

培養液濃度が根域制限－日射比例給液栽培トマトの 生育・収量と果実品質に及ぼす影響

吉田裕一・松野大樹・後藤丹十郎（岡山大学大学院自然科学研究科）

高田圭太（岡山大学農学部附属農場，現在茨城大学農学部附属フィールド教育研究センター）

緒 言

日本国内のトマト生産量は1990年頃から70万t台で推移しており，生産と消費はほぼ横ばいで安定した状態にある（農林水産省，2009）。その中で，可溶性固形物濃度が8%を超える高糖度トマトはフルーツトマトと呼ばれ，高単価で取引されている。近年では，全国各地でトマト栽培の収益性向上を目的として，隔離ベッドや高浸透圧培養液の供給による高糖度トマト栽培技術の開発が試みられている（石上ら，1994）。筆者らは，根域制限と日射比例給液制御を組み合わせることによって，簡便な設備で高糖度トマトを安定的に生産することが可能であることを先に報告した（吉田ら，2007）。

農学部附属フィールド科学センターでは，筆者らが開発したシステム（吉田ら，2007）を2000年7月に4aのガラス室に設置して実用規模に近い形で実証栽培に取り組んでおり，その一環として，栽培体系の中で適応性の高い栽培品種の選定を行っている（吉田ら，2010）。そこで，根域制限－日射比例給液栽培条件下における培養液濃度が半促成栽培のトマトの生育・収量特性に及ぼす影響について，複数の大玉品種と中玉品種を用いて比較検討した。

材料および方法

2001年1月24日に‘ハウス桃太郎’（タキイ種苗），‘レディファースト’，‘試交112号’（以上愛三種苗）および‘レッドオーレ’（カネコ種苗）をピートモス3：パーライト1（v/v）の培地で満たした播種箱に播種した。2月7日に $7\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ の苦土石灰でpH調整したピートモスを詰めたイチゴ育苗用トレイ（セル容量130mL，すくすくトレイ，丸三産業）に移植した。適宜OKF-1（1000倍液，大塚化学）を施用して育苗し，3月6日に先と同様のピートモスを用いて4号プラスチックポット（根域容量500mL）

に移植し，条間110cm，株間25cmで架台上に設置した。その後1日1回標準濃度（1単位）の大塚A処方（N 18.6, P 1.7, K 8.6, Ca 4.1, Mg 1.5 mM, 微量元素を含む）培養液を施用した。‘越のルビー’（福井県）（岩本，1997）については，福井県立大学から譲渡された発根苗を4月10日に4号プラスチックポットに鉢上げして実験を開始した。7月9日に全ての果実を収穫して実験を打ち切った。

培養液濃度は以下の3水準とした。

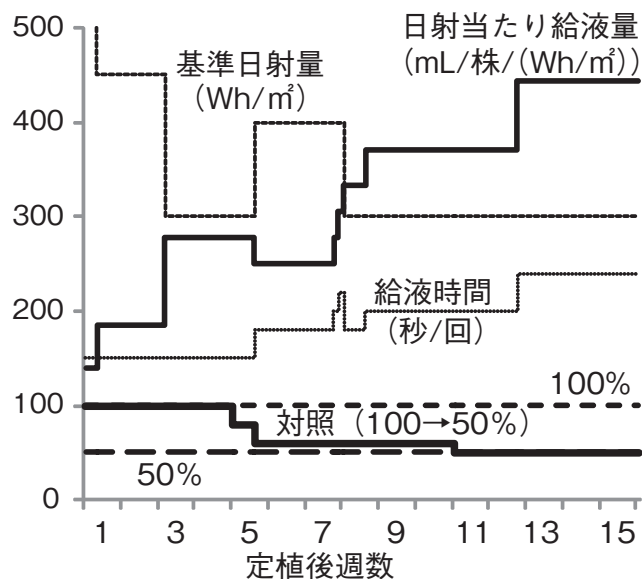
対照区：大塚A処方標準濃度（100%）で給液を開始し，排液EC 800 mS/m以内を目標に適宜50%濃度まで低下させる

