

輸出用緑化苗木の線虫防除時期およびかん水手法の検討

村井かほり*・安永智希・井樋昭宏・池田朱里・巢山拓郎¹⁾

緑化木苗木を輸出する際には根洗いおよび薬剤処理による植物寄生性センチュウの除去（以下、線虫防除）が必要である。サザンカ、イヌツゲ、クロマツ苗木を供試し、植物寄生性センチュウの防除効果が高いと考えられる9月の線虫防除におけるかん水方法およびミストかん水間隔の違いが線虫防除による品質低下に及ぼす影響を調査し、樹種毎に最適なかん水方法を検討した。また、9月の線虫防除により輸出可能な個体が大幅に減少する場合には、植物寄生性センチュウの防除効果に関わらず、その他の時期の線虫防除を検討する必要がある。そこで、4月、8月、10月および12月の線虫防除における品質低下発生状況を調査し、樹種毎に最適な線虫防除時期を検討した。その結果、9月の線虫防除におけるかん水方法は、サザンカおよびイヌツゲでは手かん水とミストかん水のいずれも適しており、クロマツでは手かん水が適していた。植物寄生性センチュウの増殖期である9～10月における線虫防除が最も殺センチュウ効果が高まることを考慮すると、最適な線虫防除時期は、サザンカでは9～10月、イヌツゲでは品質低下が発生しにくい10月、クロマツでは2～3割の品質低下はあるものの9～10月であった。

[キーワード：かん水方法、緑化木苗木、線虫防除時期、輸出]

Optimizing Nematode Control Timing and Irrigation Methods for Exported Garden Tree Seedlings. MURAI Kahori, Tomoki YASUNAGA, Akihiro IBI, Akari IKEDA and Takuro SUYAMA, (Fukuoka Agriculture and Forestry Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. For. Res. Cent.* 10 : 43 - 49 (2024)

When exporting garden tree seedlings overseas, plant-parasitic nematode removal through root washing and chemical treatment (hereafter, referred to as nematode control) is imperative. This study focused on *Camellia sasanqua*, *Ilex crenata*, and *Pinus thunbergii*, examining the impact of irrigation methods and mist intervals on their quality during nematode control in September, when it is considered highly effective for plant-parasitic nematode management. We aimed to identify the optimal irrigation method for garden tree seedlings. If nematode control in September significantly reduces the number of exportable individuals, alternative control periods must be considered, regardless of the September period's efficacy against plant-parasitic nematodes. Therefore, we investigated quality deterioration occurrences during nematode control in April, August, October, and December, determining the optimal period for nematode control in garden tree seedlings. The results showed that during September control, both hand irrigation and mist irrigation were suitable for *C. sasanqua* and *I. crenata*, whereas hand irrigation alone was suitable for *P. thunbergii*. Considering the peak effectiveness of nematode control during their breeding season from September to October, the optimal control period was September–October for *C. sasanqua*, October for *I. crenata* when quality decline was less likely to occur, and September–October for *P. thunbergii*, despite a 20%–30% quality decline.

[Key words: export, garden tree seedlings, irrigation method, nematode control period]

緒言

福岡県は花木類の出荷額が40億円であり、全国1位の産地である（農林水産省2023）。福岡県の花木類生産は、作付面積の約4割、出荷量の約6割を苗木生産が占め（農林水産省2021）、国内需要向けの出荷が主である。しかし、近年、苗木類の国内需要は低迷しており、新たな販路として海外輸出が検討されている。海外では日本の伝統的な植木・盆栽等の人気が高まっており、ヨーロッパ、アジア、アフリカ等へ624万本の輸出が行われている（植物防疫所2022）が、苗木の輸出実績はごくわずかで、輸出に向けた栽培管理に関する検討が必要である。

植木・盆栽およびその苗木を輸出する際には、輸出相手国への病害虫の持ち込みを防ぐ目的で、輸出前後の検査や検疫に合格する必要がある。検査や検疫で不合格となる理由の多くは植物寄生性センチュウの検出であり、不合格となった場合には輸出荷全体が出荷不可となり輸出元に高額な損失が生じる（農業・食品産業技術総合研

