

## トマト半促成栽培における生長解析\*

北 宜 裕

Nobuhiro KITA

Growth analysis of semi-forced tomato plants.

### I 緒 言

施設トマトにおいて、収穫時期および収穫量についての生産予測を行うことは、トマトの安定生産、安定供給あるいは農家経営の安定化をはかるためには非常に重要である。現在行われている生産予測は、主に、気象要因と生育との間に認められる相関関係に対して重回帰モデルを適用するという手法がとられている(3, 4, 5)。果樹類の開花予想(9)あるいは露地野菜の収穫予測(3)については、ある程度実用性のある予測が可能になっている(3, 4, 5)。一方、施設トマトのような、人為的に制御された、限られた環境条件下で栽培され、かつ収穫時期が長期にわたる作物では、重回帰モデルによる点推定では、収量の動きをとらえた生産予測はできない。連続的な生育量の変化をとらえるためには、植物の生長を生育ステージごとに区切って、各ステージごとに生育を量的に解析していく必要がある(1, 2, 6, 10)。そこで、本報では、施設トマトの生産予測法を確立するための第一段階として、半促成作型における生育量の経時的変化を中心とした生長解析および開花、結実を含めた生長と温度との関係について報告する。

本報告をとりまとめるに際し、農林水産省農業環境技術研究所岡田益己博士にご校閲をいただいた。記して感謝の意を表する。

### II 材料及び方法

#### 試験1. 生育量の経時的変化の測定

供試品種には「ホマレ114」を用い、1985年10月1日には種し、昼温25℃、夜温12℃で育苗し、第一花房が開花した12月9日に、床面積45㎡のビニルハウス内に定植した。定植後は、昼温25℃、夜温10℃で管理し、6段花房上2葉を残して摘心した。生育量の測定のために、定植後7～10日間隔で、毎回5株ずつサンプリングした。葉面積は林電工AAM-5型自動面積計を用いて測定し、各部位の乾物重は、植物体を80℃、3～4日間通風乾燥した後測定した。生長解析に関する数値解析法については、おもにHunt(6)によった。

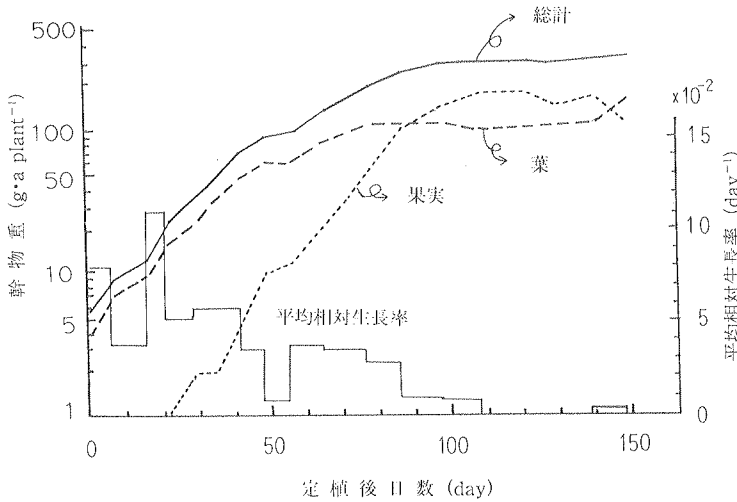
#### 試験2. トマト苗の伸長生長に及ぼす温度の影響

供試品種には、「瑞秀」を用い、1985年12月30日には種し、昼温25℃、夜温12℃で育苗した後、第一花房が開花した1986年2月18日に、1/2000 aのワグナーポットに1株ずつ定植した。定植後、直ちに夜間設定温度5, 10, 15および20℃、換気温度23℃としたガラス温室内に、それぞれ5株ずつ移し、各温度処理区における伸長生長、上位花房の開花、結実状況について測定、観察した。栽培管理は慣行に従い、4段花房の上2葉を残して摘心した。日平均気温は、サーミスタ温度計を用いて測定した0, 6, 12および18時の4点の気温から算出した。

