

論文

コウヨウザン苗の食害に対する ミカンネット被覆およびカプサイシン散布の効果^{*1}

鶴川 信^{*2}・藤澤義武^{*3}・大塚次郎^{*4}・近藤禎二^{*3}・生方正俊^{*3}

鶴川 信・藤澤義武・大塚次郎・近藤禎二・生方正俊：コウヨウザン苗の食害に対するミカンネット被覆およびカプサイシン散布の効果。九州森林研究 74：19－23，2021 早生樹コウヨウザンを導入する上で、ノウサギによるコウヨウザン苗の食害は解決すべき問題である。そこで、コウヨウザン苗の食害に対するミカンネット被覆とカプサイシン散布の効果を明らかにすることを目的とし、鹿児島県垂水市のスギ皆伐地3ヶ所において、コウヨウザン苗に4つの処理（ミカンネット被覆、カプサイシン散布、展着剤を含むカプサイシン散布、無処理）を施し、1年間観察した。苗木の食害率はいずれの処理区でも92%を上回ったが、主軸の切断率はそれぞれの処理区で37～48%に留まった。実験開始後の切断率の上昇はミカンネット被覆区でやや遅れる傾向がみられた。とくに、主軸が伸長しミカンネットに被覆されていない部位が食害を受けやすいことが観察された。苗高はミカンネット被覆区で他の処理区よりも高くなり、この傾向は主軸を切断された苗木において顕著であった。以上のことから、ミカンネットに被覆されている部位は食害を受けにくいことが示唆された。

キーワード：コウヨウザン、ノウサギ、食害、ミカンネット、トウガラシ

I. はじめに

林業経営の安定性や多様性を確保するため、成長が速く、収益が高い早生樹の導入が検討されている（林野庁，2018）。これらの早生樹の中で、用材利用の可能性を持つ常緑針葉樹コウヨウザン（*Cunninghamia lanceolata*）の導入も検討が進められている。

コウヨウザンは、スギよりも初期成長が速く（森田ほか，1989，1990；山田ほか，2012；近藤ほか，2016，2017，2018），また、萌芽更新も可能であることが報告されている（福田，1954）。そのため、近年、日本各地でコウヨウザンの植栽が進められているが、同時にニホンノウサギ（*Lepus brachyurus*：以下、「ノウサギ」と表記する）による苗木の食害が報告されるようになった（藤澤，2017；鶴川ほか，2020）。

造林木へのノウサギの食害は、主軸を切断し（鳥居，1980；山田・桑畑，1984；谷口，1986；金森・扇，1997；八神2010），伸長成長の遅れ（鳥居，1980；大津，1985）や苗木の枯死（渡辺ほか，1989；谷口，1986；谷口，1998）を引き起こす。コウヨウザンについても、主軸の切断による苗高の大幅な低下や繰り返される食害によって、成林が遅れるリスクが指摘されている（鶴川ほか，2020）。したがって、当該樹種の導入を図る上でノウサギの食害は解決すべき重要な問題である。とくに、苗木の枯死のみならず、苗木の成長阻害の視点においても、ノウサギによる食害の防除効果を理解する必要がある。

ノウサギ食害の防除手法として、これまで物理的な保護や忌避剤の散布が試されてきた。コウヨウザンについても、資材による被覆や忌避剤の散布によって、一定の防除効果が認められた（鶴

川ほか，2020）。しかしながら、鶴川ほか（2020）では、金網という1種類の保護資材、ジラムという1種類の忌避剤の防除効果しか検討しておらず、コスト等の様々な視点で最適な方法を選択するためには、他の保護資材、他の忌避剤についても効果を検証すべきである。

保護資材の候補として、金網に比べて安価であり、かつ、柔軟性があるミカンネットが挙げられる。ミカンネットはその柔軟性から苗木を被覆する作業が容易であるが、一方で、その強度は金網に劣る。金網よりも柔らかく、ミカンネットよりも強度が高いトリカルネットでは、ノウサギ食害の防除効果が得られていることから（Zimmerling and Zimmerling, 1998；川井，1999），ミカンネットについても、ノウサギによって噛み切られず、食害防除効果を発揮する可能性がある。また、忌避剤の候補として、トウガラシから抽出したカプサイシンの抽出液が挙げられる。カプサイシンは、哺乳類のTRPV1受容体に作用し、痛みとして認識される性質を持つため、一部の哺乳類ではその忌避効果が確認されている（Jensen *et al.*, 2003；Willoughby *et al.*, 2011；Aley *et al.*, 2015）。また、市販されているカプサイシン抽出液はジラムに比べて安価であることから、コストも抑えられる。

