

温泉水を利用したトマト水耕栽培における 作物体の品質に関する研究

江崎 一子¹、佐藤 俊彦²、西澤千恵子¹、
佐野 雅俊³、安藤 茂信⁴、斉藤 雅樹⁵

【キーワード】

水耕栽培、温泉水、トマト、味覚センサー、味覚官能検査

【要 旨】

温泉水に豊富に含まれるミネラルを農作物に取り入れる技術開発はほとんどなされていない。本研究では野菜の生育に適した温泉水を用いて、トマトの水耕栽培を行い、生育やミネラル含量、味覚に及ぼす温泉水の効果を検討した。

果実中には、土壌栽培に比し P、K、Na、Mg が豊富に含まれたが、Ca、Fe は逆に低値であった。果実の味については、味覚センサーの分析で温泉水耕栽培の方が土壌栽培に比べ、塩味、渋味刺激、酸味にわずかな違いが得られたが、他はほとんど差がみられず、官能検査では違いが認められなかった。

はじめに

近年、野菜の消費者ニーズは高品質志向にあり、品質向上のための栽培技術の開発が重要な課題となっている。特にトマトでは、果実の高糖度化のために、水ストレスや塩ストレス処理をはじめとする根系からの吸水処理に対してさまざまな検討が行われ、一定の条件下での養液栽培により高糖度果実の生産が可能になっている¹⁾²⁾。しかし、水ストレスや塩ストレスにより果実糖度は高まるものの、果実の小玉化や尻腐れ果の増加が生じ、収量の激減にしばしばみまわれるという問題も抱えている³⁾。

一定の品質を維持した果実を安定的に生産するためには、さまざまな生産管理技術の最適化が重要な課題であるが、なかでも、養液栽培における培養液の管理は最も重要性の高い要素である。特に培養液の組成や濃度は、品質や生産性に大きく影響を与えられている。

一般に、養液栽培は、施肥労力の節減や、周年栽培の利点を有し、さらに、循環型の養液を系内で有効に利用するため、排水も少なく環境負荷の少ない持続的農業技術として、今後も新規展開が期待される養分供給技術である。われわれは、野菜の生育に適する温泉水を探索調査し、豊富に湧出し利用されずに排出されている温泉水を水耕栽培に有効活用することで、人体に有用な

¹ 別府大学食物栄養科学部 〒874-8501大分県別府市北石垣82

² 別府大学短期大学部 〒870-0868大分県大分市大字野田380

³ 大分県安全農業研究所 〒872-0103大分県宇佐市北宇佐65

⁴ 有限会社ゆふいんフローラハウス 〒879-5103大分県由布市湯布院町川南71-1

⁵ 大分県産業科学技術センター 〒870-1117大分県大分市高江西1-4361-10

ミネラルを豊富に含む栄養価の高い農作物を生産する栽培技術の開発について検討を行ってきた。

本研究では、大分県由布院温泉の飲用に適した温泉水を用いたトマトの水耕栽培が、作物体のミネラル含量や食味などの品質に与える影響について調べ、温泉水による水耕栽培の効果を検討した。

材料及び方法

1 温泉水を用いたトマト水耕栽培の概要

市販の水槽に、飲用に適した湯布院温泉の温泉水（源泉名：花の湯温泉、大分県由布市湯布院町川北勿木、温泉水の成分分析は大分県薬剤師会分析センターに依頼し、成分分析値は表1に示す。）を満たし、水温が気温と同一になるまで放置したのち、家庭菜園用の肥料を溶解して、市販のトマト（品種：桃太郎）の苗を2008年4月1日に植え付け、生育させた（図1）。水槽中の減じた水については、週に1回の割合で、気温と同一の温度まで冷ました温泉水を用いて補充を行った。また、由布市で同品種のトマトを同じ時期に土壌栽培して収穫したものを対照とした。

表1 水耕栽培に使用した温泉水[#]の成分

性状ほか	陽イオン		陰イオン		飲用に係る成分	
	mg/kg		mg/kg		mg/kg	
泉質：単純温泉 （弱アルカリ性 低張性、高温泉） 泉温：53.6℃ 湧出量：33L/min 無色・澄明・無味・無臭 pH8.2	Li ⁺	0.2	F ⁻	0.4	Cd	0.001
	Na ⁺	131	Cl ⁻	85.5	As	0.016
	K ⁺	10.3	Br ⁻	0.2	Hg	0.0005未満
	NH ₄ ⁺	0.6	S ₂ O ₃ ²⁻	0.1	Pb	0.01未満
	Mg ²⁺	2.6	SO ₄ ²⁻	26.4	Cu	0.05未満
	Ca ²⁺	5.8	NO ₃ ⁻	0.2	F	0.4
Mn ²⁺	0.2	HPO ₄ ²⁻	1.2	CO ₂	17.6	
		HCO ₃ ⁻	220.0			
	計	150.7	計	334.0	遊離成分	mg/kg
					H ₂ SiO ₂	220.0
					HBO ₂	4.0
					HAsO ₂	0.0
					H ₂ SO ₄	0.0
					H ₃ PO ₄	0.0
					(溶存ガス成分)	
					CO ₂	17.6
					H ₂ S	0.0

