琉球大学学術リポジトリ

沖縄におけるタバコの蒸発散量について(農業工学科)

メタデータ	言語:
	出版者: 琉球大学農学部
	公開日: 2008-02-14
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 吉永, 安俊, 山城, 三郎, Yoshinaga, Anshun, Yamashiro, Saburo
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/4160

沖縄におけるタバコの蒸発散量について

吉永安俊* ・ 山城三郎*

Anshun YOSHINAGA and Saburo YAMASHIRO: Studies on evapotranspiration from a Tobacco field in Okinawa.

I 緒 言

沖縄県で葉タバコの生産が本格的に行われたのは昭和26年に民営のたばこ製造会社が新設されてからである。以後，葉タバコ生産者はたばこ製造企業と栽培契約を結び生産を行ってきた。昭和47年に本土復帰に伴うたばこの専売制への移行により，民営のたばこ製造会社は日本専売公社に吸収された。その結果，葉タバコ生産者との栽培契約は日本専売公社へ引き継がれた。専売公社による葉タバコの全量買い上げ，買い入れ価格の引き上げ，災害補償制度の設定，作付割当面積の拡大，および栽培技術指導の実施等により，作付け面積と共に生産額も顕著な伸びを示してきた。昭和52年度の作付面積は復帰時の3倍の1100ha[6]に達し，生産額も24億円[6]で沖縄農業の耕種部門でサトウキビ，野菜に次ぐ第3位にランクされ，きわめて重要な作目になっている。また流通機構の問題で野菜栽培が不適とされている離島辺地での伸展がめざましく，産地に与える経済効果は甚大である。

しかし，国産葉タバコの生産は過剰傾向にあり，昭和52年度から生産調整が実施され，量から質への転換が要求されている。昭和52年度，53年度の沖縄産葉タバコの品質を5段階級評価すれば，1等1%，2等11%，3等45%，4等34%，5等9%となり，中下級品が大半である[6,7]。本土の1等30%台に比べると品質面でかなり開きがある。今後特産地化へ向けての品質の向上が重要課題であると考える。沖縄県で葉タバコの主な栽培地域はサンゴ石灰岩土壌地帯と砂質土壌地帯である。これらの土壌は有機質含有量が少なく，また水持ちも悪い。夏期の干バツの常襲地帯であり，良質の葉タバコ生産を行うには十分な肥培管理とカンガイが必要である。沖縄県においては栽培期間の2月～6月は比較的雨量に恵まれているが（表－1），城間[8]の研究によれば，日降水量5mm未満を干天日として，那覇における春期（3月22日～6月19日）の連続干天日数は2年確率で15日，5年確率で20日となり，タバコは毎年若干の潜在的干バツ被害を受けているものと推測される。従って葉タバコの品質のみならず，正常生育の観点からもカンガイは必要である。

カンガイ計画に際し，タバコの蒸発散量を知っておく必要がある。しかし沖縄県におけるその関係資料は皆無であり，早急な調査が望まれている。本研究はタバコの蒸発散量について，沖縄総合事務局土地改良課の委託を受けて行ったものである。

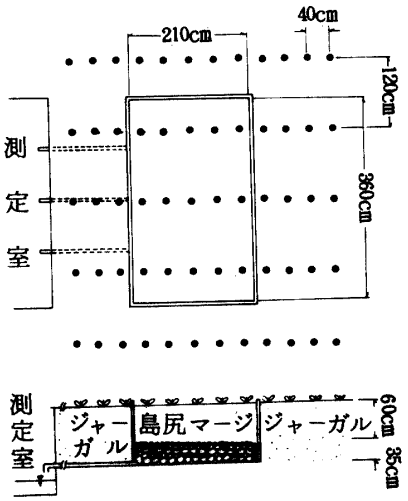
II 実験材料および方法

蒸発散量の測定装置として旧琉球大学農学部附属農場のホ場に埋設された210cm×360cm×160cmのライシメーターを用いた（図－1）。ライシメーターの内外に畦間120cm，株間40cmの慣行栽培密度

