

琉球大学学術リポジトリ

沖縄における甘蔗の蒸発散量 第2報(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: 山城, 三郎, Yamashiro, Saburo メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/4551

沖縄における甘蔗の蒸発散量 第2報

山城三郎*

Saburo YAMASHIRO: Evapotranspiration of sugar cane produced in Okinawa. II.

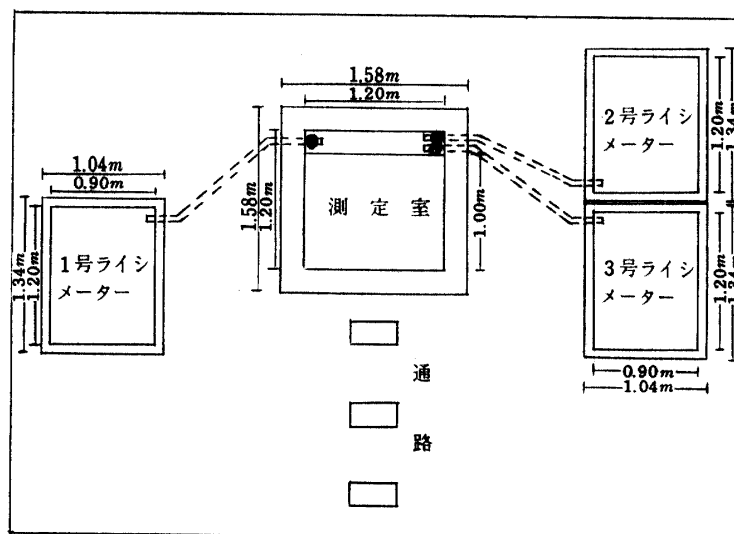
I 緒 言

第1報⁷⁾で沖縄における甘蔗の月別平均日蒸発散量の値について、1966年11月から1968年2月までの測定結果で検討した。蒸発散量は土壌水分、作物の種類とその生育状況および気温、湿度その他の気象条件に支配されるものである。著者はこれらの関係を究明するため、第1報⁷⁾と同じ方法で蒸発散量の測定を継続している。今回は1967年9月～1968年2月の測定結果と前に報告した蒸発散量⁷⁾で、気象条件および甘蔗の生育状況と月別平均日蒸発散量の関係を調べたのでここに報告する。

II 材料および方法

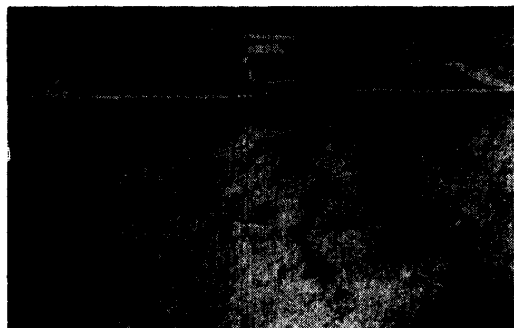
1) 蒸 発 散 量

蒸発散量測定のための供試品種には第1報⁷⁾と同様 N:Co. 310 を採用し、測定装置は第1図、第2図のように1号ライシメーターの近くに2号、3号ライシメーターを埋設し、土壌は具志川市字具志川地荒原の石灰岩土壌（島尻マージ土壌）を用いた。第2図 d) のコンクリートブロックは石膏ブロックの電気抵抗を測定する時に使用したもので、c) の手前に見えるのが1号ライシメーター、測定室の背後に左より2号、3号ライシメーターが埋設されている。礫の含有量が蒸発散量に影響を与え



