

## トマトの3段どり養液栽培における周年栽培体系モデル

竹川昌宏\*・土屋 和\*\*

### 要 約

NFT栽培方式によりトマトの3段密植栽培を行い、周年栽培するモデル体系を作成した。温度、日長並びにCO<sub>2</sub>濃度を自動制御できる閉鎖型育苗装置と2次育苗装置を用いた。

- 1 品種‘桃太郎ヨーク’を用いてほぼ年間4作の栽培が可能であった。
- 2 年間推定収量は約30t/10aとなった。
- 3 施設を3ブロックに分け、ブロックごとに約1カ月ずつずらして栽培する方式で、3年で11作の周年栽培体系モデルを作成した。
- 4 栽培体系モデルにおいて1ブロック分の育苗施設で3ブロック分の育苗が可能であった。

### Year-round Production Model of Tomato in Water Culture Pinched above Third Fruit Truss

Masahiro TAKEGAWA and Kazuo TSUCHIYA

### Summary

The year-round production model of tomato in water culture (NFT) was investigated. Tomatoes were pinched above third fruit trusses. A closed nursery system in which temperature, day length and CO<sub>2</sub> density were automatically regulated, a secondary NFT nursery system, and an NFT culture system were used for this study.

Tomato plants (cv. Momotaro-York) could be planted nearly 4 times per year.

Estimated yield was about 30t/10a/year.

Culturing area was divided into 3 zones: cultivation in one zone was carried out about once in three months, and year-round production was accomplished. A model of 11 time-cultures in 3 years in each zone was created.

In this cultivation system model, a nursery system for only 1 zone was available out of all 3 zones.

キーワード：トマト，3段密植，養液栽培，NFT，周年栽培

### 緒 言

トマトの3段密植栽培は、販売に有利な時期に多くの収量を得る栽培方法で、森ら<sup>6)</sup>は土耕栽培で環境要因とトマトの生育の関係について研究し、3段密植栽培法を確立した。この密植栽培法は土耕栽培ということもあり、年1～2作されたただけであった。そこで、改植の容易な養液栽培によって周年栽培を行うことにより、年間

あたりの収量を増加させる栽培が可能ではないかと考えた。

トマトを低段で摘心して栽培する方法は、1～4段で摘心する栽培が試みられているが、低段で摘心する栽培ほど苗の改植の回数が増加し、労力がかかる。その中で、2～3段どりは静岡の高糖度栽培での実用周年栽培が行われ<sup>9)</sup>、4段どりは栃木の上下立体栽培での高度なシステム化栽培が行われている<sup>8)</sup>。このことから3段どり栽培の周年栽培は可能と考えられる。

3段密植栽培を行うためには、大量の苗を安価に供給

2009年8月31日受理

\*兵庫県立農林水産技術総合センター農産園芸部

\*\*元大洋興業(株)

する必要があるが、近年、温度、日長並びにCO<sub>2</sub>濃度を自動制御できる閉鎖型育苗装置が開発された。閉鎖型育苗システムについては大山ら<sup>10)</sup>が報告しているが、大量の苗を小スペースで育苗できるため、密植栽培には有利な育苗方法である。そこで、今回の試験にはこの閉鎖型育苗システムを使用することとした。

また、トマトの低段密植栽培により、作付け回数を増やすためには、開花直前の苗を植えるのが都合がよい。しかし、閉鎖型育苗装置だけでは庫内のスペースが限られ、大苗育成が困難なため、本研究では鈴木ら<sup>11)</sup>が開発した2次育苗方式も取り入れた。

定植後の栽培方式としては、改植の手間が少なく、資材も手軽なNFT栽培方式<sup>12)</sup>をとることとし、3段密植栽培での周年栽培の栽培体系モデルを作成することをねらいとして、本研究を行った。

なお、本研究は平成17～20年度農林水産省産学官連携による、食料産業等活性化のための新技術開発事業の委託を受けて実施した成果である。

#### 材料および方法

兵庫県立農林水産技術総合センター内の300m<sup>2</sup>ガラス温室において、2006年5月2日から2008年7月29日までの間に18回、トマト‘桃太郎ヨーク’を用い、3段どり養液栽培を行った。

