

ハイワイヤー誘引栽培したトマトの主茎基部側枝が 果実の糖度と収量に及ぼす影響[†]

佐々木 英和・河崎 靖・安場 健一郎・鈴木 克己*・高市 益行**

(平成 24 年 9 月 24 日受理)

Effect of Retaining Basal Lateral Shoot on Total Soluble Solids and Yield in Tomato Trained on a High Wire System

Hidekazu Sasaki, Yasushi Kawasaki, Ken-ichiro Yasuba,
Katsumi Suzuki and Masayuki Takaichi

I 緒 言

トマトの施設栽培では、オランダなどを中心にハイワイヤー誘引栽培による年間 70 t・10 a⁻¹ 以上の多収生産が実現しているとされている (吉田, 2008)。国内のトマト栽培においても、低コスト化と多収生産技術の確立が求められており、日本の気象条件に適したハイワイヤー誘引栽培技術の体系化が進められている。ハイワイヤー誘引による長期多段栽培では、病害予防や果実の肥大・着色向上、誘引管理作業の効率向上のために摘葉が行われている。現行の栽培現場では収穫中の果房下まで摘葉することが多く (Adams ら, 2002)、栽培期間後半では根から最も近い葉までの主茎長が 5 m 以上に達する。また、肥大中の果実は最も強いシンク器官のひとつであるため (吉岡ら, 1979)、根に近い葉が摘葉された結果、最も根に近い葉が収穫前果実の周辺に位置することとなり、根と果実とで光合成産物の競合程度が増加し、根の成育に必要な光合成産物の不足が生じている可能性が考えられる。榊田ら (1995) は、摘果処理によって根の乾物重が増加し、株当たりの酸素消費量が高くなることを報告している。一方、ハイワイヤー誘引栽培では、誘引高さの上限を 1.8 m 程度とした慣行法に比べて受光

態勢に優れ、植物体下部における受光量の低下が少ないことが報告されている (羽石ら, 2005)。そのため、ハイワイヤー誘引栽培で摘葉が進んだ場合には、株元付近においても、十分な光合成が行える光条件にあると考えられる。本研究では、ハイワイヤー誘引栽培したトマトにおいて、根への光合成産物の供給を補うために、主茎基部近くから発生した側枝の葉 (以下、基部側枝葉とする) を残すことが、果実収量と糖度、株当たりの根の活性の指標となる出液速度に及ぼす影響について検討した。本研究の実施に協力いただいた、本研究支援センターの羽山敏夫氏、河野真寛氏に深く感謝いたします。

II 材料および方法

1 基部側枝葉が果実糖度と収量に及ぼす影響 (実験 1)

トマト品種 '桃太郎 8' を供試した。2007 年 7 月 19 日に育苗用土を詰めた 72 穴セルトレイに播種し、閉鎖型苗生産システムを用いて育苗した。8 月 24 日に軒高 3.5 m の低コスト耐候性ハウス (愛知県武豊町) に設置したかけ流し式ロックウール養液栽培ベッドに条間 225 cm, 株間 22.5 cm で定植した。栽培ベッドは南北列に配置し、1 条左右振り分け、誘引線高さ 2.8m でハイワ

