

果樹園装置化施設の大温室における土壌水分特性 とマスカット樹の生育

中野 幹夫・鈴木 実^{a)}・島村 和夫^{a)}
(附属農場)

Received November 1, 1978

Properties of the Soil Moisture and the Growth of "Muscat" Grape in
the Computer-controlled Greenhouse for Pomological Studies

Mikio NAKANO, Minoru SUZUKI^{a)} and Kazuo SHIMAMURA^{a)}
(Research Farm)

This paper reports the physical character of the soil and the growth of the grape, "Muscat of Alexandria", in the Computer-controlled Greenhouse for Pomological Studies in the Research Farm of the Faculty of Agriculture, especially in connection with watering conditions.

1) Solid phase of this soil, so called "Masa", was 70%, and therefore the physical character of the soil is considered not to be good for the culture of the grape vines.

2) This soil was so poor in the water-reservation that the water content was less than 30% of total weight at field capacity, and less than 10% at moisture equivalent. Only 2~3% of water was contained from moisture equivalent to wilting coefficient.

3) Coefficient of water permeability was $1 \sim 2 \times 10^{-3}$ cm/sec above 30cm in depth, but the movement of water was detected neither in deeper points, nor in the case that the soil had been dried up to pF 2.6, and then given about 8mm of water.

4) Four arranged treatments of different amounts of watering to the grape vines in each block were carried out from pre-budding to harvesting time, and the period was divided into two at the middle of the Stage I of berry growth. The results show that the early growth of shoots exceeded in the two blocks with less water during the former period, while the shoots in the other blocks with more water during that period grew vigorously before and after blooming.

5) As to berry size, the two blocks with more water in the former period excelled the other blocks with less water after the late Stage I of berry growth, and also the number of drought-spot berries in the former was 70% more than that in the latter.

6) Net photosynthesis rate was higher in the block with more water in the whole period than in that with less water, but not obvious difference was observed in transpiration rate between blocks.

7) The examination of the root distribution at leaf fall in December shows that the roots were distributed in more shallower layer than 20 or 40cm in depth at inner part of the greenhouse in all blocks, as compared with the outer part, where the roots were richer by 60cm in depth.

It is assumed that this is due to the existence of the hard layer of the soil in 25~35cm in depth at the inner part, and may be a cause that the growth of the grape vines planted there have been not so good compared with those of the outer part of the greenhouse.

a) 果樹園芸学研究室 *Laboratory of Pomology*

結 言

岡山大学農学部は1971年より3ヶ年計画でブドウ，“マスカット・オブ・アレキサンドリア”の栽培を中心とした果樹園装置化施設を設けた。その中で大温室は学部研究室および装置化施設内の小温室内で得られた基礎資料を基にした栽培理論を実証する場として設けられた。またそのほかに、マスカット栽培にとって重要な管理技術の1つである灌水についての試験が行えるよう設計されている。

このような目的に添って今後本温室を活用していくために、まずその土壤の水分特性などの物理性を明らかにしておく必要があるので1977年に若干の調査を行い、あわせて灌水量の違いが新梢や果実の生育に及ぼす影響をみたのでここに報告する。

材 料 と 方 法

本調査は1977年に6年生のマスカット・オブ・アレキサンドリアを栽植中の本学部附属農場・果樹園装置化施設内の大温室で行った。本温室は4ブロックに分けられ、ブドウ樹は1ブロック3本植え、平行整枝の平棚仕立てであり、樹冠面積は室の四隅の樹を除いて約40 m²/樹である。本年は1月24日から加温し、発芽期は2月22日、開花期は3月24日、果実の収穫期は7月4日～30日であった。

土性及び土壤水分の調査は土壤サンプラーにてサンプリングし、常法^{B)}に従って行った。土壤硬度の測定には山中式土壤硬度計を用いた。

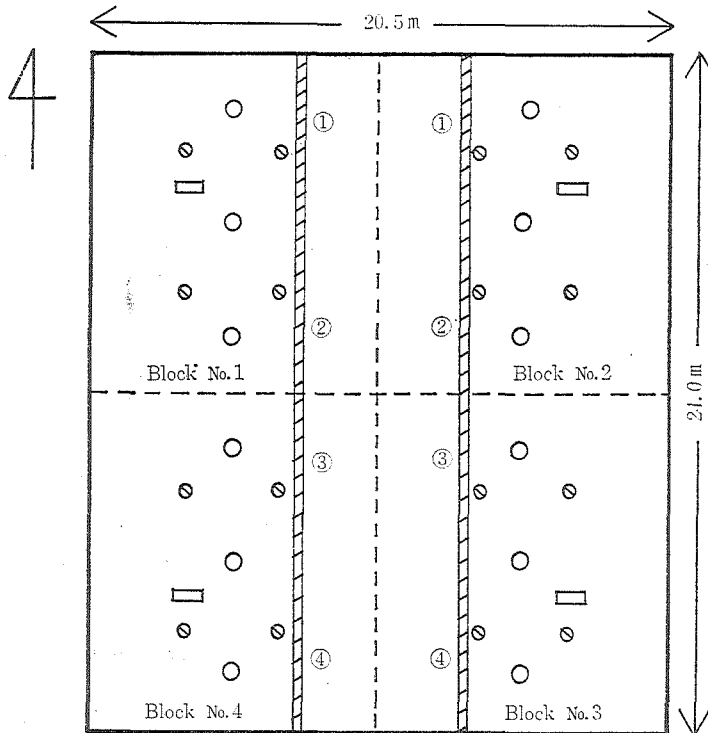


Fig. 1 Schematic diagram showing the position of the grape vines (○), the nozzles of the sprinklers (◻), and the tensiometers (○) in each block (No. 1-4) of the large green house. Arabic numerals in the circles and the oblique lined area represent the points where distribution of the vine roots and the soil hardness were investigated.

