

## トマトの促成栽培における土壌水分が果実品質に及ぼす影響

栃木博美・川里 宏

### I 緒言

最近、トマトの消費量は横ばい傾向にあるが、一方では消費者のトマトに対する要望は、食味がよい、栄養価が高い、あるいは安全性に富むといった内容的な品質に関心が高まっている。このため完熟トマトやミニトマトが好まれるなど、果実としての品質が要求されている。

こうした状況の中で、生産者も産地間競争に勝ち抜くため、高糖度品種の導入により食味向上に努めるなど、付加価値の付いたトマトを生産して産地の維持・安定化を図ろうとしている。

トマトの果実品質は作型、品種、栽培条件によって変動し、また、トマトの食味を左右する要因として糖や酸が重要となり<sup>4, 20)</sup>、甘味がつよく、適度な酸味があり、肉質の粘質なものがうまいトマトの条件といえる、

前報<sup>21)</sup>では、栃木県で生産されるトマトの果実品質の調査を行ない、実際栽培での変動要因のなかでは、土壌水分が糖度や酸度に及ぼす影響の大きいことを報告した。このことは体験的にも知られていることであるが、これまでの土壌水分に関する研究は生育、収量に重点を置くものが多く、品質と関連させて検討した具体的なデータは少ない。

そこで筆者らは、1986年から1987年まで、土壌水分制御下における果実の内容成分と収量との関係を明らかにするとともに、果実の発育ステージ別の土壌水分の変化が果実品質に及ぼす影響を促成栽培で検討したのでその結果を報告する。なお、本研究の一部は昭和63年度園芸学会春季大会で発表した。

### II 試験方法

#### 1. 土壌水分が果実品質に及ぼす影響

土壌水分がトマトの果実品質に及ぼす影響を台木品種との組み合わせで検討した。土壌水分をpF 1.9, 2.3, 2.7の3段階設け、台木品種にはバルカン、KNVFR3、KCFTN2号及び瑞健を供試し、穂木及び自根には瑞健を用いた。台木を1986年9月5日、穂木を9月12日に播種し、定植は第1花房第1花開花時にビニルで隔離した有底床(土量約80ℓ/株)へ行った。土壌pFは深さ15cmの位置で測定し、常時目標値を保つような管理とした。栽植距離は畝幅130cm、株間40cmの1条植えとし、各花房の着果数は4個を限度として摘果を行ない、収量は第6花房まで調査した。また、糖の分別定量は第1花房を、糖度、酸度及びビタミンCの分析は第1, 3, 5花房を対象に行った。飽和水分不足度(WSD)については、2月27日に第3花房直下葉を測定した。

#### 2. 土壌水分の変化が果実品質に及ぼす影響

果実の発育ステージ別の土壌水分の変化が果実品質に及ぼす影響を検討した。瑞健を1986年10月4日、21日の2回に播種し、定植は各々12月9日、12月26日に試験1と同様な有底床(土量約50ℓ/株)へ行ない第3花房上葉3枚で摘心して栽培した。土壌水分処理区は、A:全期乾燥区(pF 2.7)、B:全期湿潤区(pF 1.9)、C:前期乾燥後期湿潤区(pF 2.7→1.9)、D:前期湿潤後期乾燥区(pF 1.9→2.7)を設け、3月16日からC、D区とも一斉に水分を変化させた(C区はこの時点からかん水を開始、D区は中止して所定のpF値となるようにした)。

播種期と花房段位により処理時の果実の発育ステージを変え、水分変化時における果令の影響を検討した。

また、1987年も同様な処理区を設定し、1987年9月14日に瑞健を播種し、11月26日に有底床（土量約65ℓ/株）に定植した。各花房の着果数は4果を限度として摘果し、第5花房上葉2枚で摘心した。また、土壌水分は、第1花房が着色期となった3月15日から変化させた。

