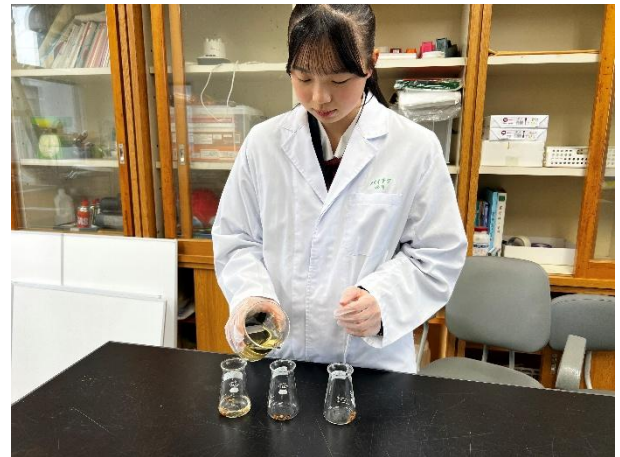


研究・探究・D S 部門 特別賞（学生審査員賞）

1367-愛媛県立大洲農業高等学校-D138220700031

SST 法による櫨栽培の再生と

里山バイオマス循環モデルの構築



愛媛県立大洲農業高等学校

ハゼノワ

櫨の環プロジェクトチーム

代表者： 片山 璃奈（3年）

大河 由奈（3年）、新 海斗（3年）

森田 りり（3年）、本田 結愛（3年）

1. 課題設定の理由

蠟（ハゼ *Toxicodendron succedaneum*）は木蠟の原料となる植物であり、かつて愛媛県大洲市では地域産業として栽培されていた（写真1）。しかし石油製品の普及により需要は減少し、現在では栽培の衰退と耕作放棄地の増加、里山景観の荒廃が課題となっている。

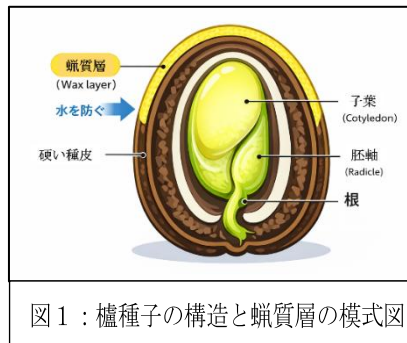


図1：蠟種子の構造と蠟質層の模式図



写真1：実際の校内や市内の蠟苗木の植栽現場

蠟は再生可能なバイオマス資源として環境的価値が高い一方、種子発芽率が極めて低く（0.1～10%）、苗木生産効率の低さが栽培再生の大きな障壁となっている（図1）。

本研究では、種子表面の蠟質（トリグリセリド）に着目し、鹼化反応によりこれを分解することで吸水性を改善し、発芽率を向上させる種子処理技術の開発を目的とした。

2. 方法

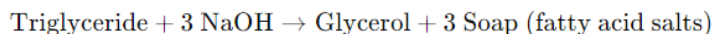
2.1 種子処理

蠟子表面の蠟質を分解するため、水酸化ナトリウム（NaOH）によるアルカリ処理を行った。トリグリセリドは鹼化反応により分解され（反応式1）、疎水性ワックス層の除去によって吸水性の向上を図った（図2）。処理濃度は0～10%で検討し、6～8%で再試験を行った。処理後は洗浄し、一部は酢酸により中和処理を行った。



図2：SST法による蠟種子処理の模式図

反応式1



2.2 発芽評価

処理後の種子について発芽試験を行い、発芽率、発芽速度（T50）、初期生育（主根長）を評価した。

2.3 栽培実証

得られた苗木を耕作放棄地に植栽し、栽培面積の拡大およびCO₂固定量を評価した。

3. 結果と考察

3.1 発芽促進効果

NaOH 処理（6～8%）により発芽率は70～80%に向上し、特に6%処理区では約80%と最も高い値を示した。一方、8%処理区で中和処理を行わなかった場合、発芽率は55%に低下し、発芽遅延も確認された（図3）。

