摘葉、断根、ならびに土壤条件が樹木の水分動態に与える影響

千葉 喬 三*

Influences of the defoliation, the root-cutting and soil conditions on the water relations of trees

Kyozo CHIBA

摘要：数種の緑化樹木の苗木を用いて、摘葉と断根をそれぞれ単独で行った場合、さらに土壤条件の差を要因として加えた場合の樹木の水分動態に与える影響について検討した。摘葉と断根はともに水分動態に影響するが断根の方が顕著であった。灌水よりは土壤への有機物混入の方が水分動態には影響が大きかった。樹木の水分動態特性としては、蒸散速度ないしは樹液流速度の有用性が高いことがわかった。

1. はじめに

一般に樹木の植栽や管理を行うにあたっては、枝おろし（せん定）や断根など樹体への干渉を伴うことが多い。また、ますます増大する緑化需要に応えるためには必然的により多様な環境下での樹木の植栽やその管理を行う必要性が生じている。このように多様な環境条件や種々の処理を受けた樹体を対象にして、その植栽上や管理上の問題について統一的な対応をするためには、樹木の生理・生態上の特性に基づいた技術体系の確立が不可欠である。ところが実際には樹木についてのこのような基礎的研究はまだ限られており、経験的な対応を余儀なくされていることが多い。なかでも、水分動態は光合成作用と共に樹木の生活・生育の基礎をなすものであり、最も重要な特性であるにもかかわらず、これまでのところ樹木の水分動態、とくに緑化樹木の水分動態に関する研究事例は少ない。

1960年代から植物体における水の動態は、水の自由エネルギー差による移動の一環としてとらえる、いわゆるSPAC (Soil-Plant-Atmosphere-Continuum) モデルによって説明されるようになってきた⁵⁾。このような熱力学的な解析法の導入によって水分動態は大変明確に理解でき、またより定量的な測定が可能になったといえよう。筆者は、先にこのモデルに基づいて数種の緑化樹木の水分動態の基本的な特性や、その生長との関係についての基礎的な検討を行った¹⁾。本研究は、その成果をもとにして、摘葉と断根ならびに土壤条件の違いの緑化樹木の水分動態に与える影響について検討を加える

こととした。

2. 樹液流速度の時間変化

1) 目的

SPACモデルによれば、樹体は土壤から大気への水分移動の経路とみなすことができる。従って、樹体内での水分動態は、蒸散速度、葉面拡散抵抗値、木部圧ポテンシャルなどさまざまな特性として捉え得る。また、樹体内水はその性質から、水のエネルギー差がある場合樹体内に樹液流速度と呼ぶ水分移動が生じる。いいかえれば、樹液流速度は樹木における水分動態の一つの重要な総合的特性値といえる。そこで、まずこの樹液流速度を指標として1日を通じての樹木の水分動態について検討を加えた。

2) 材料および方法

実験に供試したのは、岡山大学農学部構内に生育する樹高約9.3 mのイチヨウ (*Ginkgo biloba*) であった。測定は、1979年5月30日午後9時より翌31日の午後9時までの24時間、1時間ごとに行った。樹液流速度は、蒸散流速計 (林電工製 Model HP-1) を用いて測定した。この装置はヒート・パルス方式による測定機である。測定位置は地上25cmで、北側側面にヒート・パルス測定用の熱源とサーミスタをセットしこれを綿とアルミ・フイルで包んだ。

3) 結果および考察

得られた結果をFig. 1に、温度、湿度、日射量とともに示した。図にみられるように、樹液流は相対湿度の高い夜間殆どなく、晴天であれば夜明けと共に起こる湿度

* 岡山大学農学部

の低下によって急に速くなり、11時から3時頃まではほぼ同じ状態で流れる。夕方に向い午前とは対照的に急速に低下し日没頃から徐々に低下する傾向をたどる。このような変化傾向は、土壌環境などが異常でない限り、晴天天下であれば樹種の違いにかかわらず同様に観測される安定した経過である。^{1), 2), 3)}

