

# 蔬菜水耕栽培の実用化に関する研究 XIII

気温—液温の組合せがトマト苗の生育におよぼす影響

高嶋四郎・福井重光・西 新也・並木隆和

SHIRO TAKASHIMA, SHIGEMITSU FUKUI, SHIN-YA NISHI and TAKAKAZU NAMIKI

Studies on production of vegetable crops in water culture XIII

Effects of air- and nutrient solution-temperatures  
on growth of tomato seedlings

**要旨：**トマト品種大型福寿を用いて、気温および培養液温度が水耕栽培におけるトマト苗の生育におよぼす影響を調べた。気温は15, 20, 25, 30°Cを、液温は15, 20, 25°Cを設定した。

生育におよぼす気温の影響は液温の影響よりも大きく、気温が低い場合に液温の影響が顕著に認められた。茎の直径、葉数対草丈の比、地上部対根の重量および長さの比などの外観より判断した場合、気温、液温ともに15°Cを中心とした組合せにより、草丈に比し太さ、重さ、根量の充実したがっかりした苗が得られた。しかし、草丈、生体重、葉数などの生育速度や、乾物含有率、無機成分含有率などの内的要因より判断した場合、気温、液温ともに25°Cを中心とした組合せが苗の生育を促進した。

## I 緒 言

トマトの生育におよぼす環境条件の影響、特に温度の影響に関しては多くの研究が報告されているが、実験の多くは土耕によるものであり、その結果を直ちに水耕栽培に適用できない場合も少なくない。また、最近、水耕栽培で解決の望まれている夏期の高温対策に利用し得る高気温、高培養液温を取り扱ったデータがとばしい。このことより著者らは水耕トマトの生育と温度との関係を明らかにするために一連の実験を行った。

前報（高嶋ら：1975）では培養液温を種々に調節してトマト苗を栽培し、トマト苗の生育は液温により大きく影響されること、草丈、生体重、乾物含有率、無機成分含有率、葉数、花房数などより判断した苗の生育は、20~30°Cで良好、15, 33°Cでやや劣り、10, 35, 40°Cで非常に悪いことを報告した。この実験は低気温時と高気温時に行ったが、気温その他の条件が異なる場合、トマト苗の生育は大略同じ傾向を示したが、液温の影響にいくらかの差が認められた。また、これらの苗を同一の自然条件に定植、栽培したところ、低液

温育苗は高い収量を、高液温育苗は早い収穫をもたらした（並木ら：1975）。

本報では、これらの観点より気温と液温とを組合せて調節し、トマト苗を栽培した結果を報告する。

## II 実験材料および実験方法

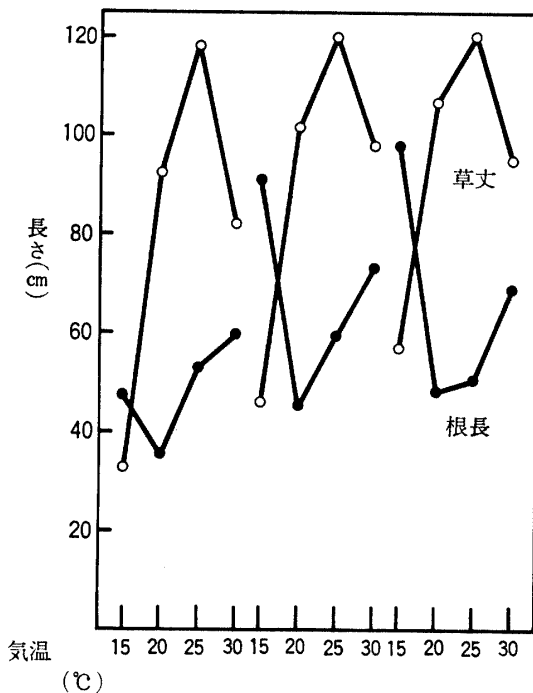
11月15日砂床に播種した大型福寿トマトを、第1本葉展開時の12月15日に各実験区の水耕ベッドに移し、12月22日に温度処理を開始した。実験区は気温15, 20, 25, 30°Cの各々に培養液温15, 20, 25°Cを組合せ計12区を設定した。各設定温度は昼夜同じとした。培養液はれき耕用園試処方第1例培養液（堀：1966）を用いた。水耕ベッドの形状、液温調節方法は前報（高嶋ら：1975）と同様である。気温の調節は、ポリエチレン・フィルムの小室内でサーモスタットにより電気温風機、空中温床線、換気扇を点滅して行った。気温の変動は±1°C、液温の変動は±0.5°C程度であった。生育量は10日ごとに測定したが、50日目の測定値のみを図示した。温度処理開始50日後に実験を打ち切って、植物体を乾燥後、無機成分含有量を分析した。分析法