品質調査法

両試験を通じて果実品質の調査は、供試果数を100%着色果8~12個体とし、各々4等分し

て対角に位置する2片を測定用試料とした。糖度は糖用屈折計（アタゴデジタル屈折計DBX-50）、酸度は富士平工業アシライザー Model-3で測定しクエン酸として表した。糖の分別定量は、凍結保存した汁液を水に溶解し、メンブランフィルターのろ液を日本分光高速液クロシステムにより行ったが、1987年の還元糖はソモギーの変法により分析し、新鮮重あたりで表した。また、ビタミンCは、インドフェノール法により還元型のみを測定し、果実硬度は今田製作所PSSに直径3mmのブランジャーを装着し、果実赤道部の貫入抵抗値とした。

第1表 土壌水分が生育、収量及び果実品質に及ぼす影響

土 壌 水 分	葉 長 cm	茎 径 mm	1果重 g	収 量 kg/株	WSD %	Brix %	酸 度 %	糖酸比	ビタミン C mg%	果実硬度kg	
										皮 付	はく皮
p F 1.9	41	13.7	224	5.0	9.9	5.8	0.44	13.2	19.3	0.52	0.18
2.3	39	12.8	187	4.2	13.7	7.1	0.53	13.4	21.7	0.61	0.20
2.7	31	9.6	90	1.9	17.9	10.2	0.80	12.8	28.9	0.80	0.30

注：WSD 飽和水分不足度

第2表 台木品種が生育、収量及び果実品質に及ぼす影響

台 木 品 種	葉 長 cm	茎 径 mm	1果重 g	収 量 kg/株	WSD %	Brix %	酸 度 %	糖酸比	ビタミン C mg%	果実硬度kg	
										皮 付	はく皮
バルカン	33	10.8	143	3.0	14.9	8.1	0.63	12.9	25.1	0.68	0.26
KNVFR3	37	12.2	161	3.7	14.5	7.7	0.58	13.3	23.0	0.66	0.23
KCFTN2	41	13.5	205	4.6	11.5	7.1	0.55	12.9	20.4	0.60	0.21
瑞 健	37	12.0	167	3.7	13.7	7.8	0.59	13.2	24.2	0.65	0.23
瑞健(自根)	38	11.8	158	3.5	14.5	7.8	0.59	13.2	23.7	0.63	0.21

注：WSD 飽和水分不足度

第3表 土壌水分が部位別の糖度、酸度に及ぼす影響

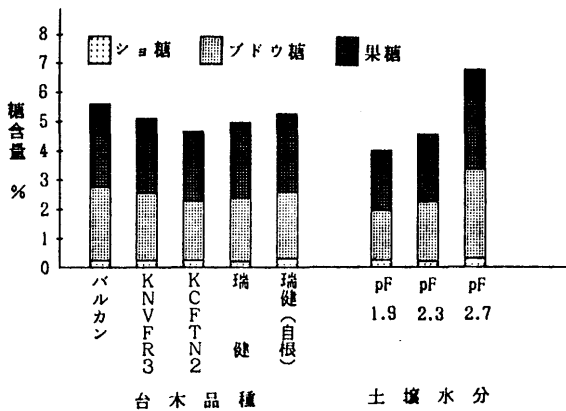
土 壌 水 分	果 重 g	果 形 cm		果 肉 厚 mm		B r i x %		酸 度 %	
		タ	テ	ヨ	コ	果 肉 指 数	ゼリー	果 肉	ゼリー
p F 1.9	219	6.4	7.8	5.6	0.72	5.3	7.0	0.37	0.62
2.3	179	6.0	7.5	5.0	0.67	6.5	8.1	0.44	0.79
2.7	97	4.9	6.0	3.0	0.50	10.4	11.0	0.71	1.07

### Ⅲ 試験結果

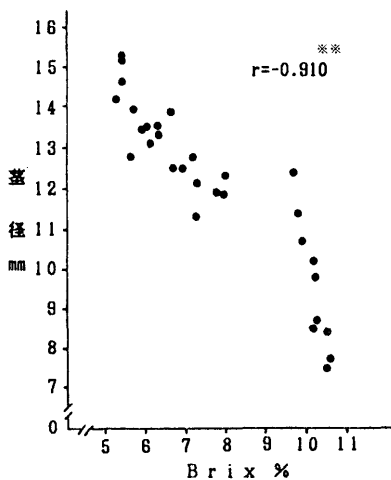
#### 1. 土壌水分が果実品質に及ぼす影響

第1表、第2表に土壌水分及び台木品種がトマトの生育、収量及び果実品質に及ぼす影響を示した。生育及び収量に関しては、土壌水分が多いほど茎径及び葉長が大ききおう盛な生育を示し、1果重が大きく収量も高かった。台木間では、KCFTN 2号が優れ、バルカンは自根よりやや劣った。また、飽和水分不足度は土壌水分が多いほど低く、台木間ではKCFTN 2号がやや低かった。