第1図 蒸発散量測定装置平面図

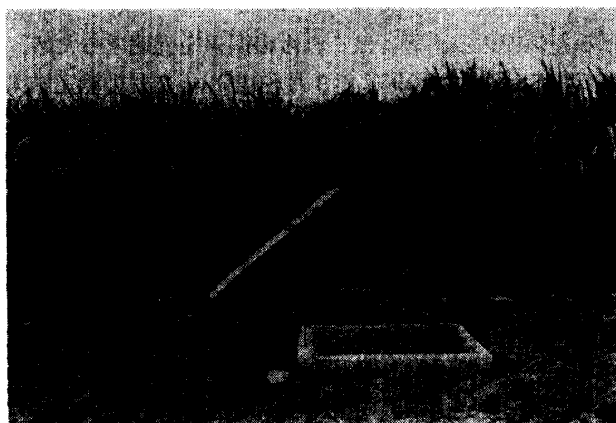
* 琉球大学農学部農業工学科



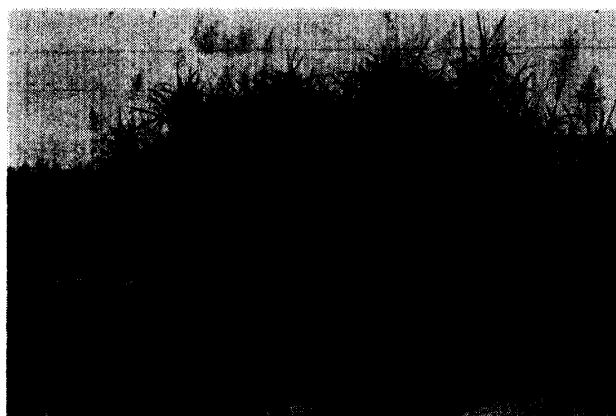
a) 植え付け 15 日後 (9月)



b) 植え付け 7 ヶ月後 (4月)



c) 植え付け 10 ヶ月後 (7月)



d) 植え付け 15 ヶ月後 (12月)

第2図 甘蔗の蒸発散量測定装置

るかどうかを調べるため、1 cm の篩で篩い分けたのを2号、篩い分けしないのを3号ライシメーターに入れ、前回と全く同じ方法で蒸発散量を測定整理した。

2) 気象条件

気象条件としては琉球気象庁の資料³⁾にもとずき、1958年～1967年の那覇における月平均気温、月別日最高気温の10ヶ年平均値を採用した。

3) 甘蔗の生育状況

生育状況を示すものとしては甘蔗の茎長を採用した。これは蒸発散量と同時に測定した値を使用すべきであるが、資料不十分のため、久貝見尋* が測定した夏植え甘蔗の植え付け翌年の茎長曲線を使用した。

III 結 果

1) 月別平均日蒸発散量

2号および3号ライシメーターで1967年9月から1969年2月まで流入量と流出量を測定し、積算蒸発散量を求めると第1表、第2表および第3図のようになり、両ライシメーターの値は一つの曲線上にのる。すなわち礫の含有量による差は認められなかった。この曲線から月別平均日蒸発散量を求めると第3表のようになり、1967年の値⁷⁾と共にまとめたのが第4表および第4図である。1967年と

第1表 積算蒸発散量の計算 (2号ライシメーター)

測定期日	積算降水量	積算かん水量	積算流入量	積算流出量	積算蒸発散量
1967	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
9.14	23.5	—	23.5	9.5	14.0
9.25	44.5	13.9	58.4	13.9	44.5
10.14	121.2	21.5	142.7	67.0	75.7
11.10	389.7	40.0	429.7	304.5	125.2
11.27	412.9	40.0	452.9	319.9	133.0
12.14	514.7	40.0	554.7	362.9	191.8
1968					
1.5	558.6	40.0	598.6	392.5	206.1
1.26	610.7	40.0	650.7	423.4	227.4
2.27	733.7	40.0	773.7	508.1	265.6
3.14	790.2	40.0	830.2	548.1	282.1
3.14	1033.3	40.0	1073.3	745.3	328.0
5.2	1129.8	40.0	1169.8	800.5	369.3
5.31	1272.4	40.0	1312.4	838.6	473.8
6.29	1566.7	40.0	1606.7	1054.8	551.9
7.15	1574.3	140.0	1714.3	1061.3	653.0
7.31	1590.5	240.0	1830.5	1072.4	758.1
8.24	1742.7	240.0	1982.7	1074.4	908.3
9.5	1872.7	240.0	2112.7	1128.5	984.2
10.2	1971.6	240.0	2211.6	1128.5	1083.1
10.20	1980.1	320.0	2300.1	1129.7	1170.4
11.8	2061.2	320.0	2331.2	1129.7	1251.5
12.4	2124.1	320.0	2444.1	1129.7	1314.4
12.23	2179.8	320.0	2499.8	1141.9	1357.9
1969					
1.27	2286.6	320.0	2606.6	1141.9	1464.7
2.19	2410.7	320.0	2730.7	1243.1	1487.6

