

高軒高施設を利用したトマト生産

鈴木 克己

独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構野菜茶業研究所

Tomato Production in High-eaved Greenhouses

Katsumi SUZUKI

National Agriculture and Bio-oriented Research Organization

National Institute of Vegetable and Tea Science

キーワード：オランダ，夏季高温，高軒高ハウス，施設園芸，トマト，ハイワイヤー誘引

1 はじめに

トマトは世界で一番生産量が多い野菜である。我が国においても米に次ぐ農業生産額2位の品目であり、年間約2,000億円の生産額がある。年間1人当たり約10kgの消費があり、欧米各国に比べると少ない。これはほとんどが生食用に利用されているためだと思われる。栽培は主にハウス内でなされて、暖地では冬春にかけて、冷涼地や高冷地では夏秋に生産され、消費者に供給されている。ここ数年トマトの単価は下降傾向にあり、最近では300円/kgを切っている。トマトも近年輸入されるようになってきている。輸入量が増減するのは色々な要因があると思われるが、単価が250円/kgを切ると輸入量が減少する傾向にある(図1)。このため今後250円/kgでもなりたつトマト生産が望まれる。このような厳しい状況下でとられる戦略としては、市場価格に左右されず消費者に高く支持される高品質な果実を生産し高価格での販売を目指す路線と、一定品質の果実を大量生産しできる限り低価格で販売する薄利多売の路線が考えられる。1農家当たりのハウス面積は、これまで家族経営で標準とされてきた20a~30a規模の数が減り、それ以下や、それ以上のハウスの割合が増えている。このことから今

後、手間暇をかけ高品質を狙う路線と、低コスト栽培で大量生産を狙う路線になることが伺える。

2 低コスト・大量生産の方向

利益率を向上させるには、生産コストを引き下げ、販売額を増加させることである。生産コストを下げるためには、ハウスの建設から栽培方法、病虫害防除、販売、作業等すべてにわたり無駄をなくすとともに、さらに低コスト技術を開発する必要がある。販売額を増加させるには、同じ労力でこれまで以上の多収を目指す必要がある。この結果、これまで以上のトマトが市場にでまわることが予想される。トマトの消費形態を含めた消費拡大の努力も必要になる。

多収の方向としては、葉菜類のように、露地で大面積で生産しできるだけ機械化するか、もしくはハウス面積を拡大し、そこで播種期をずらし、定期的に収穫してゆき、低段密植栽培により生産効率を向上させる方法である。または、トマトが連続的に生長してゆく作物である特性を生かす長期多段栽培による栽培である。この場合、空間的にトマトを配置した方が物質生産面で有効で、そのために高軒高ハウスが使用される。いずれの場合も周年にわたり安定した生産ができることが必要となる。トマトを高くつるハイワイヤー誘引法はオランダで確立され、現在様々な技術革新により50t/10a/年間以上の収量を上げている。我が国においてもオランダ型の栽培方法が1980年代から導入され、最近では企業的な経営によるトマト栽培が拡大しつつある。

