

# トマトの毛管水耕栽培におけるショ糖その他の有機物施用の影響

西浦隆智・大木三男・加藤泰正

信州大学繊維学部繊維植物生産学講座

キュウリやイチゴの養液栽培においては、しばしば初期収量は多いが草勢の衰えが早く、持続的に安定した収量を上げにくいとされている。そこで筆者らは有機物の補給によってこれらの問題が改善されるのではないかと考え、毛管水耕法を用いてこの点を検討した。有機物としては呼吸基質として利用されやすいと考えられるショ糖とリンゴ酸のほか、キュウリを用いた予備試験で根の発育に顕著な効果を示した酢酸を用いた。

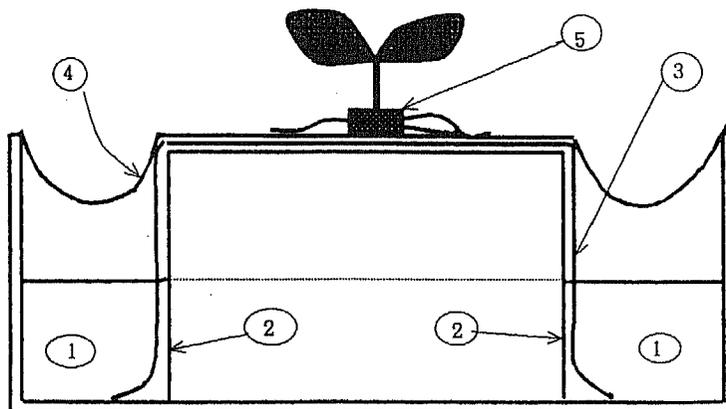
供試植物にはキュウリとトマトを用いたが、キュウリはうどんこ病の被害を受けて信頼すべきデータがえられなかったため、以下にトマトの結果について報告する。

## 実験方法

供試品種にはトマト（サターン）を用い、3月10日播種、第3葉出葉期の4月6日に毛管水耕装置に定植、有機物の施用も同日から開始した。

実験に用いた培養液の無機成分組成は、 $\text{KNO}_3$ 3.7me/l、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 4.3me/l、 $\text{MgSO}_4$ 2.3me/l、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 0.61me/l、とした。但しPについては $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ の1価イオンとして扱った。

栽培に用いた毛管水耕装置（第1図）は40l（63×38×18.5cm）のコンテナの中に穴あきコンテ



第1図 毛管水耕装置の構造

1. 培養液 2. 台 3. 吸水布 4. 防根布 5. 植物

ナ (46.5×31×16cm) をさかさに伏せ、その上に吸水布 (強親水性ビニロン不織布) と根の貫通を防ぐための防根布 (ポリエステル製織布) を敷き、防根布上にロックウールキューブで育苗したトマト苗を2株宛て定植、根部をポリエチレンフィルムで覆い、さらにコンテナ全体をアルミラミネートフィルムで覆ったものである。

有機物施用試験区は無施用区 (Cont)、ショ糖0.3mM/l区 (S0.3)、ショ糖0.4mM/l区 (S0.4)、酢酸0.3mM/l区 (A0.3)、酢酸0.4mM/l区 (A0.4)、リンゴ酸0.3mM/l区 (M0.3)、ショ糖0.2mM/l+酢酸0.2mM/l区 (S+A)、ショ糖0.2mM/l+リンゴ酸0.2mM/l区 (S+M) の計8試験区である。1台の水耕装置にこれらの有機物を所定の濃度で含む培養液30lを与え、植物の吸収による培養液の減量分は随時補給した。

また有機物の施用が培養液の溶存酸素、硝酸イオン、亜硝酸イオン、アンモニウムイオン等の濃度に及ぼす影響をみる目的で、前記8試験区とは別に植物を栽培していない状態の8試験区 (毛管水耕装置は前記と全く同様) を設け、定期的に培養液を採取して上記の各項目について濃度測定を行った。またショ糖0.4mM/l区については、培養液のほか吸水布および防根布上の数カ所の位置 (第3図) から養液を採取し硝酸、亜硝酸およびアンモニア濃度を測定した。培養液中の有機物の濃度変化についてはショ糖のみについて測定を行った。

