

沖縄におけるパインアップル畑の蒸発散量について

誌名	農業気象
ISSN	00218588
著者	城間, 理夫
巻/号	30巻3号
掲載ページ	p. 91-100
発行年月	1974年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



沖縄におけるパイナップル畑の蒸発散量について

城 間 理 夫

(琉球大学農学部)

Evapotranspiration of Pineapple Field in Okinawa

Michio SHIROMA

(Dept. of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture,
University of the Ryukyus, Naha 〒903)

1. はしがき

パイナップルは沖縄における主要作物の1つである。この作物は葉の組織の中に貯水層を持ち(Krauss, 1949), 耐干性が強い(城間, 1973)が, 土壌含水量が十分でないときにはその栄養生長が遅れる(城間, 1971 B)ことが知られている。このことは, この作物も生育のためには適度の水分を必要とすることを示すものである。しかし, 沖縄は降水量が多い割に時には干ばつになることがあるので, 沖縄の気候と気候学的水収支とに関連してこの作物の蒸発散量の年間の推移を知ることが必要であると考えられる。

筆者の知る限りでは, パイナップルの水分消費についての研究結果は多くはない。これらの中では蒸散量については Siderisら(1950)の研究, 蒸発散量については Ekern(1964, 1965)の研究などが主なものである。Ekernの研究はハワイにおいて行なわれたものであって, 測定期間もかなり長期にわたっており, 測定例も多い。しかし, これらの結果ではこの作物の蒸発散量と植物体の生育段階の推移および気象要素の年間の推移との関係が明らかでない。したがって, ハワイと気候の違う沖縄で彼の結果を利用するためには沖縄における測定結果も必要であると思われる。

筆者は沖縄におけるパイナップル圃場からの蒸発散量を比較的長期間にわたって測定した。植付から収穫までの蒸発散量の推移や, 蒸発散量と葉面積並に気温や日射量との関連性について若干の知見を得たので, これらについて報告し, 併せてEkernのハワイにおける測定結果とも比較したい。

2. 実験方法

蒸発散量の測定にはライシメーターを使い, 水収支法により, 異なった2つの場所において2つの実験を次のとおり行なった。

(1) 実験場所, 期間, および苗の植付時期

実験 A

実験場所: 沖縄県名護市我部祖河の私有のパイナップル圃場, 日当りのよい広い畑地。期間: 1971年9月-1973年8月。植付時期: 1971年8月17日。

実験 B

実験場所: 沖縄県那覇市首里, 琉球大学構内, 周囲は芝生地, 近くに建物あり, 日当りはよい。期間: 1971年5月-1973年8月。植付時期: 1971年4月30日。

上の各植付時期はほぼ沖縄における夏植えおよび春植えの時期に当る。供試品種はスムースカイエン種, 植付けた苗は齋(えい)芽であった。ライシメーター内の土壌はいわゆる国頭れき層の土壌で, れきがわずかに混った壤土であった。

(2) ライシメーターの構造

ライシメーターはその面積が内のり 165 cm×150 cm であり, 栽培土壌の深さは 40 cm とした。パイナップルは浅根性の作物(渡辺, 1935)であるためにこの深さで十分であると考えられる。苗の栽植方法は沖縄における標準(琉球政府農林局, 現沖縄県農林水産部, 1971)に従い, 畝幅 90 cm, 列間 60 cm, 株間 33 cm の2列植えにした。このような密度は千鳥植えにすると 10a 当り 4,000 本になる。本実験に使用したライシメーター内には 10本の苗を植付けることができた。図1にはこのライシメーターの構造を示す。

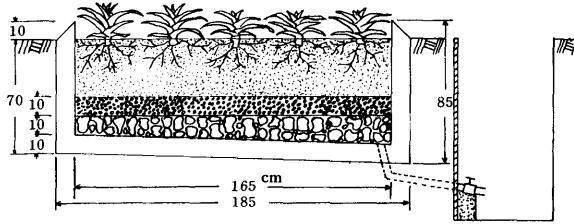


Fig. 1. Cross section of lysimeter used for evapotranspiration measurements.

(3) かん水間隔およびかん水量

かん水は天気の手許限り毎月各旬の初めに行なった。各旬の基準かん水量は、かん水日までの直前の旬に降雨がなかったときは50mmを与えた。かん水日の前旬に降雨があったときは、かん水日からさかのぼって1日目～5日目の間に10mm/day以上の降雨があった日についてのみその総降水量だけ基準かん水量50mmから差引き、その残りの量だけかん水した。かん水間隔を1旬にした理由は、一般農家などでパイナップル圃場に対してもしもかんがいを行なうとしたときに、実行可能な最短間隔を1旬と想定したためである。また、降雨日について上に述べたようにかん水量を減らした理由は、沖縄では計器蒸発量は多いときには8mm/day～11mm/dayに達するので、その大まかな値として10mm/dayをとり、降水量が10mm/day以上あるならば蒸発量を差引いても有効降水量となるものがあると考えたためである。さらに、過湿な土壌はパイナップルの生育に悪い影響を与える(渡辺, 1961)ことも考慮して上のようなかん水方法の基準を設定した。