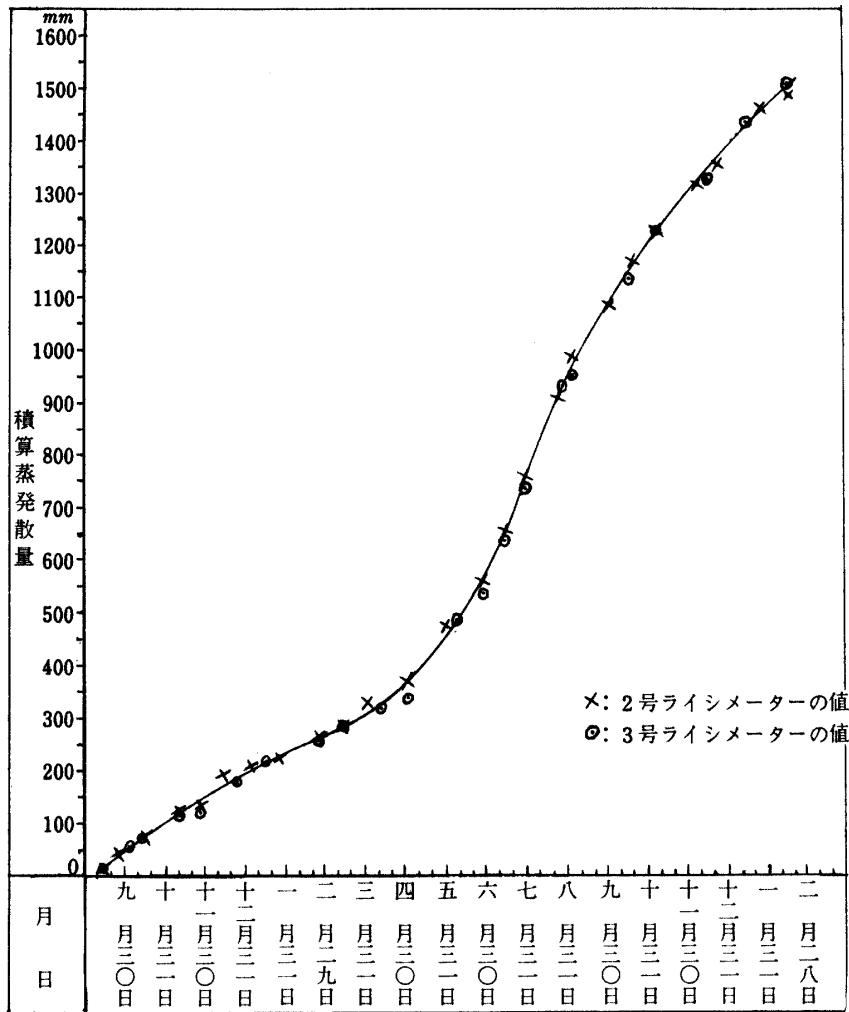
* 琉球農業試験場

第2表 積算蒸発散量の計算 (3号ライシメーター)

