

樹木の呼吸測定方法の検討*

大 畠 誠 一**・四手井綱英**

辻 英 夫***・畠山伊佐男***

A Study on the Method for Measuring Respiration of Excised Tree Organs

Sei-ichi OOHATA, Tsunahide SHIDEI, Hideo TSUJI and Isao HATAKEYAMA

目	次
要 旨.....	122
はじめに.....	123
方法と材料.....	123
結果と考察.....	124
I) 密閉法の検討	
1) 分析方法とアルカリ液表面積	1) 切り取り葉の呼吸に及ぼす温度と湿度の影響
2) 密閉法と赤外線ガス分析法の比較	2) 切り取り幹の呼吸に及ぼす温度の影響
II) 切り取り後の樹木器官の異常呼吸を早める要因	3) 幹を縦方向に割った場合の呼吸に対する影響
	引用文献..... 129
	Résumé 130

要 旨

樹木の呼吸量の測定方法をより妥当なものとするために、従来採用されてきたアルカリ吸収による密閉法（静置法）と赤外線ガス分析計による方法（通気法）との比較検討を2, 3の樹種について行った。また試料の処理の問題として、樹木を切り取ってから後の呼吸測定に影響を与えると思われる要因のうち、気温、湿度、および幹を縦方向に割ることの影響について調べた。

結果は下記のとおりである。

1) 密閉法では測定時間が短い場合、アルカリ液表面積の大小がその炭酸ガス吸収速度に律速条件となるため、妥当な呼吸量測定値を得るには、一定面積以上のアルカリ液表面積を必要とする。その吸収面積比は密閉式測定容器底面積の15~20%程度であれば十分であった。吸収面積比22.4%で測定した結果では、密閉法と赤外線ガス分析法との間に5%水準で統計的有意差は認められなかった。

2) オオシマザクラの葉が切り取り後異常呼吸を起こすまでの時間に対する温度および湿度については、一般に高温、低湿の条件ほど短時間内に異常呼吸をもたらした。高温条件下でも100%湿度のもとでは異常呼吸の誘引は顕著ではなかった。

3) オオシマザクラの切り取り幹については、湿度は幹の異常呼吸に影響をもたないように思われた。しかし温度については、それは高ければ異常呼吸をおこすまでの時間は短縮され、低ければ長時間異常呼吸の発現をおさえることができると思われた。切り取り幹の呼吸が異常呼吸を起こすまでの時間は30℃の場合には20℃の場合のはほぼ半分に短縮された。

* 費用の一部は文部省特定研究「生物圏の動態」による。

** 京都大学農学部森林生態学研究室。

*** 京都大学理学部植物生態研究施設。

Contribution from JIBP-PP

これの幹を縦に割った場合には割らぬ場合に比べ、異常呼吸を起こすまでの時間にも、またその大きさにも変化は認められなかった。幹直径 24cm 程度のミズキの材料でも、6 時間の測定時間内では割る影響は認められなかった。

は じ め に

樹木の各部分の呼吸量を精度よく測定するために、筆者らは樹木の呼吸量測定の検討として、切り取り後に起こる樹木の異常呼吸について調べてきた⁹⁾。

樹木の呼吸量測定では試料が一般に重量も容積も非常に大であるために、各部分を切り取って小試料による野外測定方法がとられている。切り取り後、比較的短時間内に測定を終えかつ能率的に行なうために、依田ら^{11,12)}により密閉法が検討されてきた。この方法により得られた測定値の評価には、二つの方向からの検討が必要である。すなわち密閉法のアルカリ吸収液の吸収能力と、試料の切り取り後の時間経過により起こる異常呼吸とに対する検討である。

密閉法は静置法の一つであるため、その使用方法によっては過小の測定値を得るおそれがある。また野外での測定はさまざまな条件下で行なわざるを得ないため、切り取った試料が異常呼吸を起こす要因について検討する必要がある。

この報告では密閉法と赤外線ガス分析計による通気法とを比較した結果と、樹木のうちでも従前の実験⁹⁾により、異常呼吸を比較的早く起こしやすいことのわかった落葉広葉樹のうちのオオシマザクラの苗木を使って、異常呼吸が早くおこる要因について調べた結果を述べる。