### III 成 績

\* 本稿は昭和62年度日本農業気象学会大会で発表した。

#### 試験1. 生育量の経時的変化の測定



第 1 図 乾物重 (Dry Weight) および平均相対生長率 (RGR)<sub>a</sub> の変化 (1 株あたり)  
 $aRGR = (\text{Loge } W_{i+1} - \text{Loge } W_i) / (T_{i+1} - T_i)$  (6)

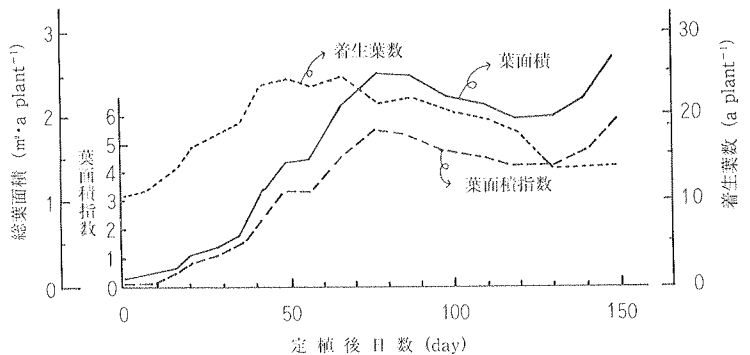
全乾物重は、6 段階摘心としたため、飽和型の増加パターンを示した。果重は、定植後 25 日頃から急激に増加し、定植後 110 日には最大に達した。全重についての平均相対生長率 (RGR) は、定植後 40 日頃まで  $2.0 \sim 3.0 \times 10^{-2} \text{ day}^{-1}$  の高い値を示したが、以後徐々に低下し、定植 110 日以後は、ほとんど生長が認められなくなった。(第 1 図)。1 株あたりの総葉面積および葉面積指数は、着生葉数にやや遅れて増加し、定植後 80 日に最大となった後、下位葉の黄化・落葉に伴って、徐々に減少あるいは低下した。しかし、5 段花房の果実が収穫に達した定植 130 日以後、着生葉数には変化がなかったにもかかわらず、総葉面積は再び増加した (第 2 図)。全乾物重に対する総葉面積比を示す葉面積比 Leaf Area Ratio (LAR) は、定植時の  $1.86 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  以降、徐々に低下した。一方、葉重に対する葉面積比を示す比葉面積 Specific Leaf Area (SLA) は、定植初期から  $2.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  前後とほぼ一定値で推移した。また、1 日あたり、単位葉面積あたりの総物質生産量を示す純同化率 Unit Leaf Rate (ULR) は、RGR とほぼ同じ変化を示した。また、植物体の着果負担を数量的に把握するため、総葉面積に対する果重比 (Fruit

Weight / Leaf Area Ratio; FLA) を調べたところ、果重と葉重がほぼ等しくなった定植後 70 日頃から急激に増加し、定植後 120 日に最大となった後再び低下した (第 3 図)。

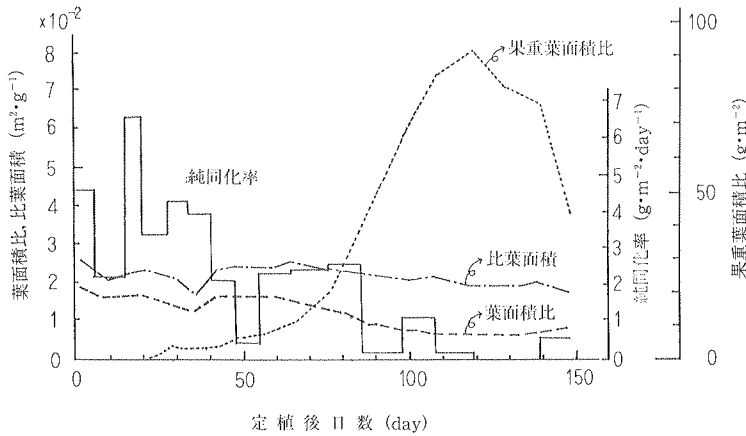
試験 2. トマト苗の伸長生長に及ぼす温度の影響

夜温条件の異なるガラス温室内で、草丈の伸長量を 7~10 日間隔で測定したところ、日平均気温 (DT) と一日当りの草丈の平均伸長率 (GR)