究機構2021）。したがって、苗木類の海外輸出において植物寄生性センチュウの除去（以下、線虫防除）は重大な課題である。検査や検疫の対象となるのは全ての植物寄生性センチュウで、特に問題となるのは、オオハリセンチュウ、ユミハリセンチュウおよびイシユクセンチュウ等である（農業・食品産業技術総合研究機構2021）。福岡県内で生産された苗木でも、ツバキ苗でオオハリセンチュウ、ユミハリセンチュウ、イシユクセンチュウ、ワセンチュウおよびネグサレセンチュウ、ツツジ苗でユミハリセンチュウ、イシユクセンチュウ、ワセンチュウおよびラセンセンチュウが検出されている（井樋ら未発表）。

現在、最も一般的な線虫防除の手法は、根から用土を洗い落とし根部に薬剤を浸漬する処理方法（以下、根洗いおよび薬剤処理）である。ただし、根洗いおよび薬剤処理は、植物体に大きなストレスを与え様々な品質低下を引き起こす。そのため、輸出が進んでいる植木・盆栽では、品質低下抑制のための根洗いおよび薬剤処理の時期や処理後の養生期間における環境条件に関する研究が

*連絡責任者（苗木・花き部：murai-k8929@pref.fukuoka.lg.jp）

受付2023年7月23日；受理日2023年11月21日

1) 現 福岡県飯塚農林事務所田川普及指導センター

行われている。一方、苗木の線虫防除に関しては、瀬戸山ら (2022) のツバキ (*Camellia japonica* L.) 苗およびツツジ (*Rhododendron Kurume Group*) 苗に関する報告があるが、その他の樹種に関する報告はない。植木・盆栽と苗木では、地下部の生育程度や根巻の程度、地下部と地上部のバランス等、生育状況が大きく異なることから、同一樹種であっても根洗いおよび薬剤処理の影響や品質低下抑制処理の効果は異なると推察され、苗木の線虫防除に関する試験研究の推進が求められている。

線虫防除に使用可能な薬剤は、卵に対する防除効果が低いことから、主に植物寄生性センチュウの成虫または幼虫の防除を目的として使用されている (弥富 1960, Takeda *et al.* 2015, 農業・食品産業技術総合研究機構 2019)。植物寄生性センチュウの成虫および幼虫の生息密度が高まる時期は 9~10 月、卵期は冬季である (作山 1971, 稲生・会沢 1978, 農業・食品産業技術総合研究機構 2019)。以上より、線虫防除時期を 9~10 月とすると線虫防除効果が最も高まると考えられる。ただし、高温期の線虫防除は葉害が発生しやすく (埼玉県 2011)、9~10 月における線虫防除の可否の判断のためには、線虫防除が品質に及ぼす影響について考慮する必要がある。

瀬戸山ら (2022) は、根洗いおよび薬剤処理後の蒸散速度の低下が品質低下の発生要因であると推察し、根洗いおよび薬剤処理後の 4 週間もしくは 8 週間のミストかん水 (60 分間隔 2 分間散水) で品質低下が抑制されることを報告している。ミストかん水は、空間の相対湿度を高めることで植物体の蒸散量を抑制する効果が期待される。蒸散量は樹種により異なることから (柳沢ら 2001)、ミストかん水の品質低下抑制効果も樹種により異なると考えられる。

そこで、本研究では、今後輸出が見込まれるサザンカ (*C. sasanqua* Thunb.), イヌツゲ (*Ilex crenata* Thunb.) およびクロマツ (*Pinus thunbergii* Parl.) 苗木を供試し、(試験 1) 植物寄生性センチュウの防除効果が高いと考えられる 9 月の線虫防除におけるかん水方法およびミストかん水間隔の違いが線虫防除による品質低下に及ぼす影響を調査し、樹種毎に最適なかん水方法を検討した。また、9 月の線虫防除により品質低下が多発し、輸出可能な個体が大幅に減少する場合には、その他の時期の線虫防除を検討する必要がある。そこで、(試験 2) 4, 8, 10 および 12 月の線虫防除における品質低下の発生状況を調査し、樹種毎に最適な線虫防除時期を検討した。

材料および方法

供試材料はいずれも 3 年生苗の、サザンカ「勘次郎」(3 号ポット)、イヌツゲ (5 号ポット) およびクロマツ (3 号ポット) を用いた。線虫防除では、苗木の根部を薬剤に浸漬するため、まず根鉢から用土を除去する根洗いが必要となる。根洗いは、水を溜めた桶に根鉢を浸し、水道ホースで流水をかけながら手で用土を洗い流す方法で実施した。薬剤処理は MEP 乳剤 (商品名: スミチオン® 乳剤) を用いた。なお、試験 1 では、かん水方法およびミス