一方、果実品質は土壌水分系列間の差が大き



第1図 土壌水分及び台木品種が糖含量に及ぼす影響



第2図 糖度と茎径との関係

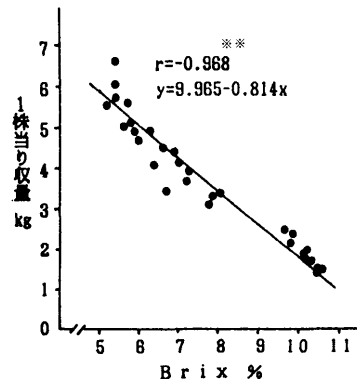
く、土壌水分が少ないほど糖度、酸度及びビタミンC含量が高まり、とくに pF 2.7区で高い値を示した。台木間では KCFTN 2号の内容成分含量及び果実硬度が低く、バルカンの傾向が認められた。また、糖含量も他の成分と同様な変動がみられ、ブドウ糖及び果糖の増減により全糖含量が異なったが、各糖の構成比には土壌水分及び台木品種の影響は認められなかった(第1図)。また、土壌水分の各部位への影響は第3表のとおり、ゼリー部に比べ果肉部の糖度の上昇が大きかったが、酸度については明確ではなかった。

第2図及び第3図には糖度と茎径、糖度と収量との関係を示した。糖度などの内容成分は、生育及び収量との関連が深く、それぞれ  $r = -0.910$ ,  $r = -0.968$ と きわめて高い負の相関関係が認められ、得られた回帰式から推定すれば、糖度が1度上昇すると株当たり0.8kg程度の減収となった。

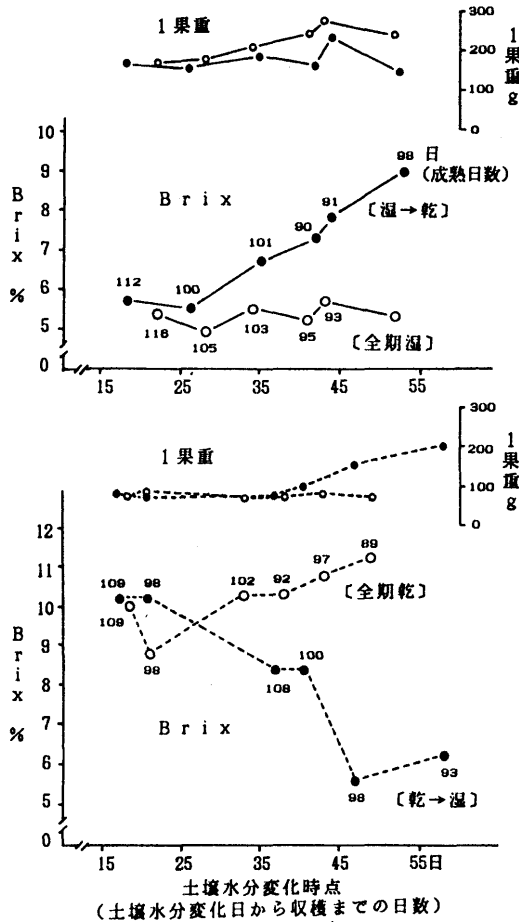
なお、果色は少水分区でやや黒ずみ、完熟果においてもやや暗黒色となる傾向が観察された。