1次育苗は、72穴セルトレイに播種し、灌水後閉鎖型育苗装置(苗テラス)で19～31日育苗を行った。閉鎖型

育苗装置の温度設定は、2006年は18～25 の間で明暗期や作ごとに一定させていなかったが、2007、2008年は明期、暗期とも20 一定で育苗した。35W型白色蛍光灯6本の光源で、セルトレイ4枚を育苗した。光量子



図1 2次育苗(上)と3段どり栽培(下)

表1 播種日の違いが3段どり栽培の生育期間に及ぼす影響

年次	播種日	2次育苗開始日	定植日	開花日	収穫開始日	収穫終了日	本圃での平均気温( )
2006	5月2日	6月2日	6月14日	6月14日	7月22日	8月29日	27.7
	6月5日	6月23日	7月10日	7月11日	8月15日	9月19日	27.8
	8月1日	8月22日	9月4日	9月8日	10月17日	12月15日	18.9
	9月7日	9月28日	10月18日	10月20日	12月25日	2月28日	16.9
	10月5日	10月25日	11月15日	11月26日	1月31日	3月11日	17.5
	11月1日	11月29日	12月21日	12月26日	3月2日	4月6日	17.4
	12月5日	12月28日	1月19日	1月24日	3月16日	5月2日	17.7
2007	4月25日	5月18日	6月7日	6月7日	7月17日	8月20日	25.8
	5月25日	6月19日	7月5日	7月5日	8月11日	9月15日	26.4
	6月25日	7月20日	8月7日	8月5日	9月9日	10月15日	26.8
	8月24日	9月18日	10月1日	10月3日	11月26日	1月21日	17.1
	9月25日	10月22日	11月5日	11月12日	1月25日	3月20日	17.3
2008	1月25日	2月19日	3月12日	3月13日	5月1日	6月9日	19.8
	3月25日	4月18日	5月2日	5月6日	6月22日	7月17日	23.2
	4月21日	5月14日	5月27日	6月1日	7月15日	8月4日	25.6
	5月20日	6月13日	6月25日	7月3日	8月4日	9月1日	27.6
	6月25日	7月24日	8月5日	8月7日	9月10日	10月23日	23.7
	7月29日	8月20日	9月2日	9月3日	10月20日	12月8日	18.7

注) 品種: 桃太郎ヨーク, NFT栽培, 開花日: 第1花の平均開花日, 収穫終了日: 95%以上の果実を収穫した日

表2 播種日の違いが収量および品質に及ぼす影響

年次	播種日	収量 (t/10a)	1果重 (g)	収穫個数 (/株)	糖度 (Brix%)	秀品果・異常果の個数割合(%)				
						秀品果	小果	裂果	空洞果	その他
2006	5月2日	6.6	122	7.6	4.6	92	- (注)	5	1	2
	6月5日	2.1	50	5.8	6.9	98	-	2	0	0
	8月1日	6.8	103	9.3	5.2	87	-	12	1	0
	9月7日	8.7	104	11.7	4.8	85	-	0	15	1
	10月5日	6.9	90	10.6	5.4	38	-	0	60	1
	11月1日	6.5	97	9.3	4.6	56	-	0	44	0
	12月5日	6.5	97	9.3	4.5	56	-	0	44	0
2007	4月25日	7.1	110	10.3	4.7	79	15	5	1	1
	5月25日	6.0	106	9.1	4.4	61	14	25	0	0
	6月25日	7.7	125	9.3	-	96	2	0	3	0
	8月24日	8.7	114	12.2	5.2	51	11	0	38	0
	9月25日	9.3	97	15.3	5.7	40	7	0	53	0
2008	1月25日	11.0	127	13.9	5.2	85	10	3	1	1
	3月25日	10.6	154	11.1	4.8	88	2	6	2	2
	4月21日	6.7	99	10.7	4.6	66	19	12	2	1
	5月20日	7.4	107	11.0	4.4	41	13	39	6	1
	6月25日	6.2	117	8.5	4.5	41	8	49	2	0
	7月29日	10.4	155	10.7	4.8	71	2	8	16	3