はN：フォーリンネスラー法，P：バナドモリブデン法，K，Ca，Mg，Fe：原子吸光分光法によった。

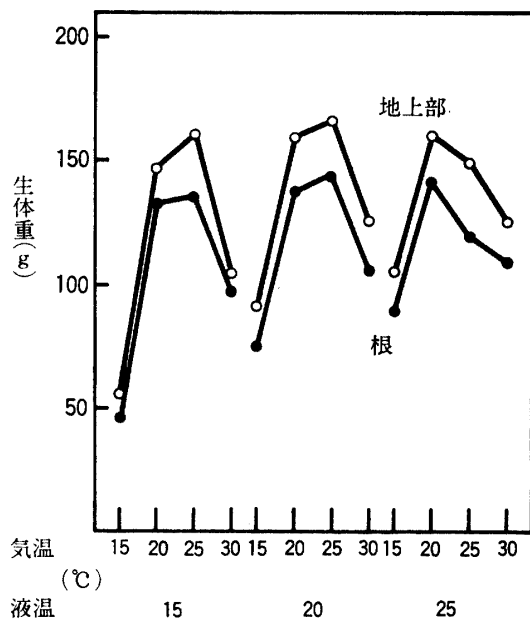
### III 実験結果

#### 1 生育調査

草丈では，温度処理開始20日目の調査で気温の影響が，30日目の調査で液温の影響が認められた。生育の

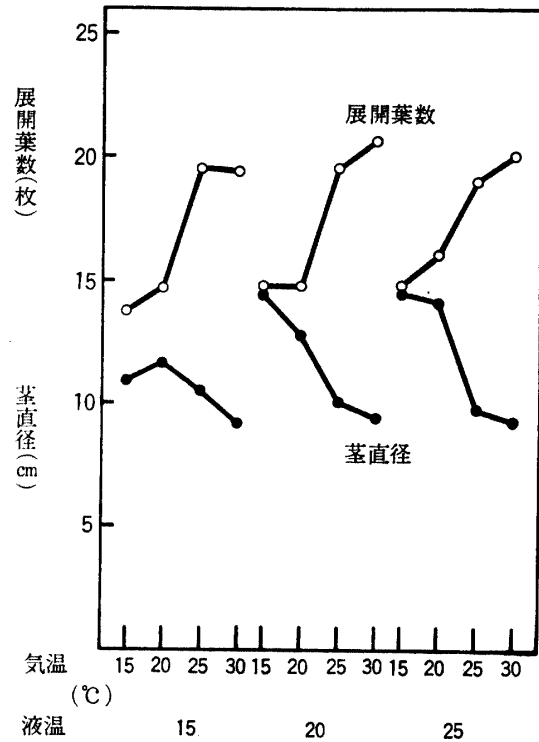


第1図 気温—液温の組合せがトマト苗の草丈，根長におよぼす影響

