

促成トマトのロックウール栽培における給液管理

石原良行・渡辺恵美子・大島一則・駒場謙一²⁾・木村栄¹⁾

摘要：8月上旬播。

種の促成トマトのロックウール栽培において、給液管理法を確立するために、生育ステージ別の給液量、給液濃度が生育、収量及び品質に及ぼす影響を検討した。給液量は、排液率(排液量/給液量×100)が10%より低い値では生育が抑制され低収となり、40%前後の場合にも生育や収量が劣った。このため、生育ステージによっても異なるが、排液率は10~20%が適当と考えられる。給液濃度は高い(電気伝導度(EC)1.1~1.8dS/m)方が生育はやや旺盛となり促進されたが、収量は低い(EC0.8~1.5dS/m)方が多かった。これらの結果から、給液量と給液濃度に関する給液管理モデルを作成した。定植から収穫始期(第6花房開花期)では、生育に応じ株当り0.2Lから0.7Lへ給液量を増やし、給液濃度はECを指標として0.9~1.1dS/mから1.5dS/mへ高める。収穫始期から第15花房開花期では、給液量は0.8~1.1L、給液濃度は1.5dS/m、排液率は10~15%程度、第15花房開花期以降では、給液量は1.2~1.5L、給液濃度は1.3dS/mから1.0dS/mへ低下させ、排液率は15~20%とする。このような管理により安定した草勢と多収が期待できる。

キーワード：促成トマト、ロックウール栽培、給液管理

Management of the nutrient solution in hydroponics using rockwool on forced culture of tomatoes.

Yoshiyuki ISHIHARA, Emiko WATANABE, Kazunori OSHIMA, Ken-iti KOMABA, Sakae KIMURA

Summary : To establish a protocol for managing the nutrient solution of hydroponics using rockwool on forced culture of tomatoes planted in early August, we studied the effect of the volume of the influx solution and the concentration of the nutrient solution applied to different growth stages of the tomato plant, on the growth, yield and quality of the tomatoes. The results showed that the vegetative growth of tomatoes was suppressed and the yield was low in the case where the percentage of the drainage solution (volume of drainage solution / volume of nutrient solution x 100) was less than 10%. When the percentage of the drainage solution was approximately 40%, vegetative growth was suppressed and the yield was low. Although there were some differences when it was applied at different growth stages of the tomato plant, it is considered that the appropriate percentage of the drainage solution that results in good vegetative growth and high yield of tomatoes ranges between 10% and 20%. As to the concentration of the nutrient solution, a high concentration of nutrient solution (electric conductivity (EC) = 1.1_1.8 dS/m) accelerated the vegetative growth of tomatoes; however, a low concentration of nutrient solution (EC = 0.8_1.5 dS/m) gave a higher yield of tomatoes. From these results, we established a model for the management of nutrient solution in hydroponics using rockwool on the forced culture of tomatoes, with the variables being the volume of influx of nutrient solution and the concentration of the nutrient solution. According to the simulation model, we increased the volume of the influx of nutrient solution from 0.2L/plant to 0.7L/plant as well as the concentration of nutrient solution from EC=0.9_1.1 to 1.5dS/m, during the period from transplanting to initial harvesting time (blooming period of the sixth flower truss). During the period from the initial harvesting time to the blooming period of the fifteenth flower truss, the volume of the influx of nutrient solution was kept between 0.8_1.1L plant, the concentration of the nutrient solution was EC= 1.5dS/m, the volume of the drainage solution was between 10 and 15%. After the blooming period of the fifteenth flower truss, the volume of the influx of nutrient solution was between 1.2 to 1.5L plant, the concentration of the nutrient solution was reduced from EC=1.3 to 1.0dS/m, and the percentage of drainage solution was maintained at approximately 15_20%. It is expected that good plant vigor and high yield can be consistently obtained by appropriately managing the nutrient solutions in hydroponics using rockwool in forced cultivation of tomatoes.

Key words : tomatoes, rockwool culture, nutrient solution

I 緒 言

栃木県における促成トマトの養液栽培は、1976年から1980年頃にかけて湛液式の水耕栽培が導入されたが以後の普及はなく、代わって1983年に関流し式のロックウール栽培（以下ロックウール栽培）が導入された。その後、ロックウール栽培は年々普及拡大し、特に1994年以降急増した。現在、養液栽培面積は約23haで、トマト全面積の12%を占めるまでになり、このうちの87%、約20haがロックウール栽培となっている。

ロックウール栽培は周年生産が可能で、さらに快適な作業環境等のため、若い生産者を中心に導入意欲は極めて高い。その利点は、土耕栽培と比較して大玉で多収となる、生育スピードが早く年内から長期間収穫できる、土壌病害回避や土づくり等の土壌管理が必要ない、作業環境がよいなどが挙げられる。その一方で、イニシャルコストが高い、肥料代がかさむ、原水の問題やpHの変化及び養分欠乏症や養分バランスの崩れ等による生育障害が出やすい、促成長期栽培に対応した給液管理技術が確立されていない、排出される余剰液（以下排液）や使用済みロックウール処理法が確立されていない等の問題点もある。

本県のロックウール栽培は、8月中下旬に播種し、35～40日間育苗後定植、収穫は12月上旬から始まり6月まで行われる長期栽培がほとんどで、収穫花房数は20～22花房にもなる。このため、定植から収穫終了までの在圃期間は約10か月にも及んでいる。給液管理法は民間主導となっているものが多く、各システムによって目安が示されているにすぎない。現地で行われている一般的な給液管理法は、2種類の液肥を用いてECにより培養液の濃度を制御しており、定植後から徐々に濃度を高めて12月から2月の厳寒期では高く維持し、3月以降日射が強く吸水が盛んになる頃から低濃度にするというものである。また、給液量は作物の必要とする量を適正に与えることが最も効率的であるが、システム上不可能であるため¹⁾、多めに給液し排液量を目安として給液量を管理しているものもある。近年、優良事例等に基づいた給液管理法を指針として示している産地もあるが、栽培が長期にわたる中で給液管理や天候等により生育や収量が異なるため、きめ細かな生育ステージ別の給液管理技術の確立が生産現場から強く求められている。

ロックウール栽培の給液管理法についてはいくつかの報告^{2, 7)}がみられるが、促成長期栽培での試験はみあたらない。そこで、産地の実態を踏まえ、促成長期栽培における高品質安定栽培に対応した効率的な給液管理技術

を確立することを目的として、生育ステージ別の培養液の給液量及び濃度が促成トマトの生育や収量等へ及ぼす影響について検討した。

II 試験方法

1. 給液量に関する試験

品種はハウス桃太郎を供試し、1998年7月31日に25℃のインキュベータ内で催芽処理を行い、幼根が認められた種子を8月4日に3cm角のロックウール育苗マットへ播種した。子葉が展開するまで25℃、湿度約95%の温室で管理し、8月10日に10cm×10cm×5cmのロックウールキューブへ移植した。育苗中はEC 0.8～1.0dS/mの培養液（大塚A処方）を適宜施用した。予めEC 1.1dS/mの培養液を十分浸潤させた幅30cm、厚さ7.5cmのロックウールマット（以下マット）へ株間20cm、畦間200cmとして9月10日に定植した。

処理区は給液量について少、中及び多の3処理区を設け1区40株の2反復とした。それぞれの処理区の給液量は、前年度の予備試験結果に基づき第11花房開花期にあたった1999年1月29日までは第1表のとおり生育ステージ別に一定とし、このステージ以降は排液量を勘案しながら給液量を管理した。すなわち、少区は排液率10%以下、中区は約20%、多区は約40%となるように給液量を制御した。培養液は大塚A処方をを用い、培養液の濃度は生育ステージにより第1表のとおりに設定し、給液管理はタイマーによる自動運転（自動給液装置：K I S社製）を基本として給液量の過不足分は手動で行った。なお、ロックウール栽培ではECにより培養液の濃度を管理するのが一般的であり、本試験でもEC値を指標として用いることとし、培養液の濃度を「給液EC」と表す。

