

水耕によるトマトの密植低段栽培に関する研究
(第3報) 冬期栽培における培養液温度が収量と養水分の吸収に及ぼす影響

景山 詳弘

(花卉園芸学研究室)

Received July 1, 1980

Studies on two Trusses Tomato Culture in Hydroponics
III. Effect of Solution Temperature in Forcing Culture on the Yield
and Uptake of Nutrient and Water

Yoshihiro Kageyama

(Laboratory of Floriculture)

The effect of solution temperature in a hydroponics for tomato in winter on the yield and uptake of nutrient and water was examined.

Seeds of tomato, "Kyoryoku Dantobi Yozu" were sown on 22nd of September, 1978, and planted with density of about 7,000 plants per 10a on 7th of November in water culture bed. The plants were pinched, leaving two leaves above the second cluster. The solution temperatures in each bed were kept constantly at 20°C and 25°C. The solution of control was not heated.

The yield in 25°C solution temperature plot was best, but with many puffy fruits. Therefore, it was considered the optimum solution temperature for a profitable fruit production was 20°C.

The absorption of $\text{NO}_3\text{-N}$, P, Ca and Mg increased as the rate of solution temperature was raised. But the absorption of K and water were not influenced by solution temperature.

In order to make clear the effect of solution temperature on uptake of nutrient and water, solution temperatures were set at 15°C, 20°C, 25°C and 30°C during 8 days at flowering time of the first cluster twice in December and in May.

$\text{NO}_3\text{-N}$ uptake in 25°C and 20°C of solution temperature plots increased more than 30°C, P uptake increased as the rate of solution temperature was raised. K uptake was not influenced by solution temperature. The absorption of Ca increased as the solution temperature was raised, and increase in May was higher than in December. Water uptake in December increased as the solution temperature was raised, but that in May was not influenced by solution temperature.

緒 論

トマトの冬期栽培においては、地上部の加温はもちろん行うが、それとともに地下部を加温すれば生産を高めることができるという報告は多く出されている^{1,4,5,8)}。すなわち地下部を適温に保ち、根の養水分吸収能を最大にし生育を良くしようとするものである。そしてこの地下部の加温は、空気より熱伝導率の高い土壌や水が対象であるため、効率が高く少い熱量で多くの効果が期待できる。

本報は水耕の培養液を加温することによって低段どり栽培トマトの収量と品質を検討し、栽培期間中の養水分吸収の特性を明らかにすることによって、加温時の適温を検討したものである。さらに第1花房開花時の短期間について液温と養水分吸収量の関連を明らかにしたものである。

材料および方法

実験 I : 9月まき冬期栽培における収量と品質ならびに養水分の吸収

品種強力段飛びヨーズを1978年9月22日に砂まきし子葉が展開後移植して床土育苗を行った。本葉4枚展開したものを、11月7日に水耕ベッドへ2条植え株間15cm(1ベッド当り52株, 10a当り約7000株)で定植した。11月30日に第2花房の上2葉を残して摘心した。開花期は12月18日から翌年の1月4日までであり、開花時にトマトーン70倍液で単花浸漬処理を行った。収穫は2月17日から3月12日まで一日おきに行った。栽培は加温したビニールハウス内で行い、日最低気温を10°C以上に保った。

水耕方式は湛液定時循環式で、ベッドの大きさは4.0×0.8m(3.2m²)であり、このベッド1つにつきそれぞれ循環用タンク1つを組み合わせる1区とした。ベッド内の培養液の湛液深は7cmとしたので、1区当りの培養液量は循環用タンク分(65l容)も含めて約270lとした。培養液の循環は小型ポンプによって2時間毎に15分間行い、この際培養液を空気混入器を通過させることによってエアレーションを行った。

培養液は第1報⁶⁾で用いたものと同様の園芸試験場処方第1例の0.5濃度のものを用い、1週間毎にEC濃度による低下分を、基準組成のものを添加することによって補った。培養液には水道水を用い、栽培中は液の更新を行わなかった。

実験区は液温20°C区と25°C区を設け、ベッド内に張った温床線によって液を加温した。また加温しなかった区をContとした。このCont区の実験中の平均液温は15.5°Cであった。実験は1区1ベッドを用い、2連制とした。

