

樹木の葉温に関する研究

汰木, 達郎
九州大学農学部附属演習林

<https://doi.org/10.15017/10919>

出版情報 : 九州大学農学部演習林報告. 74, pp.1-12, 1996-03-28. 九州大学農学部附属演習林
バージョン :
権利関係 :

樹木の葉温に関する研究*

汰木 達郎**

抄 録

この研究ではいろいろな野外条件の下での樹木の葉温反応が調べられた。葉温は樹種間で差があり、直射日光にさらされると気温よりも高くなるが、夜間は葉面からの熱放射のため外気温よりも低くなる場合が多かった。通常、葉の表面温度は裏面よりも高温を示したが、ヤブツバキでは裏面が高温の場合があった。日中、気温が上昇状態にある時間帯と下降状態にある時間帯とでは葉温の動きに明らかな違いが認められた。また季節によって気温に対する葉温の反応が異なっていた。また活性の高い葉は温度反応も高いことが示唆された。

キーワード：葉温，葉齡，葉の活性，気温

1. はじめに

一般に植物は変温性あるいは外気温性でその体温は外界の気温に応じて著しく変化している。これら植物の温度に対する反応は種によりまた同一植物では季節、発育段階や期間、組織によって著しく異なっている。植物をその本来の分布域の外で成育させると色々な障害を生ずることが多い。高地に成育しているブナを低地で育てると、春先の新葉は健全であるが、気温が上昇するにしたがって葉縁部が褐色化し、夏の高温期を経過すると完全な緑色葉はほとんどなくなり、枯葉同然になるものもみられる。スズタケは冬0℃以下の低温に遭遇すると葉縁部の組織が枯死し、白色化することが認められている (Yuruki *et al.*, 1987)。また都市の樹木とくに街路樹は普通の林地にくらべ、きわめて厳しい環境下であり、とくに夏季の高温乾燥期には水分不足による枯死の危険にさらされる場合が多い。

このように極端な温度は葉の生理的活性に影響し、組織に回復不可能な損傷を与える。しかし、枯死に至るような低温あるいは高温についての情報は多くの植物についてかなり得られているが、枯死にはいたらないまでもなんらかの生理的障害を与える温度領域についての研究は少ない。

これまで、いろいろなストレスの下での樹木の葉温を測定してきたが (汰木, 1990 ; 1992 ; 1993 ; 1994), 大気にさらされている植物の地上部は、常に気温の影響を受け、葉温の変動にそれがよく現れていると考えられる。本報告ではとくに気温と葉温との関係について検討した。

* YURUKI, T. : Studies on the Leaf Temperature of Trees.

** 九州大学農学部附属演習林

University Forests, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Sasaguri, Fukuoka 811-24

2. 材料と測定方法

2.1. 葉温測定に用いた樹木

アオガシ (*Machilus japonica*), オキナワウラジロガシ (*Quercus miyagii*), ヤブツバキ (*Camellia japonica*), ハマビワ (*Litsea japonica*), インドゴムノキ (*Ficus elastica*) の20~120cm 前後の稚樹を植木鉢に植栽したものを測定に用いた。なおハマビワ以外は通常の灌水管理を行った。ハマビワについては水ストレスが葉温に及ぼす影響を調べるため灌水、無灌水処理を行った。この場合の灌水処理は次のとおりである。高さ20cmの稚樹をワグナーポット (1/4000a) に植栽し、灌水ポットについては1日3回 (9:00, 12:00, 17:00) ポットの排水口より過剰の水が排出される程度の灌水を行った。

葉温測定はガラス室で行った灌水試験以外すべて屋外で行った。

2.2. 葉温の測定方法

葉温は温度センサーとしてテープタイプの熱伝対 (安立計器製) を用い、透明な粘着テープで葉面に貼りつけて測定した。気温は被覆カバーをしたシース形熱電対 (安立計器製) を葉温測定高とほぼ同じ高さにおき測定した。測定間隔は1, 5ないし10分とした。データはデータコレクター (アンリツ AM-7001, -7002) によって集録した。測定は1989年10月から1995年6月にかけて行った。なおこの報告で単に葉温とした場合は裏面温度をさしている。

2.3. 葉の厚さの測定方法

葉の厚さはマイクロメーター (最小目盛0.01mm, NSK製) を用いて葉の半身の中央部を測定した。

3. 結果と考察

3.1. 葉の表裏の温度差

表1に示すように、葉の厚さは樹種によってかなりの違いが見られ、当然このことは葉の上面 (表) と下面 (裏) との間に温度差を生じさせていると考えられる。ここでは葉の厚い樹種としてヤブツバキを、比較的薄い樹種としてアオガシを用いた。測定は同一葉で行ったが、葉身の中肋を境にしたそれぞれの半身の中央部にセンサーを貼付した。

表1 葉の厚さ
Table 1 Thickness of leaf

Ao	Ya	Ok
0.29 mm	0.43	0.23

Ao: Aogashi (*Machilus japonica*).