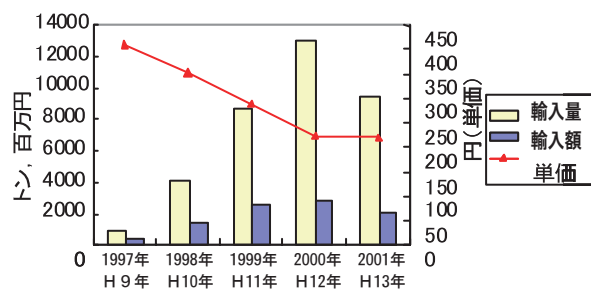


図1 トマトの国内単価と輸入量の関係

3 オランダでのトマト栽培¹⁾

オランダでもトマトは重要な野菜であり、1,250haで

栽培され、540 のカンパニー（生産農家）がある。平均すると 2ha を超え、なかには 30ha 規模のところもある。ハウスの軒高は 4m、新しい温室では 5m を超えるなど高くなる傾向にある（図 2）。平均収量では 50kg/㎡/年を超え、スペインの 8~10 倍にあたる。トマトは 1 月頃定植し、4 月頃から収穫を開始し、11 月に終わる作型が多い。オランダの気候は冬は比較的温暖で、夏は冷涼のため、ハウス内は環境制御により年間を通じて約 20℃ で管理されている。生育温度が一定のためトマトの生産は CO₂ 濃度や、光量により制限を受ける。このため、夏の日照を有効利用した夏回りの栽培と、各種環境制御技術や CO₂ 施肥、補光などの技術により高収量をあげている。栽培方法はロックウールを使用した養液栽培で行われ、養液のリサイクルなど環境にも配慮されている。品種は養液栽培に適する品種で、約 40 品種ほどが栽培されている。トマト増収の要因としては補光の効果が大きく、周年栽培が可能となった。補光はトマトの価格次第で、価格が低迷しているときは行わず、高めの場合は行い、これにより生育調整をしている。第二の増収要因としては高軒高ハウスの利点であるハンギングシステムの導入をあげていた。また、労働力の効率化、機械化が増収に寄与している。

4 我が国でのオランダ型栽培

我が国でも北海道や東北や山間地などの冷涼地ではオランダ型の夏回りの栽培は技術的には可能である（図



図 2 軒高が 5 m のオランダの温室



図 3 日本に導入されたオランダ型栽培温室

3)。しかし、冬季の寡日照、雪、低温（エネルギーコスト）などの問題で周年栽培は困難となっている。寡日照は補光により、雪害は頑丈なハウス構造により、低温は暖房により解決可能である。問題はコストであり、補光、ハウス建設、燃料等が安価になるか、新しいエネルギー技術が開発されれば周年栽培が可能になると思われる。

一方、暖地では夏季高温による高温障害のためトマトの物質生産に有利な日照が一番ある時期に生産を中止し、日照が少ない時期にトマトを栽培しているのが現状である。このため、オランダ型の高軒高ハウスでハイワイヤー誘引によるトマト栽培を行っても、年間約 30t/10a ほどとなる。これは、品種、冬の暖房温度、補光技術を導入していないことも影響していると思われる。暖地において年間の生産量を増やすためには、冬季に補光、CO₂ 施肥、暖房などを行い収量を上げるか、もしくはこれまで作っていなかった夏季にトマトを栽培するかである。

いずれにせよオランダの技術はオランダの気象環境下・社会状況で構築された技術であり、我が国に適合するように修正するか、合わないところは新しい技術を作らなくてはならない。特に夏季高温対策については大きな問題となっておらず我が国が率先して研究を進める必要がある。

5 我が国における高軒高ハウスの普及状況

高軒高ハウスはパイプハウスと比較すると建設費が高



図 4 屋根の持ち上げ



図 5 完成したハウス

い、オランダ型のフェンロー温室を輸入し建設しようとする初期投資がかなりかかり一般的な農家では導入が困難であった。しかし、近年、補助事業などにより、高軒高の低コスト耐候性ハウスが建設され全国各地に普及しつつある。また、古いハウスでも軒をかさ上げるハウスリフォームにより高軒化する事例も増えている。

最近、軽量鉄骨、パイプ基礎、ユニット工法、ユビキタス環境制御など新技术を組み合わせた超低コストハウスも開発された(図4, 5)。野菜茶業研究所の武豊研究拠点にこの方法でハウスが建設され、今後、トマトを栽培し、内部環境などを調査する予定である。

6 夏季におけるトマト栽培

夏季にトマトを栽培するためには、ハウス内の気温を低下させることが必要となる。夏季高温対策として、高温期に栄養生長期や果実肥大期になる作型にすること、耐暑性品種の利用、施設面では、冷房、根域冷却(培地冷却)、細霧冷房、パッドアンドファン、散水によるガラスの冷却、遮光資材の利用、換気効率の改善、フルオープンハウス利用、赤外線カットガラス使用、吹きつけ剤利用などがある。高軒高ハウスは普通軒高ハウスと比較して高温に有利とされ、上記の技術を組み合わせた対策が行える。しかし、トマトの群落内での環境状態や、高温下でのトマトの生理状態が十分解明されていないため、生産に理想的な対策方法はまだ確定しておらず今後研究を進める必要がある。