#### 2. 土壌水分の変化が果実品質に及ぼす影響

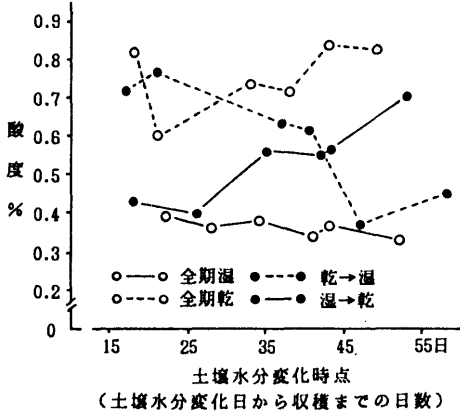
土壌水分を果実の発育ステージ別に湿潤から乾燥状態へと変化させた場合、収穫前25日程度の晩期からの乾燥処理では糖度及び酸度への影響は認められなかったが、35日前頃の処理から上昇し、乾燥処理期間が長いほど糖度の増加は



第3図 糖度と収量との関係



第4図 果実の発育途上における水分変化が糖度及び1果重に及ぼす影響(1986)

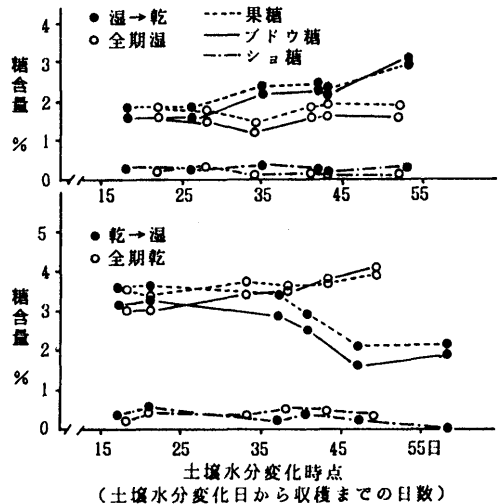


第5図 果実の発育途上における水分変化が酸度に及ぼす影響(1986)

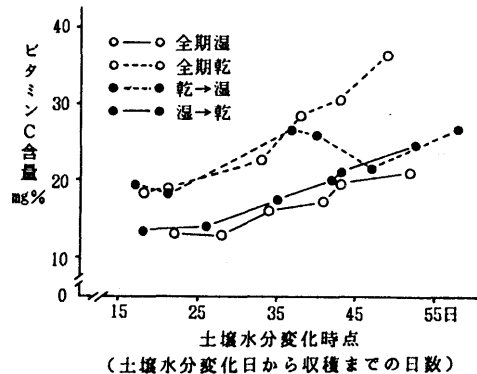
著しかった(第4, 5図). 糖含量は, ブドウ糖及び果糖が糖度と同様の变化を示したのに対し, ショ糖には一定の傾向が認められなかった(第6図). また, ビタミンC含量については, 全期湿潤区との差はほとんどみられなかった.

乾燥から湿潤状態へとした場合にも, 糖度, 酸度及び糖含量は成熟期近くの収穫20日前の処理では変化は少なく, 収穫前35日程度の処理から低下し, また, ビタミンC含量も45日前頃の処理から全期乾燥区に比べて低い値で経過した(第4, 5, 6, 7図).

一方, 果重への影響も処理期間が長いほど大



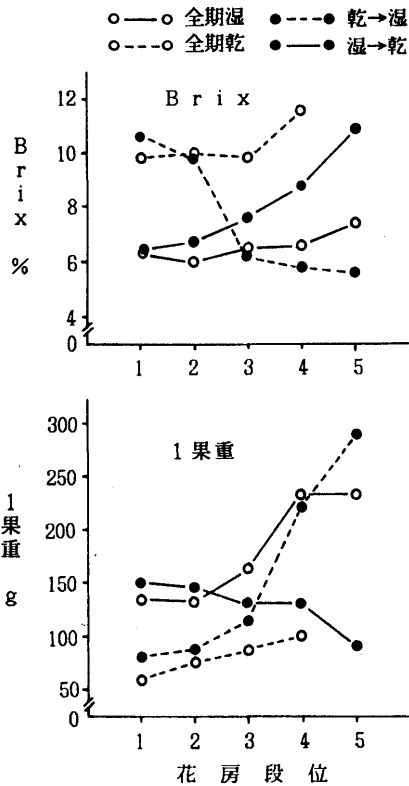
第6図 果実の発育途上における水分変化が糖含量に及ぼす影響(1986)