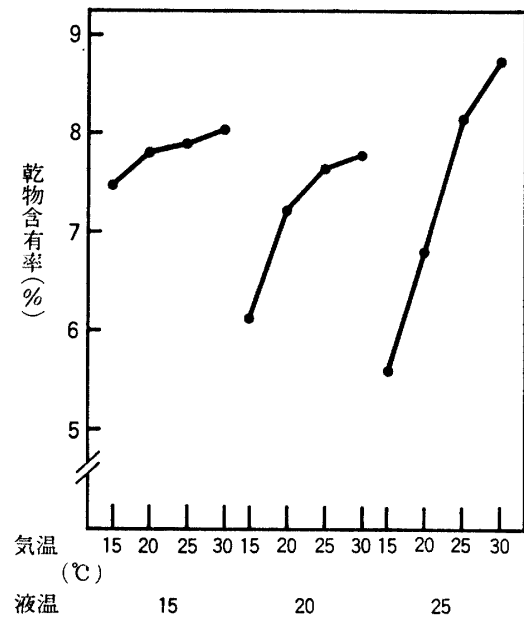


第2図 気温—液温の組合せがトマト苗の地上部，根の生体重におよぼす影響

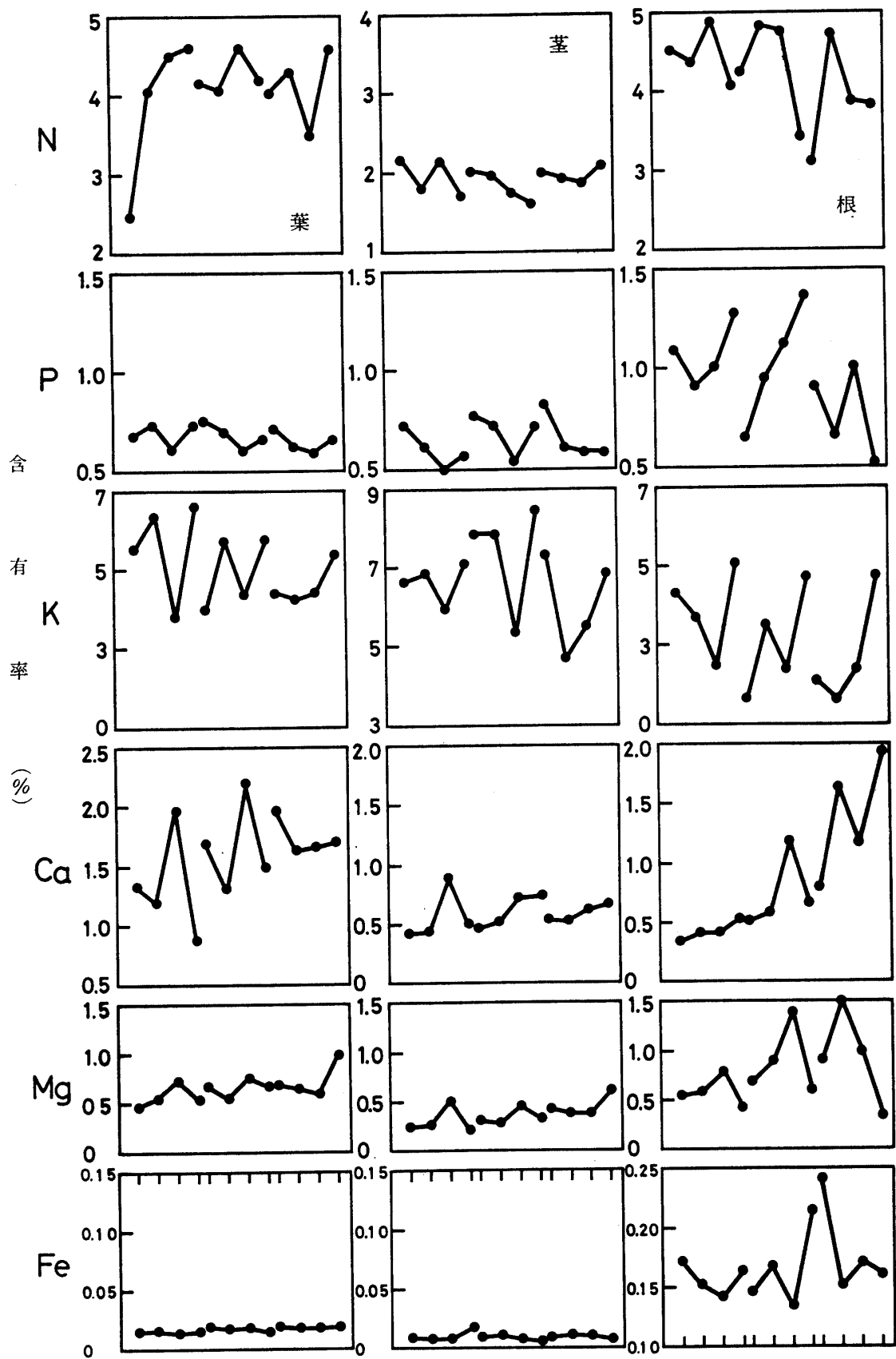
初期には気温の高い区ほど草丈は大であったが，生育が進むと30°C区の伸長が他区に比してにぶり，50日目の草丈は第1図にみられるように気温 25°Cで最高となるすどいピークを示した。気温の低い場合には液温の高い区で草丈が大となる傾向が認められたが，気