(4) 蒸発散量の測定

蒸発散量は次の水収支式が成立つものとして求めた。すなわち、1つの旬について、

$$E = I - P_1 + P_2 - F - D \quad (1)$$

ここで、 I : 基準かん水量, 50mm。 P_1 : かん水日からさかのぼって1日目～5日目に10mm/day以上の降雨があった日について、これらの日の日降水量の合計値、 P_2 : P_1 以外のすべての降水量の合計値。 F : 浸透水として排出された水の量。 D : 大雨時の表面流出量である。旬間の日数を N とするとき $E_t = E/N$ をその旬の平均蒸発散量(mm/day)とした。

上の水収支式では土壌中の貯留水分の変化量は小さいと仮定してこれを無視している。後に述べるように、春から夏にかけて苗の植付後しばらくの間、葉面積指数(LAI)がまだ小さいころには蒸発散量が比較的に大きいため、そのころに降雨日数も降水量もともに少ない旬には土壌中の貯留水分の変化量はかなり大きいと考えられる。このようなときは上の水収支式における仮定は成

立しないので、そのときの蒸発散量は本実験では過小に評価されているものと思われる。

(5) 気象要素の観測、葉面積の測定、および肥培管理
気象要素の観測は2つの実験場所において次のとおり行なった。

実験A : 毎日9時(JST)に気温および前24時間の降水量

実験B : 実験Aと同様な観測に加えてバイメタル式自記温度計による気温の連続記録、およびロビッチ日射計による水平面日射量の連続記録をとった。ロビッチ日射計を比較観測した結果によると、その係数の変動は観測開始のころと終りのころの間には約13%あったものと思われる。

葉面積の測定はそのほとんどは1ヶ月に1回行ない、1部は2ヶ月に1回行なった。その測定方法は、各株の各葉の葉長と幅の最も広い部分の葉幅とを測定してその積を求め、さらにこれに係数0.762(城間, 1972)を乗じて求めた。

植付けた植物に対する施肥は約2ヶ月半に1回、住友2号液体肥料の200倍液をかん水として与えた。

3. 実験結果

図2には2つの実験における測定結果を示す。供試体の各株の生育段階をLAI、花芽分化の時期、出蕾期、および結実期を考慮して大まかに分け、この各生育段階ごとの蒸発散量を実験Aと実験Bとについて見ると次のとおりである。

(1) 実験A

1) 生育初期(1971年8月～1972年4月、植付時からLAI約1.5まで) : 1つのかん水間隔内の平均蒸発散量は1.0mm/day～3.4mm/dayであって植付直後の値は特に大きく、これは植物体が十分に生長した夏における値よりもむしろ大きい位である。その理由は、パイナップルの蒸散量はかなり小さくその最大値はせいぜい1mm/day(城間, 1971A)であるのに比べて、土壌含水量が十分で植被のない土壌面からの蒸発量は計器蒸発量の約0.8倍(岩切, 1968)にも達する大きい値になるためであると思われる。

2) 生育中期(1972年5月～9月, LAI約1.5～約4.0) : 葉面積も増大して気温も高くなって来る割には蒸発散量はそれほど大きくはならず、1.4mm/day～3.1mm/dayである。LAIの増大による蒸散量の増加は多少あっても、それが植被の増大による土壌面蒸発量の減少を補うほどではなかったことが注目される。