〒 305-8666 茨城県つくば市観音台 3-1-1

野菜生産技術研究領域

* 野菜研究調整監

** 野菜生産技術研究領域長

† 本報告の一部は、園芸学会東海支部平成 20 年度研究発表会および園芸学会平成 20 年度秋季大会で発表した。

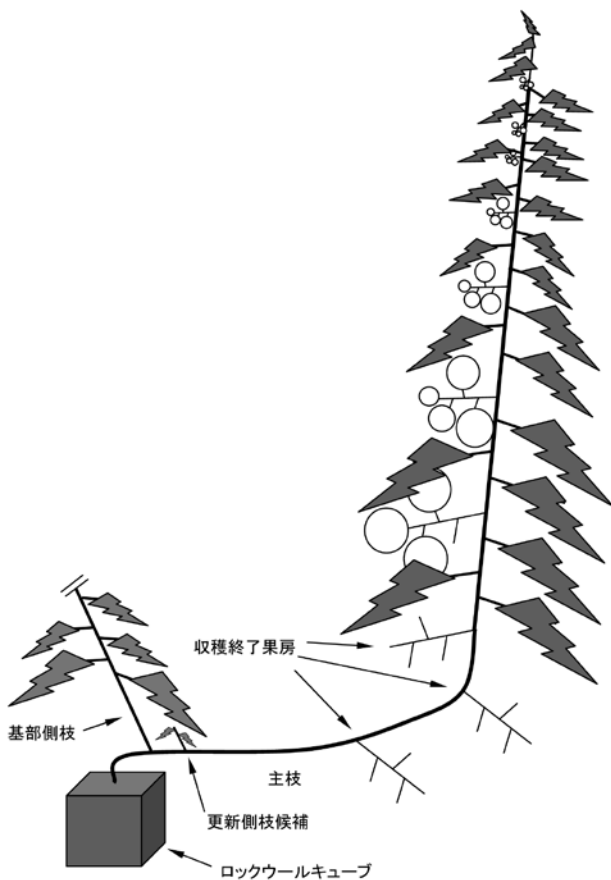


図-1 基部側枝区の模式図

ワイヤー誘引栽培を行った。培養液組成は、大塚A処方（高温期には大塚SA処方）とし、 $EC1.4$ から $1.8 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ で管理した。摘葉については、各果房の収穫終了にあわせて果房より下位葉がなくなるよう行い、成長点から収穫果房までの本葉数は約18枚であった。受粉には、クロマルハナバチ（在来種）を用いた。

対照区は主枝1本仕立てとし、側枝をすべて除去した。基部側枝区は、主枝の他に定植後主茎基部近く（子葉節か第1本葉上）から発生した成育の旺盛な側枝1本を残し、花芽を生じた節直下で摘心、誘引せずに5枚程度の葉を残した（図-1）。それ以外に発生した側枝は除去したが、基部側枝区の伸長させた側枝葉に黄化が生じてからは、主茎基部の最も近くで生じた新たな側枝1本を更新用に伸長させた。更新用側枝が本葉3枚以上になったところで、先に伸長させ黄化の生じた側枝を切除し、側枝の更新を行った。更新は、2か月（早いものは1か月）程度の間隔であった。対照区と処理区は同一ベッド列に混在させ、各区で左右振り分け株数を同じにし、栽培期間中に誘引により栽培ベッド南北端にかからないよう中央部付近の株から供試した。周辺の株

や隣接する栽培ベッド列は、対照区と同様の管理とした。対照区と基部側枝区、それぞれ12株を供試した。果実糖度は、11月26日から毎月1回、その日に収穫された各区の果実について、糖度計（PR-101, アタゴ）を用いて全可溶性固形分含量を測定した。

2 基部側枝葉が果房段位別の果実糖度と収量に及ぼす影響（実験2）

トマト品種‘桃太郎ヨーク’を供試した。2007年11月1日に育苗用土を詰めた72穴セルトレイに播種し、閉鎖型苗生産システムを用いて育苗した。12月14日に実験1と同様に低コスト耐候性ハウス内のかけ流し式ロックワール養液栽培ベッドに定植し、ハイワイヤー誘引栽培を行った。培養液組成は、大塚A処方（4月以降は大塚SA処方）とし、 $EC1.3$ から $1.6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ で管理した。実験1と同様に対照区と基部側枝区を設け、それぞれ10株を供試した。

収穫は果房段位別に行い、可販果と不良果に分けて果実重量を測定した。果実糖度は、果房段位ごとに同じ1週間以内に収穫された果実について、収穫当日に糖度計を用いて全可溶性固形分含量を測定した。出液速度は、梶田ら（1980）、森田ら（2000）の方法を一部改変して以下のように測定した。第12果房の収穫が終了した2008年6月11日午前9時45分に地上部根元から約8cmの高さで茎を切断し、切り口にあてた脱脂綿の重量変化から90分間の出液量を測定した。基部側枝区では、側枝についても同様に切断して出液量を測定し、主枝の分と合計して株の出液速度を計算した。切断した地上部は、果実と茎葉部に分けて新鮮重を測定した。

