

早生樹の種苗生産及び育林技術に関する研究

2021 年度～2023 年度

長谷川規隆・岩下幸平*

要 旨

早生樹のセンダン (*Melia azedarach*) について、県内における成長特性を把握し、種苗生産及び育林技術の開発を目的として、発芽、育苗、育林の各試験を実施した。発芽試験では、苗畑で 92%、育苗箱で 60% の発芽率となった。また、加温による早期の発芽促進効果が認められた。育苗試験では、苗木の上長成長期間が 5～10 月であることを明らかにするとともに、加温にて早期発芽させた幼苗を M スターコンテナ（多段階調節型筒状容器）に移植することで、1 年で苗畑と同等の大きさのコンテナ苗生産が可能となった。また、コンテナ容器のサイズに伴う苗高の収束も認められたことから、容器サイズによる苗高のコントロールも可能であると考えられた。育林試験では、成長に係る諸条件からセンダンの成長を評価した結果、標高・土壌・照度の影響が大きく、植栽地選定において十分に考慮すべきことが示唆された。また、センダンを加害する病害虫であるゴマダラカミキリ (*Anoplophora malasiaca*) 被害への対処方法及び防除策を検討した結果、被害木は地際伐採による萌芽更新、防除策として薬剤の散布が有効であることが明らかとなった。

I はじめに

愛知県では、人工林面積の 8 割以上が 50 年生を超え（愛知県 2023）本格的な利用期を迎えており、今後主伐・再造林の増加が見込まれている。また、我が国では持続可能な開発目標（SDGs）において、2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする 2050 年カーボンニュートラルの実現を目指しており、大気中の温室効果ガス吸収源として森林が大きな役割を果たすことが期待されている（林野庁 2023）。更には、花粉症は多くの国民を悩ます社会問題として閣議決定（内閣官房 2023）され、花粉症対策に資する苗木による植替えや広葉樹の導入が急務となっている。こうした、森林・林業が抱える社会的・複合的な課題に対し、短期間で成長しかつ早期に収穫できる早生樹の植栽を推進していくことは、造林における省力化や収益性の観点からも、解決策のひとつになり得ると考えられている。本県では、こうした

関心の高まりを踏まえ、早生樹であるセンダン (*Melia azedarach*) について、造林樹種としての導入及び利用の拡大を目指している。そこで本研究では、本県由来のセンダンの成長特性を明らかにし、種苗生産及び育林技術の開発を目的とした。

II 方法

1. 種苗生産技術

(1) 発芽試験

ア 発芽条件の検証

本県由来の種子について、発芽特性を明らかにするため、発芽試験を行った。

発芽試験に使用する種子は、名古屋市北区成願寺町地内の庄内川河川敷（以下、庄内川流域）、岡崎市上里町他地内の矢作川河川敷（以下、矢作川流域）、及び豊橋市牛川町他地内の豊川河川敷（以下、豊川流域）に自生するセンダンの複数個体から、播種する前年の 12 月に採取したものを使用し

た(図-1)。採取した種子は、果肉を取り除いた核の状態、保湿した砂に混ぜ 5℃の冷蔵庫内で保管した(以下、低温湿層処理)。

播種の条件として、2021年4月及び2022年4月に、当センター内の苗畑(以下、苗畑)に直接核を播種する方法、2022年4月に赤玉土を培地とする育苗箱(以下、育苗箱)、2023年1月及び4月にココピートオールド(株式会社トップ)と鹿沼土を堆積比4:1で混合したものを培地としたMスターコンテナ(四国化工株式会社製)及びマルチキャビティコンテナ(JFA-300、全国山林種苗共同組合連合会)(以下、まとめて取り扱う際はコンテナ)に核を播種(以下、1月播種、4月播種)し、当センター内のガラス温室内及び屋外に設置する方法を行った。播種後は、毎日目視により発芽本数を調査した。

イ 播種時期の検証

播種時期と発芽率の関係を検証するため、2023年2月中旬から4月下旬まで、屋外で種子150個を育苗箱に毎週(11週間)播種する試験(以下、毎週播種試験)を行った。播種後は、毎日目視により発芽本数を調査した。

表-1 発芽試験での使用種子(核)

流域名	個体名 (系統)	2021年		2022年		2023年		
		苗畑	苗畑	育苗箱	育苗箱 毎週	育苗箱 加温	マルチキャビティコンテナ 1月播種	コンテナ 4月播種
庄内川 流域	庄内2		458	400				
	庄内3		100	400				
	庄内4	64						
	庄内5	64						
	庄内9	64						
	庄内10	64			550	100	20	100
矢作川 流域	矢作3	64			550	100	20	100
	矢作4	64						
豊川 流域	豊川2	64						
	豊川3	64						
	東三河5	64			550	100	20	100
合計		576	558	800	1650	300	60	300

ウ 加温による発芽促進効果の検証

加温による発芽促進効果を検証するため、2023年2月中旬に種子300個を播種した育苗箱を当センター内のビニールハウス内にある20℃に設定された加温マット(農電電子サーモND-610、筑波電器株式会社製)上に設置する試験(以下、加温試験)を行った。播種後は、毎日目視により発芽本数を調査した。

各年度で使用した種子を表-1に示す。

また、発芽試験で使用したMスターコンテナの構造を、図-2に示す。



図-1 種子採取位置

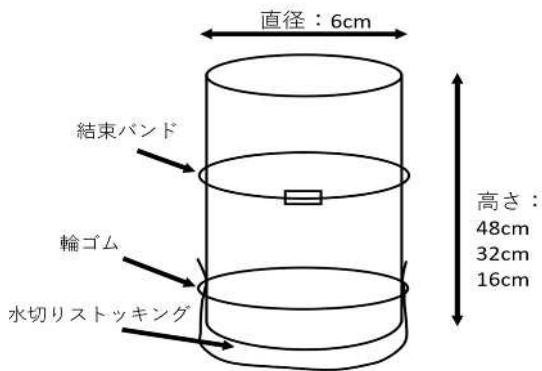


図-2 Mスターコンテナの構造

(2) 育苗試験

ア 苗畑での育苗試験

苗畑での発芽試験で得た幼苗について、継続して成長調査を実施した。

2021年4月に、発芽試験において得られる幼苗(526本)に対し、IB化成(ジェイカムアグリ株式会社製)を1㎡当たり0.2kg(以下、0.2kg/㎡)施肥した。その後9カ月を経た2022年1月に成長量を調査した。

2022年4月には、幼苗(514本)に対し、施肥0.2kg/㎡に加え1㎡あたり0.1kg(以下、0.1kg/㎡)の施肥区を設け、9月にかけて雑草を除去した。併せて、雑草を除去しない雑草有区を対照区として、2022年12月まで毎月成長量を調査した。

イ コンテナでの育苗試験

育苗箱での発芽試験で得た幼苗について、コンテナに移植し成長調査を実施した。

2022年8月、当センター内のガラス温室内(窓解放)で育苗箱にて発芽させた幼苗をMスターコンテナ(サイズ:48cm、32cm、16cm)及びマルチキャビティコンテナ(サイズ:300cc、150cc)に各サイズ80本(2系統)移植した。コンテナはガラス温室内に設置し、2023年12月まで毎月成長量を調査した(表-2)。各コンテナでは、ココピートオールドと鹿沼土を体積比4:1で混合した培