3) 生育末期(1972年10月～1973年2月, LAI約4.0～約5.0) : 植物体は十分に生長しているが、季節は

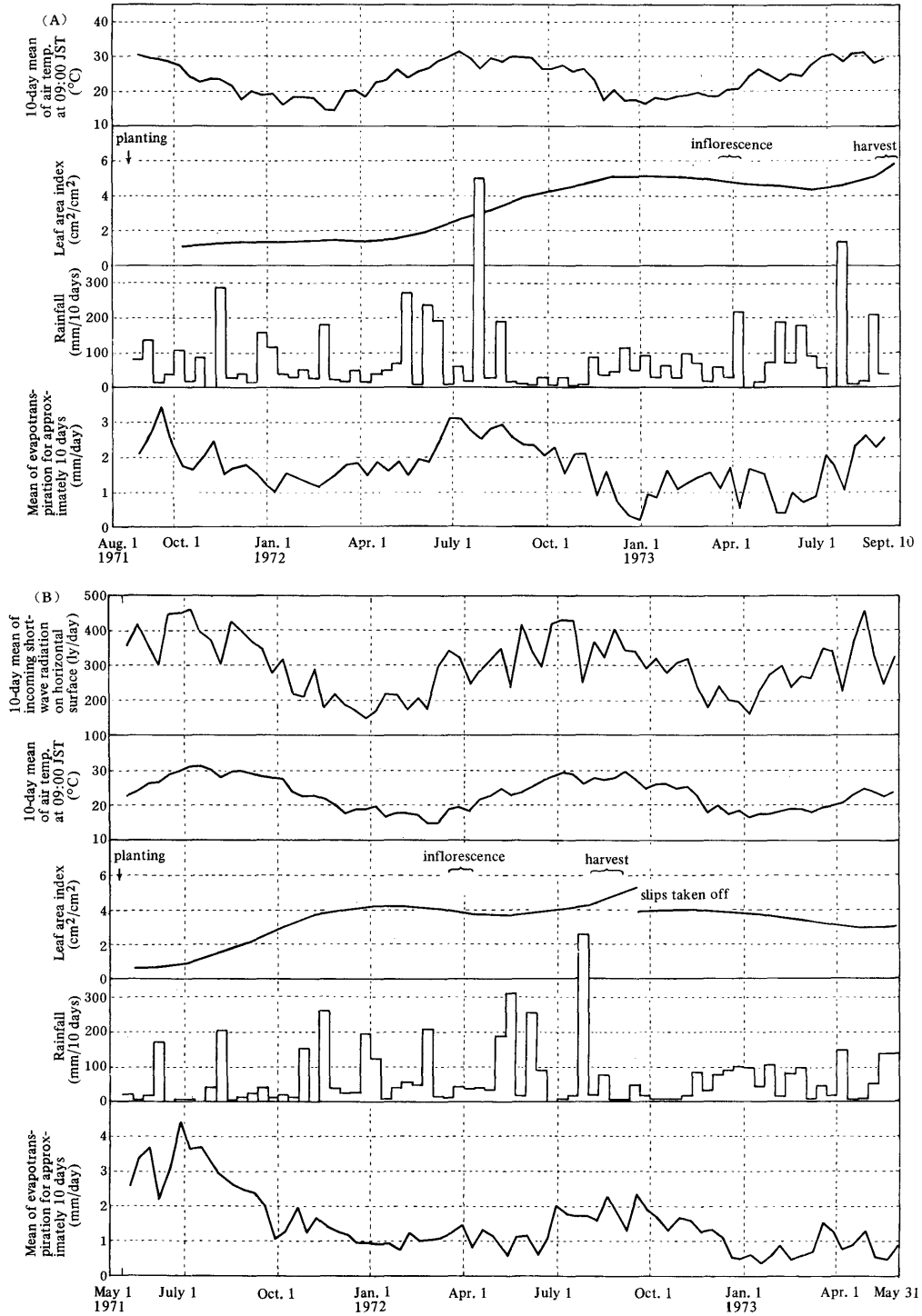


Fig. 2. Variation with time of evapotranspiration of pineapple field, leaf area index, and meteorological conditions.
 (A): Nago, Okinawa
 (B): Naha, Okinawa

秋から冬にかけて気温は低く日射量も小さくなる。このために蒸発散量は各生育段階のうちで最も小さく $0.3 \text{ mm/day} \sim 2.3 \text{ mm/day}$ であった。

4) 開花結実期(1973年3月-8月, LAI 約4.2-約5.7): 蒸発散量は $0.4 \text{ mm/day} \sim 2.6 \text{ mm/day}$ で小さい方である。この生育段階では気温はかなり上昇して来るにもかかわらず蒸発散量が比較的に小さい。これは1つには5月と6月が沖縄の雨期に当り湿度が高いためであると思われる。しかし、この作物はもともとこの生育段階では蒸発散量は小さくなる傾向にあると思われる。これについては後で述べたい。

(2) 実験B

1) 生育初期(1971年5月-7月, 植付時から LAI 約1.5まで): 蒸発散量 $2.2 \text{ mm/day} \sim 4.4 \text{ mm/day}$ 。

2) 生育中期(1971年8月-1972年1月, LAI 約1.5-約4.0): 蒸発散量 $0.7 \text{ mm/day} \sim 2.9 \text{ mm/day}$ 。

3) 生育末期(1972年2月-3月, LAI 約4.0): 蒸発散量 $0.7 \text{ mm/day} \sim 1.4 \text{ mm/day}$ 。

4) 開花結実期(1972年4月-8月, LAI 約3.8-約4.8): 蒸発散量 $0.5 \text{ mm/day} \sim 2.3 \text{ mm/day}$ 。

実験Aと実験Bとは実験の場所や苗の植付時期などは相違があったが、植物体の生育段階や季節から見た蒸発散量の推移は2つの実験において互いにかなりよく似ている。

4. 考 察

この研究の目的は沖縄においてパイナップル栽培のための水管理についての基礎資料を得ることである。このために本実験では先に述べたような方法でかん水を行なった。

(1)式から求めた蒸発散量には土壌貯留水分の変化量を省いたことによる誤差が含まれている。特に植付後まだ植物体の小さい間は、無降水日の多い旬の蒸発散量はやや過少評価されているものと考えられる。一方、1972年8月の比較的晴天が続いたころ、植物体が十分に生長している実験Bのライシメーターの土壌容積含水量を測定した結果によると、かん水後第1日目と第9日目の値は、深さ10cmにおいて、それぞれ28%と27%を示し、ほとんど差が認められなかった。このことから推察すると、蒸発散量の小さい冬季の圃場と植物体が十分生長した状態にある圃場においては土壌貯留水分の変化量はそれほど大きくはなかったものと思われる。

本実験で得られた蒸発散量の値はパイナップル圃場からの最大可能蒸発散量の値よりは小さいが、沖縄においてかんがいが行なわれた場合の圃場からの蒸発散量の値にはかなり近いものであると思われる。

本実験によって得た結果を使って2,3の簡単な考察をすることができたのでこれについて述べたい。

(1) 各生育段階における蒸発散量の経過

図3には実験Aおよび実験Bの各生育段階における蒸発散量の経過を示す。

この図において実験Aの月平均気温は午前9時の気温の月平均値に補正を施したものである。補正は、実験Bについて月平均気温と午前9時の気温の月平均値との差を求め、これを実験Aの9時の気温の平均値に加えて行なった。

図3によると、生育初期の蒸発散量は比較的に大きい。これは、このころには土壌面蒸発量が蒸発散量の大部分を占めるためである。実験Bでは蒸発散量が特に大きくなっているが、これは、そのころ沖縄では干ばつがあつて晴天が続いたためであると思われる。この干ばつは生育初期を過ぎたころ、同年8月に間もなく解消した。

