トマトの栄養繁殖における品種，摘心および誘引方向が 側枝の均一性および採取数に及ぼす影響

小田雅行・黄 美玉・池田英男・古川 一

大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 599-8531 堺市中区学園町 1-1

Effects of Cultivar, Decapitation and Training Direction on the Uniformity and Number of Lateral Shoots in the Vegetative Propagation of Tomato Plants

Masayuki ODA, Mey Yu HUANG, Hideo IKEDA and Hajime FURUKAWA

Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University, Sakai, Osaka 599-8531, Japan

Abstract

Recently, cultivars reproduced by vegetative propagation are increasingly used to produce tomatoes with lateral shoots used for reproduction. To promote the development and uniformity of lateral shoots, treatments by decapitation and training on some tomato cultivars were investigated. The formation of lateral shoots after decapitation was fastest in the cherry tomato group, then in the common beef tomato group but slowest in the First beef tomato group. Treatment by decapitation enhanced the uniformity of lateral shoots among the various leaf positions, but the effect was insufficient. Horizontal training initially increased the number of lateral shoots after treatment, but finally the number became similar to that seen in vertical training. The number of harvested lateral shoots eventually depended on the number of leaf axils on the mother plant. The multiplication rate was about 65 times that of the mother plant by counting the lateral shoots generated from the main and the second stems.

Keywords: apical dominance, axillary bud, cutting, *Lycopersicon esculentum*, pinching

緒 言

種子繁殖は，栄養繁殖と比較してウイルスフリー化，均一な苗の大量生産，貯蔵および輸送の面で優れるので，トマトの最も一般的な繁殖方法である。しかし，遺伝的に固定されていないと後代で形質が分離するので，種子繁殖のための育種には，長い年月や高いコストが必要となる。これに対して，栄養繁殖は，交配，突然変異や放射線利用などの変異で得られた優良な個体を，遺伝的には未固定のままでも品種

として利用できる。新品種の育成に年月やコストがかからない。したがって，栄養繁殖を前提とすることにより，新しい病原菌レースによる病害の抵抗性品種や消費者の嗜好の変化に合わせた品質特性をもつ品種などの速やかな育成が可能になる。

このような背景から，1992年に‘越のルビー’（福井県），1995年に‘華クイン’（日華化学），2002年に‘ミアモーレ’（日本アグリス），2005年に‘華の鈴’（日華化学）など栄養繁殖によって増殖するトマトの品種が登録された。これらの品種は，茎頂培養によってウイルスフリー化し，それを原々種として主枝（主軸）の腋芽が分化・伸長した側枝（以下，側枝または第一側枝という。）で増殖している。しかし，栄養繁殖を種子繁殖と比較すると，増殖効率は低く，挿し穂の大きさも不均一になるなどの問題があり，栄養繁殖によって増殖

2007年 6月15日受付

2008年 3月11日受理

Corresponding author: Masayuki Oda
(moda@plant.osakafu-u.ac.jp)

する品種の普及が妨げられている。

ピーマンでは、種子繁殖が行われてきたが、最近になって栄養繁殖による品種育成を明確に意識した側枝の大量採取法が研究されている。母株の水耕法、採取する側枝の大きさ、挿し木用培地¹⁾、母株の栽植密度、水耕用培地支持体の種類、接ぎ木した母株の利用²⁾、採取した側枝の接ぎ木における養生条件³⁾が検討され、側枝を効率よく大量に収穫できる母株の栽培法および採取法が提案された。

一方、トマトでは側枝を利用した増殖に関する研究が1970年代からわずかに行われたが、育苗期間の短縮や育苗の省力を目的とした研究⁴⁻⁶⁾であった。しかもこれらは、既に発達した側枝を挿し木発根させて苗を育成することを主目的としており、多くの側枝を均一に発達させるための方法の検討はなされていない。

そこで、本研究では栄養繁殖による品種の育成と普及を最終的な目的として、側枝の発達に及ぼす品種、主茎の摘心および誘引方向の影響を調べるとともに、均一な側枝を早期に採取するための母株の栽培方法の有効性と側枝による増殖効率を圃場レベルで検討した。

材料および方法

1. 側枝採取数の品種間差異(実験1)

2001年9月16日に、ミニ系トマト品種として、‘ピコ’、‘イエローベア’、‘レッドベア’、‘イエローピコ’および‘プチ’を、普通系品種として‘大型福寿’、‘サターン’、‘桃太郎’および‘強力米寿’（以上、いずれもタキイ種苗）、ファースト系品種とし

Fig. 1 Denomination of plant parts. Heavy solid, dashed and dotted lines show main stem (axis), stem of lateral shoot and stem of secondary lateral shoot, respectively. Circle and fine solid line are cotyledon and true leaf, respectively.