トかん水間隔の違いが線虫防除による品質低下に及ぼす影響を調査するため、品質低下を生じやすい条件で薬剤処理を実施した。すなわち、希釈倍率は農薬使用基準の倍量の 250 倍、浸漬時間は 30~60 分間で樹種毎に調整した。鉢上げは、pH 未調整ピートモスに炭酸苦土石灰を 2g/L 施用し pH5.5 程度に調整した輸出に適する用土 (井樋ら 2019) を、根洗い前と同じサイズの黒ポリポットに充填して行った。鉢上げ後は、遮光率 50% 寒冷紗 (ふあふあ™ SL50) を展張した鉄骨 PO フィルムハウス (ハウスサイド常時開放) のベンチ上 (高さ 60cm) に置き、温度はなりゆきで管理した。

1 サザンカ苗木「勘次郎」

試験 1 では、2021 年 9 月 13 日から 16 日に根洗いおよび薬剤処理を実施した。薬剤の希釈倍率および使用方法は 250 倍 30 分間根部浸漬とした。試験区は、30 分間隔で 1 分間のミスト散水区 (以下、ミスト 1/30 分区) および 60 分間隔で 2 分間のミスト散水区 (以下、ミスト 2/60 分区) の 2 区を設けた。かん水方法の対照区として手かん水を実施した区 (以下、手かん水区)、薬剤処理の対照区として根洗いを実施した後、薬剤ではなく水に浸漬した区 (以下、水浸漬区)、根洗いも薬剤処理も実施しない区 (以下、無処理区) の 3 区を設けた。なお、水浸漬区および無処理区は手かん水で管理した。ミストかん水は、噴口 (DN-752A-C (株) サンホープ) を用い、期間は根洗いおよび薬剤処理当日から 8 週間後まで、時間帯は 6 時から 18 時までとした。手かん水は、水道ホースにハス口をつけ、1 日あたり 2 回から 3 回を目安に鉢底から水が流れる程度の水量を与えた。なお、ミスト 1/30 分区およびミスト 2/60 分区でも、根洗いおよび薬剤処理当日から 3 日後までは、ミストと併用して手かん水を 1 日あたり 1 回実施した。試験規模は無処理区のみ 1 区 10 株、その他の区は 1 区 20 株とした。品質調査は、根洗いおよび薬剤処理から 4 週間後 (以下、4 週)、8 週間後 (以下、8 週) および 12 週間後 (以下、12 週) に行った。落葉指数 (0: 落葉なし, 1: 株全体の 1/4 未満の軽微な落葉, 2: 株全体の 1/4 以上の落葉)、枝枯れ (枝全体の褐変・落葉) および株枯れ (株全体の褐変・落葉) の有無について調査し、落葉指数 1 以下で、かつ枝枯れおよび株枯れが認められなかった株を健全株と評価した。また、翌春の新梢成長期に新たな枯死株の発生の有無について遠観で調査した。

試験 2 では、試験区として線虫防除時期別に 4 区設け、2022 年 4 月 18 日 (以下、4 月)、8 月 2 日 (以下、8 月)、10 月 19 日 (以下、10 月) および 12 月 12 日 (以下、12 月) に実施した。薬剤の希釈倍率および使用方法は 500 倍 30 分間根部浸漬とした。手かん水は 4 月、8 月および 10 月は 1 日あたり 2 回から 3 回、12 月は 1 日あたり 1 回を目安に前項 1 と同程度の水量を与えた。試験規模は 1 区 30 株とした。品質調査は、4 月、8 月および 10 月は、根洗いおよび薬剤処理から 8 週、12 月は 40 日後 (以下、40 日) とした。葉の褐変および株枯れの有無について調査を行い、上記 2 項目がいずれも認められなかった株を健全株と評価した。また、翌春の新たな枯死株の発生の有無につ

いて前項1と同様に調査した。

統計解析はEZR 64-bit Version 1.35 (Kanda 2013) を用い、Fisherの正確確率検定およびBH法の多重比較検定にて実施した。

2 イヌツゲ苗木

試験1では、サザンカと同時期に根洗いおよび薬剤処理を実施した。なお、供試株は樹高を60cmに刈込み、薬剤の希釈倍率および使用方法は250倍60分間根部浸漬とした。品質調査はサザンカと同時期に行い、葉の下垂、葉の黄化、落葉、枝枯れ、株枯れについて調査し、上記5項目がいずれも認められなかった株を健全株と評価した。翌春の達観調査はサザンカと同様に実施した。成長量は、新梢長(1株当たり3本)について根洗いおよび薬剤処理前日(以下、処理前日)と6週間後(以下、6週)に調査し、その差を新梢成長量とした。