本研究に対し有益なる助言と便宜をいただいた京大農学部堤利夫助教授に厚く謝意を申し上げる。また実験をすすめるにあたり、京大農学部森林生態学研究室、理学部植物生態研究施設諸兄に協力をいただいた。ここに併記して謝意を表する。

方 法 と 材 料

赤外線ガス分析計の使用法は前報告と同様である⁹⁾。赤外線ガス分析計には Hartmann & Braun 社製 URAS I 型を使用し、通気流速は 30 l/h、吸湿剤には濃硫酸と過塩素酸マグネシウムを使用した。試料箱には直径約 3cm、長さ 25cm のガラス管を使用した。

密閉法には直径 19cm、高さ 19cm のブリキ製密閉容器を使い、炭酸ガス吸収剤には $\frac{1}{2}$ N KOH 水溶液 10ml を使用し、吸収時間は 2 時間とした。密閉法、赤外線ガス分析法とも 25°C 恒温室内で行なった。

両測定方法の比較のための試料には、切り取り後長時間その呼吸に異常呼吸をきたさないことの判明しているトベラ (*Pittosporum Tobira*) の葉 40g を用いて実験した。両測定方法で温度が等しいならば等しい呼吸量の測定が期待されるものとして比較検討した。トベラの葉のほかにスギ (*Cryptomeria japonica*) の葉 40g、スギの幹 (直径 1~2cm、長さ 5~10cm) 3, 4 本の同一材料を両測定法で測定し、補充検討した。

また切り取り後の樹木の異常呼吸を早める要因の研究として、室内実験には赤外線ガス分析計を用い、実験室内での呼吸速度を連続的に測定した。温、湿度の調整には島津製作所製バイオトロンを使用した。供給ガス溜めのビニールバックをバイオトロン内にもちこみ、バイオトロンにより調整された空気を充てんし、測定時の試料箱への通気もバイオトロン内で行なった。湿度 0%, 100% 条件はバイオトロンの制御能力域外にあったので、前報告⁹⁾に示した補助装置を併用した。野外実験では大径木の幹の呼吸に対する傷の影響を調べるために、密閉法を採用した。

葉の試料としてはオオシマザクラ (*Prunus Lannesiana*) のほぼ同大の展開葉 5g を用い、温度 4

段階、湿度3段階をそれぞれ組み合わせて生量の減少経過および呼吸速度の変化をしらべた。幹の材料としてはオオシマザクラの太さ1~2cmの幹を用い、20℃、30℃の2段階について異常呼吸開始までの時間を調べた。

さらに幹を縦方向に割った場合の呼吸に対する影響を調べるために、オオシマザクラの直径1~2cm、長さ5cmの幹を材料とし、赤外線ガス分析計により実験室内で測定した。野外の測定にはミズキ (*Cornus controversa*) の幹を用いた。刃物で $\frac{1}{2}$ または $\frac{1}{4}$ に割り試料とした。これらの試料の傷口はすべてワセリンで封じた。

オオシマザクラの葉の呼吸変化については1967年7月に、幹の呼吸変化については8月に、またミズキの幹の呼吸測定は1968年5月に測定した。この場合のミズキは開葉直前の状態であった。

結果と考察

I) 密閉法の検討

1) 分析方法とアルカリ液表面積

密閉法(静置法)と赤外線ガス分析計による方法(通気法)との比較を行なう前に、同一炭酸ガス濃度の空気サンプルを、赤外線ガス分析計とWarder滴定法とにより炭酸ガス分析を行なった。

分析結果を表1に示す。両分析方法の比較のための空気サンプルは赤外線ガス分析計の測定範囲の制限から、300ppm前後の低炭酸ガス濃度であった。このためWarder法による滴定誤差がある程度大きくなることは避けられない。表1の結果ではWarder法での滴定による測定の一般的傾向どおり、その値にはかなりのバラツキがみられたが、5%の水準で両測定値のあいだに有意差は認められな

Table 1. Determination of CO₂ content of air by two different analytical methods (infrared gas analysis method and the Warder titrimetry).

