水ストレスが数種常緑広葉樹の光合成・蒸散活動に及ぼす影響

竈 徳泉¹・増田拓朗²・守屋 均²

Effects of Water Stress on the Photosynthetic and Transpiratory Activities of Some Evergreen Broad-leaved Trees

DOU, De Quan¹, MASUDA, Takuro² and MORIYA, Hitoshi²

要 旨

西南日本において緑化樹としてよく用いられている常緑広葉樹3種（クスノキ、マテバシイ、アラカシ）の2年生ポット苗を用いて、1996年の夏季と秋季に灌水停止実験を行い、水ストレスが各樹種の光合成および蒸散活動に及ぼす影響を調べた。いずれの場合にも、土壤乾燥に伴って葉内水分張力が低下したが、その低下の程度は樹種および季節によって異なった。実験に用いた3樹種の中では、マテバシイの葉内水分張力の低下が著しく、アラカシの葉内水分張力の低下が最も緩やかであった。マテバシイが土壤乾燥に対する抵抗が弱く、アラカシが強いという結果は、既往の研究結果や筆者らの実際の緑地における経験と一致する。葉内水分張力と日光合成量、葉内水分張力と日蒸散量の間にはともに密接な関係が認められ、水利用効率は樹種、季節に関わらず葉内水分張力 $-0.6 \sim -1.0$ MPa (pF 3.8~4.0 に相当) 付近で0になった。すなわち、今回実験に用いた3樹種の水ストレスに対する耐性の違いは、葉自体の水分生理的な能力の違いというよりも、根の水分吸収能力および樹体の水分保持能力の違いによるところが大きいと考えられる。

1. はじめに

比較的湿潤な日本にあって、瀬戸内地域は降水量の少ない地域であり、とくに香川県は年平均降水量約1,200 mmと少なく、年によっては1,000 mmを下回ることもある。梅雨明け後の7月中・下旬から8月にかけて3~4週間無降雨が続くこともしばしばである。公園緑地や街路植樹帯などでは十分な灌水管理は期待できず、夏季の乾燥時には極度の水分

欠乏状態にみまわれ、その結果、生育障害を起したり、あるいは枯死に至る緑化樹も少なくない^{5,6,7)}。緑化樹の健全な生育を期すために、緑化樹の水ストレスに対する耐性を明らかにし、植栽計画および維持管理の指針を得ることが求められている。本研究では、西南日本において緑化樹として多用されている常緑広葉樹3種、クスノキ (*Cinnamomum camphora* Sieb.), マテバシイ (*Pasania edulis* Makino), アラカシ (*Quercus glauca* Thunb.) のポット苗を用いて灌水停止実験を行い、水ストレスが各樹種の光合成および蒸散活動に及ぼす影響について検討した。

2. 実験材料および方法

2.1 実験材料

供試樹としてはクスノキ、マテバシイ、アラカシの2年生ポット苗を用いた。1996年4月に購入した

キーワード：常緑広葉樹、水ストレス、光合成、蒸散、水利用効率

Key words: Evergreen broad-leaved trees, Water stress, Photosynthesis, Transpiration, Water use efficiency

¹ 愛媛大学大学院連合農学研究科

United Grad. Sch. Agric. Sci., Ehime Univ.

² 香川大学工学部

Fac. of Eng., Kagawa Univ.

ポット苗を1/5,000 aのワグナーポットに移植してガラス室内に置き、灌水停止実験開始までは通常の灌水管理の下で生育させた。供試土壌はマサ土、パーライト、オガクズ牛糞堆肥を容積比でそれぞれ60%、20%、20%混合したものを用いた。

2.2 実験方法

灌水停止実験は1996年夏季（7月24日～8月16日）と秋季（10月14日～11月20日）の2回行った。夏季、秋季の実験とも各樹種8個体ずつ用い、灌水停止日をずらして、異なる土壤水分条件を設定して実験を行った（表1）。なお、灌水停止実験開始時の土壤水分がほぼ圃場容水量（ -0.006 MPa, pF 1.8）になるように、灌水停止実験開始前日に十分灌水し、実験開始日にポットの底に貯まっている水を排水孔から抜いて実験を開始した。