散水分布の均等性の測定は村上²⁾の報告を参考にして行った。

土壌蒸発量の測定には直径7.4cm、深さ10cm及び直径15.5cm、深さ17cmのカンを用い、その中に土壌を詰めて温室内に約2週間埋設放置した後、実験に使用した。測定は重量法によった。

土壌水分状態の調査は Fig. 1 に示す位置で深さ15cm、30cm及び50cmに設けたテンシオメーターの水銀柱の高さによった。

Table 1 The test lots of watering

Block No.*	Watering	Former period**			Latter period***			
		pF in depth			pF in depth			
		15cm	30cm	50cm	15cm	30cm	50cm	
1	Less	1.8-2.4	1.8-2.2	1.7-2.1	Less	1.9-2.6	1.9-2.7	2.1-2.7
2	More	1.3-1.9	1.6-1.8	1.6-1.7	More	1.4-2.0	1.6-1.8	1.7-1.9
3	More	1.3-1.7	1.3-1.7	1.5-1.7	Less	1.9-2.6	1.8-2.6	1.8-2.5
4	Less	2.3-2.5	2.3-2.5	1.8-2.1	More	1.6-2.0	1.6-1.9	1.7-2.0

* As shown in Fig.1.

** From pre-budding to 3 weeks after blooming.

*** From 3 weeks after blooming to harvesting.

灌水区の設定は Fig. 1 及び Table 1 に示すように発芽2週間前から収穫期まで行い、第1ブロックは全期間を少量灌水した区、第2ブロックは全期多量灌水区、第3ブロックは前期(果実発育第I期の中頃まで)を多量灌水、後期(第I期中期から収穫期まで)は少量灌水した区、第4ブロックは前期少量、後期多量灌水区とした。

葉の蒸散量の測定は晴天日の日中に行った。すなわち、ブドウ結果枝上の第3、6及び9節位葉または結果枝先端より発生した副梢の葉をビニール袋で覆い、これにエヤー・ポンプで送風(60ℓ/hr)し、排出される空気をシリカゲルを詰めたトラップに導き、その重量と葉を含まない同様のトラップの重量差により算出した⁵⁾。シリカゲルの吸水能力を知るために雨天日の室内において700gのシリカゲルを詰め24時間作動したところ、ほぼ直線的に約70gの増加を示したことから、同様の送風条件下ではシリカゲルの10分の1量までの吸湿には使用可能なものとし、この範囲内で用いた。

みかけの光合成量の測定には葉半法⁵⁾を用い、葉柄に水蒸気処理をして、晴天日の早朝より日没まで行った。3月17日には第3及び6節位葉を、4月22日、6月26日、8月29日には第3、6及び9節位葉を、10月11日には第12節位葉とその節から発生した副梢上の葉を用いた。なお蒸散量の測定は全期多量区及び全期少量区において異なった日に、光合成量の測定は両区において同一日にそれぞれ3及び5反復した。

結 果

1. 土壌物理性

本温室における土壌は岡山市高松地区の山土を用いたもので、いわゆる“マサ土”であり、長堀ら³⁾によると比重2.62、粒径分布は粘土3.5%、シルト5.7%、砂4.3%、レキ47.8%であり、三角座標分類では砂土に当る。1971年より毎年元肥施用時に約3.5t/10aの堆肥を全面散布し、鋤によって耕耘する程度で、土壌改良は土表面に限られている。

三相分布をみると固相率が極めて高く、約70%にも及んでいた (Fig. 2). pF-水分曲線 (Fig. 3)をみても土壌表面付近では保水性の改善が若干なされていることが認められたが、いずれにしても飽和含水量 (pF 0) 30%以下、水分当量 (pF 2.7) で約10%の水分保持力にすぎず、しかも水分当量から萎凋係数までの水分は2~3%にすぎない。

2. スプリンクラーの散水特性

1973年に村上³⁾が本温室内のスプリンクラーを水圧 1.0kg/cm² で使用した場合の散水特性によると、第2ブロックが均等係数において最も劣り、その実験条件下では4コノノズルで囲まれた部分の均等係数は59.6%であり、その他のブロックでは79.8~83.3%の範囲ではほぼ満足する値を示したことを報告している。その後ノズルでの水圧を2.1 kg/cm²に上げて使用しているので、今回は均度の最も劣った第2ブロックについて散水分布の均等性を測定した (Fig. 4)。また均等係数は次式により求めた。

$$Cu = \left(1 - \frac{\sum |\bar{x} - x|}{n \cdot \bar{x}} \right) \times 100$$

Cu : 均等係数 (%)

n : 測定容器個数

\bar{x} : 平均散水深

x : 個々の散水深

その結果、スプリンクラーに囲まれた内側ではCu=73.4%(n=20)、その外側2mまではCu=62.4%(n=63)、隅の暖房機の場所以外のブロック全体ではCu=56.8%(n=116)となり、以前より均等性は増