測定期日	積算降水量	積算かん水量	積算流入量	積算流出量	積算蒸発散量
	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
1967					
9.14	23.5	—	23.5	7.6	15.9
10.3	59.7	13.9	73.6	19.5	54.1
10.14	121.2	20.9	142.1	72.0	70.1
11.10	339.7	39.4	429.1	316.9	112.2
11.27	412.9	39.4	452.3	332.5	119.8
12.24	525.6	39.4	565.0	387.5	177.5
1968					
1.25	610.7	39.4	650.1	435.5	214.6
2.27	733.7	39.4	773.1	519.6	253.0
3.15	802.5	39.4	841.9	557.4	284.5
4.13	1033.5	39.4	1072.7	760.5	312.2
5.1	1129.8	39.4	1169.2	816.2	353.0
6.7	1308.2	39.4	1347.6	862.2	485.0
6.28	1566.7	39.4	1606.1	1070.6	535.5
7.14	1574.3	139.4	1713.7	1080.7	633.0
7.30	1590.5	239.4	1829.8	1092.2	737.7
8.29	1818.8	239.4	2058.2	1127.8	930.4
9.5	1872.7	239.4	2112.1	1163.3	948.8
10.18	1930.1	319.4	2299.5	1166.1	1133.4
11.9	2061.9	319.4	2381.3	1166.1	1215.2
12.15	2171.7	319.4	2491.1	1166.1	1325.0
1965					
1.26	2280.1	319.4	2599.5	1166.1	1433.4
2.15	2401.3	319.4	2720.7	1216.6	1504.1

第3表 平均日蒸発散量 (2, 3号ライシメーター)

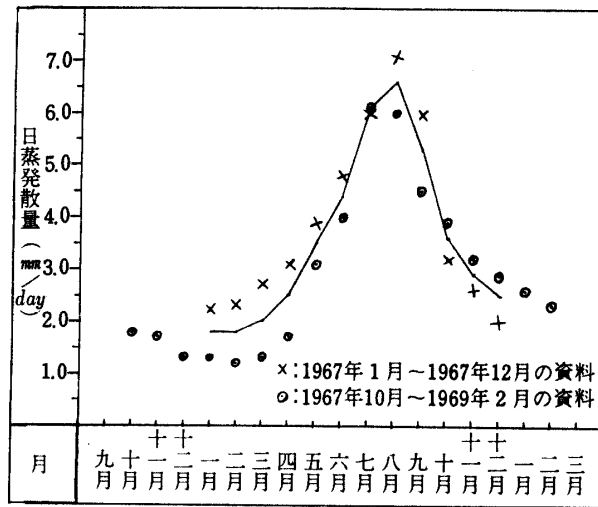
期日	積算蒸発散量	月別蒸発散量	日数	月別平均日蒸発散量
	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>day</i>	<i>mm/day</i>
1967				
9.30	45			
10.31	100	55	31	1.8
11.30	150	50	30	1.7
12.31	190	40	31	1.3
1968				
1.31	230	40	31	1.3
2.29	265	35	29	1.2
3.31	305	40	31	1.3
4.30	355	50	30	1.7
5.31	450	95	31	3.1
6.30	570	120	30	4.0
7.31	760	190	31	6.1
8.31	945	185	31	6.0
9.30	1080	135	30	4.5
10.31	1200	120	31	3.9
11.30	1295	95	30	3.2
12.31	1385	90	31	2.9
1969				
1.31	1465	80	31	2.6
2.28	1530	65	28	2.3



第3図 積算蒸発散量曲線

第4表 月別平均日蒸発散量 (mm/day)

月	年		
	1967	1968	平均
1	2.2	1.3	1.8
2	2.3	1.2	1.8
3	2.7	1.3	2.0
4	3.2	1.7	2.5
5	3.9	3.1	3.5
6	4.8	4.0	4.4
7	6.0	6.1	6.1
8	7.1	6.0	6.6
9	6.0	4.5	5.3
10	3.2	3.9	3.6
11	2.6	3.2	2.9
12	2.0	2.9	2.5



