

論文の内容の要旨

森 林 科 学 専 攻
平成8年度博士課程進学
氏 名 渡 辺 信
指導教官名 八木 久義

論文題目 乾燥及び高塩濃度条件下における
Populus euphratica の浸透調節

現在人間活動の増大に伴う砂漠化地域の拡大が世界的に大きな問題となっており、これ以上の砂漠化の進行を阻止することは重要、かつ緊急な課題の一つとなっている。砂漠化防止のための有力な手段として緑化造林が広く行われるが、その際優れた耐乾性を持つ樹種を用いることが不可欠である。また、土地表面からの水分蒸発量が降水量を上回る地域では、土地表面部へのナトリウム塩等の集積も制限要因となるため、耐乾性と共に耐塩性を有する樹種を選択することが重要である。

ヤナギ科 (*Salicaceae*) ポプラ属 (*Populus*) の *Populus euphratica* Olivier (中国名：胡楊、以下胡楊と称する) はポプラ属樹木の中では最も乾燥が厳しい地域に自生していることから、水分欠乏や塩集積に対し、他のポプラ属樹種よりも優れた適応能力を備えていると考えられる。胡楊の耐乾性及び耐塩性能力を有効利用するためには、その適応機構を解明することが重要である。しかし、胡楊の耐乾性及び耐塩性に関する研究はほとんどがフィールド調査によるもので、どの程度の耐性能力を持つのか明確でない。また、その耐乾性、耐塩性の機構はほとんど解明されていない。本研究では胡楊の耐乾性と耐塩性を評価し、どのような生理的機構

的機構が耐乾性及び耐塩性に関与しているかを知ることを目的として、乾燥及び高塩濃度環境下での植物体の浸透ポテンシャルの変化とそれに伴う生理的变化を調べた。

まず、本研究に必要な実験材料の確保と胡楊の耐性機構解明に必要な実験系確立のために、*in vitro* の初代培養から馴化に至る組織培養系を確立した。胡楊の組織培養では、低濃度の BAP を単独添加することにより、不定芽誘導とシュート伸長成長を促進できることが確かめられた。試験管内での組織培養では形態的生理的異常を伴うガラス化現象が問題となるが、低濃度の BAP を単独添加した条件でガラス化の発生率が低く押さえられることがわかった。また、低濃度の NAA を単独添加することにより、発根率が高くなることが確かめられた。

in vitro の実験系を用いて、胡楊の耐乾性及び耐塩性の評価を行った。胡楊と耐乾性を持つ中国産ポプラ、*P. alba* cv. *Pyramidalis* × *P. tomentosa* (毛新楊)、2 種の発根シュートを 400 mM マンニトール添加処理液体培地 (-1.14 MPa) と 250 mM NaCl 添加処理液体培地 (-1.29 MPa) で培養した。毛新楊は全ての個体が枯死したのに対し、胡楊は 100% の生存率を示したことから、胡楊は優れた浸透圧ストレス耐性と NaCl ストレス耐性を持つことが確かめられた。液体培地中の浸透圧ストレスは一定であるため、根を伸張することでストレスを軽減することはできない。また、高湿度の試験管環境においては、機構閉鎖による水分欠乏抑制効果も小さい。これらのことから胡楊は細胞レベルで吸水、あるいは水分保持能力を高めることができたと考えられる。浸透圧ストレスに対する植物の適応反応に、細胞内に物質を能動的に蓄積することで細胞内浸透ポテンシャルを低下させ、細胞の含水率を高い状態に維持する浸透調節がある。浸透調節物質の一つであるプロリンの蓄積について調べたところ、胡楊の葉で高濃度の蓄積が確認された。今までポプラ属樹木において、高濃度のプロリン蓄積が確認された例は無く、本研究の結果はポプラ属樹木の環境適応の多様性を示唆する一つの例といえる。また、ポプラ属樹木で蓄積量が多い遊離糖について調べたところ浸透圧、あるいは NaCl ストレス条件下の毛新楊の葉では蓄積が減少したのに対し、胡楊の葉では蓄積が維持、又は増加することが確かめられた。これらのことから、胡楊は乾燥や塩ストレスに伴う浸透圧ストレスに対し、浸透調節によって適応している可能性が示唆された。