開花は9月中旬から始まり全花房はトマトーン処理を行って着果を促し、各花房の着果数は概ね4果になるよう摘果した。摘心は1999年6月14日の時点で開花している花房（概ね第23～24花房）の上位の2葉を残して一斉に実施し、収穫は7月23日まで行った。栽培は主枝1本仕立てとし、誘引、下葉の除去及び温度管理等は慣行に準じて行った。また、培地温を確保するためにマット底面に温湯パイプを通し、パイプ付近の温度が18℃になるように管理した。

給液量の調査は栽培期間中毎日、排液量の調査は12月1日から毎日実施した。マット内養液は、毎週月曜日の給液終了2～3時間後にマット内に挿入したポーラスカップ（ミズツール）で採取し、白金電極法により導伝率（EC, TOA:FC-30V）を、またガラス電極法によりpH（HORIBA:F-21）を1区2反復で測定しその平均値を求め

た．排液のECは排液量調査時にサンプリングしたものを測定した．生育調査は草丈，各花房の着花数及び開花日，収穫日，花房間の葉数，奇数段花房直下の葉の大きさ（葉長×葉幅）及び奇数段花房下の莖径（花房1cm下）について行った．なお，葉の大きさは調査花房の収穫がほぼ終了した時，莖径は収穫終了時に一斉に計測した．収穫は7月23日まで毎週2回程度行い，収量は各花房毎に栃木県トマト出荷基準に基づき分類して果数と果重を調査した．また，奇数段花房の正常果5果をジュースで粉碎後，濾液の糖度（ATAGO:RX-5000）を1つの花房に対して2回測定した．

2. 給液ECに関する試験

品種はハウス桃太郎を供試し，栽培方法は試験1と同様に行った．

生育ステージによって給液ECを変える低及び高区と，栽培期間中給液ECを変えない一定区の3処理区を設け，いずれも1区40株の2反復とした．各区の給液ECは前年度の予備試験結果に基づき生育ステージごと

に第2表のとおりとし，培養液は大塚A処方を用いた．定植前にそれぞれ第2表の定植～15日目と同じ濃度の培養液でマットを浸潤した．給液量は第2表のとおり管理した．なお，原水のECは $0.18 \pm 0.01 \text{dS/m}$ ，pHは6.5前後（第2図）であった．

調査は試験1と同様に行った．

III 結 果

1. 給液量が生育，収量に及ぼす影響

株当たり給液量及び排液率の推移を第1図に，累積の給液量及び排液率を第3表に示した．給液量は排液率に基づいて管理を行った第11花房開花期（1月下旬）以降ではいずれの区も増加し，栽培期間中の給液量の累積は少区が株当たり189.4L，中区は286.7Lで少区の1.5倍，多区は428.8Lで少区の2.3倍，中区の1.5倍であった．排液率は第11花房開花期までは少区では第7～11花房開花期（12月中旬～1月下旬），中区では第9～10花房開花期（12月下旬～1月中旬）頃はほとんど排液がなく，多

第1表 生育ステージと給液量

生育ステージ	給液量 L/株・日 ¹⁾			給液EC ²⁾ dS/m
	少	中	多	
定植～15日目 (9/9-9/23)	0.10	0.20	0.40	1.1
～第2花房開花期 (9/24-9/29)	0.23	0.46	0.92	1.5
～第3花房開花期 (9/30-10/7)	0.32	0.64	1.27	1.8
～第11花房開花期 (10/8-1/29)	0.32	0.64	1.27	1.8
～第15花房開花期 (1/30-3/24)	0.62	1.00	1.43	1.8
～第21花房開花期 (3/25-5/26)	0.88	1.19	1.47	1.6
～収穫終了 (5/27-7/23)	0.94	1.22	1.59	1.3

注1．第11花房開花期までは本表のとおり管理，第11花房開花期以後は排液率から管理（目安：少区10%，中区20%，多区40%）したため，期間の平均値を示した．

2． $\pm 0.1 \text{dS/m}$ ．

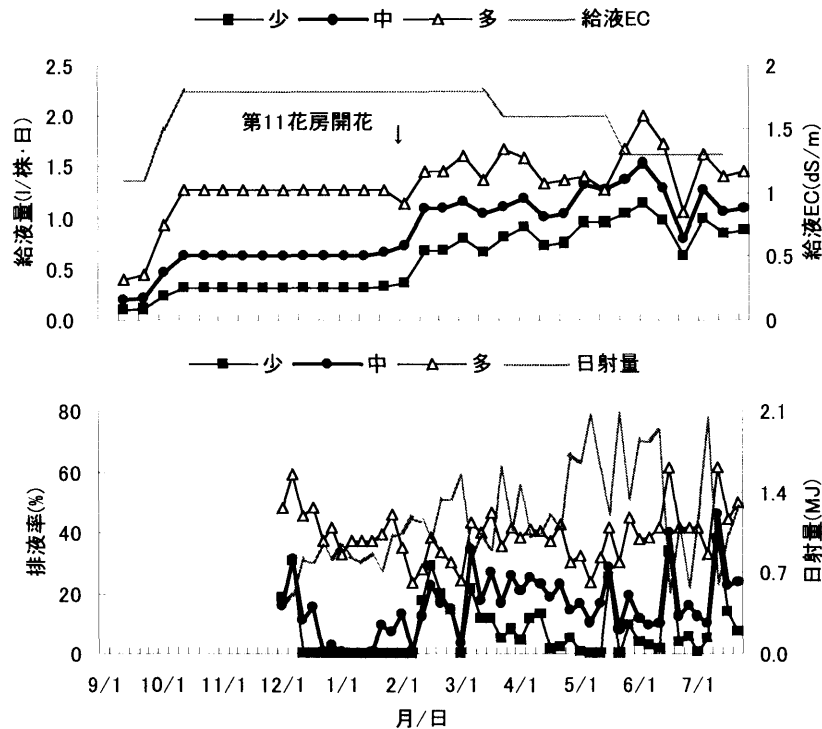
第2表 生育ステージと給液EC

生育ステージ	給液EC dS/m ¹⁾			給液量 ²⁾ L/株・日
	低	高	一定	
定植～15日目 (9/9～9/23)	0.8	1.1	1.3	0.20
～第2花房開花期 (9/24～9/29)	1.2	1.5	//	0.46
～第3花房開花期 (9/30～10/7)	1.5	1.8	//	0.64
～第11花房開花期 (10/8～1/29)	1.5	1.8	//	0.64
～第15花房開花期 (1/30～3/24)	1.5	1.8	//	1.00
～第21花房開花期 (3/25～5/26)	1.3	1.6	//	1.19
～収穫終了 (5/27～7/23) ³⁾	1.0	1.3	//	1.22

注1． $\pm 0.1 \text{dS/m}$ ．

2．給液量は第11花房開花期までは本表のとおり管理，第11花房開花期以後は排液率20%を目安に管理したため，期間の平均値を示した．

3．7月20日から収穫終了までは原水($\text{EC}0.18 \text{dS/m}$)とした．



第1図 給液量及び排水率の推移

第3表 累積の給液量，窒素成分量及び廃液率

給液量	給液量		窒素成分量		廃液率*
	L/株	m ³ /a	g/株	kg/a	
少	189.4	44.3	31.4	7.5	8.3
中	286.7	67.1	48.9	11.7	16.3
多	428.8	100.3	74.6	17.9	39.5

