



Title	サトウキビのカンガイにおける有効土壌水分の下限値について (3) (農業工学科)
Author(s)	山城, 三郎; 吉永, 安俊
Citation	琉球大学農学部学術報告 = The Science Bulletin of the Faculty of Agriculture. University of the Ryukyus(27): 203-211
Issue Date	1980-11-29
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/4100
Rights	

サトウキビのカンガイにおける有効 土壌水分の下限值について (3)

山城三郎*・吉永安俊*

Saburo YAMASHIRO and Anshun YOSHINAGA :
On the lowest limit of available soil moisture
in irrigation for sugarcane

I 緒 言

Dillewijn⁴⁾によるとサトウキビの蒸散係数は約250である。これは他の作物の蒸散係数に比べそれほど大きな値とは言えない。しかし、単位面積から生産されるサトウキビの乾物重量が大きいので蒸散量そのものはかなり大きな値となる。Gardner and Ehlig²⁾によると植物の蒸散量は土壌水分によって大きく影響されることが指摘されている。したがって、降雨の絶対量が小さい場合、またはその量が十分な場合でも時期的な分布に偏りがある地方においては、生産性をさらに高めるためにはカンガイが必要となる。

畑地カンガイ計画を立てるに当っては、作物の有効土壌水分は最も重要な要素の一つである。著者ら^{6,7)}は沖縄の石灰岩土地帯におけるサトウキビの有効土壌水分の下限值がいかなるpF値に対応するかについて試験研究を行っている。1977年度にはpF1.9, pF2.3, pF3.8およびpF4.0に対応するように土壌水分を制御し、サトウキビの日蒸散量および草丈と土壌水分との関係について試験研究を行った。1978年度にはpF1.9, pF2.3, pF2.7, pF3.0, pF3.4, pF3.6, pF3.7, pF3.8, pF4.0, pF4.2に対応するように土壌水分を制御して、日蒸散量、茎径、茎長、草丈、乾物重量および気温の面から有効土壌水分の下限值について検討を行った。その結果、有効土壌水分の下限值としては、pF3.5～pF3.8に対応する土壌水分が適当であるとの推論が得られた。今回はこれら2ヶ年度に渡る研究結果を明らかにする目的で、とくにpF3.5～pF3.8附近におけるpF値の数をさらに増やし、サトウキビの日蒸散量、日蒸散量と気象要因との関係、サトウキビの生育状況について試験研究を行い、有効土壌水分の下限值について考察した。

II 試 験 方 法

供試土壌としては、1977年度および1978年度と同様、石灰岩土壌を用いた。その土壌を自然乾燥させた後、10mmフルイにかけ、含水比がほぼ一樣になるようによくかき混ぜて、82個のポット(直径38cm、深さ48cmのポリバケツ)に詰め、サトウキビN:Co, 310を7月21日に植え付けた。

なお、土壌を詰める際、各ポットごとに容器重量、土壌重量、土壌含水比を測定するとともに、そのpF-水分曲線を遠心法によって作成して、所定のpF値に対応するポット重量の計算に供した。

* 琉球大学農学部農業工学科

* 琉球大学農学部学術報告 27 : 203～211 (1980)

写真1に示すように、今回は全ポットに植え付けたサトウキビを2本仕立て(主茎のみ)にし、ガラス室内で十分カン水して栽培し、10月19日までは土壤水分を制御せずに生育させた。10月20日にこれらのポットをpF1.9区、pF2.3区、pF2.7区、pF3.0区、pF3.3区、pF3.4区、pF3.5区、pF3.6区、pF3.7区、pF3.8区、pF3.9区、pF4.0区、pF4.2区の13のpF区(土壤水分区)に分けて、土壤水分の調整を開始した。

まず、土壤水分を所定のpF値に対応するように制御する以前に、各pF区におけるサトウキビの生育状況に違いがないかどうかを確認する目的で、10月25日～12月1日の期間は、全ポットの土壤水分をpF1.9に対応するように制御した。つまり、同一条件で水管理を行い、サトウキビの平均日蒸散量、平均草丈、平均茎長、平均茎径および乾物重量を測定し、各pF区との関係を検討した。写真1は全ポットの土壤水分をpF1.9に対応するように制御してサトウキビを栽培した後の12月4日に撮影したものである。この写真によると各pF区におけるサトウキビはほぼ同じような生育状況を示していると思われる。