注) 品種：桃太郎ヨーク，糖度は第1～3花房の果実の平均．2006年播種の栽培では小果は秀品果に含めた．

束密度は250  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ である．CO<sub>2</sub>濃度を1000ppm設定とし，明期16時間，暗期8時間，培養液は大塚A処方，ECを2.4dS/mとした．培養液を1日1回底面給水で15分間給水した．閉鎖型育苗装置では，苗の草丈が約20cm，本葉4～6枚になると照明の蛍光灯に触れるようになるため，1次育苗を終了した．

2次育苗は，30m<sup>2</sup>ガラス温室に設けたNFT方式の2次育苗装置を用いて，開花直前あるいは茎が伸びて苗が倒伏する直前まで育苗した．2次育苗装置は，幅1.2m，長さ3mのベンチ上に培養液が流れるようにし，底面から2cmの高さに厚さ3cmの発泡スチロールのふたを置いた．育苗容器は，直径4cmの塩ビパイプを7cmの長さで切断し，底は防根透水シート(T社製)で根が出ないようにし，NFTベッドの上に置いた．発泡スチロールのふたに開けた穴に差し込み，苗を固定した(図1上)．苗と苗の間隔は15cm×10cmとした．培養液は大塚A処方とし，EC2.4dS/mの培養液を100リットルタンクに入れて常時循環させながら，タンク内の培養液が減少した時には，自動的にEC2.4dS/mの培養液を追加した．

定植ほ場は300m<sup>2</sup>ガラス温室内で，内部の幅22cm，深さ15cm，長さ6mのベッドで行った(図1下)．ベッドは水口と排水口間の勾配を1/100とした．2006年はベッド配置間隔を1.4m，2007，2008年は1.6m間隔に配置し，培養液をベッド内に流して循環させるNFT方式で栽培

した．株間10cmで定植し，2条に振り分けて誘引した．大塚A処方の培養液組成を用い，日射1MJ/m<sup>2</sup>当たり硝酸態窒素量で0.2～0.4me施用する日射比例方式で給液した．給液は6時～18時は15分給液-45分停止の間断給液，18時～6時は4時間に1回15分給液を基準とした管理を行ったが，高温時期には，日中の給液の停止時間を15分にするなど，しおれがでないように調節した．培養液タンクは，2ベッド分で約100リットルの培養液を使用し，栽培に伴う減少分は，自動的に一定水位になるよう水道水を補給した．

栽培は各播種時において3～4ベッド単位で行い，栽培株数は180～240株とした．このうち15株を調査対象として，開花日，収穫開始日，収穫終了日(95%の果実数の収穫が終わった時とした)を記録し，収穫個数を秀品果と異常果に分けて調査し，果実全重量を測定した．また各栽培時期に，花房段位ごとに3個以上の果実を選び，果汁を搾り，手持屈折糖度計(ATAGO)にて糖度を測定した．栽培期間中のガラス温室内の平均気温を記録した．

