産地の違いによる有機栽培トマトの成分

Comparative Studies on the Constitution of Tomatoes from Organic Cultivation in Four Locations

高澤まき子・保井 明子

(仙台白百合短期大学)

Makiko Takazawa, Akiko Yasui

Sendai Shirayuri Junior College, 6-1, Honda-cho, Izumi-ku Sendai-shi, Miyagi, 981-3107

〒981-3107 宮城県仙台市泉区本田町 6-1

Tomato plants from organic cultivation were cultured in four productions using the same fertilizing conditions and cultivating methods. An investigation was conducted to determine how climatic conditions and chemical composition of the soil affect the components of the tomato fruits. Between 40 to 44 tomato plants were harvested in the four productions, based on their red color. The samples that were harvested in the G production had the highest in color test, rating and rapidly ripened. In the four productions, the contents of total ash and calcium in the tomato fruits were the highest in the G production, and phosphorus was the highest in the G and I productions. Their were affected by the amounts of various available nutrients in the soil. The content of vitamin C in all production's tomato fruits were higher than the listed value of that component in foods. These were found to be available in organic cultivation. It was affected by the soil components especially for calcium, nitrous acid and the full ripeness of the tomato plants, which were not affected by the climatic conditions.

1. 緒 言

作物の品質は、ハウス栽培、露地栽培、また有機栽培や普通栽培による施肥条件の違い、さらに収穫時期や気候条件などの多くの要因で左右される。また、品種や産地によっては作物の成分に違いがあることが報告^{1)~4)}されている。しかし、産地によって成分上に違いがみられるといっても、促成栽培、ハウス栽培などの様々な栽培方法で収穫されたものであり、また同一の施肥条件で行ったものではない。

そこで、今回は4つの有機栽培地区に依頼し、同じ完熟堆肥を用いて施肥条件、栽培方法を同一にしてトマトを生育し、収穫されたトマト果実の成分を測定して、

産地間の有機栽培トマト果実の成分の比較を行った。またそのトマト果実成分と気候条件や土壌中の化学成分上の結果からも考察を加えた。

2. 実験方法

(1) トマトの生産地

トマトの生産地は、宮城県岩沼市（以下M区と略す.）、茨城県八郷町（以下I区と略す.）、東京都立川市（以下T区と略す.）、岐阜県大野郡（以下G区と略す.）の4地区である。これらの4地区はすでに10年以上前から有機栽培に切り替えているところである。圃場の大きさは、特に統一はしていないので栽培本数は異なった。

(2) 肥料および土壌分析

肥料は牛糞、木の皮、米糠を主原料とした市販の完熟堆肥（飛騨応用資材（株）製）を全地区に用いた。土壌と完熟堆肥の化学成分の分析については、エーザイ生科研センターに依頼した。土壌は各畝の対角上から5カ所採取し混合させたものを分析に供した。また依頼先の分析値に記されているトマト栽培における標準施肥設計値⁵⁾に、完熟堆肥に含まれる窒素量から今回の施肥量を算出し、各地区の施肥量は7t/10aに統一した。

(3) 栽培方法および試料、気候

トマトは各地区において、露地栽培法により栽培管理し生育させた。今回はトマト果実の収穫までに十分に生育できる施肥量なので追肥は行わず元肥のみとした。また、栽培中の灌水においても行わなかった。灌水を行う必要が無いように各地区の圃場には土壌中の水分蒸発を防ぐために十分な藁を敷いた。

試料の品種は大型福寿を使用し、収穫したトマト果実は第1果房であり、熟度の違いによって成分が異なることから開花日から40～45日程度経ったものとして日数で各地区の収穫を統一した。これは熟度Ⅲ（70～90%着色）⁶⁾に相当する。つまり全体的に赤味が均一的になり、へたの部分がわずかに青みがかっている状態で収穫し、それを直ちに送ってもらい、その中で大きさに差がないもの各地区5個選び実験用試料とした。

各地区の苗の定植日、果実の収穫日、開花日から収穫日までの日数を表1に示した。苗の定植日はM区、I区、T区が5月下旬から6月上旬で、G区は7月上旬であった。従って、収穫日もM区、I区、T区が8月中であり、G区は9月中旬とずれ込んだ。