Ya: Yabutsubaki (*Camellia japonica*).

Ok: Okinawaurajirogashi (*Quercus miyagii*).

この測定結果を昼間と夜間に分けて示したのが図1a～dと表2である。昼間、日射のもとでは葉の温度は裏側より表側が高いと予想されたが、アオガシの場合は表裏の温度にほとんど差がなかった。このことはアオガシの葉がきわめて薄いことが温度較差をなくしているものと考えられる。一方ヤブツバキでは、昼間は裏面が表面よりもかなり高温になった。ヤブツバキの葉は厚いことから、直射光下では表面が裏面よりもかなり高温になることを予測したが、測定結果はその逆を示した。このことはヤブツバキの葉が裏側へいくらか湾曲している構造が裏面からの放熱に抑制的に働いているのではないかということを示唆している。この現象についてはさらに多くの樹種、個体について調べる必要がある。夜

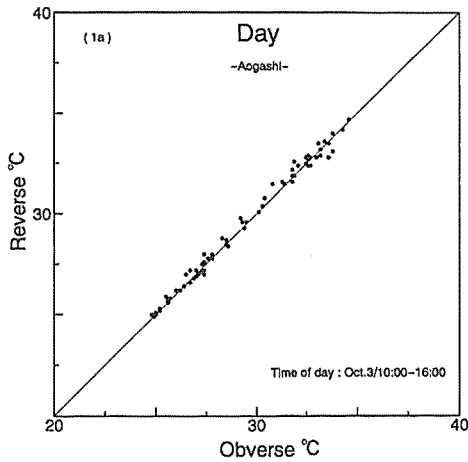


Fig. 1a Aogashi (*Machilus japonica*) in day.

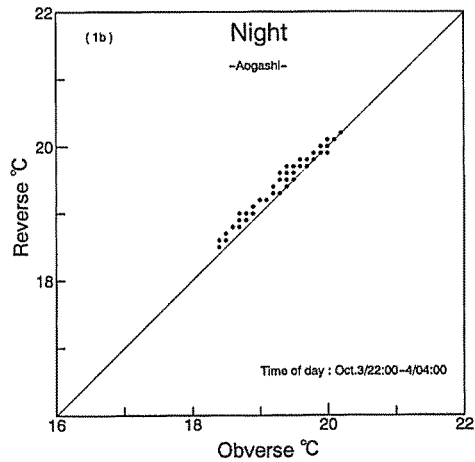


Fig. 1b Aogashi (*Machilus japonica*) in night.

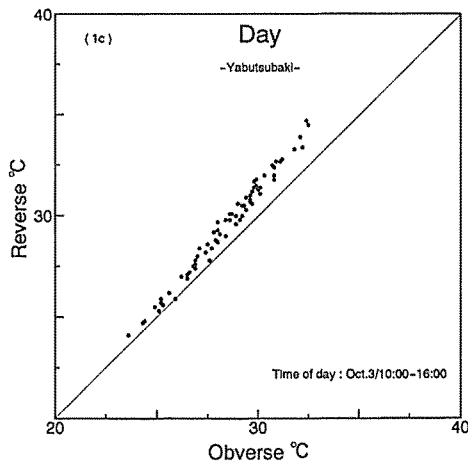


Fig. 1c Yabutsubaki (*Camellia japonica*) in day.

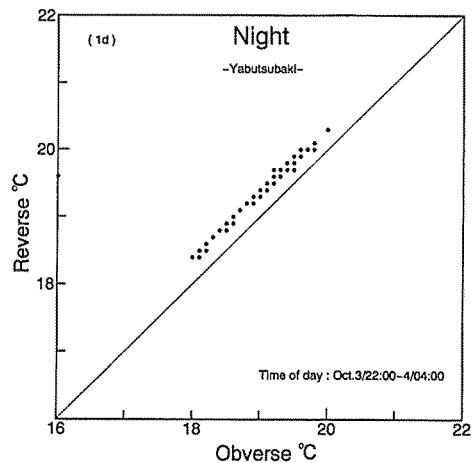


Fig. 1d Yabutsubaki (*Camellia japonica*) in night.

Fig. 1 Difference in temperature between the obverse and reverse of a leaf.

