琉球大学学術リポジトリ

サトウキビに対するかんがい時期について(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: 山城, 三郎, Yamashiro, Saburo
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/3878

サトウキビに対するかんがい時期について

山城三郎*

Saburo YAMASHIRO : When to irrigate for sugar cane

Summary

This study was done in order to investigate when to irrigate for sugar cane. The sugar cane which was used in this test was planted in pots.

To attain this purpose, sap flow velocity and transpiration of sugar cane, soil moisture and soil moisture tension were measured. I investigated the relationship bitween them. Between sap flow velocity, the mean value of hourly transpiration rate and weather were also investigated.

It became clear that a daily monitoring of sap flow velocity, transpiration rate, soil moisture content and soil moisture tension indicated that sugar cane needs to be irrigated whenever the soil moesture tension reaches a pF value between 3.7 and 3.8. From these pF value, the sap flow velocity became nearly constant.

From the observation made, it seemed clear that both the sap flow velocity and the transpiration rate were equally influenced by the weather. It also appeared evident that sap flow velocity could serve quite well as an index of transpiration rate.

Thus by monitoring sap flow velocity, it could be possible to tell when the sugar cane plants are experiencing water stress and thus requireing further water application.

緒　言

作物は土壌から水分を継続的に吸収しており，有効水分を減少させる速度は作物の生育状況および気象要因によって変わる。ある期間に作物によって消費される水分量は、各かんがいごとに、土壌中に供給される。かんがいを行なった後、その次にかんがいが行われるまでに何日かかるかは実用上大変重要な意味を持つものである。すなわち土壌水分が減少し過ぎる寸前に、水分を供給することが重要である。水分欠乏をきたしている土壌は非常に強い力で水分を保持しているので、作物がそれを吸収するためには多くのエネルギーを必要とする。作物がその葉のふくらみを維持するのに十分な水を吸収することができなくなると作物はシオレ現象を起こす。このシオレ現象を回避し、かんがい効率を高めるためには、与えられた作物にかんがいすべき時点を求めて何らかの方法で検証されなければならない。そのためには作物に関する実験（葉の水ポテンシャル、蒸散量、葉温など）、土壌に関する実験（土壌水分量、土

*琉球大学農学部農業工学科

琉球大学農学部学術報告 36：73～87（1989）

壌水分張力など）が必要であり、根郡域における水収支計算も必要となる。

筆者はサトウキビに対する最も適当なかん水時期を決定するために、土壌および作物の両面から実験を行なった。

材料及び方法

この実験は1984年９月に20ヶのポット（直径35cm、高さ40cm）に植え付けたサトウキビN:Co、310を用いてガラス室内で行われた。

サトウキビの栽植密度を均一にするために、間引きを行い各ポットのサトウキビの数を４本にした。かんがい時期を明らかにするための各種実験は1985年９月～11月に行われた。実験内容は蒸散流速の測定、重量法による蒸散量の測定および土壌水分の測定、電気抵抗法による土壌水分の測定、土壌水分張力の測定である。また、気温、地温、蒸発計蒸発量の測定も行った。かん水後の蒸散量および土壌水分の変化過程を調べるために、各ポットの重量を毎日測定した。

かん水を行う場合は、各ポットの土壌水分がホ場容水量に達するまで十分かん水した。自然のホ場条件をシミュレートするために、ポットの下の側面に直径３cmの小孔をあけ、ホ場の重力水と同じであるとみなされる水を自由に排出させた。したがって、測定が行われたのはこの排水が止まった後である。

１．蒸散流速の測定

蒸散流速の測定には林電工株式会社が製作したHP型蒸散流速計を用いた。この蒸散流速計はClossの原理[1)]に基づくものである。図１に示すように、蒸散流速を測定するサトウキビにA、OおよびBの小孔をできるだけ直線上に並ぶようにあけた。小孔間の距離OAを0.5cm、OBを1.0cmとした。

蒸散流速計には二つのセンサーと一つのヒーターがある。センサーを小孔AおよびBにヒーターを０に差し込んだ後、周囲の熱の影響を防ぐために測定する部分を断熱剤でおうた。これらの手順がすんだらスイッチを入れる。

この蒸散流速計はヒートパルスを与えた後の経過時間を秒単位で記録するタイマーを内蔵している。そして、A点の温度とB点の温度が等しくなるとタイマーは自動的に停止し、その時間が記録される。この時間とOBおよびOAの距離を用いて蒸散流速を求めた。

日変化の測定は1985年９月３日～９月９日と９月13日～９月19日に行なった。時間変化の測定は４つのポットを用いて10月14日と11月７日に行い、測定時間は８時から17時とした。

２．蒸散量の測定

a)日蒸散量

各ポットの土壌表面をサトウキビの茎が出ている場所以外は発泡スチロールで被覆して土壌面蒸発を防止した。土壌面蒸発が防止されているので、各ポットの重量の日減少量が土壌水分の日減少量すなわちサトウキビの日蒸散量である。したがって、かん水後各ポットの重量を毎日測定し、日蒸散量を求めた。測定期間は蒸散流速の場合と同じく、1985年９月３日～９月９日と９月13日～９月19日である。

b)時間蒸散量

時間蒸散量の測定は蒸散流速を測定した４つのポットを用いて行われた。測定開始以前の３週間は毎日十分かん水し、サトウキビの蒸散作用が活発になるようにした。測定日は蒸散流速の場合と同じく、1985年10月14日と11月７日であり、毎日８時から17時まで１時間単位でポットの重量を測定し、時間蒸散量を求めた。

３．土壌水分の測定

a)重量法による土壌水分の測定

サトウキビを植え付ける前に各ポットに詰めた土壌の重量とその含水比を測定した結果に基づき乾土重を求め、容器重量＋石膏ブロックの重量＋乾土重を求めておいた。したがって、毎日各ポットの重量

を測定することによって、それぞれのポットにおける土壌の含水比を求めることができる。測定は1985年9月3日～9月9日と9月13日～9月19日に行った。なお、実験終了後サトウキビの根および地上部の重量を測定し、土壌水分の補正を行った。

b)電気抵抗法による土壌水分の測定

電気抵抗を測定するセンサーには石膏ブロックを用いた。ポットの数は20ヶであるので同数の石膏ブロックが用いられた。実験に使う前に、各石膏ブロックを容器に詰めた土壌中に埋設し、湿潤状態から乾燥状態までその電気抵抗と土壌含水比を同時に測定し、両者のキャリブレーションカーブを作成した。キャリブレーションカーブの1例を図2に示す。他のキャリブレーションカーブもこれと類似していた。これらの石膏ブロックを容器から取り出して、各ポットに5cmの深さで埋設し土壌水分測定に供した。

1985年9月3日～9月9日と9月13日～9月19日の期間、毎日10時に石膏ブロックの電気抵抗を測定し、図2に示すようなキャリブレーションカーブから含水比を求めた。

4．pF－水分曲線の測定

サトウキビを植え付けた8ヶのポットからそれぞれ1ヶづつ100ccの定容積採土を行い、遠心法によりpF値と土壌の含水比との関係を調べた。すなわち、土壌を十分飽和させた後、重力水を取り除き遠心分離機にかけ、所定のpF値に対応する回転数で3時間回転させ、試料の重量を測定しておき、最後に測定した乾土重量を用いてそれぞれの含水比を求めた。その結果に基づきpF値に対応する含水比を平均してpF－水分曲線を作成して図3に示す。