一方、樹液流速と蒸散速度、木部圧ポテンシャル、葉面拡散抵抗値など他の水分動態に関連する特性値との間には、次に紹介するように、互に密接な関係にあることが知られている。まず、森川らは^{3), 4)}樹液流速と蒸散速度ならびに木部圧ポテンシャルとの間には、環境条件の変化に対する時間的なズレはあるものの密接な関係が存在すると報告している。筆者らも、先に3年生苗木を対象にして、樹液流速は蒸散速度や木部圧ポテンシャルとも関連性があるものの、葉面拡散抵抗値との間に最もクリティカルな関連が存在することを示した。¹⁾

樹液流速の特色の一つは測定の容易さにあるが、今日の段階では蒸散速度などとの絶対的な対比を行うにはまだ問題が残る。しかし、相対的な利用であればここでの実験結果にもみられるように極めて有用な樹木の水分動態指標となり得る。

3. 摘葉および断根が樹木の水分動態に与える影響

1) 目的

造園樹木や緑化木では移植により枝葉の切除、断根をとまう。そこでこれらの処理が樹液流速、蒸散速度、

葉面拡散抵抗値にどのように影響するかを調べた。そのうち、本論文では主として樹液流速と蒸散速度について述べることにする。

2) 材料および方法

供試したのは、クスノキ(*Cinnamomum Camphora*), マテバシイ(*Pasania edulis*)の2種で、いずれも鉢植の4年生苗木5個体であった。摘葉処理は、マテバシイを1979年10月26日、クスノキを同11月1日のいずれも午前6時に、処理率がほぼそれぞれ0%, 25%, 50%, 75%, 90%になるように摘葉した。正確な摘葉率は実験終了後に求めた。平均摘葉率をTab. 1に示した。

断根処理は、マテバシイを同10月24日、クスノキを同10月22日のそれぞれ午前6時に行った。処理率は摘葉と同様とした。実際の処理率は、Tab. 2に示した。樹液流速は、蒸散流速計(前出)を用いて測定した。測定は、ガラス室内で午前7時から午後5時までの間、2時間ごとに2回行いその平均を求めた。

樹液流速の測定と並行して、午前10時から午後3時までの蒸散量を測定した。測定方法は重量法を用いた。また、いずれの測定日も晴天であった。

3) 結果および考察

摘葉の樹液流速におよぼす影響を、クスノキの場合についてFig. 2に示した。樹液流速は、先のイチョウの場合と同様に早朝小さく日中に高くなり夕方再び低下した。この傾向は摘葉処理の程度とは無関係であった。しかし、日中のピーク値は処理率25%区を除いて明らか

Fig. 1 Diurnal changes of sap flow velocity, temperature, relative humidity and solar radiation.

に処理率に応じて低下している。25%区は無処理区と変わらないかむしろ無処理区よりも大きくなっているのが注目される。この傾向は、マテバシイの場合さらに明確であった。

断根の影響についてもクスノキの場合をFig.3に示した。この場合も一日を通じての樹液流速の変化は他とほぼ同様のパターンを示すが、摘葉処理でみられた25%区と無処理区との逆転現象が一層はっきり表われた。ただ、マテバシイの場合は、各処理区は無処理区に比べて総体的に小さく、処理区内間で処理率と樹液流速の間に対応関係が認められなかった。このように、断根処理の影響は摘葉処理に比べてかなり混乱がみられた。これは、断根処理そのものの効果の特性ではなく、おそらくは断根処理の設定によるものと考えられる。その理由は、根の処理は、植え替えの影響を避けるため、鉢に植えたままで上から土壌と共に切断する方法をとったからである。そのため、Tab. 2 にみられるように処理の幅が狭い上に、その率も設定値からかなり離れてしまった。従って、摘葉処理と断根処理相互間の樹液流速に与える影響の比較はできなかったが、それぞれの処理は樹液流速に強く影響することが判った。

摘葉と断根の蒸散速度に与える影響を現わしたのがFig. 4 である。図の縦軸は、単位葉面積あたりの蒸散速度を表すから、同図はいわば各処理の個葉の蒸散効率に与える効果を示している。興味深いのは、樹液流速の場合は両処理共にその低下を引き起したが、蒸散効率については摘葉処理はその増大を、逆に断根処理は減少をもたらした。

日中の大気の水蒸気圧の低下による水ポテンシャル勾配の増加は、葉面からの蒸散を強く促す。また、日中の日射量の増大は光合成作用を促進しガス交換のために気孔を開大させる。摘葉処理は蒸散媒体である葉数を減少させるが、根系は完全であり土壌からの水の流入には影響がない。その結果が蒸散効率の増加として現われたと考えられる。従って、摘葉の影響は短かい期間であれば水分動態にそれほど大きな影響をおよぼさないと考えてよい。

