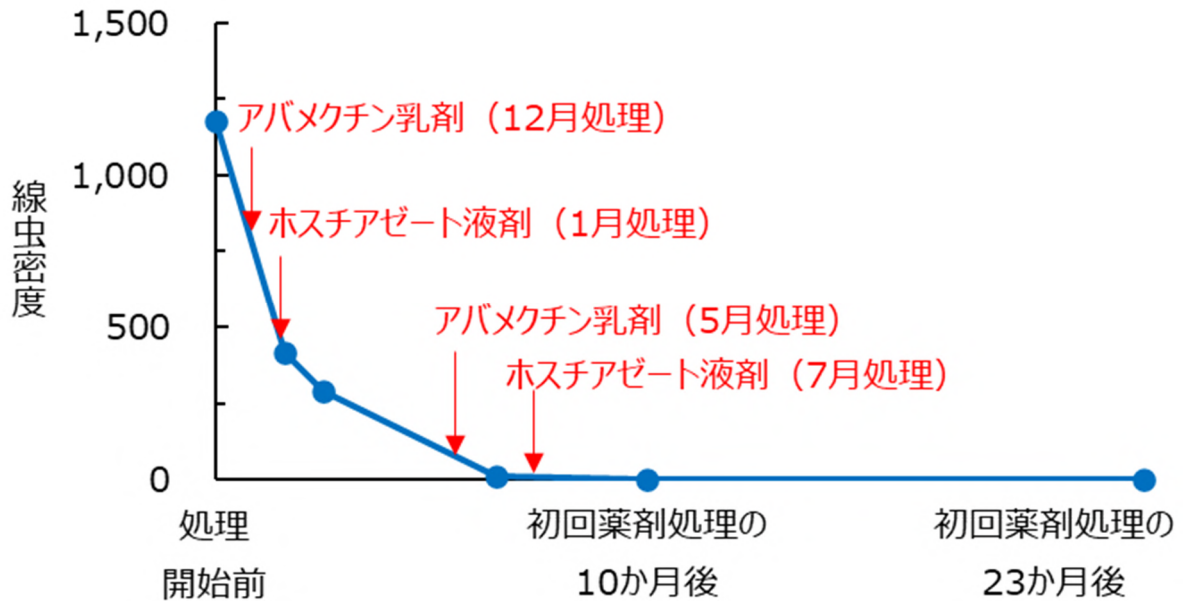
(7) 2 か年にわたる 2 薬剤の体系処理

2 薬剤の体系処理を 2 か年にわたって継続（又は 2 薬剤の混用処理を 2 か年にわたって継続）することで、ネグサレセンチュウがほぼ検出されない状態にまで防除することができました（図Ⅲ-2-9）。図Ⅲ-2-10 に体系処理における線虫の密度推移を示しました。4 回目の薬剤処理後は、線虫がほとんど検出されない状態を維持することができました。



図Ⅲ-2-9 2 か年にわたる薬剤処理による線虫防除効果

(最終の薬剤処理の 16 か月後に調査、薬剤名に続く括弧内は薬剤処理の実施月を示す)



図Ⅲ-2-10 2か年にわたる2薬剤の体系処理におけるネグサレセンチュウの密度推移
 数値はベルマン法による鉢内の土壌 50 g 当たりの分離線虫頭数を示す

(8) まとめ

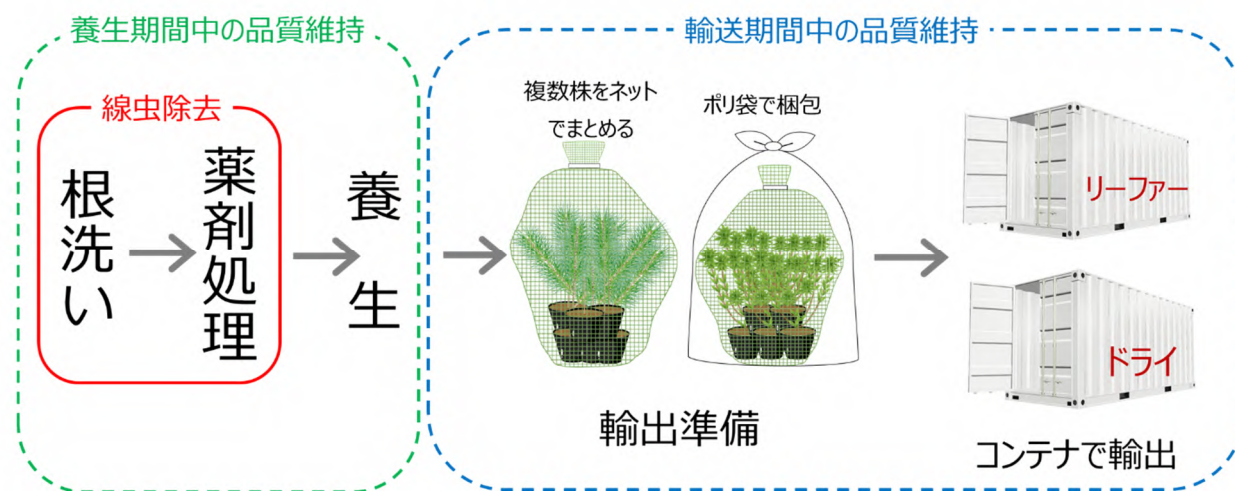
埼玉県内で過去に実施した調査によれば、EU 諸国・英国向けに輸出されているイブキ盆栽におけるネグサレセンチュウ類の密度は概ね 50 頭未満（ベルマン法、土壌 50 g 当たり）でした。ここで紹介した試験例では、線虫密度が 1,000 頭を超えるような重度汚染鉢を使用しましたが、2つの薬剤を2年間にわたって体系処理するなどの方法で、線虫がほぼ検出されない状態にすることが可能でした。また、ここで紹介した新たな線虫防除技術では、イブキ盆栽の薬害は一貫して認められませんでした。