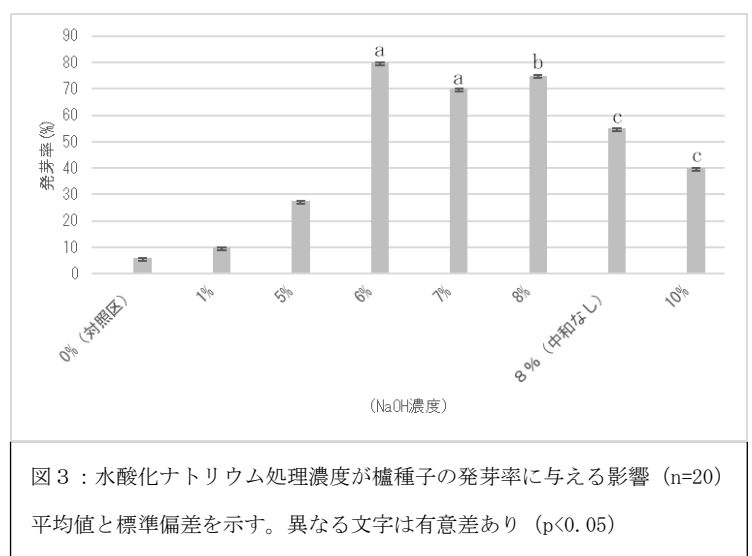


図3：水酸化ナトリウム処理濃度が蠟種子の発芽率に与える影響（n=20）
平均値と標準偏差を示す。異なる文字は有意差あり（p<0.05）

累積発芽率の推移から算出したT50は、6%処理区で460℃日、7%処理区で510℃日、8%処理区で495℃日となり、6%処理区が最も少ない有効積算温度で発芽に到達した。このことから、適切な濃度条

件において発芽速度の向上が確認された。

さらに、中和処理を行わなかった場合には T50 が 622.5℃ 日まで増加し、発芽到達までにより多くの有効積算温度を要したことから、残留アルカリが発芽に負の影響を与える可能性が示唆された。

以上の結果から、NaOH 処理は櫛種子の発芽率および発芽速度を大きく改善する有効な手法であり、特に 6% 処理および中和工程の導入が最適条件であると考えられた。

3.2 初期生育への影響

発芽後 3 日目の主根長を比較した結果、処理濃度の増加に伴い根長が短くなる傾向が確認された。特に 8% 処理区では 6% 処理区と比較して根長の低下が顕著であり、高濃度アルカリ処理が初期生育に影響を与える可能性が示された (図 4)。

t 検定の結果 (表 1)、6% 処理区と 8% 処理区の間で有意差 ($p < 0.05$) が認められた一方、発芽率および発芽日数においては有意差が認められなかった。このことから、アルカリ処理は発芽の成立には大きく影響しないものの、発芽後の初期生育段階において影響を及ぼすことが示唆された。

また、中和処理を行わない条件では発芽日数に有意差が認められ、残留アルカリが生理的ストレスとして作用し、発芽および初期生育の遅延を引き起こした可能性が考えられる。

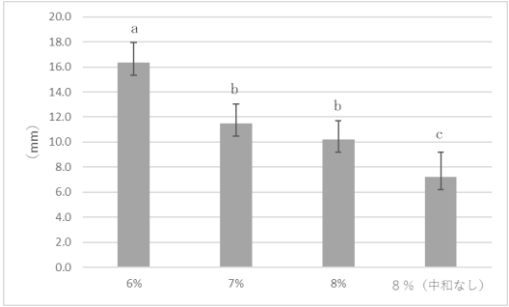


図 4. : NaOH 濃度が櫛種子の初期根長に与える影響 (n=20)
棒は平均根長、縦線は標準偏差を示す。異なるアルファベット記号は t 検定に基づく有意差を示す ($p < 0.05$)。

表 1 : 処理濃度の違いによる初期成育の比較 (t 検定)

比較区	根長 (p 値)	発芽日数 (p 値)	発芽率 (p 値)
6% vs 7%	0.0160	0.0955	0.4780
7% vs 8%	0.1624	0.4790	0.7315
6% vs 8%	0.0004	0.2196	0.7136
8% vs 8% (中和なし)	0.1076	0.0004	0.1941
6% vs 8% (中和なし)	0.0012	0.0002	0.0960

※ $p < 0.05$ を有意差ありとした

3.3 発芽速度の評価 (T50)

累積発芽率に基づく T50 の解析により、6% 処理区が最も少ない有効積算温度で発芽に到達することが明らかとなった (図 5)。これは、種子表面の蠟質が適切に除去されることで吸水性が向上し、発芽開始までの時間が短縮されたためと考えられる。