次に、各pF区におけるポットの土壤水分を調整し、12月16日～12月28日の期間は全ポットの土壤水分をそれぞれ所定のpF値に対応するように制御してサトウキビを栽培し、その平均日蒸散量の測定および生育調査を行った。前回までは1日1回の測定に基づき水分管理を行ったが、今回は1日2回ポットの重量を測定することによって、土壤水分の変動幅を小さくした。つまり、各pF区とも、所定のpF値に対応するポットの全重量をあらかじめ計算し、1日2回その重量を測定して不足した水分量を補給する重量法をとった。生育調査は7日に1回行った。なお、ポットの土壤表面からの水分蒸発を防止する目的で、土壤表面を発泡スチロールで被覆した。サトウキビの重量変化に伴う土壤含水比の誤差を補正する必要がある。このため、全ポットの土壤水分をpF1.9に対応するように調整開始する前日(10月19日)に4ポット、測定期間中は14日に1度の割合で各pFから1ポットずつ、ランダムに取り出してサトウキビの重量測定に供した。

Brrigs and Shanz¹⁾、玉井³⁾、山城⁵⁾、山城および吉永^{6,7)}によると作物の蒸散量は気温、日射量その他の気象要因によって影響される。1978年度には、土壤水分を制御した状態で、サトウキビの平均日蒸散量と日平均気温との関係を調べ、有効土壤水分の下限値について検討を行った。

本年度はさらに気象要因を増やし、平均日蒸散量と日平均気温、日最高気温、日最低気温、日水平面日射量および日蒸発計蒸発量との関係を調べ、有効土壤水分の下限値について検討した。なお、以下に考察する日蒸散量は各pF区ごとに全ポットのサトウキビの日蒸散量を平均したものである。