生育中期と末期には、蒸発散量は気温の昇降に従つて増減する傾向が現れている。これは主に、沖縄における大気中の水蒸気圧力の飽和差の気候的な特性と、この作物の蒸発散量が気温の昇降に従つて増減する傾向があることとの2つの理由によるものであると考えられる。これについては後で述べたい。

開花結実期には蒸発散量はかなり小さくなっている。これは筆者がこの作物の蒸発散量を測定した結果と一致する。蒸発散量については、その最大値は生育中期に測定され、月平均 0.98 mm/day (城間, 1971A) であったが、開花結実期の最大値は 0.69 mm/day であった。開花結実期に蒸発散量や蒸散量が小さいのは、おそらく、この作物の植物体内におけるある原因によるものであると思われる。

果実収穫後の蒸発散量は実験Bにおいて測定されたがこの段階における蒸発散量もかなり小さくなっている。これの理由としては主に次のことが考えられる。すなわち、収穫後の植物体は古い葉が枯れるものがかなりあり、また、既に現れている吸芽もその翌年の初夏までは生長が十分でない。さらに、実験Bの場合には収穫後間もなく秋から冬に向い、蒸発散量が減少する気候になっている。

2つの実験において1972年-1973年の冬には蒸発散量は特に小さい。これは、実験Aについては、これよりさらに1年前の冬にはこの作物は生育初期に当って蒸発散量が比較的に大きかったため、これと比べて特に小さく見える。しかし、1972年12月の値が著しく小さいのは、おそらく、測定上のミスがあつたためであると思われる。一方、実験Bについては、1972年-1973年の冬には収穫後最初の冬に当たつたために蒸発散量は特に小

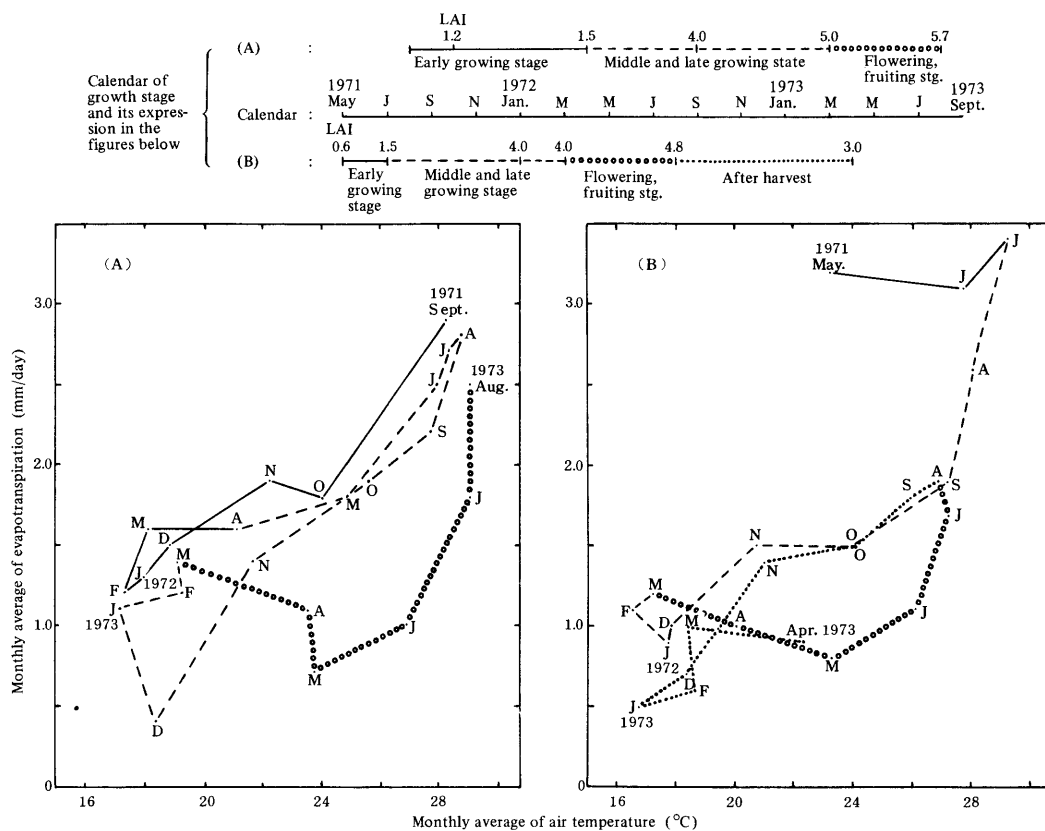


Fig. 3. Variation of evapotranspiration of pineapple field with the change of the growth stage and air temperature.
 (A): Nago, Okinawa
 (B): Naha, Okinawa

さかっと考えられる。

(2) 蒸発散量と気象要素との関係

図3に見られるように、生育中期と末期には蒸発散量は気温の昇降に従って増減する傾向がある。これに着目して、図3に示される各月平均値を使い、この生育段階における蒸発散量と気温との間の直線回帰式と相関係数を求めると次のようになる。

実験A : $E_t = 0.16T - 2.1, \gamma'_{ET} = +0.94$

実験B : $E_t = 0.11T - 0.9, \gamma_{ET} = +0.91$ (2)