図1 葉の表裏の温度差

表2 葉の表裏の温度差
Table 2 Difference in temperature between
the obverse and reverse of a leaf.
Oct. 3, 1989

	Day		Night	
	Difference	Mean	Difference	Mean
Ao	0.7~-0.8	0.04	0.5~-0.1	0.11
Ya	2.3~ 0.0	0.93	0.6~-0.2	0.34

Ao and Ya are the same as in Table 1.

間、ヤブツバキは昼間と同じく裏面温度が表面温度より高い傾向に変わりはないが、アオガシでも裏面温度が表面よりも高くなっている。曇天の日もアオガシ、ヤブツバキともその温度変化は晴天の場合とほとんど同じ傾向を示した。

3.2. 葉温の日変動

図2 a~c はアオガシ、ヤブツバキ、オキナワウラジロガシの葉温の日変動である。昼間、葉温は気温よりも高くなり、とくに直接日射にさらされている時にその現象は著しい。夜間3種の葉温は外気温よりもかなり低くなっている。これは葉面からの熱放射のためと考えられる(サトクリフ, 1981)。表3にこの日変動における最高、最低温度とその発生時刻を示した。葉温の最高、最低に樹種の違いはほとんどみられなかったが、最高葉温の発生時刻に違いがみられた。アオガシとオキナワウラジロガシは同時刻であったが、ヤブツバキは1時間遅れて最高温度を示した。さらに葉温と気温との関係で見ると、葉温の最低温度発生は最低気温の発生と同時刻であったが、ヤブツバキの最高葉温は最高気温と同時刻発生であった。葉温測定は何れも南向きの葉について行ったが、葉の岐出角が樹種により異なるため、葉の日射の受け方にちがいがああり、このことが昼間の最高葉温の発生時刻の差になって現れていると考えられた。さらにこの図2の葉温の変動を、気温が上昇状態にある時間帯と下降状態にある時間帯とに分けて示したのが図3 a~hである。明らか

表3 葉温の最高、最低温度とその発生時刻
Table 3 Maximum and Minimum temperature
of leaf.
Oct. 4-5, 1989

	Max. t	Time	Min. t	Time
Ao	30.4	12:29	14.1	5:24
Ya	30.8	13:29	14.0	5:24
Ok	31.1	12:29	14.1	5:24
T	26.0	13:29	15.1	5:24

Ao, Ya and Ok are the same as in Table 1.

T : Air temperature

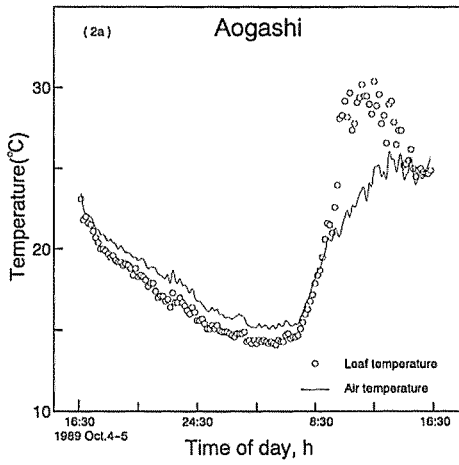


Fig. 2a Aogashi (*Machilus japonica*).

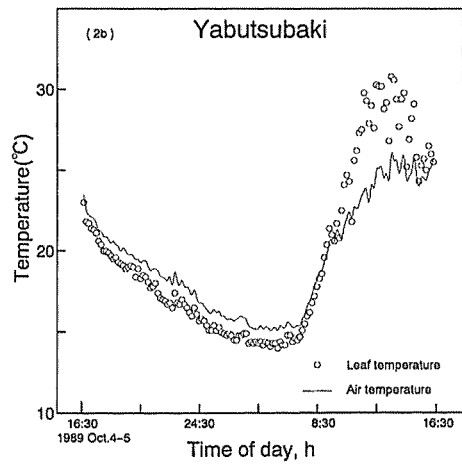


Fig. 2b Yabutsubaki (*Camellia japonica*).

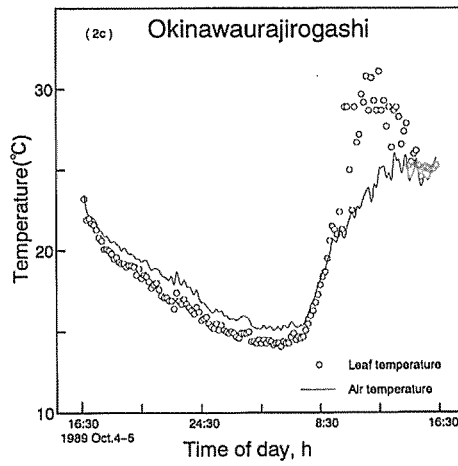


Fig. 2c Okinawaurajirogashi (*Quercus miyagii*).