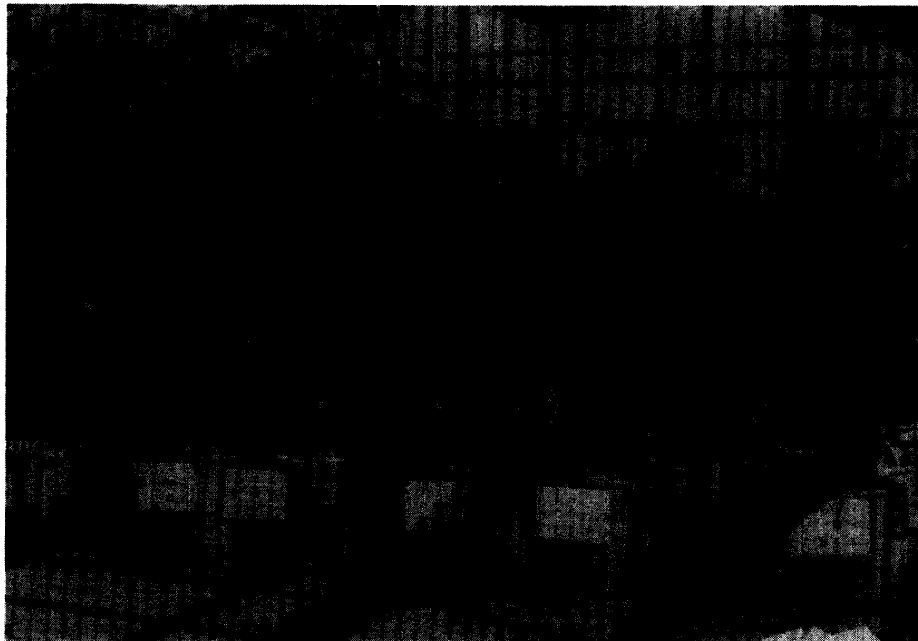


写真1 ガラス室内におけるサトウキビの栽培状況

Ⅲ 結果および考察

前述のように、著者らは1977年以来、沖縄の石灰岩土地帯におけるサトウキビの有効土壌水分の下限値について試験研究を行っている。すなわち、重量法によって土壌水分を制御してサトウキビをポット栽培し、サトウキビの日蒸散量、日蒸散量と気象要因との関係、およびサトウキビの生育状況の面から有効土壌水分の下限値について検討を行っている。作物の蒸散作用は、土壌水分および気象条件のみならず、作物の生育状況によっても影響される。したがって、所定の土壌水分に制御して試験を開始する以前に、土壌水分を一定にした場合各pF区におけるサトウキビの平均日蒸散量および生育状況に差がないかどうかを確認する必要がある。図1は全ポットの土壌水分をpF1.9に対応するように制御して36日後、1979年11月30日に測定したサトウキビの平均日蒸散量と各pF区との関係を示すものである。この図によると、pF値の増大に伴う平均日蒸散量のある定まった変動は見られない。つまり、土壌水分を一定にするならば、平均日蒸散量と各pF区との関係はないことがわかる。図2に、同日の測定結果に基づき、各pF区におけるサトウキビの平均草丈、平均茎長、平均茎径および乾物重量を示す。この図によると、各pF区においてサトウキビはほぼ同程度の生育状況を示していることがわかる。

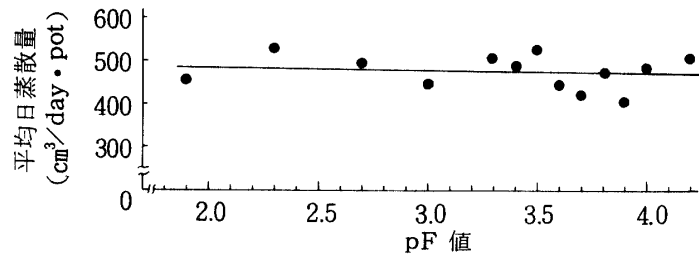


図1 各土壌水分 (pF) 区におけるサトウキビの平均日蒸散量
(全ポットの土壌水分を pF 1.9 に対応するように制御して
36 日後, 1979 年 11 月 30 日測定)

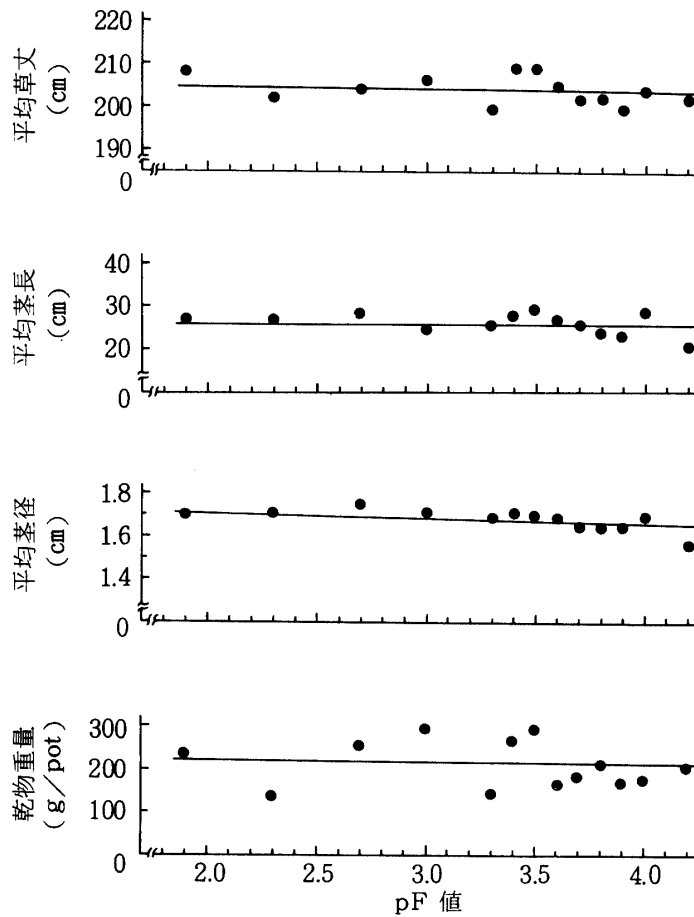


図2 各土壌水分 (pF) 区におけるサトウキビの生育状況
(全ポットの土壌水分を pF 1.9 に対応するように制御して
36 日後, 1979 年 11 月 30 日測定)