第4図 月別平均日蒸発散量

第5表 那覇の気温 (1958年～1967年の平均値)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均気温	15.5	16.4	18.2	21.2	23.8	26.0	28.2	28.0	27.3	24.2	21.8	18.0
最高気温	23.7	24.3	25.5	27.8	29.6	31.3	32.4	32.2	32.2	29.7	28.0	24.6

第6表 夏植え甘蔗の茎長

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
茎長(cm)	52.9	57.0	67.9	79.1	89.6	121.7	157.2	189.9	239.2	269.1	308.9	316.3

註：茎長は植え付け翌年の各月とも 15 日の値を示す。

1968年は気象およびその他の条件が異なるので、月別平均日蒸発散量の値に差が出ているが、月平均気温、月別最高気温および甘蔗の生育状況との関係を調べるため両者を平均し実線で示した。以下月別平均日蒸発散量とはこの平均値をさすものとする。

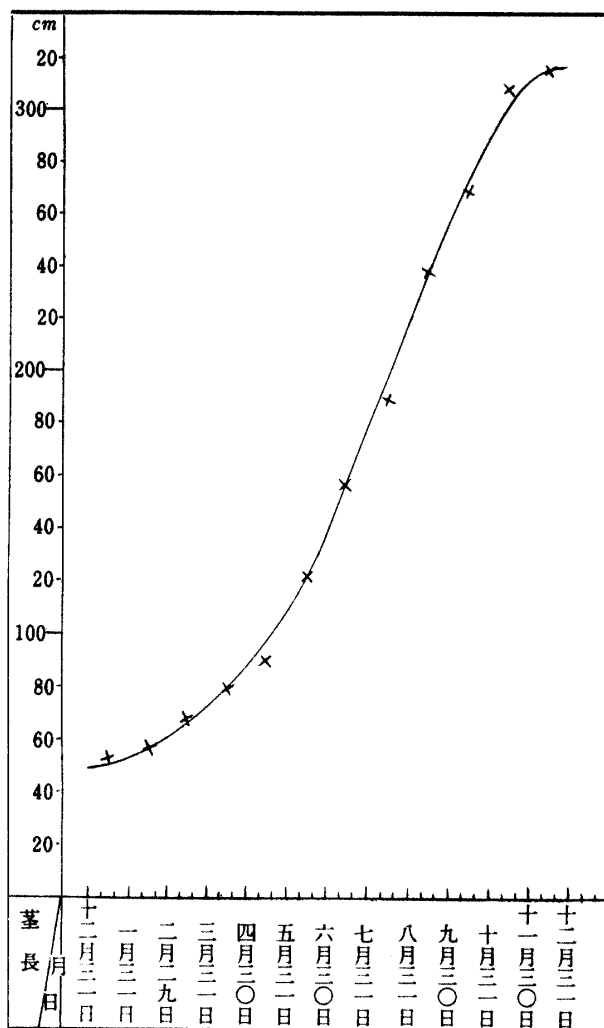
2) 気象条件

琉球気象庁発行の気象要覧³⁾によれば、1958年～1967年の月平均気温、月別日最高気温の平均値は第5表のとおりである。

3) 甘蔗の生育状況

久見晃尋*によれば夏植え甘蔗の植え付け翌年の蔗茎の伸長状況は第6表および第5図のとおりである。第5図により、月別平均日蒸発散量を求めたのと同じ方法で、月別平均日伸長量を求めると第7表のようになる。

* 琉球農業試験場



第5図 夏植え甘蔗の茎長曲線

第7表 甘蔗の月別平均日伸長量

月日	茎長 (cm)	月間伸長量 (cm)	日数 (day)	月別平均日伸長量 (mm/day)
12.31	49			
1.31	53	4	31	1.3
2.28	60	7	28	2.5
3.31	72	12	31	3.9
4.30	87	15	30	5.0
5.31	110	23	31	7.4
6.30	138	28	30	9.3
7.31	178	40	31	12.9
8.31	219	41	31	13.2
9.30	256	37	30	31.3
10.31	289	33	31	10.6
11.30	311	22	30	7.3
12.31	318	7	31	2.3