* 琉球大学農学部農業工学科
琉球大学農学部学術報告 26：287～295（1979）

で第2黄色種を植付け実験を行った。ライシメーター内の土壌は県内でタバコの栽培面積の最も多いサンゴ石灰岩土壌（島尻マーヂ）である。外側はジャーガル土壌である。タバコの植付けは2月22日で，収穫終了は6月26日であった。その間，土寄，心止，収穫時期はすべて慣行に従った。

蒸発散量の測定はライシメーター内の水収支法で求めた。すなわち，累積流入量－累積流出量＝累積蒸発散量の関係から累積蒸発散量を求め，これを曲線化し，微分することにより平均日蒸発散量を求めた。流入源として降雨とカンガイ水があり，栽培期間の降雨量とカン水量を毎日測定してその期間中の累積流入量とした。累積流出量は図－1のライシメーター底部からの排水量を毎日測定して求めた。



図－1　ライシメーターの構造と植栽方法

Ⅲ　実験結果および考察

1　水収支

1）累積蒸発散量

十分な降雨あるいは過剰カンガイ後のライシメーター内の水分は土壌の保水容量および蒸発散量以外は重力水として排除される。降雨あるいはカンガイの日から，流出量が零となる日までをライシメーター内の水収支の1サイクルとすると，その期間の水収支は次式で示される。

$$P + M_1 = M_2 + ET + D \quad \cdots\cdots(1)$$

変形して

$$ET = P - (M_2 - M_1) - D \quad \cdots\cdots(2)$$

P：雨量またはカンガイ水量（mm）

M_1：降雨またはカンガイ直前の土壌水分（mm）

M_2：次期の降雨またはカンガイ直前の土壌水分（mm）

ET：蒸発散量（mm）

D：流出量（mm）

表－1に示されるように実験期間中例年になく多雨であったため，流出量が零の日は1日もなかった。し

表－1　降雨量

月	栽培期 旧農場内(mm)	栽培期 琉球気象台(mm)	平年値 mm 琉球気象台（1968－1977）
3　月	274.3	267.5	134.5
4　月	234.9	281.5	124.7
5　月	290.2	234.5	266.7
6　月	256.0	250.0	300.6
合　計	1,055.4	1,033.5	826.5

かし，植付け直前に十分カン水を行いほぼホ場容水量附近の状態から実験を始めているので，流出量が零に近くなった日，すなわちホ場容水量附近の日について(2)式で$M_1=M_2$（土壌水分の変化はなかったと仮定）とおき累積蒸発散量を求めた。それらの月日と累積蒸発散量の値を表－2に示す。

表－2　葉タバコの累積蒸発散量（実測値）

期　間	降水量 mm	カン水量 mm	流入量 mm	流出量 mm	累積流入量 mm	累積流出量 mm	累積蒸発散量 mm
2/2～3/1	2.8	30	32.8	3.8	32.8	3.8	29.0
3/2～3/14	149.7		149.7	140.1	182.5	143.9	38.6
3/15～3/29	113.0		113.0	89.5	295.5	233.4	62.1
3/30～4/5	26.2		26.2	12.3	321.7	245.7	76.0
4/6～4/15	110.3		110.3	91.8	432.0	337.5	94.5
4/16～4/22	77.5		77.5	62.2	509.5	399.7	109.8
4/23～4/28	30.1		30.1	19.4	539.6	419.1	120.5
4/29～5/10	115.6		115.6	90.5	655.2	509.6	145.6
5/11～5/13	24.7		24.7	14.0	679.9	523.6	156.3
5/14～5/18	92.9		92.9	87.6	772.8	611.2	161.6
5/19～5/27	54.3		54.3	32.0	827.1	643.2	183.9
5/28～5/31	2.7		2.7	1.4	829.8	644.6	185.2
6/1～6/13	107.3		107.3	77.7	937.1	722.3	214.8
6/14～6/24	148.1		148.1	123.4	1,085.2	845.7	239.5