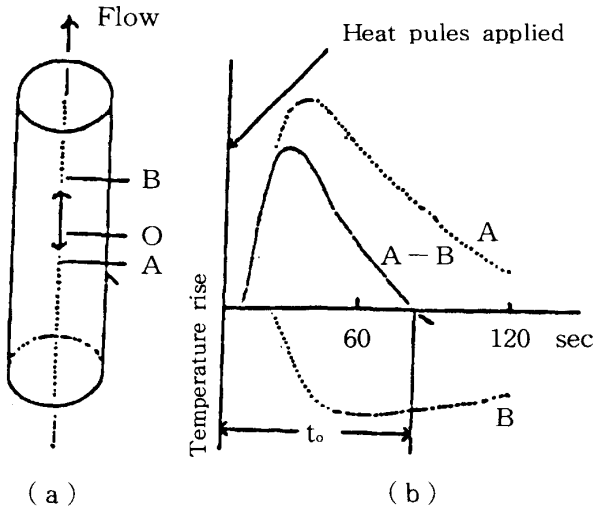

Fig.1 Measurement of sap flow velocity.

(a)Schematic drawing of cane stem showing the positions of sap flow measurement.

(b)Variation of the temperature difference between A and B after pulse application at O.

結　果

1．蒸散流速の日変化

前述のように、ヒートパルスを与えてから、A点における温度とB点における温度が等しくなるまでの時間を各ポットごとに測定し、1日に得られた全測定値の平均を求めて、蒸散流速の計算に供した。蒸散流速の決定にはCloss[1]の方法を用いた。この方法は蒸散流量がヒートパルスの移動速度に比例する

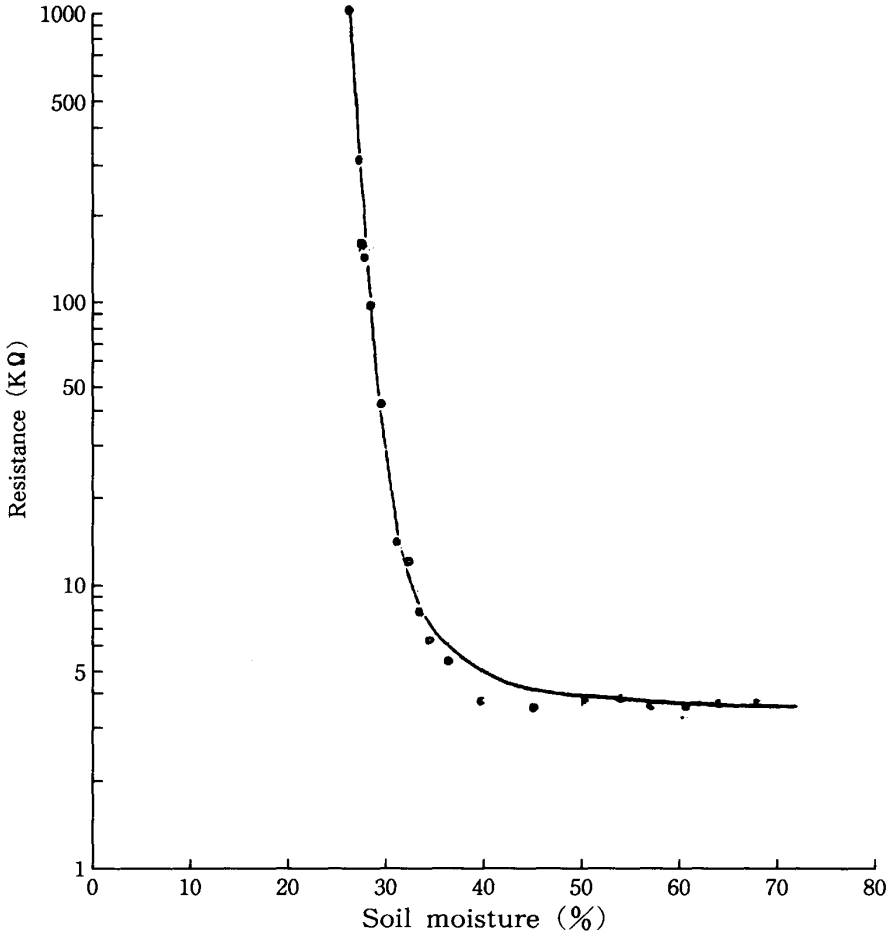

Fig.2 Calibration curve (block No.3)

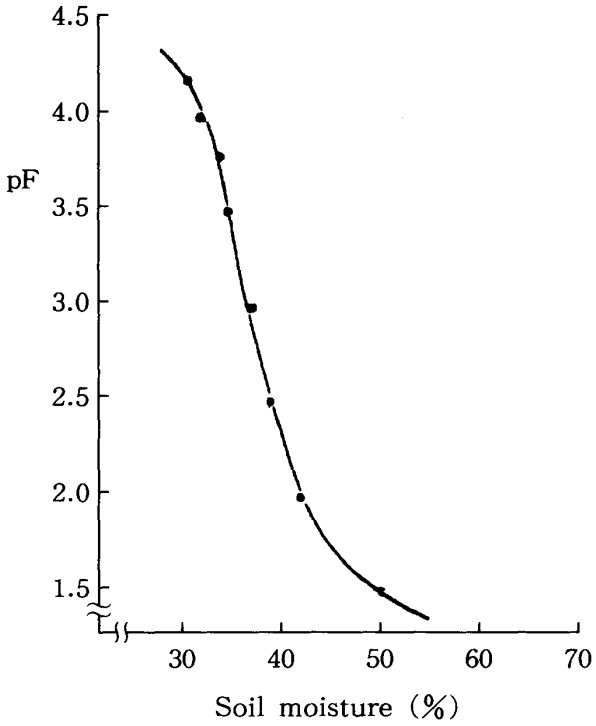

Fig. 3 Soil pF calibration curve

から、ヒートパルスの移動速度は蒸散流速の指標として用いられるという考え方に基づいている。

O点にヒートパルスを与えると図1に示すように、B点およびA点に温度変化を生ずる。Closs[1]によるとB点の温度変化T_Bは次式で示される。

$$T_B = \frac{Q}{\sqrt{\pi KT}} \exp\left[-\frac{(OB-Vt)^2}{4Kt}\right] \quad \cdots\cdots (1)$$

ここで

Q：与えられた熱量　cal／cm

K：熱拡散速度　cm^2／sec

t：ヒートパルスが与えられてからの時間　sec

OB：O点とB点の距離　cm

V：ヒートパルスの移動速度　cm／sec

同様に、A点における温度変化T_Aは次式で示される。

$$T_A = \frac{Q}{\sqrt{\pi KT}} \exp\left[-\frac{(-OA-VT)^2}{4KT}\right] \quad \cdots\cdots (2)$$