IV 考 察

1) 蒸発散量と気温の関係

蒸発散量は気温およびその他の条件が同じでも土壌水分の多少により変化するので、土壌水分を十分与えた時の蒸発散量、すなわち蒸通発位 (Potential evapotranspiration) と一般の蒸発散量とは異なる。蒸発散量の計算法として用いられている Thornthwaite 法は月平均気温からこの蒸通発位を求めるもので、Blaney, Criddle 法は月平均気温と日照時間から蒸発散量を求める方法である。

種田⁶⁾ は 1953 年～1955 年、滋賀農大でライシメーターにより牧草の蒸通発位を測定し、これと気温との間に

$$e = C_1 t_m^{1.37} \quad (1)$$

$$e = C_2 t \quad (2)$$

式中

e : 月別蒸通発位 (cm)

t_m : 月平均日最高気温 (°C)

t : 月平均気温 (°C)

C_1, C_2 : 係数

の関係があると説明している。

種田と村上⁶⁾ は 1967 年 4 月から 9 月までの 5 ケ月間、滋賀短大農学部でレッドクローバーの蒸発散量 (ET) を測定し、旬別平均日蒸発散量 (e_{mm}) と旬別平均日最高気温 (t_{max})、同じく旬別平均気温 (t_m) との関係を表式で表わした。

$$e = 0.0206 t_{max}^{1.705} \quad (3)$$

$$e = 0.138 t_m^{2.21} \quad (4)$$

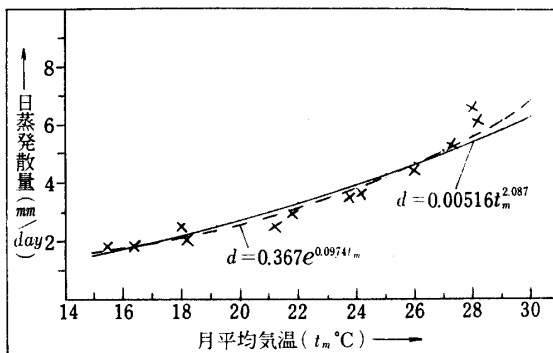
また吉良芳夫等¹⁾ は 1967 年 7 月より 9 月まで、日本各地でフローテングライシメーターによりレッドクローバーの ET を測定し、最高気温 (θ_{max}) と ET の間に

$$ET = \alpha \theta_{max}^{\beta} \quad (5)$$

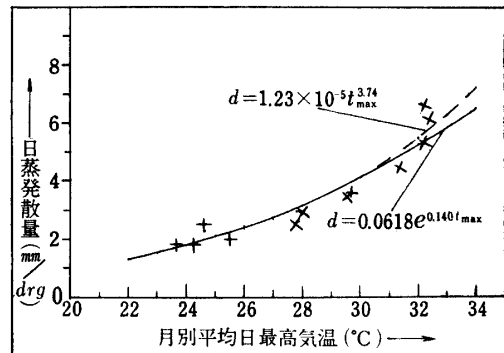
式中 α, β は係数

の関係があり、 α, β と他の諸因子との関係は不明であるとしている。

以上のことから蒸発散量 (ET) と気温 (t) の間に $ET = \alpha t^{\beta}$ の関係があることがわかる。著者は沖縄における甘蔗の月別平均日蒸発散量 (d mm/day) と月平均気温 (t_m)、月別日最高気温 (t_{max}) の関係を調べるため、第 4 表、第 5 表より d を縦軸に、 t_m および t_{max} を横軸にとり第 6 図および第 7 図を得た。第 4 表、第 5 表、第 6 図および第 7 図により最少二乗法で、 $d = \alpha t^{\beta}$ の形でまとめると、



