環境条件がトマトの体内水分状態に及ぼす影響

誌名	園藝學會雑誌
ISSN	00137626
著者名	荒木,陽一
発行元	園藝學會
巻/号	61巻4号
巻号補足	
掲載ページ	p. 827-837
発行年月	1993年3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

園学雑．(J. Japan. Soc. Hort. Sci.) 61(4)：827-837. 1993.

環境条件がトマトの体内水分状態に及ぼす影響

荒木陽一*

野菜・茶業試験場施設生産部 470-23 愛知県武豊町南中根 45

Effects of Environmental Conditions on Plant Water Status in Tomato

Yoichi Araki

Department of Protected Cultivation, National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea, Taketoyo, Aichi 470-23

Summary

Effects of environmental factors (Experiment I) and NPK fertilizers (Experiment II) on leaf water potential of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Momotaro) plants potted in 3 soil types: yellow, kuroboku, and sand were studied. In Exp. I, potted tomato plants were grown in a glasshouse and then transferred to a growth chamber. The environmental factors were: air and soil temperatures, relative humidity, light intensity, wind velocity, and soil moisture content. In Exp. II, the entire experiment was conducted in the glasshouse using similar materials; the experimental variable was the amount of NPK fertilizer applied.

The results are:

1. A rise in light intensity, air temperature and wind velocity caused a decrease in leaf water potential (ψ_l), whereas a rise in relative humidity increased ψ_l.

2. An increase in soil water suction and in the amount of fertilizer applied resulted in a decrease in ψ_l, whereas a rise in soil temperature increased ψ_l.

It is concluded from these results that ψ_l decreased under environmental conditions which promote transpiration and/or suppress water uptake by roots.

緒　言

植物の生育や生理作用に体内の水分状態が大きく関係している(Hsiao ら，1976)．また，植物の体内水分状態には環境条件が影響を及ぼし，両者の関係を検討した報告は多い（Stanley ら，1983；Tan・Buttery, 1986; Hoffman ら，1971；Peretz ら，1984；Takano, 1977; Kaufmann・Hall, 1974)．しかし，施設野菜について検討した報告は少ない．野菜の施設生産のように，環境調節を生育制御手段として利用する場面では，それぞれの環境要因が植物の水分状態に及ぼす影響を正確に把握する必要がある．

そこで，施設栽培下において生育制御の必要性が大きいトマトを対象に，前報（荒木・五島，1987）では，トマト小葉の水ポテンシャルをプレッシャーチャンバーで測定する方法について検討した．本実験では，個々の環境要因がトマトの体内水分状態に及ぼす影響について主に人工気象下で検討し，トマトの体内水分状態とそれをとりまく環境条件との関連を明らかにする．

1992 年 2 月 10 日　受理．体内水分を指標とした施設トマト栽培における水管理に関する研究．第 2 報．本報告の一部は園芸学会昭和 60 年度春，秋季大会において発表した．

*現在：農業研究センター耕地利用部．

材料および方法

1．葉の水ポテンシャルに及ぼす気象環境条件の影響

検討した環境条件は気温，相対湿度，照度ならびに風速である．実験は気温，相対湿度，照度ならびに風速を制御できる人工気象室内で行った．地温(15°C)制御は，水温を制御できる水槽を人工気象室内に設置し，この中にポットを静置することで行った．水槽には発泡スチロールの蓋をして，土面蒸発や地上部環境条件の影響を軽減した．日長は 12 時間（明期：9～21 時）とし，昼（明期）夜（暗期）それぞれ第 1 表に示す環

境条件に制御した．土壌水分調節のためのかん水は，毎日8時45分と17時15分の2回行った．1回のかん水量は土壌を圃場容水量（本実験の場合はpF 1.7）に戻すのに必要な量とし，5 cmの深さに設置したテンシオメーターの示度と，第1図に示したpF－水分曲線から算出した．

各環境条件の影響を検討する手順としては，まず，調査開始3日前に供試材料を人工気象室に搬入した．初期条件（例えば，昼間気温の影響を調査する場合には，昼間気温を，第1表に示す3水準の温度条件のうち，植物体への水分ストレスが最も小さいと考えられる温度条件，すなわち15°Cに設定した．夜間は第1表に示す夜間気温10°Cとした）で3日間順化を行った後，調査を開始した．1日に1水準だけ検討し，順次水分ストレスが大きくなる方向へ設定条件を1日ごとに切り換えた．最後の水準についての検討が終了した後，設定条件を水分ストレスが小さくなる方向へ順次切り換えながら，調査を続けた．昼間環境条件の影響に関する調査は17時，夜間環境条件については8時30分に行った．なお，昼間環境条件の影響を調査する際に，夜間条件下の葉の水ポテンシャルを8時30分に調査したが，昼間環境条件を順次変化させても，夜間の葉の水ポテンシャルは調査期間中ほぼ一定であったので，表示は昼間の水ポテンシャルだけとした．夜間環境条件についても同様であった．

供試材料としては品種'トピック'を用い，人工気象室に搬入するまでガラス室で育成した．照度ならびに相対湿度の影響に関する実験では，1984年10月1日に石英砂には種し，10月16日に黄色土を詰めた直径9 cmのポリポットに鉢上げした．黄色土3 kg(風乾土)に炭酸苦土石灰12 gと硫安，過リン酸石灰，硫酸カリを成分でおのおの1 g混和し，1/5,000 aワグナーポットに充填した後，11月21日に定植した．その後，人工気象室搬入までは適宜かん水した．