培養液量は常に一定となるよう1日4回水道水で補給し、この水量を植物による吸水量とした。

養分吸収量の測定は1週間毎に培養液の添加後の濃度から、次の週の添加前の濃度をさし引くことによって行い、これを1週間の吸収量とした。

定植から収穫終期(2月26日)までの養水分吸収量を果実収量で除して、これを養水分の果実生産効率とした。

培養液の無機成分分析法は下記によった。

NO₃-N: イオン電極法(オリオン社硝酸電極92-07型を使用)

P: バナド・モリブデンイエロー比色法

K, Ca, Mg: 原子吸光分光分析法

実験 II : 第1花房開花期8日間の養水分吸収量

この実験は実験Iと同時期の日照量の少ない12月と日照量の多い5月の2回に分けて行った。

12月の実験は1979年10月12日には種し、11月10日に5000分の1ワグナーポット(3.5 l 容)へ1ポット1株あて植えつけ、園試処方0.5濃度の培養液で水耕したものをを用いた。これを第1花房開花始め時に、15°C、20°C、25°C、30°Cの恒温水槽に入れて試験区とした。1区は3ポットとした。培養液は処理開始時に更新し、以後は減水量を脱塩水で補給した。

液温処理開始後1日目から9日目(12月18日～26日)まで、1日おきに吸水量と養分濃度を測定した。

5月の実験は1980年2月10日には種したものを3月20日に植えた。液温処理開始までの育成法および処理区の設定法は12月の実験と同様とした。処理開始から8日目(4月26日～5月4日)まで1日おきに培養液を更新し、吸水量と養分吸収量を測定した。

培養液の無機成分は実験Iと同じ方法で分析定量した。

1. 冬期栽培において培養液を加温する効果

培養液温の果実の収量と品質に対する影響は第1表に示した。収量は液温が高いほど多く、Cont区に比べて20°C区では8%、25°C区では14%の増収となった。奇型果の発生率

Table 1 Fruit yield and quality of tomato grown at various solution temperatures

Treatment	Yield		Nomal fruit	Puffy fruit	Malformed fruit	Nomal fruit			
						Less than 100g	100-200g	200-300g	Morethan 300g
Cont*	kg/p 0.97	Ton/10a 6.79	% 84.2	of number 12.1	3.7	10.3	% of 39.2	number 39.0	11.5
20°C	1.05	7.35	82.0	13.4	4.6	11.3	35.4	42.5	10.8
25°C	1.11	7.77	75.6	22.1	2.2	9.7	38.9	39.3	12.1

*Average solution temperature was 15.5°C.

は3区の間で大差はなかったが、空洞果の発生率は25°C区で高くなった。また果実の大きさは25°C区で300g以上のものの率が高くなり、この区のもの全体としてやや大果になる傾向であった。

開花期および果実の成熟期の早晩に対する液温の影響は認められなかった。

Table 2 Efficiencies of nutrients and water to fruit production

Treatment	No ₃ -N	P	K	Ca	Mg	Water
Cont*	mg/kg 2,631	mg/kg 403	mg/kg 3,696	mg/kg 1,391	mg/kg 348	l/kg 16.187
20°C	2,743	437	3,718	1,405	347	14.533
25°C	2,636	425	3,593	1,414	331	13.672

*Average solution temperature was 15.5°C.