以上のことから、本研究では、コウヨウザン苗の食害に対するミカンネット被覆の防除効果とカプサイシン散布の忌避効果を明らかにすることを目的とした。この目的を達成するため、鹿児島県垂水市の3つのスギ皆伐地にコウヨウザン苗を植栽し、4つの処理（ミカンネット被覆、カプサイシン抽出液の散布（以下、「カプサイシン散布」と表記する）、展着剤を含むカプサイシン抽出液の散布（以下、「カプサイシン散布（展着剤）」と表記）、無処理（対照））を施し、供試苗の枯死、食害、幹直径、苗高の経

^{*1} Ugawa, S., Fujisawa, Y., Otsuka, J., Kondo, T. and Ubukata, M. : Effect of coverage with orange net and spraying of capsicine on feeding damage of *Cunninghamia lanceolata*.

^{*2} 鹿児島大学農学部 Fac. Agric., Kagoshima Univ., Kagoshima 890 - 0065, Japan

^{*3} 森林総合研究所林木育種センター Forest Tree Breed. Ctr, For. & Forest Prod. Res. Inst., Hitachi 319 - 1301, Japan

^{*4} 森林総合研究所林木育種センター九州育種場 Kyushu Regional Breed. Office, Forest Tree Breed. Ctr, For. & Forest Prod. Res. Inst., Koshi 861 - 1102, Japan

過観察を行った。

II. 調査地と方法

調査は、鹿児島県垂水市に位置する鹿児島大学農学部附属高隈演習林（北緯31度31分、東経132度16分、標高545~610m）にて行った。高隈演習林は暖温帯に属し、スギとヒノキの造林が行われており、尾根には保残帯としてブナ科樹木が優占する常緑広葉樹林がみられる。調査を開始した2019年2月20日から1年間の平均気温は15.1℃であり、積算降水量は3624mmであった（鹿児島大学農学部附属演習林, 2020）。

高隈演習林において、3つのスギ皆伐地を任意に選定し、それぞれ12m×12mの調査区（調査区1~3）を設定した（表-1）。いずれの調査区でも、雑草木として、アカメガシワ、クサギ、ヤマガワなど落葉性の先駆性木本種が優占していた。

表-1. 各調査区の概要

調査区	標高 (m)	斜面方位	傾斜角 (度)	皆伐年	皆伐面積 (ha)
1	537	N	11	2014	1.3
2	560	NE	2	2018	0.12
3	540	SE	37	2018	0.94

各調査区において、2019年2月20日に2年生のコウヨウザン苗36本を植栽した。植栽密度はヘクタールあたり2500本を想定し、調査区の枠から1m離れた地点から2m間隔で苗木を植栽した（図-1）。これらの苗木を9本ずつに分け、同じ処理が施された苗木が隣り合わないよう、それぞれの防除処理（ミカンネット被覆、カブサイシン散布、カブサイシン散布（展着剤）、無処理（対照））を施した。

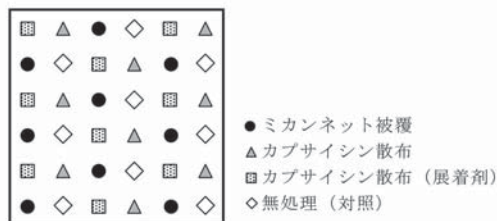


図-1. 調査区における各処理苗の配置

ミカンネット被覆区では、ミカンネット（ポリエチレン製出荷ネット10kg用、縦60cm×横35cm、メッシュサイズ1mm、株式会社ミズキ、うきは市、日本）をコウヨウザン苗木に被せたのち、ネットの上端を地表面からの高さ50cmで切り取り、主軸の伸長を妨げないようにした。また、実験中に枝葉の伸長が旺盛になったため、2019年5月20日に、コウヨウザン苗から20cm離れた3地点に、それぞれ園芸用イボ付鋼管支柱（GYA11-1500、直径11mm×長さ1.5m、株式会社ショーケン、相模原市、日本）を立てて、それらのイボ付鋼管支柱の周りを囲むようにミカンネットを被せなおし、銅線でミカンネットをイボ付鋼管支柱に固定した。台風等の強風によりミカンネットが外れてしま