地に対し、1L当たりの施肥量10.0g、7.5g、5.0g、0.0g(以下、10.0g/L、7.5g/L、5.0g/L、0.0g/L)とし、20本ずつ施肥(ハイコントロール650,180日タイプ,ジェイカムアグリ株式会社製)をした。なお、散水は5分間、1日当たり1回行った。

表-2 コンテナ苗(2022年8月移植)試験状況

コンテナ サイズ 施肥量	Mスターコンテナ(本)			マルチキャビティ コンテナ(本)	
	48cm	32cm	16cm	300cc	150cc
10.0g/L	20	20	20	20	20
7.5g/L	20	20	20	20	20
5.0g/L	20	20	20	20	20
0.0g/L	20	20	20	20	20
合計	80	80	80	80	80

2023年5月には、加温試験にて得られた幼苗をMスターコンテナ(サイズ:48cm、32cm、16cm)及びマルチキャビティコンテナ(サイズ:300cc、150cc)に各サイズ30本(3系統)移植した。コンテナは屋外に設置し、2023年12月まで毎月成長量を調査した。なお、系統には苗畑での育苗試験において良好で、各流域に採種する母樹が残存しているものを選抜した。培地は、2022年の育苗試験と同じで、施肥量は全コンテナで10.0g/Lとした(表-3)。

表-3 コンテナ苗(加温による発芽促進・2023年5月移植)試験状況

コンテナ サイズ 施肥量	Mスターコンテナ(本)			マルチキャビティ コンテナ(本)	
	48cm	32cm	16cm	300cc	150cc
10.0g/L	30	30	30	30	30

なお、比較のため2023年8月には毎週播種試

験にて得られた幼苗を M スターコンテナ (サイズ: 48cm、32cm、16cm) 及びマルチキャビティコンテナ (サイズ: 300cc、150cc) に各サイズ 60 本 (3 系統) 移植した。コンテナは屋外に設置し、2023 年 12 月まで毎月成長量を調査した。施肥量は 10.0g/L、7.5g/L、5.0g/L、0.0g/L とし、各コンテナにおいて 15 本ずつ施肥した (表-4)。

また、目視により病虫害被害を調査した。

表-4 コンテナ苗 (2023 年 8 月移植) 試験状況

コンテナ サイズ 施肥量	M スターコンテナ (本)			マルチキャビティ コンテナ (本)	
	48 cm	32cm	16cm	300cc	150cc
10.0g/L	15	15	15	15	15
7.5g/L	15	15	15	15	15
5.0g/L	15	15	15	15	15
0.0g/L	15	15	15	15	15
合計	60	60	60	60	60

2. 育林技術

(1) 各試験地の成長状況

2021 年に苗畑に播種し育苗した苗木を、2022 年 2~5 月に県内 5 試験地に植栽し、四半期毎に 2023 年 12 月まで樹高と根元径を計測した。系統には、苗畑で育苗した 9 系統のうち、成長が不良であった 1 系統 (豊川 3) を除いた 8 系統を採用した。

各試験地は、新城市玖老勢 (植栽本数 60 本、標高 125m)、豊田市小渡町 (植栽本数 240 本、標高 245m)、岡崎市大代 (植栽本数 20 本、標高 190m)、森林・林業技術センター試験林 (以下、センター試験林) (植栽本数 50 本、標高 295m)、設楽町田峯 (植栽本数 44 本、標高 990m) である (図-3)。各試験地においては、植栽 1 年目と 2 年目の 5 月と 9 月に芽かきを実施した (計 4 回)。なお、芽かきは「センダンの育成方法」(熊本県林業研究指導

所 2015) に基づき実施した。また、設楽町田峯を除く 4 試験地では、植栽前に土壤調査 (pH、EC、pf、透水性)、データロガー (UA-002-64、Onset 社製) による 10 分毎の気温・照度の計測 (期間: 2022 年 6~12 月)、及び施肥 (ウッドエース 4 号、ジェイカムアグリ株式会社製) を 2022 年 7 月に 1 回行った。なお、施肥量については 1 本あたり 90g、50g、0g の 3 区分を設けた。更に、試験地が斜面になっている新城市玖老勢、豊田市小渡町、センター試験林は、植栽位置を斜面の位置によって上部、中部、下部とした。また、データロガーは斜面の上部、中部、下部において、高さ 1m 程度の木杭の先端に設置した。

(2) 病虫害被害と対策

各試験地において、熊本県林業研究指導所 (2015) で確認されたゴマダラカミキリやセンダンこぶ病等の病虫害の被害調査を不定期に目視で実施し、確認した被害に対し薬剤散布による対策を講じた。

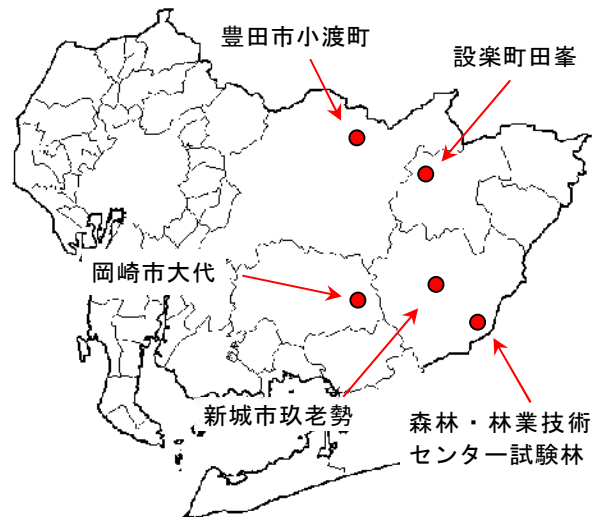


図-3 育林試験地

III 結果と考察

1. 種苗生産技術

(1) 発芽試験

ア 播種条件の検証

各条件で行った発芽試験結果を表-5 に示す。

2021年に9系統から採取した種子を苗畑に播いた結果、発芽率は91% (526個/576個)となった。2022年は発芽率92% (514個/558個)となった。2年間のこれらの試験によって、苗畑での播種では発芽率が90%を超えることが分かった。また、系統間で発芽率に有意な差は認められなかった。

2022年にガラス温室内で育苗箱に播種した結果、発芽率は60% (480個/800個)となった。

2023年マルチキャビティコンテナに1月播種した試験では発芽率8% (5個/60個)、2023年コンテナに4月播種した試験では発芽率19% (56個/300個)となり、育苗箱と比べ低調な発芽率であった。この結果から、コンテナへの直接播種においては、発芽のないコンテナは不要となり、用いた培地や設置スペースが無駄になるリスクがあると言える。