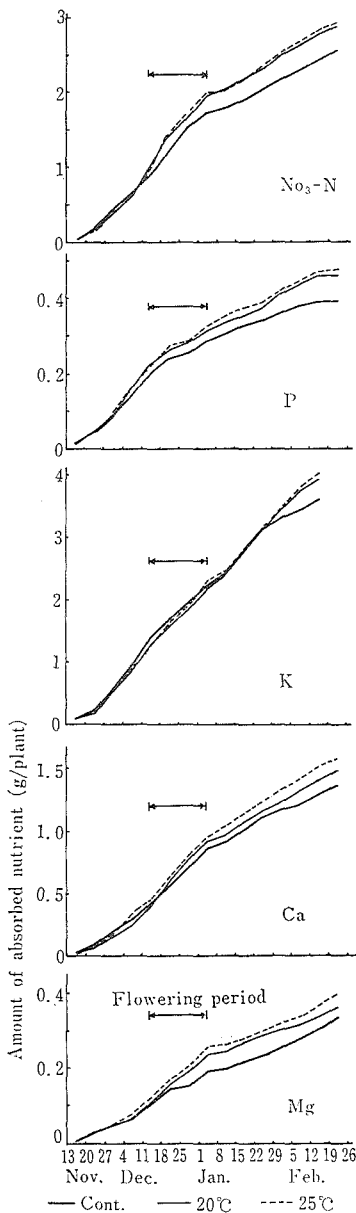


Fig. 1 Effect of solution temperature on uptake of nutrients.

5要素の1株当りの吸収量の変化を第1図に示した。Kを除く4要素では液温が高いほど吸収量が多くなった。この中 $\text{NO}_3\text{-N}$ とPの吸収量は20°C区と25°C区ではほぼ同様であった。Kの吸収量は収穫期の直前まで3区の間で差がなく、収穫期に入ってCont区の吸収量が少なくなった。

水の吸収量は定植から収穫期まで3区の間で差がなかった。この期間中の1株当りの水の吸収量はCont区15.7 l, 20°C区15.3 l, 25°C区15.2 lであった。

果実重量当りの養水分吸収量を第2表に示した。水の吸収量は養液温が高くなるほど少なくなって効率が高くなることを示した。5要素ではいずれの区においても著しい差はなかった。

2, 第1花房開花時の養水分吸収量に対する養液温の影響

12月および5月における第1花房開花時の8日間の養水分吸収量の変化を第2図と第3図に示した。

$\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収量は日照条件にかかわらず液温30°Cでは低下した。そして液温25°C以下では液温が高くなるにしたがって多くなる傾向であり、このことは多日照条件でよりはっきりした。Pの吸収量は日照条件にかかわらず、液温が高くなるにしたがって多くなった。Caの吸収量は液温が高くなるにしたがって多くなり、多日照条件でこの傾向は強くなった。Mgの吸収量は液温が高くなれば多くなったが、多日照条件では25°Cが最も多くなり、30°Cとほぼ同じであった。

Kの吸収量は他の4要素と異なり、いずれの日照条件においても、液温による差は認められなかった。

吸水量は少日照条件では液温が高くなるほど多くなったが、多日照条件では4区の間で大きな差はなかった。

考 察

トマトの栽培において地下部を加温する方法は、従来は主として冬期または春先の育苗時に適用する考え方ですすめられてきた。藤井ら³⁾は地温20~22°Cが苗の生育に適しているとし、藤重ら⁴⁾は苗の生長に対する地温の影響は大きく、地上部の生長に対する適地温は20~30°Cであると報告している。加藤⁷⁾は夜間に地温を上昇させることが良苗を育成し花成を促進したとのべている。また高嶋ら¹¹⁾は水耕育苗において、25°Cを中心とした気温と地温の組み合わせが苗の生育を促進したと報告している。森ら¹⁰⁾は地温は16.5°Cより高い方が生育・収量に好結果をもたらしたとのべている。