Fig. 2 Diurnal variation of leaf temperature.

図2 葉温の日変動

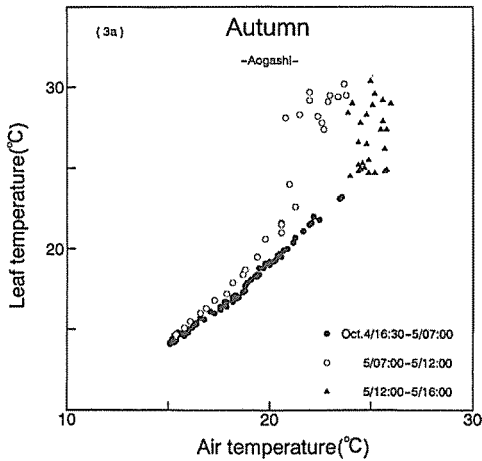


Fig. 3a Aogashi (*Machilus japonica*) in autumn.

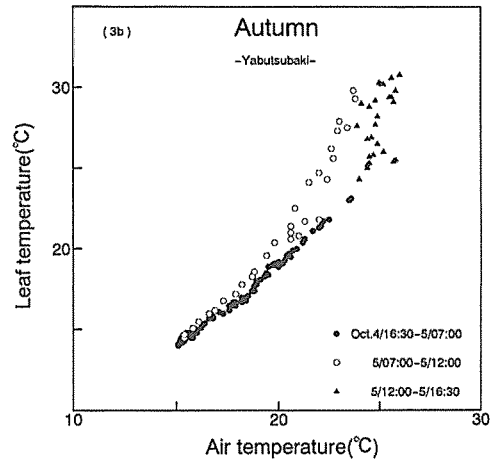


Fig. 3b Yabutsubaki (*Camellia japonica*) in autumn.

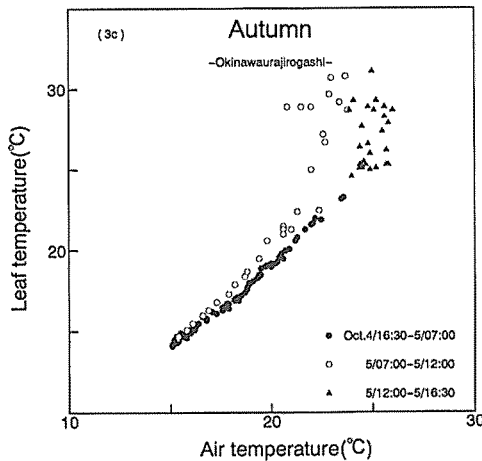


Fig. 3c Okinawaurajirogashi (*Quercus miyagii*) in autumn.

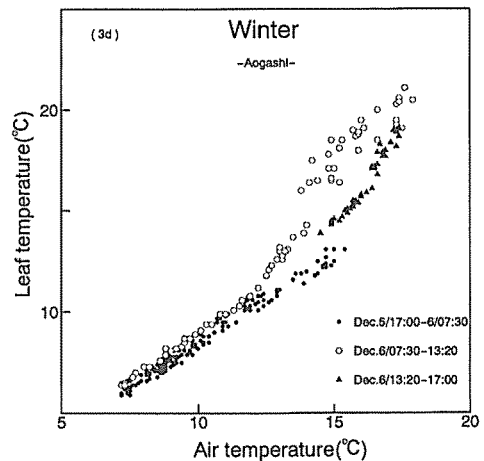


Fig. 3d Aogashi (*Machilus japonica*) in winter.

Fig. 3 Effect of air temperature on leaf temperature.

図3 気温が葉温に与える影響

に気温に対する葉温の反応に違いが見られ、気温が上昇する時間帯すなわち午前中が、気温が下降する午後遅い場合よりも同じ値の気温でも葉温はやや高い値を示した。すなわち、太陽が昇るとともに気温は急速に上昇しており、当然葉温もそれに伴って急上昇するが、この葉温の上昇を抑えようとする葉の蒸散作用がそれに追い付かないため、そのことが高い葉温になって現れていると考えられる。この現象は秋季だけでなく、冬季(図3d, e)あるいは春先(図3f)にも見られる。しかし図3gに示すように夏季のヤブツバキにはこの現象は見られない。この時期、日最低気温が15°C以下になることはなく、したがって葉の活性も高く、午前中の気温の急上昇にも即応できる状態にあることをこのことは示