分析方法は硝酸はカタルド法、亜硝酸はスルファニルアミドメーナフチルアミン法、アンモニアはインドフェノール法による比色定量で行った。ショ糖の測定は酵素法 (インベルターゼ、ヘキソキナーゼ、ホスホグルコースイソメラーゼ、グルコース6-ホスフェイトデヒドロゲナーゼを用い NADPH 生成にともなう紫外外部吸収の増大を測定) によった。なお無栽培の8試験区に与えた培養液量は15lで、液の補給はおこなわなかった。

## 実 験 結 果

### (1) トマトの生育と収量

生育調査は葉長と莖径について行ったが、葉長については区間に一定の傾向を認め難く、莖径のみM0.3区を除き有機物施用区が無施用区より大であった (データ略)。植物体乾物重 (第1表) は茎葉部、根ともにA0.3区とM0.3区がもっとも大で、S+A区がこれに次ぎ、この傾向は全乾物重でも同様であった。これに対してショ糖単独施用区 (S0.3区、S0.4区) は全乾物重が伸びず、とくにS0.4区は最低となった。

次に果実総重量 (収量) ではS+A区を最高に、A0.3区、A0.4区、S+M区の順に何れも1株当たり5Kgを超えており、酢酸が単独あるいは複合施用の如何によらず上位を占めた。一方全

乾物重がもっとも低かったシヨ糖単独施用区は、収量の点でも最下位にとどまった。糖度は無施用区とS0.4区が低いことを除けば、他は6.0~6.2の範囲を示した。

以上の結果、シヨ糖のみの施用は予想に反し生育、収量に対しむしろ負の影響を与えたが、酢酸の効果は比較的大で、シヨ糖も酢酸と組み合わせて施用した場合には、増収を示した。

第1表 トマトの栄養体乾物重と果実収量および糖度（1株当たり）

試験区	栄養体 乾物重			果実 収量		平均糖度 Brix値
	茎葉部 g	根部 g	計 g	個数 コ	総重量 g	
CONT	146.3	16.7	163.0	38.0	4915.6	5.7
S 0.3	138.4	15.7	154.1	35.5	4459.3	6.2
S 0.4	116.9	18.8	135.6	34.0	4626.7	5.7
A 0.3	177.1	19.2	196.3	38.0	5346.5	6.0
A 0.4	146.0	16.6	162.6	32.5	5201.1	6.0
S+A 0.2	152.9	21.1	174.0	38.5	5683.5	6.0
S+M 0.2	136.4	18.3	154.7	38.0	5165.2	6.2
M 0.3	174.4	19.2	193.6	39.5	4242.6	6.1

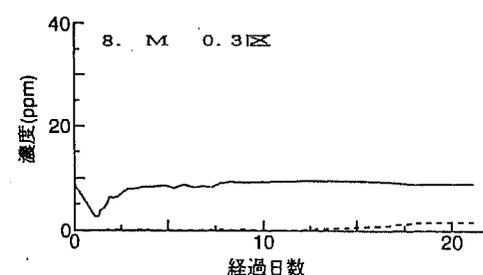
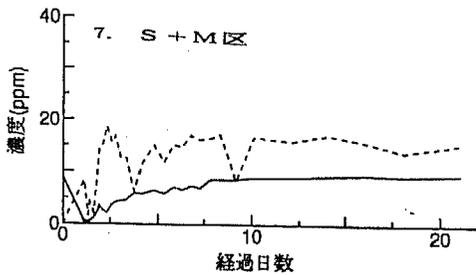
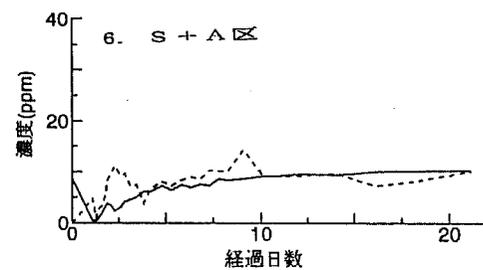
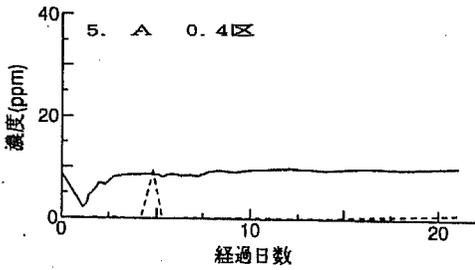
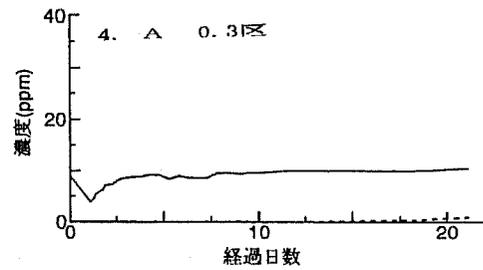
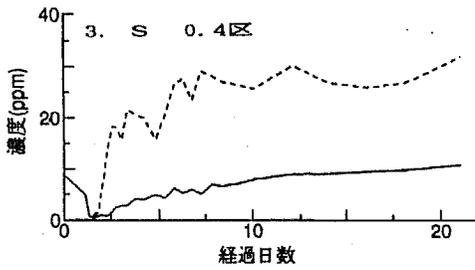
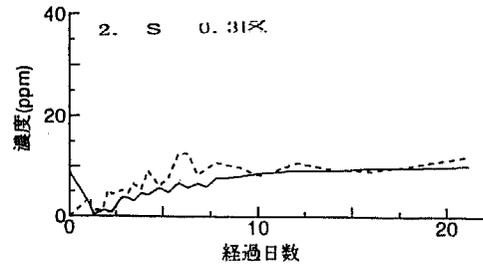
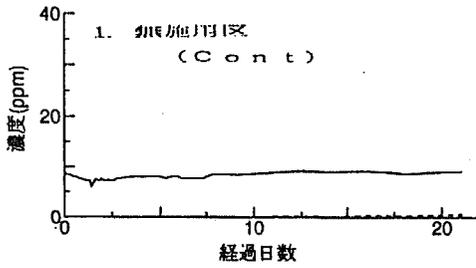
## (2) シヨ糖の施用が培養液中の溶存酸素および窒素成分におよぼす影響