ここで、 E_t : 月平均蒸発散量, mm/day。 T : 月平均気温, °C。 γ'_{ET} および γ_{ET} : 相関係数である。2つの実験において両者の相関はかなり高い。上の2つの回帰式は気温 20°C~30°Cの範囲で、蒸発散量は 0.3mm/day以内で一致する。しかし、15°Cでは 0.5mm/dayの差がある。いま、実験Aにおいて蒸発散量の測定値に疑問のある1972年12月の値を除いて求めた回帰式を使うと近似はさらによりくなり、2つの回帰式において気温 15°C~30°Cの範囲で 0.3mm/day以内で一致する。

日射量の観測が行なわれた実験Bについて、上と同じ生育段階における蒸発散量と水平面日射量との間の関係を求めると次のようになる。

$E_t = 0.0061R - 0.08, \gamma_{ER} = +0.82$ (3)

ここで、 E_t, R , および γ_{ER} はそれぞれ月平均の蒸発散量, mm/day, 水平面日射量, ly/day, および相関係数である。

次に、実験Bについて同じ生育段階における月平均の気温と水平面日射量との間の相関係数 γ_{TR} を求めると +0.73 である。

上に求めた実験Bについての3つの相関係数 γ_{ET}, γ_{ER} , および γ_{TR} を使って、蒸発散量と気温との間の偏相関係数を求めるとその値は +0.80 である。帰無仮設を使った統計的棄却検定によると、有意水準を 0.05 にとるとこの値は有意である。これら両者の間にこのような高い相関がある理由としては主に次のことが考えられる。すなわち、気候資料によると沖縄では、大気中の水蒸気圧の飽和差は秋、冬および初春にかけては、気温の昇降に従

って増減する傾向にある。さらに、この作物の蒸散量は気温 15℃~30℃の範囲内では、気温が高いほど大きい傾向にある(城間, 1972)。主にこの2つの現象が重なって上のように高い相関が現われていると考えられる。

気温に関する蒸散量と水平面日射量との間の偏相関係数を同様にして求めるとその値は +0.55 であるが、棄却検定を行なうと、この値では仮説は採択される。このことは、生育中期および末期にあるパインアップルの圃場においてはこれら両者の間の相関はあまり高くはないことを示すものであると思われる。Ekern(1965)はライシメーターにより、植付後8ヶ月目のパインアップル株を使って行なった実験において、昼間の蒸散量の経時変動が日射量の変動に従っていない例を示している。このことは上に述べたことと一致するものであると思われる。

(3) 蒸散量と LAI との関係

図4には苗の植付直後から生育中期の中ごろまでにおける蒸散量とこの植物の LAI との関係を示す。この図は、気温と水平面日射量の観測資料のそろっている実

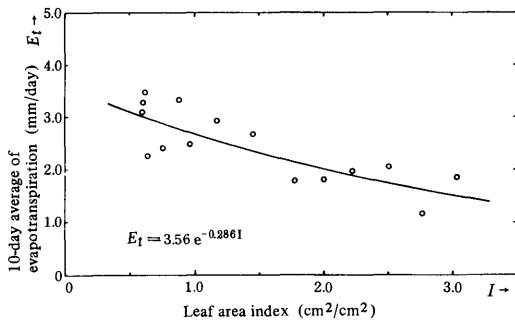


Fig. 4. Relationship between evapotranspiration of pineapple field and leaf area index of the crop; drawn using adjusted values of measured evapotranspiration to those when air temperature is 25 °C and short-wave radiation on horizontal surface 350 ly/day.

験Bについての状況を示す。実測の蒸散量を基準の気温および水平面日射量のときの値に補正するには、先に求めた(2)式および(3)式の2つの回帰式を使って行なった。

図4によると、資料にはやや散らばりはあるが、蒸散量は LAI の増加とともに減少しており、その関係は次の実験式で表わし得る。

$$E_t = Ae^{-\alpha I} \quad (4)$$

ここで E_t : 蒸散量, mm/day. I : LAI. A および α : 定数である。本実験では基準の気温を 25.0℃, 水平面日射量を 350 ly/day としたときに, $A=3.56$, $\alpha=0.286$ になっている。

これら2つの要素の間に上のように減少関数で表わし得る関係があることは、土壌含水量が十分である圃場においてはこの作物の蒸散量は土壌面蒸発量に比べてかなり小さいためであると考えられる。

(4) ハワイにおける蒸散量の測定結果との比較

表1にはEkern(1964)によるハワイのWahiawaにおけるパインアップルの蒸散量の測定結果の1例と、実験Aにおける測定結果を示す。この表の中でWahiawaにおける測定値は、Ekernの幾多の実験例の中で、筆者の実験Aにおけるものとは植付時期がかなり似ており、測定期間が比較的長く、また、マルチングをしてない圃場の測定例として入手できた唯一の資料である。Ekernの実験もライシメーターにより行なわれたものであって、測定はハワイにおいて通常のかんがい管理下にある状態において行なわれたものである。かんがいは通常1ヶ月に1回行なわれているが、これには自然降雨も考慮に入れて行なわれているようである。

表2にはハワイ(Ekern, 1964; Blumenstockら, 1961)と沖縄における気温と水平面日射量の各月平均値を示す。この表の中で那覇における水平面日射量は、月の日照率の平年値を使ってPenman(1947)の式により求めた値である。

Table 1. An example of evapotranspiration measurement of a pineapple field in Hawaii and that in Okinawa. Numbers are monthly mean in mm/day.