第7図 果実の発育途上における水分変化がビタミンC含量に及ぼす影響(1986)

トマトの促成栽培における土壌水分が果実品質に及ぼす影響

れた。



第8図 土壌水分変化が各花房の糖度及び1果重に及ぼす影響(1987)

きかったが、糖度や酸度などの内容成分とは相反する変化を示した(第4図)。

次に、1987年の試験結果を第8及び第9図に示したが、各花房の平均収穫日は第1花房で3月20~25日、第2花房で4月15~20日であり、以降15日程度の間隔であった。糖度、新鮮重あたりの還元糖及び乾物率は乾燥処理期間が長いほど高かったが、1果重は全く逆の変動を示し、前年とほぼ一致した結果が得られた。しかし、乾物あたりの還元糖含量には一定の傾向がみられず、また、1果重×新鮮重あたりの還元糖含量で表した1果あたりの糖含量については、上段花房で多く、初期乾燥処理で少ない傾向がみら

IV 考察

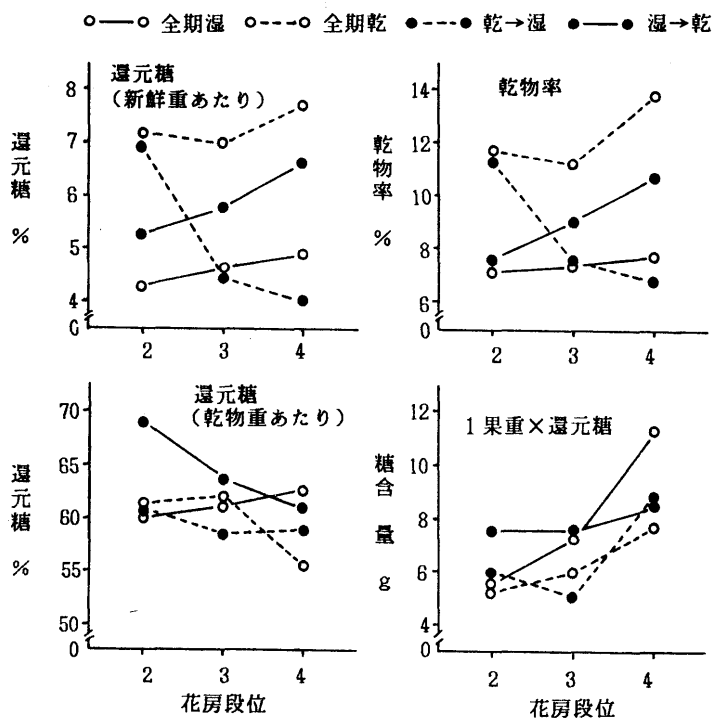
1. 土壌水分が果実品質に及ぼす影響

トマトの果実品質に及ぼす土壌水分の影響を台木品種を組み合わせて検討した。トマトの果実品質は、種々の栽培条件を変えることにより変動するが、なかでも土壌水分の影響が大きく、少水分で内容成分含量及び果実硬度が高まるという報告が多い<sup>5, 11, 14, 24</sup>。本試験においても糖、酸、ビタミンC含量及び果実硬度が明らかに増加しており、従来の報告と一致している。

トマトに含まれる糖は大部分が還元糖で、ブドウ糖及び果糖がほぼ同量づつ含まれ、ショ糖含量は少ない。今田ら<sup>3)</sup>は、土壌の乾燥処理によりショ糖の割合が増加し、土壌の乾燥は果実内の糖代謝に影響を及ぼすと考察しているが、本試験における糖の変動はブドウ糖及び果糖が主体となり、ショ糖の変動は小さかった。

また、土壌水分制御による部位別の糖度及び酸度に関しては、ゼリー部に比べ果肉部での変動が大きい傾向がみられたが、これについては施山ら<sup>15)</sup>が加工トマトにおいて、土壌水分の影響を果実の外壁部、隔壁部及び胎座部の3つに分けて調査し、外壁部で最も著しく影響を受け胎座部ではほとんど認められなかったとした報告とほぼ一致した結果となった。