上記の実験でシヨ糖の単独施用が植物体乾物重や収量をかえて抑制する結果となったが、その原因を探る目的で、培養液中の溶存酸素と亜硝酸濃度を測定した。第2図の1~8は20日間の実験期間中における培養液の溶存酸素濃度と亜硝酸態窒素濃度を各試験区ごとに図示したもので、有機物の施用は実験開始日（図の横軸の0日）に行った。

まず対照区（第2図、1）についてみると、培養液の溶存酸素は実験開始時に約9 ppmで、その後も、比較的変動は少なかった。しかしS0.3区とS0.4区（第2図、2および3）では、シヨ糖添加後溶存酸素が急激に減少し、S0.3区では30時間後に0.5ppm、S0.4区では34時間後に0.4 ppmとそれぞれ最低値を記録し、その後6日から7日をかけて徐々に正常値に回復した。またこれらの区では溶存酸素が最低値に達する頃から亜硝酸の生成が開始され、5~6日後にほぼ最高値（S0.3区で亜硝酸態窒素として10~12ppm、S0.4区では約30ppm）に達し、以後実験終了時に至るまでほぼこの濃度を維持した。

一方A0.3区およびA0.4区などの酢酸単独施用区（第2図、4および5）では、施用直後に溶存酸素の低下が認められるものの、最低値は3.9ppm（A0.3区）ないしは2.1ppm（A0.4区）とシヨ糖施用区に比べ低下の度合いが少なく、その後の正常値への回復過程もはるかに早かった。さらに亜硝酸の生成がほとんどみられないのも、酢酸単独施用区の特徴である。

次にS+A区およびS+M区のように、シヨ糖0.2mMと有機酸0.2mMを組み合わせて施用し



第2図 各試験区の培養液中における有機物施用後の溶存酸素濃度と亜硝酸態窒素濃度の経時変化（実線は溶存酸素濃度、破線は亜硝酸態窒素濃度）

た場合についてみると、結果はショ糖単独施用区、とくにS0.3区と同様の経過を示し、溶存酸素の低下と亜硝酸の生成が認められた(第2図、6および7)。しかしS+M区においては、与えたショ糖濃度が0.2mMと少ない割に、亜硝酸の濃度は17~18ppmとS0.3区のそれをはるかに上回っており、この場合はショ糖とリンゴ酸の相助作用が現れているようにおもわれる(第2図、7)。M0.3区はA0.4区と極めて類似の結果を示した(第2図、8)。