表-5 条件別発芽試験結果

条件	実施時期	培地	発芽率
苗畑	2021年 4月播種	畑土	91% (n=576)
	2022年 4月播種		92% (n=558)
育苗箱	2022年 4月播種	赤玉土	60% (n=800)
マルチキャビティコンテナ	2023年 1月播種	ココピート オールド: 鹿沼土 =4:1	8% (n=60)
コンテナ	2023年 4月播種	ココピート オールド: 鹿沼土 =4:1	19% (n=300)
内訳			
Mスター			26% (n=180)
コンテナ			
マルチキャビティコンテナ			7% (n=120)

イ 播種時期の検証

2023年2月から実施した毎週播種試験では、3月8日に播種したものが最も高い発芽率で67% (100個/150個)であった。播種日が3月8日から前後に離れるほど、発芽率が下がる傾向となった(表-6)。このことから、効率的に苗木生産を行うためには、3月上旬播種が適した時期であると示唆された。

表-6 毎週播種試験結果

播種日	1本目発芽日 (経過日数)	最終発芽日 (経過日数)	最終発芽率 (%)
2/13	5/9 (85)	7/10 (147)	26 (n=150)
2/21	5/1 (69)	7/28 (157)	43 (n=150)
3/1	4/28 (58)	7/27 (148)	61 (n=150)
3/8	5/8 (61)	7/24 (138)	67 (n=150)
3/16	5/8 (53)	7/28 (134)	56 (n=150)
3/22	5/22 (61)	7/13 (113)	7 (n=150)
3/29	5/9 (41)	7/21 (114)	14 (n=150)
4/5	5/25 (50)	7/24 (110)	11 (n=150)
4/12	5/29 (47)	7/18 (97)	9 (n=150)
4/19	6/5 (47)	7/10 (82)	2 (n=150)
4/26	6/27 (62)	7/28 (93)	3 (n=150)

ウ 加温による発芽促進効果の検証

2023年2月から実施した加温試験においては、播種後38日目の3月23日に1本目が発芽し、最終的には5月16日に発芽率が55% (165個/300個)に至った。同日に播種した加温なしでは、播種後85日目の5月9日に1本目が発芽し、最終的には7月10日に発芽率26% (39個/150個)となった(図-4)。このことから、センダンの発芽促進においては、加温が有効な手法

であると考えられた。

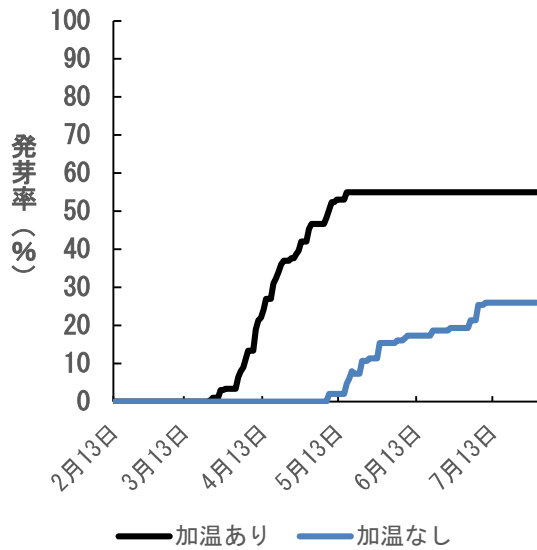


図-4 加温試験における発芽率の推移

(2) 育苗試験

ア 苗畑での育苗試験

2021年に発芽試験にて発芽させた幼苗について、播種後9カ月を経た2022年1月に成長調査を実施した。その結果、平均苗高は $81.6 \pm 0.8\text{cm}$ となった。

2022年では播種後8ヶ月を経た12月時点で、施肥 $0.2\text{kg}/\text{m}^2$ の区分では平均苗高 $69.1 \pm 2.5\text{cm}$ 、 $0.1\text{kg}/\text{m}^2$ の区分では平均苗高 $57.4 \pm 0.9\text{cm}$ となった。対照の $0.0\text{kg}/\text{m}^2$ の区分では平均苗高 $34.9 \pm 1.7\text{cm}$ であった。雑草を除去しなかった雑草有区では、 $0.2\text{kg}/\text{m}^2$ の区分で平均苗高 $26.1 \pm 1.1\text{cm}$ 、 $0.1\text{kg}/\text{m}^2$ の区分では平均苗高 $21.0 \pm 0.5\text{cm}$ であった(図-5)。また、雑草有区においては幼苗が被圧され、木化が進まず、枯損率は $0.2\text{kg}/\text{m}^2$ で79%、 $0.1\text{kg}/\text{m}^2$ で74%となり、いずれも大半が枯損した(図-6)。このことから、苗畑での育苗では、成長を促進するために施肥が重要であり、また雑草の除去が必要であると考えられた。

