



寒冷地における低段密植栽培を活用した高糖度トマトの生産実証

著者	岩崎 泰永, 山根 陽弘, 伊藤 瑞穂, 後藤 千彩音, 松本 浩一, 高市 益行
雑誌名	農研機構研究報告 野菜花き研究部門
巻	3
ページ	41-51
発行年	2019-03-31
URL	http://doi.org/10.24514/00002002

doi: 10.24514/00002002

寒冷地における低段密植栽培を活用した 高糖度トマトの生産実証

岩崎泰永・山根陽弘*・伊藤瑞穂**・後藤千彩音***・
松本浩一****・高市益行*****

(平成 30 年 9 月 10 日受理)

Demonstration of Year-Round Production of Tomato Fruits with High Soluble-Solids Content by Low Node-Order Pinching and High-Density Planting

Yasunaga Iwasaki, Akihiro Yamane, Mizuho Itoh, Chisato Goto,
Hirokazu Matsumoto, and Masuyuki Takaichi

I 緒言

宮城県の太平洋沿岸地域では、冬期に晴天が多いことや内陸部と比べると温暖な気象条件を活用して、施設園芸産地が形成されている（園芸学会東北支部編，2015）。この地域におけるトマトの生産は2月に定植して、4～7月に収穫する半促成作型と、7～8月に定植して年内にほぼ収穫を終える抑制作型の二つの作型を組み合わせで行われている。つまり、最も高温の時期と最も低温の時期を避けてトマトは生産されている。近年、全国的に生産性の向上を目的として法人化や大規模化が進みつつあり、この地域においてもヘクタール規模の法人経営が増加しつつある（山田，2008）。このような大規模法人経営では「周年生産」が重要なキーワードとなっている。周年生産によって、「周年出荷」が可能

となれば、販売契約上有利となること、「周年雇用」によって働き手を確保しやすくなることがその理由である。しかし、12～2月の低温期の生産は関東以南の園芸産地と比較すると暖房コストが多くなることは避けられない。また、この時期は日射量が少なく日中も外気温が低いいため、天窓を通した換気がほとんど行われず、ハウス内には蒸散によって作物葉から放出された水分が蓄積し、湿度が高くなりやすい。高湿度状態を好む灰色かび病や葉かび病、すすかび病などの病害の発生を抑えるためには、除湿を目的とした換気や相対湿度を下げるための昇温が必要となり、さらに暖房コストを押し上げる要因となる。このように、寒冷地である宮城県において、低温期も生産を継続するためには暖房コストの上昇をカバーできるだけの収量を増加するか、あるいは単価の向上が重要になる。

このような課題を解決するため、著者らは、低段密植

栽培を活用した、高単価が期待できる高糖度トマト生産に着目した。トマトは水分吸収が制限されると糖度が上昇することが知られている(栃木ら, 1989; 早田ら, 1998)。養液栽培においては培養液中に塩化ナトリウムなどの塩類を添加してEC(電気導電率)を高め、根の周囲の浸透ポテンシャルを下げることによって水分吸収を抑制し、水分ストレスをかける方法が一般的である(伊藤ら, 1994; 岡ら, 2004; 園師, 2008)。水分ストレスをかけることは、果実糖度の上昇に効果がある一方で、茎葉の生育にはマイナスに作用するため、養液栽培による高糖度トマト生産では、第1~3花房を利用して、栽植密度を5~10株/m²に高める低段密植栽培を利用することが多い(渡辺, 2006)。宇井ら(1995)は高ECと高気温条件下で尻腐れ果が発生しやすくなることを報告しており、高温期には培養液に塩類を添加する方法で糖度の高いトマトを生産することが難しいことが課題となっている。この点において、宮城県は西南暖地よりも夏期の高温期間が短く、最高気温も低いので、高糖度トマトの周年生産に適していることが期待される。そこで、本研究では、糖度7以上の比較的食味のよいトマトの周年生産を目標として、実際の生産に近い規模のハウスにおいて、低段密植栽培によってトマトを生産し、収量、品質および経営収支を明らかにすることを目的とした。

なお、本研究の実施にあたり、株式会社GRA契約職員、菊地宣子氏、菊田公子氏には多大な援助をいただいた。本研究の一部は「食料生産地域再生のための先端技術展開事業(先端プロ)、施設園芸栽培の省力化・高品質化実証研究(復興庁・農林水産省, 2012~2017)」の助成を受けて実施した。

II 材料および方法

本実証実験は、先端プロの一部として宮城県山元町に建設されたフェンロー型鉄骨ハウス(軒高4.5m, 床面積7200m²)のトマト栽培区(間口9.0m, 奥行32m, 6連棟, 合計1730m²)において実施した。供試品種は'桃太郎ヨーク'(タキイ種苗製)を利用し、第3~5花房の上2葉を残して摘心する短期栽培を繰り返し行った。トマト栽培区は2連棟ずつ3区画(区画1~3)に分割し、区画ごとに定植時期を変えて作付けを行った。この際、収穫の途切れや重なりが極力少なくなるように播種時期を調節した。実証実験は2015年、2016年の2か年にわたって実施し(表-1)、合計11回作付け