ここで

OA：O点とA点の距離　cm

$T_A=T_B$の場合のtをt_0とすると（1）式と（2）式は次のようにまとめられる。

$$V = \frac{OB-OA}{2t_0} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

OB、OAの距離と蒸散流速計で測定した時間を（3）式に代入することによって蒸散流速を計算した。サトウキビにかん水した後の蒸散流速の変化過程を図4および図5に示す。これらの図によると蒸散流速は日の経過と共に減少しており、そのことは蒸散流速が土壌水分により影響されるということを示唆している。これらの曲線の勾配から、土壌中に十分な水がある期間を過ぎると蒸散流速は減少し、ついにある一定の値に近づくことが指摘される。図4および図5によると蒸散流速が約3cm／hrになった場合はかんがい開始の時期として適当であると推定される。

2．日蒸散量

図6に個々のポットの土壌水分の期日に対する変化過程の事例を示す。初期の土壌水分が異なるにもかかわらず、有効土壌水分の下限値付近においては、どの曲線の勾配も同じような形態を程する傾向にある。このことは、作物が土壌から水分を吸収し続けると、初期に吸収した水分量に関係なく、作物が水分欠乏により同じように影響され始める時期が来ることを示唆している。これがかんがい開始の時期である。

各ポットにおける土壌水分の変化量から日蒸散量を求め、その平均値を図7に示す。この図によると、かん水後の経過時間にともない日蒸散量は減少し、ついにある一定の値に漸近することがわかる。本実験においては、この時期における日蒸散量はほぼ400g／pot／dayとなっている。

3．時間蒸散量、蒸散流速および気象要因

各ポットごとに測定した1時間当りの蒸散量および蒸散流速の平均値の時間による変化過程を図8および図9に示す。また、　これらの図には1時間当りの蒸発計蒸発量、気温および土壌温度も同様にプ

ロットした（図９においては土壌温度は除いた）。これれらの図によると蒸散量は早朝には低く、10時頃から増加し、12時前後に最高に達しその後減少する。蒸散量の最高値は10月14日には12時半に現れ、11月７日には11時45分に現れているが、いずれの場合にもその値は約310ｇ／hrになっている。図８における８時と９時の蒸散量が非常に高い値を示しているが、それは測定ミスによるものと考えられる。

蒸散流速は蒸散量の変化に非常に類似した変動を示している。最高蒸散流速は10月14日には13時に現れ、11月７日には11時半に現れている。すなわち、蒸散流速のピークは蒸散量のピークとほぼ一致した時刻に現れている。

土壌温度は別として、蒸発計蒸発量および気温は蒸散量および蒸散流速の場合と同じ傾向変動を示している。土壌温度は非常にゆっくり上昇し、降下過程もゆるやかで、夕方になってもなかなか降下しない。そのことは土壌温度と蒸散量および蒸散流速との間にあまり深い関係がないことを示唆している。

この実験結果から、蒸散量および蒸散流速は気温および蒸発計蒸発量に同じように影響されることが明らかである。したがって、この蒸散流速は蒸散量の指標として十分役立つものであると考えられる。すなわち、蒸散流速をモニタリングすることによってサトウキビがいつ水分欠乏をきたし、いつかん水を必要とするかを知ることができる。

４．土壌水分

図10は各ポットにおける土壌の含水比を重量法によって測定し、その平均値の経日変化を示したものである。また、図11は各ポットの土壌面から５cmの深さにおける土壌の含水比を石膏ブロックによって測定し、その平均値の変動を示したものである。両者はほぼ同じような減少過程を示し、含水比が30％程度になると一定の値に漸近することがわかる。図３と図10から重量法によって測定したポットの土壌水分をpF値で示すと図12のようになる。この図によるとpF値は期日の経過にともない増大し、pF3.8あたりからある一定の値に漸近している。このことは土壌水分が少なくなると、植物は土壌から水分を吸収するのに大きなエネルギーを必要とし、pF値にわずかな変化しか見られなくなるという事実を示唆するものである。植物をこのような土壌の高水分張力から守るためにはpF値が一定の値に近づく前にかん水すべきである。

考　　察

図13と図14は日蒸散量、土壌含水比、土壌のpF値および蒸散流速の期日に対する変動を対比してまとめたものである。これらの図によると日蒸散量、土壌含水比および蒸散流速は水分供給の後期日の経過にともない減少傾向を示し、ついにある一定の値に漸近する。一方、pF値は期日の経過にともない増大し、ついにある一定の値に漸近する。これらが漸近し始める期日はほぼ一定で、日蒸散量が約400ｇ／day、土壌含水比が約30％、pF値が約3.8、蒸散流速が約３cm／hrになった時となっている。

これらの関係をより明らかにするために、pF値に対応する土壌含水比、日蒸散量および蒸散流速の変動を図15および図16に示す。これらの図によるといずれもpF値の増大にともない減少傾向を示している。そしてpF3.7～pF3.8あたりから土壌含水比および日蒸散量の減少率は大きくなり、蒸散流速はほぼ一定の値になっている。このようにpF3.7～pF3.8になる前にかんがいするとサトウキビはシオレ現象を起こさない。すなわちこの時期が、かんがい開始の時期であると考える。筆者ら[2,3,4]は1977年～1980年にわたりサトウキビに対する有効土壌水分の下限値について実験研究を行った。その結果、有効土壌水分の下限値としてはpF3.5～pF3.8に対応する土壌水分が適当であることがわかった。このことは今回の研究結果とよく一致している。

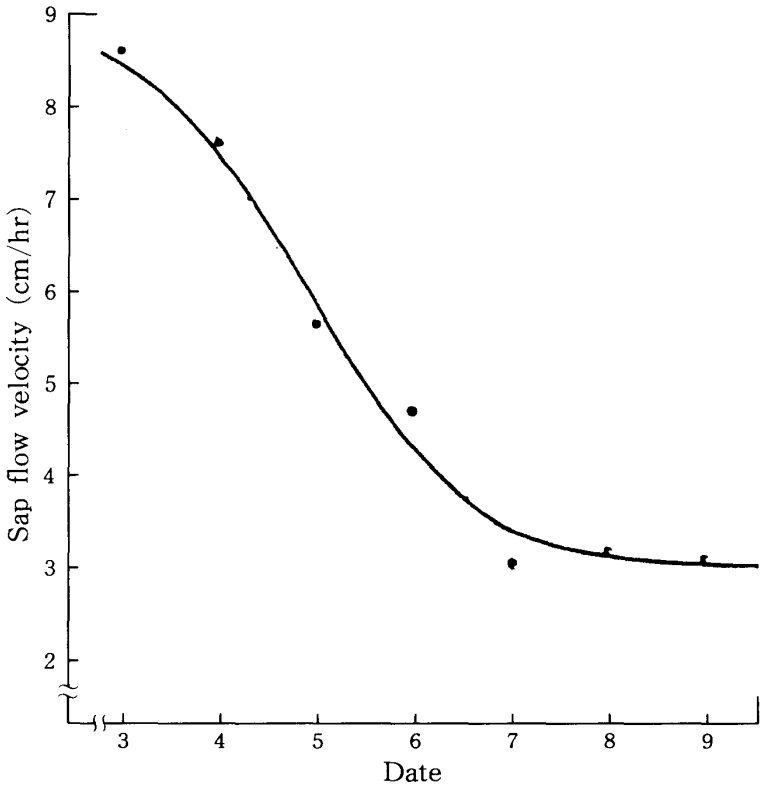

Fig. 4 Variation of sap flow velocity with time after water application to potted sugar plants. (September, 3～9, 1985)