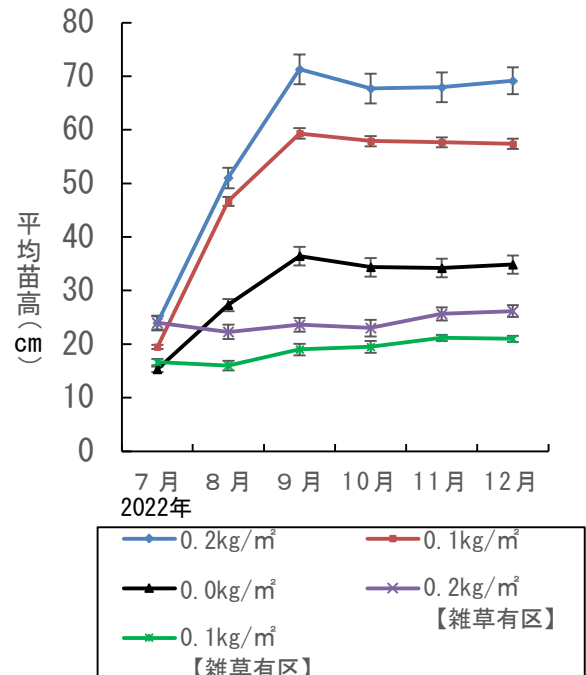


図-5 苗畑での平均苗高の推移

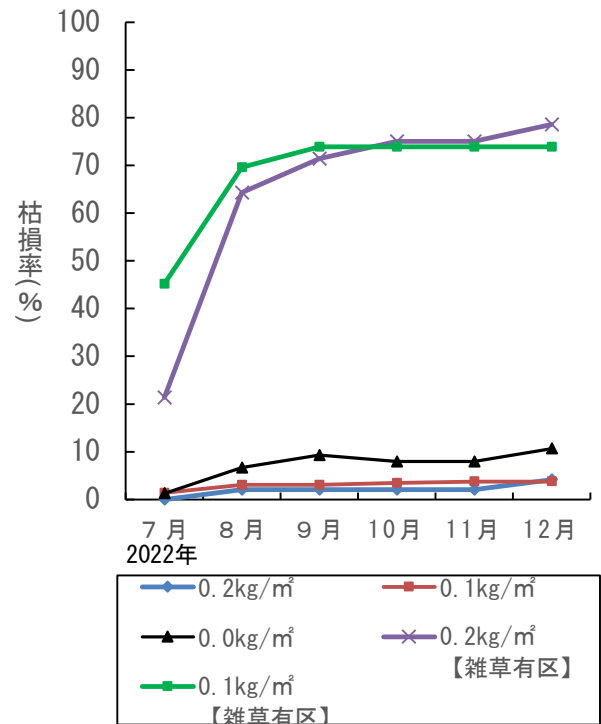


図-6 苗畑での枯損率の推移

イ コンテナでの育苗試験

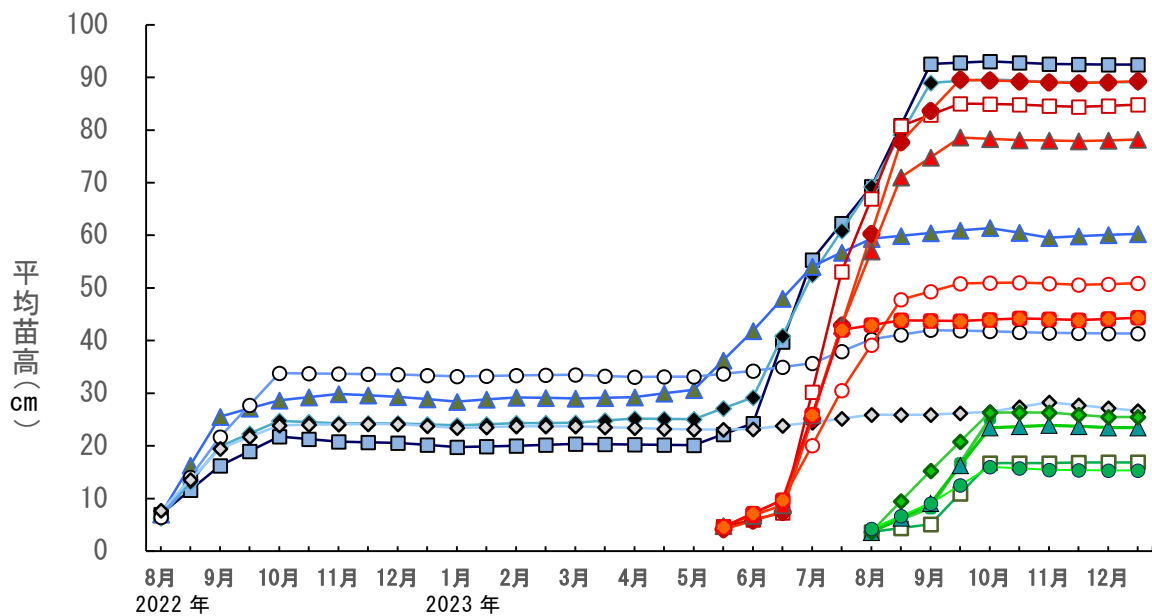
2022年8月にコンテナに移植した苗、加温による発芽促進を行い2023年5月にコンテナに移植

した苗、及び 2023 年 8 月にコンテナに移植した苗の施肥 10 g/L したものの平均苗高の推移について図-7 に、2023 年 12 月時点での成長結果を表-7~9 に示す。

2022 年 8 月に移植した苗は、その年の 10 月で上長成長が止まり、その後翌年 5 月から上長成長を再開し、6 月から急激な上長成長を示した後、10 月にはコンテナ容器の大きさに応じた高さに収束した。

2023 年 5 月に移植した苗は、6 月から急激な上長成長を示した後、10 月にはコンテナ容器の大きさに応じた苗高に収束した。M スターコンテナの平均苗高は、48cm サイズで $84.8 \pm 3.4\text{cm}$ 、32cm サイズで $89.3 \pm 3.6\text{cm}$ 、16cm サイズで $78.2 \pm 3.4\text{cm}$

であった。一方、マルチキャビティコンテナでは、300cc で $50.9 \pm 2.6\text{cm}$ 、150cc で $44.3 \pm 1.6\text{cm}$ であった。このことから、M スターコンテナを使用することにより、1 年で苗畑と同等の大きさのコンテナ苗生産が可能であると考えられる。併せて、コンテナのサイズに応じて、苗高をコントロールすることも可能であることが分かった。また、セندان幼苗の上長成長期間は、5~10 月であり、そのうち急激な成長は 6~9 月であることが明らかとなった。このことから、1 年間で最大の大きさの苗を生産するには、この本格的な成長期間を迎える 5 月下旬までには、コンテナに幼苗を移植する必要があると考えられた。



—□— 2022移植, M48cm, 10g/L	—◆— 2022移植, M32cm, 10g/L
—▲— 2022移植, M16cm, 10g/L	—○— 2022移植, マ300cc, 10g/L
—◇— 2022移植, マ150cc, 10g/L	—□— 2023移植, 加温, M48cm, 10g/L
—◆— 2023移植, 加温, M32cm, 10g/L	—▲— 2023移植, 加温, M16cm, 10g/L
—○— 2023移植, 加温, マ300cc, 10g/L	—●— 2023移植, 加温, マ150cc, 10g/L
—□— 2023移植, M48cm, 10g/L	—◆— 2023移植, M32cm, 10g/L
—▲— 2023移植, M16cm, 10g/L	—◇— 2023移植, マ300cc, 10g/L
—●— 2023移植, マ150cc, 10g/L	

図-7 各コンテナサイズにおける苗高の推移

表-7 コンテナ苗（2022年8月移植）の成長結果

コンテナサイズ 施肥量	M スターコンテナ						マルチキャビティコンテナ			
	48cm	標準 偏差	32cm	標準 偏差	16cm	標準 偏差	300cc	標準 偏差	150cc	標準 偏差
10.0g/L	92.5 (8.10)	13.2 (1.98)	89.1 (6.94)	20.9 (1.89)	60.1 (7.76)	10.4 (1.98)	41.3 (7.37)	8.0 (2.73)	27.2 (5.71)	4.9 (2.21)
7.5g/L	83.5 (6.68)	21.7 (2.76)	98.9 (7.70)	25.3 (2.16)	66.9 (7.98)	13.7 (1.77)	41.4 (6.54)	6.5 (1.76)	36.7 (4.78)	4.2 (1.58)
5.0g/L	58.4 (7.73)	11.9 (1.63)	64.6 (7.51)	20.3 (2.24)	50.1 (7.02)	10.9 (0.77)	28.9 (4.60)	7.3 (1.95)	26.1 (4.80)	6.8 (1.11)
0.0g/L	6.8 (0.73)	1.8 (0.41)	7.4 (0.73)	1.3 (0.38)	7.3 (0.69)	2.0 (0.38)	6.8 (0.74)	1.5 (0.29)	7.9 (1.00)	2.3 (0.19)

ただし、上段は苗高：cm、下段()内は根元径：mm、2023年12月計測

表-8 コンテナ苗（加温による発芽促進・2023年5月移植）の成長結果

コンテナサイズ 施肥量	M スターコンテナ						マルチキャビティコンテナ			
	48cm	標準 偏差	32cm	標準 偏差	16cm	標準 偏差	300cc	標準 偏差	150cc	標準 偏差
10.0g/L	84.8 (8.95)	15.7 (2.94)	89.3 (8.16)	19.4 (1.67)	78.2 (6.66)	18.0 (1.58)	50.9 (5.09)	13.1 (1.24)	44.3 (5.40)	8.8 (0.86)