2）蒸発散量の曲線化

作物の累積蒸発散量は一般にロジステック曲線と称する一種の指数曲線で示される[9]。ここでは表－2の累積蒸発散量の時期的変化に(3)式で示されるロジステック曲線を適用してみた。

$$Y=C+\frac{D-C}{1+e^{\phi(t)}} \quad \cdots\cdots(3)$$

$$\phi(t)=a+a_1t+a_2t^2+a_3t^3$$

Y：累積蒸発散量（mm）
C：t＝0の時のYの漸近値（mm）
D：t＝∞の時のYの漸近値（mm）
t：10日を1単位とした植付後の期間
a_0，a_1，a_2，a_3 は定数

表－2の“期間”は実験の都合上ランダムにとってある。しかし累積蒸発散量の曲線化に際し，計算の便宜上“期間”を等間隔にとり，累積蒸発散量を内挿法により求めて用いた（表－3）。その結果以下に示すような(4)式を得た。

$$Y=20+\frac{295-20}{1+e^{(3.5957-0.8114t+0.0631t^2-0.0025t^3)}} \quad \cdots\cdots(4)$$

計算結果を表－4に示す。

表－3　内挿法で求めた累積蒸発散量

月　日	T	t	Y (mm)
3／ 1	－ 8	0	27.0
3／11	－ 7	1	36.0
3／21	－ 6	2	48.0
3／31	－ 5	3	64.0
4／10	－ 4	4	83.0
4／20	－ 3	5	103.0
4／30	－ 2	6	125.0
5／10	－ 1	7	146.0
5／20	0	8	167.0
5／30	1	9	187.0
6／ 9	2	10	206.0
6／19	3	11	224.0
6／29	4	12	240.0
7／ 9	5	13	255.0
7／19	6	14	268.0
7／29	7	15	279.0
8／ 8	8	16	287.0

t ：10日を1単位とする測定開始後の日数
T：t－8（7月9日以後の蒸発散量は推定値）

表－4　葉タバコの累積蒸発散量（計算値）

t	a	at	at^2	at^3	$\phi(t)$	$e^{\phi(t)}$	$1+e^{\phi(t)}$	Y
	3.5957	$-0.8114t$	$0.0631t^2$	$-0.0025t^3$				
0	3.5957	0	0	0	3.5957	36.4412	37.4412	27.3
1	3.5957	－ 0.8114	0.0631	－ 0.0025	2.8449	17.1998	18.1993	35.1
2	3.5957	－ 1.6228	0.2524	－ 0.0200	2.2053	9.0730	10.0730	47.3
3	3.5957	－ 2.4342	0.5679	－ 0.0675	1.6619	5.2693	6.2693	63.9
4	3.5957	－ 3.2456	1.0096	－ 0.1600	1.1997	3.3191	4.3191	83.7
5	3.5957	－ 4.0570	1.5775	－ 0.3125	0.8037	2.2338	3.2338	105.0
6	3.5957	－ 4.8684	2.2716	－ 0.5400	0.4589	1.5823	2.5823	126.5
7	3.5957	－ 5.6798	3.0919	－ 0.8575	0.1503	1.1622	2.1622	147.2
8	3.5957	－ 6.4912	4.0384	－ 1.2800	－ 0.1371	0.8719	1.8719	166.9
9	3.5957	－ 7.3026	5.1111	－ 1.8225	－ 0.4183	0.6582	1.6582	185.8
10	3.5957	－ 8.1140	6.3100	－ 2.5000	－ 0.7083	0.4925	1.4925	204.3
11	3.5957	－ 8.9254	7.6351	－ 3.3275	－ 1.0221	0.3598	1.3598	222.2
12	3.5957	－ 9.7368	9.0864	－ 4.3200	－ 1.3747	0.2529	1.2529	239.5
13	3.5957	－ 10.5482	10.6639	－ 5.4925	－ 1.7811	0.1685	1.1685	255.3
14	3.5957	－ 11.3596	12.3675	－ 6.8600	－ 2.2563	0.1047	1.1047	268.9
15	3.5957	－ 12.1710	14.1975	－ 8.4375	－ 2.8153	0.0599	1.0599	279.5
16	3.5957	－ 12.9824	16.1536	－ 10.2400	－ 3.4731	0.0310	1.0310	286.7