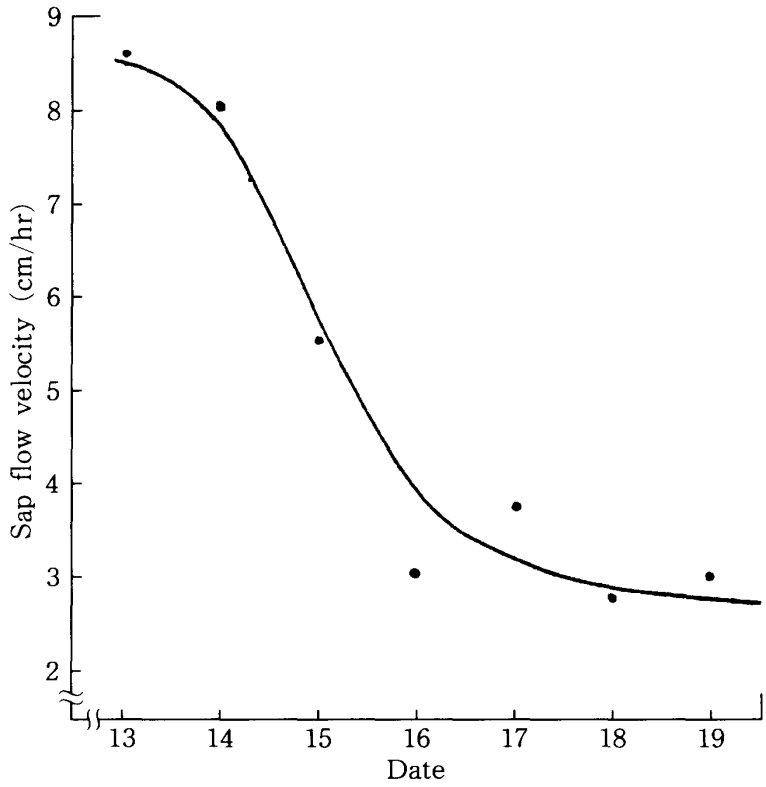

Fig. 5 Variation of sap flow velocity with time after water application to potted sugar cane plants. (September, 13～19, 1985)

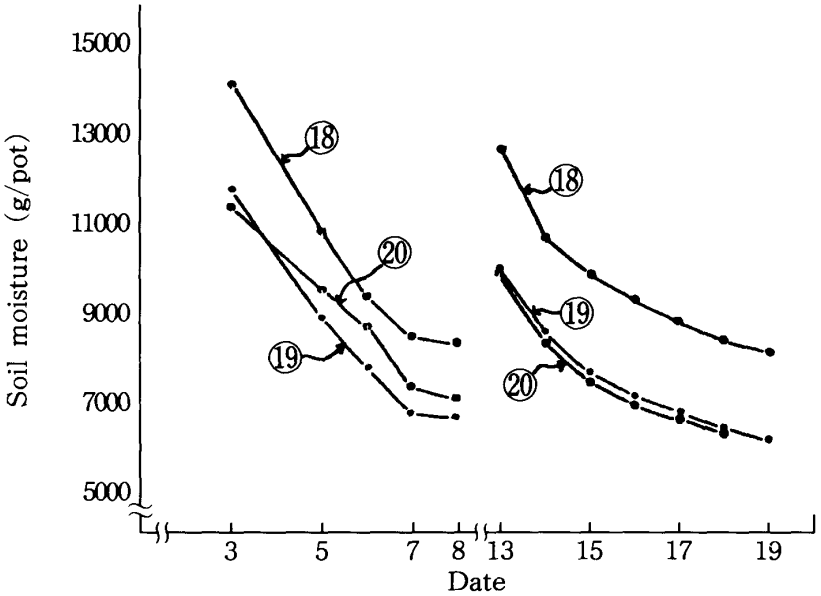

Fig. 6 The variation of soil moisture in some individual pots by weight(g) following water application to potted sugar cane plants, the numbers show the individual, pots. (September, 3～8, 13～19, 1985)

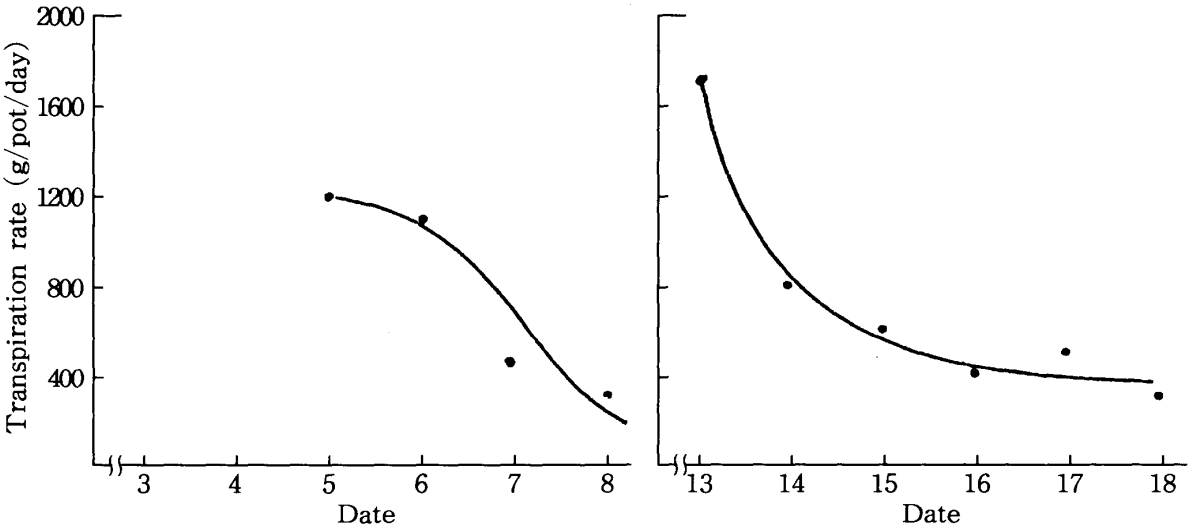

Fig. 7 The variation of transpiration rate with time following water application to potted sugar cane plants. (September, 1985)

摘　要

本研究は、ポット試験によってサトウキビに対するかんがい開始時期について検討するものである。上記の目的を達成するために、サトウキビの蒸散流速、蒸散量、土壌水分および土壌の水分張力（pF）を測定し、これらの相互関係について調べた。さらに、蒸散流速および蒸散量の時間変化と気象要因との関係についても検討した。