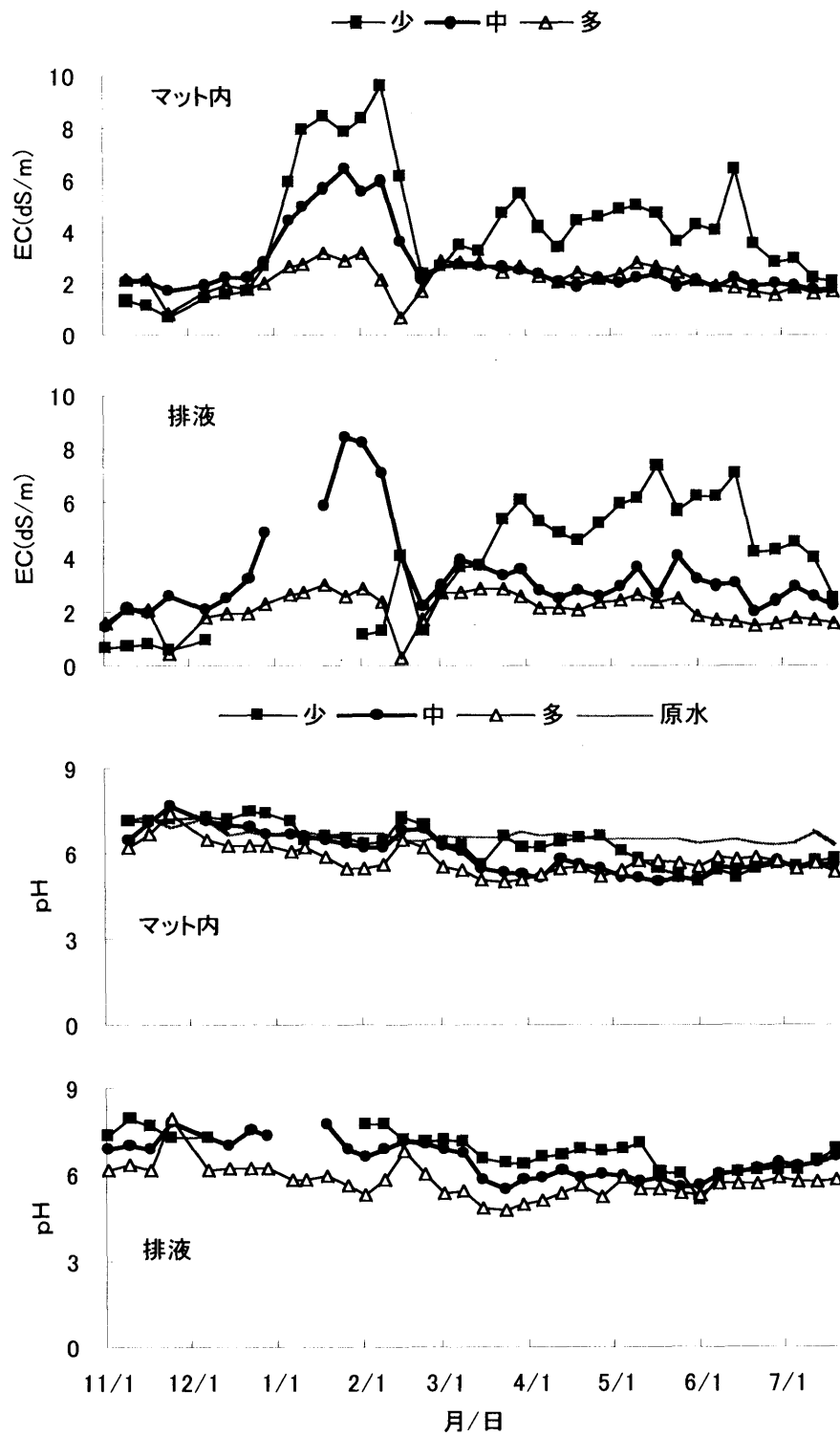
注. *は12月1日からの給液量と廃液量の累積に基づく値.

区は概ね40%で推移し、それ以降は概ね少区が10%、中区が20%、多区が40%前後で推移した。また、排水率は日射量が多いと低く、日射量が少ないと高くなり、排水率を一定に維持することはできなかった。しかし、12月1日以降の排水率の平均（排水量の累積/給液量の累積）は少区が8.3%、中区が16.3%、多区が39.5%とほぼ設定値どおりであった。

マット内養液及び排水のEC並びにpHの推移を第2図に示した。マット内養液のECは第9花房開花期（12月下旬）頃までは中区で少及び多区よりわずかに高く推移したが、12月27日以降は少及び中区で急激に高まり、少区では9.6dS/m（2月8日）、中区では6.4dS/m（1月26日）になった。この時期の両区の排水の量は0かわずかに認められる程度であった。第14花房開花期（2月下旬）頃以降の中及び多区のECは2dS/m前後、少区はや

や高い5dS/m前後で推移した。排水のECはマット内養液のECと同様に12月下旬まで中区が少及び多区よりわずかに高く推移したが、12月27日以降中区が急激に高まり8.4dS/m（1月26日）になった。しかし、少及び多区は比較的低く推移し、多区では最高値が約3.0dS/mであった。2月27日以降は少区が最も高く6dS/m前後で推移し、中区では3dS/m、多区では2dS/m前後で推移した。排水のECはマット内養液のECと同様な傾向で推移し、それぞれの値は少及び中区はマット内養液より排水の方がやや高めで、一方、多区ではほぼ同様な水準であった。マット内及び排水のECの相関係数は少区が0.91、中区が0.93、多区が0.95で、いずれも高い正の相関を認めた。

栽培期間中のマット内養液のpHは5～8の範囲で推移し、いずれの処理区でも栽培が進むにつれて低下する傾向であった。処理間で比較すると少区が高く、多区が低



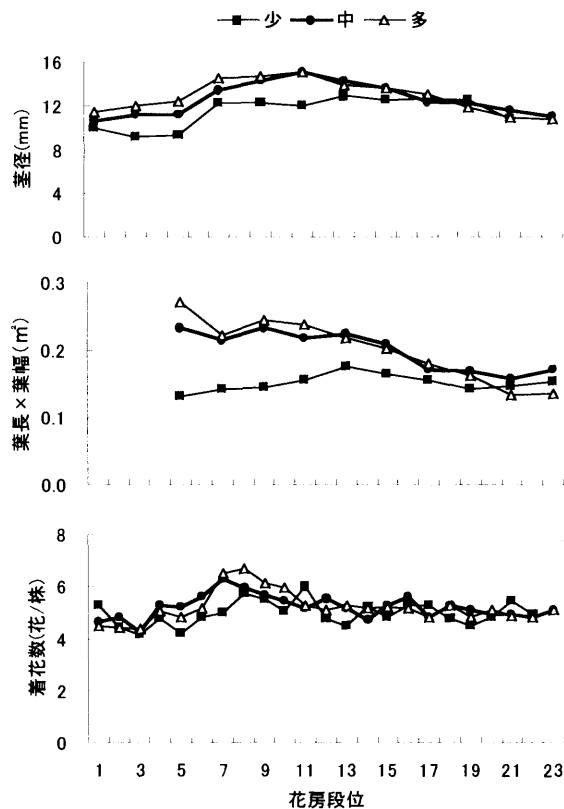
第2図 マット内養液及び排水のEC, pHの推移

第4表 定植時、定植1か月後及び栽培終了時の生育

給液量	定植時 9/10		定植1か月後 10/14				栽培終了時 7/23			
	草丈 cm	葉数 葉	草丈 cm	茎径 mm	葉長 cm	葉数 葉	草丈 cm	葉数 葉	着花数 花	収穫花房数 花房
少	57.6	10.4	162	9.6	37.7	20.8	632	61.1	109	22.4
中			175	10.0	36.2	22.4	695	64.5	120	23.8
多			174	10.1	44.0	22.8	687	65.2	120	23.9

第5表 各花房の開花日

給液量	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
少	9/19	10/7	11/8	12/13	1/14	2/10	3/12	4/4	4/27	5/13	5/31	-
中	9/19	10/8	11/1	12/2	12/30	1/24	2/19	3/15	4/9	4/31	5/21	6/4
多	9/20	10/10	11/1	11/30	12/27	1/20	2/8	3/9	4/4	4/27	5/17	6/4