mg CO ₂ /l (at 25°C)		
Infrared Gas Analysis (1)	Warder Titrimetry (2)	X = (1) - (2)
0.5802	0.7385	-0.1583
0.5985	0.6534	-0.0549
0.5880	0.4080	+0.1800
0.5930	0.4930	+0.1000
0.5601	0.6665	-0.1064
0.5601	0.6767	-0.1166
0.5601	0.5312	+0.0289
0.5601	0.7785	-0.2184
0.5601	0.6359	-0.0758
0.5601	0.5097	+0.0504
0.5630	0.4853	+0.0777
0.5630	0.6287	-0.0657
0.5630	0.6364	-0.0734
0.5630	0.5128	+0.0502
0.5630	0.5844	-0.0214

$$\bar{X} = -0.02691$$

$$s^2 = 0.01143$$

$$n-1 = 14$$

insignificant at $P < 0.05$

った。

密閉法と赤外線ガス分析計による測定値を比較する前に、密閉法におけるアルカリ吸収液面の大きさを決めるための、もう一つの予備実験を行なった。密閉法ではアルカリによる炭酸ガス吸収速度が、試料による炭酸ガス放出速度を下まわらないことが必要である。この問題に関して土壌呼吸の測定方法論として、アルカリ量(濃度と液

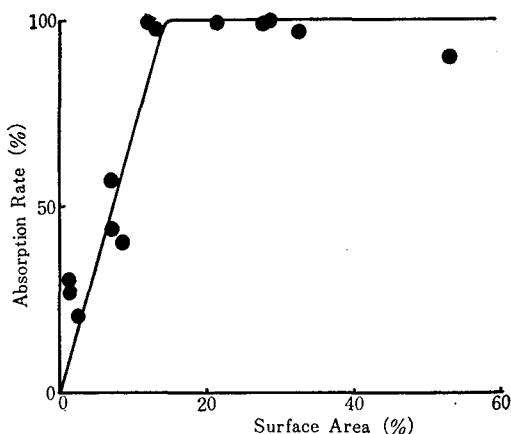


Fig. 1. Rate of CO₂ absorption as a function of surface area of alkaline solution. Abscissa: percent of the base area of the container. Ordinate: percent of the maximum rate of absorption.

量)についての桐田⁴⁾らの検討があるが、アルカリ液表面積は炭酸ガス吸収速度を規定するもう一つの要因である。そこでトベラの葉 40g を用いて密閉容器底面積に対するアルカリ液表面積の比（ここでは吸収面積比と呼ぶことにする）を変えて、吸収速度を調べる実験を行なった。図 1 より吸収面積比が 15~20% 程度以上になると、炭酸ガス吸収速度はほぼ一定になることがわかった。この結果から、密閉法には吸収面積比を 20% にとって実験することにした。また密閉法と赤外線ガス分析計による方法の比較には、吸収面積比 22.4% のシャーレを使用して実験をすすめることにした。

2) 密閉法と赤外線ガス分析法の比較

赤外線ガス分析計による測定値とボイセンエンセン法による測定値については、クロマツ (*Pinus Thunbergii*) の葉を用いてその光合成測定値について比較検討が行なわれ、両測定法に差のみられない結果⁵⁾が報告されている。

しかし赤外線ガス分析計による方法およびボイセンエンセン法はどちらも通気法であり、密閉法の静置条件とは異なるために、密閉法で得た測定値を信頼するためには通気法と比較する必要がある。

Table 2. Comparison between infrared gas analysis method and alkaline absorption method for measuring respiration. In experiments (I), (II) and (III), 40g leaves of *Pittosporum Tobira*, 40g leaves of *Cryptomeria japonica*, and 3 or 4 stem sections of *Cryptomeria japonica* were used, respectively. In all experiments, measurements were conducted at 25°C.