を行った(うち収穫開始から終了時まで調査対象としたのは9作、以下、作付ごとに、年度一定植月で記載した。例えば2015年9月に定植した場合は2015-9区と記載。同一月に複数の定植を行った2016年8月は、定植日の早い順に2016-8-1区, 2016-8-2区とした)。園芸用土(商品名ナ・テラ, MKVアグリドリーム製)を詰め、72穴セルトレイに播種し、閉鎖型苗生産装置(商品名、苗テラス, MKVアグリドリーム製)で約3週間育苗したのち、直径9cmのポリエチレン製ポットに園芸用培養土(商品名、タキイ園芸培土, タキイ種苗製)を充填し、1ポット当たり苗を2本ずつ鉢上げした。鉄骨ハウス内に設置したベンチ上で培養液を供給しながら2次育苗を行い、10~14日後、第1花房が確認できる状態となったら栽培ベッドに定植した。各区画には長さ30mの栽培ベッド10本を南北方向に配置し、やし殻繊維を詰めた長さ1.0mのプラスチックフィルム製バッグ(商品名、ココバッグ, トヨタネ製)を設置した。栽培ベッド中央から隣の栽培ベッドの中央までの間隔は1.6mとして、バッグ上面に0.25m間隔で穴をあけ、ポットを定植した(栽植密度は5.0株/m²)。栽培ベッドは地上から0.3mの高さとなるように設置し、誘引ワイヤーは地上から3.0mの高さに栽培ベッドに沿って0.45m間隔で2列に設置した。受粉はマルハナバチを利用したが、7, 8月は各花房あたり3花開花時点で、4-CPA剤(商品名、トマトーン, 石原産業製)100倍希釈液を花房に噴霧して着果を促進した。花房あたりの果数は調節しなかった。赤熟した果実を週2回程度収穫した。果実数、新鮮重および障害果の内訳を調査した。尻腐れ果、裂果、乱形果、着色不良果および小果(50g以下の果実)を障害果とした。収穫果実のうち障害果を除いたものを可販果とした。収穫調査は区画ごとに行い反復は設けなかった。可販果の果実から平均的な大きさのものを毎週5個選びとり、果汁をしぼり、糖度計(PAL-1, アタゴ製)を用いて糖度を測定した。

ハウス内の温度、相対湿度、CO₂濃度および相対湿度は統合型環境制御システム(商品名、isii, イノチオアグリ製)によって制御した。天窗の換気設定温度、および暖房機の設定温度は当初それぞれ30℃および13℃としたが、茎径や葉の茂り具合、湿度やCO₂推移を観察しながら前者は28~32℃の範囲で、後者は12~14℃の範囲で適宜調節した。相対湿度は気温25℃以上の場合に75~80%となるようにミストを噴霧して制御した。夜間多湿時(相対湿度95%以上となったとき)はヒートポンプ(除湿機能付ハウス用ヒートポンプ5馬

力×3台, CHLP-5UBD, 冷房能力:12.5 kW, 暖房能力:14.0 kW, 除湿能力:5L/時, 菱名工業製)で除湿を行った。カーテンは2軸2層式で, 上層は保温カーテン(POフィルム(厚さ0.1mm)), 下層は遮光カーテン(商品名LSスクリーン, 遮光率65%(株)誠和製)を展開し, 暖房時には2層ともに閉鎖した。遮光は高温期の定植時以外は使用しなかった。天窓が閉じた状態では, CO₂の最低濃度を終日800 ppm, 一方, 天窓が開いて換気が行われている状態では, CO₂の最低濃度は400 ppmとして, 灯油燃焼式CO₂ガス発生装置(CG554T2, ネボン製)2台を用いて, ハウス内にCO₂を供給した。培養液はトヨタネTF肥料(TF濃縮とまとSおよびTFミックスB, トヨタネ製)を用いて作成し, 培養液濃度は定植時はEC1.2 dS/mとして, 第1花房開花以降はNaClを添加し徐々にECを高め, 第3花房開花時にEC7.0 dS/mとなるようにし, 以後その値を維持した。

III 結果

実験期間中のハウス内日射量(日積算), 気温(日平均), 湿度(日中平均, 夜間平均)およびCO₂濃度(日中平均)の推移を図-1に示す。日積算日射量は12~1月にかけて最も低くなり, 晴天日で5~7 MJ/m²程度となった。一方, 6~7月は最も高くなり, 晴天日は20 MJ/m²前後で推移した。日平均気温は12~1月は15℃前後で推移し, 7月下旬~8月上旬は短期間ではあるが30℃前後で推移した。相対湿度は日中(6時~17時59分)平均と夜間平均(18時~5時59分)で分けて示した。日中平均でみると, 11~1月中旬まで90%前後で推移したがその後低下し, 3~7月まで晴天時は50~70%で推移した。夜間は1月を除いて90~95%で推移した。CO₂濃度は, 天窓が開いて換気頻度が高くなる4月以降低下し, 6~8月はほぼ外気と同じ400 ppmで推移した。一方, 低温期は高めに推移し, 換気頻度が低下する11~2月は800 ppm前後で推移した。

