

開放系オゾン暴露施設で育成したシラカンバ幼木の葉の動態

北海道大学農学部 崎川 哲一
 北海道大学大学院農学院 及川 聞多
 東京農工大学大学院農学研究院 渡辺 誠
 北海道大学大学院農学研究院 毛 巧芝・小池 孝良

はじめに

現在、アジア地域の著しい経済成長に伴って大気汚染物質の排出量は急速に増加しており、日本ではアジア地域からの越境大気汚染による対流圏(地表付近から 11km 程度)オゾン濃度の増加が指摘されている(1, 10)。オゾンは強力な酸化剤であり、植物に光合成の低下や老化促進、器官修復に伴う呼吸量の増加など症状を引き起こす大気汚染物質である(7)。しかし、その影響は樹種により異なり、成長段階でも異なる(9, 11)。そこで、より正確なオゾン影響評価を行うため、樹種や成長段階による反応特性に関して、樹木個体や森林群落を対象とした研究の蓄積が必要となっている。

シラカンバは、春葉と夏葉をもつ、異型葉タイプの成長パターンを示す(5)。春葉は前年に貯蔵された光合成産物を、夏葉は春葉が生産した光合成産物を利用し展開される。従来の研究では、シラカンバはオゾンへの感受性は中程度とされているが(4)、春葉と夏葉ではオゾンへの感受性が違うことも報告されている(2)。また、自然環境において、葉数の動態にはオゾンの直接影響だけではなく病虫害も関与している可能性がある。

そこで、本研究では開放系オゾン暴露装置を用いて、より自然環境に近い状態で、オゾンがシラカンバの生産力に関与する葉数の動態に与える影響を明らかにすることを目的とし、シラカンバの葉数の季節変化を調べた。

材料と方法

本研究は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に設置された開放系オゾン暴露装置を用いて行った。土壌は褐色森林土である。60 ppb のオゾン暴露を毎日、2011年8~10月、2012年と2013年の5~10月の日照時(7時間)に行ったオゾン区とオゾン暴露を行わない対照区の2処理区を設定した。対照区での日照時平均オゾン濃度は約24 ppbであった。植物材料は、シラカンバ(*Betula platyphylla* var. *japonica*)で、5年生(2011年に3年生苗を植栽した)幼木を対象にした測定は2013年5月~11月に各個体の頂生側枝1本に対して、シュート当たりの着葉数と出葉数を1~3週に一回の頻度で行った。

統計解析は統計ソフト SPSS(12.0)を用いて、各測定日ごとに一元配置分散分析を行った。

結果

春葉の葉数にはオゾン区と対照区の違いはなく、5月10日の測定時点で、シュート当たり2~3枚程度開葉していた。また、シュート当たりの積算葉数はオゾン区と対照区ともに約10枚ではほぼ同じであった(図-1)。一方で、シュート当たりの着葉数は対照区で、7月から8月にかけて、半分程度にまで減少した(図-2)。

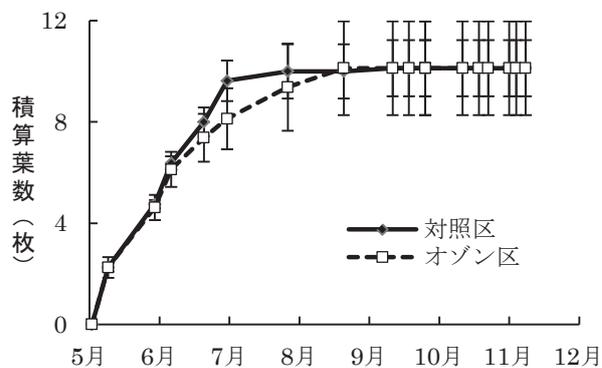


図-1 シュート当たりの積算葉数(n=8)
エラーバーは標準誤差を表す。

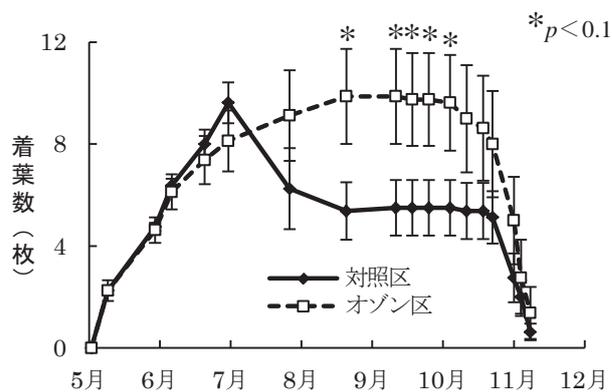


図-2 シュート当たりの着葉数(n=8)
エラーバーは標準誤差を表す。

Tetuichi SAKIKAWA (Faculty of Agriculture, Hokkaido Univ., Sapporo 060-8589), Monta OIKAWA (Graduate School of Agriculture, Hokkaido Univ., Sapporo 060-8589), Makoto WATANABE (Institute of Agriculture, Tokyo Univ. of Agriculture and Technology, Tokyo 183-8509), Qiaozhi MAO, Takayoshi KOIKE (Research Faculty of Agriculture, Hokkaido Univ., Sapporo 060-8589)

The effect of ozone on leaf phenology of white birch (*Betula platyphylla* var. *japonica*) grown under free-air ozone exposure