胡楊の葉における浸透調節の有無を確かめるために、馴化植物体を乾燥処理条件下で栽培し

た。胡楊は他のポプラ属樹木に比べて優れた耐乾性を持つことが示されたことから、*in vitro* 系における耐性評価は *in vivo* 系における耐性評価にも反映されることが示唆された。胡楊の浸透調節能力を評価するために葉の浸透ポテンシャルと相対含水率を測定したところ、土壌水分ポテンシャルが -2.5MPa の厳しい乾燥条件下において、高い浸透調節が確認された。胡楊の葉の相対含水率は他のポプラ属樹木に比べて高く維持されていたことから、乾燥条件下の胡楊は高い浸透調節能力によって生存に必要な水分を保持することが可能であると考えられた。また、プロリンの蓄積量だけでは胡楊の浸透調節を補うことができないことから、胡楊の主要な浸透調節物質はプロリン以外の物質であることが示唆された。そこで *in vitro* の浸透圧ストレス条件下における胡楊の葉の蓄積物質を調べたところ、遊離糖と K が主要な浸透調節物質であることが明らかとなった。

ポプラ属樹木の耐塩性に関する研究はほとんど行われておらず、高塩濃度環境下におけるポプラ属樹木の耐性機構についてはほとんど知られていない。高塩濃度環境が伴う浸透圧ストレスに対して胡楊の葉で浸透調節が起こるかどうかを調べた結果、NaCl ストレス条件下における葉の浸透ポテンシャルが大幅に低下し、葉の相対含水率が高く保たれた。つまり胡楊は NaCl が伴う浸透圧ストレスに対し、乾燥による浸透ストレスの場合と同様、浸透調節によって水分を維持することが明らかとなった。NaCl ストレス条件下の胡楊の葉の蓄積物質の内訳を調べたところ、Na と Cl が葉の増加した蓄積物質の 7 割を占めた。グラム乾燥重量当たり $1000\ \mu\text{mol}$ の NaCl が蓄積したにもかかわらず、胡楊の葉は枯れなかった。また、NaCl ストレス条件下の胡楊の葉において遊離糖の蓄積が増加したが、この遊離糖は葉のデンプンの分解や根の遊離糖が転流したのではなく、高濃度の NaCl が蓄積した葉において生成されたものであることが間接的に示された。これらのことから胡楊の耐塩性機構は、植物体内への NaCl の侵入を抑制するものではなく、植物体内の生理代謝にイオン害が及ばないように塩類を蓄積し、塩類蓄積で低下した浸透ポテンシャルによって水分を維持するものであると考えられた。また、耐塩性植物の適合溶質であるグリシンベタインは、胡楊では蓄積しないことが確かめられた。

プロリンの蓄積が適応的反応か傷害誘導なのかを調べるため、NaCl ストレス解除前後の葉におけるプロリンの挙動を調べた。NaCl ストレス処理期間中、胡楊の若葉で NaCl が増加し、NaCl

ストレス解除後は若葉の NaCl 蓄積が減少した。プロリンは NaCl ストレス処理期間中に NaCl と共に増加し続け、NaCl ストレス解除後は NaCl の減少と共にプロリン蓄積も減少した。もし、プロリンの蓄積が傷害誘導である場合、プロリン分解酵素の失活が原因と考えられ、NaCl ストレス解除後もプロリン分解経路の酵素反応が正常に行われないことから、プロリンは蓄積したままになるはずである。しかしプロリンは NaCl ストレス解除後に蓄積が減少したことから、胡楊におけるプロリンの蓄積は NaCl ストレスに対する適応的反応であると考えられた。プロリンは NaCl ストレス解除後に速やかに消失することから、別の物質と結合した形で機能するのではなくプロリン単体の蓄積自体に意味があることが考えられる。プロリンの蓄積量を勘案した場合、細胞質に蓄積して適合溶質として機能するか、あるいは蛋白質や膜質の安定性を高める保護機能が考えられるが、どちらであるか確かめることは本研究ではできなかった。

また、NaCl ストレスで誘導される遊離糖蓄積の挙動について調べた結果、プロリン同様に NaCl ストレス条件下で増加し、ストレス解除後は減少したことから、遊離糖の蓄積もストレスに対する適応的な反応であると考えられた。

本研究によって、胡楊が高い耐乾性、及び耐塩性を備えていることが示され、砂漠化の防止、あるいは砂漠化した土地を修復するための造林木として有効な樹種であることが示唆された。胡楊は乾燥や塩ストレスに伴う浸透圧ストレス対し、葉における高い浸透調節能力により細胞レベルの吸水を可能にしていることが明らかとなった。また、胡楊の浸透調節物質は浸透圧ストレスと NaCl ストレスで異なり、浸透圧ストレス条件下では遊離糖と K が、NaCl ストレス条件下では植物体内に侵入した NaCl が浸透ポテンシャルを低下させることが明らかになった。