試験2では、サザンカと同様に区を設け、根洗いおよび薬剤処理を実施し、品質調査を行った。

統計解析はEZR (64-bit, Version 1.35) を用い、Fisherの正確確率検定およびTukeyの多重比較検定にて実施した。

3 クロマツ苗木

試験1では、サザンカと同様に根洗いおよび薬剤処理を実施した。品質調査もサザンカと同時期に行い、葉の褐変指数(0:褐変なし, 1:株全体の1/4未満の軽微な褐変, 2:株全体の1/4以上3/4未満の褐変, 3:株全体の

3/4以上の褐変)を調査し、葉の褐変指数1以下であった株を健全株、葉の褐変指数3であった株を株枯れと評価した。翌春の達観調査はサザンカと同様に実施した。

試験2では、サザンカと同様に区を設け、根洗いおよび薬剤処理を実施し、品質調査を行った。

統計解析はサザンカと同様とした。

結果

1 サザンカ苗木「勘次郎」

サザンカ苗木「勘次郎」の9月の線虫防除における養生時ミストかん水による品質低下の軽減効果および4, 8, 10, 12月の線虫防除における品質低下の発生状況を第1表に示す。試験1の健全株率は、4週では、水浸漬区および無処理区の100%と比べ、ミスト1/30分区で95%、ミスト2/60分区で85%、手かん水区で90%とやや低下したが、8週および12週では、全ての試験区で100%となり試験区間で差は認められなかった(一部データ略)。処理4週後の根洗いおよび薬剤処理した株の品質低下は落葉や枝枯れで、落葉した葉は黄化していた(データ略)。翌春の新梢成長期における新たな枯死株の発生は認められなかった(データ略)。試験2の健全株率は、10月および12月に比べ4月および8月で有意に少なかった。株枯れは、4月および8月ではそれぞれ13株(43%)、21株(70%)、10月および12月ではそれぞれ1株(3%)、0株(0%)であった。翌春の新梢成長期における新たな枯死株の発生は認められなかった(データ略)。

第1表 サザンカ苗木「勘次郎」の9月の線虫防除における養生時ミストかん水による品質低下の軽減効果および4, 8, 10, 12月の線虫防除における品質低下の発生状況

試験1 (9月防除)					試験2 ⁴⁾				
試験区	線虫防除		供試株 (株)	健全株率 ³⁾ (%)	防除時期	供試株 (株)	健全株率 ⁵⁾ (%)	葉の褐変 ⁶⁾ (株)	株枯れ ⁶⁾ (株)
	根洗い ¹⁾	薬剤処理 ²⁾							
ミスト1/30分	○	○	20	100					
ミスト2/60分	○	○	20	100	4月	30	17 b ⁸⁾	12	13
手かん水	○	○	20	100	8月	30	30 b	0	21
水浸漬	○	×	20	100	10月	30	90 a	2	1
無処理	×	×	10	100	12月	30	87 a	4	0
検定 ⁷⁾				-	***				

1) ○: 根洗いを実施した区, ×: 根洗いを実施していない区

2) ○: 薬剤浸漬処理を実施した区, ×: 薬剤浸漬処理を実施していない区, 使用した薬剤はMEP乳剤(希釈倍率250倍, 使用方法30分間根部浸漬)

3) 線虫防除後12週(4週および8週についてはデータ略), 落葉指数1以下で, かつ枝枯れおよび株枯れが認められなかった株を健全株と評価し, 健全株率=健全株/供試株にて算出

4) 使用薬剤はMEP乳剤(使用濃度500倍, 浸漬時間30分), かん水方法は手かん水

5) 4月, 8月, 12月は線虫防除後8週, 12月は線虫防除後40日, 葉の褐変および株枯れが認められなかった株を健全株と評価し, 3)と同様に算出

6) 4月, 8月, 12月は線虫防除後8週, 12月は線虫防除後40日

7) Fisherの正確確率検定により***0.1%水準で有意差あることを示す

8) 異なるアルファベットは試験区間で有意な差があることを示す(BH法の多重比較, $P < 0.05$)