との間に高い相関関係 ( $GR = 0.0906 \times DT - 0.9528$ ;  $r = 0.8376$ ,  $P < 0.01$ ) が認められた (第 4 図)。この関係を用いて、伸長生長に関する基準温度、すなわち  $GR = 0$  とする DT の値 (生育ゼロ点) を算出したところ、 $10.5^\circ\text{C}$  となった。そこで、日平均気温が  $10^\circ\text{C}$  を上回った夜間設定温度 10, 15,  $20^\circ\text{C}$  の 3 処理区について、各花房段位間の開花周期とその間の積算温度との関係を調べた。その結果、処理温度にかかわらず、花房間の開花周期には、積算温度でおよそ  $200^\circ\text{C}$  を要することが明らかになった (第 1 表)。さらに各花房での開花から、果実の収穫までに要する積算温度を算出したところ、処



第 2 図 着生葉数、総葉面積 (LA) および葉面積指数の変化 (1 株あたり)



第 3 図 葉面積比 (LARa), 比葉面積 (SLAb), 純同化率 (ULRc) および果重葉面積比 (FLAd) の変化

aLAR=LA/W (6)  
 bSLA=LA/LW (6)

$$cULR = \frac{W_{i+1}-W_i}{T_{i+1}-T_i} \cdot \frac{\text{Loge}L A_{i+1}-\text{Loge}L A_i}{L A_{i+1}-L A_i}$$

dFLA=Fruit Dry Weight/LA

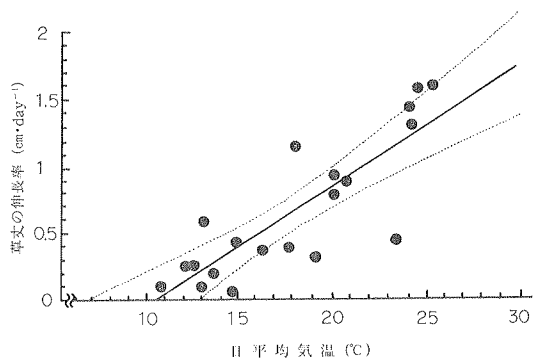
生育量の変化に最も強く影響する温度条件について検討した結果から、伸長生長と日平均気温との間に高い相関関係が成り立つことが明らかになった。このことから、一定の伸長生長に要する積算温度は一定であることが示唆された。そこで、Kane-masuら(7)および野呂ら(9)の手法を用いて、直線回帰式から生育基準温度(生育量がゼロとなる温度)を算出したところ 10.5°C となった。以上の結果から、今回用いたトマト品種 'ホマレ114' の生育基準温度は、10.5°C 付近にあることが推定された。この生育基準温度は、有効積算温度を算出するための必須条件となるばかりでなく、冬期における施設内の温度管理の目安にもなりうるものと思われる。

理温度あるいは花房段位にかかわらず1100~1200°Cとなった(第2表)。

#### IV 考 察

長岡ら(8)は、トマト幼植物を用いて行った生長解析から、生長を微分方程式の形で表わすことによって、生理的なプロセスへの環境要因の量的な評価をするともに、各パラメータが生長とどのような相互関係にあるのかを明らかにしている。これは、生産予測を目的とした生長解析では、特に生育量の変化を数量的に、かつ生育プロセスと関連させた形でとらえていかなければならないことを示唆している。今回行った半促成栽培でのトマト生長解析結果からも、生育量の経時的な量的把握の重要性が明らかになった。たとえば、物質生産の総量の動きを示す総乾物重は、果実が経時的に収穫されているにもかかわらず、飽和型の増加パターンを示すこと、葉面積は一旦最大に達したあと減少し、着果負担が軽くなると再び増加すること、比葉面積(SLA)は生育ステージにかかわらずほぼ一定値で推移すること等は生育を経時的かつ量的に把握してはじめて明らかになった重要な知見であり、現象としても興味深い。

