

かん水同時施肥法による高糖度トマトの生産安定

松浦京子¹⁾・高柳りか・佐藤達雄・吉田 誠

Stable Production of High Soluble Solids Tomatoes by Drip Fertilization

Kyoko MATSUURA, Rika TAKAYANAGI, Tatsuo SATO and Makoto YOSHIDA

摘 要

高糖度トマトの生産を安定化するために、促成作型において根域制限によりかん水同時施肥栽培を行ったところ、以下の技術指標が得られた。

1. 収量、品質の両面から‘サンロード’が、糖度の安定性においては‘ハウス桃太郎’が高糖度トマト栽培に適した品種と認められた。
2. 第1花房から糖度がBrix.8~9%の果実を得られ、商品果収量5~6t/10aの果実生産が可能であった。
3. この場合の土壤水分張力は、慣行のpF2.0内外に対して、pF2.6~2.8と極めて高く推移した。
4. 土壤の硝酸イオン濃度は、第5花房開花期に400ppmに上昇し、第7花房収穫期まで400~800ppmに推移した。

謝 辞

本報告のとりまとめに当り、ご指導を戴いた農業振興課野菜専門技術員成松次郎氏、ならびに板木技術士事務所長板木利隆博士に深謝の意を表す。また、本研究の実施に当っては、当研究所各位にご協力を頂いた。併せて深く感謝する。

キーワード：トマト、高糖度、かん水同時施肥法、硝酸イオン、pF値、促成栽培

Summary

In order to find the method for stable production of high soluble solids tomatoes, we examined a method of drip fertilization in isolated bed. In forcing culture, the results were as follows:

1. ‘Sun-road’ tomato was preferable at yield and quality, ‘House-Momotarou’ tomato was preferable at stability of sugar content.
2. In this case, quantity of harvest was about 5~6t/10a fruits whose Brix above was 8~9% from primary flower truss.
3. In isolated bed culture, the soil moisture potential was pF2.6~2.8. It was much higher than standard cultivation (about pF2.0).
4. Also, the concentration of nitrate ion in soil was 400ppm at the flowering period of fifth flower cluster. Until the harvest period of seventh flower cluster, it was kept up 400~800ppm.

Keyword: tomato, sugar content, drip fertilization, nitrate ion, pF, forcing culture

¹⁾神奈川県湘南地域農業改良普及センター

緒 言

近年、国内の産地間競争に加え海外からの輸入によって野菜の価格低迷が農家経営を圧迫しており、トマトにおいても更なる高収量・高品質生産技術への向上が求められている。その一手法となる高糖度トマトの生産は、Brix.8~9%に高めることにより差別化を図っているが、その果実品質は品種、栽培条件等により大きく変動することから、安定化のための栽培技術指標の確定が強く望まれている。

トマトの糖度は水分ストレス、塩類ストレスに依存すると言われており、土耕では、根域制限や隔離床栽培においてpF値(番ら 1994)や温度(阿部ら 1994)を、養液栽培では、EC(大石 1995)を指標とした高糖度トマト栽培が行なわれている場合が多い。しかし、そのことによる結実果数の減少、小果や尻腐れ果の発生により、一般的なBrix.5~6%のトマト栽培の収量の1/3~1/2の少収であることが問題となっている。

そこで、まず高品質で安定した果実生産に適する品種の選定を行うため、大玉系の市販品種で高糖度栽培の事例がある4品種を用いて、収量と糖度、ならびに糖度の変動、アミノ酸を含めた果実内容成分などを調査し、総合的に比較した。

そして、目標糖度がBrix.8~9%の果実を、花房の低段から上段まで安定して得るために、'ハウス桃太郎'を材料とし、かん水同時施肥法による根域制限栽培について検討した。かん水同時施肥法は、土壌診断や汁液診

断によるリアルタイム生育診断によって水と施肥量を日施用で制御する栽培方法であり、慣行のトマト栽培では多くの事例が報告されている(菅沼 1999)が、本研究では高糖度の果実を生産することを目的とし、生土容積法による硝酸イオン濃度とpF値を指標とした制御方法を検討した。その結果、生産安定のための主要な指標が得られたので報告する。