一方、高濃度処理区や中和を行わない条件では T50 が増加する傾向がみられ、過剰なアルカリ処理が種子内部に影響を与え、発芽過程における生

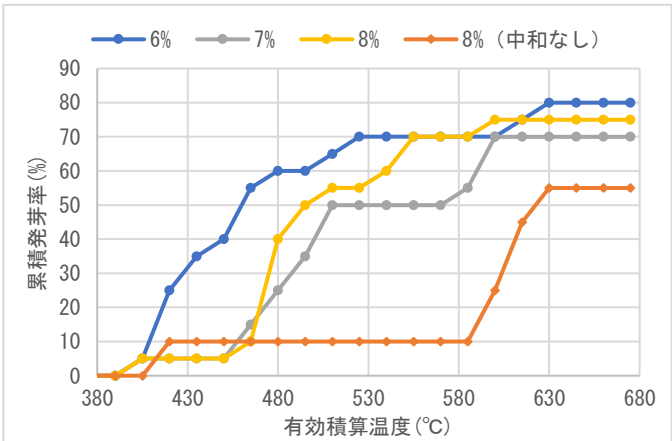


図 5 : 有効積算温度に対する種子の累積発芽率 (n=20)

理的負担を増加させた可能性が示唆された。

これらの結果から、発芽速度の観点においても 6%処理区が最適条件であると考えられた。

3.4 化学的検証 (SST 法)

FTIR 分析の結果、無処理区と比較して NaOH 処理区ではエステル結合由来の吸収ピーク（約 1740 cm^{-1} ）の低下が確認され、トリグリセリドの鹸化による分解が示唆された。また、3300 cm^{-1} 付近の吸収変化から、種子表面における水素結合状態および親水性構造の変化が生じたことが示唆された（図 6）。

これらの変化は、種子表面の疎水性ワックス層が分解され、親水性が向上したことを反映していると考えられる。ただし、ピーク変化は処理濃度に対して単調な傾向を示さなかったことから、反応の進行は濃度だけでなく、種子表面の構造的不均一性や反応部位の違いなど複数の要因に影響を受ける可能性がある。

以上より、NaOH 処理によってトリグリセリドが鹸化され、種子表面の蠟質が分解された結果、吸水性の向上を介して発芽促進に寄与したと考えられる。本研究ではこの種子処理技術を Saponification Seed Treatment (SST 法) と命名した。

3.5 栽培成立可能性の検証

大洲市の気温データから算出した 4 月の有効積算温度は 447℃日であり、本研究で得られた 6%処理区の T50 (460℃日) とほぼ一致した。このことから、SST 法を用いることで地域の気候条件下においても櫛の発芽および初期生育が可能であることが示唆された。

さらに、SST 法により得られた苗木の長期生育を調査した結果（図 7）、草丈は 0 か月時の 10 cm から 36 か月後には 180 cm に達し、幹径も 0.2 cm から 3.0 cm へと増加した（表 2）。葉数についても 5 枚から 120 枚へと増加しており、継続的かつ安定した生育が確認された。

これらの結果から、SST 法によって得られた苗木は発芽段階だけでなく、その後の生育においても良好な成長を示し、地域の気候条件下で栽培可能であることが実証された。

表 2 生育データ

月数	草丈 (cm)	葉数 (枚)	幹の太さ (cm)
0	10	5	0.2
6	30	15	0.4
12	50	20	0.5
18	75	35	1.0
24	100	60	1.5
30	140	90	2.2
36	180	120	3.0