3）平均日蒸発散量曲線

(3)式をtで微分することによって単位時間tの平均蒸発散量が求まる。2）においてYの単位を㎜，tの単位を10日としているのでここでは10日平均蒸発散量が求まる。(3)式を微分して(5)式を得る。

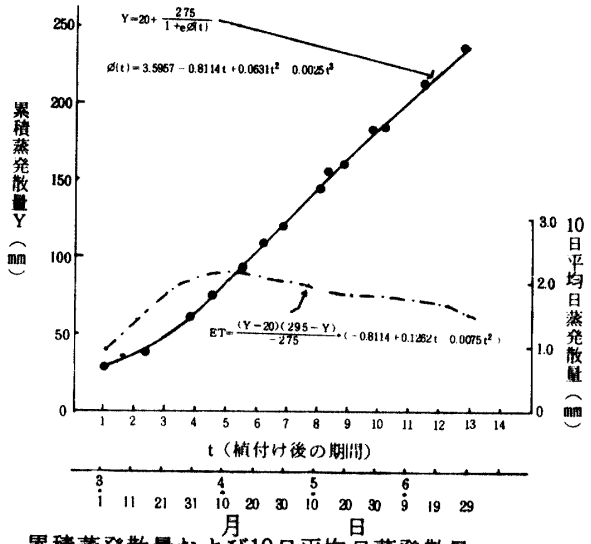
$$\frac{dY}{dt}=\frac{(Y-C)(D-Y)}{C-D}\cdot(a_1+2a_2t+3a_3t^2)\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

(5)式にそれぞれの定数を代入すると(6)式を得る。

$$ET_{10}=\frac{(Y-20)(295-Y)}{-275}\cdot(-0.8114+0.1262t+0.0075t^2)\cdots\cdots(6)$$

表－5　葉タバコの蒸発散量（㎜／10day）

tt	Y	Y－20	295－Y	$\frac{(Y-20)(295-Y)}{-275}$	a_1 −0.8114	$2a_2t$ 0.1262t	$3a_3t^2$ 0.0075t²	$\frac{d\phi(t)}{dt}$	$\frac{dy}{dt}$
0	27.3	7.3	267.7	− 7.1062	− 0.8114	0	0	− 0.8114	5.8
1	35.1	15.1	259.9	− 14.2709	− 0.8114	0.1262	− 0.0075	− 0.6927	9.9
2	47.3	27.3	247.7	− 24.5899	− 0.8114	0.2524	− 0.0300	− 0.5890	14.5
3	63.9	43.9	231.1	− 36.8920	− 0.8114	0.3786	− 0.0675	− 0.5003	18.5
4	83.7	63.7	211.3	− 48.9448	− 0.8114	0.5084	− 0.1200	− 0.4266	20.9
5	105.3	85.0	190.0	− 58.7272	− 0.8114	0.6310	− 0.1875	− 0.3679	21.6
6	126.5	106.5	168.5	− 65.2555	− 0.8114	0.7572	− 0.2700	− 0.3242	21.2
7	147.3	127.2	147.8	− 68.3642	− 0.8114	0.8834	− 0.3675	− 0.2955	20.2
8	166.9	146.9	128.1	− 68.4287	− 0.8114	1.0096	− 0.4800	− 0.2818	19.3
9	185.8	165.8	109.2	− 65.8377	− 0.8114	1.1358	− 0.6075	− 0.2831	18.6
10	204.3	184.3	90.7	− 60.7855	− 0.8114	1.2620	− 0.7500	− 0.2994	18.2
11	222.2	202.2	72.8	− 53.5279	− 0.8114	1.3882	− 0.9075	− 0.3307	17.7
12	239.5	219.5	55.5	− 44.2991	− 0.8114	1.5144	− 1.0800	− 0.3770	16.7
13	255.3	235.3	39.7	− 33.9688	− 0.8114	1.6406	− 1.2675	− 0.4383	14.7
14	268.9	248.9	26.1	− 23.6229	− 0.8114	1.7668	− 1.4700	− 0.5146	12.2
15	279.5	259.5	15.5	− 14.6264	− 0.8114	1.8930	− 1.6875	− 0.6059	8.9
16	286.7	266.7	8.3	− 8.0495	− 0.8114	2.0192	− 1.9200	− 0.7122	5.7