ただし、上段は苗高：cm、下段()内は根元径：mm、2023年12月計測

表-9 コンテナ苗（2023年8月移植）の成長結果

コンテナサイズ 施肥量	M スターコンテナ						マルチキャビティコンテナ			
	48cm	標準 偏差	32cm	標準 偏差	16cm	標準 偏差	300cc	標準 偏差	150cc	標準 偏差
10.0g/L	16.9 (3.81)	8.7 (1.17)	24.3 (4.76)	8.7 (1.38)	23.5 (3.82)	7.1 (0.91)	25.5 (3.82)	6.3 (0.88)	15.3 (2.85)	2.7 (0.44)
7.5g/L	24.4 (4.90)	6.0 (1.17)	25.0 (4.35)	11.1 (1.29)	20.3 (3.67)	4.8 (0.71)	25.9 (3.51)	5.0 (0.78)	14.4 (2.81)	3.8 (0.75)
5.0g/L	22.3 (4.97)	8.2 (1.41)	22.7 (4.56)	10.6 (1.23)	19.5 (3.75)	4.5 (0.73)	24.1 (3.31)	7.0 (0.78)	13.9 (2.67)	4.1 (0.91)
0.0g/L	3.8 (1.09)	0.7 (0.32)	3.7 (1.01)	0.8 (0.24)	4.0 (0.91)	1.3 (0.32)	3.7 (0.89)	0.6 (0.34)	3.7 (0.96)	0.9 (0.21)

ただし、上段は苗高：cm、下段()内は根元径：mm、2023年12月計測

各コンテナ苗の枯損率は、2023年12月時点で表-10~12のとおりとなった。成長が大きいMスターコンテナ48cm及び32cmサイズでは、他のサイズに比べ枯損率が高くなる傾向が見られたが、得苗率は7割以上であった。大きい個体の集団ほど競争が生じ、隣接する個体間で光や水の遮断が生じやすく、競争に負けた個体は成長できず枯損したと考えられる。競争が見られる場合には、Mスターコンテナの特性を活かし、被圧された苗を移設するなどの方法も有効になると考えられる。

表-10 コンテナ苗(2022年8月移植)の枯損率(%)

コンテナ サイズ 施肥量	Mスターコンテナ			マルチキャビ ティコンテナ	
	48cm	32cm	16cm	300cc	150cc
10.0g/L	15	11	0	6	7
7.5g/L	22	27	11	0	22
5.0g/L	16	5	0	5	5
0.0g/L	15	45	10	47	20

表-11 コンテナ苗(2023年5月移植)の枯損率(%)

コンテナ サイズ 施肥量	Mスターコンテナ			マルチキャビ ティコンテナ	
	48cm	32cm	16cm	300cc	150cc
10.0g/L	30	6	6	16	0

表-12 コンテナ苗(2023年8月移植)の枯損率(%)

コンテナ サイズ 施肥量	Mスターコンテナ			マルチキャビ ティコンテナ	
	48cm	32cm	16cm	300cc	150cc
10.0g/L	46	13	13	0	0
7.5g/L	33	0	0	0	6
5.0g/L	0	0	0	0	0
0.0g/L	0	0	0	0	0

2023年12月時点において、生産した全コンテナ苗の根元径と苗高の関係は図-8のとおりとなり、以下の線形近似式(1)を得た。

$$Y = 8.6271X - 2.5068 \quad R^2 = 0.6529 \dots (1)$$

$$(Y : \text{苗高}, X : \text{根元径}) \Rightarrow R = 0.80802$$

根元径と苗高の関係は、相関係数0.80となり、強い正の相関があった。センダンには根元径10mm以上になると霜や低温による先端枯損の発生率が1%未満になるとされる(岩下ら 2022)。これを踏まえ、得られた近似式(1)においてX=10を代入すると、Y=83.7642となった。このことから、80cm程度の苗高があれば冬期の先端枯損に強い苗木になると考えられる。

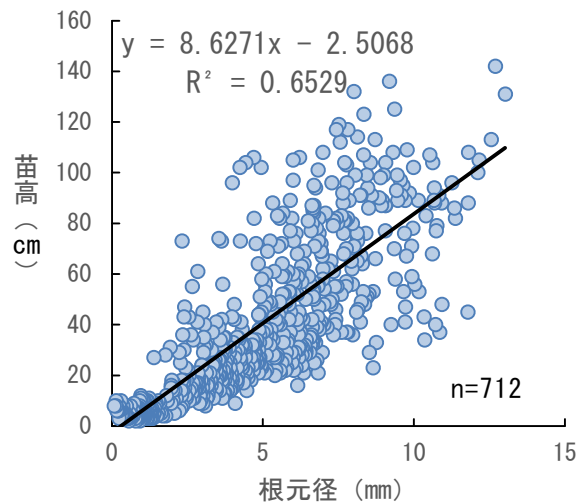


図-8 コンテナ苗の根元径と苗高の関係

育苗時における昆虫類による食害については、2023年3月下旬に、ガラス温室内のコンテナ苗の83%において、センダンヒメハマキ(別名センダンハマキ、ベニモンヒメハマキ、ベニモンキハマキ、*Loboschiza koenigiana*)の幼虫による、樹皮の被食被害が発生した(図-9)。中には、幹の髓まで被食された個体も見られた。その後、一時的に成長阻害を受けたものの、樹皮は再生し成長は継続した。対策として、センダンヒメハマキは6~9月が成虫期間(石井ら編 1958)で、9月にセンダ

ンに産卵する（宮下久哉 私信）ことから、9月に薬剤散布をすることが効果的であると考えられる。

また、2022年9月には、葉に菌類による斑点が見られたが、その後落葉し成長への影響は見られなかった。



図-9 センダンヒメハマキの幼虫による被害

2. 育林技術

(1) 各試験地の成長状況

各試験地の平均樹高及び平均根元径の調査結果は図-10、11及び表-13のとおりとなった。センダンの上長成長の傾向として、春期から夏期が成長期間であった。肥大成長は秋期から冬期にかけて鈍化はするものの1年間継続していた。なお、芽かきにより樹頂を切除した個体もあるため、2022年5月に樹高は減少している。試験地別に2022年6月から2023年12月までの平均樹高成長

