

## 温度・CO<sub>2</sub>濃度勾配型ビニールハウス内で育てた シラカシ稚樹の成長特性

Growth of *Quercus myrsinaefolia* seedlings grown in a  
temperature gradient and a temperature-CO<sub>2</sub> gradient chamber

宇佐美哲之\*・及川 武久\*\*

Tetsuyuki USAMI\* and Takehisa OIKAWA\*\*

地球温暖化が陸上生態系にどのような影響を及ぼすかを実験的に明らかにする一環として、常緑広葉樹の一種であるシラカシ (*Quercus myrsinaefolia*) 稚樹 (2年性) を筑波大学水理実験センター内に設置した温度・CO<sub>2</sub>濃度勾配型ビニールハウス内の5つの処理区 (外気温区, 3℃上昇区 (+3区), 5℃上昇区 (+5区), 3℃上昇・1.5倍CO<sub>2</sub>濃度区 (+3E区), 5℃上昇・2.0倍CO<sub>2</sub>濃度区 (+5E区)) で1997年2月から98年1月まで育てた結果を報告する。

1997年2月1日に各処理区当たり98個体の稚樹 (平均樹高18cm, バイオマス7g d.w., 葉面積183cm<sup>2</sup>) を相互の葉が重ならない様に離して設置した。栽培には5ℓのポット (黒ボク土:腐葉土=1:1) を用いて、成長期の5~11月を中心に施肥 (0.75gN, 0.47gP, 0.50gK/ポット/月, ハイポネックス顆粒) し、ポットの土壌が乾かないように適宜灌水した (高温区ほど多)。また、処理区内の微気象環境のばらつきを平均化するためにポットの配置を約10日毎にローテーションさせた。1997年2月, 6月, 10月, 1998年1月の4回稚樹をサンプリングして成長量を調べた。さらに、各処理区から1個体を選び、個葉の光合成・蒸散速度を光合成ポロメーター (LI-COR, LI-6400) を用いて測定した。

1998年1月のサンプリングにより得られた結果を第1表に示す。外気温区の稚樹のバイオマスは97年2月時点の7gから約10倍の71gまで増加し、幼齢期の高い成長速度を示している。+3区, +5区の温度上昇に対して稚樹のバイオマスはいずれも51%増加し, 1.5倍, 2倍のCO<sub>2</sub>濃度暴露により, さらに, 45%前後の増加が認められた。このCO<sub>2</sub>濃度倍増時の施肥効果は, いくつかの落葉広葉樹について得られた値 (68%) よりも小さいが, 針葉樹について得られた値 (40%) よりもいくぶん高くなった (Ceuleacean and Mousseau, 1994)。葉面積も温度上昇に対して25~36%増加した。これは, 温度上昇により展葉回数が約1回増加して年に4~5回になり, 葉の枚数や個葉面積が増加したことに起因する。さらに, +3E区や+5E区の葉面積や葉の枚数も+3区, +5区と比べて15~40%増加した。そして, Leaf Mass Area (LMA, 葉重/葉面積) は+5E区で25%増加した。展葉回数や地下部/地上部比に与えるCO<sub>2</sub>暴露の効果は認められなかった。

1997年4月29日, 7月9日, 11月1日, 98年2月23日の晴天日に得られた光合成・蒸散速度の値を第2表に示す。+5区では夏の葉温は最大44℃にも達し, 個葉の純光合成速度は0.08 μmolCO<sub>2</sub>·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>と

\*筑波大学大学院生物科学研究科 \*\*筑波大学生物科学系

第1表 温度・CO<sub>2</sub>濃度勾配型ビニールハウス内で育てたシラカシ稚樹の成長特性.

	外気温区	+3区	+5区	+3E区	+5E区
樹高 (cm)	60±13a	86±18b	78±21ab	100±29b	94±20b
バイオマス (g d.w.)	71±16a	107±26b	108±24b	157±48c	155±33c
葉面積 (100cm <sup>2</sup> )	18.1±3.7a	22.7±4.2ab	24.6±5.3b	31.7±7.3c	28.4±7.2bc
葉の枚数	235±74a	247±62ab	278±68ab	340±118b	336±117b
個葉面積 (cm <sup>2</sup> )	8.3±2.2	9.6±2.8	9.1±2.2	10.1±2.9	9.4±3.7
展葉回数	3.8±0.4	4.3±0.6	4.2±0.5	4.3±0.6	4.4±0.5
LMA (mg/cm <sup>2</sup> )	11.0±1.05a	11.6±1.21a	11.2±1.24a	12.7±1.25b	14.0±1.6c
地下部/地上部比	0.60±0.11	0.53±0.10	0.51±0.10	0.57±0.11	0.52±0.09

各値は1998年1月のサンプリングから得られた平均値と標準偏差 (n=16) を示す. 異なるアルファベットが添えられた値は Scheffe の多重比較検定で有意差が認められたことを示す (有意水準 5%). 処理区を示す記号については本文を参照.