していた。しかしながらそのブロック全体をみると、Fig. 4にみられるように個々のスプリンクラーでの散水が重なる場所とブロックの四隅との間には散水量にかなりの差があった。なお Fig. 4には隣接ブロックからの飛散量をも加えて示した。

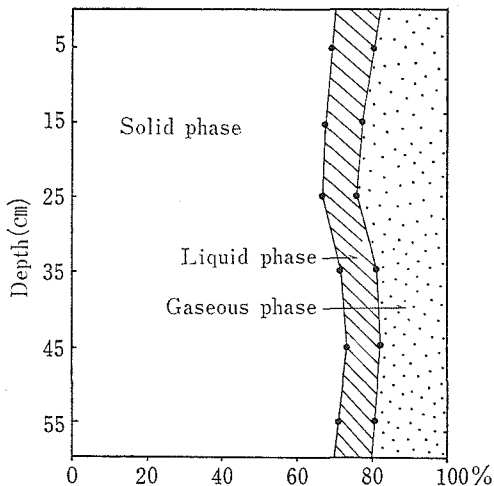


Fig. 2 Three phase distribution of the soil in each depth of the large greenhouse.

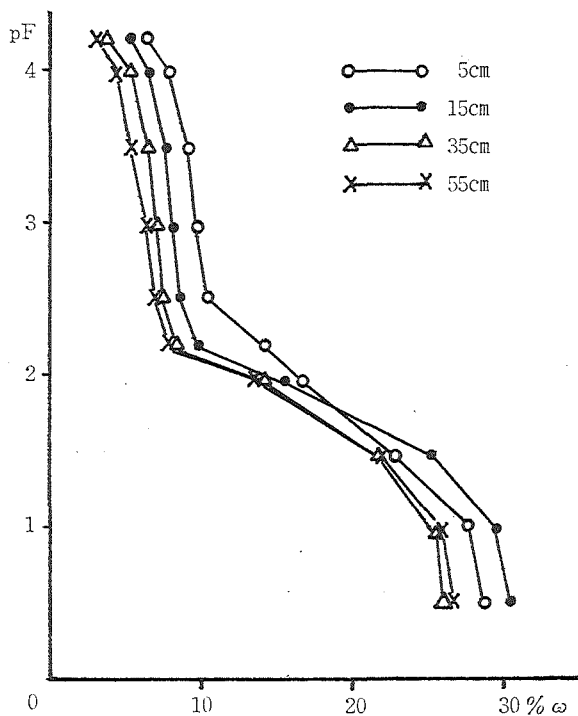


Fig. 3 pF-soil moisture curve of the soil in each depth of the large greenhouse.

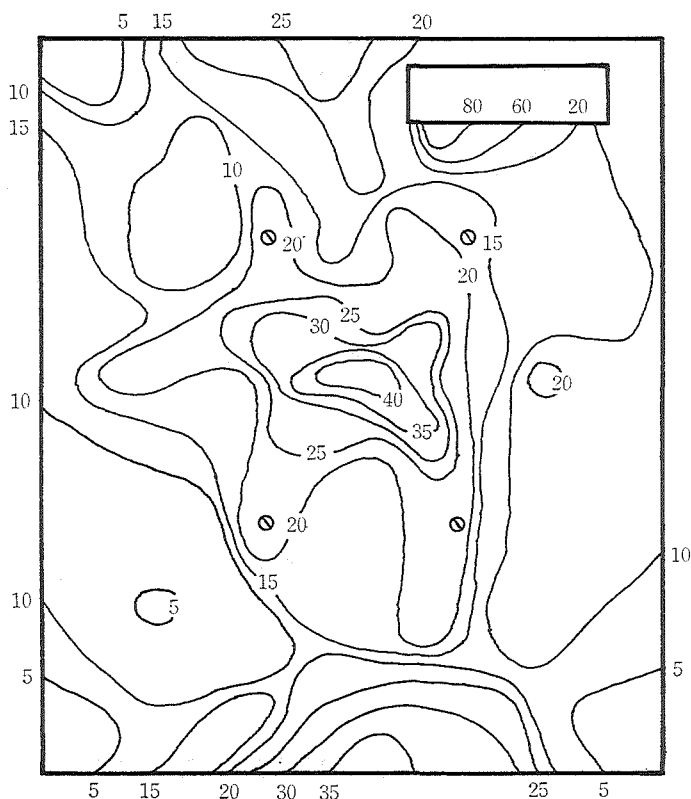


Fig. 4 Water distribution in mm after sprinkling for 1hr with 2.1kg/cm² of the nozzle pressure in the block No.2.