水ポテンシャルはプレッシャーチャンバーで測定した．照度の影響に関する調査は，12月29日から開始した．18葉齢の苗を2株供試し，下から7葉，10葉，13葉の小葉を基部から先端にかけて順次用いた．6枚の小葉（2株×3葉位）から得られた測定値を平均して，その条件下の水ポテンシャルとした．昼間相対湿度の影響に関する実験には19葉齢の苗を供試し，1985年1月6日から調査を開始した．夜間相対湿度の影響に関する実験には18葉齢の苗を供試し，1月14日から調査を開始した．

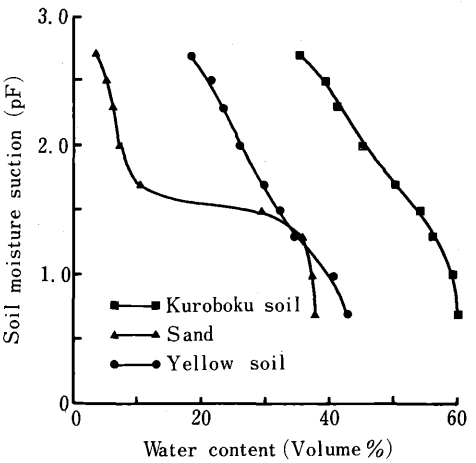


Fig. 1. PF-moisture curves of the soils used in this experiment.

気温ならびに風速の影響に関する実験では，1986年8月18日には種し，8月27日に鉢上げした後，9月8日に定植した．昼間気温（相対湿度一定）の影響に関する実験は，10月6日から開始した．18葉齢の苗を2株供試し，下から7葉と12葉の小葉を基部から先端にかけて順次用いた．4枚の小葉から得られた測定値を平均して，その条件下の水ポテンシャルとした．昼間気温（飽差一定）の影響に関する実験には19葉齢の苗を供試し，10月14日から調査を開始した．夜間気温（相対湿度一定）の影響に関する実験には16葉齢の苗を供試し，10月22日から調査を開始した．夜間風速の影響に関する実験には20葉齢の苗を供試し，11月4日から調査を開始した．昼間風速の影響に関する実験には22葉齢の苗を供試し，11月17日から調査を開始した．

2．葉の水ポテンシャルに及ぼす根域環境条件の影響

検討した環境条件は地温，土壌水分ならびに施肥量である．地温ならびに土壌水分の影響に関する実験は，気象環境条件の影響に関する実験と同じ装置を用いて行った．一方，施肥量の影響については温室条件下で検討した．

地温の影響に関する実験では，気温ならびに風速の影響に関する実験で用いた材料と同様に育成した苗を用いた．葉の水ポテンシャルの調査開始3日前に供試材料を人工気象室に搬入した．終日地温25°Cで3日間順化を行った後，葉の水ポテンシャルの測定を開始した．その後，15°→5°→15°→25°Cと1日に10°Cずつ

Table 1. Experimental conditions.[z]

Factors	Air temperature		Relative humidity		Light intensity		Wind velocity		Soil temperature		Soil moisture
	Day[y]	Night	Day	Night	Day	Night	Day	Night	Day	Night	
Air temperature in the day	15°, 20°, 25°C	10°C	60%	90%	50klx	0klx	0.4m·sec^{-1}	0.4m·sec^{-1}	15°C	15°C	pF1.7
Air temperature in the night	25	5,10,15	60	90	50	0	0.4	0.4	15	15	pF1.7
Relative humidity in the day	25	10	75,60,45	90	50	0	0.4	0.4	15	15	pF1.7
Relative humidity in the night	25	10	45	90,75,60	50	0	0.4	0.4	15	15	pF1.7
Light intensity	25	10	45	90	15,30,50	0	0.4	0.4	15	15	pF1.7
Wind velocity in the day	25	10	60	90	50	0	0.2,0.3,0.4 (All day long)		15	15	pF1.7
Wind velocity in the night	25	10	60	90	50	0	0.0,0.2,0.4 (All day long)		15	15	pF1.7
Soil temperature	25	10	60	90	50	0	0.4	0.4	25,15,5 (All day long)		pF1.7
Soil moisture	25	25	50	50	50	50	0.4	0.4	15	15	Under process of decreasing soil moisture from last watering.
Amount of fertilizer applied	Under glasshouse conditions										

[z] One growth chamber was used in this enxperiment. So the leaf water potential was measured under different conditions changed at 1-day interval from low to high and then high to low levels.

[y] Day period is from 9 to 21 o'clock.

地温を変化させながら調査した．地温が昼間の葉の水ポテンシャルに及ぼす影響に関する実験には16葉齢の苗を供試し，9月29日から調査を開始した．また，夜間の葉の水ポテンシャルに及ぼす影響に関する実験には18葉齢の苗を供試し，10月27日から開始した．

それぞれ2株供試し，下から7葉と12葉の小葉を1日に1枚づつ，基部から先端にかけて順次測定した．4枚の小葉から得られた測定値を平均して，その条件下の水ポテンシャルとした．日長は12時間(明期：9～21時)とし，その他の環境条件は第1表に示した値に制御した．土壌水分調節のためのかん水方法，測定時刻等は気象環境条件の影響に関する実験と同様とした．