7 高軒高ハウスの気象特性²⁾

高軒化により改善される効果として夏季高温の緩和が上げられる。野菜茶業研究所では軒高の違いにより夏季の温度環境がどの程度違うのか明らかにするために、夏季晴天日の昼間の内外気温差について、高軒高ハウスと、隣接する協力農家の普通軒高ハウス内の気象環境について、連続的に測定を行った。温度は正確に測定するために温度計に小型ファンを取り付け通風して測定した。

比較したハウスは軒高4m、400 m³の合掌型連棟鉄骨組硬質プラスチックハウス(高軒高ハウス)と約30m離れた軒高2m、1,513 m³のアーチ型連棟ビニルハウス(普通軒高ハウス)でいずれもトマトを栽培した。高軒高ハウスでは側窓天窓に0.6mm目合いの防虫ネットを展張した。

2003年、2004年2年間実測を行ったが両年とも、5月~6月の晴天日昼間の施設内気温(11時~12時の高さ2mの平均気温)は、高軒高ハウスの方が普通軒高ハウスよりも有意に低いことが明らかになった(図6)。高軒高ハウスと普通軒高ハウスの気温差は、2004年のような空梅雨の年の場合、5月より日射が強くなる6月の方がより大きくなった。高軒高ハウスでは5月、6月の外

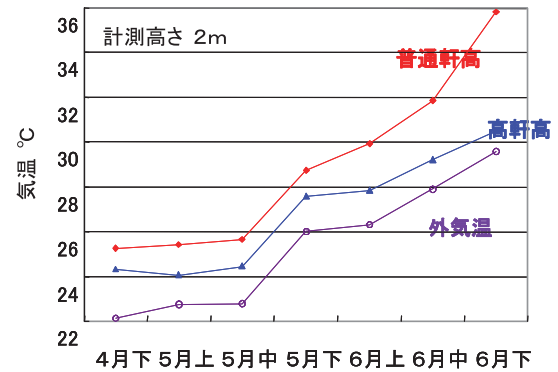


図6 軒高の違いによる日最高気温の変化

気温とハウス内温度の回帰直線はほぼ同じであった。普通軒高のハウスが2.7°C~4.6°C外気温より高くなるのに比べ、高軒高ハウスでは1.1~1.4°Cの上昇にとどまっていた。高軒高ハウスでは防虫対策のため0.6mm目のネットが側窓および天窓に張ってあるが、普通軒高のハウスよりも気温は低くトマト栽培に有効的であるといえた。

通常ハウス内では上部ほど気温が高くなる。温度の鉛直分布を調べたところ高軒高ハウスでも同様の傾向が見られた。晴天・高温日のトマト栽培ハウスの内外気温差は、13時頃をピークに最も大きくなった。軒高の異なるハウスの気温差もその時間帯に最も大きくなり、高軒高ハウスの方が低かった。高軒高の上部の3.5mの気温は普通軒高ハウス内の2mの気温に近かった。

また、高軒高ハウスでは栽培しているトマト上部の空間が大きいために、軒が低いハウスでは導入が難しい遮光カーテンや細霧冷房装置等を装備できるメリットがある。実際に高軒高ハウス上部に取り付けた細霧冷房により、高軒高ハウスの気温は外気温より3°C程度低下した。

当然のことながら、各種環境制御装置の有無など、種々のハウスの条件によって実測数値は異なると思われるが、軒を高くすることは夏の高温対策に有効であることが実証された。