供試土壌の水分張力別含水比を遠心法によって求め、水分張力-含水比曲線を作成した。実験開始後、毎日夕方ポット重量を測定して水分減少量を調べ、供試土壌の水分張力-含水比曲線を用いてポット土壌の水分張力の変化を推定した。なお、短期間で湿润条件から乾燥条件までの変化を追跡することを目的としたので、ポット土壌の表面を覆うことはしなかった。したがって、ポット土壌の水分減少量は葉からの蒸散量と土壌表面からの蒸発量の合計であり、両者を区別することはできないが、この点を考慮して、水分減少量そのものではなく、水分張力を指標として実験結果の解析を行った。

各実験期間中それぞれ3回、光合成速度、蒸散速

表 1 供試個体の灌水期間および灌水停止期間

Table 1 The period of irrigation and nonirrigation for the sample trees

Summer experiment																		
Sample No.	July					August												
	24	•	•	•	30	1	•	3	•	5	•	8	•	10	•	~	•	16
1	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	~	●
2	○	○	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	~	●
3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	~	○
4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	~	○
5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	~	○
6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	~	○
7	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	~	○
8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	~	○

Autumn experiment																		
Sample No.	October													November				
	14	•	•	•	•	20	•	23	•	25	•	29	•	1	•	~	•	19
1	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	~	●	●
2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	~	○	○
3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	~	○	○
4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	~	○	○
5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	~	○	○
6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	~	○	○
7	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	~	○	○
8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	~	○	○

○ : irrigation ● : nonirrigation
▲ : measuring photosynthetic rate, transpiratory rate and leaf water potential.

度および葉内水分張力を測定した(表1)。測定日はいずれも晴天日であった。光合成速度と蒸散速度は夜明け前から日没までの間、1~2時間の間隔で携帯式光合成蒸散測定装置 LI-6200 (LI-COR 製)を用いて測定した。葉内水分張力は同じ日の夜明け前に植物体内水分張力測定装置 DIK-7000 (大起理化工業

表 2 供試個体のサイズ

Table 2 Size of the sample trees

	n	H (cm)	D (mm)	LA (cm ²)	R (g)	R/LA (g/cm ²)
Summer experiment						
<i>C. camphora</i>	8	77.0±6.5 ^a	7.5±0.8 ^a	1,281±155 ^a	14.4±3.7 ^a	0.011±0.002 ^a
<i>P. edulis</i>	8	58.2±4.6 ^b	7.8±0.5 ^a	1,051±185 ^b	13.6±3.2 ^a	0.013±0.004 ^a
<i>Q. glauca</i>	8	64.5±8.2 ^b	7.0±0.8 ^a	688±148 ^c	8.9±2.7 ^b	0.013±0.003 ^a
Autumn experiment						
<i>C. camphora</i>	8	85.8±5.2 ^a	7.7±0.7 ^a	1,443±203 ^a	21.4±3.7 ^a	0.015±0.002 ^{ab}
<i>P. edulis</i>	8	63.2±7.9 ^b	7.9±0.8 ^a	1,446±478 ^a	16.9±6.3 ^{ab}	0.012±0.003 ^b
<i>Q. glauca</i>	8	70.8±8.3 ^b	7.6±0.8 ^a	658±108 ^b	11.7±2.6 ^b	0.018±0.005 ^a

n: number of the sample trees. *H*: tree height. *D*: trunk diameter at ground level. *LA*: leaf area determined in accordance with leaf size (length $\times$ width); the relation between leaf size and leaf area was conducted by measuring the leaves of reserved trees. *H*, *D* and *LA* were measured at the beginning of the experiment. *R*: root dry weight measured at the end of the experiment. The data in this table show "mean $\pm$ standard deviation". Same letters in a column indicate non-significant difference ($p=0.05$, *t*-test).