栽培期の気候状態は、4月から9月までの月々の平均気温、降水量、日照時間について、それぞれの地区に最も近い気象庁または気象台で観測されたデータを収集した。その気候状態について、表2に示した。

今回の実験においては灌水を行わなかったため、各産地の定植期から収穫期までの降水量が関与してくる。

表2 4産地の気候状態

生産地	日照時間 (h)/3カ月	降水量 (mm)/3カ月	平均気温 (℃)/3カ月
M区	467	387	21.3
I区	462	563	22.4
T区	454	502	23.4
G区	540	469	22.2

日照時間、降水量：M、I、T区は5～8月までの、G区は6～9月までの累積値

平均気温：M、I、T区は5～8月までの、G区は6～9月までの平均値

これら降水量の合計値では、I区は563mm、T区は502mm、G区は469mm、M区は387mmの順であり、M区が最も少ない値であった。また、産地毎の日照時間の合計値ではT区は454時間、I区は462時間、M区は467時間、G区は540時間であり、G区は最も日照時間が多かった。

定植から収穫期までの各産地の3カ月平均気温では、T区が4地区の中では、高い気温であった。次いでI区であり、G区とM区はほぼ同じような気温であった。以上の結果をもとにトマト果実中の成分と考察を行った。

(4) 測定方法

1) 色調 一定の日数で収穫したトマト果実は産地によって熟度にどの程度違いがあるかを色調で調べた。すなわち、トマト果実をホモジナイズしペースト状にしたものを、測色色差計（日本電色工業株式会社製1001 DP型）を用い、L（明度）、a（赤味度）、b（黄味度）値を測定した。

2) 水分および灰分 トマト果実の水分は80℃の常圧加熱乾燥法⁷⁾、灰分は直接灰化法⁷⁾により含量を求めた。

3) Ca, Mg および P トマト果実を乾式灰化後、塩酸で溶解して試料溶液とし、カルシウムとマグネシウムはキレート滴定法⁷⁾により、リンはモリブデン青比色法⁸⁾により測定した。

4) ビタミンC トマト果実のビタミンCはヒド

表1 トマト定植日、収穫日、開花日から収穫までの日数、トマト果実の色調および熟度

生産地	定植日	収穫日	開花日から 収穫日までの日数	色調 L (明度)	a (赤味度)	b (黄味度)	熟度*)
M区	5/31	8/5	44日	28.0	23.3	17.6	3.5
I区	5/27	8/20	40日	20.9	31.2	16.6	4.5
T区	6/3	8/22	40日	26.3	16.4	16.8	2.5
G区	7/9	9/14	44日	21.6	32.3	14.9	5.0

*)東尾¹¹⁾によるa値からの熟度区分結果で照合させた数値

ラジン法⁹⁾により、総ビタミンC量を測定した。

5) pHおよび糖度 トマト果実のpHはガラス電極pHメーター（東亜電波工業株式会社 HM-11P型）を用い、糖度はアタゴ屈折糖度計（N1型）を用いて測定した。

6) 還元糖 トマト果実の還元糖量はソモギーネルソン法¹⁰⁾により測定した。

3. 結果および考察

(1) トマト果実の色調

各地区のトマト果実の色調について表1に示した。赤色系のトマト果実の成熟度はa値で評価されている¹¹⁾。東尾ら¹¹⁾の熟度区分とa値との関係の結果から、本実験のa値の結果と照らし合わせてみると、表2に示した日照時間が最も多かったG区は32.2で最も高い値を示し、熟度区分は5に値し成熟度が最も大きかった。降水量の最も多かったI区は31.2であり熟度区分4.5に相当し、平均気温が最も低くしかも降水量の最も少なかったM区は23.3で熟度区分は3.5であった。平均気温は最も高かったが日照時間は最も低かったT区は、16.4と低い値であり、熟度区分は2.5に相当し、だいたい色に近い赤味を呈しているトマト果実で、4産地の中では熟度が低かった。