一方、断根の場合はFig.4 にみられるように、30%程度のかかなり少量の損失でも蒸散率の減少が顕著に起こった。これは、水の動態に関与する要因は摘葉の場合と同じでも、土壌水の吸収に関与する根系の損失によって、吸収量が抑えられるが葉面積は元のままで残るため流出効率が顕著に低下するものと考えられる。従って、断根

Table 1 Treatment levels and the amount of leaves removed in weight percentage .

Species	Treatment Level				
	0	1	2	3	4
Cinnamomum Camphora	0.0	25.8	41.0	76.5	90.7
Pasania edulis	0.0	30.0	47.0	71.4	92.4

Table 2 Treatment levels and the amount of roots removed in weight percentage .

Species	Treatment Level				
	0	1	2	3	4
Cinnamomum Camphora	0.0	13.8	27.5	43.8	--
Pasania edulis	0.0	5.9	12.0	18.6	36.7

は摘葉と異なり、根系の回復するまでの期間、樹体の水バランスに明らかな悪影響をおよぼす。

また、Fig.4にみられるように樹種によって摘葉、断根の影響の現われ方に差があるようである。もしそれが確かであるなら樹木の取り扱いに上有用な情報となるので、このことは今後さらに多くの樹種について検討する必要がある。

Fig. 2 Diurnal changes of sap flow velocity of C. Camphora with various defoliations.

Fig. 3 Diurnal changes of sap flow velocity of *C. Camphora* with various root-cuttings.

Fig. 4 Changes of the transpiration rate with the defoliation or root-cutting.

3. 摘葉、断根および土壌条件が樹木の水分動態に与える影響

1) 目的

前項で述べた実験では、摘葉と断根のそれぞれが単独で処理された際の樹体の水分動態について検討を加えた。実際の植栽（移植）では、摘葉と断根が同時に起こる

（なされる）ことが多い。従って、その場合樹体の水分動態がどのような状況になるのかについて検討しておく必要がある。

また、植栽時の環境条件の違いが、摘葉や断根を行った際の樹体の水分動態に影響することも考えられる。そこで、ここでは土壌条件に注目し、なかでも有機質改良材の混入と灌水量の影響をみることにした。

さらに、これらの要因がそれぞれ別個に働くことは実際には起り得ないのでこれらを組み合わせた条件下で水分動態の検討を行った。

2) 材料および方法

実験に用いた材料をTab. 3 にまとめて示した。樹種は、シロダモ (*Neolitsea sericea*), ウバメガシ (*Quercus phylliraeoides*), シラカシ (*Quercus myrsinaefolia*), アラカシ (*Quercus glauca*) の4種であった。土壌は5mmフルイを通過したマサ土を用い、それにピートモスを同表のように4段階混入した。摘葉と断根は無処理と1/2 除外の2段階、灌水条件は毎日必要量を灌水する区と4日ごとに同量の水を灌水する区の2区を設定した。このような多要因を組み合わせるために、直交配列表L16型を用いて実験計画を組んだ。各試験区は2個体ずつの反復とした。1979年5月上旬に上記の用土を用いて鉢に植えつけ、同8月18日早朝、直交配列表

に基づく必要な処理を行った。葉の1/2 処理区の実際の処理率は設定値より低かったが、変動は比較的小さく、24%から34%に収まった。根系の処理率も設定より低く、バラツキは9%から27%と摘葉に比べて大きかった。

測定項目は、葉の含水率、木部圧ポテンシャル、葉面拡散抵抗値、蒸散速度であった。測定は、同8月18日から同9月18日の夏期一ヶ月の間に11回行った。蒸散速度は重量法で日総量を、木部圧ポテンシャルはプレッシャー・チャンバーにより正午前後に、葉面拡散抵抗値は蒸散抵抗計 (Lamda社製 LI-60) を用いて実験期間中同一葉について正午前後に測定した。