その結果、蒸散流速、蒸散量、土壌水分および土壌の水分張力の変動からサトウキビに対するかんが

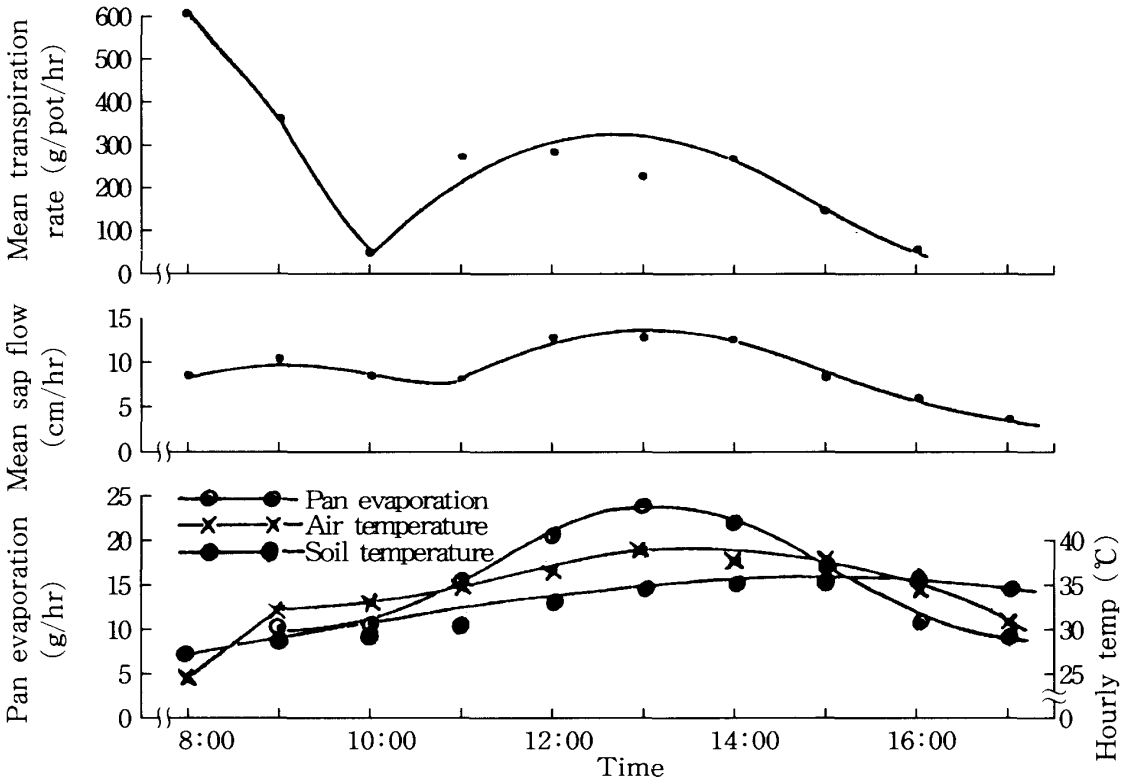

Fig.8 Hourly transpiration rate, sap flow velocity, pan evaporation, soil and air temperature. (October, 14, 1985)

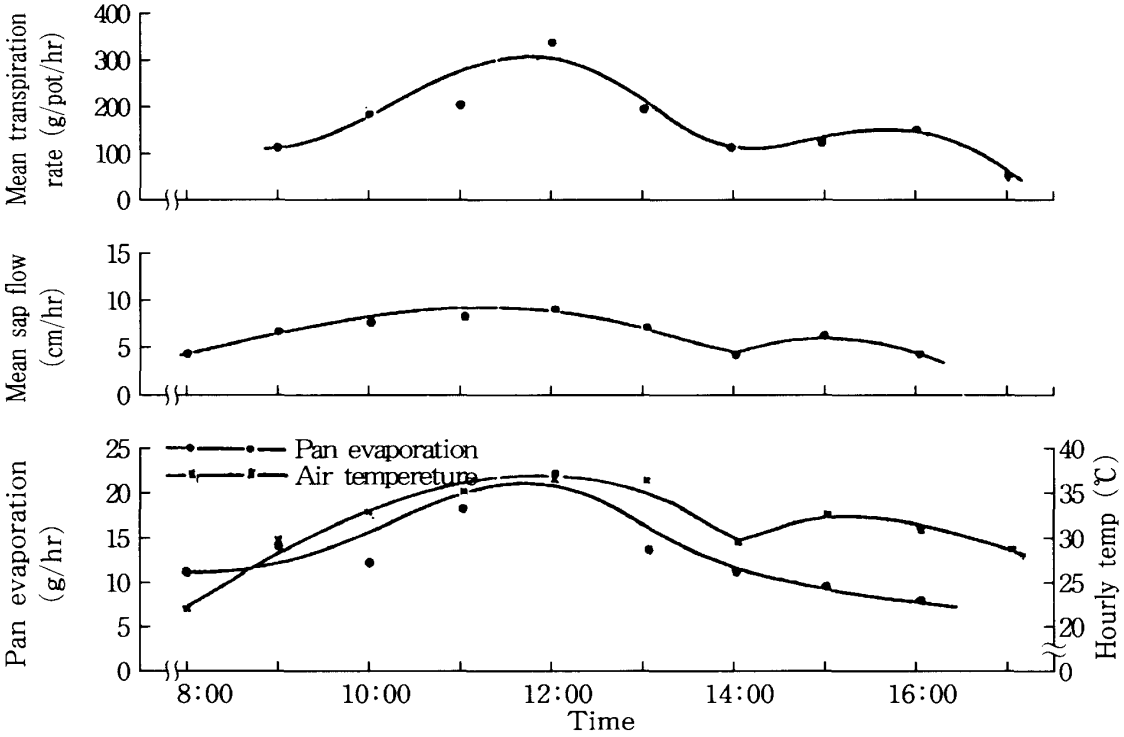

Fig. 9 Hourly transpiration rate, sap flow velocity, pan evaporation and air temperature. (November, 7, 1985)

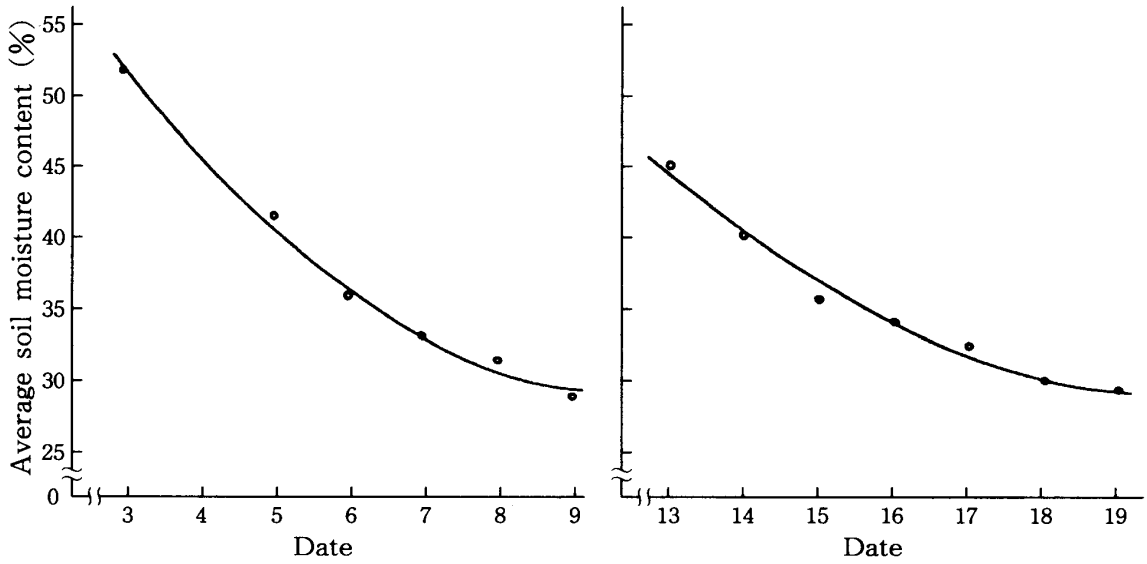

Fig.10 The average pot soil moisture content mesured by weighing method following water application to the sugar plants (September, 1985)