て‘レディーファースト’および‘スーパーファースト’（両品種とも愛三種苗）の催芽種子を72穴セルトレイ（50 ml/セル）に播種した。培養土としては、スーパーセルトップV（サカタのタネ）：パーミキュライトを2:1（v/v）に混合したもの（以下、混合培養土）を用いた。大塚ハウス肥料A処方⁷⁾の1/2倍培養液を適宜灌水して育苗し、10月3日に各品種の第1本葉上で摘心した。上記植物体の2枚の子葉および第1本葉の葉腋からそれぞれ発生してくる側枝（Fig. 1）が本葉を5枚展開した時点で採取し、採取数を積算した。各品種とも9個体を供試した。実験は、大阪府立大学実験圃場にある間口4.5 m、奥行き14.6 mのプラスチックハウス（光線透過率60%）内で行った。ハウス内の平均最高/最低気温は、それぞれ37℃/17℃であった。

2. 主茎の摘心が各葉位の側枝長に及ぼす影響(実験2)

2000年10月30日に‘桃太郎’の催芽種子を混合培養土を詰めた128穴セルトレイ（25 ml/セル）に播種して育苗した。12月9日にロックウールキューブ（10×10×10 cm）に移植し、2001年1月16日に本葉が8枚展開した後に第7葉と第8葉間で主茎を切断した摘心区と摘心しない対照区とを設けた。2月18日に5個体以上の植物体について各葉腋から発生した側枝の長さを測定し、葉位間で異なる側枝長を摘心によって均一化できるか検討した。以上の栽培期間の平均最高/最低気温は、それぞれ28℃/10℃であった。実験中は、大塚ハウス肥料A処方⁷⁾の1/2倍培養液を適宜灌水した。また、花房は開花するまでに除去した（実験3および4も同じ。）。

3. 主茎の誘引方向と一次側枝残葉数が側枝の採取数に及ぼす影響(実験3)

2001年7月22日に実験1と2と同様の混合培養土を詰め128穴セルトレイに‘桃太郎’を播種して育苗し、8月5日にロックウールキューブ（10×10×10 cm）に移植した。8月31日に主茎は本葉10枚が展開した時点で第10葉の上で摘心した。その後、主茎の各葉腋から発達した一次側枝は、その葉数がそれぞれ5、6および7枚になった時点でそれぞれ0、1および2葉を母株側に残して側枝を採取した。すなわち、採取した側枝は5葉を着生しており、側枝の採取数に加えた。このとき、第10葉の上で摘心した主茎の葉腋数は子葉位の2か所を含めて12か所となる。それら主茎の葉腋から発達した12本の一次側枝を0、1または2葉残して切断すると、母株に残った一次側枝の葉腋数は、それぞれ0、12および24か所となる。また、主茎の誘引方向を鉛直線との角度が0°および90°とし、それぞれ垂直誘引区（対照）と水平誘引区とした。水平誘引では、茎を曲げずにロックウールキューブを含む個体全体を90°傾けた。採取した側枝の葉数はすべて5枚とし、各区とも8個体以上を供試した。このとき、主

Fig. 2 Difference of accumulated shoot number in decapitated tomato plant. As the plant decapitated above the first leaf, three lateral shoots are the maximum for a plant.

