

樹木の耐塩性に及ぼす根系のバイパスフローに関する研究*1

井上 善之*2 · 城田 徹央*3 · 矢幡 久*3

I. はじめに

世界各地の半乾燥地では、砂漠化防止を目的とした植林のための灌漑がおこなわれてきた。この時に、塩類が地表面に集積することが問題となっており、塩類に対する植物の耐塩性機構の解明が望まれている。

土壌溶液から根系木部への塩流入経路には、細胞内を通過する膜輸送（シンプラスト経由）と細胞外を通過するバイパスフロー（アポプラスト経由）の2つが考えられる。バイパスフローには塩イオンの選択的吸収機構が働かないため、バイパスフローの割合が大きい場合には有害イオンの吸収量も増大する可能性がある。このアポプラスト経由水の定量的評価に、水溶性蛍光物質 PTS (Pyranine; 分子量524.37; $C_{16}H_7Na_3O_{10}S_3$) を指標とする実験が行われており (1, 2, 3), イネ, コムギなど草本植物では実験例が多い (2) が, 木本植物への適用例は少ない。本実験では、耐塩性の異なる樹木を用いて (1) PTS の蛍光発色の程度を見るために消光効果の検討を行い, (2) Na^+ イオンの吸収量とバイパスフロー量との関係を明らかにすることを目的とした。

II. 材料と方法

塩感受性とされるキンモクセイ (*Osmanthus fragrans* var. *aurantiacus*), および海岸近くに自生し耐塩性が高いとされるマサキ (*Euonymus japonicus*) の1年生挿し木苗を材料として用いた。苗木は2000年5月より温室で2ヶ月間養生し, 7月18日から48時間の処理を行った。処理区は NaCl 処理区, NaCl+PTS 処理区, 対照区の3つであり, それぞれ5個体を供試した。NaCl 処理区では100mM の NaCl 溶液を, NaCl+PTS 処理区では100mM の NaCl および0.19mM の PTS を含む溶液を処理した。処理後, 余分な NaCl および PTS を24時

間洗浄した後, 根, 茎, 葉に分離し, 85℃で48時間乾燥させた。これらを, ミキサー, 乳鉢を用いて粉状にし, 90℃の水で3時間抽出した。 Na^+ イオンの測定は原子吸光度計を用いた。PTS の蛍光強度の計測は, クロロフィル蛍光分析装置 PAM (Hainz Waltz 社製) を利用した。励起光の波長は400nm, 測定時の波長は500nm とした (3)。

消光効果については, PTS 無処理個体の抽出成分 0.5ml および MES 緩衝液 (pH=6.0) 0.5ml をセルに入れ, 0.02mM の PTS を $2\mu l$ ずつ加えた時の蛍光強度を PAM で測定した。

III. 結果と考察

(1) 消光効果の検討

対照区のキンモクセイの葉の抽出成分に PTS を加えたとき, PTS の濃度に比例して蛍光強度は直線的に増加した (図1)。このときの勾配は抽出成分に含まれる消光物質質量によって, PTS 量が0の時の値, すなわち図1における Y 切片は自家発光物質質量によって決定されている。この直線関係は各樹種の各器官において成立したが, 勾配と切片が異なっていた。そこで各樹種, 各器官について, PTS 吸収量を推定するための回帰式を個別に決定した。

(2) Na^+ イオン吸収量

キンモクセイとマサキの単位個体乾重当たりの Na^+ イオン吸収量は, それぞれ3.89, 3.99mol/kgdw/d であった (表1)。樹種間に有意差はなかった (t-検定, $p=0.938$)。

(3) PTS 吸収量

キンモクセイとマサキの単位個体乾重当たりの PTS 吸収量はそれぞれ23.59, 28.34mol/kgdw/d であった (表1)。樹種間に有意差はなかった (t-検定, $p=0.710$)。

*1 Inoue, Y., Shirota, T. and Yahata, H.: Studies on the root bypass-flow in relation to the salt tolerance of woody plants.