1 サトウキビの平均日蒸散量と土壌水分との関係

図3に土壌水分を所定の pF 値に対応するように制御した期間（1979年12月16日～12月28日）の測定結果に基づき、サトウキビの平均日蒸散量と pF 値との関係を示す。この図で実線はその期間の各 pF 区におけるサトウキビの平均日蒸散量の平均的な値を示している。この図によると pF 3.5あたりまでは平均日蒸散量は pF 値の増大に伴い緩やかに減少し、その後は急減するような傾向を示している。前述のように、作物の蒸散量は気温、日射量などの気象要因によって影響される。ガラス室内で、所定の pF 値に対応するように土壌水分を制御してサトウキビを栽培した期間の各 pF 値におけるサトウキビの平均日蒸散量と室内における日平均気温、日最高気温、日最低気温、日水平面日射量および日蒸発計蒸発量との関係を調べた結果、表1に示すように、これらの関係はいずれも直線で示されることがわかった。この直線の勾配はサトウキビの蒸散作用におよぼすこれらの気象要因の影響のあり方を示すと思われる。これらの関係直線の勾配と土壌水分（pF 値）との関係を図4および図5に示す。これらの図によると、いずれの関係直線の勾配もほぼ同じような変動を示している。すなわち、平均日蒸散量の場合と同様に、pF 3.5あたりまではこれらの関係直線の勾配は pF 値の増大に伴い漸減し、その後は急激に減少する傾向変動を示している。つまり、サトウキビの蒸散作用に対する日平均気温、日最高気温、日最低気温、日水平面日射量および日蒸発計蒸発量の影響力は pF 3.5あたりから急減すると推察される。

2 サトウキビの生育状況と土壌水分との関係

図6は全ポットの土壌水分を所定の pF 値に対応するように制御して26日後、1980年1月11日の測定結果に基づき、pF 値の変化に伴いサトウキビの生育状況がどのように変わったかを示すものである。この図によると、草丈は1978年度の場合と同様、pF 値の増大に伴い直線的に減少している。しかしながら、平均茎長、平均茎径および乾物重量は、やはり前述の平均日蒸散量および各関係直線の勾配と同じような変動を示している。すなわち、pF 3.5あたりからサトウキビの生育は急激に抑制されると考えられる。

以上、1977年度と1978年度の結果および今回の研究結果をまとめると、石灰岩土壌地帯におけるサトウキビの有効土壌水分の下限値としてはほぼ pF 3.5に対応する土壌水分が適当であると考えられる。しかしながら、カンガイ計画に際しては、経済的な側面からの検討も行って、有効土壌水分の下限値を決定しなければならないと考える。