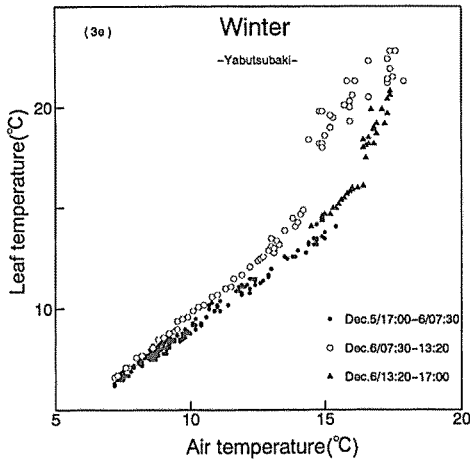


Fig. 3e Yabutsubaki (*Camellia japonica*) in winter.

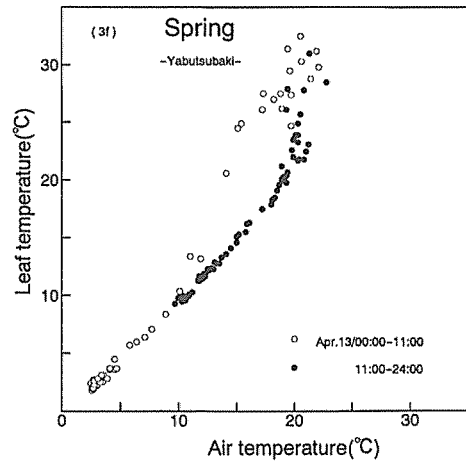


Fig. 3f Yabutsubaki (*Camellia japonica*) in spring.

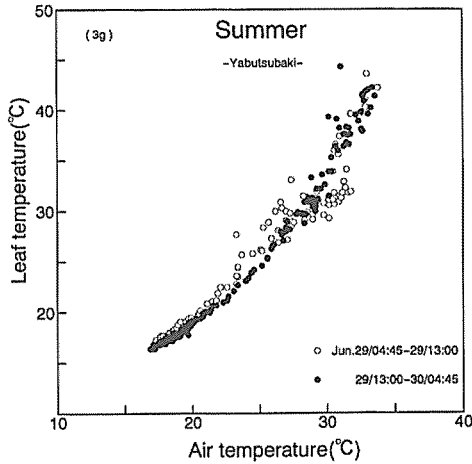


Fig. 3g Yabutsubaki (*Camellia japonica*) in summer.

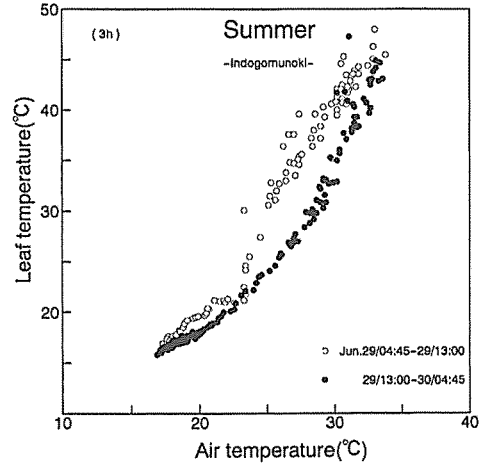


Fig. 3h Indogomonoki (*Ficus elastica*) in summer.

Fig. 3 Effect of air temperature on leaf temperature.

図3 気温が葉温に与える影響

しているとも考えられるが、インドゴムの場合はほかの季節と同様の反応を示しており(図3h)、この現象はさらに他の樹種についても検討の必要が認められる。

気温に対する葉温の日変動が季節によっても異なることを示したのが、図4a~cである。ヤブツバキの場合は成長期の初夏には20°C前後で葉温は気温よりも高い値を示すようになるが、成長休止期に入った初冬にはその温度が15°C前後とほぼ5°Cも低くなっている。アオガシ、インドゴムノキについても同じ様な現象がみられる。これらのことは明らかに季節の違いによる蒸散能力の差をとくに示しているといえる。