茎も側枝も摘心せずに放任した対照区を設け、葉数が5枚になった側枝をすべて採取した。大塚ハウス肥料A処方分の1/2倍培養液を適宜灌水して育て、9月8日から側枝を採取した。栽培期間中のハウス内平均最高/最低気温は39℃/23℃だった。

4. 実用レベルでの主茎誘引効果と増殖効率(実験4)

2001年7月22日に「桃太郎」の種子を混合培養土を詰めた128穴セルトレーに播種した。8月5日に同じ培養土を詰めた3号黒ポリ鉢に移植し、8月25日に栽培用ベッド幅が90cmの露地畑に定植した。栽培用ベッドには、くみあい尿素入りIB化成S-1号によりN、P₂O₅およびK₂Oを各35kg/10a施用し、白色ポリエチレンフィルムでマルチした。垂直誘引区は条間60cmの2条植えて株間は50cmとした。一方、水平誘引区は通路から20cmの位置で1条植えとし、株間は50cmとした。このとき、主枝の第1葉付近で折り曲げ、地上部を一方方向に揃えて倒した。栽培中は、ベッド周辺の通路に水を貯めて畝間灌漑した。9月12日に第1花房が着生していた第11葉と第12葉の間で主茎を摘心し、9月15日に各一次側枝を4葉残して切断した。切断で切り取った先端部も側枝採取数に加えた。各区7個体を供試し、各一次側枝の各葉位から発達した二次側枝は葉数5枚で採取した。栽培期間中の平均最高/最低気温は、31℃/24℃だった。

結 果

1. 側枝採取数の品種間差異

摘心したトマトにおける側枝累積採取数の品種間差異をFig. 2に示した。摘心は、第1葉上で行ったので、1個体から採取できる側枝は3本までであった。側枝の発達はミニ系品種が最も早く、ファースト系品種が最も遅く、普通系品種は

それらの中間であった。摘心後15日間では、ファースト系品種は1株当たり側枝採取数が3本に達しなかった。しかし、いずれの品種も最終的には葉腋数と同数の側枝が発達した。

2. 主茎の摘心が各葉位の側枝長に及ぼす影響

摘心が各葉位の側枝の発達に及ぼす影響をFig. 3に示した。摘心は、下葉位における側枝の発達を促進し、葉位間における長さの均一性を増した。しかし、主枝の上葉位ほど側枝が長くなる傾向は変わらなかった。

3. 主茎の誘引方向と一次側枝残葉数が側枝の採取数に及ぼす影響

栽培時の誘引方向と採取時の側枝残葉数が側枝の累積採取数に及ぼす影響をFig. 4に示した。水平誘引のほうが

Fig. 3 Effect of decapitation on the development of lateral shoots at each leaf position in tomato plant. Error bars indicate standard error (n = 5). 'Cot. 1 or 2' means each cotyledon.

Fig. 4 Effects of training direction and number of leaves left on lateral shoots at their cutting on the accumulated number of cuttings in tomato plant.

Fig. 5 Effects of training direction on the accumulated number of cuttings in tomato plant cultivated in open field. Seeds were sown on 22 July, seedlings were transplanted on 25 August and trained. Main stems were pinched above the 11th leaf on 12 September and lateral shoots were cut above the fourth leaves.

垂直誘引よりも早く側枝を採取できたが、最終的な採取数は一次側枝残葉数 0, 1, 2 枚とも誘引方向による差はなかった。しかし、一次側枝残葉数 0, 1 および 2 枚の最終的な側枝採取数は、それぞれ 11 ~ 12, 23 ~ 25 および 33 ~ 35 となり、母株に残る葉腋数に比例して増加した。主茎を摘心しなかった対照区の側枝採取数は 11 であった。

4. 実用レベルでの主茎誘引効果と増殖効率

栽培時の誘引方向が二次側枝の累積採取数に及ぼす影響を Fig. 5 に示した。初期の側枝採取数は、水平誘引のほうが垂直誘引より多かった。しかし最終的には、水平誘引と垂直誘引の側枝採取数は、それぞれ 66 および 64 本となり、ほぼ同数であった。

考 察

摘心後の側枝の発達は、ミニ系品種が早く、ファースト系品種が遅く、普通系品種はそれらの中間であった。側枝累積採取数調査後の観察によれば、発達の速度は異なるものの、いずれの品種も最終的にはほぼ同数の側枝が得られた。しかし、その発達には品種の系統によって違いがあった。したがって、側枝を栄養繁殖する場合には、必要苗数の確保のための側枝採取期間を品種ごと・季節ごとに調べておく必要がある。

実験 2 以下では種子繁殖による品種である「桃太郎」を用いたが、実験 1 の結果から品種が異なっても側枝の発達速度が異なるだけであり、「桃太郎」で得られた結果は、栄養繁殖による他の品種にも適用できると考えた。