これらのことから、試料に供したトマトの熟度は、収穫日数がほぼ一定であっても各産地の気温や降水量の違いよりも、日照時間の違いによる影響が大きく熟し方が異なった。特にG区のトマト果実の熟度が高かったこと

は日照時間が長かったことがひとつの要因と思われた。

(2) トマト果実の水分、灰分、無機成分およびpH

① 水分含量 トマト果実の水分含量を表3に示した。トマト果実の各産地の水分含量は93.1～94.6%であり、食品成分表値¹²⁾に示されている水分含量の94%とはほぼ一致し、産地による差は認められず、表3に示した各産地の降水量の多少の影響はないと思われた。

② 灰分含量 トマト果実の灰分含量を表3に示した。灰分含量が最も高かったのはG区0.60g、次いでM区0.55gであり、I区は0.48g、T区は0.42gで後者2地区は食品成分表値¹²⁾の0.5gより低い値であった。G区が灰分含量の最も高かった要因は4産地の中でG区は表4に示した土壌中の有効態養分の値が高く、硝酸態窒素の値が非常に高く標準値を上回っており、肥沃な土壌であったためと思われた。

逆に灰分含量の少ないI区、T区はリン酸吸収係数が非常に高く、土壌中の有効態リン酸量の低値が灰分含量に影響したものと思われた。本実験において、土壌中の有効態化学成分含量がトマト果実の灰分に与える影響は大きいものと思われた。

③ カルシウム含量 トマト果実のカルシウム含量を表3に示した。カルシウム含量においてもG区が14.3mgと最も高い値を示した。これは食品成分表値¹²⁾の7mgよりも2倍の値を示し有意差が認められた。M区は7.2mgで食品成分表値¹²⁾と同等であるが、I区は6.0mg、T区は5.7mgでそれより低値であった。今回の結果からは各産地間のトマト果実中のカルシウム含量と土壌中のカルシウム含量との相関性はみられなかった。

④ マグネシウム含量

トマト果実のマグネシウム含量を表3に示した。I区が10.4mgと最も高い値を示したが、T区は8.6mg、G区は8.6mg、M区は8.8mgと3産地はほぼ同含量であり食品成分表値¹²⁾9mgと同程度であった。このマグネシウム含量では産地間の有意差は認められず、また土壌中のマグネシウム含量がトマト果実中のマグネシウム含量に影響するということではなかった。

表3 4産地のトマト果実の成分 (100g中)

産地	水分 (%)	灰分 (g)	Ca (mg)	Mg (mg)	P (mg)	総ビタミンC含量 (mg)	糖度 (%)	還元糖 (mg)
M区	93.1	0.55	7.2	8.8	37.1**	25.9	5.6	2.6
I区	93.9	0.48	6.0	10.4	21.6	31.6*	5.1	3.2
T区	94.6	0.42	5.7	8.6	17.3	27.2	4.4	2.3
G区	94.2	0.60*	14.3**	8.6	37.1**	20.0**	5.2	2.6
食品成分表値	94.0	0.5	7	9	26	15	—	—

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

表4 トマト産地土壌の有効態養分含量、リン酸吸収係数 (100g中)

産地	硝酸態窒素 (mg)	カルシウム (mg)	マグネシウム (mg)	カリウム (mg)	リン酸 (mg)	リン酸吸収係数
M区	1.55	135.4	28.6	54.4	21.4	390
I区	3.56	224.5	44.8	108.9	7.8	1780
T区	1.83	347.5	30.4	49.6	2.9	1910
G区	10.32	356.1	60.9	110.2	88.1	320
標準値	0.7～3.5	200～400	35～70	15～40	20～60	500～800

⑤ リン含量 トマト果実のリン含量を表3に示した。M区とG区が31.7mgであり非常に高い値を示したが、T区は17.3mg、I区は21.6mgで食品成分表値¹²⁾の26mgより低い値を示した。このT区、I区の低い結果は、関東ローム層が分布している火山灰土壌の影響によるものと思われた。つまりT区とI区は関東ローム層の中に位置し、肥料に含まれるリン酸は土壌に吸着され、作物に吸収しにくくなるという火山灰土壌の特徴⁵⁾を持っている圃場である。その分析の結果、土壌中の化学成分上のリン酸吸収係数が非常に高く、有効態リン酸は低い値になっており、この土壌の特徴がトマト果実中のリン含量に影響したものと思われた。