[#]源泉名：花の湯温泉（大分県由布市湯布院町川北勿木）

4月30日



6月10日



7月10日



図1 温泉水を用いた水耕栽培でのトマトの生育状況

2008年4月1日に温泉水を満した水槽にトマト（品種：桃太郎）の苗を植え付け生育させた。

2 果実の収穫および果実内無機成分含量、糖度の測定

果実の収穫は、2008年7月初旬から中旬に行った。果実内成分の分析は、収穫果実の中から平均的な果色と果重をもつ果実を用いた。果実内成分のミネラル含量は、Na、K、Ca、Mg、P、Fe、Zn、Cu、Mnを測定した。試料10gを乾式灰化し、1%塩酸に溶解させ50mlに定容した後、P以外のミネラルは原子吸光度計（AA6800型 島津製作所製）で、Pについてはバナドモリブデン酸吸光度法により分光光度計（UV2200A型 島津製作所製）で測定した。糖度はデジタル糖度計（PR100型 ATAGO社製）で測定した。

3 味覚センサーによる測定

測定には味認識装置 SA402B（インテリジェントセンサーテクノロジー社製）を用いた。特性の異なる5種類の人工脂質膜（表2）と2本の参照電極を同時に検液に浸し、呈味物質の吸着による脂質膜の膜電位変化を測定した⁴⁾。

検液は、一口大に分割したトマトを約80g取り、フードプロセッサーで細切後、重量に対し3倍のMQ水を加えてガーゼでろ過したものをを用いた。

表2 センサー脂質膜の種類と味覚特性

センサー名	脂質膜種類	先味（相対値）	あと味（CPA 値）
AAE	ブレンド膜	旨味	旨味コク
CTO	ブレンド膜	塩味	—
CAO	ブレンド膜	酸味	—
COO	プラス膜	苦味・雑味	一般苦味
AE1	プラス膜	渋味刺激	渋味

4 官能検査

本学女子大生（21～22歳）6名を対象に実施した。櫛形に切った試料を別々の皿に入れブラインドで供し、旨味等属性評価用語を提示したアンケート用紙に自己記入する方法で回答を得た。

結 果

1 果実の無機成分含量および糖度

温泉水を用いた水耕栽培のトマトは土壌栽培のトマトと外観上の違いは認められなかった。果実の無機成分含量および糖度を表3に示す。

表3 温泉水を用いた水耕栽培トマトおよび土壌栽培トマトの果実内ミネラル含量および糖度の比較

トマト	(単位: 100 g 当たりのmg数)									糖度 (Brix%)
	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu	Mn	
5訂標準成分	3.00	210	7.00	9.00	26.0	0.20	0.10	0.04	0.08	
温泉水耕栽培	6.85	273	4.36	10.10	38.7	0.34	0.11	0.04	0.05	4.3
対照(土壌栽培) *	0.78	190	8.43	7.80	23.2	0.60	0.09	0.01	0.03	5.7
大分県産(土壌) #	1	170	6.00	8.00	16.0	0.10	0.10	<0.05	0.05	
	}	}	}	}	}	}			}	
	3	230	7.00	11.00	23.0	0.40			0.10	

* 由布市で同品種トマトを同時期に土壌栽培して対照とした。

大分県安全農業研究所で分析された土壌栽培大分県産トマトの平均的な測定値

2 味覚分析による評価

官能検査においては土壌栽培トマトと温泉水耕栽培のトマト間でどの属性についても有意差がみられなかった。

味覚センサーによる測定結果を表4および図2に示す。温泉水耕栽培のトマトは土壌栽培に比べ、塩味および渋味刺激が少し弱く、酸味が少し強いという結果が得られたが、他の味質についてはほとんど差がみられなかった。

表4 温泉水耕栽培および土壌栽培トマトの各味覚センサーチャンネルに対する応答電位 (mV)