考察

春葉の開葉時期と葉数に差がなかったことから、春葉には前年のオゾン処理の影響がないことが明らかになった。また、シュート当たりの積算葉数に処理区と対照区に差はなかった。これらから、Matyssekら(8)がポプラ(*Populus tremula*)苗を用いて実験報告したものと同一ように、オゾンはシラカンバの葉原基の形成には影響していないと考えられる。

一方、7月から8月にかけて、対照区で着葉数が大きく減少した。これは、観察の結果、ハンノキハムシ幼虫の食害によるものであった。ハンノキハムシ成虫は越冬し、5月中旬ごろから6月中旬頃まで産卵を行う。卵は10日ほどで孵化し、幼虫は成熟する7月下旬ごろまで葉を摂食する。6月の観察時点で、オゾン区と対照区の両方で同数程度の成虫が確認された。しかしながら、幼虫の食害による着葉数の減少は対照区で顕著にみられた。オゾンは、植食性昆虫や病原菌などに対する植物の反応を変化させることが知られている(3)。また、ハンノキハムシ幼虫の移動性は低い。このため、オゾン区で食害による着葉数の減少が起きなかったのは、オゾンによってシラカンバの葉のハンノキハムシへの抵抗性が増加し、その葉を摂食したハンノキハムシ成虫がオゾン区の葉への産卵を避けたためと推察した。

本研究では、オゾンは葉の生産には影響しないことが明らかになった。しかし、同時に、オゾン存在下ではシラカンバは、ハンノキハムシに対する抵抗性が変化し、落葉の抑制など、着葉数に変化が生じる可能性が示唆される。この結果は、開放系オゾン暴露装置を用いて、より自然環境に近い状態で実験を行ったことで明らかになったことである。実際に、昆虫による食害は、森林の新葉生産量の2~15%を占めるといわれており(6)、オゾンがその食害に影響するのであれば、今後対流圏オゾン濃度が増加する中、昆虫の食害は森林の生産を調べる上で考慮しなければならない。

今後は、着葉へのオゾンの影響や、またハンノキハムシへの抵抗性を明らかにするために被食防御能力の評価を行う必要がある。

謝辞

本研究は環境省地球環境研究推進費(B-1105)および若手研究(B-2410027)の支援を得た。査読下さった委員にも記して感謝する。

引用文献

(1)Akimoto H. (2003) Global air quality and pollution.Science **302**:1716-1719.

(2)Hoshika Y, Watanabe M, Inada N, Mao Q, Koike T (2013) Photosynthetic response of early and late leaves of white birch (*Betula platyphylla* var. *japonica*) grown under free-air ozone exposure. Environmental Pollution **182**: 242-247.

(3)Hughes, P.R. and Laurence, J.A. (1984) Relationship of biochemical effects of air pollution on plants to environmental problems: Insect and microbial interactions. Gaseous air Pollutants and Plant Metabolism (eds. by E. A. Heinricks), Joh H, Herbinger K, Grebenc T, Blumenröther M, Deckmyn G, Grams TE, Heerdt C, Leuchner M, Fabian P, Häberle KH. (2010) Enhanced ozone strongly reduces carbon sink strength of adult beech (*Fagus sylvatica*) --resume from the free-air fumigation.

(4)伊豆田 猛・松村秀幸・河野吉久・清水英幸 (2001)樹木に対するオゾンの影響に関する実験的研究. 大気環境学会誌 **36**: 60-77.

(5)Koike T. (1995) Physiological ecology of the growth characteristics of Japanese mountain birch in Northern Japan: a comparison with Japanese white birch Vegetation Science in Forestry, 409-422.

(6)Lindroth R. L. (2010) Impacts of elevated atmospheric CO₂ and O₃ on forest: Phytochemistry, trophic interactions and ecosystem dynamics. J. Chem. Ecol. **36** : 2-21.

(7)Matyssek R. and Sandermann H. (2003) Impact of ozone on trees.In: an ecophysiological perspective. Progress in Botany **64**:349-404.

(8)Matyssek R, Theodor K, Koike T (1993) Branch Growth and leaf gas exchange of *Populus tremula* exposed to low ozone concentrations throughout two growing seasons Environmental Pollution **79**: 1-7.

(9)Matyssek R, Wieser G, Ceulemans R, Rennenberg H, Pretzsch H, Haberer K, Löw M, Nunn AJ, Werner H, Wipfler P, Osswald W, Nikolova P, Hanke DE, Kraigher H, Tausz M, Bahnweg G, Kitao M, Dieler J, Sandermann, Grebenc T, Blumenröther M, Deckmyn G, Grams TE, Heerdt C, Leuchner M, Fabian P, Häberle KH. (2010) Enhanced ozone strongly reduces carbon sink strength of adult beech (*Fagus sylvatica*)--resume from the free-air fumigation study at Kranzberg Forest. Environmental Pollution **158** : 2527-2532.

(10)大原利眞 (2011) なぜ日本の山岳や島嶼でオゾン濃度が上昇しているのか? 日本生態学会誌 **61** : 7-81.

(11)渡辺誠・山口真弘 (2011) 日本の森林樹種6種に対する窒素沈着を考慮したオゾンのリスク評価:日本生態学会誌 **61**:89-96.