

論文

異なる立地環境に生育する実生苗の硝酸還元酵素活性の樹種間差

高木正博 (宮崎大学農学部)

高木正博：異なる立地環境に生育する実生苗の硝酸還元酵素活性の樹種間差 九州森林研究 58：53-55, 2005 暖帯林内の異なる立地環境に生育する8種の実生苗の硝酸還元酵素活性を比較した。80年生常緑広葉樹林の林床に生育する3種と伐採跡に生育する5種の実生苗の葉と根の硝酸還元酵素活性、ならびに各個体の生育地の光環境、土壌の含水率、硝酸生成速度、C/N比およびpHを測定した。硝酸還元酵素活性は葉と根ともに伐採跡の方が高い値を示した。伐採跡では根の硝酸還元酵素活性と土壌の硝酸生成速度に有意な相関関係が認められた。このことから、実生苗の硝酸還元酵素活性には光環境の影響が大きいと考えられた。

キーワード：硝酸還元酵素、常緑樹、光環境、実生、土壌中窒素

I. はじめに

植物は必須栄養素である窒素を主に硝酸の形態で土壌から吸収している。硝酸は植物体内で亜硝酸を経てアンモニアに還元され、その後様々な二次代謝物に利用される。硝酸を亜硝酸に還元する硝酸還元酵素は、基質誘導で生成され、また寿命が短いため、この窒素代謝過程全体における律速因子となる。したがって、この硝酸還元酵素の活性を測定することにより、その個体の窒素の利用様式が把握可能である (Beever and Hageman, 1969; Lodhi and Ruess, 1988; Downs et al., 1993)。

硝酸還元過程での還元力は光合成もしくは呼吸で生成されるNAD(P)H₂に由来するため、硝酸還元酵素活性は基質である土壌中の硝酸濃度とともに光環境にも依存している (Crawford, 1992)。常緑広葉樹林では伐採跡やギャップなどの異なる光環境に対応して、耐陰性の高い樹種の実生だけでなく光要求性の高い種の実生も生育している。異なる光環境に適応しているこれらの種を比べた場合、光合成により供給される還元エネルギー (NAD(P)H₂量) の量が異なるために、その硝酸還元の特性も異なると考えられる。そこで本研究では、常緑広葉樹林の林床と伐採跡に生育する数種の実生苗の硝酸還元酵素活性を比較し、さらに土壌の化学的環境および光環境との関係を解析した。

II. 材料と方法

宮崎大学農学部附属自然共生フィールド科学教育研究センター田野フィールド内の、80年生常緑広葉樹二次林、および10年生常緑広葉樹二次林を2001年8月の下記に述べる測定の前年に皆伐した伐採跡を、試験地とした (31° 16' N, 131° 18' E, 150 m a.s.l.)。両林分とも土壌は褐色森林土、斜面方位は南南西、斜度

は約30度であった。80年生二次林の上層はシイ、イスノキおよびハナガガシなどが優占しており、その林床に生育する3種 (ハナガガシ、シイ、フユイチゴ) の実生苗を試験に供した。伐採跡では皆伐後に発生した5種 (カラスザンショウ、ヌルデ、アカメガシワ、クサギ、フユイチゴ) の実生苗が試験に供した。シイについては個体が小さいためにコジイカスダジイの判別が難しかったため、シイとした。

測定は晴れた日の正午過ぎに、高さ約20cmの苗を1種あたり5個体を選び根系ごと掘り出し、冷蔵して実験室に持ち帰った。苗は水洗後、1個体当たり根からは5mm長さの断片数片を3組、葉からは5mm角の断片数片を3組ずつ切り出し、硝酸還元酵素活性の測定に供した。根、葉ともに断片は、100mMリン酸 (pH7.5)、40mM硝酸カリウムおよび3%1-プロパノールを含む反応液に2時間浸透させ、その後反応液中に生成した亜硝酸の濃度を比色法により定量した (Downs et al. 1993)。硝酸還元酵素活性は、生成された亜硝酸の量を断片の乾重および浸透時間当たりで示した ($\mu\text{mol g}^{-1} \text{h}^{-1}$)。

硝酸還元酵素活性を測定した苗の生育環境を把握するために、根の周りの土壌の硝酸生成速度を、通気性のあるビニール袋に約100gの土壌を封入し埋め戻して1ヶ月放置する現地培養法 (高橋ら 1994) により、全窒素および全炭素の濃度をCNコーダー (MT-500, Yanaco) により、pHをガラス電極法により、また含水率を苗の掘り取り直前に携帯式TDR (HydroSense, Campbell) により全ての苗について測定した。全ての苗の光環境を潜在的な受光量を示すギャップライトインデックス (GLI) (Canham, 1988) により把握した。GLIは樹冠上での直達光および散乱光に対する樹冠下のその割合であり、苗の掘り取り後に苗高にあわせて設置した魚眼レンズを用いて撮影した全天空写真から求めた。