EU 諸国・英国向け盆栽の輸出条件として、栽培地検査を2年間は受検しなければならないため（2024年2月時点）、その間に適切な線虫防除を実施することが重要です。より確実に線虫を防除したい場合は薬剤処理を春から夏にかけて行ない、高密度の線虫汚染が心配される場合は計画的に複数回の薬剤処理を行う必要があります。ここで紹介した新たな線虫防除技術を、個々の栽培管理の実情等に応じて活用してください。

IV. アジア諸国向け苗木輸出の技術体系

1. 技術体系の概要

苗木は、植木や盆栽と比較して樹体が小さいことから、根洗いによる土壌の除去（アジア諸国向けの輸出条件）に伴う根のダメージが樹勢に影響しやすく、落葉等の品質低下が発生しやすいという問題があります。また、苗木は呼吸等の生理活性が高いため、様々な環境条件の影響を受けやすく、輸送先に到着するまでのコンテナ輸送中に生じる品質低下も問題となっています。ゆえに、輸出までの一連の作業（図IV-1-1）で生じる、これら品質低下のいずれにも対策が必要になります。そこで本マニュアルでは、根洗い及び線虫防除用薬剤の処理（以下、苗木では連続して実施されることが多いこれら2つの処置を「線虫除去」と略記）から養生までの期間の対策と、輸出準備からコンテナ輸出までの期間の対策に分けて、ツバキ、ツツジ、サザンカ、クロマツ及びイヌツゲの苗木の品質維持技術を紹介します。



図IV-1-1 アジア諸国向け苗木輸出の作業の流れ

図IV-1-1に示した作業の流れに沿って、線虫除去から養生までの期間（養生期間）及び輸出準備からコンテナ輸出までの期間（輸送期間）の品質維持に有効な樹種別の苗木の管理方法等を、表IV-1-1に整理しました。養生期間中は、線虫除去の実施時期並びに線虫防除用薬剤及びかん水方法の選択について示しており、輸送期間中は、コンテナの選択及び苗木の梱包の可否について示しています。

表Ⅳ-1-1 苗木の品質維持に有効な技術体系の構成

	樹種	線虫除去の実施時期 ¹⁾	線虫防除用薬剤 ²⁾	ミストかん水
養生期間中	ツバキ	夏	MEP乳剤	任意
	ツツジ	冬	MEP乳剤	任意
	サザンカ	秋	MEP乳剤	任意
		春、夏、冬	アバメクチン乳剤	必要
	クロマツ	秋	アバメクチン乳剤	任意
		冬	MEP乳剤	任意
		春、冬	アバメクチン乳剤	任意
	イヌツゲ	秋	アバメクチン乳剤	必要
		秋	MEP乳剤	任意
			春、夏、秋、冬	アバメクチン乳剤

1) 春：3～5月、夏：6～8月、秋：9～11月、冬：12～2月

2) MEP 乳剤は、アバメクチン乳剤（葉害小）に代替した場合にも品質を維持可能と予想されるが未検証である。



	樹種	コンテナ	梱包
輸送期間中	ツバキ	リーファー	しない
	ツツジ	リーファー	する
	サザンカ	ドライ	しない
		リーファー	しない
	クロマツ	ドライ	しない
		リーファー	しない
	イヌツゲ	ドライ	しない
		リーファー	する

以下の項目では、養生期間中及び輸送期間中の各管理方法等が、苗木の品質維持に及ぼす影響を説明します。

2. 養生期間中の品質維持

養生期間中の苗木の品質を維持するためには水管理が重要であることから、手かん水（土壌の乾燥程度に応じて適宜）及びミストかん水（マイクロミスト、6～18 時に毎時2分間かん水）の効果、線虫除去の実施時期も踏まえて検証しました。線虫防除用薬剤（用語解説 46 ページを参照）には、MEP 乳剤又はアバメクチン乳剤を用いました。一般に、コン

テナ苗木の生産には焼成された培養土が用いられるため、植物寄生性線虫に汚染されていない場合も多く、本マニュアルで紹介する試験例で使用した苗木も線虫に汚染されていなかったことから、薬剤処理による線虫防除効果は調査していません。

(1) 根洗い及び薬剤処理

アジア諸国向けには土壌の除去が必須であることから、先ず根洗いを行います。苗木の根鉢を水に浸した状態で、強めの水流を水中で当てて根回りの土壌を落とします（図IV-2-1 A 及び B）。根洗い後、根部を線虫防除用薬剤の薬液に浸漬します（図IV-2-1C）。その後、根部にピートモスを充填して鉢上げします（図IV-2-1 D）。鉢上げ後は、50%遮光条件下のハウス内で管理します。



図IV-2-1 線虫除去及びその後の鉢上げ作業の実施状況
(A及びB：根洗い作業、C：薬剤処理、D：ピートモスで鉢上げ)

(2) 品質維持に有効な養生方法等

養生期間中の品質維持に有効な線虫除去の実施時期、かん水方法及び線虫防除用薬剤の組合せを樹種別に紹介します。線虫除去から8週間養生した後に、品質低下が認められなかった株（健全株）の割合が90%以上となる組合せを有効と判断しました。ただし、以下に示す結果は、これら3つの要素のすべての組合せについて品質維持効果を検証した結果ではない点にご注意ください。

ツバキ苗木は、夏期に線虫除去を行えば、いずれのかん水方法でも品質の維持が可能です（表IV-2-1）。表中で灰色に塗りつぶした養生方法等は有効ではありませんでした（表IV-2-2～5でも同様）。

表IV-2-1 ツバキ苗木における線虫除去及び養生方法が品質に及ぼす影響

線虫除去の実施時期	薬剤	かん水方法	健全株率 (%)
夏 (6～8月)	MEP乳剤	手	100
	MEP乳剤	ミスト	95
秋 (9～11月)	MEP乳剤	手	0
	MEP乳剤	ミスト	10