センサー名	SB2AAE	SB2CT0	SB2CA0	SB2C00	SB2AE1	cpa (SB2AAE)	cpa (SB2C00)	cpa (SB2AE1)
センサー特性	先味 (旨味)	先味 (塩味)	先味 (酸味)	先味 (苦味雑味)	先味 (渋味刺激)	後味 (旨味コク)	後味 (苦味)	後味 (渋味)
対照(土壌栽培)	-37.503	11.070	-47.633	-19.597	11.983	-7.730	-2.550	0.373
温泉水耕栽培	-34.707	5.207	-42.367	-19.903	5.193	-7.547	-4.430	-0.257

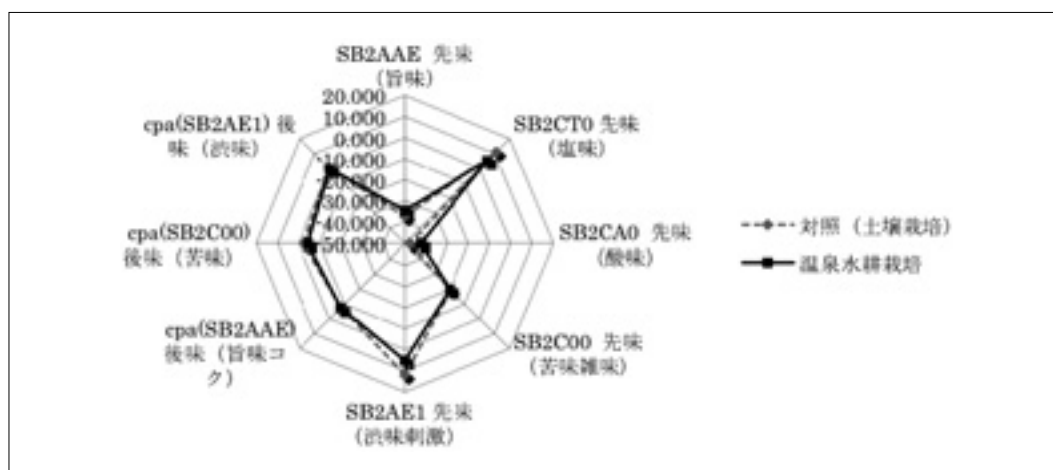


図2 温泉水耕栽培および土壌栽培トマトの各味覚センサーチャンネルに対する応答電位 (mV) パターン

考 察

昔の野菜に比べ、現在生産されている野菜についてはミネラル不足が指摘されており、その原因は土壌中のミネラルが長年減少し、肥料では補えないためである。一定の品質を維持した野菜を安定的に生産するための生産管理技術の開発は重要な課題であるが、なかでも、養液栽培は、労力の節減や、周年栽培、環境負荷の低減等を配慮した循環型の持続的農業技術として発展が期待されている。

一方、別府市や由布市に豊富に湧出する温泉水を入浴や飲用に古くから利用してきたが、温泉水に豊富に含まれるカリウム、カルシウム、鉄分など人体に不足しがちで健康の維持・増進に有用なミネラルを農作物に取り入れる技術開発はこれまでほとんどなされていない。温泉のミネラルを食品に活用する技術開発を進めることは、温泉の新たな活用法を開拓するのみでなく、未利用の豊富な資源を利用した新規健康食品を創出することでもある。

そこで、われわれは温泉水のミネラルを食品に取り込む方法として、温泉水を用いた農作物の水耕栽培に着目しその有用性について研究を行ってきた。本研究では、野菜の生育に適したバランスの良いミネラルを含む由布市の温泉水を用いて、トマトの水耕栽培を行い、生育やミネラル含有量、味覚に及ぼす温泉水の効果を検討した。

表1に示すように、水耕栽培に用いた温泉水は弱アルカリ単純泉である。トマトは同市内で土壌栽培された同一種(桃太郎)のものと同果実の付き方や大きさ等、外観上に何ら違いがみられず、4月の苗植え付けから7月の収穫まで順調に生育した。

排水を再利用する循環型の養液栽培でトマト栽培を行うと、排水中のP、K濃度が低下し、Ca、Mg濃度が上昇することが知られている⁵⁾。P、K濃度が低下すると、茎が細く果実収穫期が遅れることがあることから⁶⁾、P、K濃度を給液中に高めることが推奨されている。温泉水を利用した本研究における水耕栽培の果実中には、土壌栽培のものよりP、Kともに1.5倍以上の濃度で含まれていたことから、温泉水に含まれる豊富なミネラルが生育を順調にし、また、果実に豊富に取り込まれたことが示唆された。ほかに、Na、Mgが果実に豊富に含まれる一方で、Ca、Feは土壌栽培のものより低値であった。