以上のことから、培養液中にショ糖を加えると、溶存酸素の低下と亜硝酸の生成が相伴って進行し、溶存酸素濃度は時間とともに徐々に回復するが、一旦生成した亜硝酸の濃度は、少なくとも本実験期間の20日間程度は一定に保たれることが明らかとなった。また酢酸区およびリンゴ酸区で溶存酸素濃度の低下が少なく、亜硝酸の生成もみられなかったのは、同じモル濃度で与えてもこれらの有機酸はショ糖に比べ炭素数で1/6から1/3と著しく少ないことが多分原因であったと思われる。したがってショ糖についてもより低濃度で与えた場合には、好結果がえられることも考えられる。

### (3) 吸水布内での亜硝酸の行動

ショ糖の施用に伴って生成する亜硝酸が、吸水布を通じて植物の根に供給されると、その濃度によっては植物の生育に重大な支障をきたすことも考えられる。実際に本実験におけるS0.3区やS0.4区の生育、収量が他の試験区より劣っていたことも、亜硝酸が原因となっていた可能性が強い。そこでS0.4区の吸水布上の各位置(第3図)から養液を採取して、各窒素濃度の測定を試みた(第2表)。

まず第2表より培養液中の硝酸態窒素と亜硝酸態窒素の濃度をみてみると、それぞれ87ppmおよび30ppmで、両者を合わせると117ppmとなる。これは当初培養液に与えた硝酸態窒素濃度112ppm(8 me/l)にほぼ等しく、培養液中の亜硝酸が硝酸に由来していることを示している。すなわち培養液中に存在する亜硝酸は、ショ糖施用後の嫌気的条件下で硝酸還元菌の作用により硝酸から生成したと推定される。

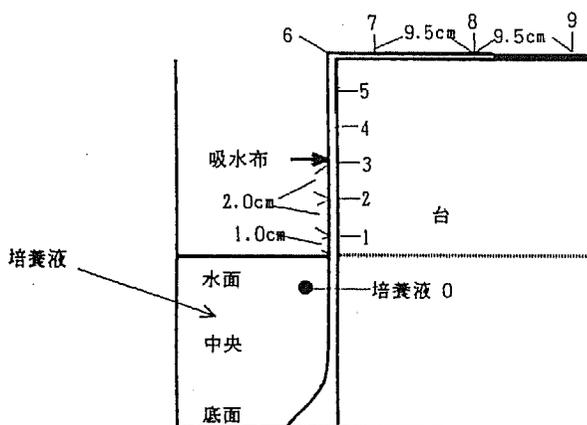
また第2表は、吸水布によって吸水された培養液が上部に向かって移行するにつれ、亜硝酸は減少し、硝酸が増加することを明瞭に示している。すなわち好気的環境におかれている吸水布上では、培養液中とは反対に亜硝酸から硝酸への酸化が行われ、これは恐らく硝酸細菌の作用によると思われる。かくして培養液が吸水布内を上昇してその最上部である平面部分(第3図の7、8、9の位置)に達する頃には、亜硝酸はほとんど検出されなくなる。この結果から考えると、毛管水耕の場合には培養液中に亜硝酸がある程度高濃度に存在しても、培養液が根圏部に到達するまでに亜硝酸濃度はかなり低下すると思われるが、ただ本実験は植物を植えていない状態で

第2表 吸水布が培養液を吸引する過程における窒素の形態変化

養液採取位置	NO3-N	NO2-N	NH4-N	T-N
9	127.2	0.1	1.5	128.8
8	114.5	1.8	2.6	118.8
防根布	7	99.6	4.9	112.0
6	96.3	3.4	7.7	107.5
5	90.1	9.7	7.6	107.3
4	94.8	9.0	7.5	111.3
3	89.5	16.3	7.7	113.4
2	86.8	23.3	8.5	118.6
吸水布	1	88.3	31.1	128.4
培養液	0	87.3	29.9	126.0

(ppm)

行ったので、吸水布中の養液の移動は緩慢であったと考えられ、その分亜硝酸の再酸化が十分に行われる時間的余裕が与えられていたとも考えられる。また本実験ではシヨ糖を最初に一回与えただけであるが、先のトマトを用いた実験では培養液補給の都度有機物も与えているので、シヨ糖施用区では亜硝酸が恐らく高濃度に集積し、これが生育不良の原因となった可能性は否定できない。