12月～4月の低温期はガラス温室内の最低気温が11以上となるように保温と暖房を行った．

## 結 果

2006年から2008年まで18作分の播種日と定植，開花，収穫開始，収穫終了(95%収穫)の日，栽培期間中の平

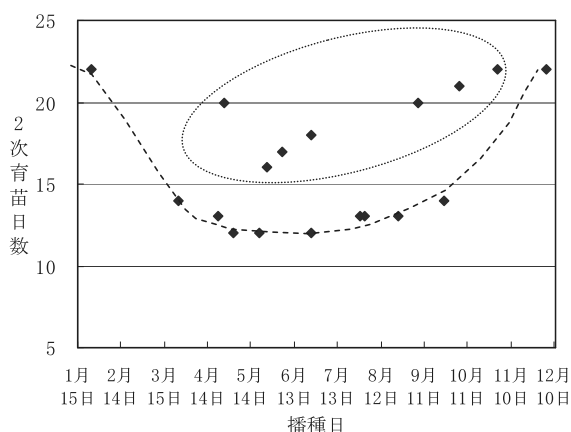


図2 播種日の違いが2次育苗日数に及ぼす影響

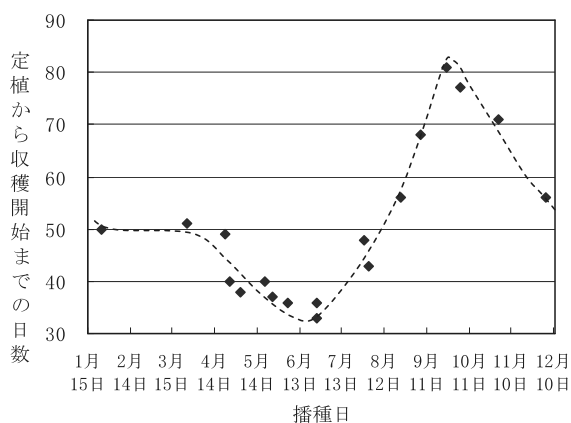


図3 播種日の違いが定植から収穫開始までの日数に及ぼす影響

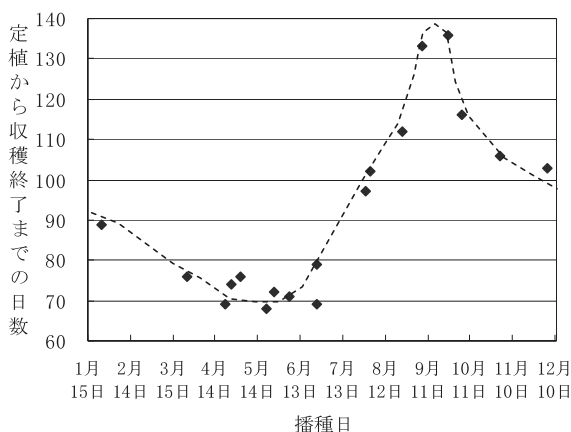


図4 播種日の違いが定植から収穫終了までの日数に及ぼす影響

均気温を表1に示した。播種から2次育苗開始までは、25日を目標としたが、2006年の栽培では、20日前後や31日育苗とばらつきがあった。2007年以降の栽培では、ほぼ25日前後であった。2次育苗日数は12~22日、在ほ期間は68~136日であった。在ほ期間は4~6月播種で60~70日と短く、9月播種で130日を超えて最も長かった。

栽培期間中のガラス温室内の平均気温は17~28であった。

2006年から2008年に播種したトマト「桃太郎ヨーク」の収量及び糖度、異常果割合を表2に示した。2006年6月播種は、トマト根腐れ病の発病で生育が劣った。収量は、2006年の6月播種の2.1t/10aを除くと、2007年5月播種が6.0t/10aと最も少なく、2008年1月播種で11.0t/10aと最も多かった。平均果重は110±24gであった。株当たり収穫個数は12個を目標としたが、着果が不良となった場合に減少し、2006年には10個以下の場合が多かった。2006年に比べ2007年以降は増加したが、2007年5月、6月播種栽培で9.1~9.3個、2008年6月播種で8.5個と少なかった。

果実糖度は5.0±0.6%で、4%台の果実が多かった。

異常果の発生は、裂果が5月、6月播種栽培で多かった。空洞果は、2006年の10~12月、2007年の8、9月播種で多発したが、2008年には少なかった。

年間の収量を求めるために、すべての作の合計収量を栽培日数の合計で割り、365日を掛けると30t/10aとなった。

18作の栽培結果より、播種した月別の栽培期間等を推定するために、表1のデータから2次育苗日数、定植から収穫開始までの日数、定植から収穫終了までの日数を日付を横軸にして、散布図にプロットした(図2~4)。図2の2次育苗日数は、同じ月でも日数にばらつきがあったが、育苗日数の長かった図中円内の点を除き、グラフ上の育苗日数の少ない点をなめらかな破線をつないだ。定植から収穫開始、定植から収穫終了までの日数は、ほぼ平均的なところで図中に破線を書き入れた(図3、4)。