1単位区：実験期間を通して大塚A処方標準濃度

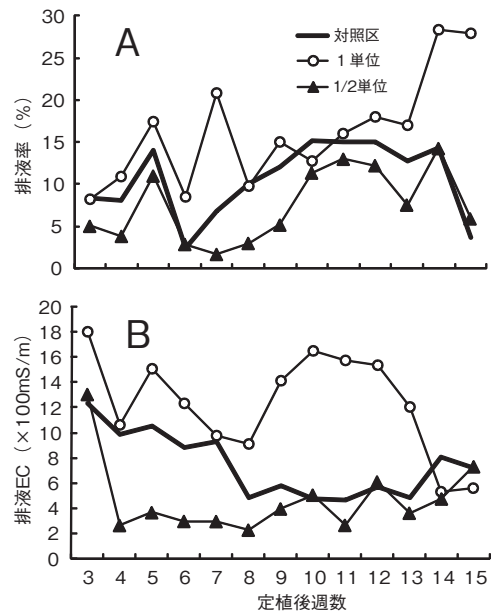
1/2単位区：実験期間を通して大塚A処方50%濃度

培養液濃度以外の条件（給液間隔や給液時間）は3処理区すべて同一として，第1花房の1番花が開花し始めた3月21日から日射比例制御による給液を開始した。給液量は，‘ハウス桃太郎’の対照区の排液率10～20%を目安に基準日射量と1回当たりの給液時間を調節した。‘ハウス桃太郎’については鉢底から流出する排液を回収して，週に3回給排液の重量とECを測定した。実験期間中の培養液濃度と日射比例給液制御の設定値，日射量あたりの給液量を第1図に示した。上記の5品種を用い，培養液濃度3水準，各処理区6個体で計90個体を用いた。

各花房の1番花が開花した日を記録し，腋芽は適宜取り除いた。大玉の2品種は各果房5花となるように摘花したが，中玉品種については果数制限を行わなかった。乱形果が多発する‘レディファースト’については，各花房の1番花を開花前に摘除した。大玉品種は3花開花時に，中玉品種は3花開花時と8花開花時の2回トマトーン100倍液を散布処理した。全ての植物体は第6果房の上3葉を残して摘



第1図 実験期間中の培養液濃度 (EC, mS/m) と日射量当たりの給液量 (2L/h×1回当たりの給液時間/基準日射量) の設定値



第2図 ‘ハウス桃太郎’の排水率(A)と排水の EC(B)の変化に及ぼす培養液 EC の影響

心した。

尻腐れ果は発生した時点で除去し、完熟した果実を収穫して重量を測定し、裂果や奇形果を記録した。第1, 3, 5果房の果実を各処理区4果ずつサンプリングし、前報(吉田ら, 2010)と同様に可溶性固形物と糖、有機酸濃度を測定した。

結果および考察

実験期間中の排水率と排水ECの推移を第2図に示した。対照区の排水率と排水ECは、実験期間を通してほぼ目標どおりに維持することができた。排水率は、培養液濃度が高かった定植後9週目までは低く、培養液濃度が低下した10週目以降は1単位区よりも低くなった。1単位区は排水率が他の処理区よりも常に高く、高濃度培養液による水ポテンシャル低下によって吸水が抑制されるとともに、実験後半には水分ストレスによって生育が抑制され、葉面積が低下したことも影響したと考えられる。全塩類濃度が低い1/2単位区の排水率が13%を超えることはなく、水分の供給が不足気味に経過した可能性が高いが、排水率が5%以下で推移した定植後6～8週目においても顕著な排水ECの上昇は認められなかった。1単位区の排水ECは13週目まで常に高かったが、排水率が20%を超えた14, 15週目には急激に低下し、対照区よりも低くなった。対照区は実験初期に与えた培養液の濃度が高かったため排水EC

が高かったが、培養液濃度を低下させ始めた定植後5週目以降徐々に低下し、8週目以降は1/2単位より少し高い値で経過した。イチゴでは、一般的に供給する培養液濃度が高く、排水率が低いほど排水ECが高くなる傾向にあるが(吉田, 1999)。本実験のトマトでは定植後11週目以降は対照区と1/2単位区の培養液濃度が同じで、排水率は1/2単位区が対照区より低かったにもかかわらず、排水ECはわずかなではあるが対照区のほうが高かった。対照区では、標準濃度培養液を供給した生育初期にCaやMgが不溶化して培地中に蓄積し、生育後半に徐々に溶出したことが影響したのではないかと考えられる。