3. 灌水後の水の浸透及び土壌水分の減少

灌水後の水の浸透速度をテンシオメーターで測定した結果は Fig. 5 に示すように、地下 15cm では 2～3 時間後に、地下 30cm では 4～6 時間後に灌水 (10.5mm) による水の移動が観察された。この結果から透水係数は $1 \sim 2 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ (5～7 cm/hr) となり長堀ら³⁾あるいは小橋ら¹⁾の結果と一致した。しかし地下 50cm ではテンシオメーターの反応は極めて微弱で、適確にその時期を指摘することはできなかった。また、土壌が乾いた状態 (pF 2.6) で約 8 mm の灌水を行った場合には地下 15cm 及び 30cm でもその反応が現われなかった。

土壌水分の減少量は新梢生長の盛んな時期 (3月16～19日) に調査した。すなわち、水分の重力による移動が停止したと思われる灌水 20 時間後に土壌をサンプリングし、さらに 68 時間後にもサンプリングして、土壌水分量の差を求めた。その結果、地下 15cm 及び 30cm での土壌水分が約 7% 及び 6% であった時の 1 日当りの水分減少量は 0.4% 及び 0.06% となり、同じく 8.5% 及び 8% であった時の減少量は 0.5% 及び 0.2% となった。

土面蒸発量は土を詰めたカン重の 6～13 日間における減少量を測定して求めた。4 月における実験では、土壌が pF 2.2 (地下 30cm) の時に 2.4mm、また pF 1.6 の時 8.1 mm の灌水を行った場合、土面蒸発量はそれぞれ 0.4mm/day と 1.0mm/day であった。また 10 月の実験では pF 2.5 の時 4.1mm、及び pF 1.8 の時 16.3mm の灌水をした場合、それぞれ 0.5～0.7 mm/day 及び 1.4～1.5mm/day であった。すなわち土壌水分含量が多いほど土面蒸発量も

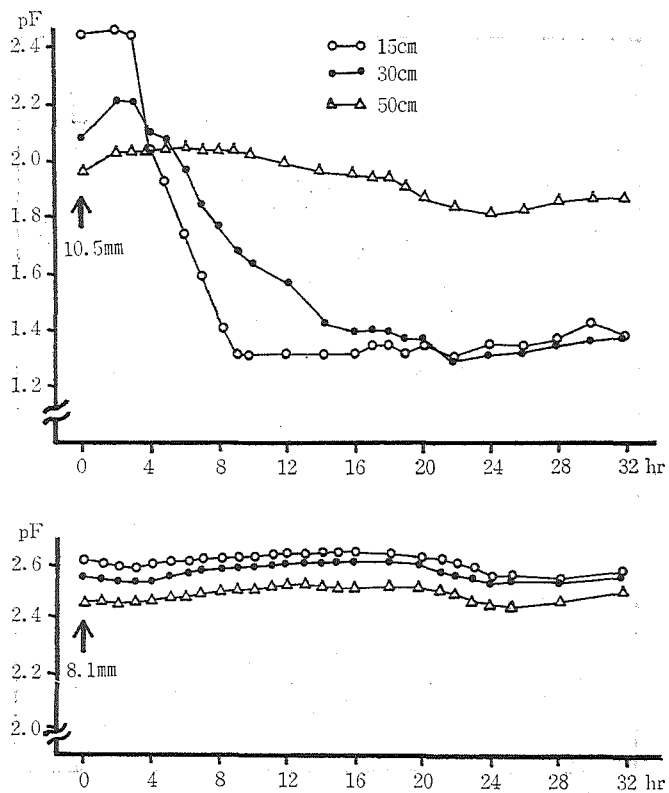


Fig. 5 Changes in pF value of the soil in each depth after watering. The arrows show the precipitation.

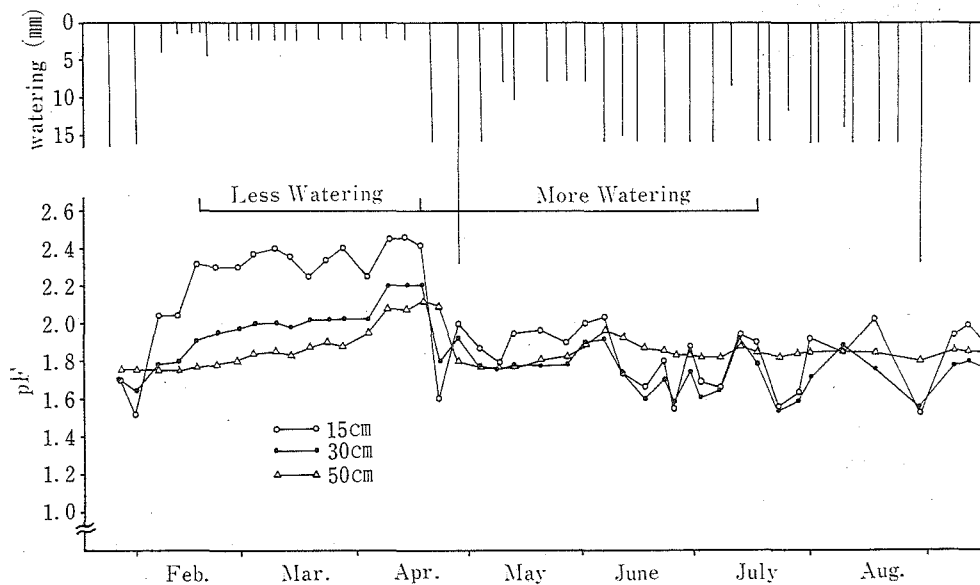


Fig. 6 Showing the amount and date of watering and the changes in pF value in each depth during the less and more watering periods in the block No.4.