土壌水分の影響に関する実験では，土壌の種類や土量を変えてそれらの影響も併せて検討し，また，生育ステージによって土壌水分の影響がどのように異なるかについても調べた．土壌の種類の影響に関する実験では，黒ボク土，砂土ならびに黄色土を供試した．これらの土壌の物理特性とpF－水分曲線をそれぞれ第2表ならびに第1図に示す．各土壌をそれぞれ1/5,000 aのワグナーポットに3 liter（風乾状態でそれぞれ2.85，4.25，3.75 kg)充填した．土量の影響に関する実験では，1/5,000 aと1/2,000 aのワグナーポットを供試し，それぞれに黄色土を3 literと12 liter(風乾重でそれぞれ3.75，15 kg）充填した．1/5,000 aポットには炭酸苦土石灰12 gと硫安，過リン酸石灰，硫酸カリをそれぞれ成分で1 g混和し，1/2,000 aポットには各4倍量を施用した．生育時期の影響に関する実験では，土壌の種類と土量の影響が生育ステージによってどのように異なるかを調べた．

供試材料はガラス室で育成し，1985年3月4日には種し，3月22日にそれぞれの土壌を詰めた直径9 cmのポリポットに鉢上げし，4月25日に定植した．定植後人工気象室搬入までは適宜かん水した．葉の水ポテンシャルの調査開始3日前に人工気象室に搬入し，連続照明下，適宜かん水しながら第1表に示す環境条件下で3日間順化した．調査開始前日の17時に各ポット充分にかん水し，翌日6時から2時間おきに葉の水ポテンシャルを測定した．調査は植物体に萎凋が見られ始めるまで続けた．は種後72日目（5月15日）と99日目（6月11日）に調査を開始した．黒ボク土（1/5,000 aポット)，砂土（1/5,000 aポット)，黄色土（1/5,000 aポット）ならびに黄色土（1/2,000 aポット）で育成した株の葉齢は，は種後72日目の調査では，それぞれ16葉，17葉，16葉ならびに18葉であり，は種後99日目の調査では，それぞれ26葉，24葉，28葉ならびに26葉であった．各株とも上から5葉目の小葉（なくなれば6葉目）を基部から先端にかけて順次調査に用いた．

葉の水ポテンシャルの測定と同時に，各ポットの土壌水分吸引圧（1/5,000 aポットについては5 cm，1/2,000 aポットについては10 cmの深さに設置したテンシオメーターで測定)と重量を測定し，pF値と含水比（対乾土ベース）の変化をみた．

Table 2. Physical characteristics of the soils used in this experiment.

Characteristics	Yellow soil	Kuroboku soil[z]	Sand
Bulk density	1.37	0.81	1.42
Specific gravity	2.64	2.52	2.69
Solid ratio	51.8 %	32.1 %	52.7 %
Porosity	48.2 %	67.9 %	47.3 %
Water ratio at each soil moisture suction			
pF0.7-1.0	2.4 %	0.7 %	0.4 %
pF1.0-1.3	6.1	3.4	1.6
pF1.3-1.5	2.1	2.0	6.4
pF1.5-1.7	2.6	3.8	18.9
pF1.7-2.0	3.7	5.2	3.5
pF2.0-2.3	2.8	3.8	0.9
pF2.3-2.5	1.8	1.9	1.1
pF2.5-2.7	3.0	3.9	1.5
Total	24.5	24.7	34.3

[z] Andosol.
%: Volume %.

施肥量の影響に関する実験では，施肥量の異なる4区を設けた．各処理区の施肥量（N-P_2O_5-K_2O）は，0-0-0 g/ポット，5-5-5 g/ポット，10-10-10 g/ポットならびに20-20-20 g/ポットとし，硫安，過リン酸石灰ならびに硫酸カリで施用した．黄色土13 kg(風乾重)に所定の肥料と炭酸苦土石灰52 gを十分に混和した後，1/2,000 aのワグナーポットに充填した．1987年9月16日には種し，10月2日に鉢上げした後，11月19日に定植した．葉の水ポテンシャルの測定は11月19日，12月9日ならびに12月25日から開始し，それぞれ3日間，毎朝9時に測定した．各処理区とも2株供試し，それぞれ上から5葉目の小葉を，基部から先端にかけて順次用いた．6枚の小葉（2株×3日）から得られた測定値を平均して，その時期の葉の水ポテンシャルとした．各測定開始日の前日の夕方に全ポットに十分にかん水した．

結　果

1．葉の水ポテンシャルに及ぼす気象環境条件の影響

(1)気温の影響：相対湿度ならびに飽差一定の条件下で，昼間気温が葉の水ポテンシャルに及ぼす影響をそれぞれ第2図ならびに第3図に示す．また，相対湿度一定の条件下で夜間気温が体内水分に及ぼす影響を第4図に示す．相対湿度一定条件下では昼間気温の上昇につれて葉の水ポテンシャルは低下した．この時，飽差は気温の上昇につれて大きくなった．一方，気温を下げていった場合には，気温に対する葉の水ポテンシャルは気温の低下につれて上昇した．これに対し，飽差一定の条件下では葉の水ポテンシャルは気温にかかわらずほぼ一定で，昼間気温の影響はみられなかった．また，相対湿度一定の条件下でも夜間気温の影響はみられなかった．なお，飽差一定条件下における夜間気温の影響については検討しなかったが，上述の結果から，葉の水ポテンシャルには影響がないと考えられる．

(2)相対湿度の影響：昼間ならびに夜間の相対湿度が葉の水ポテンシャルに及ぼす影響をそれぞれ第5図ならびに第6図に示す．昼間ならびに夜間とも相対湿度の低下につれて葉の水ポテンシャルは低下した．相対湿度を上げていった場合には，葉の水ポテンシャルは相対湿度の上昇につれて上昇した．