収量構成と果実品質を第1表に示した。収量に及ぼす培養液濃度の影響は品種によって若干異なったが、5品種を平均すると全収量、正常果収量ともに1/2単位区がもっとも多く、1単位区がもっとも少なかった。‘越のルビー’は後述するように裂果や奇形果による収量の減少がなかったが、品種間で比較すると正常果収量がもっとも少なかった。着果させた果房数は同じであったが、栄養繁殖した挿し木苗を譲り受けて定植したこともあり、定植期が遅かった。第1, 2花房は十分株が充実する前に開花したため、着果数が少なかったことが大きく影響したと考えられる。他の中玉2品種と大玉2品種を比較すると、前報(吉田ら, 2010)の半促成栽培と同様に、中玉品種のほうが大玉品種より全収量、正常

第1表 培養液濃度がトマト品種の収量構成と果実の可溶性固形物濃度 (TSS), 糖濃度, 有機酸濃度および糖／有機酸比に及ぼす影響

	収量 (g/株)		平均果実重 (g)	裂果率 (%) ^z	尻腐れ果率 (%) ^{z,y}	TSS (%)	全糖 (mg・mL ⁻¹)	有機酸 (mg・mL ⁻¹)	糖／有機酸
	全体	正常果							
培養液濃度									
対照区	1698	1362	72.3	25.6	4.1	5.61	40.1	6.8	6.18
1 単位	1508	1070	61.6	22.1	11.5	6.13	42.8	7.4	6.08
1/2単位	1963	1448	91.0	18.5	5.0	5.06	36.4	6.0	6.23
品種									
ハウス桃太郎	1829	1423	102.3	12.9	11.4	5.57	39.9	6.7	6.38
レディーファースト	1806	1231	159.9	32.7	2.4	5.13	34.9	7.3	4.98
レッドオーレ	1947	1476	29.6	24.2	— ^y	6.32	43.3	6.8	6.53
試交112号	2153	1457	53.6	40.5	— ^y	4.95	34.6	6.8	5.28
越のルビー	879	879	29.4	0.0	— ^y	6.03	45.2	6.1	7.59
有意性 ^x									
培養液濃度	**	**	**	*	NS	**	**	**	NS
品種	**	**	**	**	**	**	**	**	**
交互作用	NS	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^z百分率をアークサイン変換後分散分析

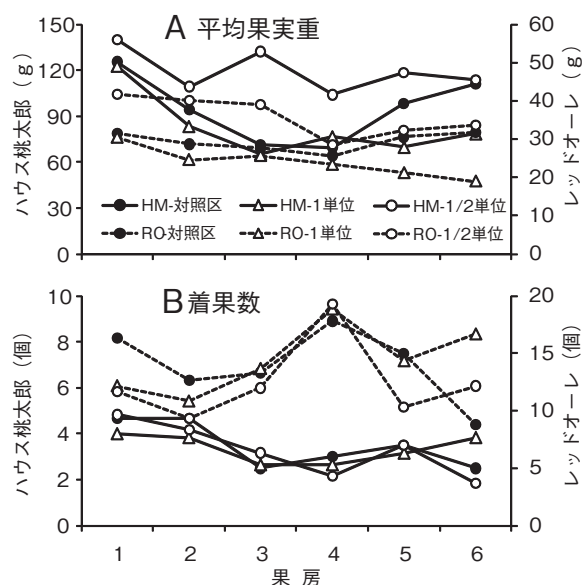
^y中玉品種は尻腐れ果が発生しなかったため、分散分析の対象から除外

^xNS 有意差なし, * 5%, ** 1%水準で有意であることを示す (2元配置分散分析)

果収量ともに多かった。全収量に占める正常果収量の割合は、裂果発生率が40%, 33%と高かった‘試交112号’と‘レディファースト’が約68%と低く, ‘ハウス桃太郎’と‘レッドオーレ’はそれぞれ76%と78%と前記2品種より高かった。