Place	Period of measurement	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May
Wahiawa, Hawaii*	1960-'62			—	2.1	2.1	2.5	2.0	1.9	1.6
Nago, Okinawa**	1971-'73	2.9	1.8	1.9	1.5	1.3	1.2	1.6	1.6	1.8

June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	June	July	Aug.	Sept.	Oct.
1.1	1.8	1.5	1.2	1.1	—	—	—	1.3	1.2	0.9	0.6	0.6
2.5	2.7	2.8	2.2	1.9	1.4	0.4	1.0	1.8	2.5	end	

* Planted October 1960;

** Planted August 1971

Table 2. Monthly means of air temperature and solar radiation in Hawaii and those in Okinawa.

Monthly mean air temperature, °C :

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Honolulu, Hawaii	22.5	22.4	22.7	23.4	24.4	25.5	26.0	26.3	26.2	25.7	24.4	23.1
Naha, Okinawa	16.0	16.4	18.1	20.8	23.8	26.0	28.2	27.3	27.1	24.1	21.4	18.1

Short-wave radiation on horizontal surface, ly/day :

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Wahiawa, Hawaii	365	420	470	500	515	580	575	530	490	410	375	340
Naha, Okinawa	207	265	299	383	370	430	525	474	446	329	257	200

表1によると、ハワイおよび沖縄におけるパインアップルの蒸発散量を月平均値について比較するとき、その最大値および最小値はいずれも両地間に大きな差はないことが認められる。各月別の蒸発散量の推移を見ると、沖縄では植付後最初の冬季の各月においてハワイの同じ季節における値よりも小さく測定されている。ハワイでは2月に2.5mm/dayというかなり大きい値が測定されている。両地で冬季にこのような差が現われている理由は主に気候の差によるものと思われる。表2に見られるように、ハワイでは冬季の月平均気温は各月とも22℃以上になっているが沖縄では各月ともハワイにおけるより低く、1月には16.0℃まで下る。水平面日射量は年間を通じて各月ともハワイが大きい、春、秋および冬にはその差が著しく、特に12月および1月に沖縄における値はハワイにおける値のそれぞれ59%および57%でかなりの差がある。次に、苗を植付けた翌年の夏の各月における蒸発散量を比べると沖縄における値の方が大きくなっている。その主な理由は、第1にハワイでは冬季の気温がかなり高いために植付後最初の冬における苗の生育がよく、この冬に続く最初の夏には植物体のLAIが沖縄における同じ季節の値よりも大きくなって、土壌面蒸発量が沖縄におけるよりも小さくなったことが考えられる。第2の理由は沖縄では夏にはハワイにおけるよりも気温が高いためであると思われる。表2によると、夏季の各月の気温は沖縄ではハワイにおけるよりも約1℃～2℃高い。

苗の植付後最初の12ヶ月間の蒸発散量の総量を両地について比較すると次のとおりである。ハワイにおけるこの期間の値を集計するために、表1中で欠測になっている1960年11月のWahiawaの値はこの表中の同地の最大値2.5mm/dayであったとする。11月は苗を植付けた翌月に当るので蒸発散量はかなり大きかったと思われる。この推定値と表1中の値とを使ってWahiawaにおける

植付後最初の12ヶ月間の蒸発散量を求めると649mmになる。この値を筆者の実験Aおよび実験Bにおける植付後最初の12ヶ月間の蒸発散量のそれぞれの値721mmおよび684mmと比較すると、これら3つの値はハワイにおける値の11%以内でかなりよく一致している。

(5) 植付期からの積算蒸発散量

図5には2つの実験について苗の植付当時から24ヶ月ないし28ヶ月後までの積算蒸発散量の推移を示す。この図で2つの実験結果から見られるように、沖縄ではパインアップルの蒸発散量の積算値は、最初は植付時に始まり、第2番目以後は毎年5月に始まるおのおの2次曲線を順次重ね合わせたものとして、図表上に近似的に表わし得ることがわかる。これは、この作物の蒸発散量が植付直後と夏に大きく、冬から春にかけて小さくなる傾向があるためであると思われる。

次に、図5とこの図を作成した資料とによって沖縄におけるパインアップルの蒸発散量の総量を苗の植付時から集計して見ると、実験Aでは植付後最初の24ヶ月間で1,231mmになった。この期間は沖縄の夏植え畑における植付から収穫までの期間にほぼ相当する。また、植付後最初12ヶ月間には24ヶ月間の値の59%に当たる721mmが測定された。実験Bにおいては、植付当時の苗の大きさが標準よりもかなり大きく、しかも春植えであったために、植付から収穫までの期間は沖縄における標準よりもかなり短かく17ヶ月であった。このため収穫時までの蒸発散量の総量は906mmでかなり小さかった。しかし、植付後最初の24ヶ月間までの総量は1,109mmになっており、これは実験Aにおける同じ期間の値1,231mmにかなり近い。また、実験Bでは植付後最初の12ヶ月間の蒸発散量は684mmで、これは植付後最初の24ヶ月間量の62%に当り、その割合も実験Aにおける59%にかなりよく一致している。