年間の作付け計画をたてるため、図2~4の破線から各月の値をとって、2次育苗日数、定植から収穫開始までの日数、定植から収穫終了までの日数とした(表3)。

## 考 察

本研究において、育苗には閉鎖型育苗装置と2次育苗装置を用いて体系を組み立てた。閉鎖型育苗装置を用いた1次育苗では、設定温度により苗の生育速度が変化するが、2006年では温度を一定にしていなかったため、育苗日数にばらつきが生じた。2007年以降は、ほぼ明期、暗期とも20に設定し、育苗日数は約25日となった。

2次育苗の要否についてみると、閉鎖型育苗期間は25日であるのに対し、2次育苗期間は12~23日と、閉鎖型育苗装置での育苗に比べて短く、2次育苗の労力とそれに伴う育苗場所の確保、在ほ期間の短縮効果とを比較す

表3 播種月ごとの推定栽培日数

播種月	2次育苗日数 (日)	定植から収穫開 始まで日数(日)	定植から収穫終 了まで日数(日)
1月	23	50	90
2月	18	50	85
3月	14	48	77
4月	13	45	70
5月	12	38	68
6月	12	33	70
7月	12	40	90
8月	13	50	115
9月	14	75	135
10月	15	75	120
11月	18	65	112
12月	22	53	96

表4 定植圃場を3ブロックに分けた場合の周年栽培計画

ブロック	播種	2次育苗	定植	収穫開始	収穫終了
1	1月16日	2月10日	3月4日	4月23日	6月2日
	4月28日	5月23日	6月5日	7月20日	8月14日
	7月20日	8月14日	8月26日	10月5日	11月24日
	10月18日	11月12日	11月27日	2月10日	3月27日
2	2月27日	3月23日	4月10日	5月30日	7月4日
	5月30日	6月24日	7月6日	8月13日	9月12日
	8月14日	9月8日	9月21日	11月10日	1月14日
	12月1日	12月26日	1月17日	3月23日	4月23日
3	3月25日	4月19日	5月3日	6月20日	7月19日
	6月25日	7月20日	8月1日	9月3日	10月10日
	9月8日	10月3日	10月17日	12月31日	3月1日
	1月16日	2月10日	3月4日	4月23日	6月2日

れば、労力的な損失が大きいといえる。しかし、閉鎖型育苗装置での育苗後、定植するまでの時間調節の役割もあり、2次育苗のスペースは確保しておくのが無難である。

2次育苗はハウス内で行っており、4～10月は茎の伸びが速いため、開花直前のステージになる前に苗が倒伏することが多く、茎の伸びの違いにより育苗日数にばらつきが生じた。試作したモデルでは、高温期は倒伏が生じるまでの12～13日が2次育苗日数となったが、気象条件により、1週間程度は2次育苗期間を延長することも可能である。

NFT栽培での培養液の給液方法については、宇田川ら<sup>12)</sup>は、高温期1時間当たり15分、低温期2時間当たり15分の間断給液をすることにより、ベッド内の位置による生育差がなく、根の呼吸活性が高く、増収することを報告している。このことから、間断給液を取り入れることとしたが、3段どり栽培では根の量が多くないこと

から、低温期においても15分給液、45分停止を標準として栽培した。

山下ら<sup>14)</sup>はロックウール栽培において、栽植密度は2段どり栽培では8,890株/10a、3段どり栽培では6,670株/10aが最適としている。本試験では、2006年はベッド配置間隔を1.4m株間10cmで栽植密度7,140株/10aとしたが、果重が軽く空洞果の発生が多いことや、ベッドの間隔が狭くて作業性に困難を認め、2007年、2008年にはベッドの配置間隔を1.6mとし、栽植密度を6,250株とした。これでも特に収量の低下は認められず、1果重の増加、空洞果の減少がみられたので、この6,250株/10aは、ほぼ適切な数字であると考えられる。

トマトを周年栽培する際に問題となるのが、夏場の収量と品質の低下である。岩堀ら<sup>4)</sup>は開花前後に35以上の高温に遭遇すると、着果率の減少や小粒果が増加すると述べている。和田ら<sup>13)</sup>は高温期の裂果の発生について報告しており、遮光処理は裂果の発生を抑えるが、収量が低下するとしている。また山下ら<sup>15)</sup>は、果梗部の捻枝は裂果防止効果が高いと述べている。本試験において5、6月播種栽培では収量が低く、裂果の発生が多かった。これらの対策を検討する必要があるが、今後の課題として残した。