表-1に播種日, 定植日, 開花日, 収穫開始日, 収穫終了日および在圃日数を作付区別に示した。また, 定植日を起点とした, 開花時, 収穫開始時および収穫終了時における積算気温を表-2に示した。在圃日数は最短で84日, 最長156日となり作付区間で大きなばらつきが生じた。一方, 在圃期間中の積算気温は最低2136℃・日, 最大2906℃・日となり, 在圃日数と比

べるとばらつきが小さかった。第1~第2花房開花まで, および第2~第3花房開花までに要した積算気温の平均値はそれぞれ212, 206℃・日, 開花から収穫開始までに要した積算気温の平均値は第1花房, 第2花房, 第3花房の順に, 1052, 1167, 1203℃・日となった。表-3にm²あたり可販果収量を月別に示した。6月が最も多く2.59kg, 次いで5月の2.38kgとなった。最も少なかったのは10月で0.36kg, 次いで9月で0.46kgとなった。作付区別にみると2016-1区(1月19日定植)が9.63kgで最も多く2016-3区(3月19日定植)が7.57kg, 2016-4区(4月21日定植)が5.97kgと続いた。最も少なかったのは, 2016-7区(7月11日定植)で0.80kgであった。

表-4にm²あたりの障害果発生状況を月別に示した(作付区2015-9, 2015-10, 2015-11は調査していない)。4, 5月は障害果の発生が少なかったが, 6~12月は障害果の発生が多くなり, とくに9月, 10月は総収量の60%以上が障害果となった。作付区別にみると障害果率は0~76%の範囲となり定植時期による差が大きかった。2016-7区(7月11日定植)で最も障害果率が大きく(76%)次いで, 2016-8-1区(8月3日定植, 49.3%), 2016-8-2区(8月31日定植, 40%)と続いた。年間を通してみると, 障害果の発生率は総収量の22.1%となった。表-5に障害果の内訳を示した。4~8月は尻腐れ果が主体で, 9~11月は裂果が主体であった。表-6には糖度を花房別に示した。第4花房以上および第3花房>第2花房>第1花房の順に高い傾向であった。作ごとの平均糖度はいずれの定植時期においても6.0以上であった。2016-7区は第2, 第3花房で可販果が収穫できなかった。表-7に可販果の糖度別収量割合を示した。低温時に定植して生育が進む作型(2015-11区, 2016-1区, 2016-3区)では糖度8以上の収量割合が22~29%と高くなった。年間を通した平均でみると, 糖度6未満は19%(3.0 kg/m²), 糖度6以上7未満は36%(5.5 kg/m²), 糖度7以上8未満は28%(4.2 kg/m²), 糖度8以上17%(2.6 kg/m²)となった。

在圃期間中の日積算日射量の合計値と総収量の間には有意水準5%で相関関係があり, 相関係数は0.7であった(図-2)。在圃期間中の日平均気温と可販果率の間には, 5%水準では有意な相関関係は認められなかった(p=0.123)が, 平均気温が高くなると可販果率が低下する傾向があった(図-3)。

表-1 実証実験における花房別開花日, 収穫開始日, 収穫終了日, 収穫花房数

作付区名	区画	播種日	定植日	開花日			収穫開始日			収穫 終了日	収穫 花房数 (段)
				第一花房	第二花房	第三花房	第一花房	第二花房	第三花房		
2015-9※		8月4日	9月4日	9月17日	10月2日	10月13日	11月5日	11月19日	12月7日	1月10日	4
2016-1	1	12月15日	1月19日	2月12日	2月22日	3月3日	4月8日	4月26日	5月2日	5月21日	5
2016-5		4月25日	5月30日	6月10日	6月17日	6月28日	7月20日	8月1日	8月9日	8月22日	4
2016-8-2		8月1日	8月31日	9月6日	9月20日	10月3日	11月8日	11月21日	12月2日	12月26日	3
2015-10		9月17日	10月13日	11月5日	11月24日	12月3日	1月25日	2月16日	3月11日	3月18日	5
2016-3	2	2月15日	3月19日	4月1日	4月11日	4月22日	5月25日	5月30日	6月6日	7月1日	5
2016-7		6月15日	7月11日	8月3日	8月7日	8月12日	8月22日	9月20日	9月28日	10月2日	3
2016-10 ※		9月7日	10月12日	10月23日	11月8日	11月15日	12月3日				
2015-11		10月20日	11月24日	12月15日	1月4日	1月12日	2月21日	3月3日	3月14日	4月4日	5
2016-4	3	3月16日	4月21日	5月1日	5月12日	5月20日	6月16日	6月28日	7月5日	7月23日	5
2016-8-1		7月8日	8月3日	8月19日	8月22日	9月1日	9月30日	10月13日	11月2日	11月8日	3