(I)

mg. CO ₂ /h/40g leaves		
Infrared Gas Analysis (1)	Alkaline Method (2)	$X = (1) - (2)$
6.00	5.85	+0.15
6.06	5.33	+0.73
6.06	4.39	+1.67
4.70	4.39	+0.31
5.19	6.04	-0.85
5.50	4.91	+0.59
5.62	5.03	+0.59
5.29	4.65	+0.73
4.88	5.71	-0.83
4.94	5.64	-0.70
5.25	5.76	-0.51
5.38	5.64	-0.26

$\bar{X} = +0.135$
 $s^2 = 0.607$
 $n-1 = 11$
 insignificant at $P < 0.05$

(II)

mg CO ₂ /h/40g leaves		
Infrared Gas Analysis (1)	Alkaline Method (2)	$X = (1) - (2)$
6.80	7.87	-1.07
7.73	9.52	-1.79
7.54	6.87	+0.67
7.97	6.71	+1.26
7.66	7.72	-0.06
7.23	7.11	+0.12

$\bar{X} = -0.145$
 $s^2 = 1.26$
 $n-1 = 5$
 insignificant at $P < 0.05$

(III)

mg CO ₂ /h/ sample		
Infrared Gas Analysis (1)	Alkaline Method (2)	$X = (1) - (2)$
5.07	6.34	-1.27
4.33	4.86	-0.53
4.14	4.76	-0.62
5.13	5.06	+0.07
4.20	4.76	+0.56
4.82	4.64	+0.18

$\bar{X} = -0.455$
 $s^2 = 0.277$
 $n-1 = 5$
 insignificant at $P < 0.05$

Table 3. Comparison between closed and air-current systems for temperature and humidity.

Exp. No.		Closed			Current					
		I	II	III	I		II		III	
					Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
Temperature (°C)	Leaf {Upper surface	26.3	25.8		26.3	26.5	25.5	25.8		
	{Lower surface	26.3				26.7	25.6	25.8		
	Air in chamber		25.4	25.3	26.3	26.9			26.7	26.5
	Air outside chamber	24.4		24.0	24.0		24.0			
Humidity (%)			99						84	93

トベラの葉を 5g, 10g, 20g, 40g, 80g に分け、両測定方法により測定した結果を図 2 に示してある。この結果では、両測定法による測定値のあいだに差はみられなかった。

つぎにもう一つの検討として、トベラとスギの葉を 40g およびスギの幹を材料として、両測定法で呼吸量の測定を行なった。その結果を表 2 に示す。両測定値にかなりのバラツキはあるが、5% の水準で有意差はみとめられなかった。

一方、植物体のおかれた状態からの検討として、畠山法⁶⁾により熱電対で気温、葉温、湿度を測定した(表 3)。密閉法では、温度は外気温、容器内気温、葉温の順に高くなり、外気温と葉温との差は 1.8~1.9°C であった。通気状態では、通気気温と葉温の差はみられなかった。湿度は密閉容器内ではほぼ 100% に近く、通気状態では試料箱の入口における湿度と出口における湿度との平均は 89% であった。植物体のおかれた状態からの検討結果からでも、両測定法により呼吸測定値に大きく差の起こると思われる要因は見い出されなかった。

II) 切り取り後の樹木器官の異常呼吸を早める要因

1) 切り取り葉の呼吸に及ぼす温度、湿度の影響

切り取った葉の呼吸速度が葉の乾燥によって異常呼吸をおこす現象はすでに報告³⁾した。野外で葉の呼吸量を測定する場合には、測定時の季節、時刻などにより、外的条件が異なってくる。また、たとえば森林の一次生産力の測定に際して、層別刈取と同時に呼吸測定を行なう場合、呼吸の測定は葉量測定の後に行なわれる場合が多い。それ故、葉の異常呼吸が外的要因と時間経過によって、どの程度の影響を受けるものであるかを調べる必要がある。そこで、この実験では樹木の葉のうちでも、切り取り後乾燥しやすく異常呼吸を早くきたしやすい落葉広葉樹(オオシマザクラ)の葉を材料とした。

温度段階を 10°C, 20°C, 30°C, 40°C の 4 段階にとり、湿度は 0%, 70%, 100% の 3 段階にとった。実験に際しては、温度の各段階と湿度の各段階とのすべての組み合わせのなかから、図 3 に示した 8 組を選んだ。

前報告に示したように、今回の実験でも葉の乾燥とともに異常呼吸がおこった。30°C, 70% の組を除いては、各実験は 2 度のくり返しを行なった。図に見られるように、1 回目と 2 回目とがほとんど

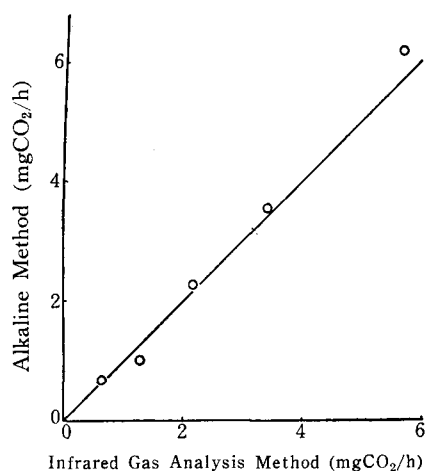


Fig. 2. Comparison of alkaline absorption method with infrared gas analysis method at various levels of respiratory rate.