第2表 イヌツゲ苗木の9月の線虫防除における養生時ミストかん水による品質低下の軽減効果および4, 8, 10, 12月の線虫防除における品質低下の発生状況

試験区	試験1 (9月防除)						試験2 ⁶⁾				
	線虫防除		供試株 (株)	健全株率 ³⁾ (%)	株枯れ ⁴⁾ (株)	新梢 ⁵⁾ (cm)	防除時期	供試株数 (株)	健全株率 ⁷⁾ (%)	葉の褐変 ⁸⁾ (株)	株枯れ ⁸⁾ (株)
	根洗い ¹⁾	薬剤処理 ²⁾									
ミスト1/30分	○	○	20	65	5	1.2 b ⁹⁾					
ミスト2/60分	○	○	20	70	4	0.3 b	4月	30	100	0	0
手かん水	○	○	20	60	8	0.2 b	8月	30	93	0	2
水浸漬	○	×	20	95	1	0.7 b	10月	30	100	0	0
無処理	×	×	10	100	0	3.3 a	12月	30	93	0	2
検定 ⁹⁾				*	n.s.						

1) ○：根洗いを実施した区，×：根洗いを実施していない区

2) ○：薬剤浸漬処理を実施した区，×：薬剤浸漬処理を実施していない区，使用した薬剤はMEP乳剤（希釈倍率250倍，使用方法60分間根部浸漬）

3) 線虫防除後12週（4週および8週についてはデータ略），葉の下垂，葉の黄化，落葉，枝枯れおよび株枯れが認められなかった株を健全株と評価し，健全株率=健全株/供試株にて算出

4) 線虫防除後12週

5) 処理前日から6週にかけての成長量

6) 使用薬剤はMEP乳剤（使用濃度500倍，浸漬時間30分），かん水方法は手かん水

7) 4月，8月，12月は線虫防除後8週，12月は線虫防除後40日，葉の褐変および株枯れが認められなかった株を健全株と評価し，3)と同様に算出

8) 4月，8月，12月は線虫防除後8週，12月は線虫防除後40日

9) Fisherの正確確率検定により*5%水準で有意差あり，n.s.有意差なしをそれぞれ示す

10) 異なるアルファベットは試験区間で有意な差があることを示す（Tukeyの多重比較， $P<0.05$ ）

2 イヌツゲ苗木

イヌツゲ苗木の9月の線虫防除における養生時ミストかん水による品質低下の軽減効果および4, 8, 10, 12月の線虫防除における品質低下の発生状況を第2表に示す。試験1の12週の健全株率は，手かん水区で60%，ミスト1/30分区で65%，ミスト2/60分区で70%，水浸漬区で95%，無処理区で100%であった。株枯れは，4週に水浸漬区および無処理区を除く全ての区で発生し，8週および12週には無処理区を除く全ての区で発生した（一部データ略）。処理前日から6週にかけての新梢の成長量は，無処理区の3.3cmと比べ全ての試験区で有意に小さかった。翌春の新梢成長期における新たな枯死株の発生は認められなかった（データ略）。試験2の健全株率は，いずれの処理時期でも93%または100%と高く，試験区間で有意差は認められなかった。翌春の新梢成長期における新たな枯死株の発生は認められなかった（データ略）。

3 クロマツ苗木

クロマツ苗木の9月の線虫防除における養生時ミストかん水による品質低下の軽減効果および4, 8, 10, 12月の線虫防除における品質低下の発生状況を第3表に示す。試験1の12週の健全株率は，手かん水区，水浸漬区および無処理区と比べてミスト2/60分区で有意に少なかった。翌春の新梢成長期における新たな枯死株の発生は認められなかった（データ略）。試験2の健全株率は，12月が他の試験区と比べて有意に高く，8月が他の試験区と比べて