III 結 果

1 基部側枝葉が果実糖度と収量に及ぼす影響（実験1）

栽培期間中の月別日平均気温は、1月が最も低く、月別日積算日射量は、12月に $4.90 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ と最も低かった（表-1）。果実糖度は、11月26日に収穫された果実では、処理区間に差はなかったが、12月25日と3月18日の測定で対照区より基部側枝区の方が高くなった（図-2）。1月18日と2月19日では、同様の傾向はあるものの、明瞭な差ではなかった。各調査日における平均1果重に、処理区による有意な差はみられなかった。3月18日までの1株当たり総収量は、対照区と基部側枝区でそれぞれ6.5, 6.7 kgとなり有意差はなかった。

表-1 ハウス内日平均気温と日積算日射量の月別平均値

	2007年					2008年					
	8月 ^z	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月 ^y
日平均気温 (°C) ^x	28.2	26.4	20.9	17.7	16.8	15.8	16.4	17.9	19.6	22.1	22.9
日積算日射量 (MJ・m ⁻²) ^w	7.95	8.54	7.23	5.81	4.90	5.73	8.18	10.85	12.78	11.50	9.90

^z2007年8月27日から31日までの値

^y2008年6月1日から10日までの値

^x地上から1.5mの高さで計測

^w遮光カーテン下で計測

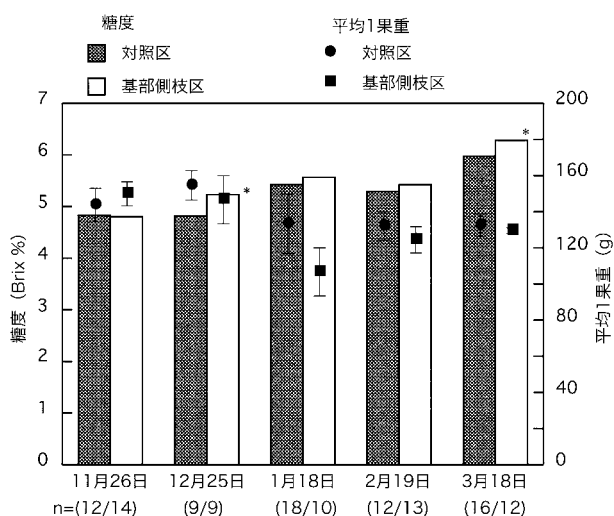


図-2 基部側枝葉が果実糖度と平均1果重に及ぼす影響

*は5%水準で処理区間の糖度に有意差あり (t-検定)。

平均1果重の上下線は標準誤差を示す。

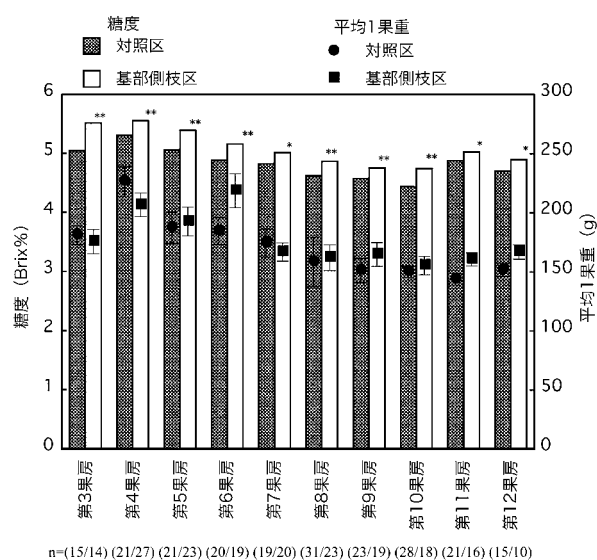


図-3 基部側枝葉が果房別の果実糖度と平均1果重に及ぼす影響

*, **はそれぞれ5, 1%水準で処理区間の糖度に有意差あり (t-検定)。

平均1果重の上下線は標準誤差を示す。

2 基部側枝葉が果房段位別の果実糖度と収量に及ぼす影響 (実験2)