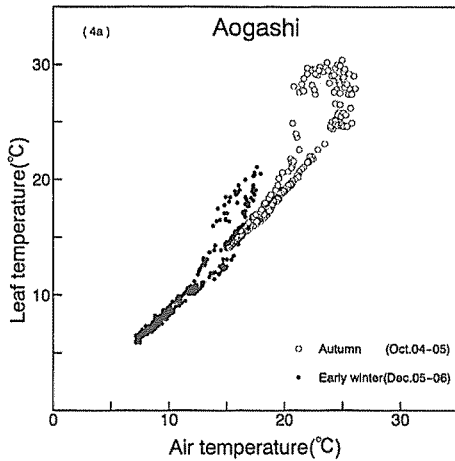
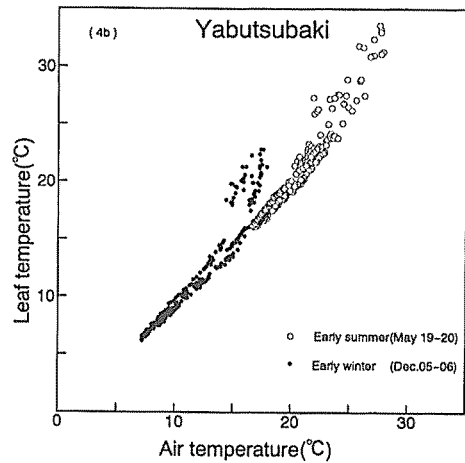
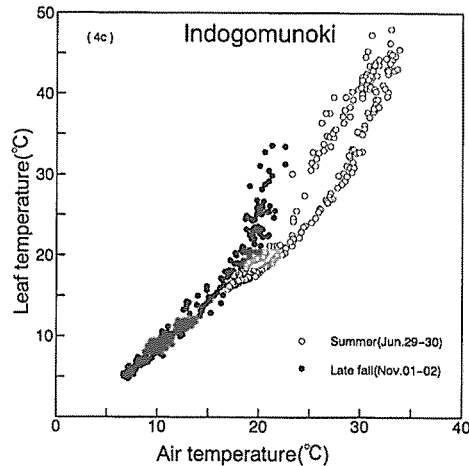
Fig. 4a Aogashi (*Machilus japonica*).Fig. 4b Yabutsubaki (*Camellia japonica*).Fig. 4c Indogomunoki (*Ficus elastica*).

Fig. 4 Seasonal change of relationship between air and leaf temperature.

図4 気温と葉温関係の季節変化

3.3. 水ストレスと葉温

ハマビワについて、植栽ポットの土壌を常時湿潤状態においたものと、灌水せず水ストレス状態においたものについて気温と葉温の関係を調べた結果が図5 a～fである。試験開始後6日目の時点では当年生葉が1年生葉よりもやや高温傾向を示しているにすぎなかったが(図5 a, b), 19日目になるとその差はより明らかになり灌水の有無にかかわらず、当年生葉が高温を示した(図5 c, d)。このことから1年生葉の方が当年生葉よりも蒸散能力が高く葉温上昇を抑えていると即断することは困難であった。それは図5 e, fに示すように同年生葉であっても灌水葉の方が、無灌水葉よりも高温を示したためである。

通常、無灌水葉は水分補給が少なく時間の経過とともに蒸散能力が低下し、温度調節能力が低下するため葉温は灌水葉よりも高くなると考えられたが、この結果は逆であった。図5gはいずれも無灌水の葉脈(中肋)を切断した葉と切断しない葉の温度を比較したもので水分補給がより少ないと考えられる切断葉の方が葉温が低いという結果を示しており、先の結果と同じであった。ところで、この灌水試験の初期にガラス室内の気温が昼間35°C以上、葉温は40°C以上に達した日があり、この高温が葉に直接何等かの障害、例えば原形質の変質等を起こさせている可能性が考えられる。その場合、障害は灌水葉、無灌水

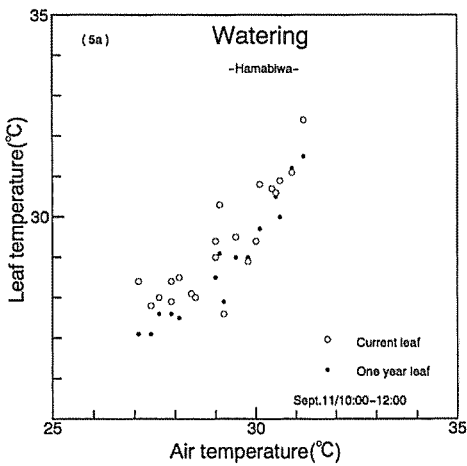


Fig. 5a The 6th day of water treatment.

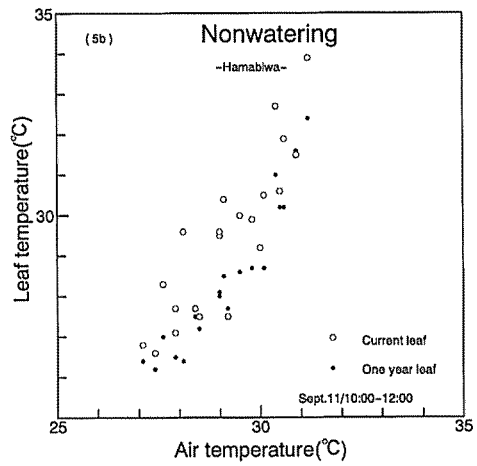


Fig. 5b The 6th day of nonwater treatment.