多くなることが示された。

4. 灌水量と土壌水分状態

地下30cmにおける各区のpF値はTable 1に示すように全期少量区で1.8~2.7, 全期多量区で1.6~1.8, 前期多量・後期少量区では前期1.3~1.7, 後期1.8~2.6, 前期少量・後期多量区では前期2.0~2.2, 後期1.6~1.9で推移した。1例として前期少量・後期多量区における灌水量, 灌水日及び地下15cm, 30cm, 50cmにおけるpF変化をFig. 6に示す。

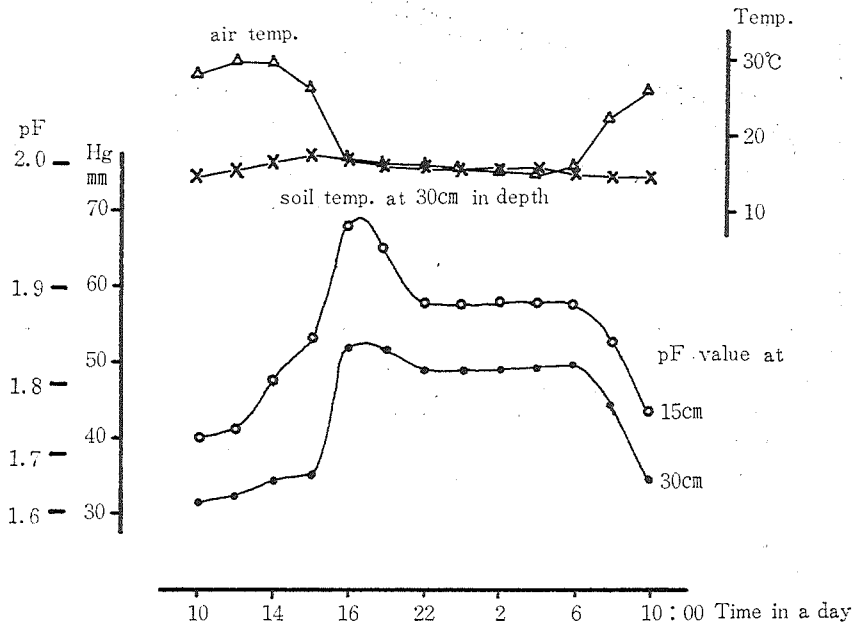


Fig. 7 Changes in pF value, and the air and soil temperatures in a day.

テンシオメーターの読み取りは午前9~10時に行ったが, Fig. 7に示すように指示値は日変化が大きく, 午前6時頃より下降し, 10~12時頃最低となり, その後上昇して22時頃から翌朝6時頃まで安定した値を示す。これは温度変化による水溜め容器の膨張, あるいはそれに伴う容器内の水蒸気圧の変化によるものと思われる⁹⁾。

5. 灌水量と新梢及び果実の生長

各樹とも1主枝当りの結果枝数は34~41本であり, 前年度までの生育から比較的樹勢の揃った各区の中央の樹について新梢の生長と果実の発育を調査した。なお発芽率は各区とも91.3~95.6% (3月5日調査) とほとんど差は認められなかった。

新梢の伸長については各区より10本の結果枝を選び追跡調査した。その結果, 前期に少量灌水した2区では初期生育がよく, 開花後の生長は緩慢となるのに対し, 前期多量灌水の2区では逆に初期生育は劣り, 開花期前後より旺盛な生育を示した。

着粒率についてはブロック間で27.3~38.3% (満開後15日目) とかなりの差がみられたが, これは花穂の切込み程度の差による影響が大きかったものと思われる。

果粒の肥大は Fig. 8に示すように, 横径, 縦径とも果実発育の第I期後半から灌水量の多少によって差が出はじめ, 第II期には明らかに前期少量灌水した2区において肥大が劣り, この傾向は収穫期まで続いた。しかも, 果実発育の第I期中期から多量灌水に変更 (前期少量・後期多量区) してもその効果はみられず, 初期の乾燥が果実肥大に大きな影響を及ぼす

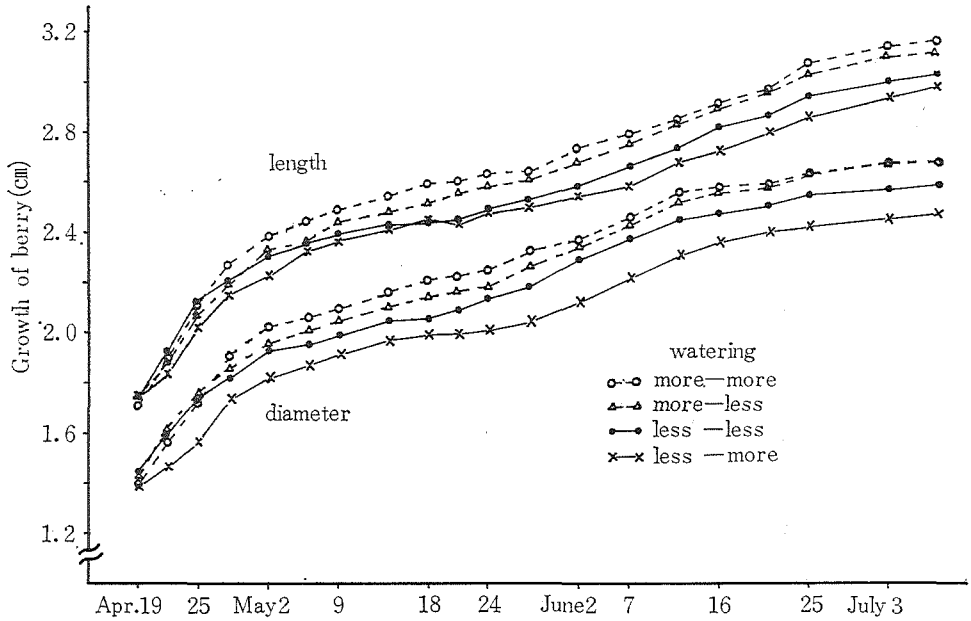


Fig. 8 Growth of the berries in each block.