うことがあったが、それが確認された場合には速やかにミカンネットを被せ直したが、その際に対象の苗木に主軸の食害は認められなかった。

カブサイシン散布区では、カブサイシン抽出液（とうがらしエキス1L、有限会社たまごや、土浦市、日本）を30mLずつ苗木全体に散布した。散布には霧吹きを用い、霧吹き1回の散布量をあらかじめ測定し、それをもとに1本の苗木あたりの散布量を調整した。また、カブサイシン散布区（展着剤）では、カブサイシン抽出液1Lに展着剤（ダイン（農林水産省登録第4951号）、住友化学園芸株式会社、東京、日本）を0.3mL添加し、霧吹きを用いて苗木1本あたり30mLを散布した。

無処理区（対照区）のコウヨウザン苗にはいずれの処理も行わなかった。

苗木の植栽後、2019年3月22日、5月20日、8月18日、11月16日、2020年2月19日に、苗木の枯死および食害を記録した。本実験では、主軸や側枝において切り落とされたような切断面をノウサギによる食痕と判定した（北海道立総合研究機構森林研究本部林業試験場森林資源部保護グループ、2011；大分県農林水産研究指導センター林業研究部、2015）。食害は、主軸の切断（以下、「主軸の切断」と表記する）と、主軸と側枝のいずれか、もしくは両方の切断・採食（以下、「苗木の食害」と表記する）に分けて記録を行った。ミカンネット被覆区では、ミカンネットの上面が開いており、被覆の影響を受ける部位が明確に判別できないため、主軸の切断や苗木の食害はミカンネット被覆の内外を区別せずに記録した。なお、食痕へのマーキングによってその後の採食に影響を及ぼす可能性があることから、本実験では、苗木の食害もしくは主軸の切断の記録を累積値として取り扱った。さらに、苗木の肥大成長と伸長成長を調べるため、実験開始時（2019年2月20日）と実験終了時（2020年2月19日）に、地表面から高さ5cmの幹直径（以下「D₅」と表記する）と苗高を測定した。

本実験では、調査期間の中で2019年5~9月の間に各調査区において1回の下刈りを実施した。その際、調査区1の無処理区、調査区3のミカンネット被覆区でそれぞれ1本の苗木を誤伐してしまったため、これらの苗木は後述の統計解析から除外した。改めて、3つの調査区を合わせると、合計106本のコウヨウザン苗を植栽し、各処理区に26~27本ずつ割り当てたことになる（表-2）。

得られたデータから、各時点におけるそれぞれの調査区、処理区の苗木の食害率もしくは主軸の切断率（以下、2つを合わせて「被害率」と表記する）を算出した。これらの被害率を3つの調査区で平均し、各処理区における被害率の経時変化を明らかにした。また、処理区間における被害率の違いを明らかにするため、実験終了時の苗木の食害および主軸の切断について、一般化線形混合モデル（式-1）を用いて処理の影響を解析した（lme4パッケージ：Bates *et al.*, 2015）。ここで、調査区は変量効果として取り扱い、調査区間の諸条件（ノウサギの生息状況や林分の環境）の差異を考慮しつつ、被害率に対する処理の影響を抽出できるようにした。リンク関数にはlogitを、誤差分布には二項分布を設定した。また、当該モデルにおける処理の影響の有意性を逸脱度分析（タイプII検定）によって評価した（carパッケージ：Fox

and Weisberg, 2019)。加えて、General Linear Hypothesesに基づき、Tukey法による処理区間の多重比較を行った (multcomp パッケージ: Hothorn *et al.*, 2008)。

[式-1] $\text{Logit}(\text{被害苗本数}, \text{健全苗本数}) = \text{処理} + (\text{調査区})$

また、処理区間における苗木の成長量の違いを明らかにするため、実験開始時と終了時の幹直径 D_5 および苗高について、一般化線形混合モデル (式-2) を用いて処理の影響を解析した (lme4 パッケージ)。併せて、 D_5 および苗高に対する主軸の切断の影響を明らかにするため、一般化線形混合モデル (式-3) を用いて主軸の切断の影響を解析した (lme4 パッケージ)。いずれの一般化線形混合モデルでも、調査区は変量効果として取り扱い、リンク関数には log を、誤差分布にはガンマ分布を設定した。また、当該モデルにおける処理の影響の有意性を逸脱度分析 (タイプ II 検定) によって評価した (car パッケージ)。加えて、General Linear Hypothesesに基づき、Tukey法による処理区間の多重比較を行った (multcomp パッケージ)。

