

論文審査の結果の要旨

氏名 小田 あゆみ

本論文は、人為開発による砂漠化の進行が著しい中国北西部の半乾燥地に自生するヒノキ科の低木臭柏 (*Sabina vulgaris* Ant.) の実生更新に関して多面的に研究したもので、6章からなっている。本論文のうち第2章から第5章は、田中賢蔵、吉川賢、王林和ほかとの共同研究であるが、いずれの章も論文提出者が主体となってデータの収集と解析、執筆を行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

第1章では、早生樹による植林が進む一方で、地下水位の低下など土地荒廃が問題となっている中国の半乾燥地において、乾燥環境に適応した郷土樹種による植林が注目されており、現地樹種の中でも特に高い耐乾性を持つ、ヒノキ科の常緑針葉樹である臭柏 (*Sabina vulgaris* Ant.) が有力な緑化樹種として用いられていることを最初に述べ、臭柏による緑化の現状における問題点として、種子の発芽率が低いことから、挿し木苗が植林に用いられていることを論じている。挿し木苗はクローンであるため、遺伝的多様性の喪失や病虫害抵抗性の問題が危惧されており、実生繁殖に基づく緑化技術の確立が求められている。しかし、現地では実生による天然更新が見られることはまれであり、実生の生産技術も確立されていない。臭柏の実生繁殖が難しい理由として、①優良な種子生産量が非常に少ないこと、②最適な発芽条件が不明なこと、③実生の定着環境が限られていること、の3点があげられている。そこで本研究の目的としての臭柏の生態解明及び緑化技術開発のための臭柏の種子生産および実生定着の制限要因の解明と、その意義について述べている。

第2章では、臭柏種子の最適な発芽条件を明らかにするため、前処理と播種温度、光条件を変えて発芽試験を行なった。これまで、臭柏種子の発芽率はいくつかの前処理を行なった後でも約2%と低く、種子の適切な発芽条件には不明な点が多かった。比重選抜を行なった種子について5種類の播種前処理と10-35℃まで6段階の温度条件、および光の有無を変化させて発芽試験を行なったところ、硫酸浸漬処理を行なった種子のみ発芽した。発芽率は約60%で、播種前に調べた活性を有する胚を持つ種子の割合とほぼ一致したことから(60.7%)、生存種子のほぼ全てが発芽したものと考えられた。硫酸処理種子は温度が高いほど発芽率が増加する傾向が見られ、25-30℃の温度条件で発芽させた場合に30日で60%と最も高い発芽率を示した。また、光の有無は発芽率に影響を与えなかった。硫酸処理区では他の処理に比べ有意に吸水速度が高かった。電子顕微鏡で観察すると硫酸処理を行なった種子では、種皮そのものの厚さが減少すると同時に、不透水性の種皮が酸に冒されて空間ができ、吸水が容易になると考えられた。以上から、臭柏種子の発芽率向上には硫酸など酸処理で硬実休眠を打破し、25-30℃で発芽させるのが有効であると考えられた。

第3章では、臭柏実生の定着制限要因を明らかにするために成木と実生の葉の形態的生理的特性を比較した。臭柏実生は看護植物の被陰下にもみ定着し、針葉のみをつける。しかし成木では樹冠内で針葉と鱗片葉の2種類の形態の葉を持ち、全天の強光・乾燥環境下でも生育できるようになる。なぜ定着初期に看護植物の被陰が必要なのか、また、なぜ成長とともに葉の形態が変化しストレス環境に順応できるのかは不明であり、これらを明らかにすることは臭柏の定着条件や育苗条件の解明に重要である。そこで、

成木と実生をそれぞれ5個体選び、針葉・鱗片葉それぞれについて、葉の形態の指標であるLMA、生理特性の指標である光-光合成曲線、光阻害感受性を調べた。また、長期的な水利用効率の指標である炭素安定同位体比を質量分析計により測定した。