(3)照度の影響：照度が葉の水ポテンシャルに及ぼす影響を第7図に示す．照度の上昇につれて葉の水ポテンシャルは低下した．また，同じ照度を次第に上げ

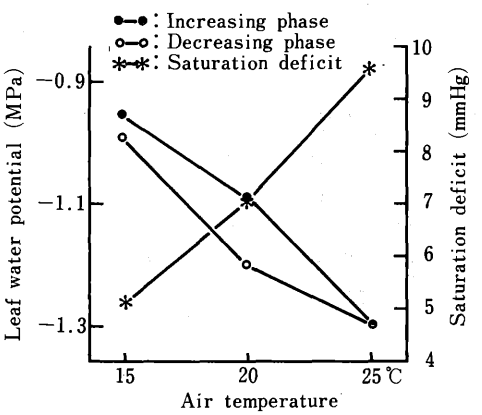


Fig. 2. Relationship between day time air temperature and leaf water potential of tomato under the constant relative humidity (60%).

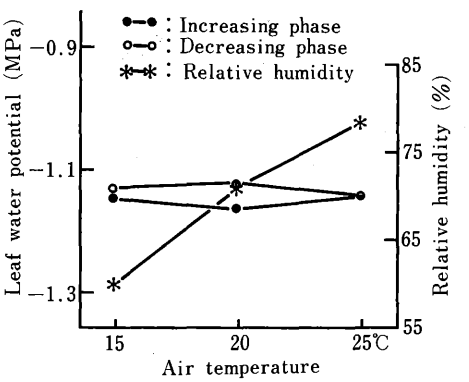


Fig. 3. Relationship between day time air temperature and leaf water potential of tomato under the constant saturation deficit (5.12 mmHg).

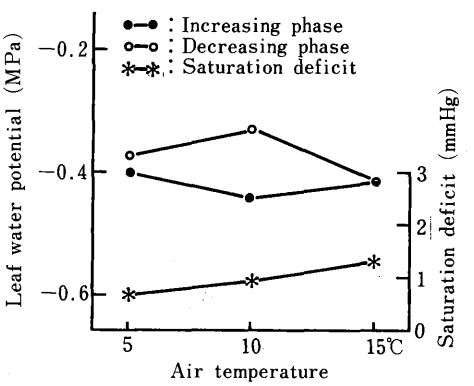


Fig. 4. Relationship between night time air temperature and leaf water potential of tomato under the constant relative humidity (90%).

ていった場合と下げていった場合とで，同一照度での葉の水ポテンシャルが異なり，いわゆるヒステレシス現象がみられた．

(4)風速の影響：昼間ならびに夜間の風速が葉の水ポテンシャルに及ぼす影響をそれぞれ第8図ならびに第9図に示す．昼間ならびに夜間とも風速の上昇につれて葉の水ポテンシャルは低下した．

2．葉の水ポテンシャルに及ぼす根域環境条件の影響

(1)地温の影響：地温が昼間ならびに夜間の葉の水ポテンシャルに及ぼす影響をそれぞれ第10図ならびに第11図に示す．昼間については15℃までは地温が低下しても葉の水ポテンシャルには影響はみられなかったが，5℃になると葉の水ポテンシャルは急激に低下した．一方，夜間においては昼間とやや異なり，地温の低下につれてほぼ直線的に低下した．

(2)土壌水分の影響：土壌水分の葉の水ポテンシャルに及ぼす影響を，黒ボク土については第12図，砂土については第13図，ならびに黄色土については第14図に示す．いずれの土壌とも，土壌水分に対する体内水分状態の変化には閾値がみられた．すなわち，ある値までは土壌水分が減少しても葉の水ポテンシャルはほぼ一定であるが，土壌水分がそれ以下に減少すると初めて葉の水ポテンシャルの低下がみられた．この閾値は土壌の種類によって異なり，は種後72日目の植物においては，黒ボク土でpF 2.8（含水比42％），砂土でpF 2.0（含水比6％），黄色土でpF 2.3（含水比15％）であった．これらの値は植物の生育ステージによって若干変化し，は種後99日目の植物体においてはこれらの値が幾分多水分域に移動する傾向がみられた．

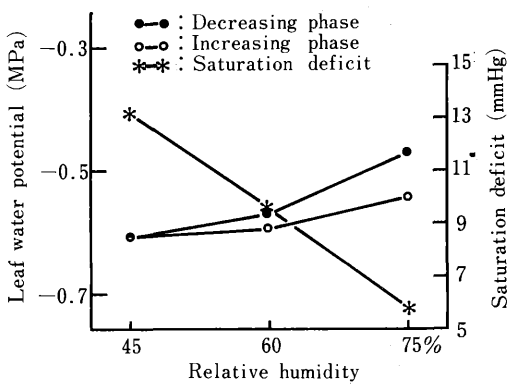


Fig. 5. Relationship between day time relative humidity and leaf water potential of tomato under a constant air temperature (25°C).

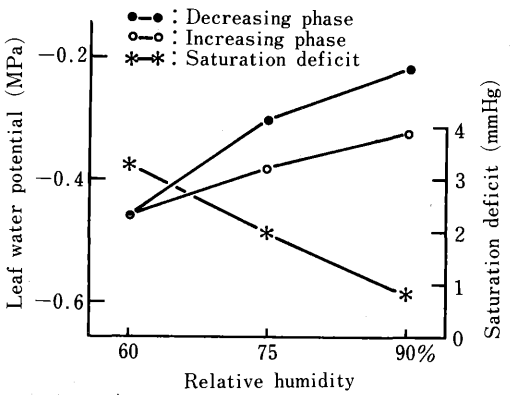


Fig. 6. Relationship between night time relative humidity and leaf water potential of tomato under a constant air temperature (10°C).