果実の味の評価に関しては、官能検査および味覚センサーの分析値ともに土壌栽培の果実とほとんど差が認められなかった。味覚センサーの分析値では温泉水耕栽培のトマトが土壌栽培に比べ、若干、塩味および渋味刺激が弱く、酸味が強いという結果が得られたが、他の味質についてはほとんど差がみられなかった。糖度(Brix%)の値についても温泉水耕栽培のトマトは土壌栽培のものより低値であった。官能検査で両者に差が認められなかったのは、トマトの持つ旨味、旨味コクの強度がほとんど変わらず、また、酸味、糖度ともに若干の測定値の違いはあったものの、際立った違いが認められなかったためであろうと推察された。トマトの糖度を高め、品質を向上させるために培養液に塩ストレス処理を施し栽培するときには、NaClを養液に0.5~2%添加することが行われる⁷⁾。今回用いた温泉水はNaCl濃度に換算して0.22%程度であり、この濃度の範囲では塩ストレス処理で増加する浸透圧による糖度の上昇は起きなかったと考えられる。これらの結果から、官能検査で識別が困難なわずかな味質の相違も、味覚センサーでは測定可能であることが確認された。さらに、味覚センサーは標準品を同一にして測定することで常に安定した数値として味を評価できることから、味覚センサーを用いた新しい測定法をトマトの栽培条件の検討や品質管理の評価に取り入れることは有用であると考えられた⁸⁾。

温泉資源を活用することにより、温泉水に含まれるミネラルを効率よく野菜に取り込み、ミネラルの豊富な野菜の生産や、その加工食品の開発を目的とした研究はこれまで行われていない。大量に湧出し、排出されている温泉水の有効活用とCO₂の排出を抑制した環境配慮型の水

耕栽培技術で、生活習慣病予防や健康増進に寄与するミネラル豊富な高品質の野菜の生産が期待できる栽培技術の開発のために、味覚センサーおよび官能検査による評価法を組み込んだ基礎的検討をさらに進める必要がある。

謝 辞

本論文をまとめるにあたり、ご指導、ご協力をいただいた大分県安全農業研究所所長 小野忠博士および社会福祉法人農協共済別府リハビリテーションセンター末光和夫部長、藤井英世参与、畑中隆則課長、宮田純指導員、安田志津雄課長補佐に深謝いたします。

引用文献

- 1) 阿部晴夫 1993 高糖度トマト生産のための省力、低コスト栽培の開発
農耕と園芸 48 : 73-76
- 2) Sakamoto, Y., S. Watanabe, T. Nakashima and K. Okano. 1999. Effects of salinity at two ripening stages on the fruit quality of single-truss tomato grown in hydroponics. J. Hort. Sci. & Biotech. 74 : 690-693.
- 3) Bolarin, M. C., M.T. Estan, M. Caro, R. Romero-Aranda and J. Cuartero. 2001. Relationship between tomato fruit growth and fruit osmotic potential under salinity. Plant Sci. 160 : 1153-1159.
- 4) 都甲潔、永末博子、安達利昭 2001 味覚センサを用いた牛乳の味の評価 信学技報 2001-09 : 41-46
- 5) 榊田正治、瀧口武、松原幸子 1989 培養液濃度がトマトの収量と品質および養液成分の濃度変化に及ぼす影響 園学雑 58 : 641-648
- 6) 磯崎真英、小西信幸、黒木誠、野村保明、田中一久 2004 培養液の廃棄を削減する余剰液再利用ロックウールシステムにおけるトマトの生育および培養液成分濃度の推移 園学雑 73 : 354-363
- 7) 北条雅章 2001 培養液管理法から見た NFT トマトの高品質果実生産技術の開発 千葉大園学報 55 : 123-153
- 8) 中原徳昭、境田博至、甲斐孝憲、榊原陽一、西山和夫、福田亘博、水光正仁 2005 味覚センサを用いた本格焼酎の味評価 日本食品科学工学会誌 52 (4) : 145-153

Effect of hot spring water supply on the fruit quality in tomato cultivated under nutrient solution

Ichiko Ezaki*, Toshihiko Sato, Chieko Nishizawa, Masatoshi Sano, Shigenobu Ando and Masaki Saito

* Corresponding author (E-mail: ezaki@mc.beppu-u.ac.jp)

Department of Food and Nutrition, Faculty of Food Science and Nutrition, Beppu University, 82 Kita-ishigaki, Beppu, Oita, 874-8501, Japan.