※ 灰色に塗りつぶした行は、有効ではなかった養生方法等を示す（以下同様）

ツツジ苗木は、冬期に線虫除去を行えば、いずれのかん水方法でも品質の維持が可能です（表IV-2-2）。

表IV-2-2 ツツジ苗木における線虫除去及び養生方法が品質に及ぼす影響

線虫除去の実施時期	薬剤	かん水方法	健全株率 (%)
冬 (12～2月)	MEP乳剤	手	100
	MEP乳剤	ミスト	95
秋 (9～11月)	MEP乳剤	手	65
	MEP乳剤	ミスト	35

サザンカ苗木は、秋期に線虫除去を実施する場合は、いずれの薬剤及びかん水方法でも品質の維持が可能です（表IV-2-3）。

表IV-2-3 **サザンカ苗木**における線虫除去及び養生方法が品質に及ぼす影響

線虫除去の実施時期	薬剤	かん水方法	健全株率 (%)
春 (3~5月)	アバメクチン乳剤	ミスト	95
夏 (6~8月)	アバメクチン乳剤	ミスト	95
秋 (9~11月)	MEP乳剤	ミスト	100
	MEP乳剤	手	100
	アバメクチン乳剤	ミスト	90
	アバメクチン乳剤	手	93
冬 (12~2月)	アバメクチン乳剤	ミスト	100
夏 (6~8月)	MEP乳剤	手	30
	アバメクチン乳剤	手	67

クロマツ苗木は、春期、秋期又は冬期に線虫除去を実施する場合は、薬剤及びかん水方法を選択することで、品質の維持が可能です（表IV-2-4）。一方、夏期に線虫除去を実施する場合、薬剤及びかん水方法の選択によって品質を維持することはできません。

表IV-2-4 **クロマツ苗木**における線虫除去及び養生方法が品質に及ぼす影響

線虫除去の実施時期	薬剤	かん水方法	健全株率 (%)
春 (3~5月)	アバメクチン乳剤	ミスト	100
	アバメクチン乳剤	手	100
秋 (9~11月)	アバメクチン乳剤	ミスト	90
冬 (12~2月)	MEP乳剤	ミスト	100
	MEP乳剤	手	95
	アバメクチン乳剤	ミスト	100
	アバメクチン乳剤	手	100
秋 (9~11月)	MEP乳剤	手	77
	アバメクチン乳剤	手	87

イヌツゲ苗木は、アバメクチン乳剤を用いれば、いずれの時期に線虫除去を実施しても品質の維持が可能です（表IV-2-5）。この場合はいずれのかん水方法でも可です。

表IV-2-5 **イヌツゲ苗木**における線虫除去及び養生方法が品質に及ぼす影響

線虫除去の実施時期	薬剤	かん水方法	健全株率 (%)
春 (3~5月)	アバメクチン乳剤	ミスト	100
	アバメクチン乳剤	手	100
夏 (6~8月)	アバメクチン乳剤	ミスト	100
	アバメクチン乳剤	手	100
秋 (9~11月)	MEP乳剤	ミスト	90
	アバメクチン乳剤	ミスト	100
	アバメクチン乳剤	手	100
冬 (12~2月)	アバメクチン乳剤	ミスト	100
	アバメクチン乳剤	手	100
秋 (9~11月)	MEP乳剤	手	60

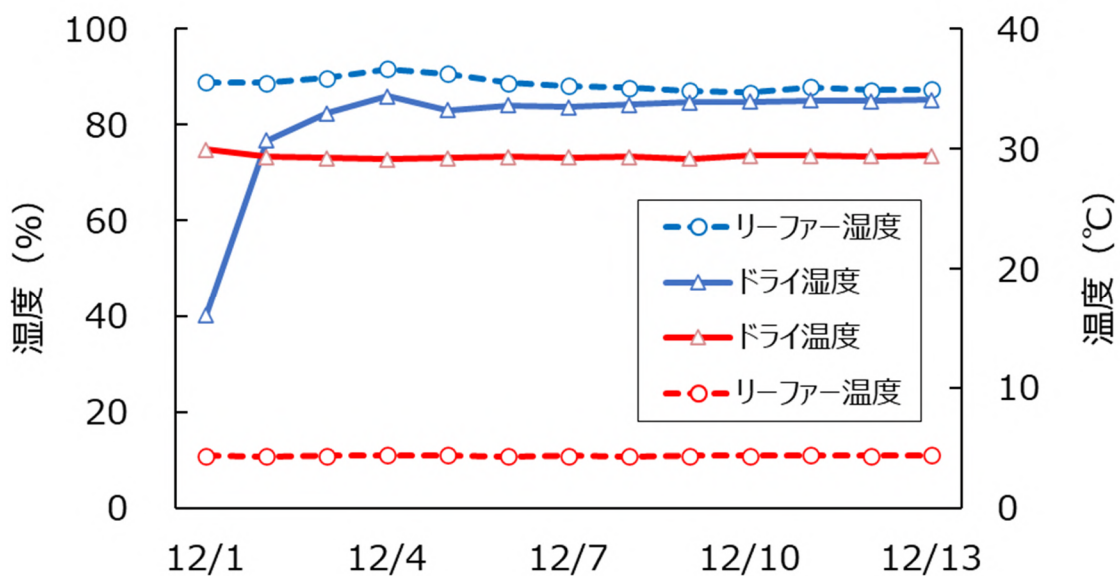
3. 輸送期間中の品質維持

輸送期間中の苗木は、輸送時の気温と根鉢土壌の乾燥によって品質が低下すると考えられ、それに影響する外的な要因として、輸出に用いるコンテナの種類（ドライコンテナ、リーフアークンテナ（内部の冷却装置で温度調節が可能））と輸送中のポリエチレン袋（縦 120 cm×横 115 cm、厚さ 0.045 mm）による苗木の梱包（以下、梱包と表記）の有無が考えられます。そこで、福岡県農林業総合試験場の敷地内に設置したコンテナに苗木（一部には、表IV-2-1～5で紹介した品質維持に有効な養生方法等を適用）を約2週間（門司港からアジア諸国へ輸出する場合の所要期間）収容し、出庫後は、輸出想定先であるバンコク、クアラルンプール、ジャカルタの年平均気温 26.4～29.1℃を基に、日中 30℃に加温した鉄骨ハウス内で適宜かん水を行いながら4～5週間管理した後に、苗木の品質を調査しました。