材料及び方法

1. 品種選定試験

(1) 試験区と耕種概要

ア.第1年次

供試品種は、'ハウス桃太郎'、'桃太郎J'、'サンロード'、'ファーストアップ'を用い、1区10株、2反復とした。播種は2000年10月10日、定植は所内ガラス温室に同年12月1日、株間35cmの2条植えとし、遮根シートによる根域制限は、ベット幅80cm、深さ20cm、通路幅125cmとした。栽培土壌は、褐色黒ボク土にパーク堆肥を混合したものをを用いた。施肥は、かん水同時施肥法で毎日午前10時に第1表のように各生育ステージで施肥量・かん液量を変えて、総窒素施肥量10.3g/株、総かん液量74.9L/株とした。摘心は、2001年3月12日に第8花房上2葉残して行なった。

イ.第2年次

供試品種は'ハウス桃太郎'と'サンロード'を用い、2001年10月11日に播種し、定植を12月3日、摘心を2002年3月15日に行い、栽培管理を前年と同様とした。第2表

第1表 かん液管理法(2000年)

生育ステージ	期間	肥料の種類	N肥料量 mg/株/日	かん液量 L/株/日
定植~第3花房開花期	12/1~12/31	養液土耕5号 ²	30~50	0.07~0.21
第3~5花房開花期	1/1~1/28	養液土耕2号 ¹	80~110	0.28
第5~8花房開花期	1/29~3/11	養液土耕2号 ¹	110~60	0.42~0.49
第8花房開花期~第5花房収穫期	3/12~4/8	養液土耕2号 ¹	60	0.49
第5花房収穫期~終了	4/9~5/28	養液土耕2号 ¹	40~0	0.63
合計			10.3g/株	74.9L/株

¹肥料組成：N:P₂O₅:K₂O=12:20:20 ²肥料組成：N:P₂O₅:K₂O=14:8:25

第2表 かん液管理法(2001年)

生育ステージ	期間	肥料の種類	N肥料量 mg/株/日	かん液量 L/株/日		
				対照,100%	80%	60%
定植~第3花房開花期	12/7~1/3	養液土耕5号	30~50	0.14	0.11	0.08
第3~5花房開花期	1/4~1/31	養液土耕2号	60~90	0.28	0.22	0.17
第5~8花房開花期	2/1~3/14	養液土耕2号	90~50	0.4~0.5	0.34~0.4	0.25~0.3
第8花房開花期~第5花房収穫期	3/15~4/11	養液土耕2号	50	0.63	0.5	0.38
第5花房収穫期~終了	4/12~5/28	養液土耕2号	30~0	0.7	0.56	0.42
合計			8.33g/株	76.9L/株	61.3L/株	45.9L/株

第3表 品種の違いと収量、糖度との関係 10株、2反復の平均

試験区	総収量 kg/株	商品果収量 ² kg/株	果重 ¹ g/果	糖度 ¹ Brix.%	第1花房 の糖度%
ハウス桃太郎	2.37	1.89(5.3)	71±29	9.7±1.4	7.7
桃太郎J	2.66	2.11(5.9)	82±35	9.0±1.6*	5.9**
サンロード	2.83	2.30(6.4)	83±30	9.2±1.5	6.9
ファーストアップ	3.23	2.28(6.3)	93±40	8.2±1.6**	5.8**

¹第1～8花房の平均, 1花房3果, 2反復調査(計48個/区)²商品果の平均果重¹40g以上を商品果収量とした。()内は, 単位t/10aに換算,*は, ハウス桃太郎と各品種のt検定の結果, 5%水準の有意性,**は, ハウス桃太郎と各品種のt検定結果, 1%水準の有意性.

第4表 品種の違いと、不良果の発生及びその内訳との関係 1区10株、2反復の平均

試験区	不良果 kg/株	不良果の内訳 %							
		空洞果	乱形果	チャック・窓	スジ腐れ	花落ち	尻腐れ	裂果	小果
ハウス桃太郎	0.48(20)	5.6	3.4	6.8	0.0	0.0	12.1	21.3	62.3
桃太郎J	0.55(20)	4.3	2.6	7.4	0.0	2.0	17.1	27.5	50.1
サンロード	0.53(19)	15.7	20.1	7.3	0.0	7.0	25.1	15.3	7.0
ファーストアップ	0.95(29)	3.3	12.7	3.6	0.4	0.0	9.0	65.4	24.2