同じ傾向をたどったから、この傾向はかなり再現性をもつ現象であろうと考えられる。

切り取り後の葉の異常呼吸は温度が高くなるほど、また湿度が低くなるほど早くあらわれる。温度がかなり高い場合(たとえば40℃)でも、湿度が100%であるならば、異常呼吸の現象はおこらないか、または起こったとしても顕著ではない。逆に温度がある程度低い場合でも、湿度がきわめて低い場合には、かなり早く明確な異常呼吸を招く。同湿度の場合では、温度が高いほど異常呼吸は早くひきおこされる。オオシマザクラの葉の異常呼吸は葉の重量が切り取り直後の95~90%程度に乾燥したときにはじまる(図4)。異常呼吸の大きさは葉の乾燥度にかかなり密接な関係のあることがみられた。

樹木の葉の呼吸測定、特に落葉広葉樹の葉を材料とする場合、図3に示した結果はさまざまな外的条件下で測定する際のおおよそのめやすとなるであろう。本実験の結果によれば、温度が20℃程度で湿度が70%程度の状態では、もぎ取り後1~2時間以内に葉の呼吸測定を終えることが望ましいということになる。

2) 切り取り幹の呼吸に及ぼす温度の影響

切り取り幹の呼吸に異常があ

らわれる時間の長さに関係する要因として温度があげられる。この要因については Müller⁷⁾, Opitz⁸⁾, Zelawski⁹⁾ らにより研究されたが、Müller, Opitz の研究は主に異常呼吸開始以後の呼吸量の変化について視点が向けられ、Zelawski の研究は樹木材部の薄片についての報告である。呼吸測定上の