有意に低かった。葉の褐変は12月以外で認められ，8月は株枯れが顕著に多かった。翌春の新梢成長期における新たな枯死株の発生は認められなかった（データ略）。

考 察

1 サザンカ苗木「勘次郎」

9月の線虫防除は，品質低下に大きく影響せず，全ての区で健全株率が高かった。

4, 8, 10および12月の線虫防除は，4および8月とした場合に健全株率が低く，10および12月とした場合に健全株率が高かった。瀬戸山ら（2022）はサザンカと近縁のツバキ「玉之浦」の枯死株率について，8月の線虫防除は20~25%，10月は30%，12月は40~64%であったと報告しており，本試験結果と異なった。本試験で供試したサザンカ「勘次郎」はカンツバキ群（*C. sasanqua* Vernalis group）に分類される（日本ツバキ協会2003）。サザンカで生産が多いカンツバキは，強健な樹勢である（中村1994）。10および12月の防除の枯死株率が，瀬戸山らに比べ本試験で低かった要因は，サザンカ「勘次郎」の強健な樹勢が要因のひとつと考えられる。しかし，8月の防除の枯死株率は，瀬戸山らに比べ本試験で高くなっている。線虫防除直後からの旬毎の平均気温が，瀬戸山らに比べ本試験が高温傾向で推移した（国土交通省気象庁久留米2022）ことが要因のひとつである可能性があるが，その要因は判然としなかった。

第3表 クロマツ苗木の9月の線虫防除における養生時ミストかん水による品質低下の軽減効果および4, 8, 10, 12月の線虫防除における品質低下の発生状況

試験区	試験1 (9月防除)					試験2 ⁵⁾				
	線虫防除		供試株 (株)	健全株率 ³⁾ (%)	株枯れ ⁴⁾ (株)	防除時期	供試株数 (株)	健全株率 ⁶⁾ (%)	葉の褐変 ⁷⁾ (株)	株枯れ ⁷⁾ (株)
	根洗い ¹⁾	薬剤処理 ²⁾								
ミスト1/30分	○	○	20	45 bc ⁹⁾	1					
ミスト2/60分	○	○	20	30 c	1	4月	30	87 b	4	0
手かん水	○	○	20	70 ab	2	8月	30	30 c	8	13
水浸漬	○	×	20	80 ab	3	10月	30	77 b	7	0
無処理	×	×	10	100 a	0	12月	30	100 a	0	0
検定 ⁸⁾	***					***				

- ：根洗いを実施した区，×：根洗いを実施していない区
- ：薬剤浸漬処理を実施した区，×：薬剤浸漬処理を実施していない区，使用した薬剤は MEP 乳剤（希釈倍率 250 倍，使用方法 30 分間根部浸漬）
- 線虫防除後 12 週（4 週および 8 週についてはデータ略），褐変指数 1 以下であった株を健全株と評価し，健全株率=健全株/供試株にて算出
- 線虫防除後 12 週，褐変指数 3 であった株の総数
- 使用薬剤は MEP 乳剤（使用濃度 500 倍，浸漬時間 30 分），かん水方法は手かん水
- 4 月，8 月，12 月は線虫防除後 8 週，12 月は線虫防除後 40 日，葉の褐変および株枯れが認められなかった株を健全株と評価し，3)と同様に算出
- 4 月，8 月，12 月は線虫防除後 8 週，12 月は線虫防除後 40 日
- Fisher の正確確率検定により ***0.1%水準で有意差があることを示す
- 異なるアルファベットは試験区間で有意な差があることを示す（BH 法の多重比較， $P<0.05$ ）

以上のように，サザンカ苗木「勘次郎」は，9月の線虫防除においてかん水方法の違いは品質に影響せず高い健全株率が得られ，かん水方法としてミストかん水と手かん水のいずれも適していた。また，線虫防除時期を9, 10および12月とした場合に健全株率が高く，植物寄生性センチュウの防除効果が9~10月に高いことを考慮すると，最適な線虫防除時期は9~10月と考えられた。しかし，本試験結果が近縁種のツバキの結果と異なることや本試験が単年度の試験で十分な反復がないことから，9~10月防除による品質低下の発生は否定できないため，引き続き詳細な調査が必要である。

2 イヌツゲ苗木

9月の線虫防除では，ミスト1/30分区，ミスト2/60分区および手かん水区における健全株率は60~70%で，かん水方法の違いは品質低下の軽減に影響しないと考えられた。イヌツゲは，尾根などの岩礫地にある乾燥地，ハンノキ林があるような加湿地や湿原の周辺など，他の樹木が生育困難な厳しい環境に群落を形成する（矢口2013）。土地に対する適応性が広く，乾燥にも加湿にも耐えるイヌツゲは，樹体内の水分バランスが乱れにくいと推察され，その結果，ミストかん水による蒸散抑制効果が認められなかったと考えられた。一方，根洗いおよび薬剤処理前日から6週にかけての新梢の成長量は，無処理区で無処理区以外の全ての区と比べて有意に大きかったことから，根洗いが新梢成長量を低下させると考えら