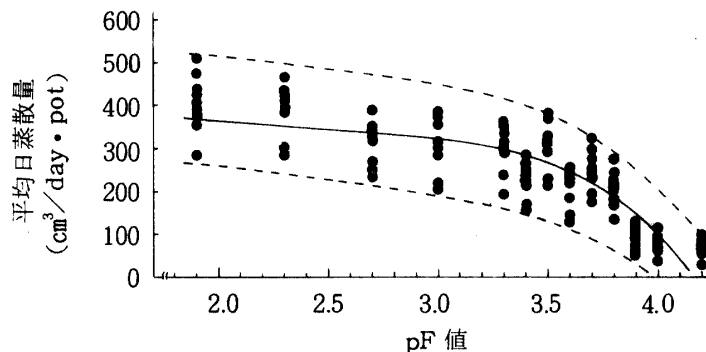


図3 サトウキビの平均日蒸散量と土壌水分（pF 値）との関係（1979年12月16日～12月28日）

表 1 各 pF 区におけるサトウキビの平均日蒸散量と気象要因との関係を示す直線式

事項	日平均気温 (θ_m)		日最高気温 (θ_{max})		日最低気温 (θ_{min})		日水平面日射量(S)		日蒸発計蒸発量(E)	
	関係直線式	r	関係直線式	r	関係直線式	r	関係直線式	r	関係直線式	r
1.9	$T = 14.2\theta_m + 88$	0.59	$T = 11.5\theta_{max} + 44$	0.67	$T = 10.8\theta_{min} + 209$	0.43	$T = 1.99S + 102$	0.90	$T = 113.5E + 169$	0.72
2.3	$T = 13.6\theta_m + 85$	0.69	$T = 10.9\theta_{max} + 45$	0.79	$T = 10.9\theta_{min} + 189$	0.54	$T = 1.62S + 140$	0.90	$T = 109.2E + 160$	0.86
2.7	$T = 11.1\theta_m + 66$	0.68	$T = 7.3\theta_{max} + 81$	0.64	$T = 10.4\theta_{min} + 123$	0.62	$T = 1.12S + 141$	0.75	$T = 73.7E + 158$	0.70
3.0	$T = 12.8\theta_m + 18$	0.62	$T = 10.1\theta_{max} - 13$	0.69	$T = 11.5\theta_{min} + 94$	0.54	$T = 1.44S + 82$	0.77	$T = 106.7E + 82$	0.80
3.3	$T = 13.8\theta_m - 1$	0.69	$T = 12.2\theta_{max} - 77$	0.86	$T = 11.0\theta_{min} + 105$	0.53	$T = 1.79S + 33$	0.98	$T = 117.1E + 62$	0.90
3.4	$T = 11.2\theta_m - 24$	0.75	$T = 7.5\theta_{max} - 12$	0.71	$T = 8.9\theta_{min} + 63$	0.58	$T = 1.08S + 60$	0.79	$T = 70.6E + 77$	0.73
3.5	$T = 15.3\theta_m - 35$	0.83	$T = 11.2\theta_{max} - 47$	0.86	$T = 13.4\theta_{min} + 63$	0.71	$T = 1.58S + 64$	0.94	$T = 102.7E + 91$	0.86
3.6	$T = 10.8\theta_m - 32$	0.71	$T = 9.4\theta_{max} - 88$	0.87	$T = 9.2\theta_{min} + 41$	0.58	$T = 1.26S + 16$	0.90	$T = 90.4E + 21$	0.91
3.7	$T = 11.1\theta_m - 2$	0.71	$T = 7.8\theta_{max} - 5$	0.70	$T = 10.1\theta_{min} + 68$	0.62	$T = 1.17S + 72$	0.81	$T = 75.9E + 92$	0.74
3.8	$T = 9.8\theta_m - 23$	0.77	$T = 6.1\theta_{max} - 4$	0.68	$T = 9.0\theta_{min} + 33$	0.69	$T = 0.85S + 66$	0.73	$T = 49.4E + 91$	0.60
3.9	$T = 3.7\theta_m - 1$	0.45	$T = 2.9\theta_{max} - 8$	0.49	$T = 3.1\theta_{min} + 28$	0.36	$T = 0.30S + 38$	0.39	$T = 29.2E + 23$	0.54
4.0	$T = 5.2\theta_m - 39$	0.59	$T = 3.9\theta_{max} - 46$	0.63	$T = 4.0\theta_{min} + 4$	0.44	$T = 0.62S - 18$	0.77	$T = 42.1E - 11$	0.74
4.2	$T = 5.0\theta_m - 48$	0.55	$T = 3.7\theta_{max} - 51$	0.57	$T = 3.2\theta_{min} + 4$	0.35	$T = 0.52S - 15$	0.64	$T = 38.0E - 15$	0.64