表-13 試験地別成長状況（2023年12月時点）

量を見ると、新城市玖老勢+290cm、豊田市小渡町+210cm、岡崎市大代+79cm、設楽町田峯-62cmと

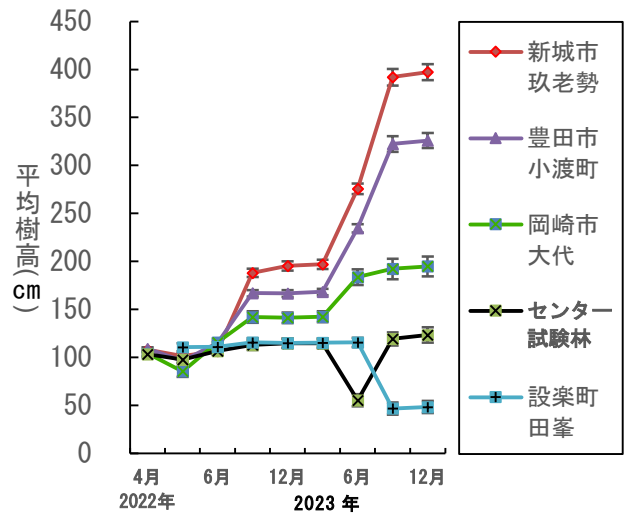


図-10 樹高の推移

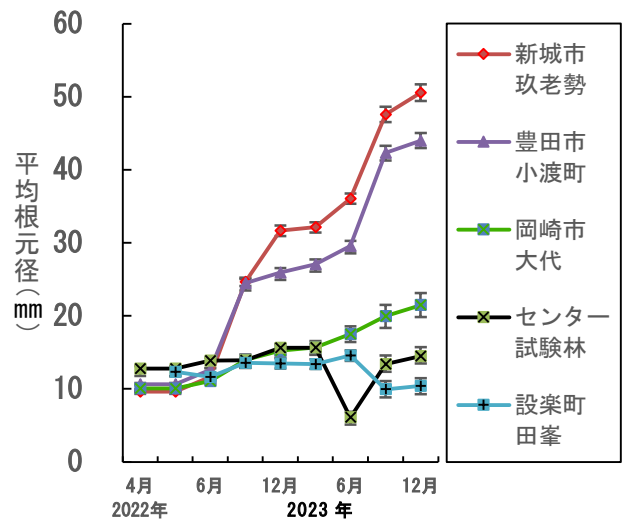


図-11 根元径の推移

試験地	平均樹高 (cm)	標準偏差	平均樹高成長量 (cm)	平均根元径 (mm)	標準偏差	平均根元径成長量 (mm)
新城市玖老勢	397	64.2	+290	50.5	8.7	+38.9
豊田市小渡町	326	120.7	+210	43.9	13.6	+31.3
岡崎市大代	195	46.4	+79	21.5	7.4	+10.4
センター試験林	123	55.4	+16	14.4	8.9	+0.6
設楽町田峯	48	42.2	-62	10.4	7.2	-1.2

※成長量は2022年6月～2023年12月の2成長期で評価

なった。なお、重機による土壌攪乱を受けた豊田市小渡町の斜面下部は成長不良となり、平均樹高成長量は+133cmであった。後述するゴマダラカミキリ被害を受けたセンター試験林では、2023年3月に地際伐採を行ったため、他試験地と同様に評価することはできなかったが、成長は低調であった。また、標高が990mで、冬期に積雪がある設楽町田峯では、ほとんど成長は見られず、植栽した44本のうち34本で先枯れが発生し、そのうち6本が枯損した。この試験地では、冬期に寒害を受け、先枯れし樹頂を喪失するため、その後の生存・成林は困難であると考えられた。

本研究では、植栽した全個体について、2022年及び2023年の春期及び夏期に側芽を切除する芽かきを実施したため、通直な形状になっている。成長が良好であった新城市玖老勢と豊田市小渡町では、既に材として利用可能な2mを超える通直な部位を有しており、中には6mを超える個体も見られた。2023年12月に計測した全個体の根元径と樹高の関係は図-12のとおりとなり、以下の線形近似式(2)を得た。

$$Y = 7.1206X + 14.90 \quad R^2 = 0.8929 \dots (2)$$

(Y: 樹高、X: 根元径) ⇒ R=0.944

根元径と樹高の関係は、相関係数0.94となり、強い正の相関が認められた。

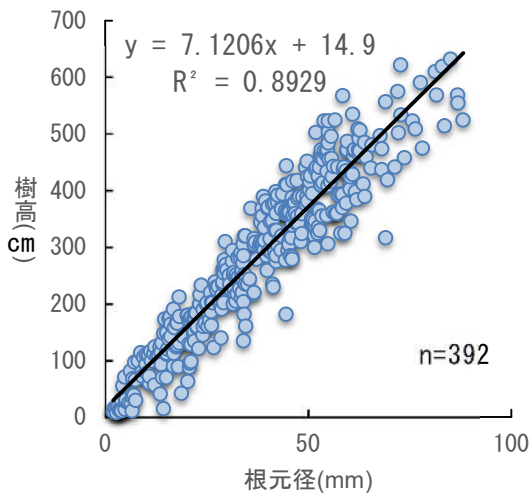


図-12 全個体の根元径と樹高の関係

設楽町田峯を除く試験地で実施した土壌調査のA層の結果は、表-14のとおりとなった。成長量が高い新城市玖老勢及び豊田市小渡町はA層が45cmと発達していたが、成長量が小さい岡崎市大代及びセンター試験林は30cmであった。最も良好な成長を示した新城市玖老勢ではECが24.9 μs/cmと他の試験地よりも高かった。これは、この試験地は畑跡地であり、肥沃な土壤であることが要因と考えられた。この他、良好な成長を示す条件として褐色森林土であることや弱酸性であること、適度な透水性を持つことも必要であると考えられた。

表-14 A層の土壌調査結果

	新城市 玖老勢	豊田市 小渡町	岡崎市 大代	センター 試験林
厚さ (cm)	45	45	30	30
pH	6.2	5.4	5.6	5.0
EC (μs/cm)	24.9	7.7	12.0	16.0
Pf1 (ml)	84.8	46.4	—	51.7
透水性	中	中	大	中
種類	褐色森林土	褐色森林土	黄褐色森林土	黄褐色森林土

良好な成長を示した新城市玖老勢及び豊田市小渡町の2試験地について、斜面位置(上部、中部、下部)と施肥量(1本あたり90g、50g、0g)別の樹高及び根元径の成長量(2022年6月から2023年12月までの2成長期)は図-13~16となった。

新城市玖老勢では、沢に近い下部ほど成長量は大きいですが、施肥量の影響は見られなかった。これは、肥沃な土壌条件と、後述する照度が影響したと考えられた。豊田市小渡町では、斜面の上部より中部が、そして施肥をした箇所は成長量が大きくなった。この結果は、先行研究(熊本県林業研究指導所 2015)と概ね合致した。なお、試験地内で重機による土壌攪乱を受けた斜面下部は評価対象から除外した。