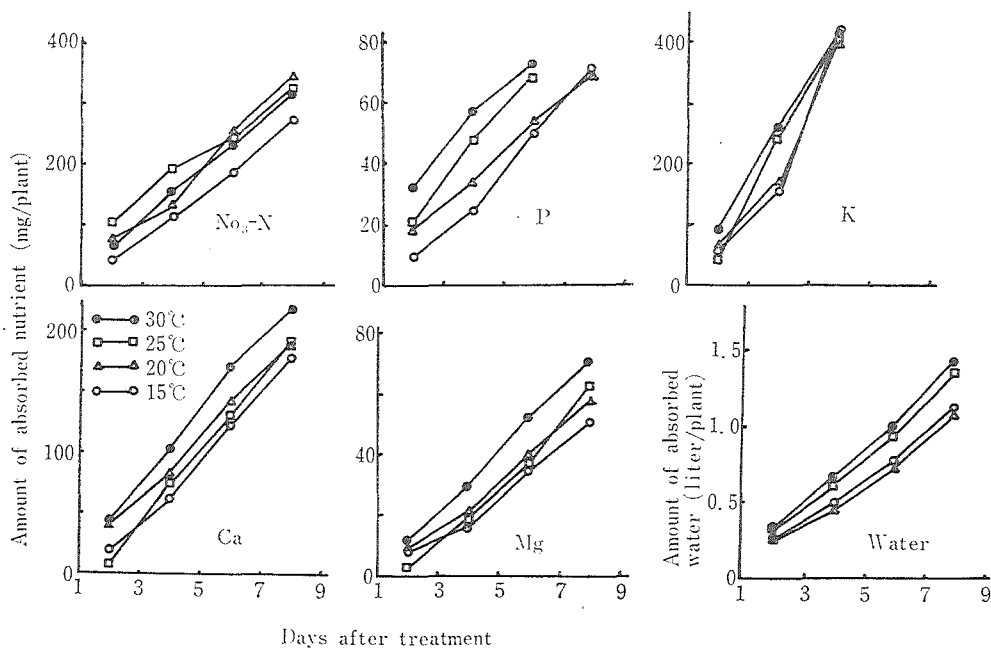


Fig. 2 Effect of solution temperature on uptake of nutrients and water during 8 days in December, at flowering time of the first cluster.

このように地下部の適温は20~25°C付近にあると思われるが、長期間に亘る実際栽培においては、冬期に高い温度を保つことは困難である。また水耕では栄養生長が土耕よりおう盛であり、培養液を加温することにより、この傾向はさらに強まる。このため25°Cの高液温区で大果が多くなり、収量は多くなったが空洞果が多発した。これは斉藤¹³⁾が指摘しているように生育がおう盛になりすぎたことによるものであると思われる。したがって冬期栽培での培養液の実用的な加温の目安としては20°Cが適温であろう。

無機要素の吸収に対する根温の影響について高橋¹⁴⁾らはイネにおいて水温の低下によって吸収量の低下する割合の大きいものはPO₄、NH₄、Kであると、オオムギではK、PO₄、NO₃であると報告している。LINGLEら⁵⁾はトマト苗において地温の上昇にしたがって、P、K、Mgの吸収量は増加し、Caの吸収量は15.6°C~18.3°Cで最大になり、これより高温では減少したと報告している。また岡部¹²⁾らは水耕キュウリにおいていずれの要素の吸収量も低液温より高液温で多くなったとのべている。このように要素や温度に多少の差はあるが、いずれも高温によって吸収量が多くなることを指摘している。

本実験においてKを除く他の4要素については液温が高くなるほど吸収量が多くなる傾向であり、従来の報告とほぼ一致した。そしてNO₃-NとCaの吸収量は多日照条件では液温による差がさらに大きくなるのが判明した。

しかしNO₃-Nの吸収量は液温30°Cでは20°Cより少なくなった。このことは高液温になる夏期の栽培において留意されるべき点であろう。Kの吸収量については地下部の温度に影響されやすいという報告が多い。MILLERら⁹⁾はコムギのK吸収は地温が高くなるに従って多くなり、28~29°Cにピークがあることを指摘しており、堀ら⁵⁾はトマトの葉中のK含量は地温13°C、16°C、21°Cの3区で有効態リン酸の多い土壌において、地温の高い区ほど多くなったと報告している。