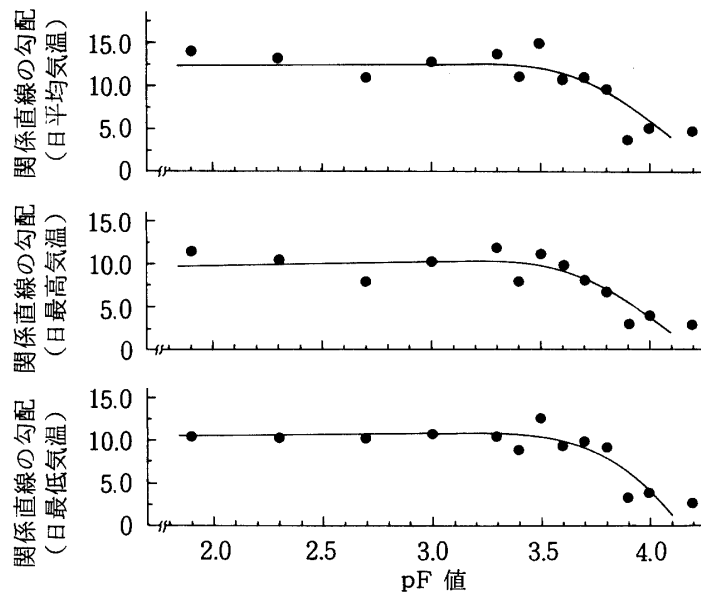


図 4 サトウキビの平均日蒸散量と気温との関係直線の勾配と土壌水分 (pF 値) との関係 (1979 年 12 月 16 日 ~ 12 月 28 日)

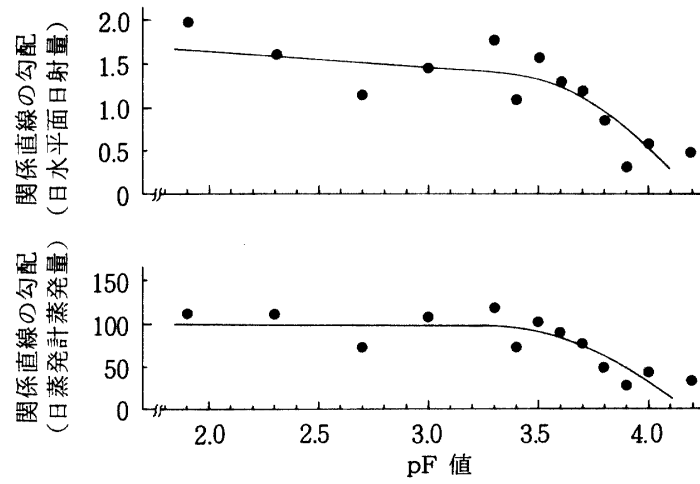


図5 サトウキビの平均日蒸散量と日水平面日射量および日蒸発計蒸発量との関係直線の勾配と土壌水分との関係 (1979年12月16日～12月28日)

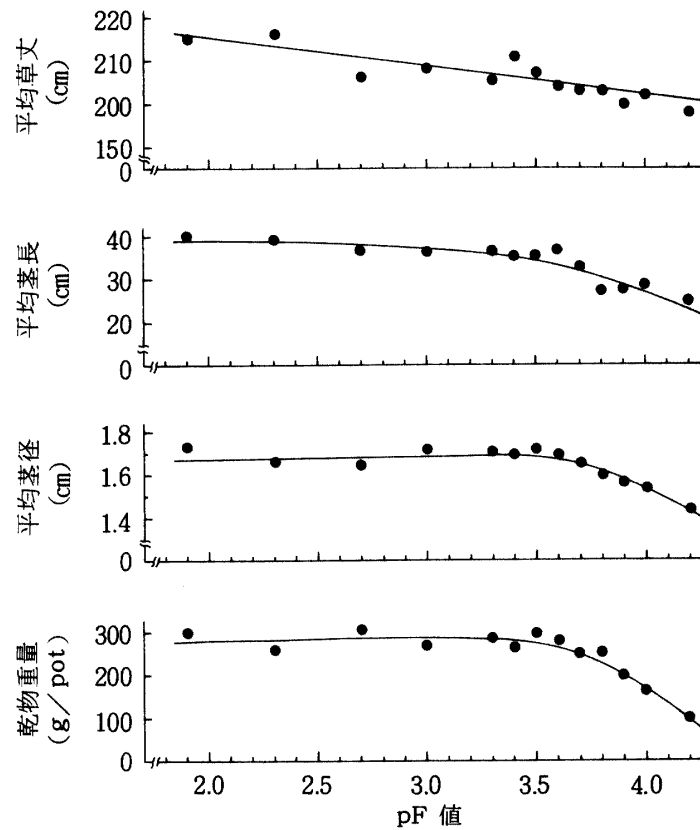


図6 サトウキビの生育状況と土壌水分 (pF 値) との関係 (全ポットの土壌水分を所定の pF 値に対応するように制御して26日後, 1980年1月11日測定)