外気温区のわずか 2% に減少した. しかしながら, 2 倍の CO<sub>2</sub> 濃度暴露 (+5E 区) は, 5.93 μmolCO<sub>2</sub>·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> と, この高温による減少を補償して余りある大きな効果をもたらした. 一方, 冬の純光合成速度は外気温区で 0.52 μmolCO<sub>2</sub>·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> と大きく低下し, 昇温の効果は年間で最大となり (+100~340%), CO<sub>2</sub> 暴露の効果 (+37~45%) よりも大きかった. 葉の気孔コンダクタンスは温度上昇により, 夏に減少 (-26%) し, 冬に大きく増加した (+187~213%). 気孔コンダクタンスに与える CO<sub>2</sub> 暴露の効果は 11 月を除いてマイナス (-29~-5%) であったが, 表 1 に示したように, 高 CO<sub>2</sub> 濃度区の葉面積が増加したため, 個体当たりの蒸散速度は年間を通じて促進された (+4~55%). 水利用効率は夏に最小値 (0.09~2.40 μmolCO<sub>2</sub>/mmolH<sub>2</sub>O) を示し, 冬に最大値 (3.34~8.78 μmolCO<sub>2</sub>/mmolH<sub>2</sub>O) を示した. +5 区では夏の水利用効率が大きく減少 (-96%) したが, この水利用効率の減少を補償し

て余りある効果を 2 倍の CO<sub>2</sub> 濃度暴露 (+5E 区) はもたらした.

以上のことから, シラカシ稚樹の成長は 3~5 °C の昇温により, 夏の高温時を除いて, 促進された (特に冬). 1.5~2.0 倍の CO<sub>2</sub> 濃度を暴露すると, 夏の高温時でも成長が促進されることも明らかになった. 現在の分布の北限に近い茨城県のシラカシ林の地球温暖化に対する応答をさらに明らかにするためには, 相互被陰による光合成生産の低下と総生産に占める呼吸量の増加 (特に夏) や, 野外の栄養・水分条件での応答を調査することも必要であろう.

## 文 献

- Ceulemans, R. and Mousseau, M. (1994): Tansley review No.71. Effects of elevated atmospheric CO<sub>2</sub> on woody plants. *New Phytol.*, 127, 425-446

第2表 温度・CO<sub>2</sub>濃度勾配型ビニールハウス内で育てたシラカシ稚樹の光合成・蒸散特性.

外気温区					外気温区					
	+3区	+5区	+3E区	+5E区		+3区	+5区	+3E区	+5E区	
光量子密度 ( $\mu\text{mol quanta}/\text{m}^2/\text{s}$ )					純光合成速度 ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ )					
97年 4月29日	1005	1244		1248	4月	2.08	2.86 (38)		3.50 (22)	
7月9日	1100	1472	1470	1201	7月	5.13	3.47 (-32)	0.08 (-98)	2.64 (-24)	5.93 (7351)
11月1日	1471	1436	1436	1496	11月	1.84	1.39 (-24)	2.40 (31)	2.46 (77)	6.98 (191)
98年 2月23日	1574	1577	1581	1569	2月	0.52	1.07 (104)	2.32 (341)	1.47 (37)	3.35 (45)
気温 (°C)					気孔コンダクタンス ( $\text{mol H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$ )					
4月	25.1		32.0		4月	40.9		39.3 (-4)		35.2 (-10)
7月	33.3	35.7	37.8	35.9	7月	99.1	73.8 (-26)	73.3 (-26)	52.2 (-29)	69.4 (-5)
11月	18.1	20.3	24.6	21.3	11月	16.8	14.6 (-13)	21.2 (26)	17.6 (21)	29.0 (37)
2月	13.1	15.6	17.4	15.9	2月	7.8	22.3 (187)	24.3 (213)	19.7 (-11)	18.7 (-23)
葉温 (°C)					個体当たりの蒸散速度 ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}/\text{s}$ )					
4月	29.5		34.1		4月	17		25 (45)		36 (43)
7月	35.6	37.7	39.7	37.9	7月	117	86 (-27)	144 (22)	90 (4)	199 (39)
11月	24.5	26.1	29.0	28.0	11月	102	81 (-21)	286 (180)	125 (55)	296 (4)
2月	18.5	20.0	22.5	21.3	2月	32	77 (145)	108 (242)	81 (5)	123 (14)
葉温を基準にした飽差 (kPa)					水利用効率 ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ )					
4月	2.37		2.54		4月	2.29		3.20 (40)		2.63 (-18)
7月	2.52	3.16	3.67	3.34	7月	2.25	1.60 (-29)	0.09 (-96)	1.46 (-9)	2.40 (2570)
11月	2.40	2.73	3.48	3.13	11月	4.47	3.53 (-21)	3.37 (-25)	4.55 (29)	7.15 (112)
2月	1.47	1.58	1.91	1.83	2月	4.46	3.34 (-25)	5.04 (13)	4.27 (28)	8.78 (74)

各値は、各月の晴天日の午前9時～午後3時に、1個体の個葉3～5枚について4～6回の測定を行なって得られた平均値を示す。下に添えられた括弧内の値は、+3区と+5区は外気温区に対する相対値(%)を、+3E区と+5E区はそれぞれ、+3区、+5区に対する相対値を示す。測定にはLI-COR社製の光合成ポロメーター(LI-6400)を用い、チャンパー内の気温は外気温に追従するように制御した。チャンパーに供給する外気のCO<sub>2</sub>濃度と水蒸気濃度の変動を抑えるために20ℓのバフータンクを用いた。個体当たりの蒸散速度は、ポロメータにより測定された単位葉面積当たりの蒸散速度に個体の全葉面積をかけて推定した。処理区を示す記号については本文を参照。