作付区名の※は, 収穫調査期間(2016年1~12月)に, 一部だけ収穫となったことを示す。

表-2 実証実験における定植から開花時, 収穫開始時, 収穫終了時までの積算温度, 在圃期間平均気温, 在圃期間積算日射量の比較

作付区名	区画	開花時			収穫開始時			収穫 終了時	在圃 日数 (日)	在圃期間 平均気温 (°C)	在圃期間 積算日射量 (MJ/m ²)
		第一花房	第二花房	第三花房	第一花房	第二花房	第三花房				
2015-9※		319	648	894	1,363	1,636	1,954	2,528	128	19.8	1,351
2016-1	1	452	638	825	1,544	1,927	2,042	2,439	122	20.0	1,841
2016-5		269	428	687	1,242	1,555	1,786	2,143	84	25.5	1,593
2016-8-2		440	529	828	1,544	1,800	1,994	2,401	117	20.5	1,151
2015-10		491	857	1,014	1,911	2,316	2,766	2,906	156	18.6	1,600
2016-3	2	289	491	725	1,415	1,528	1,683	2,267	104	21.8	1,915
2016-7		629	746	882	1,160	1,899	2,084	2,173	83	26.2	1,336
2016-10 ※		225	524	660	1,447						
2015-11		380	719	851	1,554	1,779	1,986	2,416	131	18.4	1,447
2016-4	3	225	473	619	1,225	1,510	1,683	2,136	93	23.0	1,680
2016-8-1		472	559	823	1,525	1,809	2,199	2,313	97	23.8	1,297

作付区名の※は, 収穫調査期間(2016年1~12月)に, 一部だけ収穫となったことを示す。

積算温度: 日平均気温の積算値

表-3 実証実験における月別可販果収量の比較

作付区名	区画	可販果収量 (kg/m ²)												合計	
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月		
2015-9※		0.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.49
2016-1	1	0	0	0	5.32	4.31	0	0	0	0	0	0	0	0	9.63
2016-5		0	0	0	0	0	0	0.83	2.37	0	0	0	0	0	3.20
2016-8-2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.98	1.59	3.56
2015-10		1.67	2.35	1.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.37	
2016-3	2	0	0	0	0	2.83	4.75	0	0	0	0	0	0	7.57	
2016-7		0	0	0	0	0	0	0	0	0.80	0	0	0	0.80	
2016-10 ※		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.37	0.37	
2015-11		0	1.01	5.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.31	
2016-4	3	0	0	0	0	0	3.03	2.95	0	0	0	0	0	5.97	
2016-8-1		0	0	0	0	0	0	0	0	0.59	1.08	0.97	0	2.63	
月別合計		0.72	1.12	2.22	1.77	2.38	2.59	1.26	0.79	0.46	0.36	0.98	0.65	15.3	

作付区名の※は, 収穫調査期間(2016年1~12月)に, 一部だけ収穫となったことを示す。

表-4 実証試験における月別障害果収量の比較

作付区名	区画	障害果収量 (kg/m ²)												合計
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
2015-9※		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016-1	1	0	0	0	0.11	0.28	0	0	0	0	0	0	0	0
2016-5		0	0	0	0	0	0	0.03	0.97	0	0	0	0	0
2016-8-2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.14	0.71	1.55
2015-10		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016-3	2	0	0	0	0	0.01	1.52	0	0	0	0	0	0	0
2016-7		0	0	0	0	0	0	0	0.45	2.02	0	0	0	0
2016-10 ※		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.11	0.11
2015-11		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016-4	3	0	0	0	0	0	0.43	2.15	0	0	0	0	0	0
2016-8-1		0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	1.61	0.75	0	2.56
月別合計		0	0	0	0.04	0.10	0.65	0.73	0.47	0.74	0.58	0.49	0.55	4.34

作付区名の※は、収穫調査期間（2016年1～12月）に、一部だけ収穫となったことを示す。

「-」は調査していないことを示す。

表-5 実証試験における月別の障害果の内訳

分類	障害果の内訳 (%)												平均
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
尻腐れ果	-	-	-	75	45	72	70	61	25	15	28	29	47
裂果	-	-	-	0	0	0	0	0	63	75	46	8	24
乱形果	-	-	-	25	5	3	5	2	3	7	0	29	6
着色不良	-	-	-	0	0	0	0	0	0	2	0	16	2
小果	-	-	-	0	50	24	25	35	8	2	26	13	21
その他	-	-	-	0	0	1	1	0	0	0	0	5	1

1月～3月は調査していない

表-6 実証試験における花房別果実糖度の比較

作付区名	区画	果実糖度 (Brix値)				平均
		第1花房	第2花房	第3花房	第4花房以上	
2015-9※		6.3	6.3	7.4		6.5
2016-1	1	5.8	7.0	7.5	8.6	6.9
2016-5		6.7	7.4	8.5		7.0
2016-8-2		6.9	6.7	7.4		7.4
2015-10		5.6	6.0	7.2	7.2	6.4
2016-3	2	6.3	7.0	8.6	9.8	7.4
2016-7		6.3	NA	NA		6.3
2015-11		6.7	7.2	8.2	8.9	7.2
2016-4	3	6.7	7.7	8.3		7.2
2016-8-1		5.7	6.5	6.6		6.0
平均		6.3	6.9	7.7	8.6	6.8