れた。荒川ら（2014）は，リンゴ苗木の新梢成長には根量が影響すると報告している。本試験のイヌツゲにおいても，達観で根洗いによる断根が生じていたことから，断根による根量の減少が生じた無処理区以外の全ての区で，新梢成長量が小さかったと考えられる。

4, 8, 10および12月の線虫防除では，全ての時期において健全株率が93~100%となり，9月に線虫防除を行った場合の健全株率60%に比べて高かった。この要因は，薬剤の希釈倍率および使用方法を4, 8, 10および12月は農薬使用基準の500倍30分間根部浸漬としたのに対し，9月は倍量，倍時間の250倍60分間根部浸漬としたことが要因のひとつと考えられる。なお，千葉県（2012）は，イヌツゲ苗木の根洗いおよび鉢上げ後の健全株率について，4~7月は100%であったと報告しており，この結果は本稿の試験2と一致する。

以上のように，イヌツゲ苗木は，9月の線虫防除においてかん水方法の違いは品質に影響せず，かん水方法としてミストかん水と手かん水のいずれも適していた。また，線虫防除時期を4, 8, 10および12月とすると健全株率が高く，植物寄生性センチュウの防除効果が9~10月に高いことを考慮すると，最適な線虫防除時期は10月と考えられた。9月については農薬使用基準の条件で再検討する必要がある。イヌツゲ苗木について，千葉県（2019）は根部薬剤浸漬後に樹勢が衰退するため，根洗いおよび薬剤処理後にピートモスに鉢上げ後，施肥+遮光率60%（光透過率40%）条件で管理することを推奨している。イヌ

ツゲ苗木においても、施肥や遮光の品質低下抑制効果について、今後調査する必要がある。

3 クロマツ苗木

9月の線虫防除では、ミストかん水で健全株率が低く、特にミスト2/60分区はミスト1/30分区以外の3つの試験区に比べて有意に低かった。クロマツは、水分、養分に対する要求量が少なく乾燥に耐え(河合2010)、蒸散量が極端に少ないという特徴を持つ(伊藤1971)。このことから、クロマツでは蒸散による水の損失が少なく、蒸散抑制効果を目的としたミストかん水による品質低下の軽減効果が認められなかった。一方、手かん水と比較してミストかん水で健全株率が低下した要因として、蒸散抑制効果が悪影響を与えた可能性がある。今後、土壌水分量や温湿度条件を考慮した詳細な調査が必要である。

4, 8, 10および12月の線虫防除における健全株率はその他の時期と比べて8月が低く、12月が高かった。8月の健全株率が低かった要因は、サザンカと同様に、線虫防除直後(2022年8月上旬)の平均気温が高かったことが要因のひとつではないかと考えられた。一方、8月以外の健全株率は77~100%と高く、クロマツ盆栽を輸出している香川県で線虫防除時期を3月に実施していること(農業・食品産業技術総合研究機構2019)とも矛盾しなかった。

以上のように、クロマツ苗木は、9月の線虫防除において、ミストかん水では健全株率が30~45%と大きく低下したが、手かん水では70%と品質低下の程度が小さく、かん水方法として手かん水が適していた。また、線虫防除時期を10月とした場合の健全株率は77%で、4および12月とした場合の87~100%に比べやや劣った。しかし、植物寄生性センチュウの防除効果が9~10月に高いことを考慮すると、2~3割の品質低下は発生するものの、最適な線虫防除時期は9~10月と考えられた。9~10月の線虫防除における品質低下抑制技術について、今後も引き続き検討する必要がある。

このように、線虫防除後の最適なかん水方法や最適な線虫防除時期は樹種により異なった。なお、本研究は、線虫防除による品質低下に着目して最適なかん水方法や最適な線虫防除時期を検討したが、立石・上杉(2022)は外部寄生性線虫の発生が確認されたトキワマンサクの根洗い後、根洗いおよび薬剤処理後の残存線虫数を調査し、いずれの場合も線虫数は大幅に低下すること、ただし数%のセンチュウの残存が認められる場合があることを報告している。輸出前後の検査や検疫では、植物寄生性センチュウが1頭でも検出されれば出荷不可となる。今後、苗木の輸出を振興していくためには、出荷可能個体を確保するための線虫防除による品質低下抑制効果に加え、植物寄生性センチュウの防除効果にも着目し、研究を進めていく必要がある。

