 論 文

空気調和ガラス室内外の蒸散比較*

小 倉 祐 幸

(日本専売公社秦野たばこ試験場)

Comparison of Transpiration rates at the Inside and Outside of the Air-conditioned Glasshouse.

Yūkō OGURA

(Hatano Tobacco Experiment Station, Japan Monopoly Corporation, Hatano)

空気調和ガラス室における植物からの蒸散量は空気調和器の潜熱負荷となるので、空調器の除湿能力を設計するに当つて、この量をできるだけ正しく見積もることが必要となる。一方、蒸散量は室の温湿度条件によつて左右されるのであるから、両者の関係は相互作用的である。

ファイトトロンガラス室などでは、現在、一般には湿度調節は十分に行なわれないばかりか、その他の条件もおおむね不十分なものが多い。すなわち、多くは風速・風向は昼夜の別なく年中一定であり、温度を一定に保つためには夏は冷凍機により循環および新鮮空気は除湿されて低湿に傾むき、また冬は暖房機により暖められて、やはり低湿になり易い傾向がある。

このように室内の環境諸条件は圃場とはかなり異なるので、蒸散もまた室内外で相当に異なることが予想されるので、このことを確かめるため、実験を行なつた。

1. 実験方法および結果

実験は秦野たばこ試験場E48号ガラス室で行なつた、この室は5月～10月は冷凍機、11月～4月は暖房機の運転により、おおむね昼25°C、夜18°Cの条件に、また、水スプレー加湿器により湿度は50～90%に空気調和されており、タバコをa/5,000ポットでコンクリートベッド上に35cm間隔に並べて、年間継続的に繰り返し栽培試験を行なつている。

室内外の温湿度は1週間巻きの自記記録計(バイメタル・毛髪)により連続記録した。植物からの蒸散は毎朝9時にポット全重量を秤量して求めた。また、この時、土壤水分が生育に好適な最大容水量の約60%になるよう

に欠損分を注水補給した。この場合、土壤表面からの蒸発もあるが、ポットの土壤面はタバコ栽培の場合、葉面積(LA1≈2)にくらべて小さく(約8%)、縁から5cm程度以上も凹んでいて、ほとんど葉によつて覆われているので、ここからの蒸発は蒸散にくらべて3～4%程度(Table 1)と小さかつたので、これも蒸散に含めた。

室内外のいわゆる蒸発力を比較するために、ろ紙面蒸発計(大田計器製)を用いた。これは直径3.3cmの水平白色ろ紙面からの蒸発量を小さな水槽から給水し、水面の降下をフロート式にペン書きさせるもので、1週間巻きで蒸発速度の日変化がよみとれる特色がある(Fig 1)。

1) ポット試験における土壤面蒸発の割合

タバコ(ブライトエロー)を4月27日に播種し、6月2日にa/5,000ポットに移植して育て、8月4日～11日に測定を行なつた。土壤水分は飽和度で20, 40, 60, 80%の4区で、各区5ポットおよびブランクポット1(約50%飽和度)の計21ポットである。土壤は秦野の火山灰土を2mmでふるつたもので、これにN, P, Kのおおの約1g/ポットを添加した。土壤の充填方法および水分・養分の調整方法の詳細は別報¹⁾のとおりである。毎日9時に一定重量まで給水し減量により日蒸発散量を測定したが、生育にともなつてタバコ生体重の増加だけ目標重量を修正する必要があるので、このため別の予備ポットにもタバコを植えておき約1週間毎に引き抜いて生体重を適宜求めた。葉面積は全着葉の葉長・葉幅を測定し、あらかじめ求めた係数0.568を乗じて算出した。

実験結果をTable 1に示す。

80%区では土壤面蒸発の比率が10%以上のものもみられるが、これは過湿に生る生育障害を起したものであり、植物体は小さく枯上りの著しいことによつて表のよ

* 昭和44年7月4日関東支部第2回例会にて発表

うに葉面積も明らかに小さく異常であるので、これは除外して考えれば、一般に土壌面蒸発の蒸散に対する比率は3~4%という小さな値に止まっていることが明らかである。

Table 1. The ratio of the soil surface evaporation to the transpiration from tobacco at the pot-culturing.

	leaf area (cm ²)		transpiration (g/day)		ratio (%)	
	4/VIII	11/VIII	4~6/VIII	7~11/VIII	4~6/VIII	7~11/VIII
20% plot	4,256	4,687	830	1,226	3.6	4.1
40% plot	4,344	5,178	914	1,518	3.3	3.3
60% plot	4,017	5,200	818	1,314	3.7	3.8
80% plot	2,714	3,450	384	722	11.4	8.3
blank			30	50		