第3図 気温—液温の組合せがトマト苗の展開葉数，茎基部の直径におよぼす影響



第4図 気温—液温の組合せがトマト苗の乾物含有率におよぼす影響



第5図 気温—液温の組合せがトマト苗各部位のN, P, K, Ca, Mg, Feの乾燥重あたり含有率におよぼす影響 (各グラフ横軸は第1図と同じ)

温30°Cの場合には液温 20°C で最高となった。草丈におよぼす液温の影響は気温の影響に比し小さかった。各気温区間、液温15—20, 25°C 区間に有意差が認められた。

最大根長は、第1図にみられるように気温15°Cで長く、20°Cで最小となり、25, 30°Cで長くなった。液温15°Cで短く、20°Cと25°Cでは似た値を示した。気温15—30—20, 25°C区間、液温15—20, 25°C区間に有意差が認められた。

地上部生体重は、第2図にみられるように草丈とよく似た傾向を示し、気温15, 30°Cで小さく、20, 25°Cで大となった。液温が高い区で草丈が大となる場合が多かった。

根の生体重は、第2図にみられるように地上部生体重と非常によく似た傾向を示した。気温15, 30°Cで小さく、20, 25°Cで大であった。液温が高い区で大となる場合が多かったが有意差はなかった。地上部、根ともに生体重におよぼす液温の影響は、気温の影響に比し小さかった。

茎基部の直径は、第3図にみられるように気温15, 20°Cでは似た値を示し、20°C以上では気温の高い区で減少した。液温の高い場合にこの傾向が強くなった。気温の低い場合には液温の高い区で大となり、気温の高い場合には差が小さかった。気温15, 20—25, 30°C区間、液温15—20, 25°C区間に有意差が認められた。

展開葉数は、第3図にみられるように気温が高くなるに従って多くなり、気温10°Cの上昇に対し平均約5, 6枚の割合で増加した。気温15—20—25, 30°C区間に有意差が認められた。液温15°Cでは他の区より低かった。展開葉数におよぼす液温の影響は、気温の影響に比し非常に小さかった。

全植物体の乾物含有率は、第4図にみられるように気温が高くなるに従って高くなり、液温の高い場合にその傾向が強かった。気温の上昇10°Cに対し平均約1.2%の割合で増加した。各気温区間に有意差が認められた。液温が高くなるに従い乾物含有率は減少する場合が多かったが、高気温、高液温の区では増加した。

## 2 無機成分含有率

植物体各部位別、乾物重量あたりの各無機成分含有率を第5図に示した。

葉のN含有率は低気温、低液温の区で低かった他は、気温、液温による一定の傾向は認められなかった。茎では気温が高くなるに従い減少する傾向があったが、根では気温20, 25°Cで最大となった。茎と根においては液温の上昇とともにN含有率は減少した。

葉と茎においてP含有率は気温が高くなるに従い減

少し、25°Cで最低となり30°Cでやや上昇した。根のP含有率は気温の上昇とともに高くなる場合が多かった。いずれの場合にも液温の影響は明らかではなかった。

葉のK含有率は気温25°Cで低かったが、その他の区では気温による一定の傾向は認められなかった。液温が高くなるに従い低くなる場合が多かった。茎のK含有率は気温25°Cで低く、液温20°Cで高い場合が多かった。根のK含有率は気温30°Cで高かったが、気温、液温による一定の傾向は認められなかった。

葉のCa含有率は気温25°Cで高く、気温25°C以外では液温が高くなるに従い高くなった。茎においても同様の傾向が認められたが差は小さかった。根のCa含有率は気温が高くなるに従い、また、液温が高くなるに従い増加した。

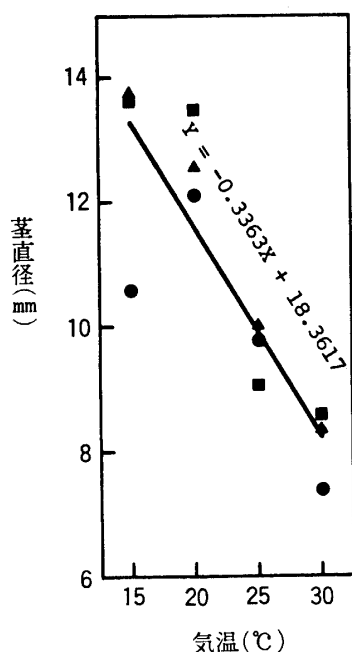
葉と茎のMg含有率はCaの場合とよく似た傾向を示した。根では気温20, 25°Cで高く、気温15, 20°Cでは液温が高くなるに従い増加したが、気温25, 30°Cでは液温20°Cで最高となった。