IV 適 要

1. 本研究はポット試験によって、サトウキビのカンガイにおける有効土壌水分の下限值について検討するものである。
2. 上記の目的を達成するために、本年度はサトウキビを植え付けた78個のポットを13のグループに分け、各グループにおけるポットの土壌水分をそれぞれ pF 1.9, pF 2.3, pF 2.7, pF 3.0, pF 3.3, pF 3.4, pF 3.5, pF 3.6, pF 3.7, pF 3.8, pF 3.9, pF 4.0, pF 4.2 に対応するように制御してサトウキビの平均日蒸散量および生育状況とこれらの pF 値との関係を調べた。また各 pF 区におけるサトウキビの平均日蒸散量と気温、日射量および蒸発計蒸発量との関係を調べ、その面からも有効土壌水分の下限值について検討した。
3. 各 pF 区における平均日蒸散量と気温、日射量および蒸発計蒸発量との関係はそれぞれ直線で示された。平均日蒸散量、平均日蒸散量とこれらの気象要因との関係直線の勾配、サトウキビの茎長、茎径および乾物重量は pF 3.5 あたりまでは pF 値の増大に伴い緩やかに減小し、その後は急減する傾向を示した。しかし、サトウキビの草丈と pF 値との関係は負の勾配を持つ直線で示された。
4. サトウキビのカンガイにおける有効土壌水分の下限值としては約 pF 3.5 に対応する土壌水分が適当であると推察される。

参 考 文 献

1. Briggs, L. J. and Shantz, H. L. 1916 Daily transpiration during the normal growth period and its correlation with the weather. *J. Agr. Res.* 7: 155 ~ 212
2. Gardner, W. R. and Ehlig, C. F. The influence of soil water on transpiration by plants. *J. Geophys. Res.* 68: 5719 ~ 5724
3. 玉井虎太郎 1956 畑作用水法の合理化に関する研究 愛媛大学紀要第6部, 2: 157 ~ 317
4. 内原彪 訳 1971 Dilewijn, C. V., 甘蔗植物学 1 ~ 271, 琉球分蜜糖工業会
5. 山城三郎 1974 サトウキビの蒸散量, 琉球大学農学部学術報告, 23: 231 ~ 235
6. ————・吉永安俊 1978 サトウキビのカンガイにおける有効土壌水分の下限值について (1), 琉球大学農学部学術報告, 25: 257 ~ 263
7. ————・————— 1979 サトウキビのカンガイにおける有効土壌水分の下限值について (2), 琉球大学農学部学術報告, 26: 273 ~ 285

Summary

1. This study was done in order to investigate on the lowest limit of available soil moisture in irrigation for sugarcane. The sugarcane which was used in this test was planted in pots.
2. To attain this purpose, the seventy eight pots in which the sugarcane was planted were divided into thirteen groups and soil moisture of the pots in each groups was controlled at pF1.9, pF2.3, pF2.7, pF3.0, pF3.3, pF3.4, pF3.5, pF3.6, pF3.7, pF3.8, pF3.9, pF4.0 and pF4.2 respectively. We investigated the relationship between average daily transpiration, growth of the sugarcane and the values of pF. We also investigated the relationship between average daily transpiration in each groups and temperature, solar radiation and pan evaporation respectively, and we considered on the lowest limit of available soil moisture also from this side.
3. The relationship between average daily transpiration and temperature, solar radiation and pan evaporation showed linear equation respectively. The average daily transpiration, the gradients of the linear equations on the relationship between the average daily transpiration and these meteorological factors, stem length, stem diameter and dry weight of the sugarcane decreased slowly until about pF3.5, but quickly after that for the increase of the values of pF. But the relationship between plant length of the sugarcane and the values of pF showed linear equation with negative gradient.
4. It seems that the soil moisture at about pF3.5 may be suitable for the lowest limit of available soil moisture in irrigation for sugarcane.