2) 室内外におけるタバコの昼夜の蒸散量

この場合には、ポット重量を1時間毎に 10kg 精密二程天秤により測定した。

実験結果を Table 2. に示す。

実験結果によれば夏の日中のタバコの蒸散は室外にくらべて常に室内は少なく、その平均比率は0.75であることがわかる。

つぎに、1日の時刻別蒸散量は Table 2. から、昼間は空外の方が多いのに対して夜間は反対に室内の方がかなり多く、1日の合計ではほとんど等しい値を示している。ところで、室外における蒸散は自然条件下であるた

め、温湿度・風速などの変動の影響を複雑にうけるので、このような短期間の測定結果だけからでは室内外の蒸散を十分に比較検討することはできない。また、年間の比較を行なうためにはタバコを用いることができないので、葉面蒸発に最も近い蒸発計として、ろ紙面蒸発計を用いて以下の実験を行なった。

3) ろ紙面蒸発計による室内外蒸発量の測定

自記記録の例を Fig. 1 に、1年間の測定結果を Table 3. に示す。

冬期にはしばしば室外の蒸発計が氷結したので12~3月の蒸発量は過小かつ不正確と考えられるが、年間を通じて明らかに室内の方が蒸発量が大であるといえる。Table 3. では、各月とも室内の方が大であり、年間合計では室外の1.75倍となつている。

つぎに Table 4. に四孝の代表例について昼夜別蒸発

Fig. 1 The evapo-transpiration records obtained by the recording evapo-transpirometer.

Table 2. The transpiration from tobacco at the inside and outside of the air-conditioned glasshouse. (mg/cm²)

time	9~10	10~12	12~14	14~16	day	16~9	day and night
inside	24.7	52.4	46.3	12.9	136.3	61.8	198.1
outside	26.5	55.1	49.3	22.4	153.3	41.9	195.2
in/out	0.93	0.95	0.94	0.58	0.89	1.48	1.01

26~27/VIII

Table 3. The evaporation from blot-paper-evaporimeter at the inside and outside of the house. (mm)

month	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	sum
inside	128.3	153.8	135.1	143.3	121.7	121.6	116.6	86.9	104.1	101.2	71.9	96.7	1,381.2
outside	61.3*	66.0*	34.3*	65.5*	55.3	43.8	100.9	67.9	98.3	80.9	68.3	47.7	790.2
in/out	2.09	2.33	3.94	2.19	2.20	2.78	1.16	1.28	1.06	1.25	1.05	2.03	1.75

* sometimes frosted.

XII, 1966~XI, 1967. Hatano E48 glasshouse.

Table 4. The evaporation of daytime and nighttime at the inside and outside of the house.

(mm/3 days)

date	17~19/ I			6~8/IV			26~28/VII			8~10/X		
	day	night	d/n	day	night	d/n	day	night	d/n	day	night	d/n
inside	6.7	10.2	0.7	7.7	6.3	1.2	7.7	4.4	1.8	4.5	3.0	1.5
outside	7.9	2.3	3.4	6.8	1.9	3.6	9.6	0.9	10.7	7.6	1.7	4.5

daytime 6~18h, nighttime 18~6 h.
Hatano E48 glasshouse 1967.

Table 5. The saturation deficit of humidity at the inside and outside of the house.

(%)

date \ time	17~19/ I		6~8/VII		26~28/VII		8~10/X	
	day	night	day	night	day	night	day	night
inside	46	46	49	28	49	10	37	23
outside	48	29	52	19	33	9	52	9

$$\text{day} = (10\text{h} + 14\text{h})/2, \quad \text{night} = (2\text{h} + 20\text{h})/2.$$

量を示す。

これによれば、室外では昼夜の差が著しいのに対して室内では、かなりこの差が小さい点に相異がみられる。室内では夜間の方が昼間よりも蒸発量が大である場合さえも認められる。Fig. 1 は同一紙上に室内と室外の記録をあわせて書き写したものであるが、室内の蒸発は室外とは大きく異なつて昼夜の変動の少ない特色が明らかである。

また、Table 4 について、昼の値だけでみれば、4月を除いて室外の方が蒸発量は大であるが、夜間は例外なく室内の方が大である。したがつて年間を通じて夜間には室内の植物は室外よりもかなり乾燥状態にあるということが出来る。

晴天の日中、圃場では上位の葉温は気温よりもかなり上昇するが、曇雨天をもふくめて全着葉について考えれば葉温と気温とはそれほど著しく異なることはないと思われる。また、空気調和ガラス室内では一般に葉温は日中もほとんど気温と等しい²⁾。したがつて簡単のため葉温は気温に等しく、その温度で葉表面は飽和湿度になっていると仮定すれば、気流や熱伝達の影響をも無視して、蒸散は室内外ともにその飽差、すなわち100-相対湿度に概略比例するとみなすことができよう。それで室内(ベッド上、植物日陰)および室外(気象観測所)における湿度の自記記録からもまた、昼夜の室内外の蒸散力が推定される。