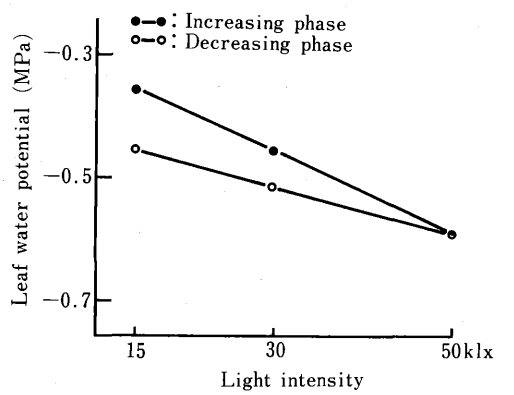


Fig. 7. Relationship between light intensity and leaf water potential of tomato.

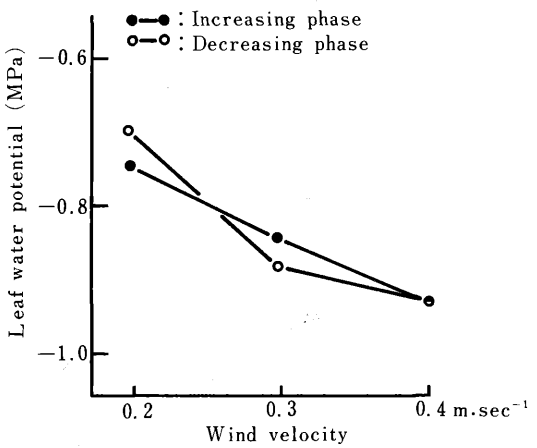


Fig. 8. Relationship between day time wind velocity and leaf water potential of tomato.

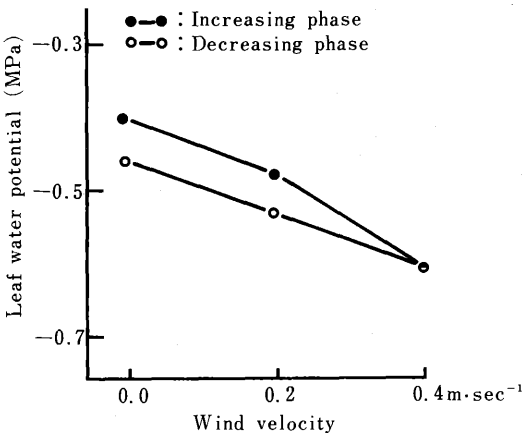


Fig. 9. Relationship between night time wind velocity and leaf water potential of tomato.

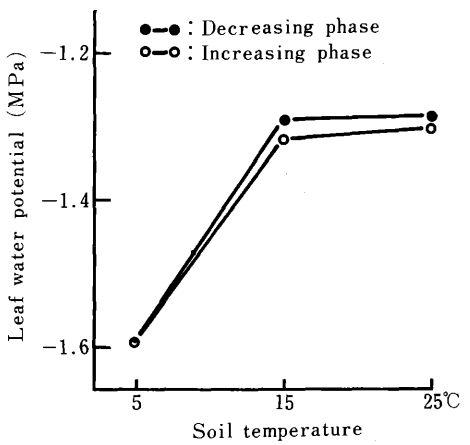


Fig. 10. Relationship between soil temperature and leaf water potential of tomato during the day.

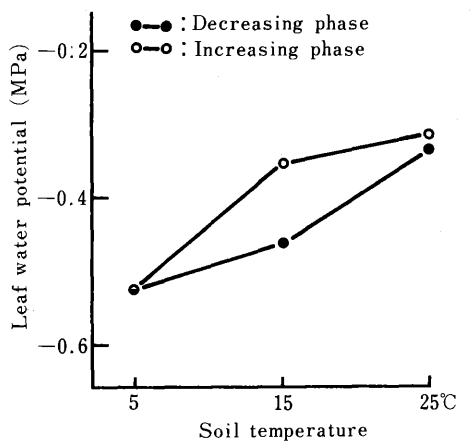


Fig. 11. Relationship between soil temperature and leaf water potential of tomato at night.

また，第15図によると，葉の水ポテンシャルが低下し始めるpF値は土量が多いと低くなり，は種後72日目においては，1/5,000 aポットを用いた場合にはpF 2.3(含水比15％)で低下したのに対して，1/2,000 aポットを用いた場合にはpF 2.85（含水比11％）で低下し始めた．

葉の水ポテンシャルが低下し始める土壌水分含量は生育ステージによって異なり，土壌の種類や土量にかかわらず，生育が進んだは種後99日目のほうが，は種後72日目の時点よりも水ポテンシャルが低下を始める時の土壌水分量が多かった．すなわち，生育が進むにつれて土壌水分が多い時点から葉の水ポテンシャルが低下を始めた．

(3) 施肥量の影響：施肥量と葉の水ポテンシャルの関係を第16図に示す．各施肥量段階とも生育時期が進むにつれて，葉の水ポテンシャルは低下した．また，その低下の度合いは施肥量が多いほど大きかった．施肥量の影響についてみると，生育時期が早い段階では施肥量が多いほど葉の水ポテンシャルは低かった．しかし，生育が進んだ段階ではある施肥量までは施肥量の増加につれて葉の水ポテンシャルは低下したが，施肥量がそれ以上増加しても葉の水ポテンシャルの低下はみられなかった．