The amount of watering in each block was controlled to be more or less during the periods from pre-budding to the time of 3 weeks after blooming, and from then to harvesting, independently.

ことが示された。

しかし、マスカットの栽培において重大な問題となっている縮果病（本実験ではシミ症、日射病をも含む）の発生も前期の灌水量の多少により異なり、前期多量灌水の2区で明らかに多かった (Fig. 9)。

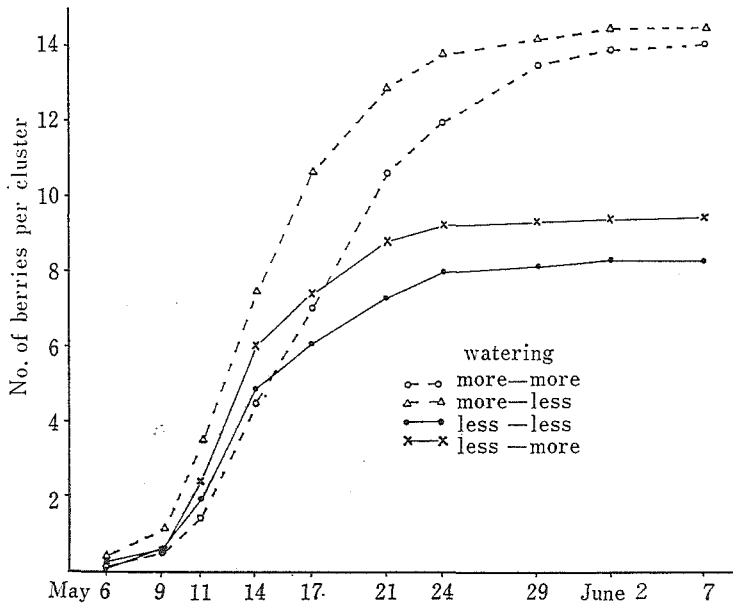


Fig. 9 Increase in the number of the drought-spot berries in each block.

Table 2 Effect of the water content of the soil on the net photosynthesis rate

Date	Leaf at node No.	Less watering			More watering		
		% of dry wt.	Dry wt. mg/100cm ²	Photo-synthesis mg/100cm ² /hr	% of dry wt.	Dry wt. mg/100cm ²	Photo-synthesis mg/100cm ² /hr
Mar. 17	3	24.4	327.3	2.31	24.9	304.1	4.11
	6	22.3	247.1	2.30	20.3	225.9	2.25
	mean	23.4	287.2	2.31	22.6	265.0	3.18
Apr. 22	3	29.9	552.1	2.12	30.3	495.7	9.78
	6	30.2	466.7	13.63	35.8	464.0	15.94
	9	27.9	499.6	0.46	33.6	444.4	3.29
	mean	29.3	506.1	5.40	33.2	468.0	9.67
June 26	3	29.3	464.3	6.38	31.9	520.7	4.32
	6	35.8	660.8	5.66	35.8	667.7	6.13
	9	32.7	575.2	2.79	33.6	566.3	6.55
	mean	32.6	566.8	4.94	33.8	584.9	5.67
Aug. 29	3	39.0	656.1	-2.12	36.2	707.1	4.78
	6	36.3	680.2	6.34	35.8	639.8	5.60
	9	34.5	639.0	4.70	32.1	647.8	3.98
	mean	36.6	658.4	2.97	34.7	664.9	4.79
Oct. 11	12	32.4	639.7	-0.44	35.8	673.4	9.73
	lateral	29.5	392.9	6.47	29.6	418.3	4.37
	mean	31.0	516.3	3.02	32.7	545.9	7.05

6. 灌水量と光合成及び蒸散

葉のみかけの光合成量を全期少量灌水区と全期多量灌水区において測定した。その結果は Table 2 に示すように、全期多量灌水区が単位面積当りの光合成量が多かった。一般に、ブドウの収穫後は葉の傷みが激しく、果房付近の葉から落葉することが多い。収穫後の 8 月 29 日と 10 月 11 日に行った実験では、外見的に健全と思われる葉を供試したが、とくに少量灌水区の元葉は 8 月下旬にマイナス光合成量を示しており、10 月に入ると第 12 節位葉でもマイナス値を示した。このことは 10 月にはほとんどの本梢葉（結果枝から直接出た葉）において光合

Table 3 Effect of the water content of the soil on the transpiration rate

Less watering			More watering		
Date	Leaf at node No.	Transpiration mg/100cm ² /hr	Date	Leaf at node No.	Transpiration mg/100cm ² /hr
Apr. 18	3	315.7	Apr. 20	3	365.5
	6	388.8		6	544.9
	9	580.8		9	306.5
	mean	428.4		mean	405.6
June 26	3	1244.1	June 21	3	780.8
	6	657.0		6	986.4
	9	428.8		9	596.0
	mean	776.6		mean	787.7
Sep. 21	3	121.1	Sep. 17	3	439.5
	6	301.1		6	390.9
	9	167.6		9	207.9
	mean	196.6		mean	346.1
Dec. 3	Lateral	229.1	Dec. 3	Lateral	214.1