[式-2] $\text{Log}(D_5 \text{ もしくは 苗高}) = \text{処理} + (\text{調査区})$

[式-3] $\text{Log}(D_5 \text{ もしくは 苗高}) = \text{処理} + \text{切断の有無} + \text{処理} \times \text{切断の有無} + (\text{調査区})$

すべての統計解析には、R version 3.5.1 (R Core Team, 2018) を使用した。

Ⅲ. 結果

実験終了時において、すべての供試苗が生存していた (表-2)。苗木の食害はほとんどの苗木で確認され、いずれの処理区でも食害率は92%を上回った (図-2)。一方、主軸の切断率 (すべての処理区を合わせた切断率) は、調査区1、調査区2、調査区3でそれぞれ26%、97%、3%であり、調査区間で大きくばらついていた。3調査区平均では、それぞれの処理区で37~48%の食害率に収まった。

表-2. 各調査区の各処理区における供試苗、枯死苗、被害苗 (苗木の食害および主軸の切断) の本数

調査区	処理区	供試苗	枯死苗	苗木の食害	主軸の切断
1	ミカンネット被覆	9	0	9	2
	カプサイシン散布	9	0	7	4
	カプサイシン散布 (展着剤)	9	0	7	2
	無処理 (対照)	8	0	8	2
2	ミカンネット被覆	9	0	9	8
	カプサイシン散布	9	0	9	9
	カプサイシン散布 (展着剤)	9	0	9	9
	無処理 (対照)	9	0	9	9
3	ミカンネット被覆	8	0	8	0
	カプサイシン散布	9	0	9	0
	カプサイシン散布 (展着剤)	9	0	9	0
	無処理 (対照)	9	0	9	1

苗木の食害率は、実験開始1か月後で大きく上昇し、その後も徐々に上昇する傾向がみられた (図-2)。ミカンネット被覆区で

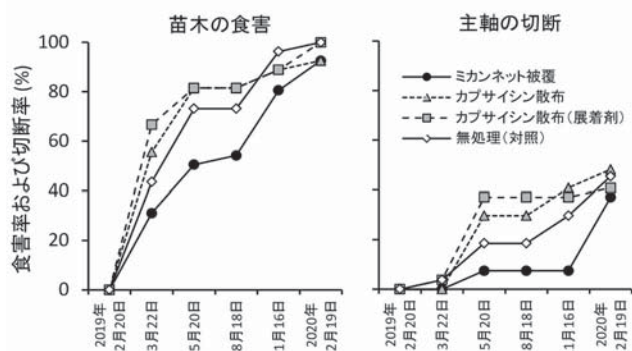


図-2. 苗木の食害率および主軸の切断率 (累積値) の経時変化

は、苗木の食害率の上昇が他の処理区よりも遅くなる傾向がみられたが、実験終了時において、苗木の食害率に処理の影響は認められなかった ($p=0.223$)。一方、主軸の切断率は、実験開始1か月以降に大きく上昇した。苗木の食害と同様に、ミカンネット被覆区では、切断率の上昇が他の処理区よりも遅くなる傾向がみられたが、実験終了時における主軸の切断率は処理によって異ならなかった ($p=0.994$)。現場の観察では、主軸がミカンネットの高さを超えて伸長し、被覆の効果を受けにくい部位が切断されることを確認した。

実験開始時における幹直径 D_5 は、それぞれの処理区で8.5~8.9 mm であり、処理区間で有意な差はみられなかった (図-3, $p=0.621$)。実験終了時における幹直径 D_5 は、それぞれの処理区で12.7~13.6 mm であり、肥大成長は確認されたが、処理による有意な影響は検出されなかった ($p=0.228$)。実験開始時における苗高は、ミカンネット被覆区、カプサイシン散布区、カプサイシン散布 (展着剤) 区、対照区で、それぞれ50.4 cm, 49.9 cm, 50.2 cm, 50.1 cm であり、実質的な差はみられなかった (図-3)。しかし、処理区内でのばらつきが小さく、処理による有意差が検出された ($p=0.036$)。多重比較では、ミカンネット被覆区の苗高がカプサイシン散布区よりも有意に高くなった ($p=0.019$)。実験終了時における苗高では、処理による有意な影響が検出され ($p<0.001$)、ミカンネット被覆区の苗高 (78.1 cm) が他の処理区 (64.0~65.7 cm) よりも有意に高くなった ($p<0.015$)。