製)を用いて測定した。葉内水分張力は葉を切り取って行う破壊試験であり、数多く行うことができないため、各時点の土壤水分条件において葉が保持しうる最大の水分張力を示すと考えられる夜明け前に行った^{8,9)}。

2.3 供試個体のサイズおよび土壤乾燥の進行

結果と考察に入る前に、供試個体のサイズおよび土壤乾燥の進行状況について説明しておく。

供試個体のサイズを表2に示す。樹高、地際直径、葉面積は実験開始時の測定値である。葉面積は予備個体の葉を用いて「葉長×葉幅」と葉面積の関係を求め、供試個体のすべての葉の葉長と葉幅を測定して推定した。根乾重は実験終了時に掘り上げて測定した。実験期間中は灌水を停止しており、葉面積お

よび根量の増減はそれほど大きくはなかったものと考え、これらの値を用いて根量/葉面積を計算した。

ほぼ同様のサイズの個体を選ぶようにしたが、個体あたりの葉面積にはかなりの違いがみられ、樹種別の平均でみるとアラカシがクスノキおよびマテバシイの45～65%前後であった。しかし、灌水停止実験開始時までの生育状態に急激な変化を与えることは好ましくないと判断し、葉量の調整(摘葉)は行わなかった。

根乾重も葉面積と同様、クスノキが他の2樹種に比べて少ない傾向がみられた。木本植物の実生苗の蒸散は「根乾重/葉面積比」と高い相関があるといわれる⁴⁾。本実験の供試個体の根乾重/葉面積比をみると、夏季はクスノキが0.011 g/cm²、マテバシイと

表3 灌水停止後、各土壤水分張力に至るまでの日数

Table 3 Days after irrigation stopped and the realized soil water potential
Summer experiment

No.	<i>C. camphora</i>			<i>P. edulis</i>			<i>Q. glauca</i>			Nonirrigated days
	-0.06 MPa	-0.6 MPa	-1.5 MPa	-0.06 MPa	-0.6 MPa	-1.5 MPa	-0.06 MPa	-0.6 MPa	-1.5 MPa	
1	6	8	9	8	12	16	5	8	9	23
2	7	9	10	8	12	15	7	10	11	20
3	6	9	11	8	13	16	5	6	7	17
4	6	9	11	10	>15	>15	6	8	10	15
5	9	12	>13	7	13	>13	7	9	10	13
6	7	11	>11	9	>11	>11	6	11	>11	11
7	6	9	>10	7	>10	>10	9	>10	>10	10
8	6	9	>9	9	>9	>9	6	>9	>9	9
Mean	6.6	9.5	—	8.3	—	—	6.4	—	—	

Autumn experiment

No.	<i>C. camphora</i>			<i>P. edulis</i>			<i>Q. glauca</i>			Nonirrigated days
	-0.06 MPa	-0.6 MPa	-1.5 MPa	-0.06 MPa	-0.6 MPa	-1.5 MPa	-0.06 MPa	-0.6 MPa	-1.5 MPa	
1	12	16	18	13	19	22	11	15	17	36
2	10	15	17	8	11	13	17	23	26	33
3	13	17	18	20	30	>30	18	26	27	30
4	12	16	18	10	23	>28	18	24	26	28
5	13	18	21	14	22	26	16	22	23	26
6	19	>24	>24	14	20	24	14	19	>20	24
7	17	20	23	14	19	20	20	>23	>23	23
8	16	20	>22	17	>22	>22	18	>22	>22	22
Mean	14.0	—	—	13.8	—	—	16.5	—	—	

Nonirrigated days: Total days after irrigation was stopped to the end of the experiment.