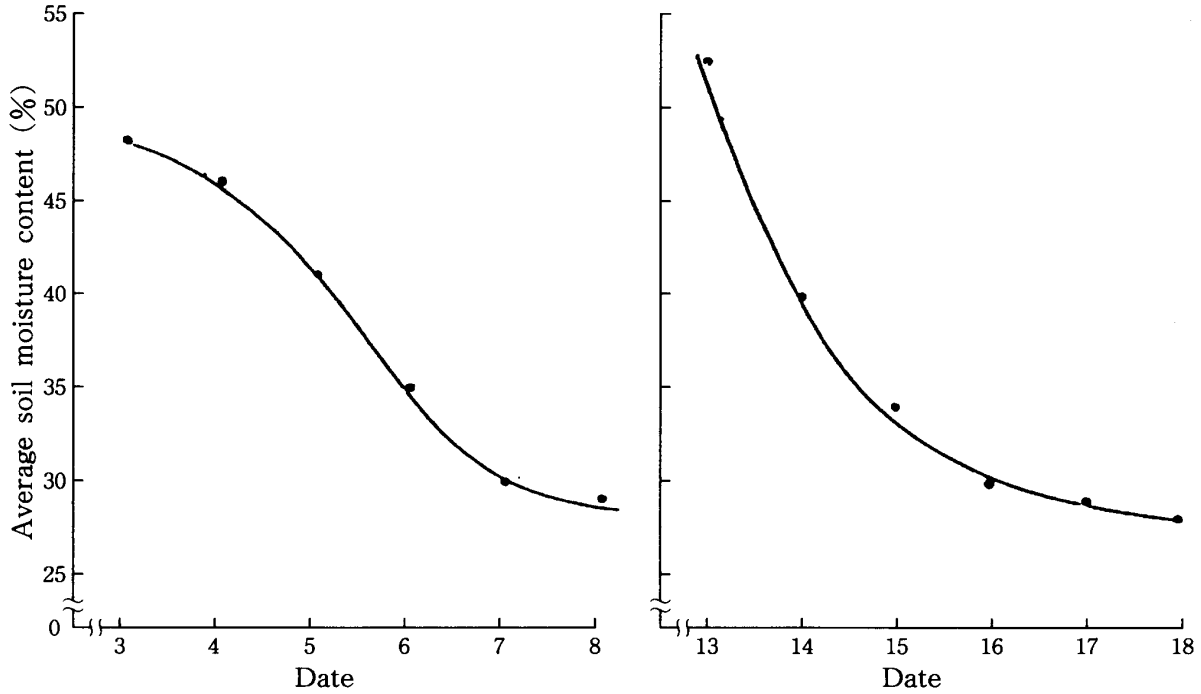

Fig.11 The average pot soil moisture content measured by gypsum blocks following water application to the sugar cane plants (September, 1985)

い開始の時期としては土壌の水分張力がpF3.7～pF3.8になった場合が適当であることがわかった。蒸散流速はこのpF値付近においてはほぼ一定の値となった。また、蒸散流速および蒸散量の時間変化と気象要因の関係から、蒸散流速は蒸散量の指標として、十分役立つことがわかった。このようにして蒸散流速をモニタリングすることによって、サトウキビがいつ水分欠乏をきたし、いつかんがいすべきであるかを知ることが可能である。

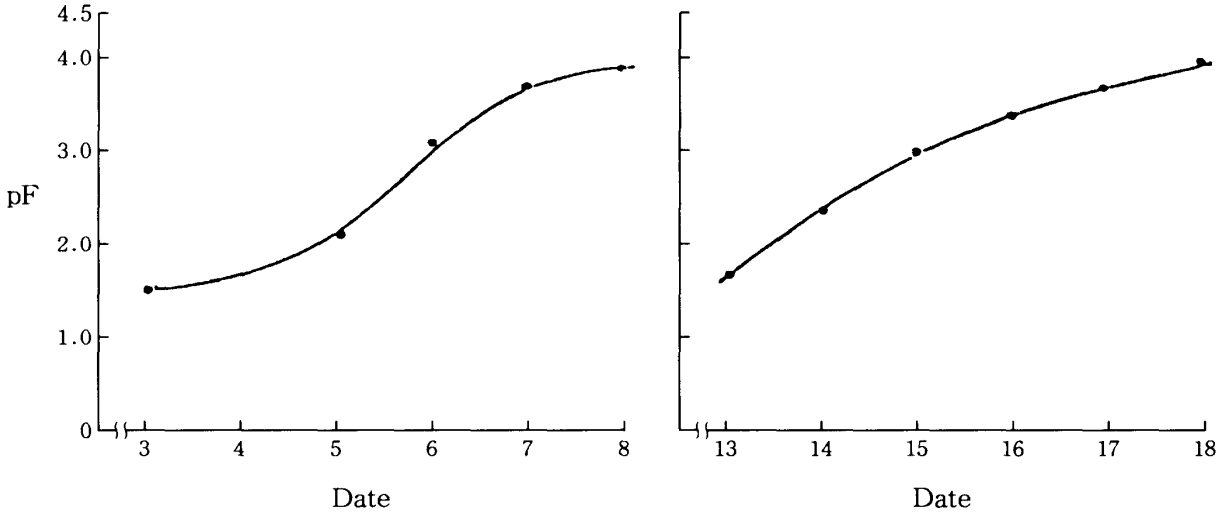

Fig.12 The variation of pF with time after water application to potted sugar cane plants.(September, 1985)

引用文献

1．森川靖1972 樹液流測定装置と測定法 日森誌第6(5):166～171

2．山城三郎・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値について（1）琉大農学報 **25**:257～263

3．――――・――――1979 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（2）琉大農学報 **26**:273～285

4．――――・――――1980 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)琉大農学報 **27**:203～211