表-1. 測定に供した実生苗の生育環境

	GLI	土壌			
		含水率	硝酸生成速度	C//N比	pH
伐採跡	50 (0.05)	15 (1.3)	13 (2.8)	19 (0.4)	5.8 (0.04)
林床	10 (0.02)	22 (1.8)	16 (4.4)	18 (1.1)	6.0 (0.04)

含水率 (%), 硝酸生成速度 (mg kg⁻¹ month⁻¹), かつこ内は標準誤差

III. 結果と考察

実生苗の硝酸還元酵素活性を伐採跡 (n=25) と林床 (n=15) でそれぞれ平均して比較すると、ノンパラメトリック検定の結果、伐採跡の方が林床より葉、根ともに有意に高く (p<0.001)、葉では17倍、根では4.5倍であった (表-1)。根の硝酸還元酵素活性に対する葉の割合は伐採跡の方が大きかった。生育環境要因の平均値を伐採跡と林床で比較すると、ノンパラメトリック検定の結果、伐採跡の方が、GLIは有意に高く (p<0.001)、土壌含水率は有意に低かった (p<0.001)。一方、土壌の硝酸生成速度、C/NおよびpHは試験地間で有意な違いが認められなかった (表-2)。Fredeen et al. (1991) はメキシコの熱帯雨林のコシヨウ

表-2. 林床と伐採跡に生育する実生苗の硝酸還元酵素活性

	硝酸還元酵素活性		
	葉	根	葉/根
伐採跡	1.38 (0.23)	0.09 (0.025)	20 (5.1)
林床	0.08 (0.02)	0.02 (0.004)	4 (1.2)

硝酸還元酵素活性 (μmol g⁻¹ h⁻¹), かつこ内は標準誤差

科の数種を対象に、明るい立地に生育する種は暗い立地に生育する種に比べて硝酸還元酵素活性が高かったと報告している。これらのことから、伐採跡の豊富な光は直接および間接に実生苗の高い硝酸還元酵素活性をもたらしていたと考えられる。すなわち、葉で高い硝酸還元酵素活性を示した理由として、豊富な光を利用した盛んな光合成による還元エネルギーの供給が増加したためと考えられる。また、根で高い値を示した理由として、盛んな光合成により生産された同化物は根へも多く転流され、それを基質として呼吸による間接的な還元エネルギーの供給が多かったためと考えられる。

硝酸還元酵素活性の種間差は、葉では一元分散分析の結果有意であったが (p<0.001)、根では有意でなかった (図-1)。根

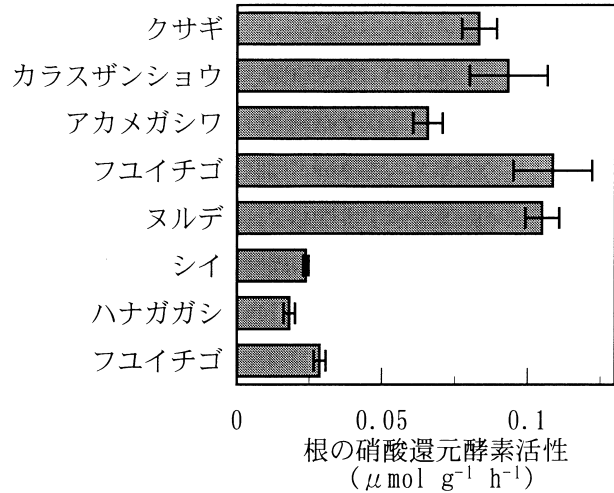
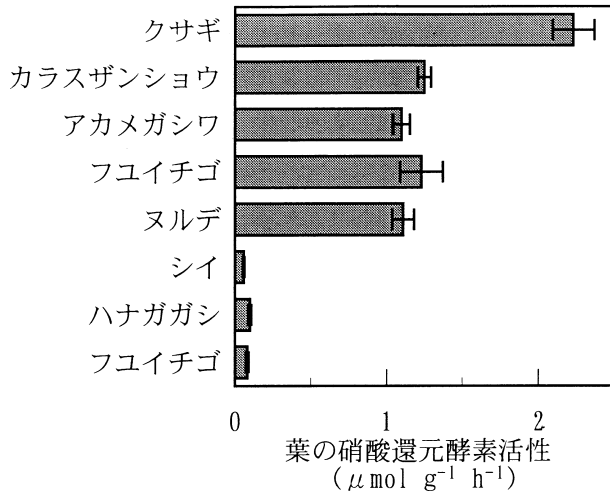
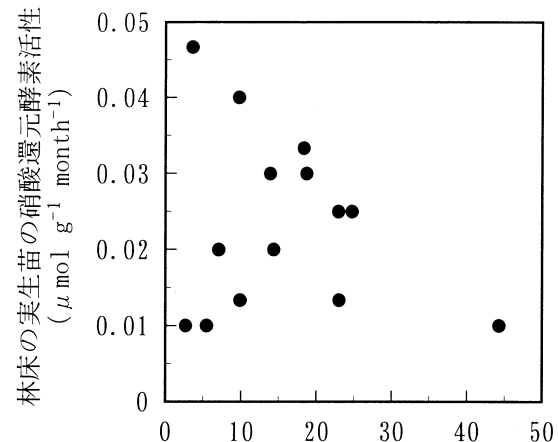
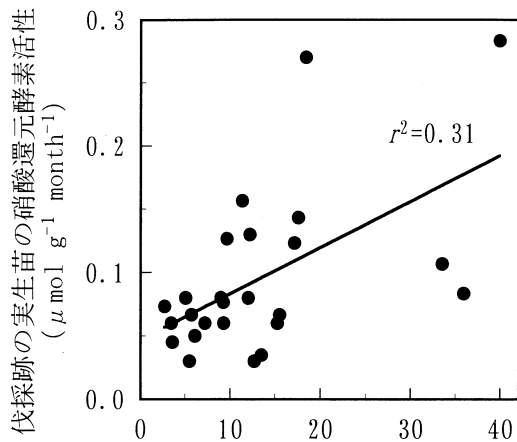