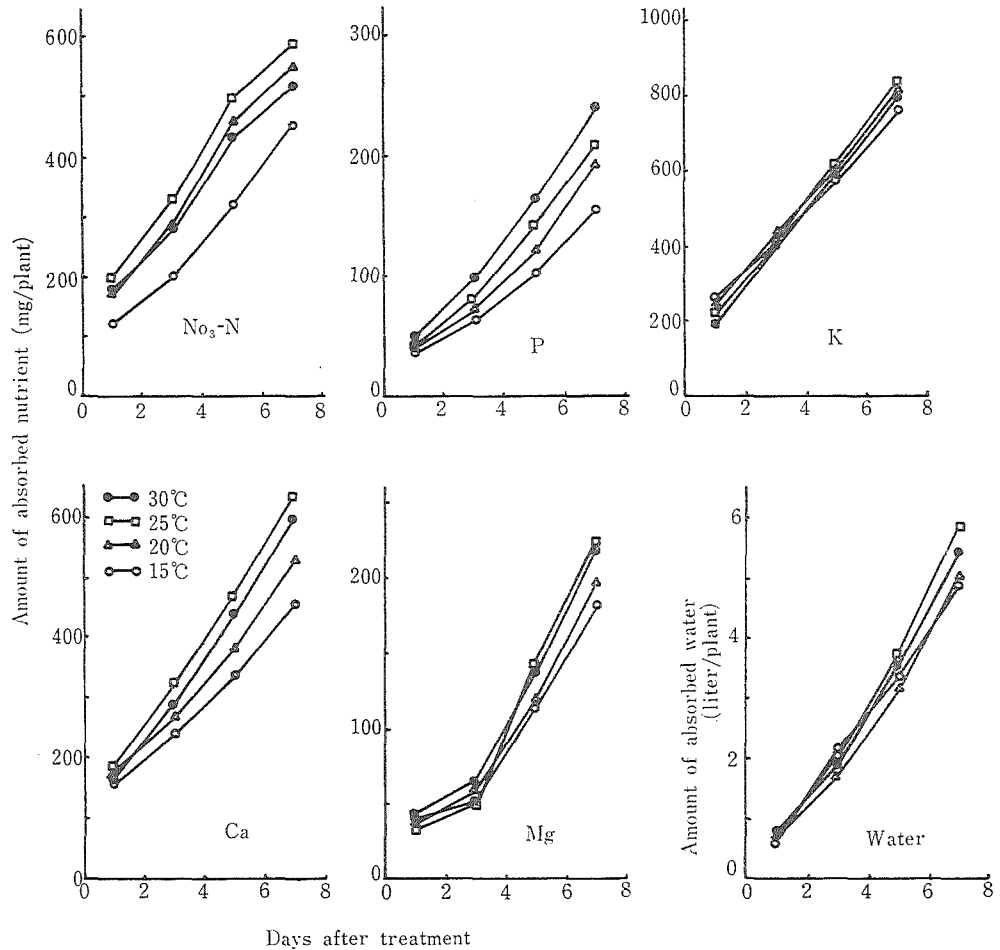


Fig. 3 Effect of solution temperature on uptake of nutrients and water during 8 days in May, at flowering time of the first cluster.

しかし本実験においては、実験ⅠおよびⅡのいずれにおいてもK吸収に対する液温の影響は認められなかった。特に実験Ⅰの終期において、K吸収にやや差が出たのは日照量に関連があるのではないかと考えられたので、多日照条件（5月）のもとで再実験を行ったが、やはり液温による差は認められなかった。これはトマトにおいてKは最も多量に吸収される要素であり、また第1花房開花期に最も吸収量が多くなることもあって、吸収にかかわる好的条件の中が広いためではないかと思われた。しかし本実験の範囲では詳細なことはわからなかった。

吸水量におよぼす根温の影響について BÖHNING ら²⁾ は地下部の変温 (25°C-5°C) を急速に行った場合と、緩慢に行った場合での吸水量の変化の違いは、ヒマワリとトマトではあまり差がないがインゲンでは差が大きくなる、そして前者では急速な変温によるしおれが早く回復すると報告している。このようにトマトは外的環境の変化に対して比較的早く順応するものと思われ、本実験においても吸水量に対する液温の影響は少なく、とくに長期間栽培ではほとんど影響がなかった。

果実重量当りの無機要素の吸収量は、いずれの要素においても液温による差は認められず、液温を高めても要素の果実生産効率を高めることにはならない。しかし吸収された水の果実生産効率は養液を加温することによって高めることが出来る。

摘 要

水耕トマト密植低段どりの冬期栽培において、培養液の加温が収量と養水分吸収量に及ぼす影響を検討した。品種強力段飛びヨーズを1978年9月22日には種し、11月7日に水耕ベッドへ定植した。栽植密度は10a当り約7,000本とした。トマトは第2花房の上2葉を残して摘心した。液温処理は20°C、25°Cおよび無加温(平均15.5°C)の3区とした。