平均果実重は、いずれの品種においても全収量が多い1/2単位区が大きく、全収量の少ない1単位区が小さく、対照区はこれらの中間であった (第1表, 第3図A)。品種間で比較すると、大玉品種と中玉品種それぞれの中では‘レディファースト’と‘試交112号’が‘ハウス桃太郎’と‘レッドオーレ’より大きかったが、ともに着果数が少なかった。品種、個体によって若干の変動があるが、大玉品種では第3果房より上位の果房で、中玉品種では上位の第5, 6果房で着果数が減少する傾向が強かったことから (第3図B), 低段位の果房や果房内の上位果との競合により、着果が阻害されたと考えられる。本実験のように、500mLという限られた根域で葉面積の拡大が抑制され、約3600株/10aという密植条件下におかれた場合、ホルモン処理によって単位結果させてもトマト果実の肥大発育には着果負担の大小が特に大きく影響するものと考えられる。

大玉品種ではチャック果や窓空き果などの奇形



第3図 ‘ハウス桃太郎’(実線)と‘レッドオーレ’(破線)の平均果実重(A)と着果数(B)の変化に及ぼす培養液濃度の影響

果が4～9%をしめたが、中玉品種では果実の形態が安定しており奇形果発生は観察されなかった。裂果発生率は、‘試交112号’が41%, ‘レディファースト’が33%と肥大の優れる品種ほど高かったが, ‘越のルビー’では全く発生が認められなかった。軽微な同心円上裂果がほとんどであったが, ‘レッドオーレ’でも20%以上の果実で裂果発生が認められたことと比較すると, ‘越のルビー’の高い

正常果率は注目に値する形質であるといえる。

尻腐れ果については、中玉3品種ではいずれの培養液濃度区でも全く観察されなかった。‘ハウス桃太郎’の発生率が‘レディファースト’より高く、両品種とも上位の第5, 6果房を中心に発生が認められた。また、1単位区の発生率が高く、対照区と1/2単位区の間にはほとんど差が認められなかった。

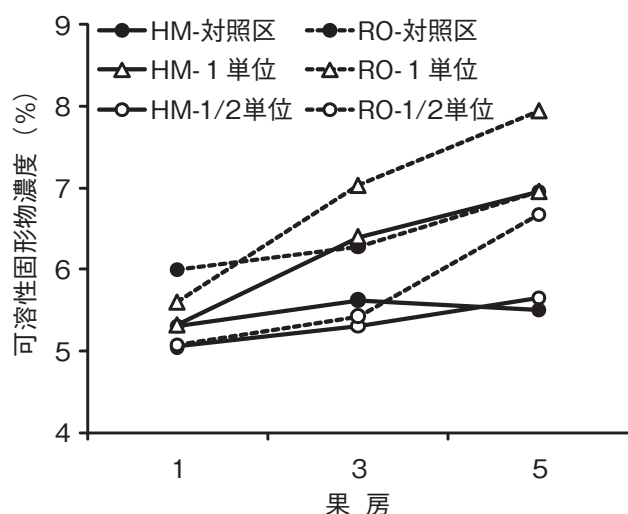
果実品質の指標となる可溶性固形物濃度と全糖濃度を品種間で比較すると、‘レッドオーレ’が最も高く、ついで‘越のルビー’であった。もっとも収量が多かった‘試交112号’は中玉品種でありながら、可溶性固形物、全糖濃度ともに5品種の中でもっとも低かった。培養液濃度処理区の中では、全期間高濃度の培養液を施用した1単位区の品質が明らかに優れ、1/2単位区は劣った。排水EC800mS/mを目標に培養液濃度を1単位から1/2単位まで適宜減少させた対照区はその中間の値となった。また、可溶性固形物濃度はいずれの品種でも第1果房では低く、果実肥大が抑制され、尻腐れ果発生率が高くなった上位の果房ほど高くなる傾向にあった。給液量の違いにより水分ストレスの強さを変えた吉田ら(2007)の結果と同様に、高濃度で水ポテンシャルの低い培養液を施用して強度の水分ストレスを与えることによって、果実品質が高くなるが、収量が減少することが示された。