作付区名の※は、収穫調査期間（2016年1～12月）に、一部だけ収穫となったことを示す。

NAは調査可能な可販果が得られなかったことを示す。

表-7 実証試験における可販果の糖度別比率
(重量比)

作付区名	区画	糖度別収量割合 (%)			
		6未満	6以上 7未満	7以上 8未満	8以上
2015-9※		15	69	15	0
2016-1	1	24	28	25	22
2016-5		12	42	35	12
2016-8-2		0	65	30	5
2015-10		44	28	22	6
2016-3	2	9	41	21	29
2016-7		40	60	0	0
2015-11		9	36	32	23
2016-4	3	4	32	48	16
2016-8-1		68	21	11	0
平均		19	36	28	17

作付区名の※は、収穫調査期間（2016年1～12月）に、一部だけ収穫となったことを示す。

表-8 経営試算（1000m²あたり）

項目	単位	Case1*	Case2*
粗収益	(万円)	920	920
経営費	(万円)	791	598
	雇用労働費	0	0
	種苗費・農薬費・ 肥料費・燃料動力 費**・諸材料費	254	254
	減価償却費***	393	200
農業所得	(万円)	129	322
所得率	(%)	14.0	35.0
付加価値額	(万円)	129	322
現金収支額	(万円)	522	522
労働生産性	(円/時)	854	2,131
年間労働時間	(時間)	1,509	1,509

*Case1は補助金利用なし、Case2は建物および農機具購入費用の50%を補助金で補てん。

** 燃料動力費、水道光熱費の合計

*** 総投資額（30aとして）は1億2410万円、主な装備の税込み取得金額は以下のとおり、鉄骨ハウス5940万円、自動カーテン（2軸2層）1301万円、養液栽培システム1620万円、重油温風暖房機339万円、CO₂発生装置259万円、フォグ発生装置389万円、ヒートポンプ（除湿機能付き）1102万円、複合環境制御盤108万円