本報では、温度条件を生育の主要因として位置付け、環境温度と生育、開花あるいは果実の登熟との関係について解析を行った。その結果、いずれも一定の積算温度に依存した反応としてとらえられることが明らかになっ



第 4 図 日平均気温(DT)と草丈の平均伸長率(GR)との相関関係\*

$$*GR = 0.09062 \times DT - 0.9528 \quad (r = 0.8376, P < 0.01)$$

点線の範囲内は、95%信頼区間を示す。

第1表 各温度処理区における花房段位間の  
開花周期に要する積算温度(°C)

温度処理区 (夜間設定温度)	花 房 段 位			平均
	1~2	2~3	3~4	
20°C	274.5	200.7	201.3	225.5
15°C	187.7	220.1	144.6	184.1
10°C	255.1	219.6	213.2	229.3
平均	239.1	213.4	186.4	213.0

た。このことから、積算温度を用いて、伸長生長量、各花房の開花時期あるいは果実の収穫時期などの予測ができることが示唆された。従来行われてきた落葉果樹類の開花予測<sup>(9)</sup>あるいは露地野菜の生産予測<sup>(3)</sup>などでは、ほとんどの場合、気象要因を説明変数とした重回帰モデルを適用することによってその収穫時期と最終的な生産量を推定する手法が用いられてきた<sup>(3, 4, 5, 6, 9)</sup>。これは、対象となった作物の収穫期が一時期に集中することから、予測そのものが点推定で十分であったためと考えられる。一方、トマトのように、栄養生長と生殖生長が同時に進行するような作物では、収穫が複数回、長期にわたるため、重回帰モデルによる点推定では、収量の動きをとらえた生産予測をすることは難しい<sup>(1, 2, 10)</sup>。このような理由から、本報では、半促成トマトの生育を、経時的な物質生産の変量としてとらえ、かつ環境温度と生育との関係についての生長解析を試みただけである。しかしながら、今回の生長解析結果は、温度条件を主要因とした、半促成栽培における単一品種についての知見である。そのため、作期の異なる栽培や、他品種への適用に当たっては、生育と日射条件あるいは土壌肥料・水分条件などとの関係について明らかにするとともに、有効積算温度の補正も行っていく必要がある。このような問題点が解決できれば、毎年ほぼ安定した気象条件が得られる本県の冬春作では、ある程度実用性のある生産予測が可能になるものと思われる。

## V 摘 要

1. 施設トマトの収穫時期および収穫量についての生産予測法を確立するための第一段階として、半促成型における生長解析を行った。

2. 全乾物重は、飽和型の増加パターンを示した。平均相対生長率(RGR)は、定植後40日頃まで高い値を示したが、その後急激に低下した。

3. 総葉面積および葉面積指数は、定植後80日に最大となったのち減少あるいは低下したが、定植130日以後再び増加した。

4. 葉面積比は、定植初期にやや高く、以降徐々に低下したが、比葉面積は、定植初期から収穫終了まではほぼ一定の値で推移した。

5. 1日あたり、単位葉面積あたりの総物質生産量を示す純同化率は、RGRとほぼ同じ変化を示した。

6. 果重葉面積比は、定植後70日頃から急激に増加し、定植後120日に最大となった後再び低下した。

7. トマト苗の伸長生長に及ぼす温度の影響について調べたところ、日平均気温と1日当りの草丈の平均伸長率との間に高い相関関係が認められ、この回帰式から、伸長生長に関する基準温度(生育ゼロ点)を算出したところ10.5°Cとなった。

8. 花房段位間の開花周期および開花から果実の収穫までに要する積算温度は、それぞれ200°Cおよび1100~1200°Cとなった。

9. 以上の結果から、半促成トマトの生産予測を行うためには、生育途上における葉面積、葉重および環境温度の測定が欠かせないこと、および積算温度を利用することによって各花房の開花期および収穫期予測の可能性が示唆された。