石上ら(1994)も根域制限条件下では培養液濃度が高いほど果実品質が高くなることを報告している。図師と松添(2004)は高塩類濃度による水

ストレスは、給水制限による水ストレスより果実の糖濃度を向上させる効果が高いと述べており、根域制限条件下においても塩類濃度の高い培養液を施用することが望ましいと考えられる。前報では、根域容量250mLとしてより強い水ストレスを与えることによって尻腐れ果発生が抑制されたことから、対照区より高い濃度で栽培を開始して排水EC1000mS/m程度を目安に濃度を調整し、最終濃度を1単位区と同程度とすることによって、大玉トマトの高品質果実を安定的に生産することが可能になると考えられる。

石上ら(1997)は水ストレス条件下で育てたトマトの果実重と糖濃度との間に負の相関があることを明らかにしており、大玉品種で100g以上の大きさにまで肥大するような果実は、糖濃度が十分に上昇しないと考察している。本実験においても‘ハウス桃太郎’で可溶性固形物濃度が8%以上に達していた果実は、50~80gにまでしか肥大せず、われわれのこれまでの実験(吉田ら, 2007, 2010)においても、大玉品種の100g以上の果実は可溶性固形物濃度が7%未満であった。ファースト系品種のような果実肥大性の優れる品種を用いた場合でも、100gを超えるような高糖度トマトを生産することは困難と推察される。一方、‘レッドオーレ’や‘越のルビー’のような中玉品種は大玉品種より明らかに糖度が高く、尻腐れ果の発生も認められなかった。果実品質の向上を目的として根域制限下で栽培すると平均果実重30g程度と果実は小さくなるが、大玉品種と比較して収量と果実品質の安定性が高かった。

根域制限による高糖度トマト生産には糖蓄積能力の高い中玉系品種が適すると考えられるが、‘試交112号’については果実肥大性と収量性に優れるが、‘ハウス桃太郎’や‘レディファースト’より品質が劣るため適応性は低いといえる。福井県立大学から譲り受けた‘越のルビー’については、定植時期が遅かったこともあり収量性が劣ったが、裂果の発生が全く認められず、糖濃度、糖/有機酸が高く果実品質は優れていた。‘越のルビー’は他の品種よりも株がコンパクトであったため、さらなる密植により収量性については改善される可能性もあり、根域制限栽培に適した品種と判断された。しか



第4図 ‘ハウス桃太郎’(実線)と‘レッドオーレ’(破線)果汁の可溶性固形物濃度に及ぼす培養液濃度の影響

し、‘レッドオーレ’は可溶性固形物濃度が最も高く、収量性も優れることから、本実験で用いた品種の中ではもっとも適した品種であると考えられる。

謝 辞

福井県立大学教授大城 閑博士より、研究用個体として‘越のルビー’の苗をご提供いただいた。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 石上 清, 堀内正美, 中畠輝子, 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生産, 静岡農試研報, 38, 61-72
- 2) 岩本昭夫, 1997, 中玉・高糖度トマト(ミディトマト)の栽培, 農業技術体系野菜編2トマト, p.基645-647, 農山漁村文化協会, 東京
- 3) 農林水産省, 2009, 平成19年産野菜生産出荷

統計平成19年産トマトの作付面積, 収穫量及び出荷量 (<http://www.e-stat.go.jp/SG1/toukeidb/GH07010201Forward.do>)

- 4) 吉田裕一, 花岡俊弘, 溝渕俊明, 1999, 香川型イチゴピート栽培システム“らくちん”の開発(第6報) 排水ECと排水中養分濃度の関係に対する培養液組成とCO₂施用の影響, 園学雑, 68(別1), 90
- 5) 吉田裕一, 松野太樹, 新開 礼, 後藤丹十郎, 2007, 根域容量と日射比例給液制御による給液量がトマトの生育・収量と果実品質に及ぼす影響, 岡山大学農学部学術報告, 96, 37-42
- 6) 吉田裕一, 松野太樹, 高田圭太, 2010, 根域制限栽培におけるトマト品種の生育・収量と果実品質, 岡山大学農学部センター報告, 32, 9-14
- 7) 圖師一文, 松添直隆, 2004, 水ストレスおよび塩ストレス下で栽培したトマト果実のアミノ酸含量の比較, 園学雑, 73(別1), 93