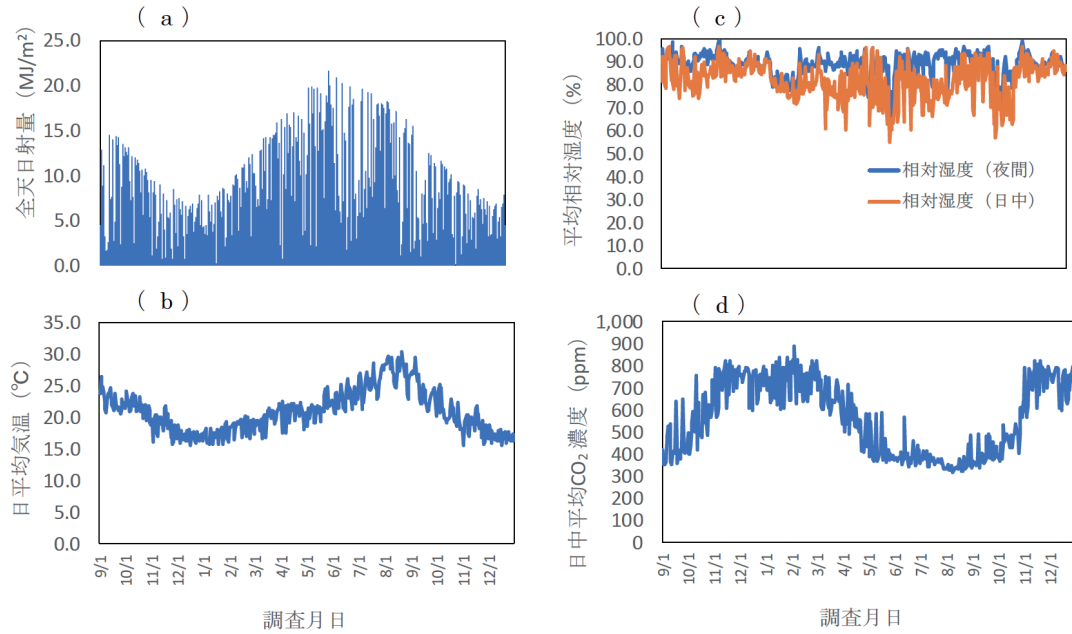


図-1 実証期間中(2015～2016年)のハウス内気象データ(a)全天日射量, (b)日平均気温, (c)相対湿度, (d)CO₂濃度

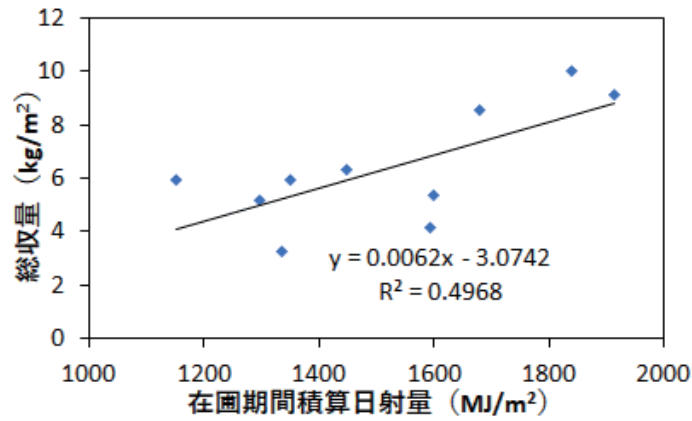


図-2 在圃期間積算日射量と総収量の関係
($P < 0.05$ で相関関係あり, $p = 0.0228$)

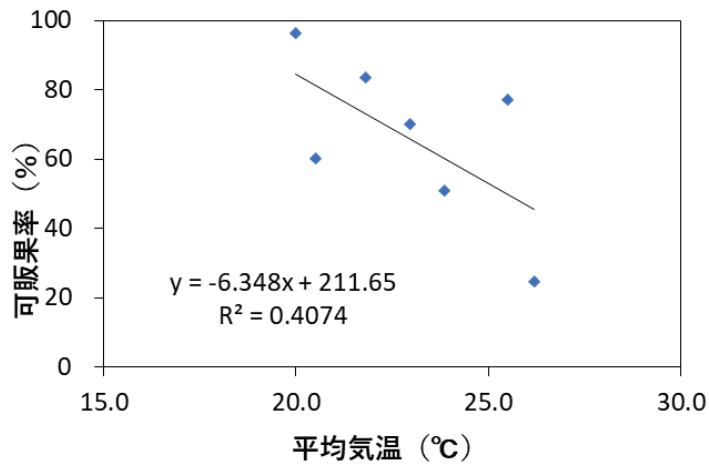


図-3 平均気温と可販果率の関係
($P > 0.05$ で相関関係なし, $p = 0.123$)