1) 基部側枝葉が果実糖度に及ぼす影響

果実糖度は、果房段位によって変化した。第1果房より下位の葉が全て摘葉されてから収穫が始まった第3果房以降は、各果房で対照区より基部側枝区の方が有意に高くなった (図-3)。処理区間の果実糖度の差は、第3果房で最も大きく0.47、第11果房で最も小さく0.14であった。

2) 基部側枝葉が果実収量に及ぼす影響

第1果房の収穫は、対照区と基部側枝区ともに2月22日より開始した。第1果房から第12果房までの収量では、第5果房の可販果収量と第6果房の総収量に有意な差がみられたものの、対照区と基部側枝区との合計収量に有意な違いはなかった (図-4)。不良果の総

収量に占める割合は、対照区と基部側枝区でそれぞれ、5.5, 8.1%と基部側枝区でやや高い傾向がみられたが、不良果収量についても有意な差はなかった。可販果の平均1果重は、対照区で約170g、基部側枝区で約172gであった。

3) 基部側枝葉が出液速度に及ぼす影響

栽培終了時に切断した茎部からの90分間当たりの出液量は、基部側枝区の方が約15%対照区よりも大きく (表-2)、基部側枝葉があることで株当たりの根の活性がより高く維持されることが示された。出液速度計測時に切断した地上部の茎葉部新鮮重を比較すると、対照区約700g、基部側枝区が約790gとなっており、このうち100.4 ± 17.8 (平均 ± 標準誤差) gが側枝の新鮮重であった。第13果房以上の果実 (未成熟果を含む) の総

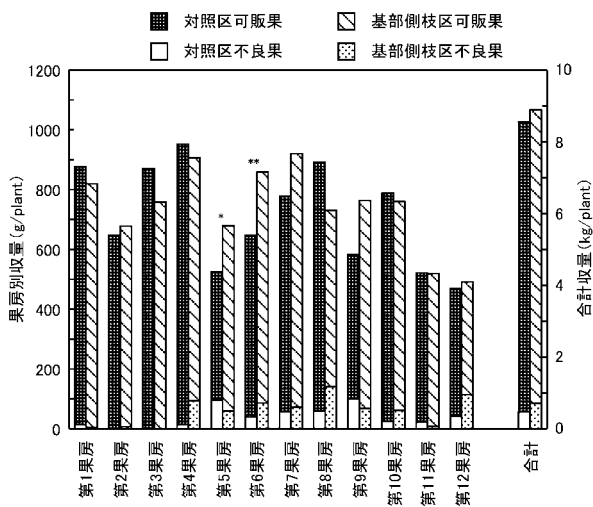


図-4 基部側枝葉が果実収量に及ぼす影響
*, ** はそれぞれ処理区間の可販果収量, 総収量に5%水準で有意差あり (t-検定).

重量は, 基部側枝区の方が, 対照区に比べて多い傾向にあった。

IV 考 察

収穫終了果房より下位葉を摘葉するハイワイヤー誘引栽培のトマトでは, 摘心した基部側枝を伸長させて同化葉とすることで果実糖度が向上した. 実験1では, 異なる果房段位からも果実を収穫しており, その影響を除くために果房段位別に測定を行った実験2では, 第3果房以降の全ての果房で有意に果実糖度が向上した. 果実糖度の向上は, 各果房直下の側枝に本葉2枚残し1果房当たりの葉数を増やすことで糖度が増したという報告(福地ら, 2004)や2段摘心トマトのNFT栽培での報告(斎藤ら, 2006)と同様の結果であった. 基部側枝葉での光合成については, 慣行栽培の開花果房の受光率を100とした場合, ハイワイヤー誘引栽培の開花果房と収穫果房の受光率が, それぞれ99, 57%であることが報告されており(羽石ら, 2005), 収穫果房位置に近い側枝葉においても光合成が行えるものと考えられる. さらに, 長期の誘引によっても, 主枝下部のように隣接株と重なることもなく, 光合成に十分な光環境が維持されると考えられる. トマトにおいて, 根に入った光合成産物の再転流が指摘されているものの, 果実の肥大に貯蔵同化養分の再転流は少ないと考えられている(堀, 1983). また, 肥大中の果実は最も強いシンク器官のひとつであることから(吉岡ら, 1979), 本実験で根に近い基部側枝葉を設けることで, 基部側枝葉からの光合成