上に示した各値はかんがいを実行可能な範囲で十分に

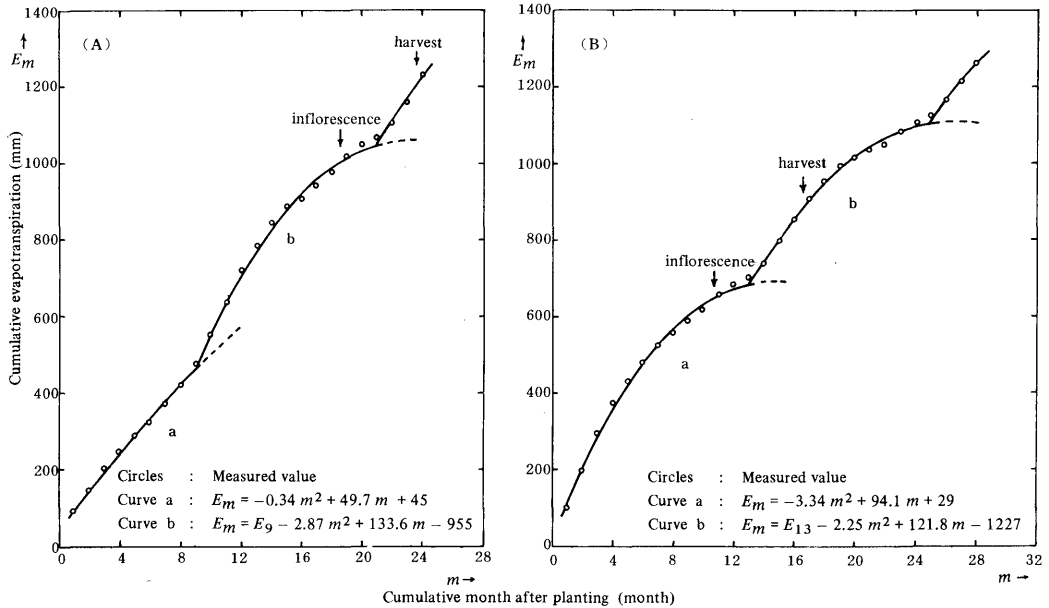


Fig. 5. Cumulative curve of evapotranspiration from pineapple field for about 24 to 28 months after planting. (A): Nago, Okinawa, planted August 1971
(B): Naha, Okinawa, planted April 1971

行なうとしたときの値である。一般の圃場においては本実験におけるようにかんがいを十分に行なうことはむずかしい。沖縄では一般にこの作物に対するかんがいはほとんど行なわれていないので、一般の圃場からの蒸発散量の積算値は上に示した値よりもかなり小さいと思われる。

Ekern(1964)はハワイにおけるいくつかの測定例に基づいて、マルチングをした圃場において苗の植付当時に始まる3年間の各月についてのパイナップルの消費水分量を推定した。それによるとハワイではマルチングをした圃場においては、苗の植付後最初の12ヶ月間の蒸発散量は419mmまで減少することが推定される。先に示したWahiawaにおけるマルチングをしていない圃場での測定例では植付後最初の12ヶ月間の蒸発散量は約649mmであった。上のマルチ区に対する推定値419mmはこの649mmの65%に当る。マルチングの効果が沖縄においてもハワイにおけると同じ割合で現われるとすれば、本実験において蒸発散量のいくらか多い実験Aの結果を使って推定すると、沖縄ではマルチングを行なうことによって、かんがいが十分に行なわれている圃場においても植付後最初の12ヶ月間の蒸発散量を469mmまで減少させることができるものと推定される。

5. 要 約

沖縄において2年余にわたって、パイナップルの植付けから収穫までの各時期の蒸発散量の測定を行なった。測定はスムスカイエン種の10本の苗を10a当り4,000本の栽植密度で植付けたライシメーターを使い、水収支法により行なった。実験はパイナップルの圃場内と、周囲に芝生や建物のある大学構内とにおいて別々に行なった。かん水は毎月各旬の初めに行ない、基準かん水量は1回に50mmを与えた。本実験で得られた蒸発散量の値は沖縄においてかんがいが十分に行なわれた場合の圃場からの蒸発散量にはかなり近い値になっていると思われる。結果を要約すると次のとおりである。

1. 植付後最初の12ヶ月間の蒸発散量は2つの実験においてそれぞれ721mmおよび684mmであり、これらは植付後最初の24ヶ月間の蒸発散量のそれぞれ59%および62%に当たっている。旬平均の蒸発散量の最大値は苗を植付けた翌月に測定され、その値は4.4mm/dayになっている。

2. 蒸発散量は植物体の葉面積指数が増加するにつれて減少する傾向が見られた。すなわち、本実験で植物体の生長が順調に引続いて起こった5月から同年10月初めまでの資料について、両者の関係を求めた結果(4)式の関係が得られた。

3. この作物の生育中期および末期においては、月平均蒸発散量と気温および水平面日射量との間の各相関係数はそれぞれ+0.91および+0.82であり、また、同じ生育期における気温と水平面日射量との間の相関係数は+0.73になった。蒸発散量と気温および水平面日射量との間の各偏相関係数を求めると、それぞれ+0.80および+0.55であり、統計的検定の結果、蒸発散量と気温との間にはかなりの相関が認められたが、蒸発散量と水平面日射量との間の相関はそれほど大きくはないと思われる。