考　察

環境条件と葉の水ポテンシャルとの関係を検討した報告は多い．気象環境条件との関係では，キクでは気温，相対湿度ならびに日射がそれぞれ独立的に影響を及ぼし（Stanleyら，1983），モモでは気温が最も深く関係している(Tan・Buttery, 1986)．また，ワタでは相対湿度が影響を及ぼし(Hoffmanら，1971)，リンゴでは飽差が関係している(Peretzら，1984)．温州ミカンについて季節別に検討した結果では，夏季高温時には飽差，光の強さならびに気温が，秋季適湿条件下では光の強さ，冬季では温度が関係している(Takano, 1977)．

一方，根域環境条件との関係では，カンキツでは土壌水分ならびに地温が影響を及ぼし（Kaufmann・Hall, 1974)，養液栽培下のワタでは培養液の浸透ポテンシャルが影響を及ぼしている（Hoffmanら，1974)．

これらの報告に共通しているのは，実験手法として，植物の葉の水ポテンシャルとそれをとりまく環境条件のいくつかを経時的に同時に測定し，重回帰分析により両者の関係づけをはかろうとしている点である．し

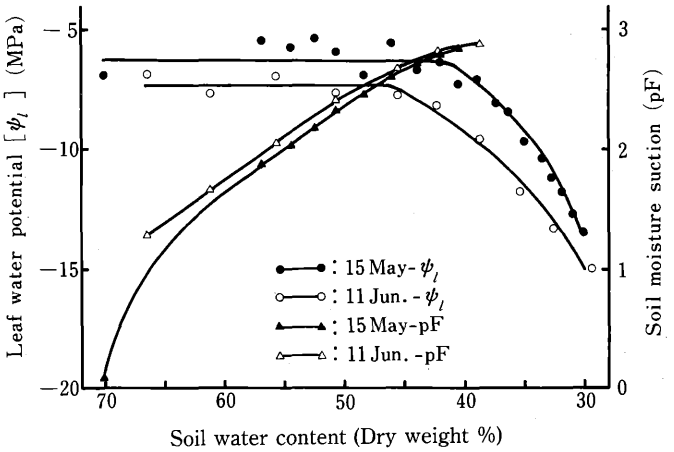


Fig. 12. Changes in leaf water potential of tomato and soil moisture suction with decreasing moisture content in kuroboku soil filled in 1/5,000a Wagner pots.

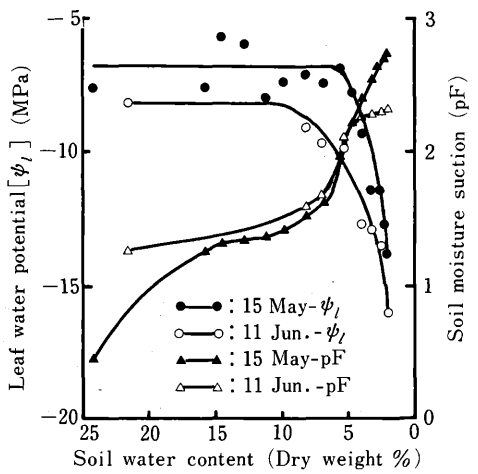


Fig. 13. Changes in leaf water potential of tomato and soil moisture suction with decreasing moisture content in sandy soil filled in 1/5,000a Wagner pots.

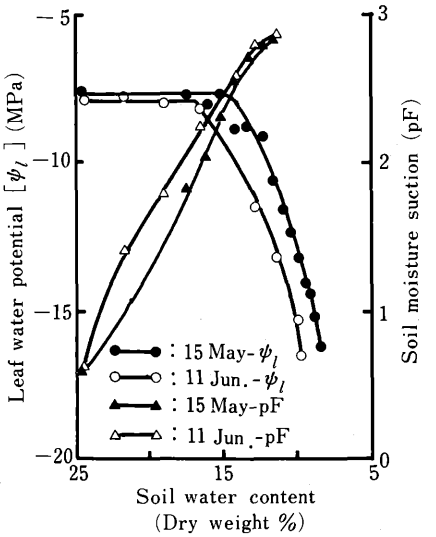


Fig. 14. Changes in leaf water potential of tomato and soil moisture suction with decreasing moisture content in yellow soil filled in 1/5,000a Wagner pots.

たがって，風速のように計測されていない環境条件も多く，その結果の利用に当たってはおのずと限界がある．また，植物の葉の水ポテンシャルに影響を及ぼす主な環境条件はわかっても，個々の環境条件の変化に伴う葉の水ポテンシャルの変化を詳細に知ることはできない．特に，野菜の施設生産のように，いろいろな環境要因が生育制御手段として利用される場合には，それぞれの環境条件の影響を詳しく理解しておく必要がある．しかし，施設野菜について環境条件と葉の水ポテンシャルとの関係を検討した報告は少ない．

そこで，本実験では，施設栽培下において生育制御の必要性が大きいトマトを対象に，それをとりまく環境条件と葉の水ポテンシャルとの関係について，主に人工気象下で検討した．

その結果，気象環境条件として昼間気温，相対湿度，照度，ならびに風速が葉の水ポテンシャルに影響を及

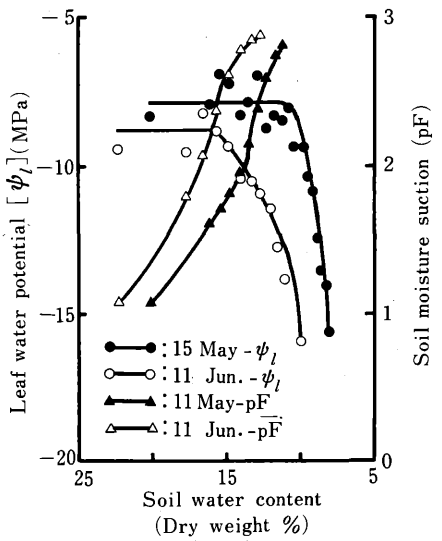


Fig. 15. Changes in leaf water potential of tomato and soil moisture suction with decreasing moisture content in yellow soil filled in 1/2,000a Wagner pots.

