

窒素沈着がダケカンバとシラカンバの成長と外生菌根の発達に与える影響

北海道大学大学院農学院
東京農工大学大学院農学研究院
北海道大学大学院農学研究院

荒木 基二

渡辺 誠

斎藤 秀之・渋谷 正人・玉井 裕・小池 孝良

はじめに

北海道に広く自生するダケカンバ (*Betula ermanii*) とシラカンバ (*Betula platyphylla* var. *japonica*) (以下、カンバ類) は、先駆樹種として裸地や荒廃地に侵入し、再造林化を助ける役割をもつ。カンバ類が攪乱後の養水分条件の厳しい環境に定着できる理由の一つに、外生菌根菌との共生が挙げられる。外生菌根菌は植物の根端を菌糸で覆い、病原体の侵入を防ぐと共に、外生菌糸を介してリンや水分、マグネシウムといった養水分の吸収補助を行う。一方、宿主からは光合成産物を受け取る。このように外生菌根菌は樹木と相利共生関係を結んでいる(1)。

人間活動に伴う窒素化合物の放出量の増加により、大気から陸域への窒素沈着量は増えている(4)。多量必須元素である窒素は植物の成長促進、光合成速度の増加などをもたらす一方で、過剰な沈着量により土壤が富栄養化した場合、外生菌根の発達が阻害されることがある(5)。そのため、窒素沈着の影響評価には、樹木と外生菌根菌との共生関係の変化を把握することが重要である。

北海道には火山灰土壤が広く分布し、土壤中のリン酸利用性が低い。本研究では、樹木成長の律速要因となりうる土壤中のリン酸も合わせて考慮することで、窒素沈着の影響をより詳細に分析する。

よって、本研究は増加する窒素沈着量が、異なる土壤リン酸濃度環境下で育成するカンバ類2種の成長と外生菌根の発達に与える影響の解明を目的とした。

材料と方法

本研究は、2012年5月から11月までの期間、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター札幌研究林実験苗畑(N43°07', E141°38', 15m a.s.l.)で行った。2012年5月上旬、2年生のダケカンバとシラカンバの苗木各80個体を15リットルポッドに植栽した。土壤には、未成熟火山灰土壤におけるカンバ類の定着を想定するため、鹿沼土と赤玉土を1:1で混ぜ合わせたものを用いた。植栽後、樹木の育成に最低限必要な分量の液体肥料を元肥として与えた(窒素、リンの分量は各々1/500 kg-N ha⁻¹yr⁻¹、1/500 kg-P ha⁻¹yr⁻¹程度)。5月から11月にかけて適宜灌水を行った。また、土壤への養分処理として、成育期間中、3度に分け

て窒素およびリンを付加した。窒素およびリン処理には、それぞれ硝酸アンモニウム溶液およびリン酸二水素カリウムを用い、窒素およびリン負荷量が50 kg ha⁻¹となるように土壤へ添加した。窒素とリンを付加しなかった個体群を対照区、窒素のみ付加した個体群をN区、リンのみ付加した個体群をP区、両者を付加した個体群をNP区とした。

9月に、個体の平均葉数と個葉の光合成速度(A/Ci曲線)の測定を行い、樹木の生産力と生理活性の指標とした。光合成速度の測定には携帯用ガス交換速度測定器(LI-6400, LI-Cor社)を用い、各処理区20個体中5個体を選択し、そのうち頂端から数えて3枚目の葉を測定対象とした。11月、ポットから苗木を掘り取った後、双眼実態顕微鏡で根の観察を行い、外生菌根形成率(=菌根数/根端数×100)を算出した。その後、樹木の個体乾燥重量を測定し、樹木の成長量の指標とした。

各結果の統計解析には、SPSSを利用し二元配置分散分析を用いた。

結果

ダケカンバの個体乾燥重量は、窒素とリンの単独効果による変化は見られなかったものの、交互作用により有意に($p<0.01$)増加した(図-1)。一方、シラカンバの個体乾燥重量は、N区、P区およびNP区で増加し、窒素とリンの単独効果が有意に($p<0.05$)みられた。

ダケカンバの葉数は、N区およびP区で増加しており、窒素とリンの単独効果により有意に($p<0.01$)増加した(図-2)。一方、シラカンバには、N区では葉数の増加は観察されなかったが、リンの単独影響および窒素とリンの交互作用により有意に($p<0.01$)増加した。

ダケカンバでは、すべての処理区で光合成速度に変化は見られなかった(図-3)。一方で、シラカンバではN区とNP区、すなわち窒素処理区で光飽和時の純光合成速度(A_{sat} ; 葉内CO₂が380ppm時の純光合成速度)、最大カルボキシル化速度(V_{cmax})、最大光合成速度(A_{max})に有意な($p<0.05$)増加がみられた(図-4)。