*2 九州大学比較社会文化研究科 Grad. School of Social & Cultural Studies Kyushu Univ., Fukuoka 810 - 8560

*3 九州大学熱帯農学研究センター Inst. of Trop. Agric. Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

(4) 蒸散量

単位個体乾重当たりの蒸散量は、キンモクセイとマサキで、それぞれ1534, 3168g/kgdw/dであった(表1)。キンモクセイはマサキの約半分の蒸散量であり、有意に少なかった(t-検定, $p < 0.001$)。Na⁺イオン吸収量は同程度なので、単位個体乾重で基準化した蒸散量当たりではキンモクセイはマサキに比べて、約2倍のNa⁺イオンを取り込んだことになる。

(5) バイパスフロー量

Na⁺イオンおよびPTSの吸収量を、それぞれ単位個体乾重当たり蒸散量で割った値を内液濃度とした。漏出割合は、内液濃度を外液濃度で割って求めた値である。細胞壁内のPTS分子の水分子に対する移動割合はイネ根系の場合0.132倍である(1)。細胞壁内の空隙のサイズには種間差がないと仮定し、漏出割合をこの特性値で割ることにより、バイパスフロー量を推定した。全水輸送量に占めるバイパスフロー経由の水輸送量の割合は、キンモクセイが90.2%、マサキが54.1%で、前者は約1.7倍も大きかった。Na⁺漏出割合は、キンモクセイが3.4%、マサキが1.7%で前者が2倍大きかった。

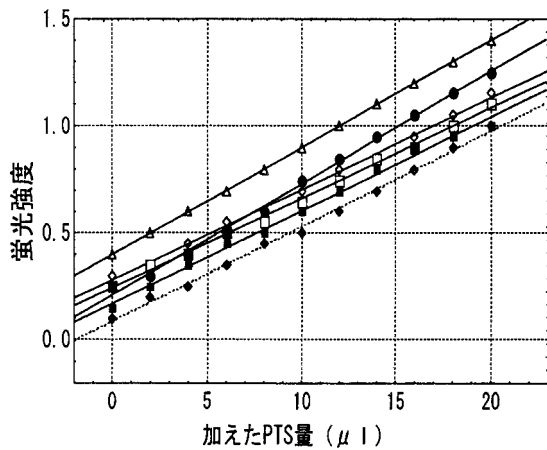


図-1 対照区キンモクセイの葉における消光効果の検討。凡例は個体ごとに示した。

表-1 単位個体乾重あたりNa⁺イオン吸収量、PTS吸収量および蒸散量の樹種間比較

樹種	個体数	Na ⁺ 吸収量		PTS吸収量		蒸散量	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
キンモクセイ	5	3.89	1.47	23.59	11.61	1534	271
マサキ	5	3.99	2.37	28.34	24.94	3168	537

表-2 根系内外のNa⁺およびPTS濃度とバイパスフローの割合

樹種	Na ⁺			PTS			バイパスフローの割合(%)
	内液(mM)	外液(mM)	漏出割合(%)	内液(mM)	外液(mM)	漏出割合(%)	
キンモクセイ	2.53	75.5	3.4	0.015	0.126	11.9	90.2
マサキ	1.26	75.5	1.7	0.009	0.126	7.1	54.1

キンモクセイがマサキより耐塩性が低い理由の1つとして、バイパスフロー経由の水輸送量の割合がマサキに比べて大きく、Na⁺イオンが容易に取り込まれるためと考えられる。ただし漏出割合の樹種間比較ではt-検定の結果、有意差は認められなかった(Na⁺; $p = 0.075$, PTS; $p = 0.272$)。この原因は、マサキの1個体のみがNa⁺イオン、PTSともに漏出割合が異常に高く、バイパスフローが大きかったためである。マサキのように耐塩性が高い樹種でも、何らかの原因でバイパスフロー量が大きくなる場合があると考えられ、今後この点について検討する必要がある。

IV. おわりに

本実験では、まずPTSの消光効果が直線的に表れることを確認し、各樹種、器官ごとに回帰式を決定できた。また、単位個体乾重当たりの蒸散量で基準化したNa⁺イオン吸収量を比較すると、キンモクセイはマサキの約2倍吸収しており、PTS吸収量の結果とも対応していた。以上から、キンモクセイの耐塩性がマサキに比べて低い理由として、バイパスフローによるNa⁺イオンの吸収量が大きいためであることが示唆された。

なお、推定したバイパスフロー量が大きい理由として、イネの特性値を利用したことによる可能性があるため樹木についての特性値を検討する必要がある。

現在、塩処理の濃度を変え、バイパスフロー量がどのように変動するかについて、処理個体数を増やして解析を進めている。

引用文献

- (1) Hanson, P. J. *et al.*: Plant Physiol., 77, 21 ~ 24, 1985
- (2) Yeo, A. R. *et al.*: J. Exp. Bot., 192, 1141 ~ 53, 1987
- (3) 矢幡 久: 科研費成果報告書, 基礎研究C2-09660166, 樹木の耐塩性に関わる根系の塩イオン排除機能評価に関する研究, 117 ~ 132, 1999