4. Ekernがハワイで行なった蒸発散量の測定の例と比較すると、月平均値の最大値と最小値については大きな差は見られなかった。苗の植付後最初の12ヶ月間の蒸発散量は、ハワイでは約649mm、本実験ではそれぞれ721mmおよび684mmになっている。沖縄においては植付後最初の冬の各月の蒸発散量は同じ時期のハワイにおける値よりも小さくなっている。また、この冬に続く最初の夏は沖縄における値の方が大きくなっている。このような差があるのは、主に両地における気候に相違があるためであると思われる。

終りに、この研究を行なうにあたって終始ご指導を下さった九州大学農学部田辺邦美教授、坂上務教授、および島野至助教授に心から感謝する。さらに、この報告をまとめるにあたって多くのご教示を下さった農林省草地試験場久保祐雄博士に深く感謝する。

参 考 文 献

1) Blumenstock, D.I. and Price, S. 1961: Climate of

the States, Hawaii. ESSA, U.S. Dep't. of Commerce, 18-22.

- 2) Ekern, P.C. 1964: The evapotranspiration of pineapple in Hawaii. Pineapple Research Institute of Hawaii, *Research Rept.*, PRI No. 109, 1-36.
- 3) ———, 1965: Evapotranspiration of pineapple in Hawaii. *Plant Physiol.*, 40, 736-739.
- 4) 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.
- 5) Krauss, B.H. 1949: Anatomy of the vegetative organs of the pineapple, *Ananas comosus* (L.) Merr. II, *Botan. Gaz.*, 110, 333-404.
- 6) Penman, H.L. 1947: Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. Roy. Soc. London*, A193, 120-145.
- 7) 琉球政府農林局, 1971: パイナップル栽培法, 琉球政府, 那覇, 3-10.
- 8) 城間理夫, 1971A: 沖縄におけるパイナップルの蒸発散量について, *琉球大学農学部学術報告*, 18, 88-98.
- 9) ———, 1971B: パイナップルの耐干性について, *琉球大学農学部学術報告*, 18, 99-108.
- 10) ———, 1972: パイナップルの蒸散量に及ぼす気温の影響について, *熱帯農業*, 16, 91-96.
- 11) ———, 1973: 沖縄における農作物の気象災害について, 文部省自然災害特別研究(昭和47年度), 沖縄の自然災害の調査報告書, 14-17.
- 12) Sideris, C.P. and Young, H.Y. 1950: Growth of *Ananas comosus* (L.) Merr. at different levels of mineral nutrition under greenhouse and field conditions. *Plant Physiol.*, 25, 594-616.
- 13) 渡辺正一, 1935: 鳳梨根組織の研究, *台湾農事報*, 339, 30-43. 340, 29-48. 341, 43-67.
- 14) ———, 1961: パイナップルの栽培と加工, 琉球輸出パイナップル缶詰組合, 97-100. 177-179.

Summary

Field experiments have been conducted in order to estimate the evapotranspiration from the pineapple field in Okinawa for more than two years covering from planting through harvest time of the crop. Water balance method has been applied to 10 plants of the Smooth Cayenne variety planted in a lysimeter with a standard planting density, 4,000 plants per 10 ares, in Okinawa. Two experiments were carried out separately; one in a commercial pineapple field and the other in an experimental field on our campus where buildings stand in the vicinity of the patch of grass surrounding the lysimeter. Irrigation interval was once in about every 10 days, and 50 mm of water was supplied at one irrigation time. However it can not be denied that more than 50 mm of water was often supplied in one irrigation interval due to additional supply by rainfall. Results obtained are as follows:

1. Evapotranspiration for the first 12 months after planting was 721 mm in the commercial pineapple field and 684 mm in the experimental field on our campus. These values are 59% and 62%, respectively, of the value in the first 24 months after planting.
Maximum value of 4.4 mm/day in 10-day average was obtained right after planting.
2. It was observed that evapotranspiration in vegetative growth stage decreases as leaf area index of the crop increases. This relationship can be expressed by the following empirical formula:

$$E_t = Ae^{-\alpha I} \quad (\text{mm/day})$$

where, E_t is evapotranspiration, I is leaf area index, and A and α are empirical constants. Values for A and α obtained in the experiment on the campus are 3.56 and 0.286, respectively, where measured values of evapotranspiration have been adjusted to those when air temperature is 25 °C and short-wave radiation on horizontal surface 350 ly/day. The adjustment was done using a linear regression between evapotranspiration and air temperature and that between evapotranspiration and short-wave radiation on horizontal surface all in middle and late growing stages of the crop.

3. Partial correlation coefficient between evapotranspiration and air temperature and that between evapotranspiration and short-wave radiation on horizontal surface were calculated using three correlation coefficients, which were obtained from each two of evapotranspiration, air temperature, and short-wave radiation on horizontal surface all in monthly average in middle and late growing stages of the crop. Partial correlation coefficient between evapotranspiration and air temperature was +0.80, showing from a statistical test that fairly high correlation may exist between the two parameters. Partial correlation coefficient between evapotranspiration and short-wave radiation on horizontal surface was +0.55, showing that high correlation may not exist between the two parameters in the pineapple field where the crop is in middle and late growing stages.
4. There is not much difference in evapotranspiration between one of the data obtained by P. C. Ekern at Wahiawa, Hawaii and that by the author in Okinawa, when the maximum and the minimum in monthly average and total values in the first 12 months after planting were compared. Evapotranspiration in winter months in Okinawa has been measured less than that in one of Ekern's experiments. This may be mainly due to the difference in climate between the two places.