葉と茎においてはFe含有率は気温、液温の影響を受けずほぼ一定の値を保った。根のFe含有率は区により差異を生じたが一定の傾向を示さなかった。

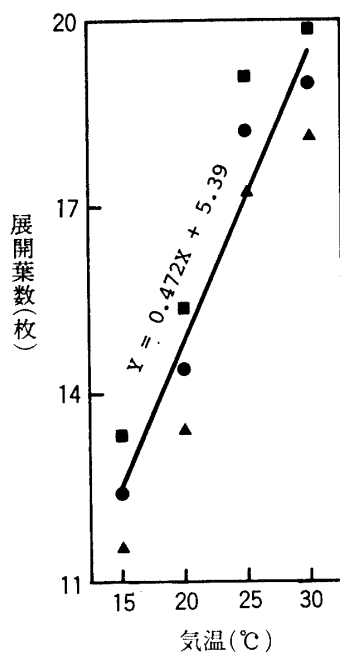
## IV 考 察

Riethmann (1933) はトマトの生育と収量は根温により大きな影響を受け、33°C付近に適温があるとしたが、Went (1944 a) はトマトの生育は主として気温に左右され、気温が低過ぎる場合のみ根温が影響をあたえること、Riethmann の場合はこれにあたえることを述べた。Calvert (1956) は気温の影響は地温の影響よりはるかに大きく、13~14°Cの地温を2.8~5.0°C高めてもトマトの生育に影響がなく、またこの処理は低気温を補うものではないことを報告した。藤井ら(1962) は一般に気温が比較的低い場合には高地温が、気温が高い場合には低地温が良苗を作るとし、堀ら(1968) は地温が 18~28°C の範囲にある場合にはトマトの生育は気温に左右されるとした。

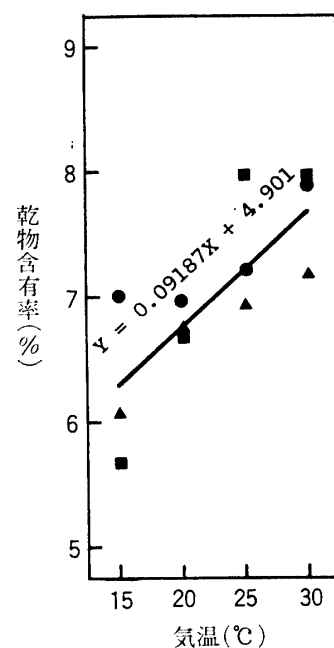
本実験の結果においても液温の影響は気温のそれに比し一般に小さく、液温により大きく測定値の異なるのは主として気温の低い場合に限られた。本実験の気温範囲内で気温の上昇とともに減少した茎基部直径と気温との相関を第6図に、気温の上昇とともに増加した展開葉数と気温との相関を第7図に、同じく植物体乾物含有率と気温との相関を第8図に示した。草丈は気温25°Cで、最大根長では気温30°Cで最大となった。地上部生体重と根生体重においては、差は大きくなかったが、液温が低い場合には気温25°Cにあったピ