第3図 茎径、葉の大きさ及び着果数の推移

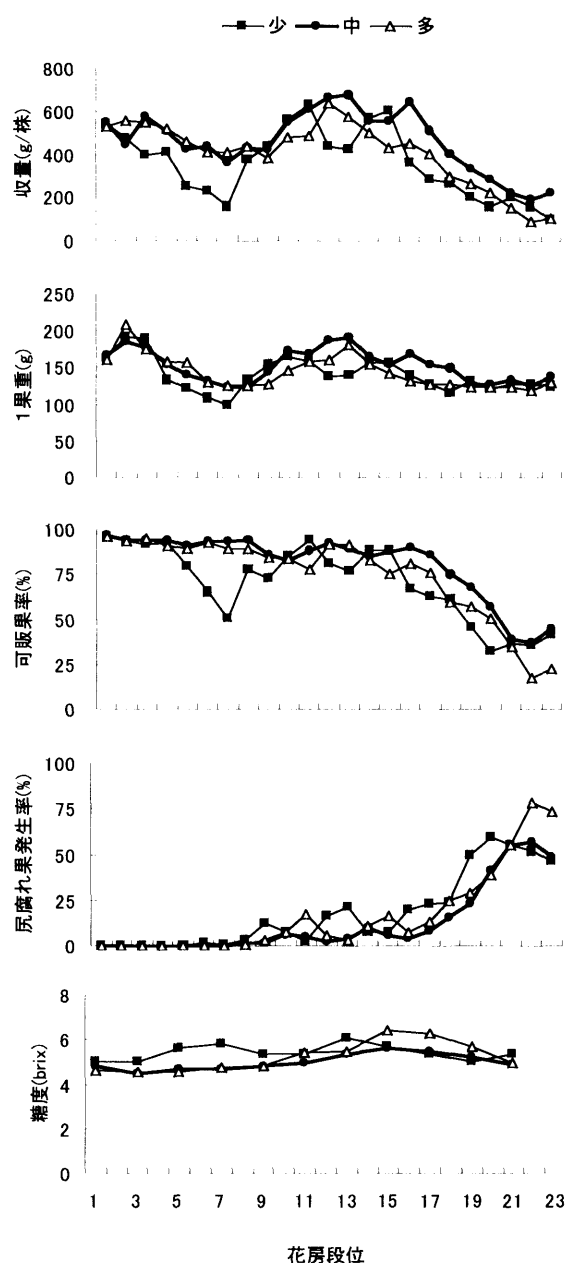
い傾向にあり、中区は第15花房開花期（3月中旬）頃までは少区とほぼ同様な水準であったものが、第16花房開花期（3月下旬）頃からは多区と同様な水準で推移した。栽培期間中にpHの変動によると思われる生育障害は認められなかった。排液のpHはマット内養液のpHと同水準で推移した。

定植1か月後と栽培終了時の生育を第4表に、また各花

房の開花日を第5表に示した。定植1か月後では、草丈、茎径、葉数は中区と多区ではほぼ同様であったが、少区では抑制される傾向であった。栽培終了時の草丈及び葉数は、中及び多区がほぼ同様であったが少区はいずれも劣った。収穫花房数も同様の傾向で、中及び多区はほぼ24花房であったが、少区は1.5花房程少ない22.4花房であった。開花日は給液量が少ないほど遅れ、第11～15花房では少区と多区の差は1か月程度、中区と多区でも最大10日程度の差が認められた。開花日の差は上位花房になるにつれて縮小する傾向であったが、少区と多区では第21花房において2週間の差があった。

各花房の茎径、葉の大きさ及び着花数の推移を第3図に示した。茎径はいずれの区も第11花房頃までは増加し、第13花房以降は減少する傾向が認められ、処理間では給液量が多いほど太かったが、第17花房以降はほぼ同様に推移した。葉の大きさは、中及び多区では下位花房ほど大きく上位花房になるほど小さくなる傾向で、区間では第13花房までは多区で大きく、第19花房以降は中区でやや大きかった。少区は中、多区より明らかに小さな葉となり、葉の大きさの推移は両区と異なった。着花数はいずれの区も大差なく推移した。

可販果収量、1果重、可販果率、尻腐れ果発生率及び糖度の推移を第4図に、さらに累積収量及び品質を第6表に示した。可販果収量はいずれの処理区も第1花房から第7花房までは減少する傾向で、第8花房以降急激に増加し、第14～17花房からは再び減少した。処理間では、第7または8花房までは中区と多区はほぼ同様で少区より多く推移したが、これ以降は中区が多く、少区と多区は同様な推移で低収であった。株当たりの可販果の累積収量



第4図 収量及び品質の推移

は中区が10.9kgと最も多く、次いで多区が9.5kg、少区が8.3kgで、a 当たりに換算するとそれぞれ2.55 t、2.22 t、1.93 tであった。花房別の1果重は収量とほぼ同様に推移し、その平均値は中区が156 g、多区が150 g、少区が145 gで中区が最も優れた。可販果率は少区では第15花房、中区では第17花房、多区では第14花房までは80%以上の高い割合であったが、各区ともそれらの花房以降に急激に低下した。処理間では中及び多区は同様の推移であったがいずれの花房でも中区が優れ、少区では第7花房を中心に一時低下したものの、多区と同様かやや低い割合で推移した。また、健全果の割合は給液量が少ないほど高く、空どう果は給液量が多いほど発生が高まる傾向であった。非販果の中で尻腐れ果はいずれの区も第9花房から散見され、第20または21花房を中心として、給液量の多少にかかわらず発生率が高かった。糖度は第13花房までは少区が高く、15花房以降は多区が高かった。収量が最も優れた中区がいずれの花房でも最も低く推移した。

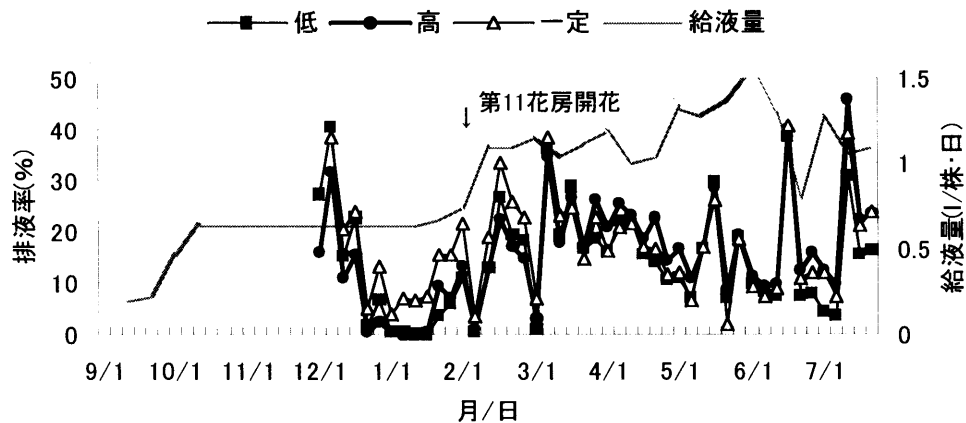
2. 給液ECが生育、収量に及ぼす影響

累積の給液量及び窒素成分量を第7表に、給液量及び排液率の推移を第5図に示した。累積の給液量は株当たり286.7Lで、窒素成分量は株当たり低区が39.4 g、高区が48.9 g、一定区が38.7 gとなり、低区と一定区はほぼ同様に高区では低区より24%多かった。排液率は各処理区ともほぼ同水準で推移した。