第 6 図 月平均気温と日蒸発散量の関係



第 7 図 月別日最高気温と日蒸発散量の関係

$$d = 0.00516 t_{\max}^{2.087} \quad (6)$$

$$d = 1.23 \times 10^{-5} t_{\max}^{3.74} \quad (7)$$

となり、 $d = ce^{\alpha t}$ の形でまとめると

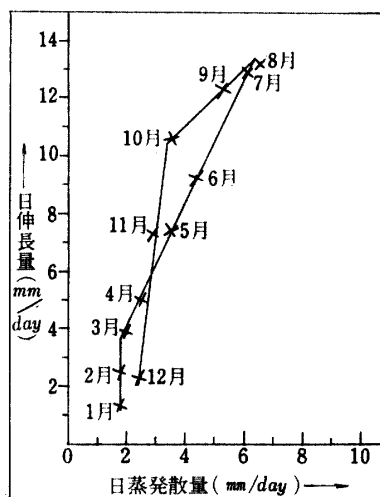
$$d = 0.367 e^{0.0074 t_{\max}} \quad (8)$$

$$d = 0.0618 e^{0.140 t_{\max}} \quad (9)$$

となる。第4図、第5図で実線は前者、点線は後者を示す。これらの図でわかるように、 $d = ce^{\alpha t}$ の形がやゝ測定値に近い。しかし大差はないので、簡単でしかも一般に知られている形 $d = \alpha t$ の形でよいと思う。図で日蒸発散量が最高値をとっている点は曲線からはずれているが、これは8月の値で最盛期にあたり、気温以外の要素が特に影響したものと考えられる。著者の式は1967年、1968年の2ケ年の資料にもとずき、しかも植え付け翌年の夏植え甘蔗について検討したものであるが、この条件下で甘蔗の平均日蒸発散量は $d = \alpha t^3$ の形で示してよいことがわかった。今後この α, β の値についてもっとくわしく検討したい。

2) 月別平均日伸長量と月別平均日蒸発散量の関係

第4表と第7表で月別平均日伸長量を縦軸に、月別平均日蒸発散量を横軸にとると第8図のような関係になる。この図によると、1月から3月までの無効分けつ期は気温が低いため日蒸発散量は小さくほとんど一定しているが、日伸長量はやゝ大きくなってきている。その後8月まで、すなわち伸長初期から伸長旺盛期までは、両者は比例関係にあり、月と共に両者とも増加している。9月、10月の伸長期では比例関係で両者とも減少し、11月、12月の出穂期、登熟期になると日蒸発散量はほとんど変わらないが、日伸長量が急激に減少している。前に述べた8月の値はこの図においても曲線からはずれており、他の条件によるものか、または測定誤差なのか調べて見たい。以上の説明でわかるように、この研究をもっとくわしくするならば、甘蔗の生育期を日蒸発散量～日伸長曲線からはっきりさせることができる。これにより各期別の栽培管理をよりよくすることができる。またこの図から



第8図 日伸長量と日蒸発散量の関係

から7月～9月は絶対に水分をかゝせない時期であり、この時期に干ばつが起れば甘蔗の受ける被害は最も大きく、かんがいが必要となることがわかる。次に、もっと多くの資料により、この図がまとまると、甘蔗の日伸長量を測定することにより、だいたいの日蒸散量を推定し、かんがい計画に利用することができる。

V 摘 要

- 1) 本研究は沖縄における甘蔗の日蒸発散量と気象条件および甘蔗の生育状況との関係を究明し、畑地かんがい事業に資料を供する目的で行なった。
- 2) 実験圃場は第1報⁷⁾と同様、琉球大学農学部附属農場に設置した。
- 3) 蒸発散量はライシメーターで石膏ブロックを併用して測定した。甘蔗にできるだけ自然状態に近い環境を与えるため、ライシメーターは圃場の中に埋没した。
- 4) 供試品種は N:Co. 310、ライシメーター内の土壌は具志川市字具志川地荒原の石灰岩土壌（島尻マーヅ土壌）を用いた。
- 5) 気象条件および生育状況との関係を検討する日蒸発散量としては、1967年の値⁷⁾と1967年9