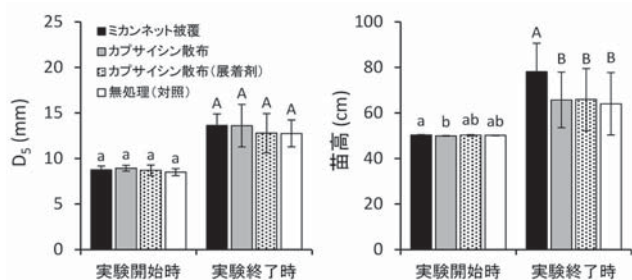


図-3. 各処理区における実験開始時および終了時の苗木の D_5 と苗高

異なるアルファベットは処理区間での有意差を示す。実験開始時と終了時で分けて解析を行ったため、アルファベットの大文字と小文字で解析結果を区別した。

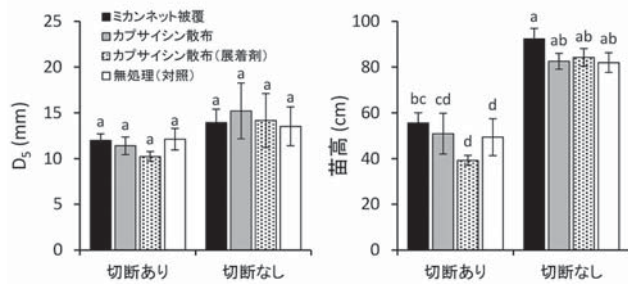


図-4. 各処理区において主軸の切断を受けた苗木と受けていない苗木の実験終了時の苗木のD₅および苗高異なるアルファベットは処理区間での有意差を示す。

実験終了時において、主軸の切断を受けた苗木の幹直径D₅は、切断を受けていない苗木よりも低い傾向がみられたが(図-4)、切断や処理の有意な影響は検出されなかった($p > 0.221$)。一方、実験終了時の苗高は、主軸の切断によって有意に減少し($p < 0.001$)、処理による影響も検出された($p < 0.001$)。主軸の切断を受けた苗木では、ミカンネット被覆区の苗高が、カプサイシン散布(展着剤)区や無処理区(対照区)よりも高くなる傾向がみられた(それぞれ $p = 0.005$, $p = 0.016$)。しかし、主軸の切断を受けなかった苗木では、ミカンネット被覆区の苗高が他の処理区に比べてやや高くなるものの、処理区間で有意な差はみられなかった($p > 0.573$)。

IV. 考察

本研究では、主軸の切断、側枝の切断・採食にもかかわらず、いずれの苗木も枯死しなかった(表-2)。鶴川ほか(2020)では、コウヨウザン苗木の枯死が確認されたものの、食害との関係は認められなかった。したがって、食害によるコウヨウザン苗の枯死は起こりにくいと考えられた。このことから、ノウサギによる食害の問題では、苗木の枯死ではなく、主軸の切断による大幅な苗高低下や繰り返される食害(鶴川, 2020)によって引き起こされる苗木の成長阻害に焦点を当てるのが重要と考えられる。

苗木の食害はほとんどの苗木でみられたが、その多くは側枝の食害に留まっていた。一方、主軸の切断は調査区2に集中していた(表-2)。また、苗木の食害率の上昇が主軸の切断率の上昇に先行したことから(図-2)、ノウサギの採食は側枝、主軸の順に行われることが示唆された。著者のこれまでのコウヨウザン苗の観察において、主軸だけが側枝よりも先に食害を受けていた事例はみられず、また、コウヨウザン苗の枝振りがスギやヒノキより大きい傾向を鑑みると、一定のサイズ以上の苗木において、先に側枝を採食しなければ、主軸を切断する動作が取りにくい可能性が考えられる。さらに、主軸の切断が少ない調査区もあることから、側枝の食害から主軸の切断へ移行するプロセスが林分の諸条件(ノウサギの生息状況や林分の環境)によって影響を受ける可能性も考えられる。