マット内養液及び排液のEC並びにpHの推移を第6図に示した。マット内養液のECは、高区では低及び一定区に比べて初期から高く、第9花房開花期（12月下旬）から急激に高まり、最高値はEC 6.4dS/m（1月26日）で、2月中旬までに低下したものの、4月上旬まで他の2区よりやや高い値で推移した。低区と一定区は第15花房開花期（3月中旬）まで低区がやや高めであったが、いずれの時期も大きな変動がなく推移し、第19花房開花期（4月下旬）以降はほぼ同様な値で、5月下旬以降は低区が低く推移した。排液のECはいずれの区もマット内養液

第6表 収量及び品質

給液量	総収量		可販果収量			1果重 g	品質別割合 %							
	果数 果/株	果重 kg/株	割合 %	果重 kg/株	単収 t / a		可販果				非販果			
							健全	空どう	窓空き	変形	窓あき	肩	尻腐れ	
少	81.2	10.2	70	8.3	1.93	145	53	9	4	4	1	10	19	
中	88.8	12.8	79	10.9	2.55	156	46	21	6	6	3	4	15	
多	89.9	11.4	72	9.5	2.22	147	42	19	4	6	2	6	20	



第5図 排水率及び給液量の推移

第7表 累積の給液量及び窒素成分量

給液濃度	給液量		窒素成分量	
	L/株	m ³ /a	g/株	kg/a
低	286.7	67.1	39.4	9.5
高	286.7	67.1	48.9	11.7
一定	286.7	67.1	38.7	9.3

のECと同様に推移し、処理間では高区が初期から高く、最高値で8.4dS/m (1月26日) に達した。排水のECは、1月下旬頃まではいずれの区もマット内養液とほぼ同水準で推移し、3月以後は排水のECの方がやや高い傾向であった。給液とマット内養液のECの相関係数は低区で0.74、高区で0.93、一定区で0.92となり、いずれも高い正の相関関係であった。

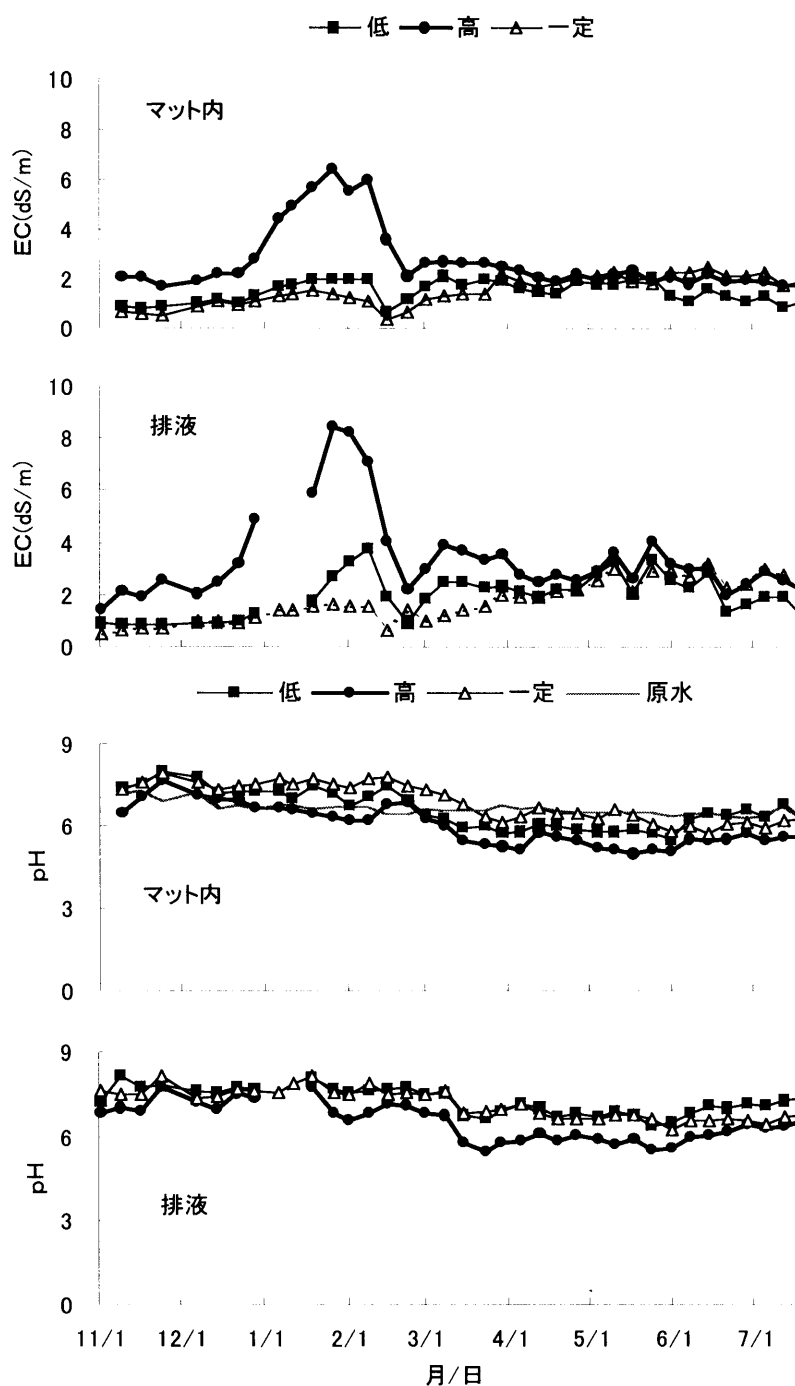
マット内養液のpHは定植後から2月頃までは各区ごとにほぼ同様な値で推移し、処理間では一定区、低区、高区の順に高く、2月中下旬から3月下旬にかけて低下し、その後各区ともそれぞれ安定した値となった。処理間では給液ECが低いほど高く推移する傾向が認められた。排水のpHはマット内養液とほぼ同水準で推移した。

定植1か月後と栽培終了時の生育を第8表に示した。定植1か月後の草丈や葉身長は、一定区でわずかに長く、初期生育は他の2区よりやや旺盛であった。栽培終了時には高区の草丈がやや高かった他は、収穫花房数など処理間に差はみられなかった。各花房の開花日を第9表に

示した。開花日は給液ECが高いほど早まる傾向がみられ、高区と一定区では第15花房で最大11日、高区と低区では8日の差となったが、低区と一定区はほとんど差がなかった。

茎径、葉の大きさ (葉長×葉幅) 及び着果数の推移を第7図に示した。茎径は高区がいずれの花房でも太く推移し、次いで低区、一定区の順であったが、低区と一定区の差はわずかであった。葉の大きさは各区とも第9～11花房以降小さくなる傾向が認められ、処理間では低区及び一定区に比べ高区でやや大きい推移を示したが、第15花房以降では処理間差は判然としなかった。着花数はいずれの区も大差なく推移した。

可販果収量、1果重、可販果率、尻腐れ果発生率及び糖度の推移を第8図に、収量及び品質を第10表に示した。可販果収量は、いずれの区も第1花房から第7花房までは減少する傾向で、第9花房以降は第13花房まで急激に増加し、第14花房からは再び減少する推移であった。処理間では、第5花房頃までの初期収量は高区より低及び一定区で多く、第11花房以降はどの花房でも低区で多収となり、株当たりの可販果収量は低区が12.6kg、次いで一定区が11.5kg、高区が10.9kgとなり、a当たりに換算すると低区は2.95t、一定区が2.69t、高区が2.55tとなり、低区では3t弱の収量が得られた。1果重は、可販果収量とほぼ同様に推移し、その平均値は低区が172g、一定区が169g、高区が156gで、多収であった区ほど優れた。可販果率はいずれの区も第17または18花房頃から低下し、第20及び21花房で最低値となった。また、可販果の内訳は処理間で大差なかった。尻腐れ果は第9花房から散見され、第21または22花房 (6月下旬収穫開始)