不良果の内訳は、重複を含む。()内は総収量に占める不良果の割合%

第5表 栽培方法、品種の違いと果実の品質及び成分 2001年4月6日調査、1区3果

試験	果重 g/果	硬さ kg	クエン酸 %	糖度 Brix.%	ブドウ糖+果糖 mg/100mL	アミノ酸 mg/100mL	グルタミン酸 mg/100mL	プロリン g/100mL	ビタミンC mg/100mL
慣行栽培 ハウス桃太郎	126	0.56	0.55	5.0	2.56	338	172	0.0	10.5
根域制限栽培 ハウス桃太郎	47**	0.68*	1.38**	9.4**	8.00**	771**	360**	33.8*	14.6*
桃太郎J	63**	0.70*	1.40**	9.1**	7.00**	821**	421**	21.8**	15.3**
サンロード	106	0.64*	1.27**	8.5**	4.70*	961**	515**	12.5*	11.8
ファーストアップ	74**	0.68*	1.26**	7.6**	5.10*	798**	414**	9.3	13.7

* 対照との最小有意差法の結果を, 5%有意差は*, 1%有意差は**で示した.

のように、窒素施肥量は、前年より2割減とし、かん液量は、第1年次の総かん液量約75L/株を100%として、80%、60%の3水準を設定した。

(2)果実品質の調査方法

各花房の果実糖度は、第1,2年次ともに、果実を赤道部に対して垂直に2等分して果実搾り器で搾汁し、デジタル糖度計(アタゴ, PR-101)で測定した。

果実品質と成分の調査は、第5花房の果実を収穫し、果実の赤道部を垂直に4等分し、搾汁液を果実搾り器で得た。糖度は、デジタル糖度計(アタゴ, PR-1000)で測定し、糖組成及び含有量は、高速液体クロマトグラフで測定した。

有機酸組成及び含有量は、高速液体クロマトグラフで測定し、アミノ酸については1%スルホサリチル酸で抽出し、高速液体クロマトグラフで測定した。

ビタミンCは、5%メタリン酸で抽出し高速液体クロマトグラフで測定し、還元型アスコルビン酸量を求めた。

硬度は、藤原式果実硬度計を用いて赤道部4点を測定した。

2. かん液量試験

(1)試験区と耕種概要

供試品種は‘ハウス桃太郎’とし、品種選定試験と同様に栽培した。2000年の試験区は、対照区と根域制限区の2区とし、第1表のように株当りのかん液量と窒素施肥量が同量のかん液管理を行った。2001年の根域制限区においては、かん液量を2000年の総かん液量約75L/株に対して100%、80%、60%の3水準を設け、第2表のかん液管理とした。対照区は、2000年、2001年とも遮根シートのない慣行栽培とした。

(2)生土容積法による硝酸イオン測定方法

分析に用いた土は、点滴かん水チューブから10cm離れた株間中央、深さ15cmを約2週間間隔で採取した。抽出は、100mLイオン交換水へ150mLになるように採取した土でメスアップし、20秒間振とうしてからNa₅Bのろ紙でろ過した。硝酸イオン濃度は、抽出液をRQフレックス法で測定した。

(3)pF値の測定方法

pFメーターはDIK-8332(大起理化工業(株))を用い、点滴かん水チューブから10cm離れた株間中央、深さ

15cmに設置し、かん液時間(午前10時)の直前に1週間ごとに測定した。

結 果

1. 品種選定

(1) 収量と糖度

第1花房の糖度は、第3表に示したように、‘ハウス桃太郎’がBrix.7.7%、‘サンロード’がBrix.6.9%であるが、‘桃太郎J’と‘ファーストアップ’はBrix.6%以下と低かった。また、‘ハウス桃太郎’は、糖度は最も高かったが、商品果収量が1.89kg/株と最も少なく、‘サンロード’は、糖度が‘ハウス桃太郎’と同程度で

第6表 平均値の差の検定 4月6日調査、1区3果

水準1	水準2	最小有意差法 ¹			
		糖度	クエン酸	グルタミン酸	硬さ
ハウス桃太郎	桃太郎J	—	—	—	—
	サンロード	*	—	**	—
	ファーストアップ	**	—	—	—
桃太郎J	サンロード	—	—	*	—
	ファーストアップ	**	—	—	—
サンロード	ファーストアップ	*	—	**	—