図-1. 葉 (左) と根 (右) の硝酸還元酵素活性の種毎の平均値と標準誤差。上5種が伐採跡より、下3種が林床より採取した。



土壌の硝酸生成速度 (mg kg⁻¹ month⁻¹)

図-2. 林床と伐採跡のそれぞれにおける実生苗の根の硝酸還元酵素活性と土壌の硝酸生成速度の関係

の硝酸還元酵素活性が伐採跡と林床の比較した場合には有意な差が認められたのに対して種間差では認められなかった理由として、次の2点が考えられる。すなわち、ひとつには、統計手法上の理由として各繰返し（種当たりの個体数）が種間差比較では少なかったためと考えられる。2点目として、光環境の影響は根の硝酸還元酵素活性に対しては間接的であるために、葉に比べて顕著な差となりにくかったと考えられる。

次に、伐採跡および林床のそれぞれにおける総ての種の各個体の根の硝酸還元酵素活性と土壌の硝酸生成速度の関係を比較すると、伐採跡では相関関係は有意であったが ($r^2=0.31$, $p<0.01$), 林床では有意な関係は認められなかった ($r^2=0.05$) (図-2)。この理由として、伐採跡では豊富な光を利用して生成された同化物を經由した間接的な還元エネルギーが十分にあるために、根に供給される硝酸の量に応じて十分な硝酸還元酵素活性を示すことができるが (Crawford.1992), 林床では還元エネルギーが不十分なために、供給される硝酸に応じた十分な活性を示せなかったためと考えられる。

以上のことから、暖帯林に自生する実生苗の硝酸還元酵素活性は光環境の影響を大きく受けているといえる。特に明るい立地環境に生育する実生苗の硝酸還元酵素活性が葉だけでなく根でも大きく、また潜在的な受光量と根の硝酸還元酵素活性の間に相関関

係が認められたことは、野外環境下では硝酸還元酵素活性の律速因子としての光エネルギーの役割が大きいことを示している。

本研究は科学研究費補助金 (12760108) によった。試験地設定に際しては附属自然共生フィールド科学教育研究センター田野フィールドの技術職員の皆さんにお世話になった。

引用文献

- Beevers,L.and R.H. Hageman (1969) *Ann.Rev.Plant Physiol.*20 : 495-522.
- Canham,C.D. (1988) *Ecology* 69 : 1634-1638.
- Crawford,N.M.,Wilkinson,J.Q.and S.T.LaBrie (1992) *Austral.J.Plant Physiol.* 19 : 377-385.
- Downs,M.R.,Nadelhoffer,K.J.,Melillo,J.M.and J.D. Aber (1993) *Trees* 7 : 233-236.
- Fredeen,A.L.,Griffin,K.and C.B. Field (1991) *Oecologia* 86 : 441-446.
- Lodhi,M.A.K.and R.W. Ruess (1988) *Soil Biol.Biochem.*20 : 939-943.
- 高橋輝昌・生原喜久雄・黒田孝一 (1994) *森林立地* 36 : 60-62.
(2004年11月5日受付; 2004年12月20日受理)