月から1969年2月まで測定した日蒸発散量の中1968年の値との平均値を用いた。

6) 気象資料としては琉球気象庁発行の気象要覧³⁾にもとずき、1958年～1967年の那覇における月平均気温、月別日最高気温を採用した。

7) 甘蔗の生育状況を示すものとしては久具晃尋*による夏植え甘蔗の茎長曲線を用いた。

8) 甘蔗の月別平均日蒸発散量 (d mm/day) と月平均気温 (t_m °C), 月別日最高気温 (t_{max} °C) の間にはだいたい次のような関係がある。

$$d = 0.00516t_m^{0.87}$$

$$d = 1.23 \times 10^{-5} t_{max}^{3.74}$$

9) この式は夏植え甘蔗で植え付け翌年にしか摘要できない。日蒸発散量としては2ヶ年の平均値をとってあり、常数の値は確定的なものではない。

10) 甘蔗の月別平均日蒸発散量と月別平均日伸長量は生育期ごとに比例関係を示している。

参 考 文 献

- 1) 吉良芳夫, 田中弥寿男, 梅田安治, 篠辺三郎, 鈴木重義, 竹中 肇, 西出 勤, 白井清恒, 種田行男, 長 智男, 小谷佳人 1968 畑地かんがい計画の地域別蒸発散量決定に関する研究 農業土木学会大会講演要旨 270～271 頁
- 2) 大島一志 1963 畑地かんがいの計画と設計 畑地農業研究会発行
- 3) 琉球気象庁 1958～1967 琉球気象要覧第37号～第120号
- 4) 玉井虎太郎 1956 畑作用水法の合理化に関する研究 媛大学紀要第6部 2 (2): 1～161
- 5) 種田行男 1958 畑地かんがい 理工図書
- 6) 種田行男, 村上康蔵 1968 内陸地域における蒸発散について 農業土木学会大会講演要旨 268～269 頁
- 7) 山城三郎 1968 沖縄における甘蔗の蒸発散量第1報 琉球大学農学部学術報告 15: 193～198

* 琉球農業試験場

Summary

1 The studies were made in order to investigate the effect of the weather and the growth of sugarcane on evapotranspiration of sugarcane produced in Okinawa.

2 The investigation field is in the farm of the University of the Ryukyus.

3 The measurement of evapotranspiration was made with two lysimeters and an electric-resistance moisture meter. In order to make the microclimatic environment of the lysimeters the same as that of natural field, the lysimeters were set in a sugarcane field.

4 The sugarcane and the soil used in this investigation were variety N:Co, 310, and limestone soil from Gusikawa city, Okinawa, respectively.

5 The measurement was begun in October, 1967, and ended in February, 1969. As the data for evapotranspiration, the averaged values of present measurement and those shown in Part I of this report were used.

6 As climatic factors, mean monthly temperature and maximum monthly temperature were used, referring to the Monthly Weather Review, Ryukyu Meteorological Agency.

7 As the growth rate of the sugarcane, value obtained by Kozin Kugai were used in this investigation.

8 The following relations between the mean monthly temperature (t_m), maximum monthly temperature (t_{max}), and evapotranspiration of sugarcane (d mm/day) were found.

$$d = 0.00516 t_m^{0.87}$$

$$d = 1.23 \times 10^{-5} t_{max}^{3.74}$$

9 These formulas should be applied to only the year following the year in which the sugarcane was planted. As the data were not sufficient, these constants may be variable.

10 The growth rate (mm/day) is a linear function of evapotranspiration (mm/day) in each period.