(1) 輸出用コンテナ内の温度及び湿度

入庫直前の苗木にかん水を行った場合、入庫期間中のコンテナ内の平均気温及び平均湿度は、ドライコンテナ及びリーファーコンテナでそれぞれ、23.0℃・94.0%及び 3.9℃・80.6%でした。ドライコンテナの湿度は入庫時の 65%から上昇して、3日目以降は 90%以上の値で推移しました。

一方、入庫の数日前から苗木のかん水を控えた場合は、ドライコンテナを想定した保管庫では平均気温が 29.4℃、平均湿度が 80.4%で、リーファーコンテナでは平均気温が 4.4℃、平均湿度が 88.5%でした（図IV-3-1）。以上のように、ドライコンテナでは入庫後に湿度が上昇して高湿度条件になることから、入庫直前の苗木へのかん水は不可欠ではないと考えられます（鉢土が過度に乾燥して苗木が萎れている場合等を除く）。

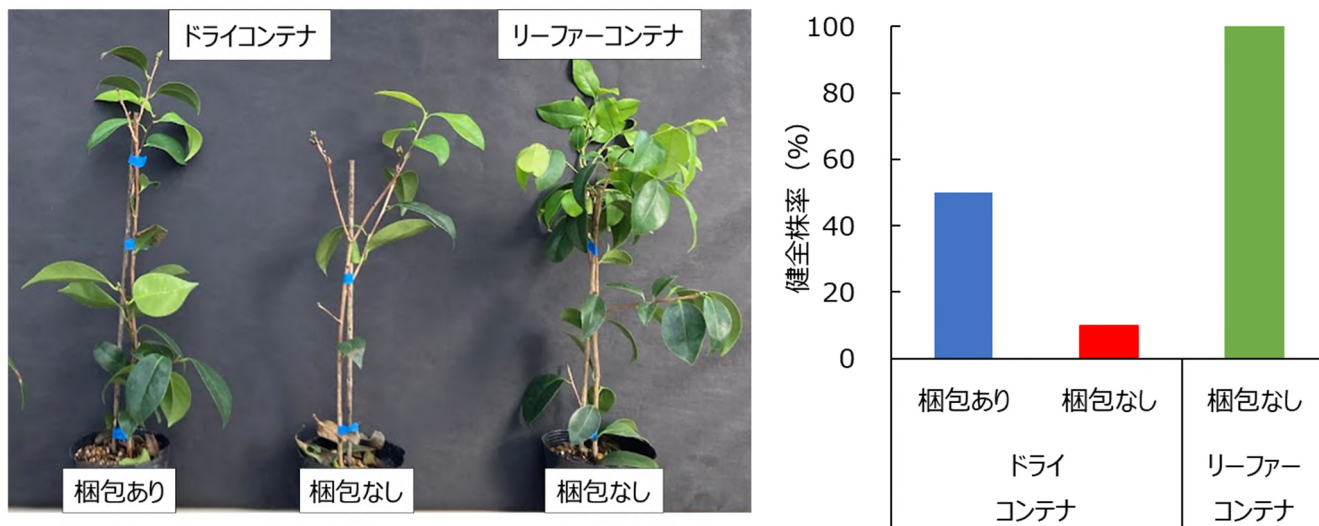


図IV-3-1 コンテナ内の温度及び湿度の推移
(2022年、入庫の数日前から苗木へのかん水を控えた場合)

(2) 品質維持に有効な輸送方法

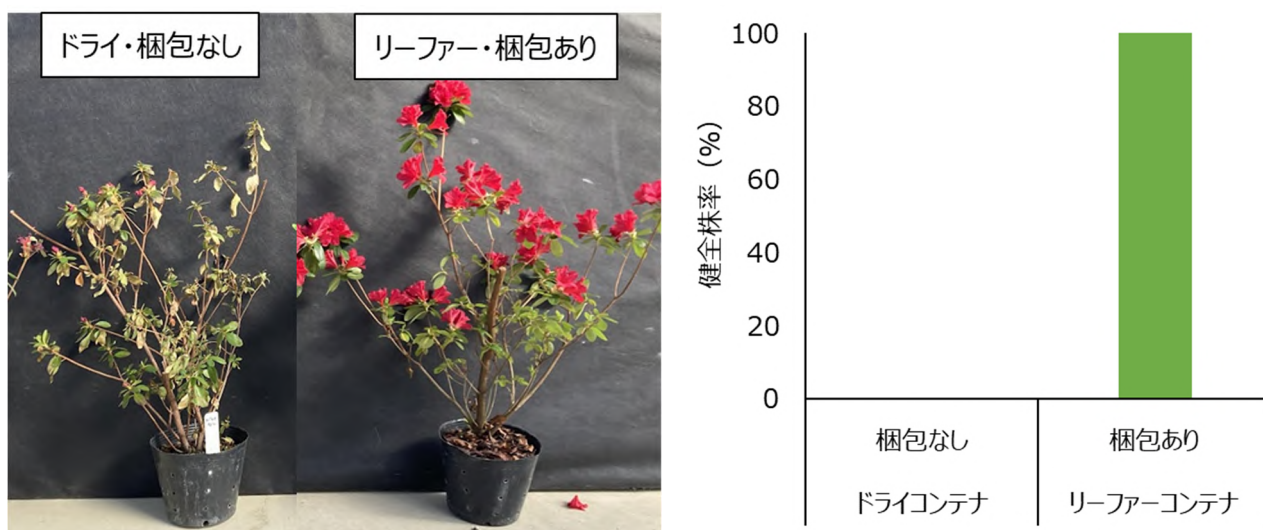
輸送期間中の苗木の品質維持に有効なコンテナの種類及び梱包の要否を樹種別に紹介します。コンテナから出庫後に枯死しておらず、枝枯れや葉の褐変も認められない株（健全株）の割合が 90%以上となる方法を有効と判断しました。ただし、以下に示す結果は、コンテナと梱包のすべての組合せについて品質維持効果を検証した結果ではない点にご注意ください。