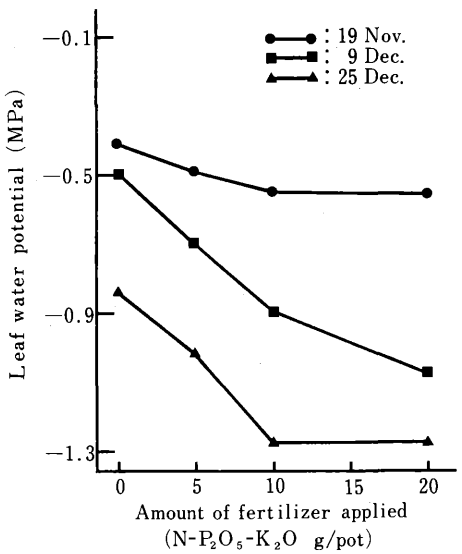


Fig. 16. Effect of the amount of fertilizer applied on leaf water potential of tomato.

ぼすことが明らかとなった．また，根域環境条件として土壌水分，施肥量，ならびに地温が葉の水ポテンシャルに影響を及ぼした．

これらはいずれも葉からの蒸散，あるいは根による吸水に影響を及ぼす環境条件である(石原，1981)．したがって，本実験で検討した環境条件は蒸散あるいは吸水への影響を通して，体内の水分状態に影響したものと考えられる．

昼間気温が，飽差一定条件下では葉の水ポテンシャルに影響を及ぼさず(第2図)，相対湿度一定条件下で違いがみられた（第3図）ことは，葉の水ポテンシャルが飽差によって大きな影響を受けることを示す．気温の変化によって生じた（最低と最高で）4.5 mmHg程度の飽差の違いが，(最高と最低で)－0.3 MPa程度の葉の水ポテンシャルの違いとなってあらわれたものと考えられる．しかし，昼間と同じ気温差（ここでは10°C）でも，夜間の高湿度条件下（同90％）では飽差の違いはわずかであり，それゆえ，葉の水ポテンシャルに違いがみられなかった（第4図）ものと考えられる．これに対して，同じ夜間でも相対湿度が異なる時は葉の水ポテンシャルに違いがみられた(第6図)．この場合は，相対湿度の違い（ここでは30％）による飽差の違いが2 mmHgあり，これが葉の水ポテンシャルに影響したものと考えられる．

照度の違いによる葉の水ポテンシャルの違いは明瞭で，他の環境条件と同様にヒステレシスがみられた(第7図)．葉の蒸散には気孔内外の水蒸気圧差が必要であるが，気孔底における水の蒸発には熱が必要であり，光がこの熱源になったものと考えられる．

風速と葉の光合成速度との関係を検討した報告（矢吹・宮川，1970）はあるが，葉の水ポテンシャルとの関係を検討した報告は少ない．本実験において風速が葉の水ポテンシャルに及ぼす影響が昼夜ともみられたが，相対湿度が60％と低く蒸散速度が大きい昼間の方が，相対湿度が90％と高く蒸散速度が小さい夜間よりも影響が大きかった．風速の上昇は葉面境界層抵抗を低下させ，蒸散を促進したものと考えられる．

根域環境条件のうち，地温と葉の水ポテンシャルとの関係は昼夜で異なり，地温15°と25°Cにおける葉の水ポテンシャルが日中には差がなく，夜間には15°Cのほうが小さくなった（第10，11図）．しかし，本実験の結果からだけではこの原因は明らかにできなかった．地温と葉の水ポテンシャルとの関係を検討したものにカンキツがあり，地温が11°～12°C以下になると葉の水ポテンシャルの低下がみられている（間苧谷ら，1976）．

土壌水分はある値以下の含水比（又はpF）になると葉の水ポテンシャルが低下しはじめ，この閾値は土壌の種類によって異なった（第12，13，14図）．これに

は土壌の保水量（第2表，第1図）が関係していると考えられ，砂土はpF 2.0以上の保水量が極端に少なかった．黄色土と黒ボク土は，pF 0.7～2.7の保水量はほぼ同じであるが，pF 1.5以上の保水量は黒ボク土の方が多かった．

同じ土壌でも，土量によって閾値が異なり（第14，15図），土量が多いほど低含水比（高pF値）になってから葉の水ポテンシャルの低下が始まった．これは，土量が多いほど，ポット全体としての保水量（根への水供給量）が多かったためと考えられる．逆に，生育ステージが進むことにより高含水比（低pF値）の時点から葉の水ポテンシャルの低下が始まったのは，供給量に対して吸水量が相対的に大きくなったためと考えられる．

カンキツでも土壌水分と葉の水ポテンシャルの間の関係に閾値がみられ，pF 3.5～4.0以上になって葉の水ポテンシャルが低下を始めている（間苧谷・町田，1976）．この値は本実験の結果に比べると非常に高い値であるが，これには，クチクラの発達したカンキツとそうでないトマトの葉の組織的な違い，畑とポットという根域の大きさの違いが関係していると考えられる．