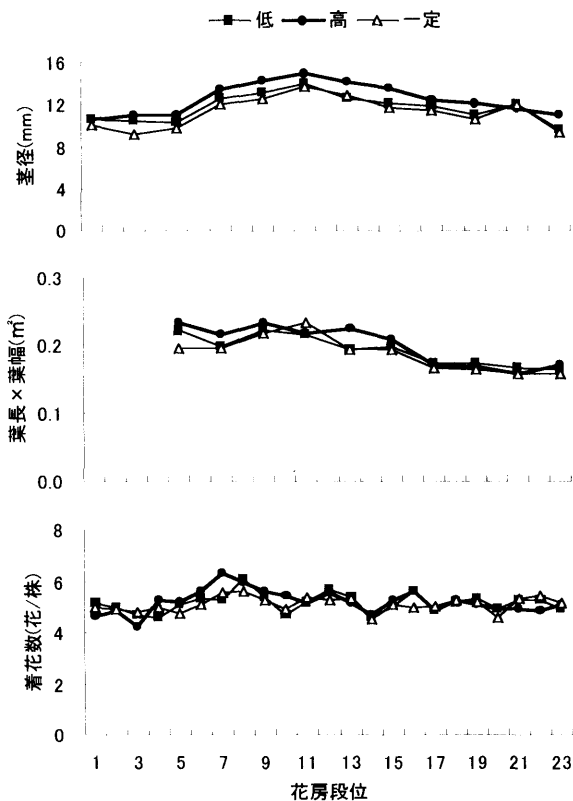
第6図 マット内養液及び排水EC, pHの推移

第8表 定植時、定植1か月後及び栽培終了時の生育

給液濃度	定植時 9/10		定植1か月後 10/14				栽培終了時 7/23			
	草丈 cm	葉数 葉	草丈 cm	茎径 mm	葉長 cm	葉数 葉	草丈 cm	葉数 葉	着花数 花	収穫花房数 花房
低	57.6	10.4	170	9.8	38.9	22.4	660	64.9	119	23.1
高			175	10.0	36.2	22.4	695	64.5	120	23.8
一定			178	9.7	43.1	22.8	670	65.2	118	22.8

第9表 各花房の開花日

給液濃度	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
低	9/20	10/9	11/4	12/8	1/4	1/27	2/25	3/23	4/17	5/2	5/26	6/7
高	9/19	10/8	11/1	12/2	12/30	1/24	2/19	3/15	4/9	4/31	5/21	6/4
一定	9/20	10/10	11/4	12/9	1/6	2/1	2/28	3/26	4/18	5/9	5/28	6/10

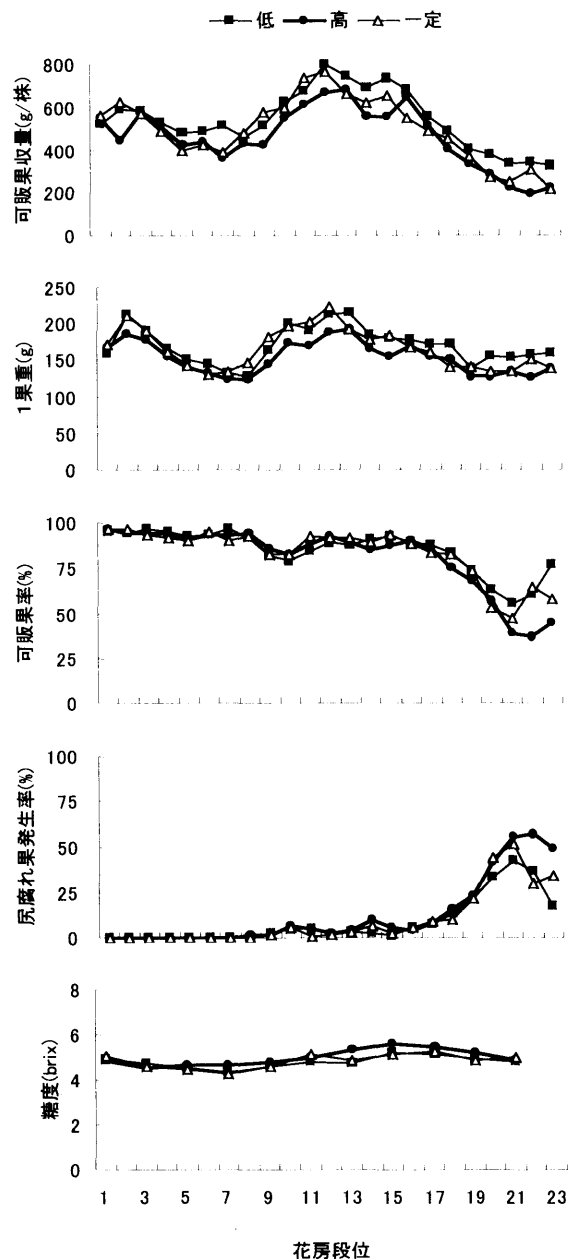


第7図 茎径，葉の大きさ及び着花数の推移

で発生が多かった。発生割合の平均は，高区が14.8%と高く，一定区と低区は10%前後で，給液ECが高いほど発生率が高い傾向であった。糖度は第11花房までは処理間に差がなくいずれも5度未満で推移した。第13花房以降は高区がやや高く推移した。

IV 考察

トマトのロックウール栽培のほとんどは，その利点から，収穫期間ができる限り長くなるよう促成長期間栽培が多く行われている。この栽培は，収穫初めまでは栄養生長と同時に花芽分化，果実の肥大着色が行われる。つまり，株に負担が増すのに従って気温が低下し短日になるなど，生育の条件が悪くなっていく作型である。このため，土耕栽培では第3花房開花期までは水分管理により栄養生長を抑え，花房の発達や果実の肥大がよい生殖



第8図 収量及び品質の推移

生長型の生育とすることがよい¹⁾とされ，さらに，長期間にわたり安定した生育を維持することが重要¹⁾とされている。しかし，ロックウール栽培では，開花前の若苗を定植するため，定植後の給液管理によって生育が大き

第10表 収量及び品質

給液濃度	総収量		可販果収量			1果重 g	品質別割合 %								
	果数 果/株	果重 kg/株	割合 %	果重 kg/株	単収 t / a		可販果				非販果				
							健全	空どう	窓空き	変形	窓あき	屑	尻腐れ		
低	86.8	14.5	84	12.6	2.95	172	44	25	7	8	4	3	9		
高	88.8	12.8	79	10.9	2.55	156	46	21	6	6	3	4	15		
一定	82.3	13.2	83	11.5	2.69	169	47	24	5	7	3	3	11		

く左右され、収量、品質にも影響を及ぼす。そこで、長期間安定した草勢と多収量を得る観点から、給液量及び給液ECが生育、収量に及ぼす影響を検討し、生育ステージに応じた給液管理法について考察する。

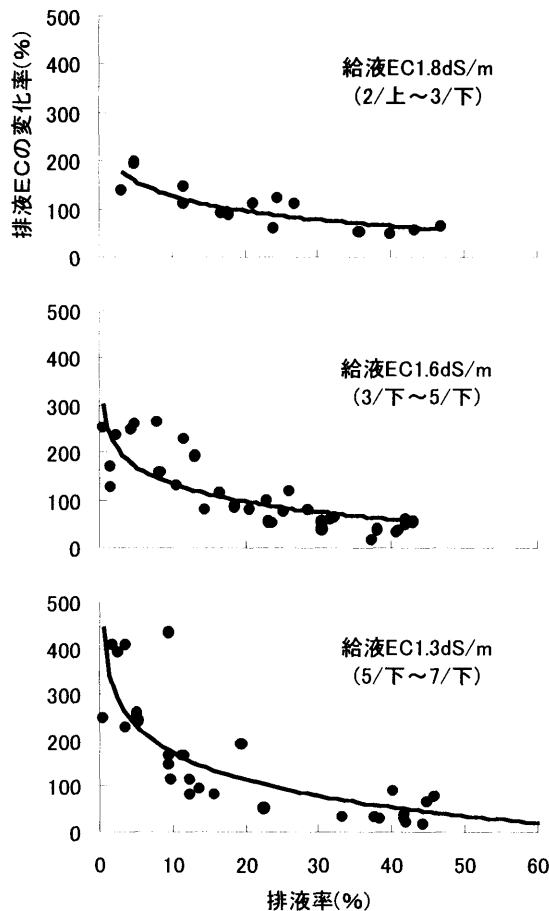
1 給液量と生育、収量の関係

定植1か月後の初期生育は、給液量が少ないほど抑制され草勢は弱い傾向で、特に少区で顕著であった。少区では、葉数や収穫花房数が中及び多区より劣ったほか、開花日も明らかに遅れ生育の遅延が認められた。さらに、栽培期間中の茎径、葉の大きさや、収量などが明らかに劣ったことから、給液管理としては不適と判断する。