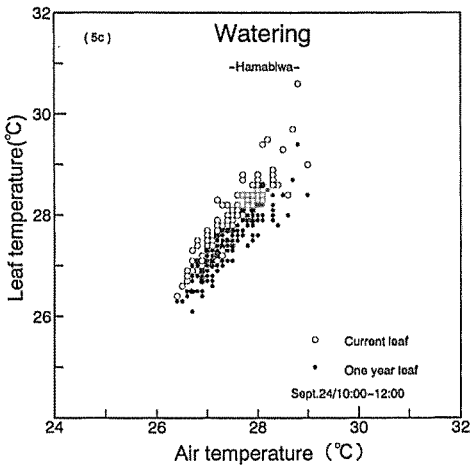


Fig. 5c The 19th day of water treatment.

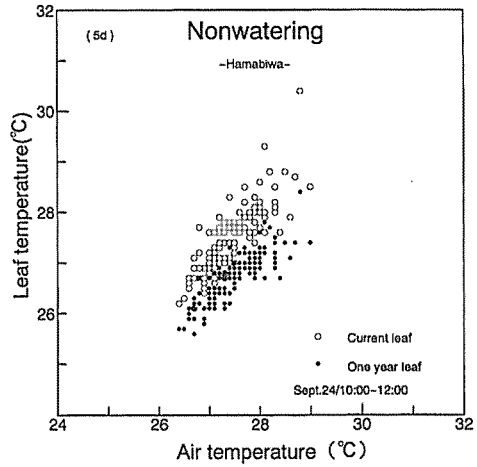


Fig. 5d The 19th day of nonwater treatment.

Fig. 5 Relationship between leaf age and leaf temperature under water stress.

図5 水ストレスの下での葉齢と葉温との関係

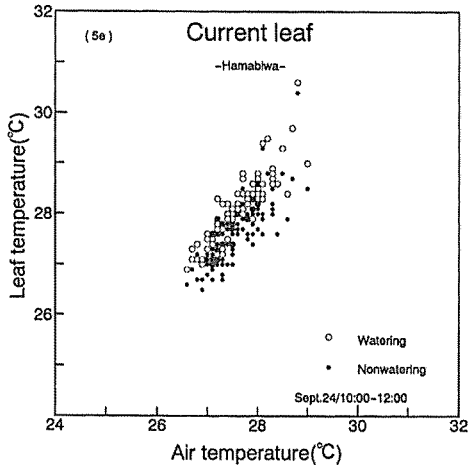


Fig. 5e Current leaf at the 19th day.

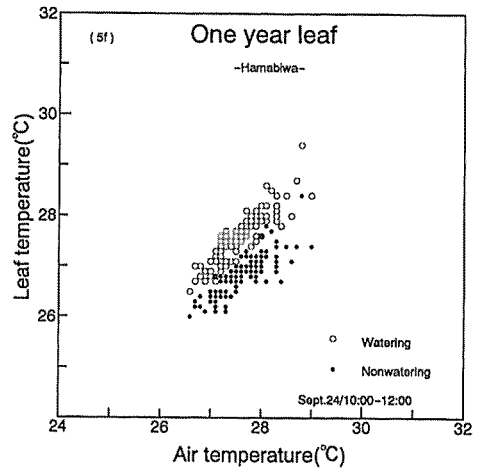


Fig. 5f One year leaf at the 19th day.

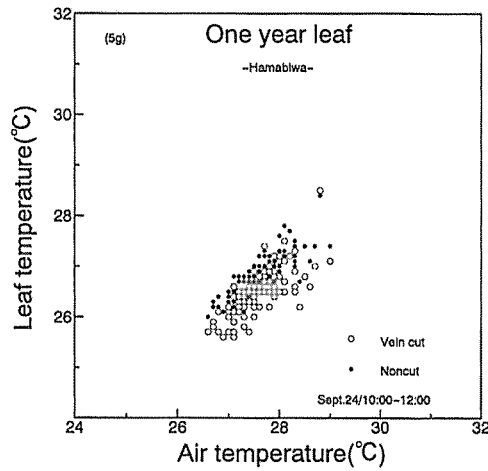


Fig. 5g Vein cut leaf at the 19th day.