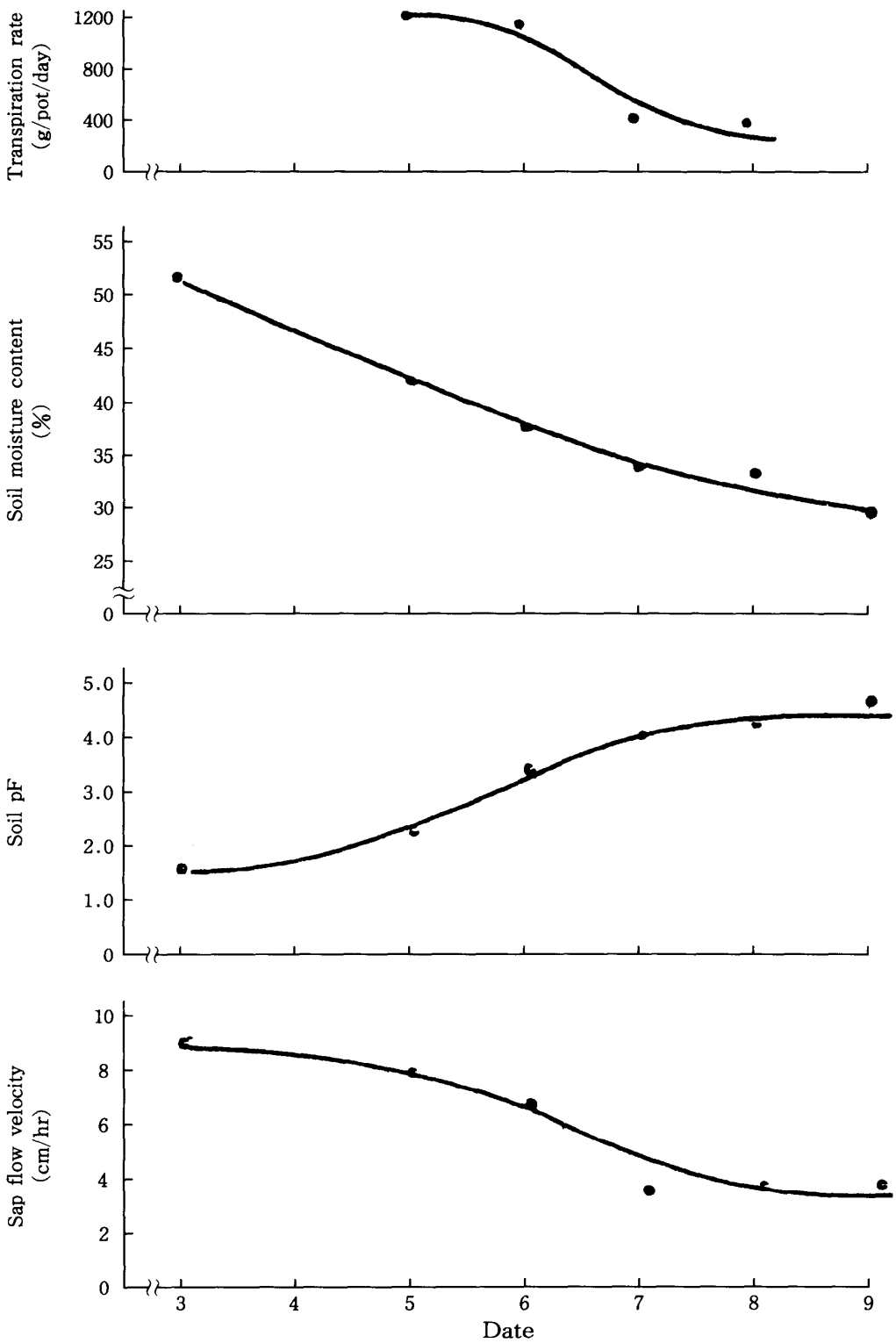

Fig.13 Variation of transpiration rate, soil moisture content, soil pF and sap flow velocity with time after water application to potted sugar cane plants. (September, 3 ～9, 1985)

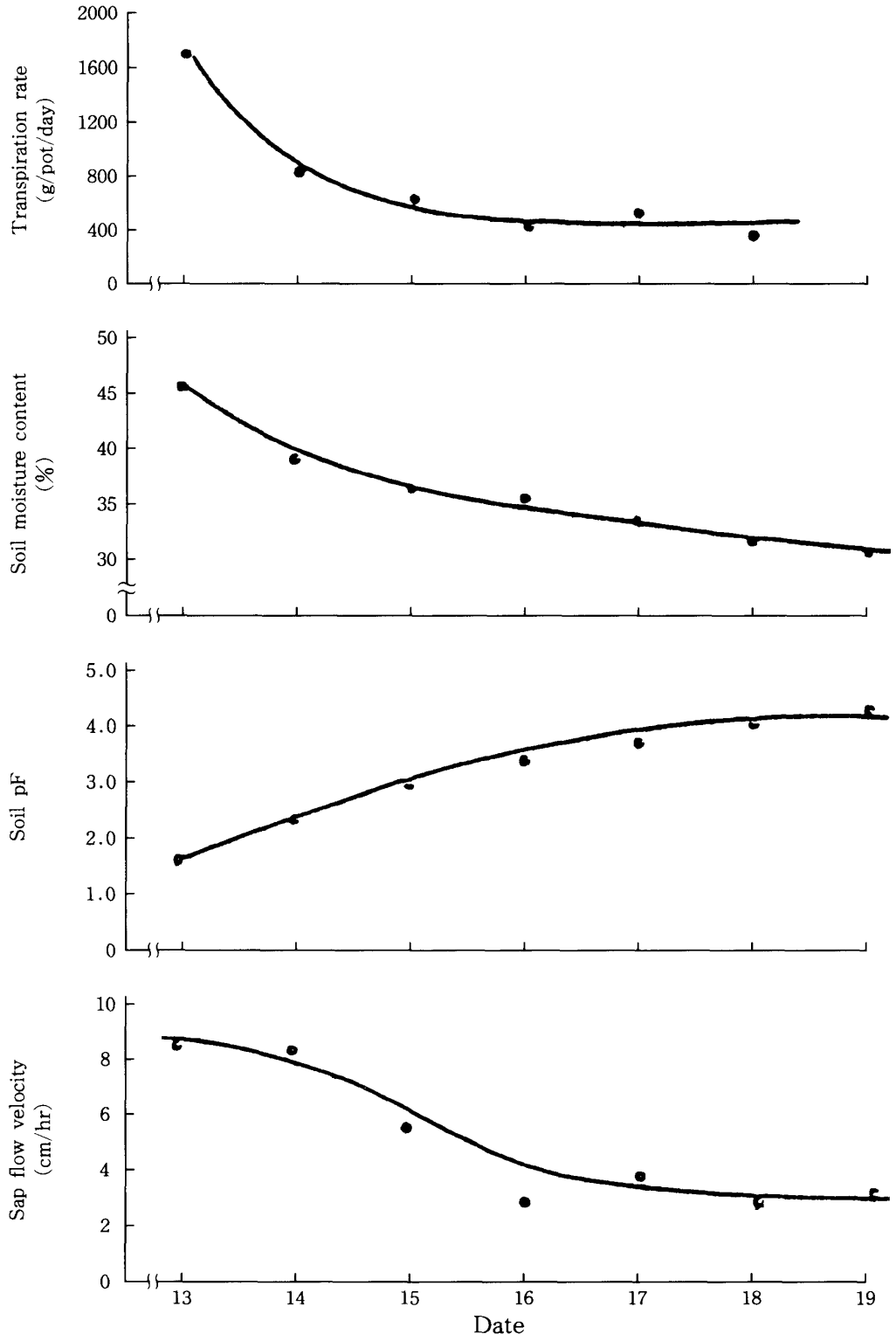

Fig.14 Variation of transpiration rate, soil moisture content, soil pF and sap flow velocity with time after water application to potted sugar cane plants. (September, 13 ~19, 1985)