図－2　累積蒸発散量および10日平均日蒸発散量

従って10日平均日蒸発散量はET_{10}／10から求まる。ET_{10}の値は(6)式にｔおよびその間の累積蒸発散量を代入することにより求まる。結果を表－５に示す。累積蒸発散量曲線および10日平均日蒸発散量曲線を図－２に示す。

2　タバコの生育調査

植付け後約1ケ月間の生長は若干停滞ぎみであった。しかしその後追肥および豊富な降雨量の影響で順調に生育し，162.3kg／10aの収穫を得た。これは実験年の昭和53年度県平均反収164.7kg／10aとほぼ一致し，並の作柄であったと言える。

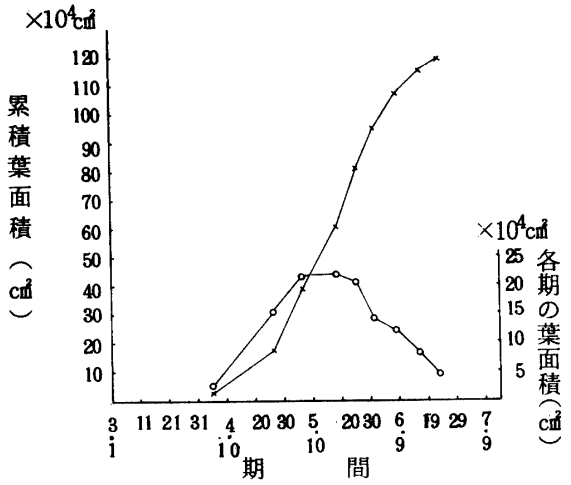
生育調査として葉面積を測定してその推移状況で生育状態を判断した。葉面積の測定は栽培期間中9回行った。その推移状況を図－３に示す。葉面積の測定としてライシメーター内の全葉について葉長と葉幅を測定しておき，後に収穫した葉の実面積と葉長×葉幅との関係を求め，その関係式で全葉面積を算出した。関係式を(7)式で示す。