このため、Table 4. と同一日の湿度記録から平均飽差を求めた結果を Table 5. に示す。

これによると、昼間の値は7月を除いて常に室外が蒸

発力が高く、夜間は例外なく室内が高くなつており、Table 5. と一般的傾向はよく一致した結果が示され、湿度記録からも蒸発力が十分に推定されることがわかる。

4) 植物自記蒸散計による室内外蒸散量の測定

以上は蒸発計蒸発量についての実験であるが、しかし植物体からの蒸散は蒸発とはやや異なり、夜間には気孔が閉塞し、日中には直達日射の影響を受けることから、昼夜の蒸散量比などでは蒸発の場合よりも大きく、相異がみられるのではないかと考えられる。このことを実際に植物を用いて実証するため前述のろ紙面蒸発計を用い、ろ紙の代りに大麦およびタバコの小苗を植えて水耕式に栽培し、蒸散量の日変化を記録させる方法を考案した。この装置 (Fig. 2) は小型軽量で蒸散量の時間変化を細かく知ることができて便利である。この場合は室内外とも日なたに置いて蒸散量を測定した (Fig. 1)。2日間の昼夜の積蒸発量を Table 6 に示す。

Fig. 2 可搬式自記蒸散計

Table 6. The accumulated evapo-transpiration of daytime and nighttime.

plant		day	night	d/n
inside	tobacco	2.7	1.1	2.5
	barley	3.6	1.8	2.0
	blot paper	4.0	2.6	1.5
outside	barley	8.3	1.4	5.9
	blot paper	3.2	0.9	3.6

same two days shown in Fig. 1.

まず, Fig. 1 から蒸散も蒸発と類似し室内では室外に比して昼夜の変動がかなり小さいことが明らかである。また, タバコと大麦では大差なく, いずれも夜間にくらべて昼間の蒸散が著しい。これを昼夜の蒸散量の比で見ると Table 6 より, 明らかに室内で昼夜の変動は小さく, かつ, 蒸発計にくらべて植物からの蒸散でこの比が大となっており, 気孔の開閉の影響があらわれているものと推察される。

このように室内植物の蒸散が室外と異なることは, 室内における植物の生育・形態形成に影響し圃場の植物とは相異したものが育成されることも考えられるので, 室内植物についての生理実験などでは, このような点について一層の検討を要するのではないかと考えられる。

2. 摘 要

空気調和ガラス室の内外で蒸数がどのように異なるかを検討した。

蒸発計蒸発量は年間を通じて明らかに室内の方が室外よりも大であつた。また, 昼夜別蒸発量では昼は室外が蒸発が大であるが, 夜は例外なく室内が大であつた。このことは同時期の室内外の飽差からも裏付けられた。

植物からの蒸散速度の時間変化を明らかにするために, 可搬式の小型自記蒸散計を考案した。この記録例から, 蒸散も蒸発と同様に, 室内は室外に比して昼夜の変動が小さいことが示されたが, また, この昼夜の比は蒸発のそれよりも明らかに大であつた。

総括的に, 室内の蒸散は昼夜の変動が比較的小さく, 昼間は概して室外よりも少ないが, 夜間は大である特色がある。

引用文献

- 1) 小倉祐幸・久米英夫 (1967): ポット試験における土壌の充填方法と容水量, 日土肥, **38**, 275-279.
- 2) 小倉祐幸 (1968): 空気調和ガラス室の純放射および短波放射について, 農業気象, **24**, 1-5.

Summary

The difference in transpiration between the inside and the outside of the air-conditioned glasshouse (25-18°C, 50-90% RH) is studied.

The evaporation from an evaporimeter has been clearly larger at the inside than at the outside throughout a year (Table 3). The evaporation at daytime has usually been larger at the outside than at the inside, while at nighttime the contrary has been the case (Table 4.). The data of saturation deficits (100-RH) of air at the inside and outside of the house (Table 5.), support the above results.

In order to measure the hourly rate of transpiration from a small plant, a portable recording transpirometer has been devised (Fig. 2).

The records (Fig. 1) show clearly that the transpiration as well as the evaporation varies less with time at the inside than at the outside. The day-night ratio of transpiration is larger than that of evaporation (Table 6).

In conclusion, the transpiration at the inside varies relatively little throughout the day. The daytime transpiration is usually smaller inside, but at night the reverse is the case.