3) 結果および考察

それぞれの測定項目の各測定日の測定値を用いて分散分析を行ったが、本論文では葉面拡散抵抗値と蒸散速度について述べることにする。

まず、Fig. 5 に葉面拡散抵抗値の変動に与える各要因

の効果の分散分析結果をしめした。図では分かりやすいように、各要因の効果をその寄与率の変化として示した。同図にみられるように、各要因の影響は変動が大きいが、処理後早期では

断根が有意に影響することがわかる。この傾向は、前項の実験で得られた結果と一致する。そして、この傾向は時間の経過とともに弱くなっていくことも注目値する。樹種の違いにより、一部この値に差が認められたがこれはなんらかの誤差によるものと思われる。

蒸散速度におよぼす各要因の影響の変化をFig.6に示した。図にみられるように、最も寄与率の高いのは土壌条件であるが、最も有意な差を示したのは断根処理であった。他の要因は殆ど蒸散速度に有意に影響しないことが判った。断根処理による蒸散速度の差をFig.7に示した。このように、前項の実験結果と同じく、断根処理区は常に無処理区より蒸散速度が低くなった。筆者は、先に数種の緑化木の単独の断根処理を行ない、3日間の水分動態について観察した。その結果、断根により葉面拡散抵抗値の増大、木部圧ポテンシャルの低下、蒸散速度の低下を認めた。従って、蒸散速度、葉面拡散抵抗値については今回得られた結果と一致したが、木部圧ポテンシャルでは異なった。同様の研究例が他に見られないので今のところ結果の詳しい比較検討はできない。ただ、ここで行ったような組み合わせの実験では要因の影響がかなり卓越していなければ有意差が検出されないのが普通である。組み合わせ実験の条件は現実の状況により近く設定しているので、断根処理の樹体の水分動態に与える影響力の大きさが注目される。

以上の検討から、樹体側では断根が拡散媒体の葉を除去する以上に樹体の水分動態に強く影響すること、土壌側では灌水条件よりは土壌自体の性質の方が樹木の水分動態により影響することが判った。一方、樹体の水分動態に関連する特性値のなかでは、蒸散速度（葉の蒸散効率）あるいは樹液流速度が最も明確でしかも安定した情報を与え、高い有用性のあることが示唆された。

Table 3 Factors and levels for the orthogonal experiment design.

Factor	Level			
	1	2	3	4
Species	Neolitsea sericea	Quercus phylliraeoides	Quercus myrsinaefolia	Quercus glauca
Soil*	P.M. 0%	P.M. 25%	P.M. 50%	P.M. 75%
Defoliation	0	1/2	--	--
Root-cutting	0	1/2	--	--
Irrigation	every day	every 4days	--	--

* P.M.: amount of mixed peat moss in volume percent.

Fig. 5 Effect of each factor on the leaf diffusive resistance.

参考文献

- 1) 千葉喬三・大櫛政行(1979): 数種の造園樹木の水分動態について, 昭和54年日本造園学会関西支部大会研究発表要旨, 22-23
- 2) Kramer, P. J. & T. T. Kozlowski (1979): Physiology of woody plants, 470-473, Academic Press, Newyork
- 3) 森川靖(1974): ヒノキの樹液の流れ-林木の水分

Fig. 6 Effect of each factor on the transpiration rate.

Fig. 7 Effect of root-cutting on the transpiration rate.

収支と関連して、東大演報、66、251 - 297

- 4) 森川靖・佐藤明(1976): 幹の樹液流速と樹冠部の木部圧ポテンシャル, 日林誌, 58(1), 11-14

- 5) 田崎忠良(1978): 環境植物学(田崎忠良編), 水と環境, 121 - 136, 朝倉書店, 東京

Summary : The physiological investigations on the water relations of trees have been desired to be done especially in the cases which a considerable portion of leaves as well as roots are removed from a tree, that are very common treatments in the landscape planting. In the papers a discussion was done on the influences of the defoliation as well as the root-cutting with various soil conditions on the several characteristics of the water relations, such as the sap flow velocity, the xylem water potential, the leaf diffusive resistance and the transpiration rate. The experiments elucidated that the root-cutting more severely affected the water relations, particularly on the transpiration rate, than the defoliation though each treatment influenced it unfavorably. It was also clarified that the irrigation might not be so sufficient to the water relations of a tree as the physical property of the soil. It was showed that the transpiration rate or sap flow velocity would be the most suitable measurement to check the water relations of a tree because of its stability as well as sensitivity.