¹第5表の最小有意差法の結果、5%有意差を*、1%有意差を**と示した。

あるが、商品果収量は2.30kg/株と多収を示した。

第4表に示したように、4品種とも尻腐れ果、裂果、小果の割合が高く、‘ハウス桃太郎’と‘桃太郎J’は小果が、‘ファーストアップ’は裂果が特に多かった。

(2) 果実の品質と内容成分

第5表、第6表に示したように、慣行栽培の‘ハウス桃太郎’(Brix.5%)と比較すると、4品種ともクエン酸、アミノ酸、ビタミンC含有量が高く、特に‘サンロード’はグルタミン酸含有量が最も多く他の品種と有意差が認められた。また、4品種間には、硬さとクエン酸に差が見られず、‘ハウス桃太郎’と‘桃太郎J’は、糖度と

グルタミン酸にも差がなかった。

2. かん液量試験

(1) 収量と糖度

‘ハウス桃太郎’、‘サンロード’ともに、かん液量を100%に対して80%、60%と少なくすると、第7表に示したように、糖度が高まり収量が低下する傾向が見られた。また、商品果収量と糖度は各試験区とも品種間で同等であるが、‘ハウス桃太郎’と比べると‘サンロード’は、果重が重くその標準偏差が大きかった。また、第1花房の糖度は、100%区、80%区においてBrix.0.5%以上低くなった。

また、‘ハウス桃太郎’について慣行栽培と比較すると、根域制限区は、第8-1表、第8-2表に示したように、総収量、商品果収量、平均果重は少なく、糖度が高くなる傾向がみられた。

(2) 時期別の土壌水分張力と硝酸イオン濃度

‘ハウス桃太郎’において、時期別の土壌水分張力を第1図に、生土容積法による硝酸イオン濃度を第2図に示した。

土壌水分張力は、おおむね根域制限栽培では、pF2.6~2.8と高く推移し、対照区では、生育前半でpF2.0前後、後半でpF2.5~2.7であった。

根域制限栽培の硝酸イオン濃度は、2000年、2001年とも全試験区で第5花房開花期に400ppm程度に上昇した。その後、第7花房収穫期にあたる5月中旬まで80%区は400~800ppmで推移し、果実の糖度はBrix.8~9%と比較的安定していたが、100%区は200~400ppmで推移し、第6花房以降の果実は、Brix.8%未満となった。また、2000年の根域制限区と2001年の60%区は、第8花房開花期に1300ppmに達しBrix.10%以上の果実が得られた。

考 察

根域制限による促成作型において、‘ハウス桃太郎’、‘桃太郎J’、‘サンロード’、‘ファーストアップ’

第7表 かん液量が‘ハウス桃太郎’と‘サンロード’の収量と糖度に及ぼす影響

試験区		総収量	商品果収量	果重 ¹	糖度 ¹	第1花房 の糖度%
		kg/株	kg/株	g/個	Brix.%	
ハウス桃太郎	100%	2.70	2.43	90±31	8.0±1.3	7.9
	80%	2.52	2.17	81±28	8.7±1.0*	9.5
	60%	1.76	1.37	64±22	9.9±0.5*	9.4
サンロード	100%	3.29	2.43	109±48	8.0±1.2	7.1
	80%	2.64	2.21	93±57	8.3±1.0	9.0
	60%	2.23	1.57	73±24	9.9±0.6*	9.6

¹第1~8花房の平均、1花房3果、2反復調査(計48個/区)、²商品果の平均果重、1区10株、2反復の平均 *はそれぞれ100%区とのt検定結果。

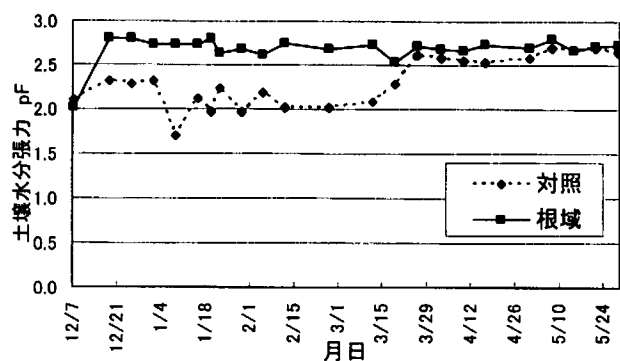
第8-1表 根域制限栽培が‘ハウス桃太郎’の収量と糖度に及ぼす影響(2000年度調査) 1区10株2反復