トマトの収量について、半促成栽培と抑制栽培を組み合わせた年2作型では10a当たり約20tである<sup>2)</sup>。また低段密植栽培での収量は、大玉トマト生産では25t～30tと考えられる<sup>1,14)</sup>。本試験では、品種‘桃太郎ヨーク’を用いて年間収量約30t/10aであった。これは年2作型の収量の約1.5倍で、低段密植栽培の中でも大きな値である。さらに収量性が優れる品種も存在すること<sup>3)</sup>や、夏場の施設内気温の低下が可能であれば、収量がさらに増加する可能性がある。

また当実験でのトマトの味について、糖度は平均5.0であった。トマトの味について、永井ら<sup>7)</sup>はおいしいトマトの基準として糖度は冬春トマトで6以上、滴定酸0.5%、夏秋トマトでは糖度6～8、滴定酸0.6～0.8%と述べており、品質を重視する栽培では、糖度が6以上となるような栽培条件を検討する必要がある。

周年栽培での栽培日数について、試験栽培の結果から各月の栽培期間を推定した。実際には栽培時の気温により生育スピードは左右される。1段どり栽培において、小林ら<sup>5)</sup>は、日射量で補正した積算温度から栽培日数を求めているが、3段どり栽培では茎葉の生育と果実の成熟などが複雑に絡み合い、計算式においてモデル化するまでには至っていない。当実験においては、実際栽培のグラフから各月の栽培日数を求める方が、現実に即した

数字が求められるのではないかと考え、グラフを用いて推定した。

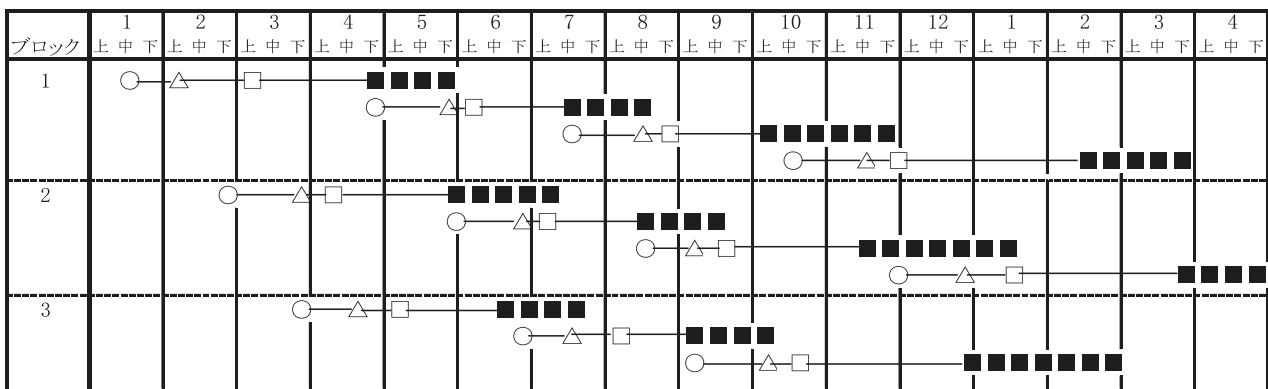
表3より定植後の栽培ほ場での、各播種時期の栽培日数の平均をとると94日であった。このことから同一ベッドでの年間の栽培回数は約3.9回可能と考えられる。栽培ほ場の全てのベッドで同じ作付けを行うと、定植から収穫開始時期までは収穫皆無期間となり、安定した周年栽培体系にならないため、栽培ほ場をいくつかのブロックに分け、少しずつ時期をずらして栽培する必要がある。そこで収穫期間の重なりをみて、ほ場を3ブロックに分ける方式を考えた。そしてその3ブロック間の栽培のずれが、年間を通して同じ推移をすることが望まれることから、年間作付け回数は3.6回とやや減少するものの、3年11作体系を組み立てた(表4)。この表は定植ほ場を3つのブロックに分けて、各ブロックで約1カ月ずつずらしながら栽培することを前提に作成した。ブロック1の2年目の栽培は、ブロック2の作型、3年目はブロック3の作型になる。このように作型がずれていき、11作でまた元の播種日に戻ることになる。この作型を図示したのが図5である。収穫期間をみると時期により重なりに多少はあるものの、年間を通した収穫が行える。また、この栽培体系では、播種から2次育苗までの閉鎖型育苗期間と2次育苗期間が、3つの各ブロックの栽培で重ならないように配分したため、育苗設備として1ブロック分の装置と面積があれば、3ブロック分全ての育苗がまかなえる。