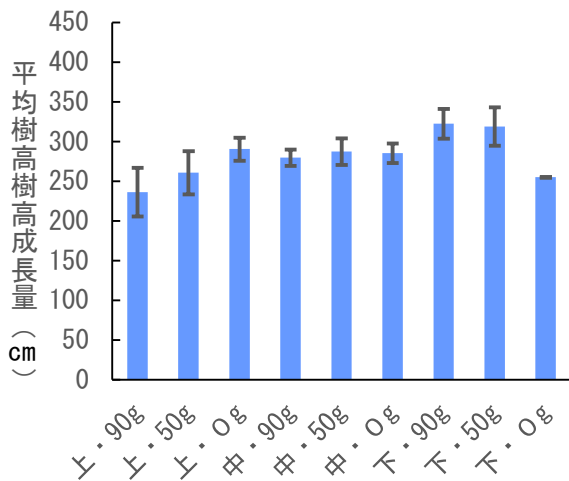


図-13 新城市玖老勢 条件別樹高成長量

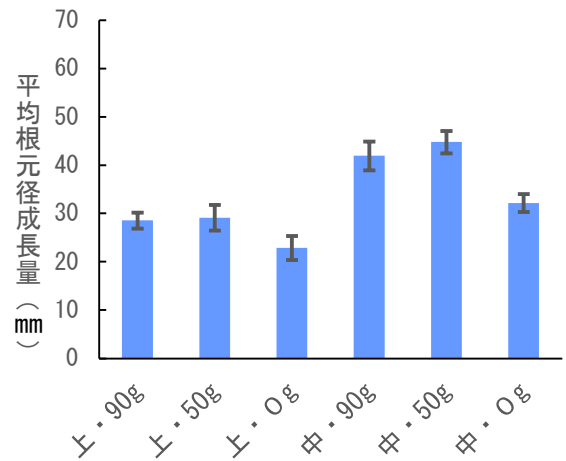


図-16 豊田市小渡町 条件別根元径成長量

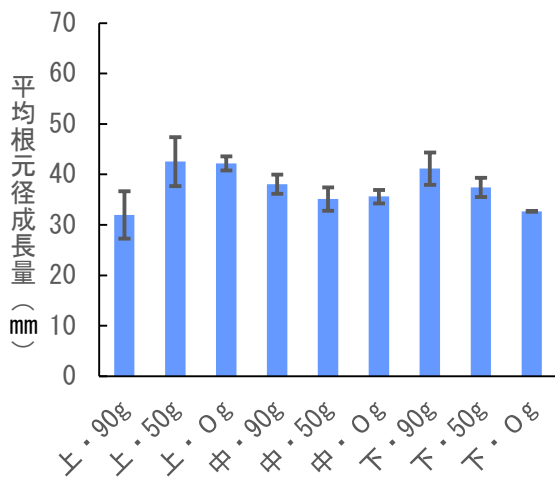


図-14 新城市玖老勢 条件別根元径成長量

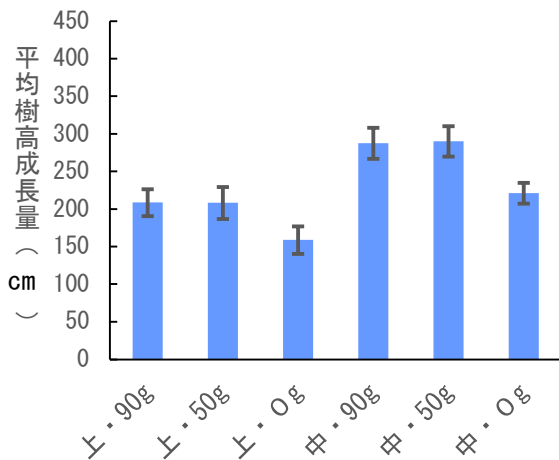


図-15 豊田市小渡町 条件別樹高成長量

新城市玖老勢及び豊田市小渡町の2試験地の気温及び照度について、月毎に平均した結果を図-17~20に示す。照度については、計測値の0Luxを除いた数値（日中照度）を評価対象とした。なお、岡崎市大代及び林業センター試験林は、成長が病害虫等により不良であったため、評価対象から除外した。

気温については、両試験地共に、試験地内で差は見られず、同傾向で推移した。

一方、照度は隣接する立木等の影響によって差が出る結果となった。

新城市玖老勢では、6月から9月の照度について、上部の方が下部より5,000~20,000Lux程度高くなった。この局所的に生じた照度の高い環境が成長を促し、試験地内における施肥量や位置の影響を覆す個体が見られた要因のひとつになったと考えられる。

また、豊田市小渡町では、6~9月において、林縁部にあたる上部の照度が、中部よりも10,000~20,000Lux程度低い結果となった。この試験地の上部は、斜面位置に加え照度の影響も大きく受け、成長量が小さくなったと考えられる。センダンは陽樹であるため、成長期間における照度の確保がセンダンの育林における重要な因子になることを