そこで、中区と多区について生育と収量、品質の関係を比較する。まず、定植から株当たりの給液量を定量で管理した第11花房開花期までは、定植1か月後の葉長は多区より中区で短く、また、茎径や葉の大きさは同様に中区でやや抑制され、開花日も第7花房以降中区で遅れる傾向が認められたため、この間は多区の方が生育は旺盛であった。第11花房開花期に当たる第5花房までの収量、品質は、中区が株当たり2.6kg、多区が2.7kg、空どう果は程度の軽い発生率が中区では32%で多区では34%、程度の重い発生率はそれぞれ7%と12%で、可販果率や健全果発生率は中区が優れた。一般に、草勢が強い方が多収となり、空どう果や奇形果の発生が多くなる⁹⁾。本試験の中区と多区の収量や空どう果発生率の差は小さいと考えられ、中～多区程度の生育は問題ないと思われる。しかし、この間の多区の給液量は中区の2倍あり、利用されずに排出された培養液量が多かったものと推察される。田中・安井¹²⁾は、株当たりの給液量について12月が0.67L、1月が0.79Lを基本としており、本試験の中区と比較すると12月はほぼ同程度で、1月は0.15L程多い。したがって、第11花房開花期（1月下旬）頃までの給液量は中区の管理を基本とするが、本試験では1月上旬から中旬にかけて排液率が低下し、マット内養液及び排液のECの高まりが認められたことから、1月の給液量は中区より2割程度多い方がよいと考える。

次に、排液率に基づいて管理を行った第11花房開花期以降の中及び多区の茎径と葉の大きさは、上位花房になるにつれてほぼ同様な生育となり低段花房にみられた生育の差はほとんどなく、開花日も上位花房ほど短縮された。収量、品質についても中区で優れた。つまり、多区では第17から19花房開花期頃（4月上～下旬）から草勢が低下したとともに、5月上旬から中旬の給液量が低下する現象が認められた。このことから、多区の草勢低下の要因として、多給液によるマット内の過湿による根の機能低下が考えられる。ロックウールマットの特性として、固相率は4～7%と小さく¹⁴⁾、飽水させたマットを不透水板上におくとほぼ飽水状態に近い水分を保持するが、マット内の上層と下層では部分飽水度に差を生じ、特に上層の部分飽水度の変化は大きく根への酸素供給の役割を果たす¹²⁾ことが報告されている。本試験では、マット内の水分状態は調査しなかったが、1回1株当たりの給液量が多区では約180mlで、中区より約33%多く給液されたため、マット上層まで培養液が満たされた状態が維持され、さらにマット下層に発達した根群によりマット内養液の移動阻害も加わって根への酸素供給量が低下したものとと思われる。このため、1回1株当たりの給液量は12月から4月では100～130ml、5月以降は150ml程度とし、回数で調節することにより、根へ良好に酸素を供給できると考える。この値は田中・安井¹²⁾の報告とほぼ同程度であった。

第11花房開花期以降の給液量について、田中・安井¹²⁾の報告では、2月は0.74Lであるのに対して本試験では0.97L、3月は0.84Lに対して1.10L、4月は1.14Lに対して1.08L、5月は1.33Lに対して1.33L、6月は1.64Lに対して1.48Lで、ほぼ同様な水準であるが、2及び3月は本試験がやや多く、6月はやや少ない。給液量は天候や生育にも左右されるため、生育、収量などが優れた本試験の中区の管理を目安とし、1回当たりの給液量は時期により前述のとおり行うのがよいと考える。



第9図 排水率と排水ECの変化率

注. 変化率=(排水EC-給液EC)/給液EC×100

また、給液量については、マット内のpH、EC値を安定させるためにやや多めがよい⁷⁾が、肥料代など運転コストの低減や環境保全から排水量をできるだけ少なくする必要があり、給液量の10%程度が排出するように給液量を調節する必要がある^{12, 15)}とされている。第9図に給液EC(時期)別に排水率と排水ECの変化率((排水EC-給液EC)/給液EC×100)の関係を示す(マット内養液と排水のECの相関が高かったため、ここでは排水のECを用いる)。いずれの給液ECでも排水率が高まれば排水ECの変化率は低下するが、給液ECを低い値で管理した時期ほど排水率の低下により変化率が極端に高まっている。これまで、県内のロックウール産地では排水率の目安は20~30%とされているが、本試験の結果では3月下旬までは10~15%、3月下旬から5月下旬では15~20%、5月下旬以降では20%程度とすることにより、排水ECの変化率が100%程度となる。しかし、排水ECの変化率と生育や収量との関係の報告はみられず、不明な点も多いことからさらに検討を要する。また、給液量は時期や生育ステージはもとより、天候に

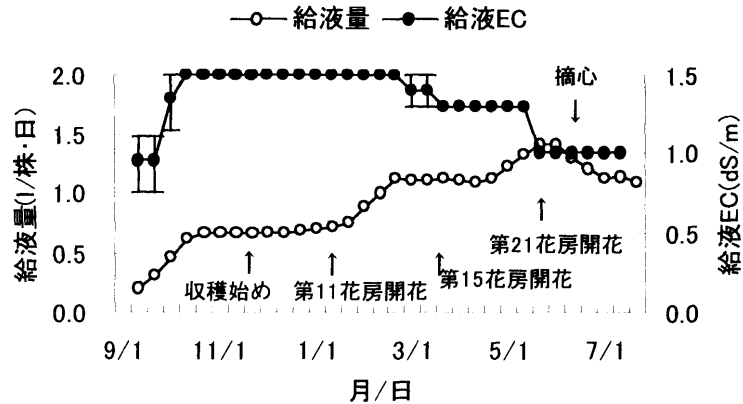
も左右されるため、作物の蒸散量¹⁰⁾や茎径の変化⁸⁾など生体情報に基づく給液管理とすることにより、効果的な給液管理が可能と考えられ、今後検討を加えたい。

2 給液ECと生育、収量の関係

給液ECと生育、収量の関係について、中村ら⁷⁾は低濃度(定植から収穫初めまで1.0~1.7dS/m、収穫期2.0~2.1dS/m)と高濃度(2.5~3.0, 3.1~3.4dS/m)では生育及び収量とも差はなかったとし、板東・町田³⁾は、8月15日播種の冬作ではマット内温度が高いためEC1.5から2.6dS/m間では生育差はなかったが、収量は給液ECが低い方が多収であったとしている。本試験では、これら報告の生育には及ばなかったが、給液ECの設定が低かったために生育差が生じたものとする。草丈、茎径及び葉の大きさは給液ECが高い方がやや旺盛であったが、草勢の目安となる空洞果や変形果の発生率は処理間に差がなく、本試験の高区の草勢は強すぎるとは認められない。しかし、収量及び1果重は低段花房から高区より低区が優れ板東・町田³⁾の報告と一致した。このことから、初期から給液ECを高めると草勢が旺盛となり、果実肥大が損なわれ収量が減少することが示唆された。一定区では、第3花房までの収量は低区とほぼ同様であったが、第4花房以降は劣る傾向で、茎径や葉の大きさも低区よりやや劣ったために、低区と比較して第3花房開花期以降の給液ECが低かったものと思われる。