一方、生育は土壌水分が多いほど莖径及び葉長が大きくおう盛で、収量も多収を示し、内容成分とは相反する傾向が認められた。一般にトマト栽培では品質と収量との間には負の相関がみられることが多いが、これらの関係を具体的に表したデータは少ない。本研究では、草勢の強弱の指標とされる莖径及び収量と食味の指標として用いられている<sup>2)</sup>糖度との関係を検討したところ、それぞれ  $r = -0.910$ ,  $r = -0.968$  ときわめて高い負の相関係数が認められ、得られた回帰式から推定すると、糖度を1度上げる



第9図 土壌水分変化が各花房の還元糖，乾物率及び糖含量に及ぼす影響(1987)

ためには株当たり0.8kg程度の減収を招くことが明らかとなった。この関係は、土壌水分制御による高品質多収栽培の困難性を示唆するものであり、また、実際栽培でのひとつの目安とすることができるものと考えられる。

台木間の品質については、第2表及び第1図にみるように、バルカンが自根に比べてやや優れ、KCFTN 2号は劣ったが、収量は逆の傾向にあった。接木栽培における穂木の品質変動に関しては、キュウリ<sup>2,2)</sup>やスイカ<sup>9)</sup>などでは台木により養分吸収特性が異なるため、ブルームの発生や食味などへの影響が認められている。トマトにおいても青木ら<sup>1)</sup>は、種間雑種を台木として用いた場合に果実の内容成分やカロチノイド含有量の低下することを報告している。しかしながら、その要因について甲田ら<sup>8)</sup>は、養

分吸収特性や光合成特性に起因するものではなく、他の特性により草勢が強化されて生ずる二次的な関係としており、本試験においてもKCFTN 2号は葉中の水分状態を表す飽和水分不足度が低く、また、茎径や葉長なども大きいことからみて、台木間の品質変動には水分吸収力の影響が大きいものと推察された。

なお、果色は乾燥区でやや黒ずむ傾向が観察された。土壌水分が果色に及ぼす影響については、本多ら<sup>5)</sup>、施山ら<sup>15)</sup>の加工トマトを供試した報告があるが、土壌水分制御下における果色変動の品種間差異についての検討も今後必要と考えられる。

## 2. 土壌水分変化が果実品質に及ぼす影響

果実の発育ステージ別に土壌水分を変化させ、果実内容成分への影響を検討した結果、収穫直前の処理では成分含量の変動はほとんど認められず、早期処理ほど果実成分に与える影響は大きかった。

トマト果実の発育過程は、S字型生長曲線をとおり、開花から収穫までの成熟日数が100日程度の促成栽培では、果実肥大は開花後30~40日から急速に進み、開花後80日頃には最大に達するとされている<sup>13)</sup>。これによれば、内容成分の変動が認められなかった収穫前20~25日の果実の発育ステージは肥大がほぼ完了した時期にあたり、肥大期の土壌水分によって果実品質は左右され、処理期間が長いほどその影響は大きいものと考えられる。

一方、トマトの果実中の糖や有機酸は、生理的には主として果実の基本的構造がほぼ完成する肥大盛期以降に蓄積される<sup>16)</sup>。また、メロンでは、果実肥大がほぼ終了する収穫直前に糖含量が急速に増加し、その時の土壌水分管理が重要とされている<sup>10)</sup>。しかし、本試験の結果では、土壌水分の操作による果実品質向上のためには、肥大初期から水を切る必要があり、肥大終了後に糖含量を高めることは困難と考えられる。

土壌水分により糖や有機酸などの内容成分含量が変動する理由として、Vittumら<sup>23)</sup>はかん水処理によって糖度及び酸度が低下したのは、糖酸比には差が認められないことから果実の水分含有率の増加による希釈効果としている。また、今田ら<sup>3)</sup>は糖含量、崎山<sup>14)</sup>は全酸、遊離酸及び結合酸含量について土壌水分の影響を検討し、いずれも新鮮重あたりでは乾燥処理区の含量が高かったものの、乾物重あたりでは明確な差が生じなかったことから、これらの影響は果実の水分含量が関与したものとしている。