苗木の食害率と主軸の切断率は、いずれの処理区でも上昇し、実験終了時には同程度の食害率に達した(図-2)。カプサイシン散布区でも、展着剤の有無に関わらず、食害率や切断率が上昇したことから、カプサイシン付着の持続性が食害に影響を与える可

能性は低いと考えられた。一方、カプサイシンの忌避効果はウマ、ネズミ、リスで認められているが(Jensen *et al.*, 2003; Willoughby *et al.*, 2011; Aley *et al.*, 2015)、対象となる動物種やカプサイシン抽出液の濃度によって忌避効果に変化する可能性が指摘されている(飯田, 2014)。さらに、カプサイシンを主成分とする忌避剤 Hot Sauce では、散布2週間後から忌避効果が低下することが報告されており(Wagner and Nolte 2000)、カプサイシン自体の変質により忌避効果が低下するのかもしれない。したがって、本研究の結果では、ノウサギに対するカプサイシンの忌避効果が低いのか、忌避効果が劣化するのか、もしくは、今回の施用量が元々十分でなかったのか、いずれかの可能性が考えられる。

一方で、ミカンネット被覆区では、苗木の食害率の上昇が他の処理区に比べて、やや遅くなる傾向がみられた(図-2)。強風によってミカンネットが外れることもあり、その間に側枝が食害を受けたか否かは確認しなかったが、ミカンネットが外れている間に主軸の切断はなく、少なくとも主軸の切断はミカンネット被覆区でやや遅れることが示された。一方で、ミカンネット被覆区では秋季以降(2019年11月から2020年2月)に主軸の切断率が急に上昇し、結果として、実験終了時の主軸の切断率は他の処理区と同程度になった。Zimmerling and Zimmerling (1998)や鶴川ほか(2020)では、保護資材に被覆されていない空間に植物体が伸長することで、その部位が食害を受けることを報告している。本実験でも、主軸がミカンネットの高さを超えて伸長し、被覆の効果を受けにくい部位が切断されており、裏を返せば、ミカンネットに被覆されている主軸は食害を受けにくいと考えられる。8月の時点でミカンネットを超えて伸長した部位が存在するにもかかわらず、11月以降に切断率が上昇することを考えると、ミカンネットを超えて伸長した部位が一定の長さ以上に達すると食害を受けやすくなるのかもしれない。

実験開始時と終了時のいずれにおいても、苗木の幹直径は処理区間で変わらなかったが、苗高では処理区間の違いが確認された(図-3)。実験開始時において、ミカンネット被覆区とカプサイシン散布区の間で苗高の有意差が検出されたが、その平均値の差は0.4 cmしかなかった。一方、実験終了時において、ミカンネット被覆区では、他の処理区よりも苗高が12 cmほど高いことが示された。この原因として、主軸の切断を受けた苗木の苗高がミカンネット被覆区で高くなる傾向(図-4)が挙げられる。主軸の中でミカンネットの高さを超えた部位が食害を受けやすいことを鑑みると、他の処理区では食害部位がミカンネットの高さより低く、相対的に主軸の切断を受けた苗木の苗高がミカンネット被覆区で高くなったと考えられる。

本研究では、各調査区のそれぞれの処理区に8~9本の苗木を供試したが、調査区1ではススキに覆われた苗木もみられ、このような苗木間の生育環境の不均一性が苗木の食害率や主軸の食害率の誤差となって統計解析の結果に影響を与えた可能性は否定できない。供試苗木数がさらに多ければ、苗木の食害率および主軸の切断率の経時変化の処理区間差(図-2)や主軸の切断による肥大成長への影響(図-4)がより明瞭に示せたかもしれない。