⑥ pH トマト果実のpHにおいては、特に表に示さないが4.1~4.4の範囲にありこの差は未熟なもの程pHが低く、産地間の差というよりは熟度の差によるものと思われた。

(3) 糖度、還元糖および総ビタミンC

トマト果実の糖度、還元糖量、総ビタミンC含量を表3に示した。総ビタミンC含量ではI区が31.6mgと最も高い値であり、次いでT区の27.2mg、M区の25.9mg、G区の20mgで産地によって違いがみられた。

全ての地区の値は食品成分表値¹²⁾に比較し高い値であり、有機栽培による効果とも考えられ、それと合わせてハウス栽培や促成栽培のトマト果実よりも直射日光⁶⁾を十分に浴びた自然栽培のものの方がビタミンC含量は高いことに一致した。

また、土壌中のカリウム含量が高い場合や灌水量を減らした場合には、糖やビタミンC含量が高くなり、逆に土壌中の硝酸含量が高ければ高いほどビタミンC含量は減少する^{13,14)}といわれている。これらのことから、I区のトマト果実ビタミンC含量が最も高かったのは、土壌中のカリウム含量が高かったことが関係していると思われた。しかし、同様にG区の土壌中のカリウム含量が多いにも関わらずトマト果実のビタミンC含量は最も低かった。これは土壌中の硝酸態窒素含量が標準値を非常に上回っており、これがトマト果実中のビタミンC含量を減少させた一原因であると思われた。

糖度においてはM区、I区、G区が5%を越えており、特にM区が高く、T区は4.4%と低い値であった。還元糖量については、I区が最も高い値を示し、糖度の結果と同じ傾向であった。糖は、ビタミンCの前駆物質^{15)~17)}として知られておりビタミンCと還元糖の間には正の相関関係がみられ、食べて甘く感じればビタミンCも多い^{18),19)}といわれている。また糖の量も、光や灌水

の量が影響する^{20)~22)}といわれている。

トマト果実中のビタミンC含量と糖含量は、I区が最も高い値を示したが、降水量および日照時間の点からみるとそれらを高める気候条件ではなかった。逆にG区の日照時間が多いという点でみると、その糖度の値は高いが、還元糖とビタミンC含量は低い値であった。このことから気候条件が影響しているというよりは前記したように、むしろ土壌中のカリウム量や硝酸含量が高いことがトマト果実中の糖含量やビタミンCを左右する一要因と思われた。

また、鈴木⁶⁾によるとトマトの収穫熟度とビタミンC含量、糖含量の関係は、熟度が増すにつれて、糖含量はわずかに増加するが、ビタミンC含量は熟度の進行に伴い熟度Ⅲ(70~90%着色)までは増加し、熟度Ⅳ(100%着色)では減少傾向にある。さらには、前報²³⁾によるとトマト果実が全体的に熟度が均一ではほぼ100%着色状態の場合、赤味度が高いほどビタミンC含量は低い傾向にあった。したがって、前述の色調で記述したようにG区は最も赤味度が高かったことから成熟度が大きいと考えられ、この点からもビタミンC含量が低い要因と思われた。

4. 要 約

4地区の生産地を設け、施肥条件、栽培方法を同一としてトマト栽培を行いトマト果実を収穫して成分分析し、そのトマト果実の成分を比較検討した。

1) それぞれの産地のトマト果実収穫日数は40から44日の範囲にあり、収穫されたトマト果実の色調における赤味度はG区が最も高い値を示し成熟度が最も大きかった。

2) 産地の違いによるトマト果実の成分では、水分に差は認められなかったが、無機成分中の灰分、カルシウム含量においてはG区が最も高い値を示し、これはG区の土壌中の有効態養分含量が高かったことに影響したと思われた。リン含量においてはM区とG区が最も高く、I区とT区が低い値を示し、産地による差が認められた。I区とT区のリン含量が低い要因は火山灰土壌によるリン酸吸収係数が高い地域であるためと考えられた。