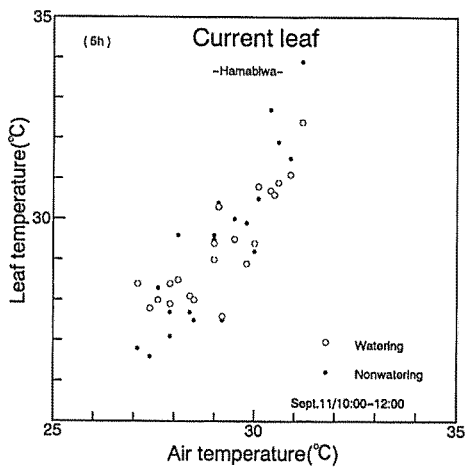


Fig. 5h Current leaf at the 6th day.

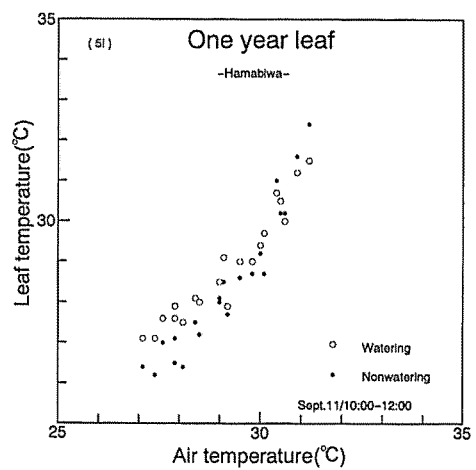


Fig. 5i One year leaf at the 6th day.

Fig. 5 Relationship between leaf age and leaf temperature under water stress.

図5 水ストレスの下での葉齢と葉温との関係

葉のどちらに生じたかであるが、試験6日目の時点で図5 h, i に示すようにすでに灌水葉の方が高温傾向を示している。このことは試験開始後、早い時期に何等かの高温障害がまず灌水葉の方に生じ、その蒸散能力を低下させたことを示唆している。しかし、この場合、含水率が低下していると考えられる無灌水葉には障害は生じていなかったのかと言う問題は残り、今後、葉の含水率と高温障害発生との関係を解明する必要が認められる。

4. おわりに

葉温については、すでに Gates and Papián (1971) が葉のエネルギー収支式を発展させて、葉温に影響する種々の要件を明らかにしているが、本研究は環境条件が一定しない屋外、あるいはガラス室で樹木の葉温を気温との関連でしらべたものである。日射量など他の要件を測定していないので、熱収支との関係を直接明らかにすることはできないが、その結果は植物の成長のプロセスで履歴した外環境や葉のエイジング等が葉温に大きく影響していることを示唆した。このことについては葉の蒸散速度、生理的機能、細胞質の変性等の面から (サトクリフ, 1981) (橋本, 1982) 解明する必要が認められる。

引用文献

- GATES, D. M. and PAPIÁN, L. E. (1971) : Atlas of Energy Budgets of Plant Leaves. Academic Press, London and New York, 277pp.
- サトクリフ・J 著, 佐藤庚訳 (1981) : 植物と温度. 朝倉書店, 東京, 82pp.
- 橋本 康 (1982) : 葉温—そのダイナミックスについて—. 生物科学 34 (2) : 68-75
- YURUKI, T., OHGA, S. and ARAGAMI, K. (1987) : Ecological Studies of Suzutake (*Sasa borealis*) (IV) Individual Growth and Photosynthesis. Bull. Kyushu Univ. For. 57 : 9-15
- 汰木達郎 (1990) : 葉温について. 日林九支研論 43 : 195-196
- 汰木達郎 (1992) : 葉温について (II) —水ストレスと葉温. 日林九支研論 45 : 165-166
- 汰木達郎 (1993) : 葉温について (III) —土壌水分環境と葉温. 日林九支研論 46 : 203-204
- 汰木達郎 (1994) : 葉温について (IV) —摘葉の影響—. 日林九支研論 47 : 209-210

(1995年12月4日受付; 1996年1月25日受理)

Summary

Leaf temperature of trees was studied under several conditions. Leaf temperature differs from species to species and is higher than air temperature under direct sunlight during the day but is mostly lower than air temperature for the thermal radiation from leaf surface at night. During the day, obverse temperatures were higher than the reverse but the reverse temperature of Yabutsubaki (*Camellia japonica*) frequently showed higher temperatures than the obverse. The response of leaf temperature to air temperature varied between ascending time and the descending of air temperature during the day and also varied seasonally. Further it is suggested that an active leaf has an active response to air temperature.

Key words : leaf temperature; leaf age; leaf activity; air temperature