ツバキ苗木は、リーファーコンテナに梱包なしで収容した場合の健全株率は 100%でした（図IV-3-2）。一方、ドライコンテナに収容した場合は梱包の有無にかかわらず、健全株率が低くなったことから、ツバキ苗木の輸送にはリーファーコンテナが適していると考えられます。



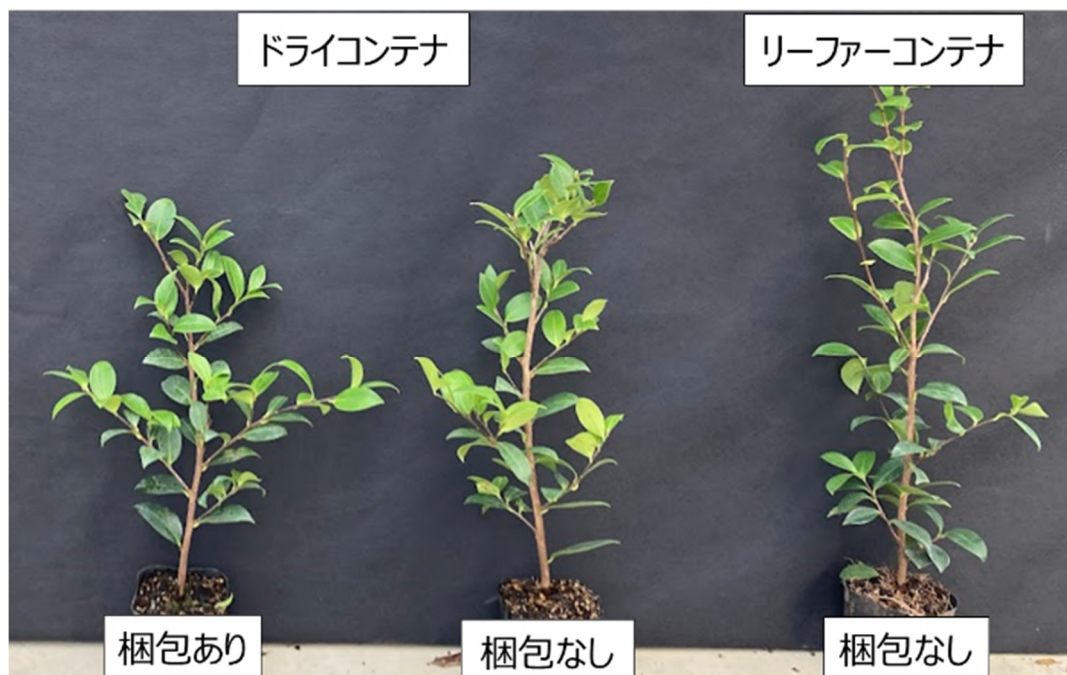
図IV-3-2 コンテナから出庫後のツバキ苗木及び健全株率の比較

ツツジ苗木は、梱包をしてリーファーコンテナに収容した場合は、健全株率は 90%以上でした（図IV-3-3）が、梱包をせずにリーファーコンテナに入れると根鉢の極端な乾燥が認められ品質低下が発生する事例が認められました。また、ドライコンテナに収容した場合の健全株率は梱包の有無にかかわらず 0%でした。

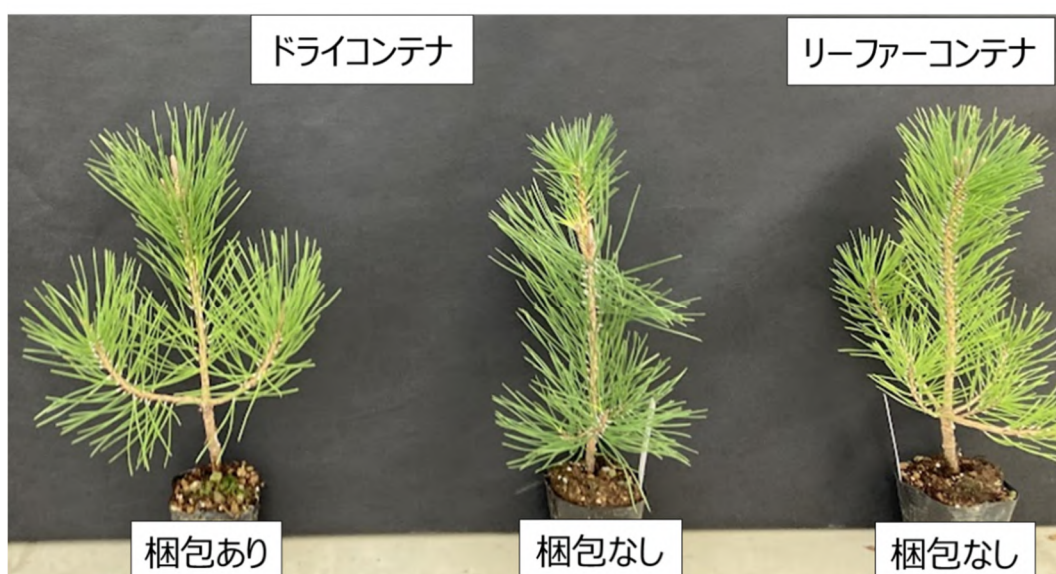


図IV-3-3 コンテナから出庫後のツツジ苗木及び健全株率の比較

サザンカ苗木及びクロマツ苗木は、表IV-2-3～4で紹介した養生管理等を適用して、ドライコンテナ又はリーファーコンテナに収容した場合、いずれも品質低下の発生は認められませんでした（図IV-3-4、図IV-3-5）。