成能力が極めて低下していることを示している。これに対し全期多量灌水区は同一節位葉においても早くより高い光合成能力を示すようになり、しかもその後比較的高く維持され、外見的にも葉の傷みが少なかった。

蒸散量についても上述の両区において4月～12月に4回調査したが、Table 3 に示すようにほとんど差はみられなかった。しかし9月になると全期少量灌水区では蒸散量がとくに低下していたことから、この区では葉の老化がいつそう激しいことが推察された。

7. 根群分布と土壤硬度

落葉後の12月に各ブロックの樹幹から2.2mの温室中央側に巾50cm、深さ60cmの条溝を掘り、その断面における根群分布と土壤硬度を測定した。その結果は Fig. 10 に示すように第1ブロック(全期少量灌水区)が根の大小を問わず最も多く分布していたが、その他のブロック間では根数において大差はなかった。各ブロックに共通した傾向として特筆すべきことは、温室の外側よりの樹は地下60cmの深いところに根が多かったのに対し、中央付近の5樹においては地下20cmあるいは40cmまでにしか根がみられなかった。

土壤硬度は Fig. 1 に示した位置

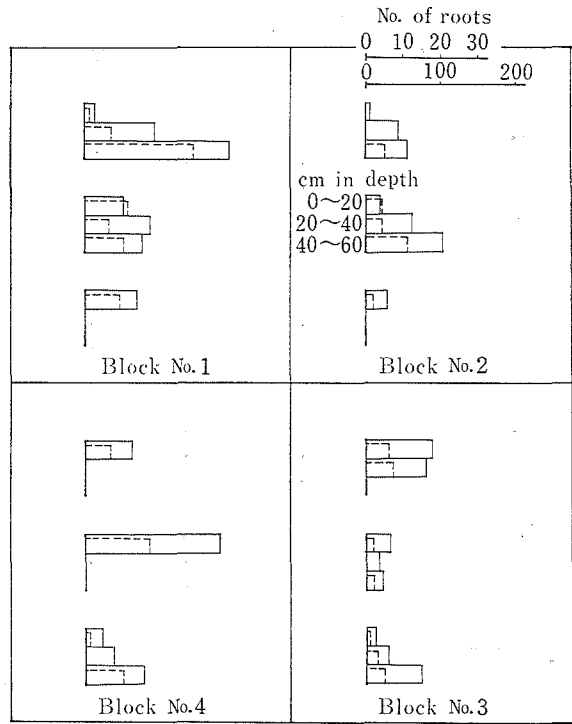


Fig. 10 Number of the roots of each vine appeared from the profile at a distance from the vine trunk showing in Fig. 1. The upper scale and the dotted column, or the lower scale and the solid column show the number of the roots larger than 2mm in diameter or total number of all roots, respectively.

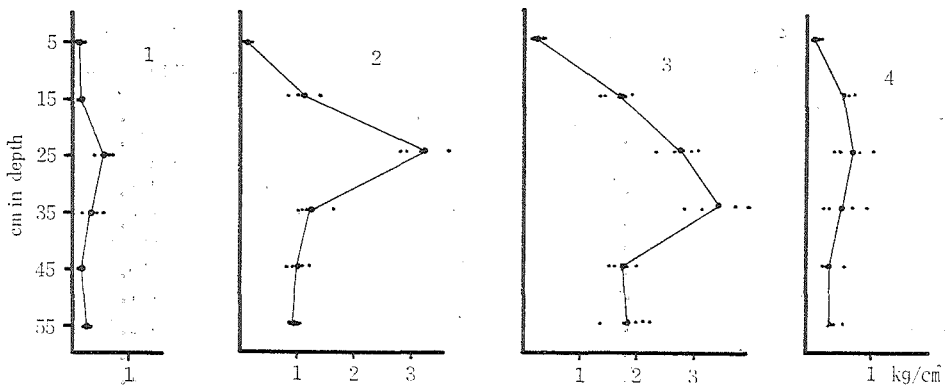


Fig. 11 Distribution of soil hardness in each depth, Arabic numbers show the points of the investigation in the large greenhouse shown in Fig. 1.

において調査したところ、温室中央においては外側におけるよりも硬度が極めて高く、また地下25~30cm付近に著しく硬い層ができていた (Fig. 11).

考 察

本温室の土壤の三相分布においては、固相率が極めて高く、pF-水分曲線からも灌水後の水分保持力に乏しいことが示された。したがって土壤は乾燥しやすいので、水分管理には細心の注意が必要である。また、灌水後の水の浸透性の試験において、土壤の乾燥が著しいとき (pF 2.6) は、その程度に応じて灌水しない限りブドウ樹への水の補給にならない場合があることが示された。

土壤水分が地下15cmで7~8%であったとき、3月における1日当り土壤水分減少量は0.4~0.5%であった。土壤水分の7~8%は本土壤では水分当量に当り、水分当量より萎凋係数までにはわずか2~3%程度の水分しか含まれず、したがって水分当量より萎凋係数まで4~7日に到達することになる。これらのことから本土壤の場合、pF 2.4以上に乾かすことは避けるべきであろう。