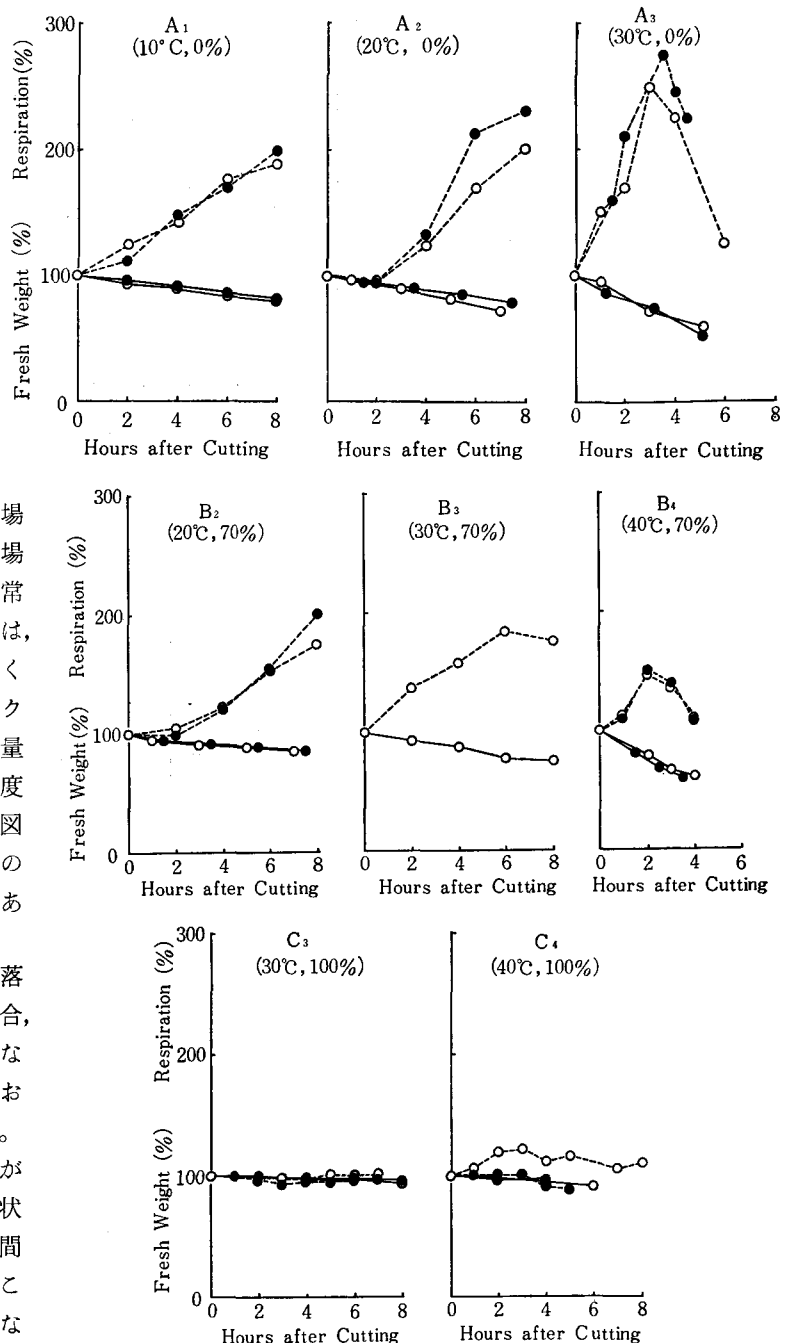


Fig. 3. Changes in respiratory rates (broken line) and fresh weights (solid line) of leaves of *Prunus Lannesiana* after cutting at various temperature-humidity combinations as indicated. Each experiment was repeated except in B₃. Both respiratory rate and fresh weight are expressed as percent of the initial.

問題としては、異常呼吸開始までの時間を重要視する必要があるため、温度についてしらべた。

オオシマザクラの直径 1~2 cm, 長さ 20cm の幹では、25℃ の温度条件のもとで 3~4 時間後に異常呼吸があらわれるが、今回の実験では測定時間を短縮するために長さ 5cm の試料を使った。実験は 2 度のくり返しを行ない、20℃ と 30℃ について調べた。図 5 に示すように、異常呼吸は温度が 20℃ の場合 3~4 時間後にはじまり、30℃ の場合には 1~2 時間後にはじ

まった。その速度の増大率も温度が高い場合には一層急速であるように思われる。温度が 20℃ から 30℃ に高められた場合、異常呼吸がはじまるまでの時間が約半分に短縮された。この現象は野外で幹を切り取って呼吸量を測定する場合、特に高気温の条件下では注意せねばならぬことである。

なお、幹の場合湿度の段階を変えた実験では、異常呼吸があらわれる時間に差はみられなかった。葉の場合とは異なり、幹では樹皮でおおわれているために湿度の影響がすくないのかもしれない。

3) 幹を縦方向に割った場合の呼吸に対する影響

切り取った幹の呼吸量に影響を与える要因の

一つに、切断面としての傷の面積が考えられる。これまでに樹皮を剥いだ実験³⁾、幹の長さを変えた実験³⁾、または長さを一定にとり太さを変えた実験^{3,8)} などが報告されている。傷が異常呼吸を引き起こす場合、幹を短く切るほどその影響は早くあらわれる³⁾。

Table 4. Changes in respiratory rates of split stem sections of *Cornus controversa*.

		Excised stem sections			Respiration (%) [*]	
		Weight (kg)	Diameter (cm)	Length (cm)	Hours	splitting 4~6
Control	No. 1	9.9	24.0	20.0		107.6
"	" 2	9.0	22.9	21.0		105.2
Split	" 1	8.8	22.7	20.0		101.8
"	" 2	6.5	22.0	16.0		87.7
"	" 3	7.6	21.8	19.0		106.1
					after 2~4	
						103.3
						90.9
						89.3
						84.9
						106.9

^{*} Values of respiration during the first 2 hours after cutting are set equal to 100%.