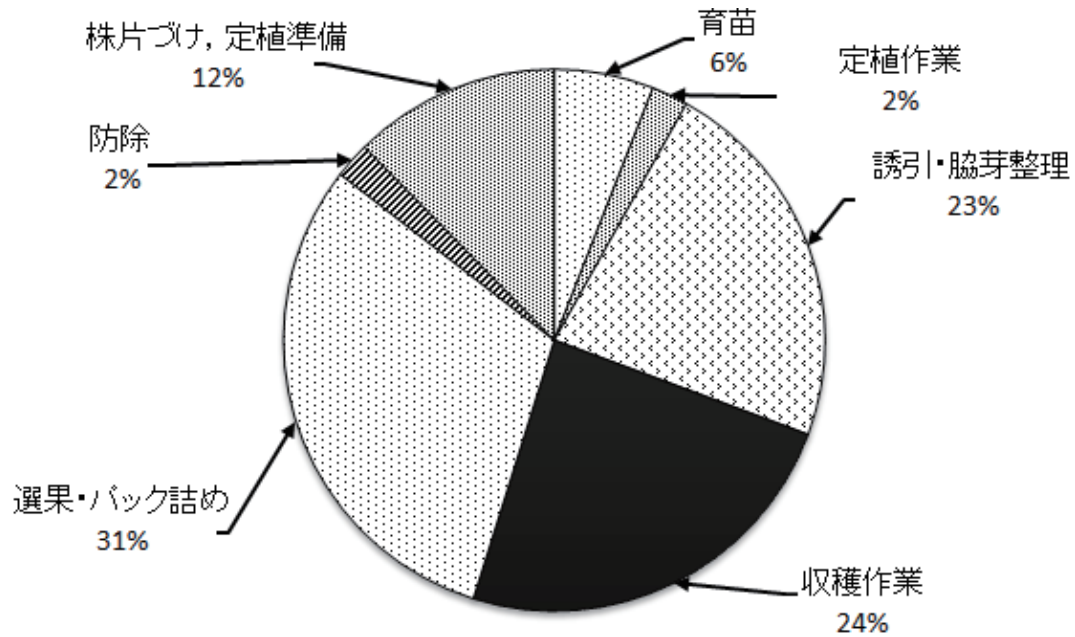


図-4 作業時間の内訳（作業時間の合計値は1509時間）

1000 m²あたりの年間の作業時間合計は1509時間で、誘引・脇芽整理が23%、収穫作業が24%、選果・パック詰め作業が31%であった（図-4）。

実証実験のデータを用いて低段密植栽培を活用した高糖度トマト周年生産の経営収支を試算した（表-8）。規模3000 m²の家族経営（常時従事者2.5人、1人年間労働時間2000時間、臨時雇用労働力は不足時適宜）を想定し、収量は実証栽培のデータを利用して1年あたりの合計で15.3 kg/m²（糖度6未満は19%（3.0 kg/m²）、糖度6以上7未満は36%（5.5 kg/m²）、糖度7以上8未満は28%（4.2 kg/m²）、糖度8以上17%（2.6 kg/m²）となった。）とした。kgあたりの販売単価は他の高糖度トマト生産の経営事例を参考に（一般社団法人日本施設園芸協会，2017）、糖度6未満300円、糖度6以上7未満500円、糖度7以上8未満700円、糖度8以上900円と設定した。また建物および農機具の購入にあたり補助金を想定しない場合（Case1）と補助率50%の場合（Case2）を設定して試算を行った。粗収益は920万円、Case1の場合経営費は791万円（うち減価償却費393万円、種苗費29.7万円、農薬費19.7万円、肥料費38.3万円、燃料動力費144.1万円）である。農業所得は129万円、労働時間は1509時間、労働生産性は854円/時となった。Case2の場合は経営費が598万円に減少し、その結果、農業所得は322万円に増加し労働生産性は2131円/時間となった。

IV 考察

寒冷地である宮城県の太平洋沿岸地域において、低段密植栽培を利用して高糖度トマト生産の実証実験を行った。本実証実験では、実際の生産に近い1730 m²のハウスを利用し、栽培管理責任者と作業者を配置して、生産および販売を行いトマトの収量や品質、経費などのデータを収集した。糖度と収量は反比例することは多くの報告がある（岡ら，2004；野口ら，2012）。糖度9～10の高糖度トマトの収量は普通トマト栽培の1/3～1/2となる。したがって収量の減少に見合うだけの単価で販売することができず、収益の増加につながらない。しかし、単価は売り先によって大きく変わる（山田，2008）。そこで本実証実験では、収量と食味を両立させる果実生産を目指し、糖度7を目標とした。実証実験の結果は、可販果収量は15.3 kg/m²で、そのうち6.8 kg/m²が糖度7以上となった。伊藤（2016）は同じ施設で行った低段密植栽培による普通トマトの生産について報告し、2014～2015年に10回作付けを行った結果、可販果収量は30.8 kg/m²であったとしている。本実証実験による高糖度トマト生産の収量は普通トマト生産の約半分になった。さらに、収量は収穫時期によって大きな変動があり、高温期に果実肥大が進んだ9、10月は総収量が少ない上に、6割以上が販売不可能な障害果となり可販果収量が低くなることが明らか

となった。この際、障害果の大半は裂果であった。7月11日に定植した2016-7区では、第2,3花房で可販果が収穫できず、また、8月3日定植した2016-8-1区はすべての果実は糖度7に届かず、平均糖度6.0となった。このように、寒冷地の宮城県においても、7～8月上旬に定植する場合は高糖度トマト生産は収量、糖度ともに低く実質的には難しいことが明らかとなり、この時期は、NaClの添加を行わずに普通トマトの生産を行うほうがよいと判断された。

裂果は果実肥大期の強日射によってへた近傍部分のホルク化が進み、8月中旬以降の温度低下によって夜間湿度が上昇し、果実への水分の流入が増加することによって発生する(渡邊ら, 2006; 鈴木, 2010)。岡山県農林水産総合センター(2017)はCPPU剤の幼果への塗布が裂果の軽減に効果があることを報告しており、今後はそれらの技術の導入を実証する必要がある。一方、6～8月は尻腐れ果が障害果の主体であった。高温期は葉から蒸散が多くなり、果実へのCa供給が少なくなるうえに、果実肥大速度が大きいことから果実のCa含量が低下して尻腐れ果が発生しやすい(大山ら, 2016)。遮光、湿度制御、夜間冷房など環境制御によって、高温期の尻腐れ果の発生を効率的に抑制する技術の開発が必要である。

本実証実験では除湿機能付きのヒートポンプを利用して、夜間の湿度上昇を抑制した。ヒートポンプを導入する以前は、特に10～11月に夜間の湿度が高くなりカーテン、天窓、暖房機を制御して湿度の低下を試みたが、灰色かび病や葉かび病が多発した。一方、除湿機能付きヒートポンプの導入以降は、夜間の湿度が95%以上になることは少なくなり病害の発生は激減した。

実証栽培から得られたデータを利用して、経営試算を行った。粗収益は920万円で、補助金を利用しないCase1の場合の農業所得は129万円、労働生産性は854円/時間と試算された。一方、補助率50%を想定したCase2では、農業所得322万円、労働生産性2131円/時となった。日本政策金融公庫(2018)は「施設園芸(トマト)の規模と収益性に関する調査」の中で、経営規模40a未満(家族経営)では、10aあたりの粗収益は平均694万円、農業所得の平均は177万円と報告している。本実証栽培のデータでは、減価償却費が補助金なしで393万円であるのに対して、日本政策金融公庫による調査では83.6万円となっており、本実証栽培の場合は減価償却費が5倍となっている。試算の前提とした建物および農機具の投資額は1億2410