謝 辞

本研究は、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)」の支援を受けて行った。

引用文献

- 荒川 修・徐 劍波・浅田武典(2014) 植え付け時期および根の剪除が1年生リンゴ樹の新梢成長に及ぼす影響. 園学研 13 : 261-265.
- 井堀昭宏・野田 亮・近藤孝治・中村知佐子(2019) EU向け輸出用ツバキ苗の育成および輸送耐性付与方法. 福岡農総試研報 5 : 79-82.
- 稲生 稔・会沢京一(1978) ナガイモの黒変障害防除について. 関東東山病害虫研究会年報 25 : 131.
- 伊藤省吾(1968) アカマツ・クロマツの蒸散量に及ぼす2, 3の環境因子の影響. 日本森林学会誌 50 : 187-190.
- Kanda Y (2013) Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics Bone Marrow Transplantation. 48 : 452-453.
- 河合英二(2010) 海岸環境と海岸林. 日録工誌 35 : 513-517.
- 国土交通省気象庁(2022) 久留米(福岡県)(旬ごとの値) 主要要素. https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/10daily_a1.php?prec_no=82&block_no=0790&year=2022&month=8&day=&view=p1. (2023年10月23日閲覧).
- 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センター(2019) EU 諸国向け輸出のための植木,盆栽及び苗木の線虫対策マニュアル. 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センター, 茨城, p.9, p.16.
- 国立研究開発法人農業・食料産業技術研究機構中央農業研究センター(2021) 盆栽, 植木及びそれらの苗木の輸出の障害となるオオハリセンチュウ等植物寄生性線虫の判別標準作業手順書公開版. 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センター, 茨城, p.1-6.
- 中村恒雄(1994) ツバキ, サザンカ(カメラリア). 農業技術体系. 社団法人農山漁村文化協会, 東京, p210.
- 日本ツバキ協会(編)(2003) 日本ツバキ・サザンカ名鑑. 株式会社誠文堂新光社, 東京, p.296.
- 農林水産省(2021) 平成30年度花木等生産状況調査 C. 農林水産省, 東京, <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500510&tstat=000001046964&cycle=7&year=20180&month=0&tclass1=000001046965&tclass2=000001143246>. (2023年6月29日閲覧).
- 農林水産省(2023) 花木等生産状況調査. 農林水産省, 東京, <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500510&tstat=000001046964&cycle=7&year=20200&month=0&tclass1=000001046965&tclass2=000001168986>. (2023年6月29日閲覧).
- 埼玉県(2011) 植木・盆栽類の輸出促進に向けた線虫対策及び生産・輸送技術. 新技術情報 2011.
- 作山 健(1971) 本県の林業苗畑における土じょう線虫の

- 被害実態と防除. 岩手県林試成果報告 3 : 1-11.
- 瀬戸山修仁・近藤孝治・井樋昭宏 (2022) 輸出用ツバキとツツジ苗における線虫類を対象とした適切な根洗い後薬剤処理の時期および養生時ミストかん水期間. 福岡農総試研報 8 : 16-22.
- 植物防疫所 (2022) 2022 (令和 4) 植物検疫統計. <http://www.pps.go.jp/TokeiWWW/Pages/report/index.xhtml>. (2023年8月24日閲覧).
- Takeda A, Shito T, Kato M, Hisaka H, Shibata T (2015) Control of the dagger nematode *Xiphinema brevicolle* (Dorylaimida:Longidoridae) in wrapped root balls of the Japanese holly *Ilex crenata* (Celastrales:Aquifoliaceae) by drenching in a fenitrothion or benomyl solution. *Nematological Research*45 : 27-33.
- 立石 靖・上杉謙太 (2022) 根洗い及び薬剤処理による樹木根からの外部寄生性線虫の除去効果. 日本線虫学会 29 大会講演要旨.
- 千葉県 (2012) 輸出用植木類の養生技術. 千葉県試験研究成果普及情報.
- 千葉県 (2019) 輸出用植木類の殺線虫処理による樹勢の衰退を低減する技術. 千葉県試験研究成果普及情報.
- 矢口行雄 (監) (2013) 樹木医が教える緑化樹木事典. 株式会社誠文堂新光社, 東京, p52-54.
- 柳沢哲也・生原喜久雄・野島義照・峰松浩彦 (2001) 都市緑化樹木の夏季の蒸散特性. *森林環境資源科学* 39 : 1-18.
- 弥富喜三 (1960) 殺線虫剤. *有機合成化学協会誌*. 18 : 543-549.