オーキシンによる頂芽優勢⁷⁾は、茎頂で生成されるオーキシンが求基的に移動して下葉位にある側枝の発達を抑制することによる。したがって、茎頂部の摘心は下葉位の側枝発生を促進させることになる。メキャベツでは、茎頂部を摘心すると、上部の腋芽が発達し、摘心した切断面にオーキシンを処理するとそれを抑制すると報告されている⁸⁾。しかし、トマトにおいて主茎の摘心による下葉位の側枝の発達が、葉位を問わず均一な長さの側枝採取を可能にするか否かは明らかでない。そこで、各葉位から極力均一な側枝を得ることを目的として実験 2 を実施した。その結果、摘心は側枝の発生を促進することが確認され、葉位間における側枝発達の均一性を増した。しかし、上の葉位ほど側枝が大きくなる傾向は解消できなかった。

そこで、下葉位の側枝を発達させるために誘引方向を変えて実験 3 を実施した。ここでは、ロックウールキューブ栽培を

行って植物体を傾けやすくした。アサガオでは、植物体を上下が入れ替わるように回転させると、重力の影響がなくなり、最上位の側枝の伸長が抑制されるとする報告⁹⁾がある。本研究による主茎の横方向への誘引は、葉位が異なる茎の各部において重力の掛かり方がほぼ同じになるので、彼ら⁹⁾の実験結果と同様の効果が期待できると考えられる。ただし、クワの枝を水平誘引した結果では、上側の芽の伸長が早くなり、新梢の伸長も優れた¹⁰⁾ので、横方向へ誘引した場合でも重力の影響は残っているものと考えられた。実験3の結果では、植物体を横方向に水平誘引すると、垂直誘引した対照よりも多くの側枝が早く採取できる大きさに達したものの、最終的な採取数は葉腋の数に制限されてほぼ同じになった。したがって、トマトにおいては一次側枝の残葉数を多くすることが、葉腋をより多く残すことになり、最終的な側枝採取数を増やすことができるものと考えられる。

実験4は、ロックウールキューブによる栽培で得られた結果を実際栽培に近い栽培環境で確認しようとして露地圃場で栽培した。その結果、実験3と同様に横方向に誘引したほうが初期の側枝採取数は多かったが、最終的には対照の垂直誘引とほぼ同数になった。そして、二次側枝までの採取によって1株あたり65本程度を採取できることが明らかになった。側枝の採取数は、母株の栽植密度、摘心葉位、生育状態などによって変動するので、この数値は一つの目安である。本実験では、第11葉上で摘心した後も順調に生育して主茎長が70 cm程度になり、水平誘引によって栽培用ベッドを被う様子を観察した。水平誘引の栽植密度は、垂直誘引のそれよりも小さく設定せざるを得ないので、単位面積当たりでみると、水平誘引の側枝採取数は垂直誘引のそれよりも少なくなるものと考えられる。

ブドウの光合成速度は、茎の基部では水平誘引が、先端部では垂直誘引が大きいとする報告¹¹⁾がある。水平誘引では群落構造も異なるので、葉位間で揃った側枝をより効率的に採取するためには、群落内の光合成に最も有利な栽植密度とする必要がある。また、水平誘引がトマトの頂芽優勢を抑制することの裏付けとして、オーキシン濃度ばかりでなく、光合成速度あるいは光合成産物の分配がどのように変化するか調べることも今後必要となろう。

本実験の範囲では、横方向の誘引は葉位間においては側枝の成長を均一化する傾向にあり、誘引直後の側枝採取数は増やすが、増殖効率は葉腋数の制限を受けて65倍程度になった。この増殖効率は、現状の栄養繁殖による品種と同程度であり、増殖効率が1,000倍以上の種子繁殖と比較すると著しく低い。栄養繁殖による品種が種子繁殖による品種と同様に普及するためには、変異がなくて増殖効率が画期的に高い栄養繁殖法の開発が望まれる。その具体的方法と