表-2 基部側枝葉が出液速度と地上部新鮮重に及ぼす影響

	出液速度 ($g \cdot 90 \text{ min}^{-1}$)	茎葉重 ($g \cdot \text{plant}^{-1}$)	果実重 ^z ($g \cdot \text{plant}^{-1}$)
対照区	23.7	698	1539
基部側枝区	27.2 ^y (主枝 17.0) (側枝 10.2)	789	1739
有意差 ^x	*	NS	NS

^z栽培終了時の果実(未成熟果)

^y主枝と側枝の合計

**は処理区間でt-検定により5%水準で有意差あり, またNSは有意差のないことを示す (n=10)

産物が根以外にも直接果実へ転流しているか, あるいは, 果実近傍の葉から根など下部の器官へ転流する分が減少し, 果実への分配率が相対的に上昇した結果, 果実糖度が増加した可能性が考えられる. 光合成産物の増加が果実収量ではなく, 主に果実糖度の向上に影響していることは, 基部側枝葉に近い果房では, より成熟ステージの進んだ果実が着果していることが関係しているのかもしれない.

福地ら(2004)は, 第1果房直下の1次側枝を伸長させた場合には, 果実糖度は収穫中期までしか高くならなかったと報告している. これに対して, 本実験では, 基部側枝であっても第12果房まで果実糖度が増加した. これには, 伸長した側枝が, 主枝の同化葉をあまり遮蔽しない下部に位置すること, 光合成能の低下した老化葉となる前に側枝を更新したことが関係していると思われる.

トマト果実では, 土壌水分(今田ら, 1987)や塩ストレス(Adams, 1991)によって糖含量の高まることが知られているが, 側枝利用による糖度の上昇は, それらに比較すると大きくない. しかし, 水・塩ストレスによる高糖度化の場合, 収量や果重の低下が著しい(栃木ら, 1989; Sakamotoら, 1999)のに対して, 側枝葉の利用では, 平均果重も収量ともに対照区と比べて低くなく, 収量的にマイナスになる要因がない. また, 増収を主目的に国内に導入されたハイワイヤー誘引栽培において, 糖度の向上など高品質化を今後進める場合に, 側枝葉の利用はひとつの技術素材になるものと考えられる. 本実験の基部側枝区では, 側枝はロックウールスラブ付近で伸長し, 誘引した主枝の葉や果実と離れているため, 果実の着色への影響や葉の密生による病害の発生などは特にみられなかった.

根への光合成産物の供給については, スイカの2本

仕立て1果どりの場合、無着果する（一次側枝）の葉から行われ、着果する（主枝）からはほとんど行われていないことが報告されており（渡辺，2004），トマトにおいても側枝葉が根への光合成産物の供給に役割を担う可能性がうかがわれる。一方、出液速度に関しては、イネで出液速度を指標として根の生理活性と収量との関連について検討されているが（大橋，2004），本試験において基部側枝葉によって出液速度の増加がみられた。果房直下の側枝葉を利用した場合にも（福地ら，2004），本研究の結果と同様に収量の増加は認められなかったが、基部側枝葉によって株当たりの根の活性が高く維持されることから、より長期間の栽培における草勢維持について、さらに検討する必要があると思われる。

以上のことから、ハイワイヤー誘引したトマトでは、基部側枝葉を残すことによって果実糖度が向上すること、出液速度が増加することが明らかとなった。

V 摘 要

収穫の終了した果房より下位葉が除去されるトマトのハイワイヤー誘引栽培において、基部側枝葉が果実糖度と収量、出液速度に及ぼす影響について検討した。果実糖度は、果房段位別にみると第3果房以降の各果房で対照区より基部側枝区の方が有意に高くなった。収量では、対照区と基部側枝区とで違いはなく、可販果の1果重にも違いはみられなかった。出液速度は、基部側枝区の方が対照区よりも大きかった。栽培終了時の茎葉部と果実の新鮮重は、基部側枝区の方が、対照区に比べて重い傾向にあった。根に近い部分に同化葉となる基部側枝葉を残すことで、株当たりの根の活性がより高く維持され、果実糖度は増加することが示された。