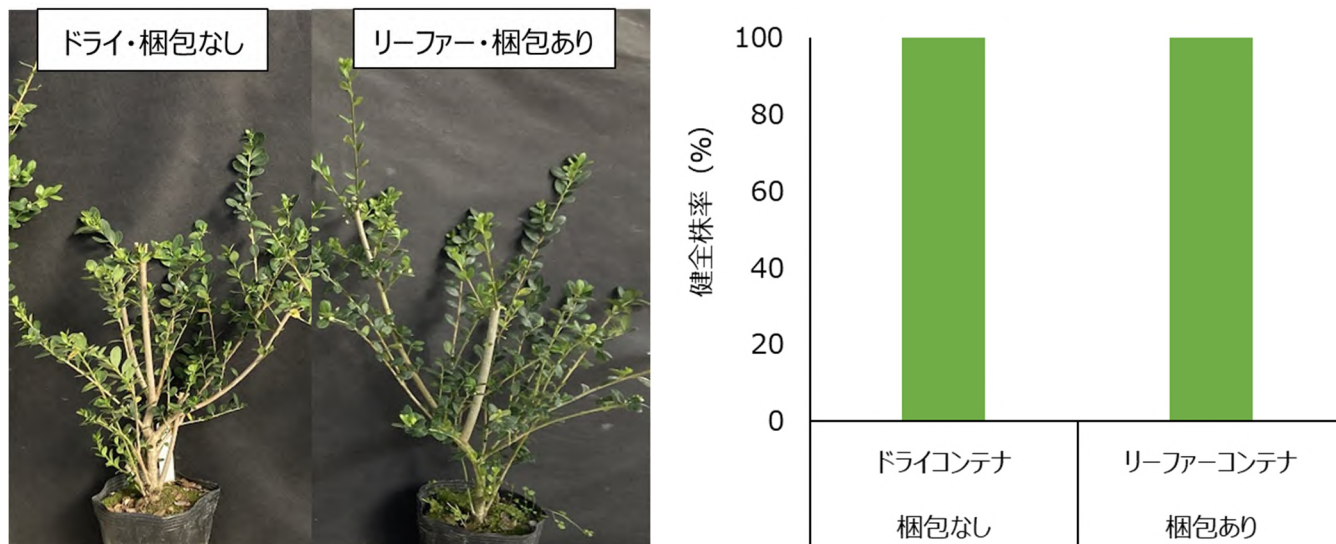


図IV-3-4 コンテナから出庫後のサザンカ苗木



図IV-3-5 コンテナから出庫後のクロマツ苗木

イヌツゲ苗木は、梱包なしでドライコンテナに収容した場合及び梱包してリーファーコンテナに収容した場合、健全株率はいずれも 100%でした（図IV-3-6）。



図IV-3-6 コンテナから出庫後のイヌツゲ苗木及び健全株率

(3) 輸送費

東京・横浜港からアジア諸国へのコンテナ輸送費を表IV-3-1に示しました。ドライコンテナ（一般的な常温輸送用）の輸送費は、JETRO 投資関連コスト試算における「コンテナ輸送（40ft コンテナ）対日輸入」の金額を引用しています。リーファーコンテナの輸送費は、「農林水産物・食品輸出の手引き（平成 28 年 2 月、農林水産省）」から、ドライコンテナとリーファーコンテナの輸送費の比率を算出し、前記のドライコンテナ輸送費に乗じて算出しています。

リーファーコンテナの輸送費は、一般貨物で通常用いられている常温輸送のドライコンテナと比べて、輸送費が横浜～東アジア、東南アジア間で 1.9～8.3 倍高くなります。このことから、リーファーコンテナを用いなくても品質を維持した輸送が可能なサザンカ苗木、クロマツ苗木及びイヌツゲ苗木は、ドライコンテナを用いて輸送することで経費の節減が可能です。その一方、ツバキ苗木及びツツジ苗木は、リーファーコンテナを用いずに品質を維持しつつ輸送する方法が明らかではないため、ドライコンテナを用いた輸送には注意が必要です。

表IV-3-1 輸出相手国・地域別のコンテナ輸送費（単位：米ドル）

輸出相手国・地域	コンテナ輸送費（2022年11月～2023年1月）	
	ドライコンテナ（40ft）	リーファーコンテナ（40ft）
香港	600	4,950
シンガポール	770	2,904
タイ	2,093	3,924