8 ハイワイヤー誘引トマトの光合成特性^{3,4)}

トマトのハイワイヤー誘引法は、高軒高温室の空間を有効に利用できる誘引法である。光合成速度および測定葉の付近のPPFD(光合成有効量子束密度)は、1日を通して葉位が高いほど高く推移した。光-光合成曲線は葉位によって異なり、上位葉ほど光飽和点、光補償点とも高く、呼吸速度も大きい傾向があった。現地試験ハウス(栽植密度2,614個体/10a、誘引高さ280cm)のトマトでは、①個葉面積が小さい植物体ほど、群落の下層まで光が浸透し、各葉当たりの受光量が多くなる傾向があった。②ハウス内の光強度の範囲では、個体当たり光合成速度は飽和する傾向はみられないので、水や高温のストレスがかからないような管理をすれば、ハウス内の光条件の改善程度に応じて個体(群落)当たり光合成生

産が増大するものと考えられた。また、ハウス内 PPFD が $100 \mu \text{ mol/m}^2/\text{s}$ 以下になると、日中の個体当たりの光合成量がマイナスになる可能性があった。③3月の平均的なハウス内光条件下では、受光割合がハウス内日射量の5%以下となるような下位葉数枚において、見かけの光合成量がマイナスとなることが示唆されたので、これら下位葉の摘葉が有効と思われた。4月、6月では見かけの光合成量がマイナスとなる葉はみられず、これらの時期では摘葉程度を軽減することによって個体の光合成量が増大する可能性があると考えられた。

9 トマトの収量⁵⁾

大府地域総合研究では、有機養液土耕栽培と、窒素日施用方法による養液栽培によりトマト（品種ルネッサンス）の長期多段栽培を行った。10月定植で12月から7月半ばまでの収穫で、10a当たり可販果収量は養液栽培で18t、養液土耕で19tであり、果実糖度6度前後であった（図7）。冬季の暖房温度は12°Cであり、収穫段数は25段であった。開花後から収穫までの日数と平均気温には正の相関が見られた。

今後収量を増加させるには、定植時期を早め12月以前の収穫量を増加させることがグラフから読み取れる。しかし20tの収量を30t、40tとするためには収穫時期全般にわたり収量そのものを増加する必要がある。これには品種、環境制御、栽培方法等すべての面から技術革新を行う必要がある。当所における品種比較試験では夏季においてもオランダ品種の一部は日本品種に比べて障害果発生が少なく可販化収量は多かった。しかし、その糖度は低く、品質がよく夏季に収量が上がる品種の開発が望まれる。また、夏季対策のみならず、冬季の加温、CO₂施肥、補光などの試験も行いどの技術がどれくらい収量に影響を与えるか調査する必要がある。そこで、日本のトマト生産を取り囲む環境における、適正な収量提示による栽培技術の構築が必要である。

10 高収益施設園芸システムを目指して

少子高齢化に伴う国内での消費低下、トマトの低価格

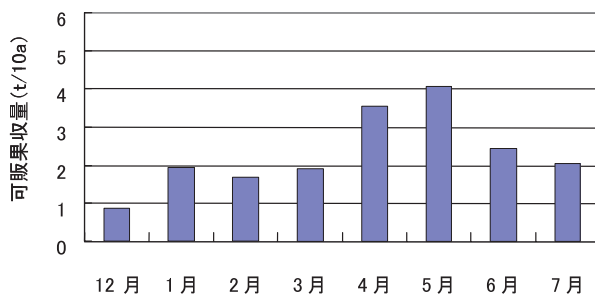


図7 大府地域総合試験での月別収量

化、中国等途上国でのエネルギー需要拡大によるエネルギー価格の高騰、ハウス材料費の上昇など、今後、国内の施設園芸を取り囲む状況はますます厳しくなると予想される。生産者自体も高齢化しハウスの更新や、後継者など問題も多い。このような状況下で、それぞれの路線に適する品種開発、栽培技術開発、作業技術、病虫害防除、環境対策など、トマト生産に関わるすべての部分での見直しが必要となる。