試験区	総収量 kg/株	商品果収量 ² kg/株	平均果重 ² g/果	糖度 ¹ Brix.%							
				第1花房	第2花房	第3花房	第4花房	第5花房	第6花房	第7花房	第8花房
対照区 [*]	5.73	4.76(10.5)	167	5.1	5.6	—	6.0	—	6.1	—	5.8
根域区 [△]	2.37	1.89(5.3)	71	7.7	8.0	9.2	9.6	10.6	11.3	11.3	10.1

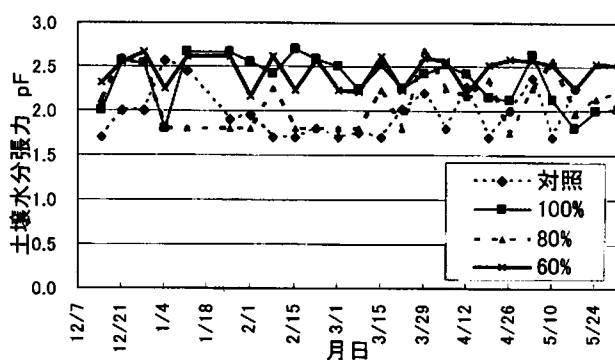
第8-2表 かん液量が‘ハウス桃太郎’の収量と糖度に及ぼす影響(2001年度調査) 1区10株2反復

試験区	総収量 kg/株	商品果収量 ² kg/株	平均果重 ² g/果	糖度 ¹ Brix.%							
				第1花房	第2花房	第3花房	第4花房	第5花房	第6花房	第7花房	第8花房
対照区 [*]	5.88	5.16(11.8)	167	5.1	5.3	—	5.4	—	6.1	—	6.4
100% [△]	2.70	2.43(6.8)	90	7.9	8.0	3.3	9.3	8.1	7.7	7.8	6.7
80% [△]	2.52	2.17(6.1)	81	9.5	9.7	8.9	8.6	8.4	8.6	8.0	7.5
60% [△]	1.76	1.37(3.8)	64	9.4	9.9	9.8	10.2	10.5	10.2	10.0	9.6

^{*}40g以上の果実を調査、()内は単位t/10aに換算 ¹1区3果、2反復の平均 ^{*}かん水同時施肥法による慣行栽培 [△]かん水同時施肥法による遮根シートの根域制限栽培



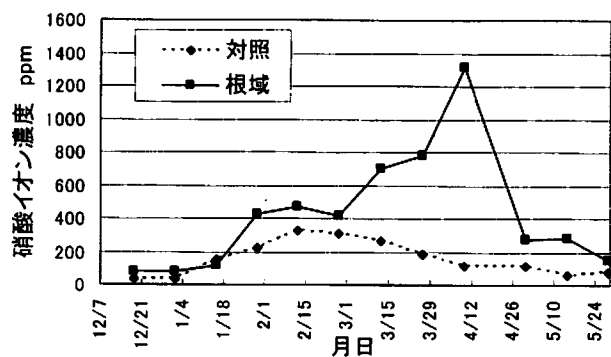
2000年



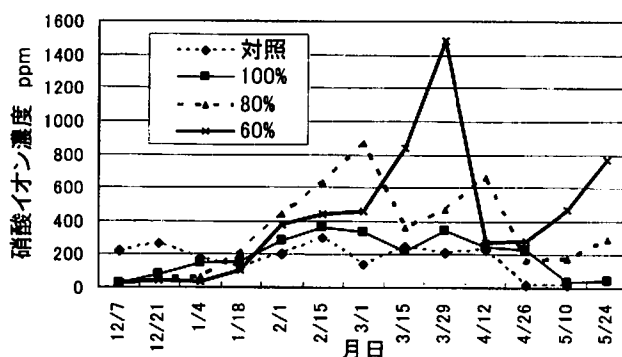
2001年

第1図 土壌水分張力の経時変化(左図：2000年度、右図：2001年度)

対照：地床による慣行栽培。根域：根域制限栽培。100%、80%、60%：根域制限栽培における、かん液量3水準。



2000年



2001年

第2図 硝酸イオン濃度の経時変化(左図：2000年度、右図：2001年度)