外生菌根形成率に関しては、樹種および処理を問わずすべての個体で90%以上という高い形成率が観察され、処理による形成率の違いは見られなかった(表-1)。

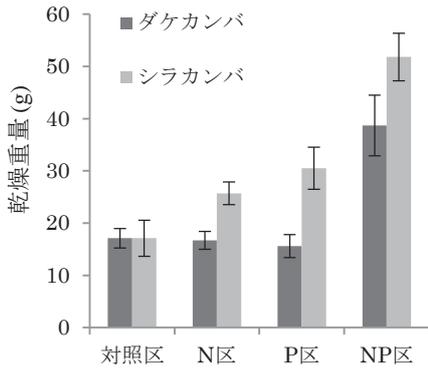


図-1 カンバ類の乾燥重量

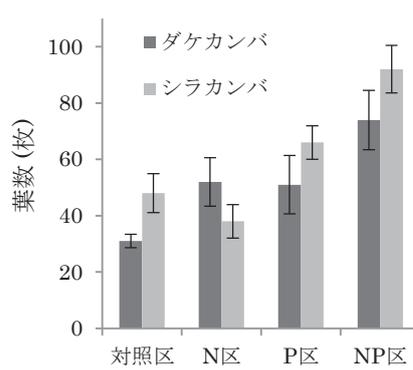


図-2 カンバ類の葉数

表-1 平均外生菌根形成率

	ダケカンバ(%)	シラカンバ(%)
対照区	99	96
N区	98	97
P区	95	95
NP区	98	97

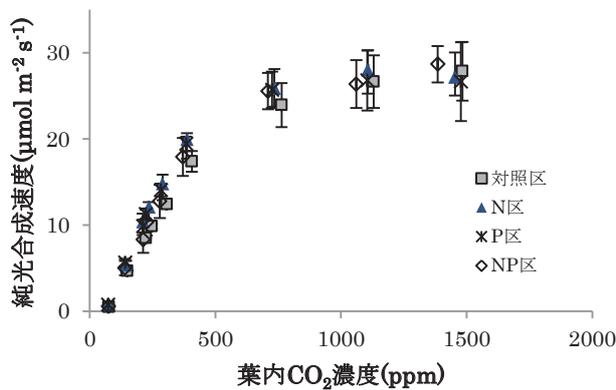


図-3 ダケカンバの葉内CO₂濃度と光合成速度の関係

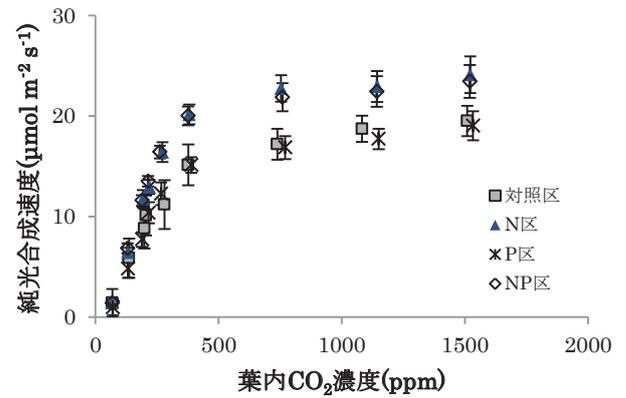


図-4 シラカンバの葉内CO₂濃度と光合成速度の関係

考察

ダケカンバの乾燥重量では、リンがほとんど存在しない対照区とリンが付加されたP区とでは、当年の窒素付加による反応に顕著な差がみられた。このことから、風化の進んだ未成熟火山灰土壌地帯では、ダケカンバ幼木の成長にはリンが律速要因として働いていることが考えられる。一方で、シラカンバは窒素およびリンの付加に単独影響も認められた。これらは、葉数や光合成速度の増加、すなわち生産力の増加によると考えられる。しかし、ダケカンバのN区やP区では、葉数の増加が乾燥重量の増加に反映されていない。これは、ダケカンバがシラカンバより比較的、前年に蓄えた養分を利用する固定成長的な成長特性をもつ(2)ことが原因として考えられる。土壌中に窒素やリンが豊富に存在する場合、養分が外生菌糸を介さず植物根から吸収されることで、外生菌根形成率が低下する(3)ことが想定された。しかしながら、本研究においては、いかなる処理個体も高い外生菌根形成率を保っていた。すなわち、カンバ類幼木への当年の養分処理実験では、宿主の成長量や土壌中の窒素あるいはリンの寡多と外生菌根形成率との間には明瞭な関係性は見られなかった。

謝辞

本稿は科学研究費補助金の支援を一部得た(B-23380078)。記して感謝する。

引用文献

- (1) Harley, J.L. and Smith, S. E. (1983) Mycorrhizal symbiosis. Academic Press: 360.
- (2) 小池孝良・北尾光俊・渡辺誠 (2011) ダケカンバとシラカンバの成長特性. 北方林業63(2) : 8-10.
- (3) Newton and Pigott (1991) Mineral nutrition and mycorrhizal infection of seedlings oak and birch. New Phytologist. 117: 45-52.
- (4) 野口泉・山口高志 (2010) 大気からの窒素成分沈着(窒素汚染と大気・水環境). 地球環境15(2) : 111-120.
- (5) Wallander H and Nylund J-E (1992) Effect of excess nitrogen and phosphorus starvation on the extrametrical mycelium of ectomycorrhizas of *Pinus sylvestris* L. New Phytologist 120: 495-503.