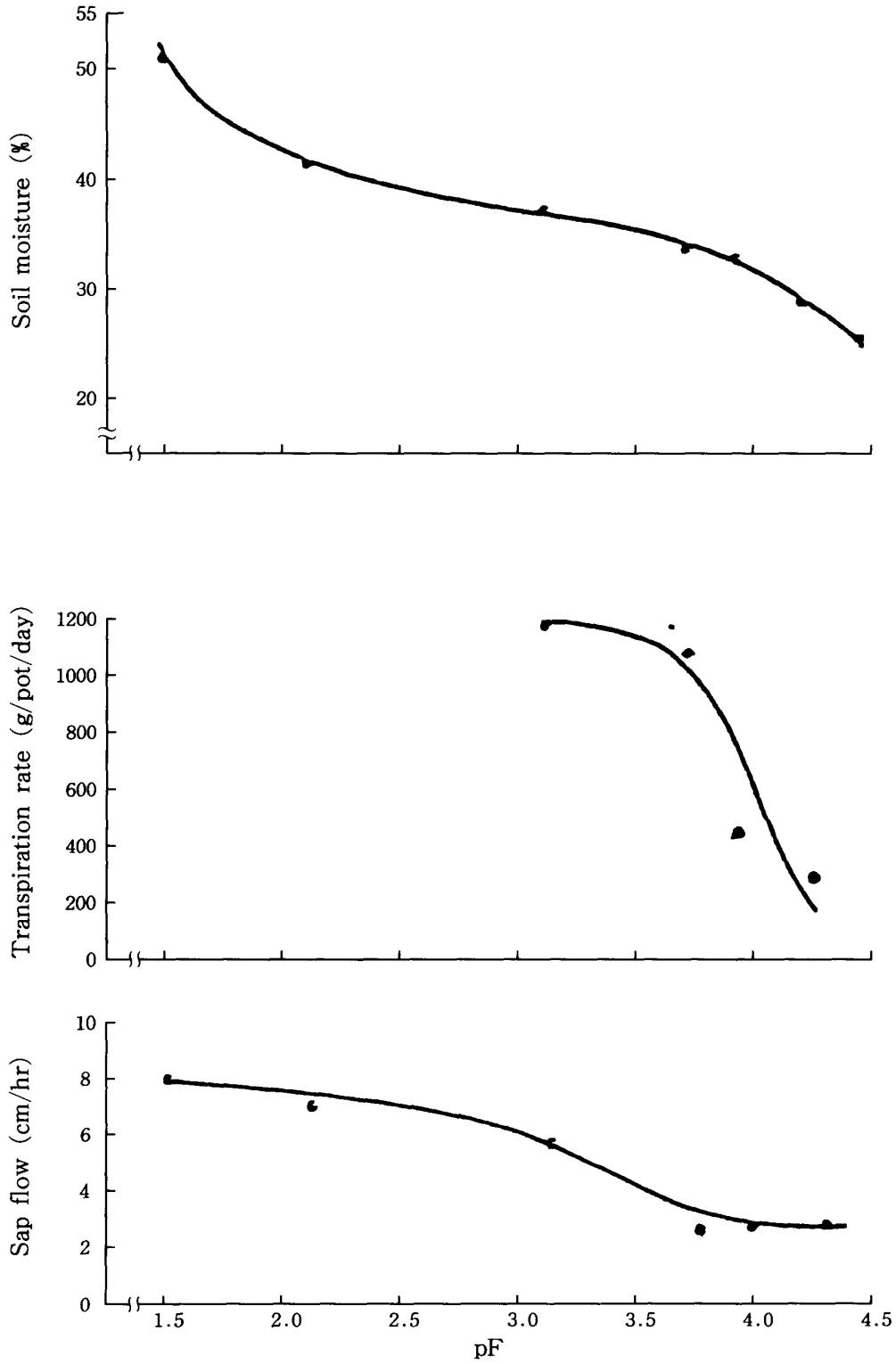

Fig.15 Relation between soil moisture content, transpiration rate, sap flow velocity and pF. (September, 3～9, 1985)

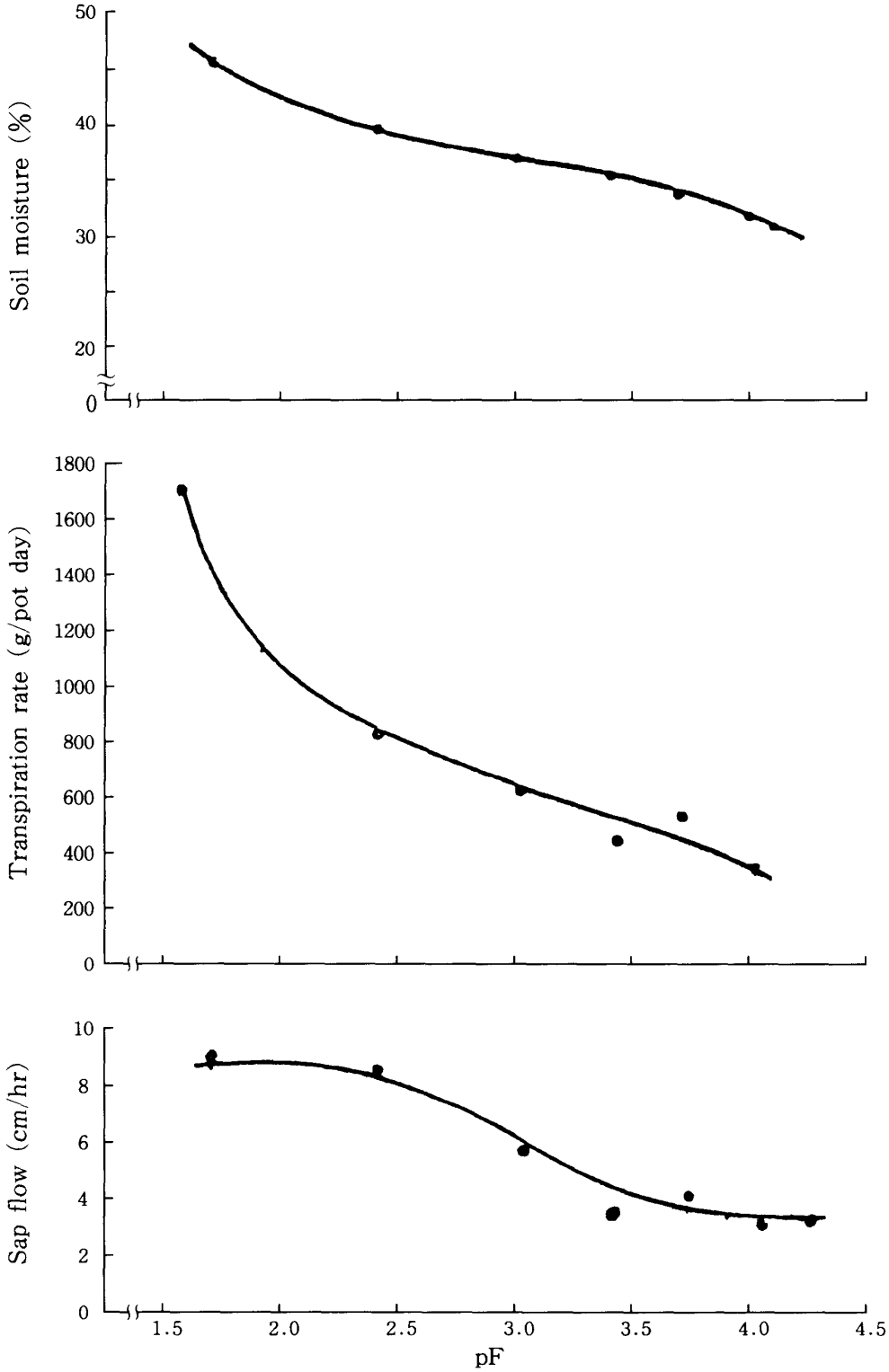

Fig.16 Relationship between soil moisture content, transpiration rate, sap flow velocity and pF. (September, 13～19, 1985)