対照：地床による慣行栽培。根域：根域制限栽培。100%、80%、60%：根域制限栽培における、かん液量3水準。

の4品種を検討したところ、収量、品質面では‘サンロード’が、糖度の安定性においては‘ハウス桃太郎’が、高糖度トマト栽培に適した品種と考えられた。阿部ら(1994)は、収量性を重視し、多収量の‘ファーストアップ’を薦めているが、果実糖度の変動や糖以外の内容成

分については述べていない。本試験では、‘ファーストアップ’は、収量が多いが、果重と糖度の変動が大きく、‘ハウス桃太郎’は、糖度の変動が小さく、低段から上段まで一定した糖度で品質が安定しやすい品種と考えられた。

トマトの食味は、糖やグルタミン酸などのアミノ酸が旨味成分として重要である(小俣 1969, Stevensら 1979)とされている。同一のかん液管理において、糖度は‘ハウス桃太郎’が、グルタミン酸濃度は‘サンロード’が最も高いことから、この2品種が果実品質の優れた品種と考えられた。

水分ストレス利用による高糖度トマト栽培についての研究は、数多く報告されており、温度(阿部ら 1994)、土壌水分(番ら 1994)、莖径など植物体の変化(大竹ら 1994)をかん水制御に利用することが試みられている。しかし、精密な測定器具を要することから栽培技術の指標としては適当でないと考えられたので、本試験では、判定の容易なことと普及性を考慮し、土壌の硝酸イオン濃度を基準とすることで、精密センサー不要のタイマー制御によるかん液管理方法を試みた。

その結果、第2表に示したかん液管理方法で、土壌水分をpF2.6~2.8に管理し、土壌の硝酸イオン濃度を定植から第5花房開花期までに400ppmへ徐々に高くすると、第1花房からBrix.8%以上の高糖度果実の生産が可能と考えられた。さらに、第7花房収穫期まで400~800ppmに維持することでBrix.8~9%の果実生産が可能と思われた。

トマト果実の糖度は、水分ストレスと塩類ストレスに依存するといわれており、対照区と比較して明らかに根域制限栽培の試験区はpF値と硝酸イオン濃度が高かった。慣行栽培において、菅沼(1999)は、かん水同時施肥法における施肥判断に、土壌中の硝酸イオン濃度が適すると述べている。土耕における高糖度トマト栽培では、塩類ストレスの指標としての数値に関する報告はないが、本試験の結果から、生土容積法の硝酸イオン濃度を指標にできることの可能性が見いだされた。

かん水同時施肥法は、元肥を施用する必要がないため肥料の土壌混合が不要であり、点滴チューブによる均一なかん液管理が可能であることから、根域制限や隔離床栽培で連作する場合に簡易な施肥方法と思われた。

引用文献

- 阿部晴夫・飯塚浩・茂木正道. 1994. 簡易な根域水分制御システムの開発. 群馬農業研究D園芸8:11-26.
 番善宏・山下文秋・林悟朗. 1994. 栽培密度及び水分ストレスがトマトの果実糖度及び乾物生産に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 26:163-167.
 小俣靖. 1969. 食品の味と成分. 食品工業学会第16回シンポジウム講演集. p.9-21.

- 大石直記. 1995. 莖径変化を利用したトマトの水分ストレス検出とその応用—養液栽培を中心に—. 施設園芸4: 34-37.
 大竹良知・番善宏・田中喜久・林悟朗. 1994. かん水制限栽培がトマト果実の内容成分に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 26:209-212.
 Stevens, M.A., A.A.Kader, and M.Albright. 1979. Potential for increasing tomato flavor via increased sugar and acid content. J.Amer.Soc.Hort.Sci. 104:40-42.
 菅沼健二. 1999. 現地温室における点滴施肥栽培トマトの生育. 愛知農総試研報. 31:103-110. 高橋 尚. 1988. ハイテクによる野菜の採種(そ菜種子生産研究会編). p393-396. 誠文堂新光社. 東京
 Tanikawa, T., Takagi, M., and Ichi, M. 1996. Plant Regeneration from Suspension Cultures of Onion (*Allium cepa* L.) Plant Tissue Culture Letters 13:259-264
 Van der Valk P., Scholten, O. E., Verstappen, F., Jansen, R. C., and Dons, J. J. M. 1992. High frequency somatic embryogenesis and plant regeneration from zygotic embryo-derived callus cultures of three *Allium* species. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 30:181-191.