本試験においても、土壌水分を果実肥大期か

ら乾燥状態にした場合、果汁中の糖度及び酸度、新鮮重あたりの還元糖含量は増加したのに対し、乾物率も同様に増加したため、乾物重あたりの糖含量には一定の傾向が認められなかった。一方、1果重は乾燥処理により低下し、これらの内容成分とは相反する変動を示した。これらのことから、土壌水分による果実品質の変動は、これまでの報告のように、果実中の水分の増減による内容成分の希釈あるいは濃縮効果によるものが大きいものと推察される。

しかし、1果重×新鮮重あたりの還元糖含量で表わした果実中の糖含量をみると、生育初期を乾燥状態で経過した区でやや低く、これは水ストレスにより光合成が抑制された<sup>16)</sup>ことと、葉面積の減少に伴う同化量の低下が影響したものと考えられる。

ビタミンC含量は、乾燥から湿潤へとした場合の含量の低下が少なく、また、湿潤から乾燥とした場合には全期湿潤区との差は小さく、他の成分とは異った変化を示した。木下ら<sup>6)</sup>、西村<sup>12)</sup>ら、篠原ら<sup>17)・18)</sup>の報告では、トマトのビタミンC含量は果実への光条件が大きく影響し、また、花房段位の上昇に伴い増加するとしている。したがって、このようにビタミンC含量が変動した理由としては、水分変化処理以前に葉長などの生育が決定されていたために果実への受光量に大差がなかったことと、早期処理ほど花房段位が高かったことが考えられ、前述のような土壌水分による希釈、濃縮効果が受光量の影響により相殺されたものと思われる。

以上の結果から、トマトにおける土壌水分の制御は果実の内容成分含量を顕著に増加させ、その影響は肥大期の果実で大きく、さらに乾燥処理期間が長いほど品質の向上が著しいことが明らかとなった。一方、収量に関しては、内容成分とは全く逆の変化を示しており、また、乾物重あたりの糖含量には明確な差が認められないことから判断すると、土壌水分による品質の

向上は、果実の水分含有率が低下し相対的な濃度変化を生じたためと推察され、収量の低下も免れないものと考えられる。

しかしながら、糖含量を飛躍的に高め食味の向上を図るためには、土壌水分の制御が最も有効かつ確実な方法となることから、今後は水分制御技術の検討や制御下における果実肥大及び果色の品種間差異などを明らかにする必要がある。

## V 摘 要

土壌水分制御下におけるトマト果実の内容成分と収量との関係及び果実の発育ステージ別の土壌水分の変化が果実品質に及ぼす影響を促成栽培で検討した。

1. 糖、酸、ビタミンCなどの内容成分含量及び果実硬度は土壌水分が少ないほど高い値を示した。また、全糖含量はブドウ糖及び果糖の増減により異ったが、各糖の構成比に大差は認められなかった。

2. 台木間ではバルカンの品質が優れ、K C F T N 2号は劣ったが、台木品種による品質の変動は水分吸収力の影響によるものと推察された。

3. 生育、収量と糖度との間にはきわめて高い負の相関関係が成り立ち、得られた回帰式から、糖度が1度上がると株当たり0.8kgの減収となった。

4. 糖度、酸度、糖及びビタミンC含量は、果実肥大期の土壌水分と関連が深く、果実肥大後の水分の影響は認められなかった。一方、1果重は内容成分とは相反する変化を示し、また、乾物あたりの糖含量には明確な差がみられなかったことから、土壌水分による内容成分の変化は果実の水分含有率が関与して生じたものと判断された。

本研究の実施にあたり、糖の分析をご指導い

ただいた栃木県食品工業指導所柳沢 洋保蔵食品部長、さらに作物管理及び分析にあたってご協力をいただいた野菜部職員各位、なかんずく齊藤ヒサ主任技術員に謝意を表します。