ロックウール栽培では、ECにより培養液の濃度を管理することが一般的であり、その目安として夏期はEC1.6dS/m前後、冬期は2.4dS/m前後とし、マット内養液のECは生育初期が1.2dS/m、開花肥大期は1.4~1.8dS/m、収穫期は1.6~2.2dS/mを目標¹³⁾としている。マット内養液のECを本試験と比較すると、開花肥大期は高区で約2dS/m、低区では約0.8dS/m、収穫期は高区では1月に一時的に上昇したものの2月下旬以降は2.5~2dS/m、低区では2dS/m前後で推移した。全期間をとおして高区は高め、低区は初期はやや低かったが4月下旬以降は高区とほぼ同水準で推移した。また、低区は排水率が極端に低下してもマット内ECは比較的安定していた。

これらのことから、給液ECは本試験の低区の管理を目安とするのがよいと思われるが、低ECは開花日の遅延を生じるため、第3花房開花期頃までは高区の管理がよいと考える。さらに、低区の管理を変更する点として、第21花房を中心として尻腐れ果が多発し、処理間では低区がやや少ない傾向であったことから、第15花房開花期頃(3月上中旬)から給液ECを1.3dS/mよりも低下させる必要性を認めた。尻腐れ果の発生は給液EC、培地温、乾燥なども要因^{2, 4, 7)}であるため、給液管理とともに実



第10図 トマトのロックウール栽培における給液管理モデル
(8月上旬播種の促成長期栽培)

用面では遮光や細霧冷房等により温室内気温やマット温度を積極的に下げることが重要である。また、本試験の中で晴天が続いた場合、朝から給液を行っても数回給液が行われないと排水が全く出ないことが観察され、夜間マットが乾燥状態にあったことが推察される。トマトは夜間に1日の吸水量の12%を吸水し、養分吸収量は28~45%にもなり⁹⁾、さらにカルシウムの果実への移行は昼間より夜間で多いことが報告⁹⁾されている。このため、尻腐れ果対策の一つの方策として、最終給液時刻の設定や夜間の給液についても検討の必要性を認めた。

給液管理の簡素化から、給液ECを栽培期間中一定で管理するEC 1.3dS/mの一定区を設けたが、低区より生育、収量ともやや劣った。板東・町田⁹⁾は、給液ECを1.5及び2.0dS/m一定で管理したところ、マット内養液のECは給液ECが高いほど早期から上昇し、収量は1.5dS/mが優れるとしている。本試験でも給液ECを1.5dS/mで管理すれば生育や収量は高まることが予測されるが、一定区と低区の総窒素量は同程度であるため、肥料の効率化からは生育ステージに対応して給液ECを変えた方が生産性は高まる。

3 生育ステージに対応した給液管理

県内でロックウール栽培をいち早く導入した産地(普及率66%)における給液管理の指針は、定植時は給液ECを1.3dS/mとし、11月には1.8dS/m、12月から2月までは1.6~2.0dS/m、3月以降は1.3~1.5dS/mまで低下させている。また、給液量は株当たりの目安とともに排水率として20~30%を提示している。この指針に基づききめ細かな給液管理を行って高品質安定栽培を行っている事例がある一方で、生育が旺盛で過繁茂となり品質を低下させたり、低収となっているものも少なくない。そこで、本試験の結果に基づき給液量及び給液ECによる給液管

理モデルを第10図に示した。給液管理は給液量に関する試験の中区、給液ECに関する試験の低区を基本とし、生育についても同区を目安とする。生育ステージごとの給液管理は次のとおりである。定植後から15日間は1日1株当たり0.2L、給液ECは0.9~1.1dS/m、16日目から第2花房開花期は0.4~0.5L、1.2~1.5dS/m、第2花房開花期以降は0.6~0.7L、1.5dS/m、第9~15花房開花期は0.8~1.1Lを基準に排水率10~15%を目安とし、給液ECは1.5dS/mとする。第15~21開花期は1.2~1.4Lを基準に排水率15~20%、ECは1.3dS/m程度、第21花房開花期以降は1.2~1.5L、排水率20%、EC 1.0dS/mとする。なお、1回1株当たりの給液量は、定植から第6花房開花期(収穫始期)までは100ml、第6~19花房開花期は100~130ml、第19花房開花期以降は150ml程度とし回数で調節する。また、給液ECと排水のECの関係についてはさらに検討を要するが、本モデルでは排水のECは給液ECの2倍以内を目安としている。本モデルの給液管理により、8月上旬に播種、9月上旬に定植し、7月下旬まで収穫を行えば、収穫花房数は23花房程度となり、収量は株当たり約12.5kg程度期待でき、生育は良好で草勢も安定するものと考ええる。

本試験では、安定多収生産の面から給液管理を検討したが、第15花房以降の収量の低下、第21花房を中心とした尻腐れ果の多発生、低糖度の課題が残されている。これらの改善を図るためには、給液管理のほか、温室内の温度・湿度、マット内温度、照度、誘引法などの栽培管理についても今後検討を要する。

謝辞

本試験の遂行に当たり、園芸技術部野菜研究室の斉藤ヒサ枝査には品質分析で、福田正孝主任技術員、加藤守

技術員には栽培管理等で多大な協力を頂いた。また、本報のとりまとめに当たり高野邦治園芸技術部長、塩谷農業振興事務所の室井栄一園芸課長から貴重な意見を頂いた。ここに記して心から感謝の意を表します。

15. 安井秀夫(1887)各種養液栽培方式の特性比較。農及園62(1): 101-106。

引用文献

1. 青木宏史(1998)トマト生理と栽培技術。誠文堂新光社。東京: 38-61。
2. 新井和夫(1987)養液栽培で発生しやすい生理障害。農及園62(1): 97-100。
3. 板東一宏・町田治幸(1988)トマトのロックウール栽培実用化技術の確立(第1報)かけ流し式における培養液濃度が収量、品質に及ぼす影響。徳島農試研報25: 16-26。
4. 石上清・堀内正美・中蔦輝子・松浦英之(1994)根域を制限した循環式養液栽培装置による高糖度トマトの生産。静岡農試研報38: 61-72。
5. Masuda,M.,Tanaka,T. and Matsunari,S.(1990) Uptake of Water and Minerals during the Day and the Night in Tomato and Cucumber Plants. J. Japan.Soc.Hort.Sci.58(4): 951-957。
6. 梶田正治・野村真史・長谷川博(1993)トマトの栄養特性に関する研究(第5報)昼夜間における ^{15}N と ^{45}Ca の果実への移行。園学雑62別1:290-291。
7. 中村新市・堀内正美・佐野浩之(1988)トマトのロックウール栽培における養液管理。静岡農試研報33: 19-25。
8. 大石直紀・前野元彦(1995)トマトの養液栽培における茎径変化を利用した給液制御。園学雑64別1: 268-269。
9. 佐々木皓二(1986)養液栽培の新技術。誠文堂新光社。東京: 98-102。
10. 菅沼健二・青柳光昭(1988)ロックウール栽培における給液管理技術の開発(第1報)蒸散量推定式に基づく給液管理方法とトマト栽培。愛知農総試研報20: 200-204。
11. 鈴木英之(1977)農業技術体系。(社)農山漁村文化協会。東京: 575-582。
12. 田中和夫・安井秀夫(1992)ロックウール栽培の実用化に関する研究。野菜・茶試報A5: 1-36。
13. 田中和夫(1996)養液栽培の手引き。誠文堂新光社。東京: 19-25。
14. 安井秀夫(1986)固形培地式養液栽培の理論。農及園61(1): 147-159。