引用文献

- 1) Adams, S. (1991): Effects of increasing the salinity of the nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. *J. Hort. Sci.*, **66**, 201-207.
- 2) Adams, S. R., G. C. Woodward and V. M. Valdés. (2002): The effects of leaf removal and modifying temperature set-points with solar radiation on tomato yields. *J. Hort. Sci. & Biotech.*, **77**, 733-738.
- 3) 福地信彦・本居聡子・宇田川雄二（2004）：摘果および整枝がトマトの果実糖度と収量に及ぼす影響. 園学研., **3**, 277-281.
- 4) 羽石重忠・石原良行（2005）：トマト促成栽培におけるハイワイヤー整枝法の特性. 栃木農試研報., **55**, 15-26.
- 5) 堀裕（1983）：トマトにおける光合成産物の転流. 園学雑., **52**, 113-115.
- 6) 今田成雄・施山紀男・穴戸良洋・清水光男（1987）：土壌水分がトマト果実の肥大，糖，有機酸に及ぼす影響. 園学要旨., 昭62秋, 280-281.
- 7) 榊田正治・中村俊充・五味清（1980）：果菜類の接ぎ木における台木の養分吸収特性に関する研究（第2報）キュウリの生育と分泌液の無機組成に及ぼす台木フィソフィオリアの影響-培地のカリ濃度に関連して. 宮崎大農研報., **27**, 187-194.
- 8) 榊田正治・野村真史（1995）：トマトの摘芯および果実除去が根の養分吸収と酸素消費量に及ぼす影響. 園学雑., **64**, 73-78.
- 9) 森田茂紀・豊田正範（2000）：メキシコ合衆国バハ・カリフォルニア州の沙漠地域で点滴灌漑栽培したトウガラシとメロンの収穫期における出液の速度と成分. 日作紀., **69**, 217-223.
- 10) 大橋善之（2004）：植物の根に関する諸問題 [135] 水稻の疎植栽培における出液速度と収量および品質との関係. 農及園., **79**, 1113-1117.
- 11) 斎藤岳士・福田直也・西村繁夫（2006）：塩ストレス，栽植密度ならびに果房直下の側枝が NFT 栽培トマトの収量および糖度に及ぼす影響. 園学研., **5**, 415-419.
- 12) Sakamoto, Y., Watanabe, S., Nakashima, T. 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.
- 13) 栃木博美・川里宏（1989）：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. 栃木農試研報., **36**, 15-24.
- 14) 吉田建実（2008）：日本型トマト多収生産に向けた研究開発のマイルストーン [1] トマトの多収に向けた技術開発の展望. 農及園., **83**, 64-70.
- 15) 吉岡宏・高橋和彦（1979）：果菜類における光合成産物の動態に関する研究. III. トマト果実の肥大・成熟に伴う sink 能の変化と source-sink の関係. 野菜試報., **A6**, 85-103.
- 16) 渡辺慎一（2004）：2本仕立て1果どり立体栽培スイカの果実肥大期における根の ^{13}C -光合成産物の分配. 根の研究, **13**, 45-49.

Effect of Retaining Basal Lateral Shoot on Total Soluble Solids and Yield in Tomato Trained on a High Wire System

Hidekazu Sasaki, Yasushi Kawasaki, Ken-ichiro Yasuba,
Katsumi Suzuki and Masayuki Takaichi

Summary

We investigated the effects of retaining basal lateral shoot on fruit total soluble solids (TSS), yield, and bleeding rate in tomato trained on a high wire system. The TSS content of fruits on plants with basal lateral shoot was higher than that of fruits on the control plants. There were no significant differences in marketable or total yield of fruit or in average fruit weight between plants with basal lateral shoot and control plants. Retention of basal lateral shoot might increase the fresh weights of shoot and immature fruits. The presence of basal lateral shoot induces root activity related to bleeding rate and TSS content of fruits in tomato trained on a high wire system.