収量は液温25°C区が最も多かったが、空洞果が多発したため、20°Cが適温であると思われた。NO₃-N、P、CaおよびMgの吸収量は液温が高い区ほど多かった。Kおよび水の吸収量は液温による差がなかった。

また、別に液温と養水分の吸収量をより明らかにするため、第1花房開花期の8日間に15°C、20°C、25°Cおよび30°Cの液温処理を行った。これは少日照時(12月)と多日照時(5月)の2回行った。

NO₃-Nの吸収量は液温30°Cより25°Cおよび20°Cで多かった。Pの吸収量は液温が高くなるほど多くなった。Kの吸収量は液温による差がなかった。Caの吸収量は液温が高くなるほど多くなり、この傾向は少日照条件より多日照条件で強くなった。吸水量は少日照条件では液温が高くなるほど多くなったが、多日照条件では差がなかった。

文 献

- 1) 秋田史郎・内藤恭典：園芸学会研究発表要旨(秋季) 126-127, (1971)
- 2) BÖHNING, R. H. and B. LUSANANDANA: Plant Physiol. 27, 475-488 (1952)
- 3) 藤井健雄・伊東正・椎名不二男・湊莞爾：千葉大園学報 10, 59-70 (1962)
- 4) 藤重宣昭・杉山直儀：園学雑 37, 221-226 (1968)
- 5) 堀裕・新井和夫・室園正敏・鈴木武・船場益良・阿部隆：園試報A 11, 94-104 (1971)
- 6) 景山詳弘・益田忠雄：岡山大農学報 52, 91-98 (1978)
- 7) 加藤徹：農及園 39, 1135-1136 (1964)
- 8) LINGLE, J. G. and R. M. DAVIS: Amer. Soci. Hort. Sci. 73, 312-322 (1958)
- 9) MILLER, R. J. and C. B. DAVEY: Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31, 286-287 (1967)
- 10) 森俊人・柴田進・浜田国彦：園芸学会研究発表要旨(春季) 190-191 (1971)
- 11) 高嶋四郎・福井重光・西新也・並木隆和：京府大学報農学 28, 24-30 (1976)
- 12) 岡部勝美・鈴木芳夫・山崎肯哉：園芸学会研究発表要旨(春季) 188-189 (1971)
- 13) 斎藤隆：農業技術大系野菜編 トマト 113-137, 農山漁村文化協会・東京 (1973)
- 14) 高橋治助・柳沢宗男・河野通佳・矢沢文雄・吉田武彦：農技研報B 4, 12-15 (1955)

正 誤 表 (Errata)

頁 (Page)	行 (Line)	誤 (Erratum)	正 (Correct)
目 次	19	黒田 正紀	黒木 正紀
13	25	nodes folded out after	nodes unfolded after
17	22	Kliwer ⁶⁾	Kliwer ⁶⁾
18	3	Kliwer	Kliwer
29	29	absortion	absorption
37	7	breed correlation	breed, correlation
37	25	eyemuscle	eye muscle
37	29	eyemuscle	eye muscle
38	12	slaughter (cm) [B]	slaughter (kg) [B]
38	21	eyem-uscle	eye-muscle
39	12	slaughter (cm) [B]	slaughter (kg) [B]
39	14	89.5	79.5
39	15	83.0	73.0
40	27	Chol , g/dl	Chol , mg/dl
41	17	$r = -0.350^*$	$r = 0.350^*$
41	39	$r = 0.795^{**}$	$r = 0.795^{**}$
41	40	$Y = 3681.74 + 1967.7 X$	$Y = 3681.74 + 1967.7 X;$
42	22	Bun	BUN
43	29	[Tp] (g/dl)	[TP] (g/dl)
43	31	Glolesterol	Globulin
44	17	7 th	8 th
44	17	8 th	9 th
44	29	thurl	thurls
44	47	respectively in	respectively are shown in
45	32	没着)	沈着)
55	2	I. KETUT LANA	I KETUT LANA
69	Fig. 4	soil layer (cm)	soil surface (cm)