さらに土面蒸発の測定結果より1日当り1.4~1.5mmの蒸発があるとすると、10mmの灌水では土面蒸発だけでも7日に1回の灌水をしないと土壤水分の維持ができず、さらに葉面からの蒸散量を考慮すると、その間隔はさらに縮める必要がある。ちなみに小橋ら³⁾は本温室における7~9月の1日当り土壤水分消費量は2.4~4.5mmであるとしている。ただし、当時 (1973年) の条件はブドウ樹がまだ幼木期であったので、本調査 (1977年) より葉の蒸散量は少なく、逆に土面が直射光線にさらされていたため、土面蒸発は多かったものと推察される。

ブドウ樹の生育に及ぼす土壤水分の影響についてみると、初期生長において前期に少量灌水した区が優ったが、その理由については明らかでない。果実の肥大については前期多量灌水区が優った。しかし縮果病の発生もまた同区で多かった。土壤の乾燥した条件で縮果病の発生が少なく、これは果実の肥大量の低下を伴っているという報告⁴⁾は他にもみられるが、本実験結果よりその条件は特に果実発育のごく初期にあると考えられる。

土壤硬度及び根群分布の調査より、本温室中央部の地下30cm付近には極めて硬い層ができており、これが原因で中央付近のブドウ樹の根域が浅くなっているものと考えられる。また、中央付近の樹は主枝形成率や繁茂率において、温室外側よりの樹に劣ることが幼木育成期に観察された⁵⁾が、これは本土壤の物理特性として水分保持力が小さく、したがって灌水が不足した場合、これらの樹では根域が浅いためにしばしば水分不足にあったためではないかと推察される。温室ブドウの栽培では結果枝の勢力を揃えるために摘心を行うが、本温室でも綿密な摘心を何回も行ったので、現在各樹の勢力差は少なくなっているものの、その傾向は依然として認められる。

本温室産のマスカットは例年果粒の肥大が十分でないことが指摘されてきたが、それを改善するためには、まず水分管理に十分な配慮をすることが必要で、pF 2.4以上に乾かすことは好ましくなく、1回の灌水量10mm、灌水間隔3~4日程度の灌水が必要で、夏期にはさらに増量する必要がある。また積極的に土壤の物理性及び化学性の改善をはかる必要がある。

摘 要

本学部附属農場・果樹園装置化施設内の大温室における水分特性を中心とした土壌の物理性を明らかにするとともに、灌水試験によるブドウ，“マスカット・オブ・アレキサンドリア”樹の生育について調査した。

1) 本温室における土壌（マサ土）の三相分布では固相が70%にも及んでいた。

2) 最大圃場容水量は30%以下、水分当量は10%以下となり、水分当量から萎凋係数までには2～3%の水分を含むにすぎず、極めて保水性の乏しい土壌であった。

3) 透水係数は地下30cmまでは $1 \sim 2 \times 10^{-3}$ cm/secであったが、それ以上深い場所、またはpF 2.6（地下15cm）程度まで乾燥した場合、8.1mmの灌水では水分の移動が観測されなかった。

4) 発芽前より収穫期までを果実の発育第Ⅰ期中期を境に2分して前、後期とし、灌水量の多少の組合わせにより4区を設けて栽培したところ、前期少量灌水した区では新梢の初期生長が優ったのに対し、前期多量灌水区では開花期前後より旺盛な生育を示した。

5) 果粒の肥大には果実発育の第Ⅰ期後半から差がみられ、前期に多量灌水した区が優った。しかし、この区では縮果病の発生が7割程度多かった。

6) 葉のみかけの光合成量と蒸散量を全期少量灌水区と全期多量灌水区において測定した結果、光合成量は後者の方が多かったが、蒸散量にはほとんど差はみられなかった。

7) 根群分布を落葉後の12月に調査したところ、各区とも温室中央部は根域が浅く20～40cmであったのに対し、外側よりの樹は地下60cm付近に多かった。それは室中央部の地下30cm付近に著しく土壌硬度の高い層があったことによるためと思われる。これが幼木育成期より温室中央付近の樹の生育が悪いことの原因と思われる。

文 献

- 1) 小橋英夫・村上康蔵：大型温室における環境とその調節に関する研究，研究報告集録（農学編Ⅰ），昭48，総合研究，186-187（1973）
- 2) 村上康蔵：大型温室の環境と調節に関する研究，成果報文集，昭52，総合研究，55-67（1977）
- 3) 長堀金造・高橋 強・天谷孝夫：大型温室における環境とその調節に関する研究，研究報告集録（農学編Ⅰ），昭48，総合研究，186-187（1973）
- 4) 中川昌一：葡萄果実の生理的障害に関する研究，京大農学部博士論文，30-47（1961）
- 5) 大阪府大農学部園芸学教室編：園芸学実験指針，97-150，大阪府大農学部（1968）
- 6) 島村和夫・中野幹夫：大型温室の環境と調節に関する研究，成果報文集，昭52，総合研究，75-77（1977）
- 7) 高木伸友・森本正康・横沢弥五郎：園芸学会昭和48年度春季大会発表要旨，136-137（1973）
- 8) 寺沢四郎：土壌物理性測定法（土壌物理性測定法委員会編），134-157，養賢堂・東京（1972）
- 9) 湯村義男：土壌物理性測定法（土壌物理性測定法委員会編），197-221，養賢堂・東京（1972）