閉鎖型育苗装置は、1つの棚で育苗箱4枚が育苗でき、24棚装備されたものが標準的な1つのユニットとされている<sup>10)</sup>。72穴セルトレイを使用すれば、閉鎖型育苗装置1ユニット(17m<sup>2</sup>)で約6,900株が育苗でき、これは10a分の苗となる。したがって、1ユニットで30aの施設での運用が可能となる。この周年栽培計画も30aの施設を

基準と考えることができる。またこの時、2次育苗面積も10a分の育苗面積で30aをまかなうことができ、約100m<sup>2</sup>が必要である。

引用文献

久富時男・藤本幸平(1978): トマトの1段密植栽培に関する研究(第1報)は種期別の生育、収量について: 園学雑46, 487-494  
 兵庫県農林水産部(2001): 平成13年度地域農業経営指導ハンドブック(第7輯): 兵庫県166-180  
 磯崎真英・榊田泰宏・村上圭一・藪田信次(2008): トマト低段密植に適した品種の検討: 園学研7別2, 241  
 岩堀修一・崎山亮三・高橋和彦(1963): トマトの高温障害に関する研究(第1報)苗齢と障害の程度: 園学雑32, 49-56  
 小林尚司・島地英夫・池田英男(1998): 養液栽培によるトマトの一段どり栽培に関する研究(第2報)環境要因とトマトの生育: 農業施設28, 203-208  
 森俊人・柴田進・浜田国彦(1970): ハウスの最適環境に関する研究 第1報 地温, 気温, 棟の方向, 窒素形態および品種の組み合わせが, トマトの生育・収量に及ぼす影響: 兵庫農試研報18, 115-120  
 永井耕介・中川勝也(1995): 完熟トマトの味と美味しさの基準づくり: 近畿中国農業研究90, 30-33  
 新堀健二(2006): 高軒高ハウスの立体空間を利用したトマトの高生産システム: 野菜茶業研究集報3, 103-108  
 大石直記・岡谷美紀・小山保徳(1996): 高糖度トマト低段密植生産のための養液栽培装置の開発: 静岡農試研報41, 1-11



○:播種, △:2次育苗開始, □:定植, ■:収穫期間

図5 周年作型図

大山克己・古在豊樹(2007):閉鎖型育苗システムの概要:農業電化60,11-14

鈴木克己・安場健一郎・中野有加・高市益行・土屋和(2008):根域制限NFTシステムでの2次育苗による定植作業の容易なトマト開花苗生産技術:平成20年度野菜茶業研究成果情報(Web版)

宇田川雄二・荻原佐太郎(1984):Nutrient Film Techniqueの日本における実用化に関する研究 第1報 NFTにおけるトマト栽培の給液法:千葉農試研報25,113-126

和田光生・池田英男・松下健司・神原晃・平井宏明・

阿部一博(2006):夏季の遮光が一段栽培したトマト果実の収量と品質に及ぼす影響:園学雑 75,51-58

山下文秋・青柳光昭・林悟朗(1992):ロックウールトマトの低段密植栽培による周年生産(第1報)は種期,摘心位置及び栽植密度がトマトの生産特性に及ぼす影響:愛知農総試研報24,115-122

山下文秋・林悟朗(1994):水耕トマトの低段密植栽培による周年生産(第2報)高温期における裂果防止対策:愛知農総試研報26,157-162