なお，本実験では含水比とpFの関係が生育ステージによって異なり，同じ含水比でも生育が進んだ時期の方がpF値は高かった．この原因は生育に伴う根の分布の違いと，pFならびに含水比の測定方法の違いにあると考えられる．すなわち，ポットでの根の分布はまず周辺部から始り，次いで中央部へと進む．一方，pFの測定はポットの中央部に設置したテンシオメーターで行ったのに対して，含水比はポット全体の重量から求めた．その結果，同じ含水比でも根量の多い後期の方が，中央部のpF値が高くなったと考えられる．

施肥量の増加につれて葉の水ポテンシャルが低下した（第16図）が，これは土壌水の浸透ポテンシャルが低下したためと考えられる．また，この傾向は生育ステージが進むにつれて大きくなったが，施肥過多によって株の老化が進み，株全体の吸水力が早く低下したためと考えられる．

本実験で検討した各環境条件のレベルは，施肥量を除き，冬季の施設内で普通に出現する水準である．これらの中で，葉の水ポテンシャルへの影響が最も大きかった環境条件は土壌水分である．土壌水分管理が施設トマトや温室メロンの生育制御や品質制御のための手段として用いられている理由の一つは，葉の水ポテンシャルに及ぼす土壌水分の影響が大きい点にあると考えられる．今後は，土壌水分による葉の水ポテンシャルの変化が，野菜の生育に及ぼす影響について検討する必要がある．

今回検討した環境条件のなかに風速がある．風については過去に光合成（矢吹・宮川，1970）との関係で検討され，最近ではサラダナ等のチップバーンの発生防止（後藤ら，1989）や振動形態形成による徒長防止効果（川崎・楊，1986）が報告されている．後者についてはエチレンとの関係で結論されているが，葉の水ポテンシャル低下による生育抑制もあると考えられ，この点についても今後検討する必要がある．

摘　要

環境条件がトマトの葉の水ポテンシャルに及ぼす影響を検討した．供試材料として‘桃太郎’を用い，ガラス室で育成した．検討した環境要因は気温，相対湿度，照度，風速，地温，土壌水分ならびに施肥量である．実験は施肥量の影響に関する実験だけをガラス室で行い，他は人工気象室で行った．各環境要因の変動幅は，施肥量を除き，温室内で普通に観測される範囲内とした．葉の水ポテンシャルはプレッシャーチャンバーで測定した．

1．検討した条件下では照度，昼間の気温ならびに風速の上昇により，葉の水ポテンシャルは低下した．一方，相対湿度の上昇に伴い，葉の水ポテンシャルも上昇した．

2．土壌水分吸引圧ならびに施肥量の増加により，葉の水ポテンシャルは低下した．一方，地温の上昇に伴い，葉の水ポテンシャルも上昇した．

以上の結果，蒸散を促進する条件あるいは吸水を抑制する条件下では，葉の水ポテンシャルは低下すると結論づけられる．

引用文献

荒木陽一・五島　康．1987．プレッシャーチャンバー法のトマト小葉への適用．園学雑．56：328-333．

後藤英司・高倉　直・越智　強．1989．植物工場におけるサラダ菜のチップバーン抑制法．農気学・生物環調学合同大会講演要旨：26-27．

Hoffman, G. J., S. L. Rawlins, M. J. Garber and E. M. Cullen. 1971. Water relations and growth of cotton as influenced by salinity and relative humidity. Agron. J. 63：822-826.

石原　邦．1981．環境要因と蒸散．p. 103-108．熊沢喜久雄編．水とイオン．朝倉書店．東京．

Hsiao, T. C., E. Acevedo, E. Fereres and D. W. Henderson. 1976. Water stress, growth and osmotic

adjustment. Philos. Trans. R. Soc. London. Ser. B 273 : 479-500.
川崎重治・楊　健. 1986. 接触刺激による果菜苗の徒長防止効果. (第2報). トマトとキュウリについて. 農および園. 61 : 64-66.
Kaufmann, M. R. and A. E. Hall. 1974. Plant water balance-its relationship to atmospheric and edaphic conditions. Agric. Meteorol. 14 : 85-98.
間苧谷　徹・町田　裕. 1976. 果樹の葉内水分不足に関する研究. (第5報). ウンシュウミカンの葉の水ポテンシャル及び葉内水蒸気拡散抵抗の時期別推移について. 園学雑. 45 : 261-266.
間苧谷　徹・町田　裕・山津憲治・山崎隆生. 1976. 果樹の葉内水分不足に関する研究. (第3報). 土壌要因がカンキツ葉のWater potentialに及ぼす影響について. 園学雑. 44 : 367-374.
Peretz, J., R. G. Evans and E. L. Proebsting. 1984. Leaf water potentials for management of high frequency irrigation on apples. Trans. ASAE. 27 : 437-442.
Stanley, C. D., B. K. Harbaugh and J. F. Price. 1983. Environmental factors influencing leaf water potential of chrysanthemum. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108 : 237-240.
Takano, T. 1977. Leaf water deficits in Satsuma mandarin trees (*Citrus unshiu* Marc.) at different seasons of the year. Sci. Rept. Fac. Agr. Meijo Univ. 13 : 18-27.
Tan, C. S. and B. R. Buttery. 1986. Photosynthesis, stomatal conductance, and leaf water potential in response to temperature and light in peach. HortScience 21 : 1180-1182.
矢吹万寿・宮川秀夫. 1970. 風速と光合成に関する研究. (2). 農業気象　26 : 137-141.