第6図 茎基部直径と気温との  
相関



第7図 展開葉数と気温との  
相関



第8図 植物体乾物率と気温  
との相関

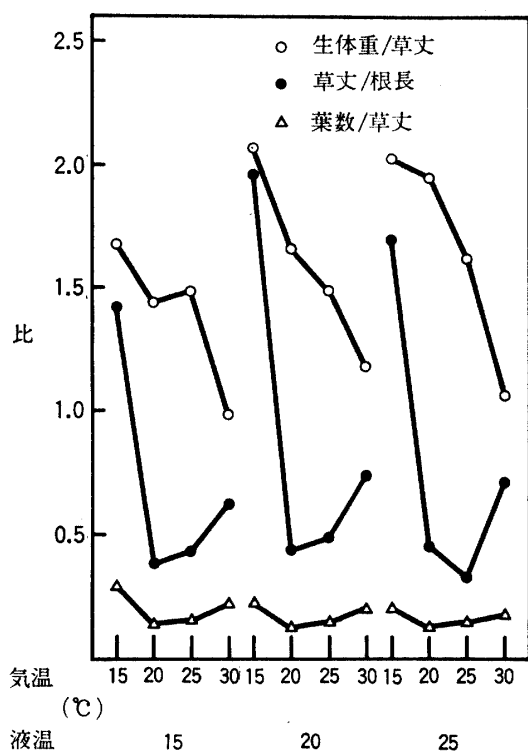
ークが液温25°Cでは気温20°Cに移動した。藤重ら(1966)は地温の適温範囲の上限は気温によって左右されることを述べている。

トマト苗の生育におよぼす気温の影響に関しては多くの研究が報告されている。8.1~13.0°Cに保った区がそれより高温に保った区よりも良かったとする福島ら(1955), 17°C前後が最適とするWent(1944 b), Lake(1967), 昼温24夜温17°Cが最良とする斉藤ら(1962), 昼温23夜温18°Cが最適とする堀ら(1968)とやや異なる結果が報告されているが, 品種, 環境条件が異なる他に, 何を基準として最適とするかによっても温度範囲に差が生じるのは本実験の結果からも考えられる。

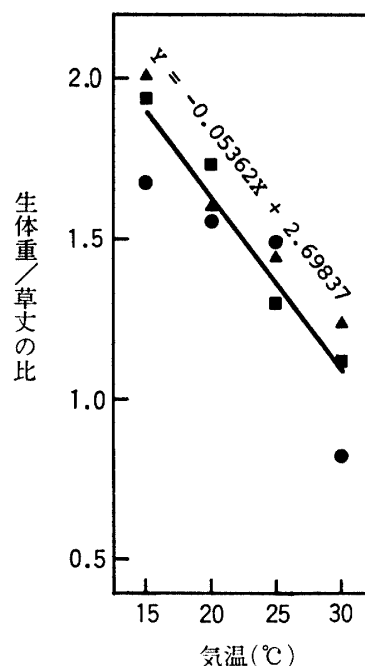
Lingle et al. (1957)は地温10.0~29.5°Cの範囲ではトマト苗の生育は高温になるほど促進されるが, 乾物含有率は低下することを報告した。Locascio et al. (1960)はトマト苗の乾燥重は地温12.8°Cでは低く, 21.1, 29.4°Cでは差のないことを報告した。Wilcox et al. (1962), Martin et al. (1963)によれば, 土耕と水耕で根温の下限は13.3°Cと14.4°Cの間に存在し, 根温が低過ぎる場合Pを多くあたえても苗は伸長しなかった。Cannell et al. (1963)は根温12.2~35.6°Cの範囲ではトマト苗の乾燥重は20.0°Cで最も大きく, 葉分析の結果ではMgを除いてCa, K, P, N, Cu, Fe, Mn, Znの含量が根温の影響を受けたことを述べている。気温20°Cで行われた藤重ら(1968)の結果は

本実験における気温20°Cの場合と同じ傾向を示している。本実験において, 一般に気温が25, 30°Cの場合には液温の影響が非常に小さかったが, 気温が15, 20°Cの場合, 特に気温15°Cの場合に液温の影響が大きかった。Schwarz(1972)は師部, 木部が交さる茎と根の境界部分の温度が, 根の温度よりもトマト苗の生育を左右することを報告している。本実験ではこの境界部分は発泡ポリスチレン板の下側にあって培養液に浸っていたため, 常に根と同じ温度条件にあった。

実験終了時の各区トマト苗の外観を, 生体重/草丈, 草丈/根長, 葉数/草丈としてあらわし第9, 10図に示した。一般に気温25, 30°Cの場合, 液温に関係なく生育が促進されたが徒長気味の外観を示したのに対し, 気温15°Cの場合には草丈に比して太さ, 重さの充実した苗が得られた。気温20°Cでは液温に左右された。吉江ら(1964)は地温20, 25, 30°Cで試験したところ, トマト苗の生育は25, 30°Cでまさったが, 乾物含有率および地上部乾燥重/草丈は20°Cの方が大きく, 定植後の生育および収量は20°C区が他区にまさったことを報告した。これらと前報(高嶋ら:1975, 並木ら:1975)の結論を本実験の結果にあてはめるならば, 高気温, 高液温の組合せによりトマト苗の生育は促進されてやや徒長気味の苗が得られ, これを定植, 栽培した場合には初期収量は高いが総収量は高くない。これに対して低気温, 低液温の組合せにより苗の生育はおくれ, 草丈に比し太さ, 重さの充実した, 乾物含有率の高い