本研究では、実験終了時(実験開始1年後)において、ミカンネット被覆とカプサイシン散布による苗木の食害率や主軸の切断

率への影響を検出できなかった。カプサイシン抽出液の濃度が十分でない可能性もあるが、カプサイシンの忌避効果が弱いもしくは劣化するという可能性を想定すると、カプサイシン抽出液とジラムという2つの忌避剤では、高価であるが、忌避効果が確認されている後者（鶴川ほか、2020）を使用することが望ましい。一方で、カプサイシン散布については、今後施用量を増やした検証を行う必要がある。ミカンネット被覆では、主軸全体がミカンネットに被覆されている間は、主軸の切断を受けにくいことが示唆された。つまり、ミカンネットはノウサギによって噛み切られず、主軸の切断を防除できると考えられた。鶴川ほか（2020）では金網の食害防除効果を報告しているが、ミカンネットは金網よりも柔軟で被覆の作業がしやすく、また、安価であることから、ミカンネットの方が保護資材として有用だと考えられる。本研究では、高さ50 cmまでしか被覆しなかったため苗木の主軸が切断されるケースが生じたが、高さ1 mまで金網で囲ったコウヨウザン苗では主軸の切断を受けることはほとんどなかった（鶴川ほか、2020）。したがって、ミカンネットの被覆部分を1 mまで高くすることによって、苗木が大きくなるまで食害を防除できる可能性が提案できる。

V. 謝辞

本研究では、鹿児島大学農学部森林科学コース育林学研究室の方々に調査のご助力をいただいた。また、鹿児島大学農学部附属高隅演習林の職員の方々には調査地の使用許可や管理についてご協力をいただいた。以上の方々に深く御礼を申し上げます。本研究は、農林水産省委託プロジェクト「成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発」の支援を受けて行われたものである。

引用文献

- Aley JP *et al.* (2015) J Vet Behav 10 : 243-247.
 Bates D *et al.* (2015) J Stat Softw 67 : 1-48
 Fox J and Weisberg S (2019) An R Companion to Applied Regression, Third Edition. 472 pp, SAGE Publications, Thousand Oaks
 藤澤義武 (2017) 森林遺伝育種 6 : 132-136
 福田次郎 (1954) 山林 844 : 1-19
 北海道立総合研究機構森林研究本部林業試験場森林資源部保護グループ (2011) 地域特性に応じた獣害対策の手引き. 38 pp,
 北海道立総合研究機構森林研究本部林業試験場森林資源部保護グループ, 北海道
 Hothorn T *et al.* (2008) Biom J 50 : 346-363
 飯田滋生 (2014) 北方森林研究 62 : 67-68
 Jensen PG *et al.* (2003) Pest Manag Sci 59 : 1007-1015
 鹿児島大学農学部附属演習林 (2020) 環境観測情報 Field Information Server 6.0. URL: <http://takakuma1.aa0.netvolante.jp/ViewWeb/> (2020年11月1日利用)
 金森弘樹・扇 大輔 (1997) 森林応用研究 6 : 143-146
 川井裕史 (1999) 大阪府立林七研報 35 : 20-24
 近藤禎二ほか (2016) 関東森林研究 67 : 113-116
 近藤禎二ほか (2017) 関東森林研究 68 : 133-136
 近藤禎二ほか (2018) 関東森林研究 69 : 139-142
 森田正彦ほか (1989) 九州育種場年報 17 : 91-98
 森田正彦ほか (1990) 日林九支研論 43 : 49-50
 大分県農林水産研究指導センター林業研究部 (2015) 早生樹を用いた短伐期林業の手引き (コウヨウザン, チャンチンモドキ編). pp 2-5, 大分県農林水産研究指導センター林業研究部, 大分
 大津正英 (1985) 野兎研究会誌 12 : 33-36
 R Core Team (2018) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna
 林野庁 (2018) 平成 30 年版 森林・林業白書. 322 pp, 林野庁, 東京
 谷口 明 (1986) 鹿児島県林試研報 2 : 1-38
 谷口真吾 (1998) 兵庫県立林七研報 45 : 5-11
 鳥居春己 (1980) 野兎研究会誌 7 : 36-39
 鶴川 信ほか (2020) 日林誌 102 : 317-323
 Wagner KK and Nolte DL (2000) Wildl. Soc. Bull. 28 : 76-83
 渡辺弘之ほか (1989) 京大演報 61 : 16-24
 Willoughby IH *et al.* (2011) Eur J For Res 130 : 601-611
 八神徳彦 (2010) 石川県林試研報 42 : 25-28
 山田文雄・桑畑 勤 (1984) 野兎研究会誌 11 : 19-30
 山田浩雄ほか (2012) 平成 23 年版林木育種センター年報 : 74-76
 Zimmerling TN and Zimmerling LM (1998) Westn J Appl For 13 : 12-14
 (2020年11月9日受付; 2020年12月9日受理)