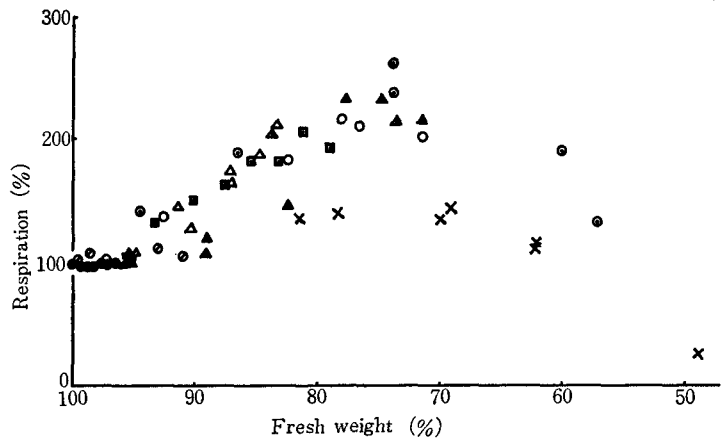


Fig. 4. Relationship between changes in respiratory rate and fresh weight of leaves of *Prunus Lannesiana* after cutting at various conditions as indicated in Fig. 3.

□, A₁; △, A₂; ○, A₃;
△, B₂; ○, B₃; ×, B₄;
●, C₃; ○, C₄.

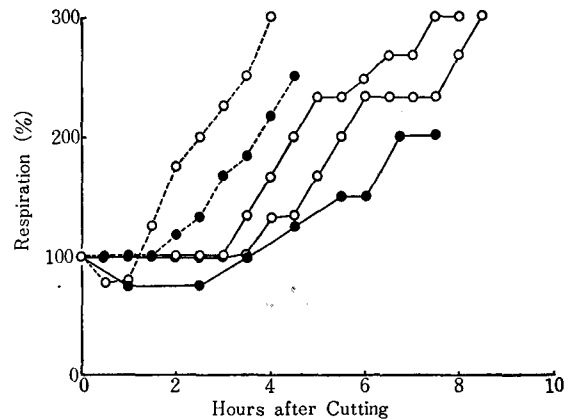


Fig. 5. Changes in respiratory rates of stem sections of *Prunus Lannesiana* after cutting at 20°C (solid line) and 30°C (broken line). The sections were 1-2cm in diameter and 5cm long. ●, Experiment number 1; ○, Experiment number 2.

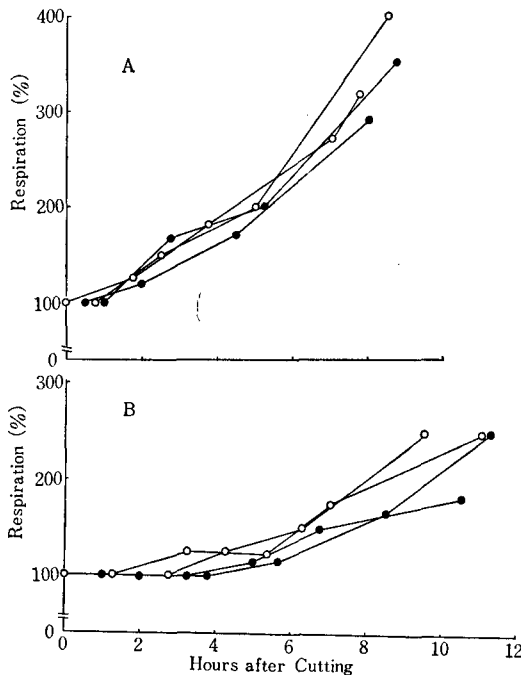


Fig. 6. Changes in respiratory rates of split stem sections of *Prunus Lannesiana* at 25°C.
●, Split; ○, control.