高収益のためには言うまでもないが、作るコストを下げて経費を削減し、高く販売することで売り上げを増加する努力が必要である。コスト削減では、ハウス本体は新しい工法を用いたハウスや、新しい環境制御装置など技術革新が始まっている。今後、ランニングコストを削減するために、労働生産性を向上させるような、栽培管理技術および省力・自動化技術の開発が必要である。また、環境制御により快適な空間を作り出すことは作業者を快適にさせ、作業性も向上する。それはトマト等作物においてもストレスを軽減し、増収につながる。よって、適切な環境制御法の開発は今後も重要となる。

販売額を増加させるには、品質が高く値段も高いものを多く販売することが必要である。だが、多収と特に糖度などの品質はどちらかという負の相関を示すため、どちらかに重点を置く必要がある。安定して多収を目指す場合、現時点は養液栽培を用いることがベストであると考えられる。しかし養液栽培で収量が高く品質も高い日本型の品種は開発されておらず、今後、品種特性の解明も含め、開発へ向かっていかなければならない。養液土耕栽培や簡易な養液栽培方法などの技術革新も必要であろう。また、作期を長期化するためには、夏季高温の克服が重要となる。環境制御技術の開発とともに、作物側の生育制御技術や、適正品種の選定なども進めなくてはならない。基礎研究ではトマトゲノムに関する研究も急速に伸展している。今後、育種や栽培技術を効率的に開発するには生産に関わる植物の形質について明らかにし、ゲノム情報なども積極的に利用することも重要となる。

高付加価値のためには、食味を含めた品質や機能性の研究も重要である。これは消費拡大のためにも有効となる。少子高齢化の社会となっていくにつれて、野菜生産への要望は高まると思われる。病虫害の総合防除は、収量、作業、品質などすべてに絡む問題であり、各ハウスに適した防除技術が必要となる。さらに植物残渣の処理や、養液の廃棄など環境問題にも対応しなければ国民の支持を得ることは難しい。これら色々な問題が考えられるが、野菜茶業研究所では新しい高軒高ハウスである超低コストハウスを基本に、トマトの生産に関わる問題に取り組み高収益園芸を旨とし研究を進める予定である。

摘要

トマトを栽培している高軒高ハウスの夏季日中の気温

は、防虫ネットを展張しても防虫ネットを展張していない普通軒高ハウスより低く、さらに細霧冷房を併用すれば外気温より低下し高温対策に有効であった。ハイワイヤー誘引法は、高軒高温室の空間を有効に利用でき、群落の下層まで光が浸透した場合、各葉当たりの受光量が多くなる傾向があり、有機養液土耕栽培による長期多段栽培では年間 19t/10a の収量が得られた。高軒高ハウスは普通軒高ハウスよりもトマト栽培に有効的であることが示唆された。今後低コスト・多収を目ざし、高軒高ハウスにおけるトマト栽培に関する技術開発の必要性を解説した。

引用文献

- 1) 鈴木克己. 2005. 海外情報オランダの最先端施設園芸を見
て. 施設と園芸. 128 : 51-55
- 2) 細野達夫・細井徳夫・川嶋浩樹・古谷茂貴・鈴木克己.
2005. 高温期のトマト栽培中の高軒高ハウス内の気温特性.
平成 16 年度 野菜茶業研究成果情報 : 29-30
- 3) 高浪弘好. 2005. トマトハイワイヤー誘引の特性. 地域先
導技術総合研究「東海地域における快適で環境負荷低減を
目指した施設野菜生産システムの確立」研究成果選 : 21-22
- 4) 渡辺慎一. 2005. ハイワイヤー誘引トマトの光合成特性.
地域先導技術総合研究「東海地域における快適で環境負荷
低減を目指した施設野菜生産システムの確立」研究成果選:
19-20
- 5) 川嶋浩樹・中野明正・林 清忠・古谷茂貴・上原洋一.
2005. 有機質液肥を用いた養液土耕によるトマト促成長期
栽培技術. 平成 16 年度 野菜茶業研究成果情報 : 22-24