3) トマト果実のビタミンC含量は、すべての産地のものが食品成分表値より上回っており有機栽培や露地栽培の効果と思われ、特にI区が高くG区が低い値を示し、差が認められた。I区が最も高かったのは、土壌中のカリウム含量が高かったこと、G区が最も低かったことは気候条件の違いよりも、土壌中の硝酸態窒素含量が

多かったことと成熟度が大きかったことに起因していると考えられた。

本研究にあたり、トマトの栽培、生育管理にご協力下さいました4地区の生産地の生産者の方々に深く御礼申し上げます。

本論文の概要は、平成13年日本家政学会、東北・北海道支部第46回大会において発表したことを付記する。

参考文献

- 1) 目黒孝司, 川原祥司, 吉田企世子, 山田次郎, 下野勝昭: 消費者ニーズに応えた野菜の品質基準策定, 1-30 (1987)
- 2) 木下隆雄, 穂積清之, 野中正雄: 野菜誌報, 4, 139-144 (1977)
- 3) 吉田企世子: 財団法人エム・オー・エー健康科学センター研究報告集 (1993)
- 4) 吉田企世子: 栄養と健康のライフサイエンス, vol. 1, No. 3, 27-29 (1996)
- 5) 松坂泰明, 栗原 淳監修: 土壌・植物栄養・環境辞典, 83, 博友社 (1998)
- 6) 鈴木芳夫編: 野菜栽培の基礎知識, 農文協 (1999)
- 7) 小原哲二郎, 鈴木隆雄, 岩尾浩之監修: 改訂食品分析ハンドブック, 建帛社 (1982)
- 8) 西郷光彦編: 栄養のための基礎化学実験教程, 三共出版 (1990)
- 9) 大西正三編: 要説栄養・食品学実験, 50, 医歯薬出版 (1986)
- 10) 中村カホル, 滝田聖親, 渡部俊弘: 基礎食品学実験書, 三共出版 (1994)
- 11) 東尾久雄, 岡田邦彦, 亀野 貞: トマト果実の成熟に伴う果実表面色の変化, 園芸学雑誌, 58, 622-623 (1989)
- 12) 科学技術庁資源調査会編: 五訂日本食品標準成分表(2001)
- 13) 吉田企世子, 山口文芳, 熊沢喜久雄: 日本土壌肥科学会講演要旨 (1988)
- 14) 白杉直子, 白木洋三, 伊藤文女, 高見由紀, 山口平八郎: 施肥量の異なる有機栽培野菜のL-アスコルビン酸/硝酸比, 日本調理科学会誌, 33, 4, 114 (2000)
- 15) 菅原友太: 農園芸作物のビタミンCに関する研究, 32, 養賢堂 (1957)
- 16) ビタミン学編集委員会編: ビタミン学II, 567, 東京化学同人 (1980)
- 17) 香川靖雄: 新ビタミン学, 408, 日本ビタミン学会 (1980)
- 18) 吉田企世子, 森 敏, 長谷川和久, 西沢直子, 熊沢喜久雄: 日本栄養食糧学会誌, 37, 123 (1984)
- 19) 吉田企世子: 調理科学, 26, 4 (1993)
- 20) 日笠祐治, 今田成雄: トマトの¹⁴C-光合成産物の挙動に及ぼす培地窒素濃度の影響, 日本土壌肥科学雑誌, 64, 4, 377-384 (1993)
- 21) 馬西清憲, 上田英臣, 福元康文, 吉田徹志: 灌水量の違いがトマト作物体および果実に及ぼす影響, 高知大学学術研究報告, 43, 33-40 (1994)
- 22) 吉田徹志, 上田英臣, 馬西清憲, 福元康文: トマトの生育と果実の収量・品質に及ぼす灌水量と窒素施用量の影響, 高知大学学術研究報告, 45, 61-68 (1996)
- 23) 高澤まき子, 保井明子: 有機栽培トマトの品質と土壌成分, 日本食生活学会誌, 10, 3, 36 (1999)