$$y = 0.616x \quad \cdots\cdots (7)$$

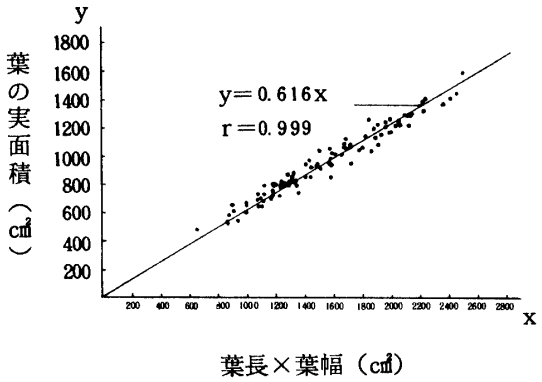
y：葉の実面積（cm²）

x：葉長×葉幅（cm²）

これらの関係は相関係数r＝0.999できわめて高い相関係係のあることがわかる。結果を図－４に示す。



図－３　葉面積の推移



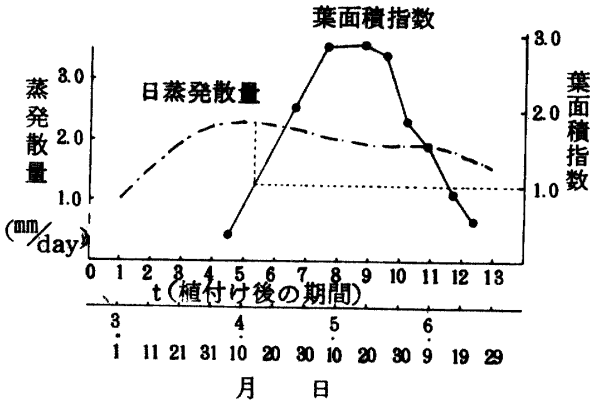
図－４　葉の実面積と葉長×葉幅の関係

本研究におけるタバコの日蒸発散量は図－２および表－５に示されるように，植付け後40日～50日で約2.2mm／dayのピークに達し，その後収穫終了時までほぼ平衡状態を保ち，特異な推移を示している。この原因は気象条件にもあると思われるが，気条件との関係は後に述べる。

一般に植物個体当たりの蒸発散量の消長は葉面積の消長とほぼ平行して山型をなすと言われている。しかし，タバコの場合は葉面積の最大期と蒸散の最大期は一致せず，蒸散の最大期は葉面積の最大期よりも前に現われる[1,4]。また蒸発散量についても同様なことが言える[1]。両ピークのずれはタバコの生理的特性（蒸散量の最大は，葉長の最終葉長の60％，葉面積では最終葉面積の30％の附近である[5]）。および群落内の葉の相互遮蔽による蒸散量の低減と葉面積増加に伴う土壌面被覆による土壌面蒸発の抑制等の相互作用による影響と考える。植物の生育過程において植物体による土壌面被覆が蒸発散量に与える影響は大きい。和泉等[1]はタバコの蒸発散量と蒸発量と測定し，蒸発散に対する蒸散の割合T／ET を求

め，蒸発散の主体が土壌面蒸発から蒸散に移る時期を確認している。その時期は葉面積指数1.0附近であるとしている。また城間[8]はパインアップルの蒸発散量は植付け直後に最大を示し，植物体が十分生長した夏の値よりむしろ大きいとし，その原因はパインアップルによる被覆の少ない土壌面からの蒸発量が大きいためだとしている。岩切[3]は土壌水分が十分な場合の土壌面蒸発量は蒸発計蒸発量の約80%に達するとしている。従って作物の幼育期における土壌面蒸発量の蒸発散量に占める割合は大きい。

図－5で蒸発散量は葉面積指数がほぼ1.0附近でピークに達する。その後，葉面積指数は3.0附近まで増大するが，それに伴う蒸発散量の増加は見られず，ほぼ平衡状態が続く。これはタバコの生育に伴って蒸散量は増大傾向を示すが，逆に土壌面蒸発量は減少傾向を示し，両方が相殺し合って平衡状態になるものと考える。タバコの蒸発散量はタバコの生理的な面から，後半の葉面積指数が1.0に達する以前に平衡状態を破り低下するものと考える。しかし本研究においては図－5で明らかなように後半の葉面積指数が1.0より小さくなってもあまり蒸発散の減少はみられず収穫終了時までにわずかな減少を示すにすぎない。この原因は，後半の葉面積指数が1.0に達する附近から晴天が続き，気温の上昇に伴う土壌面蒸発の増大が葉面積の減少および老化による蒸発散の減少を補ったものと考える。