時間には割ったものと割らぬものとほとんど差はみとめられなかった。また、速度の変化の経過もほとんど同様である。ミズキの例(表4)では6時間の測定時間内では、割った試料と割らぬものととの差はみとめられず、オオシマザクラの測定結果とほぼ一致した。

幹を横方向に短く切断した場合、呼吸に対する傷の影響は早められ、そのうえ大きくあらわれるのに対して、幹を縦方向に割った場合には、その呼吸変化にほとんど影響がみとめられない。この現象の原因については、上述の実験からは論議できない。

原因はともかくとして、幹試料を縦方向に割る方が異常呼吸に対して影響がみられないということは、幹の呼吸測定に際しての実用上の問題点の一つを軽減できると思う。

ここでは傷面積を広げる意味で、幹を縦方向に割った場合の呼吸変化に対する影響について調べた。幹の呼吸測定は幹の長さ20cm程度に短く切り取った場合でも、幹直径が増すにしたがい、その測定には非常に困難を伴ってくる。したがって、幹を縦方向に割り細分化した試料によって、呼吸量の測定が可能であれば、幹の呼吸測定の労力軽減に貢献することになる。

実験は2種類について行なった。その一つはオオシマザクラの直径1~2cmの苗木の幹を材料として、赤外線ガス分析計で連続的に呼吸速度の変化を追跡し、他の一つはミズキの直径20~25cm程度の幹を材料として、密閉吸収法により野外で測定を行なった。

測定結果を図6および表4に示した。オオシマザクラの例(図6)では割らぬ試料を対照とし、異常呼吸がはじまるまでの呼吸速度を比較してある。苗木個体により呼吸に変化をきたすまでの時間にやや差があったので、2個体について調べた(図6A, B)。異常呼吸開始までの

引用文献

- 1) Yoda, K. et al.: Estimation of the total amount of respiration in woody organs of trees and forest communities, J. Biol. Osaka City Univ., 16, 15~26, (1965)
- 2) —: Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand, III. Community respiration, Nature & Life in SE Asia, 5, 83~148, (1967)
- 3) 大畠誠一, 四手井綱英, 辻英夫, 畠山伊佐男: 切り取り前後の樹木の呼吸変化について, 京大演報, 39, 100~109, (1967)
- 4) 桐田博充, 穂積和夫: 野外における土壌呼吸の測定—密閉吸収法の検討, I. KOH量が測定値に与える影響, 生理生態, 14, 23~31, (1966)
- 5) 楠元司: クロマツの光合成および呼吸, JIBP-PT-F 41年度報告, pp. 36~39, (1967)
- 6) 畠山伊佐男: 野外に於ける熱電対による温度測定に就いて, 植物及動物, 7, 1359~1366, 1539~1546, (1939)
- 7) Müller, D.: Studies of traumatic stimulus and loss of dry matter by respiration in branch from Danish forest-trees. Dansk Botanisk Arkiv, 4, 1~33, (1924)
- 8) Opitz, F.: Beitrag zur Kenntnis des Holzatmung, Botanisches Archiv, 32, 209~243, (1931)
- 9) Zelawski, W.: A contribution to the problem of temperature influence on respiratory processes in wood. Bull. Acad. Polon. Sci., Sér. sci. biol, 8, 517~519, (1960)

Résumé

Measurement of respiration as routine field work is carried out with simple and expedient techniques. It is desirable, however, to seek such conditions as make the measurement as accurate as possible. For this purpose, (1) alkaline absorption method was compared with infrared gas analysis method ; (2) effects of temperature, humidity, and traumatic stimulus on respiratory rise of excised tree organs were examined.

1) Comparison of alkaline absorption method with infrared gas analysis method.

In a closed cylinder containing plant material and alkaline solution, rate of CO₂ absorbed by the solution increased in proportion to the surface area of the solution, till it arrived at a plateau. Under our conditions, 15-20% surface area of the base area of the cylinder sufficed to establish maximum rate of absorption.

In experiments for comparison with the method of infrared gas analysis, an alkaline surface area of 22.4% was employed. No significant difference was detected between the values of respiration by both methods.

2) Effects of temperature, humidity and splitting on the respiratory rise of excised tree organs.

The respiration of excised leaves of deciduous broad-leaved trees remained normal for a few hours, followed by an abnormal rise. Generally, high temperature and low humidity had a trend to shorten the duration of normal respiration of excised leaves of *Prunus Lannesiana*. Little or no hastening effect on the starting of respiratory rise was, however, observed in 100% humidity air even at high temperatures.

As for stem sections, on the other hand, the period of normal respiration was remarkably shortened with rising temperature, but not affected by humidity. The duration of normal respiration of the sections at 30°C was only half that at 20°C.

No difference was observed between split sections and non-split controls in the course of respiratory change of stem sections after cutting.