アラカシが 0.013 g/cm^2 で樹種間に有意差はなく、秋季はマテバシイが 0.012 g/cm^2 、クスノキ 0.015 g/cm^2 、アラカシ 0.018 g/cm^2 で、マテバシイとアラカシの間に有意差がみられたが、差自体は小さかったといつてよい⁴⁾。

したがって、実験結果の解析にあたって葉量および根量の違いをとくに考慮する必要はないと考えるが、供試ポットの土壤乾燥の進行がどの程度であったかを検討しておく。

灌水停止後、土壤水分張力が毛管連絡切断点 (-0.06 MPa , pF 2.8)、初期シオレ点 (-0.6 MPa , pF 3.8) および永久シオレ点 (-1.5 MPa , pF 4.2) に達するまでの日数を表 3 に示す。

夏季においては、灌水停止から毛管連絡切断点に達するまでの平均日数はクスノキ、アラカシが 6~7 日、マテバシイが 7~9 日であり、その後、毛管連絡切断点から初期シオレ点に達するのに 3 樹種ともに 3~5 日前後、初期シオレ点から永久シオレ点に達するのにクスノキとアラカシは 1~2 日、マテバシイ 3~4 日と推定された。クスノキとアラカシのポット土壤はほぼ同様の速度で乾燥が進行し、マテバシイのポット土壤の乾燥が 2~3 日遅かった。

秋季においては、実験が 10 月~11 月に及んだため、灌水停止開始時期が遅くなるほどポット土壤の乾燥の進行が遅くなる傾向がみられたが、樹種間で差はみられず、3 樹種ともに灌水停止から 2 週間程度で毛管連絡切断点に達し、その後 4~5 日から 1 週間程度で初期シオレ点、さらに 2~4 日程度で永久シオレ点に達したものと推定された。以上のように、夏季、秋季ともに土壤乾燥の進行に樹種間で大きな違いはなかったといえる。

3. 結果と考察

3.1 土壤水分張力と葉内水分張力

土壤水分張力と葉内水分張力の関係を図 1 に示す。3 樹種ともに土壤乾燥 (土壤水分張力の低下) に伴って葉内水分張力も低下したが、その低下の程度は樹種および季節によって異なった。

まず夏季についてみると、クスノキの葉内水分張力は土壤水分張力が初期シオレ点 (-0.6 MPa) を超える付近から急激な低下を示した。アラカシもほぼ同様の傾向を示したが、葉内水分張力の低下はクスノキほど急激ではなかった。マテバシイはクスノキ、アラカシに比べると葉内水分張力の低下が早く、

図 1 土壤水分張力と葉内水分張力の関係

Fig. 1 Relationship between the soil water potential (SWP) and the leaf water potential (LWP). ●: summer experiment, ○: autumn experiment.

土壤水分張力 -0.1 MPa 前後から急激な低下を示した。永久シオレ点 (土壤水分張力 -1.5 MPa) における葉内水分張力は、マテバシイ約 -4 MPa 、クスノキ約 -1.2 MPa 、アラカシ約 -0.8 MPa と推定された。

秋季は夏季に比べると、土壤乾燥に伴う葉内水分張力の低下は 3 樹種とも緩やかであり、土壤水分張力 -1.5 MPa のときの葉内水分張力はマテバシイ -0.7 MPa 、クスノキ -0.6 MPa 、アラカシ -0.5 MPa 前後であり、樹種間の違いは夏季ほど大きくはなかった。

3.2 水ストレスと光合成および蒸散活動

土壤乾燥に伴う葉内水分張力の低下の程度は樹種および季節によって異なることが認められた。以下、水ストレスが各樹種の光合成および蒸散活動に及ぼす影響について検討する。光合成および蒸散活

図2 土壌水分張力と日光合成量の関係

Fig. 2 Relationship between the soil water potential (SWP) and the daily net photosynthesis (NP). ●: summer experiment, ○: autumn experiment.

動の指標としては、光合成速度および蒸散速度の日変化曲線から求めた日中の光合成量および蒸散量(以下、それぞれ日光合成量、日蒸散量という)を用いた。なお、LI-6200のようなチャンバーに葉を挟み、強制通気して測定するポロメータ法では葉面境界層抵抗が自然状態とは異なるので、この測定値を基に日光合成量および日蒸散量を推定することは適当でないという指摘もあるが、この点については後で検討する。

3.2.1 水ストレスと光合成活動

土壌水分張力と日光合成量の関係を図2に示す。3樹種ともに土壌乾燥に伴って日光合成量は減少したが、その減少の程度は樹種および季節によって異なった。

夏季において、日光合成量が0になるときの土壌水分張力は、マテバシイ $-0.01 \sim -0.1$ MPa、クス

図3 葉内水分張力と日光合成量の関係

Fig. 3 Relationship between the leaf water potential (LWP) and the daily net photosynthesis (NP). ●: summer experiment, ○: autumn experiment.