して全茎切断増殖法^{12,13)}が有望と考えられる。この方法は、主茎を摘心した後に発達してくるすべての側枝を第1葉下で切断し、茎の切断面に形成されるカルスから大量のシュートを発達させるものである。本法を実際栽培に適用すると、全茎切断後約3か月間で200本/母株以上のシュートを採取できたが、苗の需要期間は短いので、現状では種子繁殖が困難な系統やF1品種の親系統の増殖手段として有望と考えられている¹⁴⁾。全茎切断法の実用化には、挿し穂貯蔵法の開発や変異が発生しないことの確認が必要であり、この方法による苗生産の急速な普及は見込めない。したがって当分の間、栄養繁殖による品種の増殖には、側枝が利用され続けると考えられる。その場合、側枝の採取数は葉腋の総数に制限されるので、葉腋数を多く確保できる母株整枝法の開発が今後の課題である。

摘 要

栄養繁殖を前提として育成されたトマト品種を側枝で増殖する場合に、葉位間で均一な側枝をより多く発達させることを目的として、側枝の発達に及ぼす品種、主茎の摘心および誘引方向の影響を調べるとともに、露地栽培で確認した。その結果、1) 側枝発生数に品種間差異はないが、発達速度には、果実のタイプで分けられる品種間差異がある、2) 摘心は下葉位の側枝の発達を促進して各葉位の側枝長が均一化するが、ほぼ同じ大きさの側枝を得るには至らない、3) 側枝採取数は、水平誘引によって処理直後には増えるが、最終的には母株の葉腋数によって制限される、4) 二次側枝の利用により65倍程度の増殖効率になることが明らかになった。

引用文献

- 1) 白井健史, 萩森 学. ピーマン (*Capsicum annuum* L.) の大量増殖法. 園学雑. 73: 259-265. 2004.
- 2) 白井健史, 萩森 学. 養液栽培によるピーマン (*Capsicum annuum* L.) 苗の大量増殖法—穂収量に対する母株の栽植密度および培地の効果. 園学雑. 73: 374-379. 2004.
- 3) 白井健史, 萩森 学. 母株から採取したシュートの接ぎ木によるピーマン (*Capsicum annuum* L.) の苗生産法—接ぎ木活着率・苗質に及ぼす養生条件の影響. 園学雑. 73: 380-385. 2004.
- 4) 松原幸子, 益田忠雄. トマト1段密植栽培におけるさし木苗の利用に関する研究. 岡大農学報. 52: 13-23. 1978.
- 5) 菅原眞治, 伊藤克己. 水耕トマトの側枝さし苗利用による連続栽培. 愛知農総試研報. 14: 114-119. 1982.
- 6) 伊藤裕朗, 河合伸二. 脇芽さし木苗を利用したミニトマトの栽培. 愛知農総試研報. 23: 177-184. 1991.

- 7) Thimann K, Skoog F. Studies on the growth hormon of plants. 3. The inhibition action of growth substance on bud development. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA. 19: 714–716. 1933.
- 8) Thomas TH. Effects of decapitation, defoliation and stem girdling on axillary bud development in Brussels sprouts. Sci. Hort. 20: 45–51. 1983.
- 9) Prasad TK. and M. G. Cline. The role of gravity in apical dominance. Plant Physiol. 83: 505–509. 1987.
- 10) 鈴木健夫. クワ古条の横臥枝化による春発芽，新梢生長と重力形態形成. 日蚕雑. 62: 265–271. 1993.
- 11) 日野 昭, 井口詔雄, 天野勝司, 水谷房雄, 門屋一臣. ブドウ樹における枝の垂直，水平誘引が光合成速度並びに光合成産物の転流に及ぼす影響. 愛媛大学農学部農場報告 17: 17–24. 1996.
- 12) Harada M, Oda M, Mori G, Ikeda H. Mass regeneration of shoots from cut surfaces of stems in tomato stock plants. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 73: 479–481. 2005.
- 13) Johkan M, Mori G, Mitsukuri K, Mishiba K, Morikawa T, Oda M. In vivo shoot regeneration promoted by shading cut surface of stem. HortScience 43: 220–222. 2008.
- 14) 西本登志, 吉村あみ, 木矢博之, 信岡 尚, 矢奥泰章, 東井君枝, 前川寛之, 小田雅行. トマトの茎切断部に発生する不定芽の採取法と不定芽由来苗の生産性. 奈良農総セ研報. 38: 11–16. 2007.