## VI 引用文献

1. AUSTON, M. E. and S. K. RIES 1965. Predicting the harvest date for harvesting tomatoes mech-

第2表 各温度処理区における花房段位別にみた開花から  
果実の収穫までの積算温度(°C)

温度処理区 (夜間設定温度)	1果重* (g)	花 房 段 位				平均
		1	2	3	4	
20°C	208.9	1141.2	1131.8	1142.3	1151.1	1123.2
15°C	253.3	1157.6	1200.6	1058.8	1101.4	1142.3
10°C	261.6	1181.6	1210.5	1145.4	1063.1	1146.3
平均	241.3	1154.4	1183.5	1106.3	1105.0	1137.3

\*1~4段花房の果実の平均値

- anically. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 86 : 587-596.
2. ERICKSON, R. O. 1976. Modeling of plant growth. Ann. Rev. Plant Physiol. 27 : 407-434.
  3. 平石雅之・大林延夫・横溝 剛. 1979. 三浦ダイコンの生産予測に関する研究. 第1報. 根部の発育に対する気温と日射量の影響. 神奈川県試研報. 26 : 43-51.
  4. 星野和生. 1976. 野菜栽培研究における生長解析法の利用(1). 農及園. 51 : 1210-1214.
  5. 星野和生. 1976. 野菜栽培研究における生長解析法の利用(2). 農及園. 51 : 1341-1344.
  6. HUNT, R. 1982. Plant Growth Curves. The functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold Limited. p.248. London.
  7. KANEMASU, E. T., D. L. BARK and E. CHIN CHOY. 1975. Effect of soil temperature on sorghum emergence. Plant and Sol. 43 : 411-417.
  8. 長岡正昭・小林和彦・高橋和彦. 1985. 光・温度・CO<sub>2</sub>濃度がトマト幼植物に及ぼす影響の量的解析. 野菜試験場報告A. 13 : 55-70.
  9. 野呂昭司・小原信実・工藤仁郎・一戸治孝. 1986. 発芽後の有効積算温度によるリンゴの開花日の予測. 園学雑. 54 : 405-415.
  10. WOLF, S., J. RUDICH, A. MALANI and Y. REKAH. 1986. Predicting harvest date of processing tomatoes by a simulation model. J. Amer. Soc. Hort. Scie. 111 : 11-16.

### Summary

Growth analysis of semi-forced tomato plants was carried out to establish prediction models for harvest. Tomato plants sown on October 1st, 1985 were grown in a greenhouse and then transplanted at the time of anthesis of the first flower in the first inflorescence. Temperature was maintained 25/10°C (day/night). Plants were pinched 50-days after transplanting at the sixth inflorescence. Dry weights of plants and fruits as well as leaf area were measured at every 7-10 days until the final harvest.

Total dry weight increased rapidly after planting resulting in saturation at about 100-days after, although matured fruits at each inflorescence were harvested from 80-days after transplanting. Leaf area and leaf area index increased from 35 days after transplanting and reached to the maximum 70 days after. Leaf area ratio (LAR) was rather high at the early stage, whereas specific leaf area (SLA) was almost constant throughout the growing period. Fruit weight/leaf area ratio increased conspicuously from 80 days after transplanting, reached the

maximum at 120 days after when the fruits at the third nodes were started to be harvested.

Elongation of the plant height was investigated in relation to the daily mean temperature using tomato seedlings sown on Dec. 30th, 1985. High correlation was observed between daily elongation rate of plant and daily mean temperature. From the regression formula obtained, base temperature for the elongation of tomatoes was calculated to be 10.5°C. No significant difference was observed among the treatments in cumulative temperature required not only for the flowering intervals (200°C) but also for the maturation intervals of the fruits (1100-1200°C) between consecutive inflorescences. These results pointed out that measurements of leaf area and weight and daily mean temperature was essential to estimate the total leaf area and/or dry weight during growing period. Cumulative temperature calculated from daily mean temperature was suggested to be an important factor to establish prediction models for harvest.