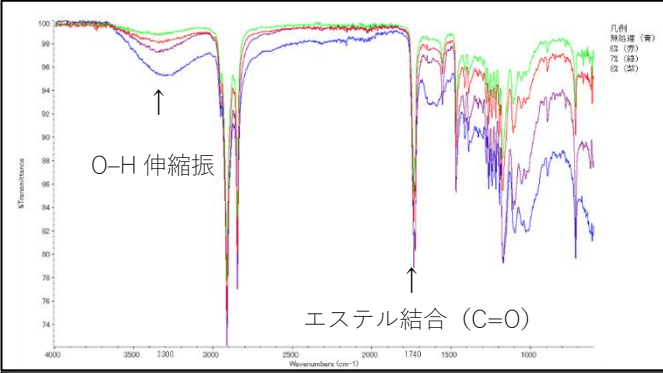


図 6：櫛種子表面蠟質の FTIR スペクトル（青：無処理、赤～紫：NaOH 処理）。エステル結合由来ピークの低下が認められた。

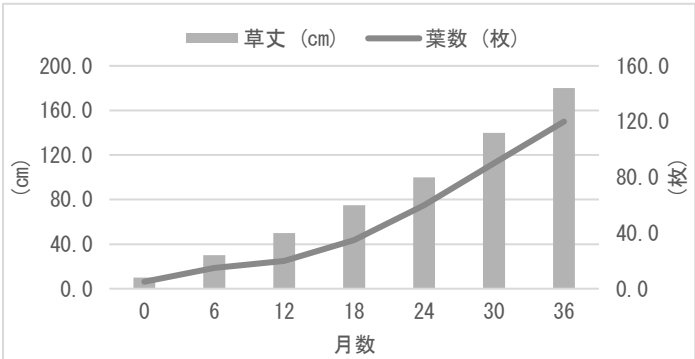


図 7：草丈成長グラフ

4. 結論

本研究では、櫛種子表面の蠟質を鹸化反応により分解する新規種子処理法 (Saponification Seed

Treatment; SST 法)を開発し、発芽率の大幅な向上(最大約 80%)と健全な初期生育の両立を達成した。6%の NaOH 処理後に中和工程を導入することで、発芽率低下や初期生育阻害を抑制できることが明らかとなり、最適条件を確立した。

さらに、SST 法により得られた苗木は 36 か月間にわたり安定した生育を示し、地域の耕作放棄地における栽培実証においても良好な定着が確認された。これにより、櫨植栽による CO₂固定および里山景観の再生といった環境的効果が実証された(図 8)。

本手法は、従来の物理的処理や硫酸処理とは異なり、種子表面の蠟質を化学的に選択的に分解することで、種子への損傷を最小限に抑えつつ発芽を促進できる点に新規性がある。

以上より、SST 法は化学反応を応用した新たな種子処理技術として、苗木生産の効率化と地域資源循環の両立を可能とし、持続可能な櫨産業の再生および里山環境保全に貢献する有効な手法であると結論づけられる。さらに、木蠟を活用した和蠟燭や石鹼の製品化と連動することで、一次生産から加工・販売までを含む資源循環型の地域産業モデルの構築が可能である(図 9)。

5. 謝辞

本研究の遂行にあたり、櫨栽培および木蠟文化について多くのご助言をいただいた地域の皆様、ならびに研究活動にご協力いただいた農家の皆様に深く感謝申し上げます。また、研究指導および技術的助言を賜りました関係機関の皆様に厚く御礼申し上げます。

6. 参考文献

1. 矢野眞由美. 櫨の道. 松山櫨復活委員会; 2015.
2. 茨城県林業技術センター. 緑化樹木種子の成熟期、貯蔵、播きつけ法. 2018. Available from: <https://www.ibaraki-forest.go.jp/seed-methods> (参照 2026-03-13)
3. Taiz L, Zeiger E. *Plant Physiology*. 6th ed. Sinauer Associates; 2015.
4. Hopkins WG, Hüner NP. *Introduction to Plant Physiology*. 4th ed. Wiley; 2009.
5. Benedict NN. Saponification Process and Soap Chemistry. *INOSR Applied Sciences*. 2024;12(2):51-56.

7. 附録：活動写真



写真1 SST 法による種子処理の様子



写真2 櫨の実の収穫作業



写真3 内子町休耕地の櫨活用事例

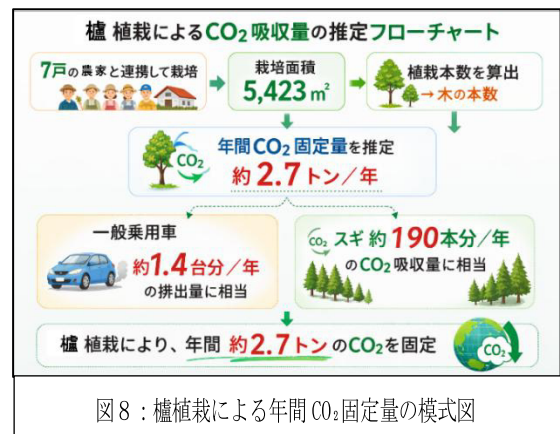


図8：櫨植栽による年間CO₂固定量の模式図



図9：木蠟製品（和蠟燭・石鹼）