4. まとめ

1. 技術体系の概要 の表IV-1-1に示した、養生期間中及び輸送期間中の有効な管理方法等を組み合わせることで、90%以上の苗木の品質維持が可能です。

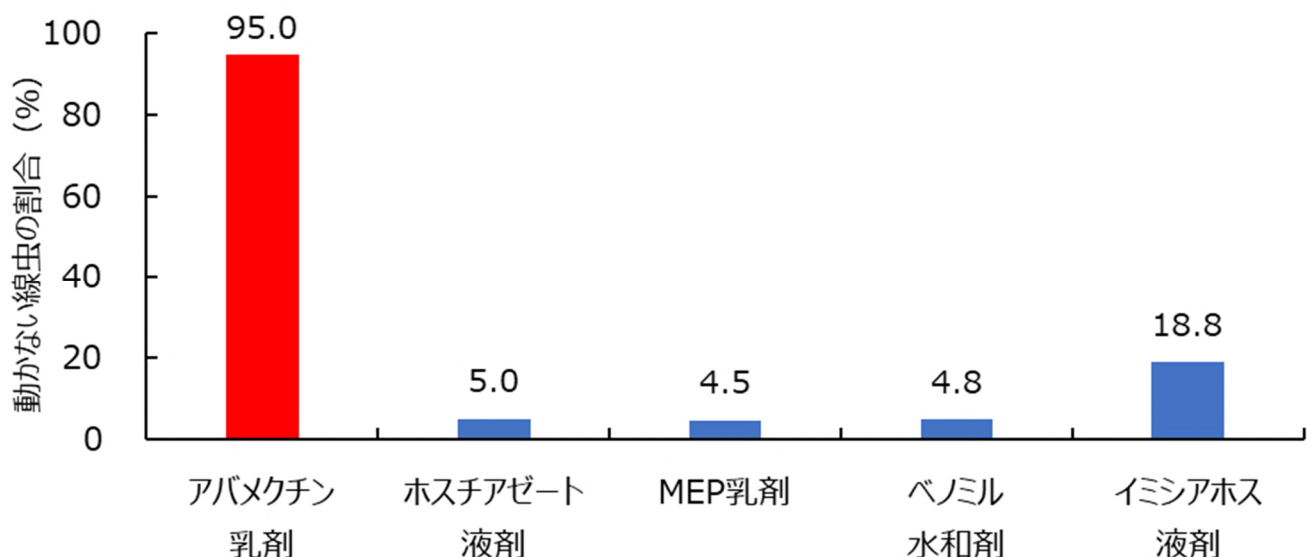
参考：線虫防除用薬剤の作用

本マニュアルⅠ～Ⅲの線虫防除に関する項目では主に、2020年6月に樹木類のネグサレセンチュウ防除用途に農薬登録が適用拡大された「アバメクチン乳剤」を活用した技術体系を紹介しました。ここではそれらと関連して、この薬剤がキタネグサレセンチュウ（ネグサレセンチュウの一種で、イヌマキ、マツ、イブキのほかにも様々な樹種で発生）に対してどのように作用するのかを調査した結果を紹介します。また、イノベ事業 02011B コンソーシアムが実施した試験の結果に基づいて、2023年12月に樹木類のネグサレセンチュウ防除用途に農薬登録が適用拡大された「イミシアホス液剤」の効果の概要も紹介します。

1. アバメクチン乳剤のキタネグサレセンチュウに対する防除効果

(1) 成幼虫の活動性に対する影響

キタネグサレセンチュウの成虫又は幼虫の活動性に対するアバメクチン乳剤の影響を実験室内で調査した結果、同剤を処理した線虫は、その大部分が不動化することがわかりました（図B、数値が大きい薬剤は、不可逆的に線虫を動けなくする作用が強いことを示す）。



図B キタネグサレセンチュウ成幼虫の活動性に対する薬剤処理の影響

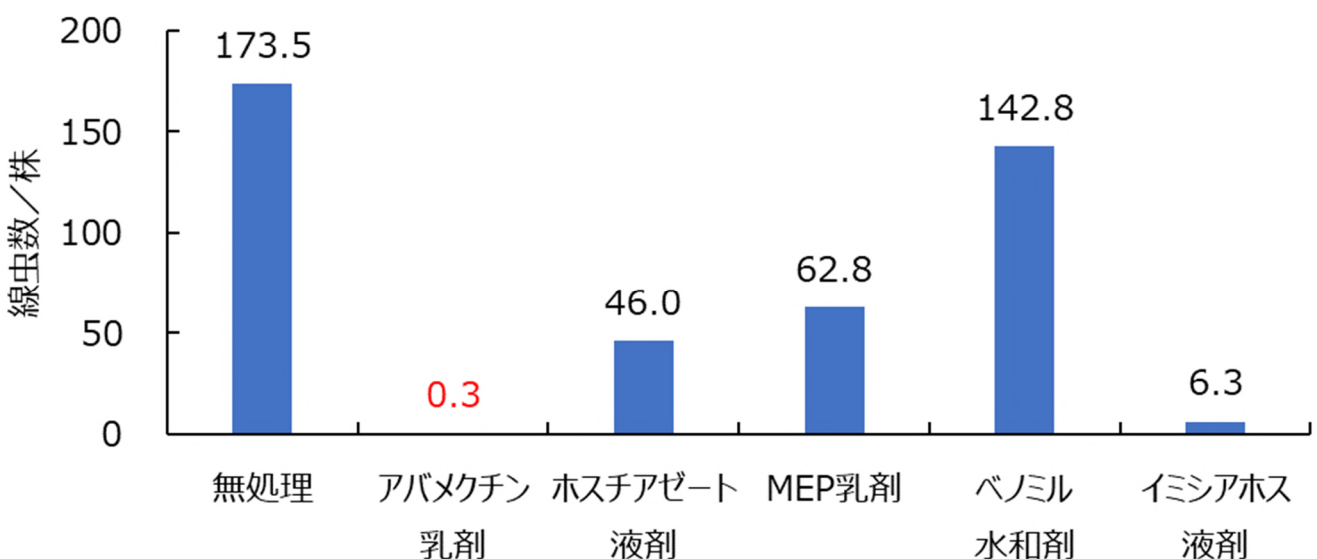
数値は、農薬登録の条件（用語解説の表Cを参照）で薬液に直接浸漬し、薬剤を除去してから24時間後に不動化していた線虫の割合（%）

(2) 卵の孵化に対する影響

ネグサレセンチュウ類の卵は根の内部又は土壌中に産下されます。実験的に、キタネグサレセンチュウの卵を直接アバメクチン乳剤の薬液（用語解説 46 ページの表Cの濃度）に 24 時間浸漬した結果、卵の孵化を妨げる作用が認められましたが、孵化を完全に抑制することはできませんでした。

(3) 根内の線虫に対する影響

土壌中の線虫は根洗いをすることで物理的に除去することが可能ですが、ネグサレセンチュウは根の内部にも侵入するため、根洗いだけでは完全に除去することが困難です。加えて、根の内部に侵入したネグサレセンチュウは、薬液に直接さらされることがないため、薬剤の影響も受けにくいと考えられます。そこで、キタネグサレセンチュウが寄生したイロハモミジを根洗いしてから、根部を表Cの条件で薬液に浸漬し、その後の根部から検出された線虫（根の内部に侵入していたため根洗いでは除去されず、その後の薬剤処理の影響も免れて生残していた線虫）の個体数を調査しました。その結果、アバメクチン乳剤を処理した株からはネグサレセンチュウがほとんど検出されませんでした（図C）。このことからアバメクチン乳剤の処理は、根の内部に侵入したネグサレセンチュウに対しても防除効果を及ぼすと考えられます。