ノキ $-0.1 \sim -0.4$ MPa、アラカシ $-3 \sim -5$ MPaであり、土壌乾燥に伴う光合成活動の低下はマテバシイが最も早く、アラカシが最も遅いことが認められた。アラカシは永久シオレ点以下の土壌水分張力でもプラスの日光合成量を示したが、無条件にそうだということを意味するわけではない。本研究では、ポット重量の測定値からポット土壌の水分張力(ポット土壌全体の平均値)を求めたが、実際には土壌乾燥は表層から進行しており、ポット底部の土壌には有効水分が残っていた可能性がある。

したがって、土壌水分張力の数字そのものを議論することはあまり意味がないが、先に述べたように土壌水分張力減少のプロセス(日数)が樹種間であまり違わなかったことを考えると、本実験のデータから各樹種の土壌乾燥に対する耐性の相対的な強弱

図 4 葉内水分張力と日光合成量の関係

Fig. 4 Relationship between the leaf water potential (LWP) and the daily transpiration (TR). ●: summer experiment, ○: autumn experiment.

を比較することは可能だと考える。

秋季は3樹種とも土壤乾燥に伴う日光合成量の減少の程度が夏季よりも緩やかであったが、夏季と同様、土壤乾燥の影響が最も小さいのはアラカシであった(図2)。

葉内水分張力と日光合成量の関係を図3に示す。樹種および季節による違いは極めて小さく、いずれも葉内水分張力 -0.6 MPa(初期シオレ点)前後で日光合成量はほぼ0となり、葉内水分張力 -1.5 MPa(永久シオレ点)以下ではすべてマイナスを示した。

3.2.2 水ストレスと蒸散活動

日蒸散量も日光合成量と同様、土壤水分張力との関係は樹種間で異なったが、葉内水分張力との関係には樹種間で違いがみられなかった(図4)。ただし、夏季と秋季では日蒸散量に違いがみられた。

図 5 葉内水分張力と水利用効率の関係

Fig. 5 Relationship between the leaf water potential (LWP) and the water use efficiency (WUE). ●: summer experiment, ○◇: autumn experiment (◇: WUE was less than $-30 \text{ gCO}_2 \cdot \text{kgH}_2\text{O}^{-1}$).

夏季においては、葉内水分張力 $-0.6 \sim -1.0$ MPaにかけて急激な減少を示し、葉内水分張力 -1.5 MPa以下になるとほぼ一定($0.2 \sim 0.3 \text{ kgH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2}$)の日蒸散量に落ち着いた。これはクチクラ蒸散と考えられる。

秋季においては、湿潤条件下でも日蒸散量は夏季の1/3程度であり、葉内水分張力が $-0.6 \sim -1.0$ MPaを下回るとほぼ $0 \text{ kgH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2}$ になった。夏季と異なりクチクラ蒸散もほとんどなかったといえる。

3.2.3 水利用効率

光合成活動、蒸散活動ともに葉内水分張力と密接に関連していることが認められた、そこで、日蒸散量あたりの日光合成量を水利用効率とみなして、葉内水分張力との関係を調べてみた(図5)。

図6 ポットあたりの日蒸発散量と蒸散速度の日変化から推定した個体あたりの日蒸散量の関係

Fig. 6 Relationship between the daily evapo-transpiration and the daily transpiration estimated with the diurnal course of transpiration date.