## 引 用 文 献

1. 青木宏史・荻原佐太郎・湯橋 勤(1980) 千葉農試研報21:131~138
2. 今田成雄・宍戸良洋・施山紀男(1987) 園芸学会昭62秋研発要278-279
3. ———・施山紀男・宍戸良洋・清水光男(1987) 園芸学会62秋研発要280-281
4. 稲葉昭次・山本努・伊東卓爾・中村怜之輔(1980) 園学雑49(1):132-138
5. 本多藤雄・安井秀夫(1976) 野菜試験場報告C 2号:15-31
6. 木下隆雄・穂積清之・野中正義(1976) 園芸学会昭51秋研発要174-175
7. 小暮恭一・小林延子(1985) 埼玉園試研報14:1-13
8. 甲田暢男・荻原佐太郎(1984) 千葉農試研報25:101-111
9. 榊田正治・高森智重・田中豊秀・高橋英生・杉尾昌嗣(1986) 園芸学会昭61春研発要180-181
10. 益田忠雄・小寺正史(1953) 岡山大学術報告2:38-43
11. 宮崎農総試(1982) 野菜の鮮度保持並びに品質評価に関する成績書50-52
12. 西村 剛・志村 清(1982) 野菜試験場報告A 10:135-145
13. 齊藤 隆(1973) 農業技術体系 野菜編 2 農文協:基116-117
14. 崎山亮三(1968) 園学雑37(1):67-72
15. 施山紀男・阿部 勇(1977) 野菜試験場報告B 1:29-99
16. ———・今田成雄・宍戸良洋(1986) 園芸学会昭61秋研発要276-277



トマトの促成栽培における土壤水分が果実品質に及ぼす影響

17. 篠原 温・鈴木芳夫（1979）園芸学会昭  
54春研発要204-205
18. —————・—————・渋谷正夫（1982）  
園雑学51(3)：338—343
19. 相馬 暁・岩渕 晴（1979）北海道立農  
試集報41：37-46
20. Stevens. M.A., A.A.Kader and M.Albright  
（1979）J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104(1)：  
40—42
21. 栃木博美・矢田部健一（1986）栃木農試  
研報32：75—86
22. 山本幸彦・渡辺敏朗・金丸 隆・豆塚茂  
実・田中幸孝（1989）園学雑58別1：  
276—277
23. Vittum. M.T., W.B.Robinson and G.A.Marx  
（1962）Proc. Amer. Soci.Hort. Sci. 80：  
535-543
24. Wight, J.R., C.Lingle, W. J. Flocker and  
S. J. Leonard（1962）Proc. Amer. Soci.  
Hort. Sci. 81：451—457

Effect of the soil moisture on the quality of tomato  
fruit in forcing culture

Hiromi T<sup>O</sup>CHIGI and Hiroshi K<sup>A</sup>WASATO

Summary

The management of soil moisture is very important for the quality of tomato fruits in forcing culture. Accordingly, the effect of soil moisture on the quality of tomato fruits was examined under controled soil moisture. The present paper deals with the relation between the content of each component of tomato fruits and the yeild, and effect of soil moisture on the quality of tomato fruits at each growing stage of the fruit.

1. The contents of sugar, acid and vitamin C increased in parallel with the decrease in soil moisture. The ratio of constitution of each sugar was rather constant, though the content of total sugar was changed by the content of glucose and fructose.

2. As regards the differnce of the quality according to the cultivar of rootstocks, the fruit on the cultivar "Barukan" was excellent, while that on "KCFTN2" was inferior to those on other cultivars examined. It was infered that the difference of the quality might have resulted from the difference of ability to absorb soil moisture among the cultivars.

3. There were highly-fitted and negative correlations between growth or yield and the quality of fruits. From the regression equation obtained, it was estimated that 1% increse in Brix value caused 0.8 kg yeild decrease per plant.

4. Brix value, acidity, total sugar and vitamin C content were related to soil moisture at the thickening stage of fruit, and naturally, soil moisture had no effect on the quality after that growing stage. The difference of each component must have resulted from the content of moisture in fruits, because the fruit weight varied inversely as the quality and because the content of reducing sugar per dry weight was affected by the management of soil moisture.

Bull. Tochigi Agr.  
Exp. Stn. No. 36 : 15~24  
(1989)