図C 根洗い後に薬剤を処理したイロハモミジの根部で生残していたネグサレセンチュウの個体数

2. イミシアホス液剤のキタネグサレセンチュウに対する防除効果

造形樹等に使用可能な線虫防除用薬剤の選択肢を増やして、樹種の特性に合った線虫防除を実施可能にするために、野菜や畑作物の有害線虫に対する有効性が認められている「イミシアホス液剤」の農薬登録を、樹木類のネグサレセンチュウ防除用途に適用拡大すべく、イヌマキ、イブキ及びセンリョウに対する薬効試験（表A）を実施しました。その結果、いずれの樹種でもキタネグサレセンチュウに対する防除効果が確認され（表B、補正密度指数（用語解説47ページを参照）が小さいほど防除効果が高いことを示す）、薬害も認められませんでした。

表A イミシアホス液剤の薬効評価に係る試験設計

樹種	試験例	実施年	実施場所	連制	処理日	調査1	調査2
イヌマキ 樹径2～3cm、樹高約1m、根巻き	A	2021年	千葉県	4	9月7日	29日後	58日後
	B	2022年	千葉県	4	10月17日	31日後	61日後
イブキ 樹齢7～8年生、5号素焼平鉢	C	2021年	埼玉県	5	5月12日	42日後	156日後
	D	2022年	埼玉県	5	6月16日	41日後	84日後
センリョウ 樹高15～20cm、7号スリット鉢	E	2022年	香川県	4	7月4日	28日後	71日後
	F	2022年	福岡県	4	7月1日	31日後	73日後

表B イミシアホス液剤のキタネグサレセンチュウに対する薬効の評価結果

樹種	試験例	線虫密度 ¹⁾			補正密度指数		薬害 ²⁾
		処理前	調査1	調査2	調査1	調査2	
イヌマキ	A	16.6	0.8	0.0	6.5	0.0	—
	B	767.3	1.5	0.3	0.2	0.3	—
イブキ	C	1,482.9	28.5	15.6	1.4	4.6	—
	D	976.6	0.0	0.4	0.0	0.1	—
センリョウ	E	21.3	0.0	0.0	0.0	0.0	—
	F	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	—

1) ベルマン法による土壌 50 g 当たりの分離ネグサレセンチュウ頭数

2) センリョウの2試験例では、軽微な葉先の褐変又は萎縮が認められた。

用語解説

線虫（せんちゅう）

線形動物門に属する動物の総称で、人間の生活と関わりの深い例としては、回虫やアニサキスが挙げられます。線虫のうち、造形樹等の輸出の障害となるのは植物に寄生する種類のみで、樹木や農作物で実際に被害が生じる可能性があるのか否かにかかわらず、生きた植物を栄養源とするすべての線虫種が検査検疫の対象となります。本マニュアルでは、イヌマキ植木、イブキ盆栽及びマツ盆栽のいずれにおいても輸出の障害となるキタネグサレセンチュウ（*Pratylenchus penetrans*）を防除の対象としました。



図D クロマツ盆栽から検出された
キタネグサレセンチュウ
(成虫の体長は約0.6mm)

線虫防除用薬剤（せんちゅうぼうじょようやくざい）

本マニュアルでは、農薬（殺線虫剤）のうち、樹木の根部の線虫防除に使用可能な剤を「線虫防除用薬剤（又は単に薬剤）」と呼称しています。2023年12月時点で農薬登録されている線虫防除用薬剤の概要は表Cのとおりです。

表C 線虫防除用薬剤の農薬登録の概要

薬剤の一般名（商品名の例）	作物名	適用害虫名	希釈倍数	使用方法
アバメクチン乳剤（アグリメック）	樹木類	ネグサレセンチュウ	500倍	60分間根部浸漬
イミシアホス液剤（ネマキック液剤）	樹木類	ネグサレセンチュウ	500倍	60分間根部浸漬
ホスチアゼート液剤（ネマバスター）	樹木類	ネグサレセンチュウ	1,000倍	10分間根部浸漬
同上	イヌツゲ、センリョウ	ネグサレセンチュウ	1,000倍	株元灌注
ベノミル水和剤（緑化用ベンレート水和剤）	樹木類	オオハリセンチュウ	500倍	30分間根部浸漬
MEP乳剤（スミパイン乳剤）	樹木類	オオハリセンチュウ	500倍	30分間根部浸漬

補正密度指数（ほせいみつどしすう）

害虫や線虫に対する農薬の効果を判定する際に使用される指標の一つです。樹種も樹齢も同じで、同様に管理された樹木であっても、その線虫密度（一定量の土壌や根から検出される調査対象線虫の個体数）は株ごとに異なります。また、農薬を処理していない（無処理の）樹木の線虫密度も、時間経過に伴って変化します。これらを考慮して農薬の効果を判定する場合、以下のように算出した補正密度指数を使用します。線虫に対する農薬の防除効果が高いほど補正密度指数は低くなります。

$$\text{補正密度指数} = \frac{\text{【農薬を処理した樹木】 調査時点の線虫密度}}{\text{農薬処理前の線虫密度}} \times \frac{\text{【無処理の樹木】 農薬処理前の線虫密度}}{\text{調査時点の線虫密度}} \times 100$$

本資料は、「私的使用」または「引用」など著作権法上認められた場合を除き、無断で転載、複製、放送、販売などの利用をすることはできません。内容に関するお問い合わせは、下記のお問い合わせフォームをお願いします。

本マニュアルに関するお問い合わせ（農研機構メールフォーム）

<https://www.naro.go.jp/inquiry/index.html>

上記のお問い合わせフォームの「技術について知りたい」からお問い合わせください。

※「お問い合わせ内容」欄に、本マニュアル名を含めてお問い合わせ内容をご記入ください。