夏季においては3樹種ともに葉内水分張力の低下に伴って水利用効率が低下する傾向が認められた。秋季においては3樹種ともに葉内水分張力 -1.0 MPa 付近までは葉内水分張力の低下に関わらず、ほぼ同じ水利用効率を示した。マテバシイはバラツキが大きかった。その後、葉内水分張力が $-1.0 \sim -1.5$ MPa を下回ると、どの樹種の水利用効率も一気に低下した。

秋季においては葉内水分張力 -1.0 MPa 付近まで蒸散量に見合った光合成が行われているのに対して、夏季においては葉内水分張力の低下に伴う蒸散量の減少よりも光合成量の減少が大きいため、あるいは夏季には光合成に関与しないクチクラ蒸散が無視できないため、水利用効率が低下するものと考えられる。

3.2.4 日光合成量および日蒸散量の検討

ここで、LI-6200 の測定値を基に日光合成量および日蒸散量を推定し、光合成および蒸散活動の指標としたことの妥当性について検討しておくたい。

本実験では毎日ポットの重量を測定したので、このポット重量の減少量（日蒸発散量に相当）と上記の方法で推定した個体あたりの日蒸散量を比較してみた（図6）。

夏季についてみると、土壌が湿潤条件にある場合、日蒸発散量は $150 \sim 200$ g、日蒸散量が $100 \sim 150$ gであった。この値から単純に計算すると土壌表面からの蒸発量は約 50 gとなる。土壌乾燥の進行に伴って両者とも減少し、日蒸発散量 100 g 以下では日蒸散量の方が数 g 上回るという推定結果になった。つまり、土壌表面からの蒸発量はマイナスというこ

とになる。同じ供試土壌を充填した裸地ポットを用いて、夏季晴天日における土壌表面からの日蒸発量を測定したところ、土壌が湿潤条件（圃場容水量付近）にある場合 $60 \sim 80$ g、毛管連絡切断点付近で $20 \sim 40$ g、初期シオレ点付近で $5 \sim 10$ gであった。ポットに樹木を植栽した場合には土壌表面からの蒸発量は上記の数字よりも若干減少することが予想されるが、この点を考慮しても日蒸散量の推定値は実際の供試個体の日蒸散量より $20 \sim 50\%$ 程度多く推定されていることになる。

この理由として、ひとつには葉面境界層抵抗の違いが考えられる。葉面境界層の厚さは風速によって変わるが、風速 $0 \sim 20$ m·s $^{-1}$ の範囲で蒸散速度は $-20 \sim +20\%$ 程度の影響を受けることが報告されている⁴⁾。今回の測定における影響がどの程度であったかは解析できないが、乾燥条件下では強制通気によって蒸散速度が高められた可能性も考えられる。

いまひとつの理由として、LI-6200 による測定は常に葉に直射日光が当たる状態で行い、この測定値に個体の葉面積を乗じて個体あたりの日蒸散量を求めたことが考えられる。実際には樹冠頂部の葉を除く多くの葉が1日のうちある時間帯は日陰に入らため、実際の個体あたりの日蒸散量は推定値よりも少なかったと考えられる。

これらの理由がそれぞれどの程度日蒸散量の推定値を大きくしたかは確定できないが、終日直射日光が当たる樹冠頂部の葉の値（単位葉面積あたりの蒸散量）であるとみなすと、他の測定例⁴⁾ともほぼ一致しており、実際とそれほど大きな差はないと思われる。

秋季もほぼ同様の傾向であり、かつ夏季よりも差は小さいと思われる(図6)。光合成速度についての詳しい検討は省略するが、各種のデータ^{1,3)}からみて、今回の推定値が実際とそれほど大きく異なることはないと考える。

厳密な正確さという点では問題はあるだろうが、今回推定した日光合成量および日蒸散量は、同じ方法で測定したデータを同じ計算方法で処理したものであり、光合成および蒸散活動の指標として用いることは可能だと考える。

4. まとめ

クスノキ、マテバシイ、アラカシのポット苗を用いて灌水停止実験を行い、水ストレスが各樹種の光合成および蒸散活動に及ぼす影響を検討した。その結果、これら3樹種の中ではマテバシイがとくに夏季の土壤乾燥に対して耐性が弱く、アラカシが夏季および秋季を通じて土壤乾燥に対する耐性が最も強いことが示唆された。この結果は吉川らの報告¹⁰⁾および筆者らの実際の緑地における経験と一致する。