図－5 葉面積指数と蒸発散量

Ⅳ むすび

本研究におけるタバコの10日平均日蒸発散量の最大値は2.2mm／dayで，著者等が先に同ライシメーターで測定したサヤインゲンの4.9mm/day（1976），秋植キャベツの7.4mm/day（1977）に比較するとかなり小さな値である。この差は作物の種類によるものなのか，気象条件および土壌条件によるものなのか明らかでない。和泉・佐々木は宇都宮で土壌水分50%と60%の条件下でタバコを栽培し，最大10日平均日蒸発散量をそれぞれ3.6mm／dayおよび5.0mm／dayを観測している[2]。宇都宮と那覇では気象条件，土壌条件および栽培時期が異なるため単純比較はできないが，他作物との比較を考慮すれば2.2mm／dayの値は若干小さめに思われる。これはタバコの生育期の3月，4月，5月の3ケ月間に降雨日数が48日（すなわち2日に1回の割合）あり，日照不足および温度降下による蒸発散量の低下にあるものと考える。ちなみに同期間の蒸発計蒸発量は沖縄気象台（那覇）の資料でいずれの月も近年10年間の最低値を示し，3ケ月間の平均値は平年値の約76%にすぎない。従って，本研究データをカンガイ計画に用いる場合は気象要因の考慮が必要である。

タバコの要水量は，年々の気象要因あるいは品種によって変動するばかりでなく，苗の素質，移植時期，心止の早晩，心止の深さなどの栽培操作や，葉の収穫時期，すなわち適熟葉の判定といった人為的な要素によって大きく変動すると言われる[4]。従ってより効率的なカンガイ計画を行うには，長期にわたるこれらのデータの集積が必要である。

V　摘　要

1　本研究は沖縄におけるタバコの蒸発散量を知る目的で行ったものである。

2　タバコの栽培密度は沖縄での慣行に従い2083本／haである。

3　蒸発散量をライシメーターで植付け日の2月22日から収穫終了の6月22日までの全期間について測定した。

4　タバコの累積蒸発散量にロジステック曲線をあてはめることができた。それを微分すると平均日蒸発散量が求まる。

5　10日平均日蒸発散量のピークは2.2㎜／day。

6　10日平均日蒸発散量のピークは植付け後50日で現われその後，収穫終了時に向ってなだらかな減少傾向を示す。

本研究においてタバコ苗の調達および肥培管理，その他いろいろ御指導下さった日本専売公社沖縄事務局の渡慶次堅正氏に心から感謝の意を表します。

参　考　文　献

1　和泉寿・佐々木幹夫　1967　タバコほ地における蒸発散に関する研究　第3報　宇試報告，5：167～173

2　＿＿＿＿＿＿＿＿1968＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿第4報，＿＿＿＿＿6：35～44

3　岩切敏　1968　南九州における裸地面蒸発について，農業気象，23：151～158

4　小倉祐幸　1966　土壌水分とタバコの生育に関する研究　第1報，日作紀，35：120～125

5　＿＿＿＿＿1967＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿第2報，＿＿＿＿＿36：63～67

6　日本専売公社沖縄事務局　1977　葉タバコ生産統計表　昭和52年度，p9，p19，那覇，日本専売公社沖縄事務局

7　＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿1978＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿昭和53年度，p22，那覇，日売専売公社沖縄事務局

8　城間理夫　1977　沖縄のパインアップル作と気象環境　琉球大学農学部学術報告，24：283～412

9　山城三郎　1972　沖縄におけるサトウキビの蒸発散量　第4報，　琉球大学農学部学術報告，19：343～362

Summary

1. The purpose of the present investigation was to obtain some knowledge on evapotranspiration of tobacco plants grown in Okinawa.
2. Plants population (2085 plants per hectare) were used in this investigation.
3. Evapotranspiration was measued with lysimeter under natural field conditions during the growing season of tobacco plants from February 22, transplanting time, through june 26, the end of harvesting period.
4. The cumulative evapotranspiration curve was shown with logistic curve,

The daily evapotranspiration of tobacco plants were calculated by differentiating the cumulative evapotranspiration curve.

5. The largest value of 10-day averages of daily evapotranspiration were 2.2mm/day.
6. The 10-day averages of daily evapotranspiration came to climax approximately 50 days after transplanting, and it is recognized to decreases slowly for the end of havesting period.