第9図 気温—液温の組合せがトマト苗の生体重／草丈，草丈／根長，葉数／草丈の比におよぼす影響



第10図 生体重／草丈の比と気温との相関

苗が得られ，これを定植，栽培すれば収穫は早くないが高い総収量が得られる。

本実験ではトマトの播種37日後より50日間温度処理を行ったが，温度処理の時期の適否 (Calvert :1955, 1957)，生育段階による適温の変化 (Went :1945, 藤井ら :1962) などにも関連して実験を続行中である。

#### 引用文献

- Calvert, A. (1955): 14th Int'l. Hort. Cong. Rep. : 560—565.
- (1956): J. hort. Sci. **31**: 69—75.
- (1957): Ibid. **32**: 9—17.
- Cannell, G. H., F. T. Bingham, J. C. Lingle and M. J. Garber (1963): Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **27**: 560—565.
- 藤井健雄・伊東正・椎名不二男・湊 莞爾 (1962): 千葉大園学報 **10**: 59—70.
- 藤重宣昭・杉山直儀 (1966): 園芸学会昭和41年春季大会研究発表要旨: 181—182.
- ・—— (1968): 園学雑誌 **37**: 221—226.
- 福島与平・増井正夫 (1955): 静岡大農研報 **5**: 1—5.
- 堀 裕 (1966): 蔬菜・花卉のれき耕栽培, 養賢堂.
- ・新井和夫・細井毅・小山田光男 (1968): 園試報告 **A7**: 187—212.
- Lake, J. V. (1967): J. hort. Sci. **42**: 1—12.
- Lingie, J. C. and R. M. Davis (1959): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. **73**: 312—322.
- Locascio, S. J. and G. F. Warren (1960): Ibid. **75**: 601—610.
- Martin, G. C. and G. E. Wilcox (1963): Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **27**: 565—567.
- 並木隆和・福井重光・西 新也・高嶋四郎 (1975): 京府大農・農場報告 **7**: 8—12.
- Riethmann, O. (1933): Ber. schweiz. bot. Ges. **42**: 152—168, Cited after Cooper, A. J. (1973): Res. Rev. No. 4, Commonwealth Bureau of Hort. Plant. Crops.
- 齊藤隆・伊東秀夫 (1962): 園学雑誌 **31**: 303—314.
- Schwarz, M. (1972): Plant and Soil **37**: 435—439.
- 高嶋四郎・福井重光・西 新也・並木隆和 (1975): 京府大学報, 農 **27**: 25—31.
- Went, F. W. (1944 a): Amer. J. Bot. **31**: 135—150.
- (1944 b): Ibid. **31**: 597—618.

22) ——— (1945): Ibid. **32**: 469—479.

23) Wilcox, G. E., G. C. Martin and R. Langston  
(1962): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. **80**: 522—529.

24) 吉江修司・島田典司 (1964): 千葉大園学報**12**:  
69—74.

### Summary

Effects of air- and nutrient solution-temperatures on growth of tomato seedlings were studied of water-cultured "Ohgata-Fukujyu" tomatoes. Temperatures tested were; for air 15, 20, 25 and 30°C, and for nutrient solution 15, 20 and 25°C in all possible combinations.

The degree at which the early growth of water-cultured tomatoes were dependent on air-temperature was greater than that on nutrient solution-temperature.

When judged by the characters related to the plant appearance such as stem diameter, leaf num-

ber to plant height ratio and top to root ratio in fresh weight basis, combinations of air- and nutrient solution-temperatures in the vicinity of 15°C resulted in seedlings of short internodes and stout appearance suggestive of a high yield. When judged by the growth speed as expressed by plant height, plant fresh weight and leaf number, or by internal factors such as dry matter content and mineral composition, however, combinations of temperatures in the vicinity of 25°C promoted seedling growth.