裏付ける結果となった。

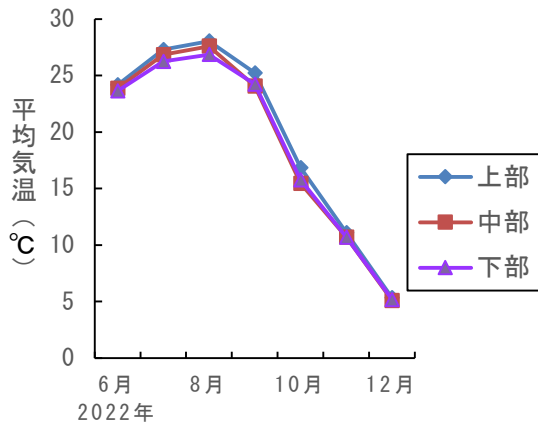


図-17 新城市玖老勢 平均気温の推移

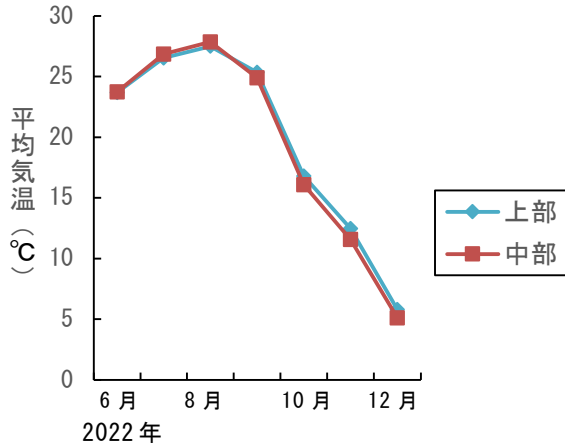


図-18 豊田市小渡町 平均気温の推移

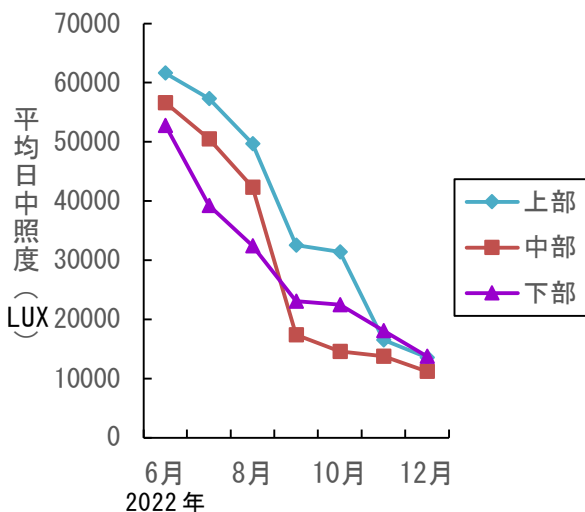


図-19 新城市玖老勢 平均日中照度の推移

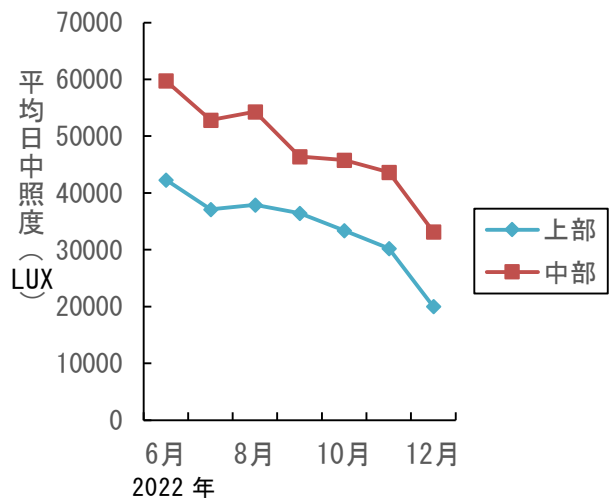


図-20 豊田市小渡町 照度の推移

新城市玖老勢及び豊田市小渡町の系統別の成長状況は表-15 のとおりとなった。最も良好な成長を示した系統は矢作3、続いて庄内9、庄内10であったが、成長量に統計的な有意差は見られなかった。今回の調査結果からは、系統による成長への影響について、土壌・施肥量・照度等と比べると低いと考えられ、育林においてまずは施業として芽かきを確実に行うとともに、前述した影響の大きい環境因子を考慮し、光合成を促していく必要があると考えられる。なお、優良系統の選抜については、今後の継続調査の結果を見て検討していくこととしたい。

(2) 病虫害被害と対策

2022年6月、岡崎市大代においてシャクガの幼虫（種は確認出来ず）による、葉への被食被害が発生した。被害率は、100%（20本/20本）で発生した。葉の一部を喪失する被害がほとんどで、成長期の光合成量は減少するものの、生存に影響する致命的な被害には至らなかった。対策として、薬剤（ベニカAスプレー、住友化学園芸製）を2023年5月及び6月散布したところ、被害は減少した。

2022年8月、センター試験林において、前述したゴマダラカミキリ（*Anoplophora malasiaca*）の

表-15 系統別成長状況 (2023年12月時点)

系統	個体数 (n)	平均樹高 (cm)	標準偏差	平均樹高 成長量 (cm)	平均根元径 (mm)	標準偏差	平均根元径 成長量 (mm)
庄内 10	29	342	117.2	+228	45.9	17.2	+32.6
庄内 9	41	347	129.1	+258	43.5	14.5	+32.8
庄内 5	41	322	92.2	+210	47.0	12.8	+35.6
庄内 4	36	339	133.2	+227	47.8	17.6	+35.5
矢作 4	41	341	97.7	+215	43.2	14.0	+31.1
矢作 3	36	392	124.0	+259	50.4	17.3	+35.9
豊川 2	36	321	102.9	+209	42.9	14.0	+29.6
東三河 5	36	316	104.0	+200	41.7	13.0	+29.2

※成長量は2022年6月-2023年12月の2成長期で評価

成虫による樹皮への被食被害が発生した。被害率は91% (45本/49本, 1本は誤伐) で発生し、樹皮全体がえぐられ、中には自重で倒れる個体も見られた。2023年3月、被害の大きい個体43本を地際から3~4cmの高さで伐採したところ、72%にあたる31本で萌芽更新した。萌芽更新個体の平均樹高は同年12月で107cmとなり、木化も進んでいた。なお、対策として果樹等に対して有効な薬剤(ダントツ水溶性, 住友化学製、1000倍希釈)を2023年5月及び6月に散布したところ、この年はゴマダラカミキリの被害は見られなかった。このことから、ゴマダラカミキリが飛来する7月までには薬剤を散布することが対策として有効であることが認められた。

この他、本研究ではセンダンこぶ病等の細菌類による被害は見られなかった。

IV まとめ

本研究結果から、苗畑と同等の大きさの苗木生

産を効率的に行うためのスケジュールについては、表-16のとおりと考える。

表-16 苗木生産スケジュール

時期	実施内容
12月	種子採取 低温湿層処理
2月中旬	育苗箱に播種 加温(移植まで)
5月下旬	コンテナに移植 施肥
9月	薬剤散布
3~4月	山林へ植栽

本研究では、育苗研究にて、5月下旬に幼苗をMスターコンテナ(サイズ:32cm及び48cm、施肥量:10.0g)に移植することにより、1年で苗畑と同等の大きさで、先端枯損に強いコンテナ苗木生産の可能性があることを明らかにした。また、3種類のサイズのMスターコンテナと2種類のマルチキャビティコンテナを使用することで、苗高を

コントロールできることも分かった。今後は、早期に発芽させる新たな手法や、生産者に扱いやすいマルチキャビティコンテナによる先端枯損対策苗木の生産、更にはコンテナ苗の山林への植栽などにより、育苗技術の精度を高めていく必要がある。

また、育林研究では、本県由来の種子から生産した苗木を現場に植栽することにより、標高・土壌・施肥量・照度・系統等の諸条件を評価した。特に、土壌・照度の環境条件は成長への影響が大きい結果となった。植栽地の選定においては、特にこれらを考慮しなければならない。本研究では、植栽後2年間におけるセンダンの樹高成長を主な評価対象とした。今後、短伐期施業による木材生産の推進に向け、肥大成長に着目し、センダンを評価していくことが課題となる。同時に、間伐の施業時期を見据え、林内照度等の林内環境の評価も必要である。今回有意に選抜することが出来なかった系統についても、今後の継続的な調査により、肥大成長や強度特性の観点から評価されることが期待される。そして、研究の成果に基づいた現場への普及を図ることにより、地域や社会におけるセンダンへの認知や理解を促し、そのニーズに応じた樹種として、植栽の導入を推進していくことが必要である。

謝辞

本研究全般にわたり御指導いただいた、熊本県林業研究研修センター次長兼企画研修部長の家入龍二様、同育林環境部長の廣石和昭様、熊本県指導林家の福田国弘様、森林総合研究所林木育種センター関西育種場主任研究員の宮下久哉様、高島有哉様、同育種技術専門役の林田修様、発生した害虫をセンダンヒメハマキと同定していただいた九州大学大学院農学研究院助教の屋宜禎央様、並びに試験地の使用に御協力いただいた関係者の皆

様に、心より厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 愛知県農林基盤局林務部林務課 (2023) 2022 年度
愛知県林業統計書
- 石井悌・江崎悌三・木下周太・素木得一・内田清之助・川村多実二・桑山覚・湯浅啓温編 (1958)
日本昆虫図鑑. 北隆館
- 岩下幸平・狩場晴也 (2022) 愛知県森林・林業
技術センター報告 59 : 51
- 熊本県林業研究指導所 (2015) センダンの育成方
法 (H27 改訂版). 熊本県
- 内閣官房 (2023) 花粉症に関する関係閣僚会議決
定資料 (令和 5 年 5 月 30 日) https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kafun/pdf/230530_gaiyou.pdf
- 林野庁 (2023) 森林・林業白書. 全国林業改良普
及協会