臭柏の実生がもつ針葉は、資源投資(葉重)あたりの光合成生産が高い代わりに、耐乾性が低く、強光ストレスに弱いことが明らかになった。一方で、成木の鱗片葉は、高い光合成速度と光阻害耐性を示した。それぞれの葉の日生産量を推定すると、実生は被陰下でも成木と同量の光合成生産を行なうが、蒸散量が多く水利用効率が低かった。実生が持つ針葉は水利用効率が悪く光阻害耐性が低いため、全天環境での生育は難しく、このことが実生の定着場所を看護植物の被陰下に限定する要因であると考えられた。

第4章では、臭柏成木の生育適地を明らかにするため、生育立地と葉の生理特性の関係を調べた。乾燥環境に生育する植物にとって、地下水は比較的安定した吸水源であり、植栽後の定着や生育に重要である。臭柏の成木も主に地下水を使って生育しており、地下水面からの距離が樹幹内の無機養分濃度、種子充実率に影響していると考えられる。そこで地下水面から1,3,5mの高さに生育する個体をそれぞれ3個体選び、光合成・蒸散速度の日変化を測定した。その結果、地下水面からの距離によって葉の内部形態や光合成生産特性が著しく異なることが明らかになった。地下水面からの距離が1mの個体は日中の水ストレスを受けにくい環境にあり、窒素など光合成系への投資が大きく、高い日光合成生産を行っていた。しかし、乾燥を防ぐ表皮細胞層は地下水面から遠い個体に比べて薄く、一日を通じて高い蒸散を行っており、日水利用効率は低かった。一方、地下水面からの距離が3mと5mの個体では、厚い表皮細胞層を持つことで葉の耐乾性を高め、水分条件のよい早朝に高い光合成生産を行うことで、日水利用効率を高めていることが明らかになった。

第5章では、臭柏の種子生産に影響を与える要因を明らかにするため、種子充実率と地下水面からの距離(水資源・炭素資源の指標)、樹幹内の無機養分濃度の関係を調べた。様々な立地から種子生産を行なっている12個体を選び、種子充実率(全種子中で充実種子の占める割合の百分率)、地下水面からの距離、樹幹内無機養分濃度を測定した。毬果生産数と地下水面からの距離には相関はなかったが、充実率には負の相関が見られ、地下水面から遠い個体ほど不稔種子の割合が多いことがわかった。一般的に、無機養分は根から水分と共に吸収されるため、地下水面から遠い個体では無機栄養の吸収が十分でない可能性が考えられた。K, Mg, Ca, Pの樹幹内濃度と種子充実率には有意な正の相関がみられ、樹幹内無機養分濃度が多い個体ほど種子の充実率が高いことが示された。つまり、無機養分を十分に蓄積している個体では種子充実率が高くなることが示唆された。以上から、地下水面からの距離は臭柏の毬果生産数には影響を与えないが、種子充実率を制限する要因の一つであると考えられた。

第6章では、以上の結果を総合して、これまで不明であった毛烏素沙地における臭柏の種子繁殖及び実生定着阻害要因を考察した。今後、人為開発による裸地面積の増加や地下水位の低下が進行すれば、臭柏実生の発芽・定着環境だけでなく充実種子生産量の減少が予測され、臭柏の更新が阻害される可能性が高いと考えられた。また、この成果を元にして、臭柏の実生苗の生産に関する技術的な指針を提示した。すなわち、種子充実率が高いと考えられるたん地に生育する個体から毬果を採取、種子を比重選抜したのち、90分の硫酸処理によって発芽促進を行い、播種する。実生苗は、30%の庇陰下で育苗し、十分に鱗片葉をつけた状態で植林に用いるか、看護植物の庇陰下に植栽することが適当である。

以上のように、本論文は、半乾燥地に分布する樹木の生育特性に関して新たな生理生態学的知見を加えるとともに、砂漠化の進む中国の半乾燥地における緑化樹種として最も重要な位置を占める臭柏について、実生苗による植林技術の実用化への扉を開いたといえることができる。

したがって、博士(環境学)の学位を授与できると認める。