土壤乾燥に伴って葉内水分張力も低下することが認められたが、その低下の程度は季節および樹種によって異なった。光合成および蒸散活動は葉内水分張力と密接に関連しており、この関係に樹種間の違いはみられず、3樹種とも葉内水分張力 $-0.6 \sim -1.0$ MPa 前後で水利用率はほぼ0となり、葉内水分張力 -1.5 MPa を下回ると水利用率はマイナスとなった。

耐乾性について厳密な議論をするためには細胞の膨圧喪失点を調べるのが望ましい²⁾が、本研究ではそこまでできなかった。ただし、葉内水分張力と光合成および蒸散活動、水利用率の関係に樹種間

の違いがみられなかったということから推測すると、これら3樹種の耐乾性の違いは、細胞の膨圧喪失点の違いというよりも、根の水分吸収能力および樹体の水分保持能力の違いが大きいように思われる。今後、さらに研究を深めていきたいと考える。

引用文献

- 1) 畑野健一・佐々木恵彦編著：樹木の生長と環境，養賢堂，pp. 247-296，1987
- 2) 興水 肇・吉田博宣編：緑を創る植栽基盤，ソフトサイエンス社，pp. 39-41，1998
- 3) 小杉緑子・小橋澄治・柴田昌三：数種常緑広葉樹の光合成・蒸散速度の日変化と季節変化について，日本緑化工学会誌，19(4)，245-255，1994
- 4) KRAMER, P. J. (田崎忠良監修)：水環境と植物，養賢堂，pp. 300-350，1986
- 5) 増田拓朗・栗坂和子・守屋 均：土壌条件の異なる地盤に植栽されたユリノキ (*Liriodendron tulipifera*) の光合成速度および蒸散速度の季節変化，日本緑化工学会誌，19(4)，223-233，1994
- 6) 増田拓朗・守屋 均・片山恭治：坂出緩衝緑地におけるクスノキの生育と土壌条件(II)―光合成および蒸散について―，日本緑化工学会誌，16(3)，11-18，1991
- 7) 増田拓朗・守屋 均・村上昌代：坂出緩衝緑地におけるクスノキの生育と土壌条件(III)―土壌膨軟化が生育に及ぼす効果および光合成速度からみた活力評価―，日本緑化工学会誌，18(3)，1-9，1993
- 8) 森川 靖・佐藤 明：幹の樹液流速と樹冠部の木部圧ポテンシャル，日本林学会誌，58(1)，11-14，1976
- 9) 大政謙次・近藤矩朗・井上頼直編：植物の計測と診断，朝倉書店，pp. 118-124，1988
- 10) 吉川 賢・坂本圭児・森田敏弘・増田拓朗：クスノキ，アラカシに対する急性の水ストレスの影響，日本緑化工学会誌，22(2)，109-116，1996

(2001. 2.24 受理)

Summary

In order to clarify the effects of water stress on the photosynthetic and transpiratory activities of 3 species of evergreen broad-leaved trees (*Cinnamomum camphora*, *Pasania edulis* and *Quercus glauca*), a series of nonirrigating experiments were carried out in summer and autumn in 1996. These trees are widely used as landscaping trees in Southwest Japan.

It was showed that the leaf water potential decreased as the soil conditions became drier and the degree of decrease varied according to the tree species. *P. edulis* showed the steepest decrease of the leaf water potential and *Q. glauca* showed the least decrease. The daily net photosynthesis and transpiration also decreased as the soil conditions became drier. Almost no differences between the leaf water potential and the daily net photosynthesis were evident. Similarly little differences were detected between the leaf water potential and the daily transpiration. Therefore, it is supposed that the drought resistance of the trees depends on the ability of water absorption through roots and the ability of water retention in leaves. It can be said then, that among these 3 tree species, *P. edulis* is the weakest in dry soil conditions and *Q. glauca* is the strongest.