第3図 培養液および吸水布上の養液採取位置

#### (4) 培養液中におけるシヨ糖濃度の変化

培養液に有機物を施用すると、有機物のかなりの部分が細菌その他の微生物によって利用されるであろうことは想像に難くない。第4図はシヨ糖施用後の培養液中におけるシヨ糖濃度の変化を追跡したものである。これによると与えたシヨ糖の大部（約80%）が消失するに要する日数は、0.2mM/l 施用区(S+A区およびS+M区)では約1日、S0.3区で1.5日、S0.4区で約2日と極めて早い。ちなみに実験期間中の平均液温は18.9℃であった。

以上のように、シヨ糖は培養液中において甚だ分解をうけ易いため、培養液に直接施用するこ

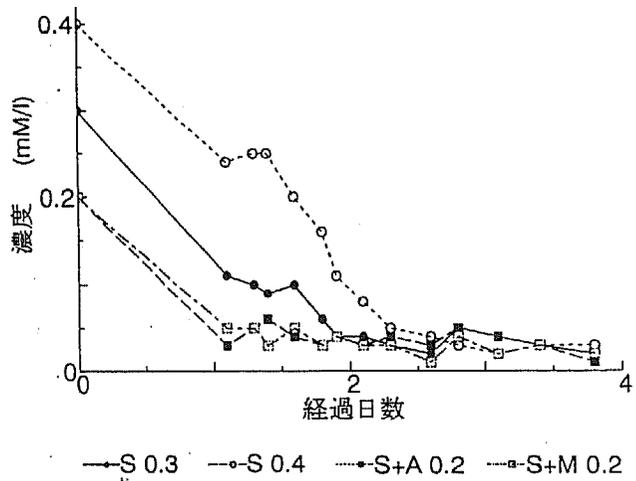
とは非能率的であり、また亜硝酸を生成する点からも好ましくない。しかし毛管水耕法では培養液と根圏部が隔離され、根圏部は直接空気に接触して好気の状態にあるから、シヨ糖をはじめその他の有機物も根圏部に直接施すのが経済的かつ効果的であると思われる。

## 要 約

トマトの毛管水耕栽培における有機物施用の効果を調査し、以下の如き結果をえた。

供試した有機物はシヨ糖、酢酸およびリンゴ酸で、このうち酢酸については単独施用(0.3mM/lあるいは0.4mM/l)、およびシヨ糖との複合施用(酢酸0.2mM/l+シヨ糖0.2mM/l)の何れにおいても果実収量に対する増収効果が認められた。リ

ンゴ酸もシヨ糖との複合施用で効果を示したが、単独施用区(リンゴ酸0.3mM/l)には効果が認められなかった。これに対しシヨ糖単独施用区(シヨ糖0.3mM/lあるいは0.4mM/l)の果実収量は無施用区(対照区)よりも低下した。培養液にシヨ糖を加えると溶存酸素が急激に低下するとともに、硝酸から亜硝酸への還元が起こり、亜硝酸が蓄積することが別の実験から明らかにされた。シヨ糖単独施用区の減収もこの亜硝酸の影響によるものと推定される。



第4図 培養液中におけるシヨ糖の経時変化

## 参 考 文 献

- 1) Cataldo, D.A., et al. (1975). Commun. Soil science and plant analysis, 6 : 71-80.
- 2) 土壤標準分析測定法委員会編 (1986). 土壤標準分析測定法, 博友社、東京、pp94-118.
- 3) Outlaw W.H. and Tarczynsky, M.C. (1985). Methods of enzymatic analysis. 3rd ed. vol.6 (ed. H. U. Berh Meyer). pp96-103. Verlag chemie, weinheim.
- 4) 菅原 潔・副島正美 (1977). 蛋白質の定量法 (第2版)、生物化学実験法7、学会出版センター東京、48-60.
- 5) 米山忠克・笹川英夫・戸塚 績・山本幸男 (1978). 高等植物の生長におよぼす二酸化窒素の

影響(5)草本植物による NO<sub>2</sub>の吸収、亜硝酸の蓄積、亜硝酸還元酵素活性の変化

国立公害研究所特別研究成果報告 R-2、pp103-111.

- 6) 吉田隆徳・沖森 当・鈴木達彦 (1980). 有機物がトマトの生育、収量、品質などに与える影響 (その 1) 生育、収量、品質に与える影響 農業および園芸, 55 : 432-434.