万円(税込み取得金額)で、一般的な養液栽培装置と環境制御盤を装備した鉄骨ハウスに加湿を目的とした Fog 発生器、CO₂ 発生器、除湿機能付きヒートポンプを追加装備したものを想定している。除湿機能付きヒートポンプは本実証実験のために新たに開発したもので、現段階では受注生産であるためコストが高い。想定した内容では新規に経営を開始する場合には負担が大きい。建物および農機具費の購入には補助金の利用やより低コストな設備の導入を検討する必要がある。低段密植栽培では、軒の高いハウスは必ずしも必要ではないので、コストの低いパイプハウスを利用することも可能である。実際に栽培を始める場合は、収量の増加、単価を向上するための販売先、補助金の利用や低コストな設備の利用による減価償却費の削減などを慎重に検討することが重要である。

寒冷地の栽培では暖房コストの増大が懸念される。本実証実験では、10aあたりの燃料動力費は144.1万円で、そのうち暖房に関わる経費としては、暖房用重油が8583L、78.8万円、ヒートポンプの電気代が12773kWh、17.8万円(ヒートポンプは暖房と除湿に利用しているが両者は分離不可)。日本政策金融公庫(2018)による調査では燃料動力費は71万円とされており、大きな差がある。収量や品質の増加と病害の抑制を両立するような環境制御技術の開発と導入、低コストな暖房技術の開発が望まれる。

V 摘要

寒冷地である宮城県の太平洋沿岸地域において、低段密植栽培を利用して高糖度トマト生産の栽培実証を行った。本実験では、実際の生産に近い1730m²のハウスを利用し、栽培管理責任者と作業者を配置して、生産および販売を行いトマトの収量や経費、販売に関するデータを収集した。その結果、1年間の可販果収量は15.3kg/m²で、糖度6未満は19%(3.0kg/m²)、糖度6以上7未満は36%(5.5kg/m²)、糖度7以上8未満は28%(4.2kg/m²)、糖度8以上17%(2.6kg/m²)となった。また、収穫時期によって収量は大きく変動し、高温期に果実肥大が進んだ9,10月は総収量が少ない上に、6割以上が販売不可能な障害果となり可販果収量が低かった。また、障害果の大半は裂果であった。粗収益は920万円で、補助金を利用しない場合は農業所得は129万円、労働生産性は854円/時間と試算された。一方、補助率50%を想定した場合は、農業

所得 322 万円, 労働生産性 2131 円/時となった。本実証栽培の経営試算では減価償却費が 393 万円/年, 燃料動力費が 144.1 万円/年と大きいことが課題である。

引用文献

- 1) 園芸学会東北支部 (2015): 東北の園芸の現在. 園芸学会東北支部編 .26-29. メディアパブリッシング, 山形.
- 2) 早田保義・田部敏子・近藤悟 (1998): 水分ストレスがミニトマト果実の発育と糖および窒素含量に及ぼす影響. 園学雑 .67,759-766.
- 3) 伊藤裕朗・丹羽桂子・福田正夫 (1994): 低段密植栽培による高糖度トマトの生産安定. 愛知農総試研報 .,26,201-208.
- 4) 伊藤瑞穂 (2016): PDCA サイクルを活かしたトマト短期密植栽培での生産管理の実践. 施設園芸 .,172,18-21.
- 5) 日本政策融公庫 (2018): 施設園芸 (トマト) の規模と収益性に関する調査.
<https://www.jfc.go.jp/n/findings/investigate.html#sec01>
- 6) 野口有里紗・奥田好美・市村匡史 (2012): 一段密植栽培トマトの果実品質に及ぼす高濃度培養液処理開始時期の影響. 東京農大農学集報 .,57,9-13.
- 7) 岡一郎・末紀夫・高橋久幸 (2004): 培養液への塩類の添加が水耕栽培トマトの糖度と果実重量に及ぼす影響. 園学研 .,3,149-2004.
- 8) 岡山県農林水産総合センター (2017): トマト放射状裂果軽減に有効な技術の併用. 平成 28 試験研究主要成果野菜部門 .<http://www.pref.okayama.jp/page/564890.html>
- 9) 大山光男・吉田裕一・Tran Duy Vinh・田中義行・安場健一郎・後藤丹十郎 (2016): 中玉トマト 'シンディスイート' の尻腐れ果発生および果実中の水溶性 Ca 濃度の季節変化と果実肥大速度の関係. 園学研 .,15,189-196.
- 10) 鈴木隆志 (2010): 夏秋トマト雨よけ栽培における放射状裂果発生要因の解明と対策技術開発に関する研究. 岐阜県中山間農業研究所研究報告 .,6,26-49.
- 11) 一般社団法人日本施設園芸協会 (2017): 次世代施設園芸地域展開促進事業 (全国推進事業) 「低段密植栽培セミナー」配布資料
- 12) 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.
- 13) 宇井睦・高野泰吉 (1995): 果実肥大期における温度と培養液濃度が水耕トマトの尻ぐされ発生に及ぼす影響. 生物環境調節 .,33,7-14.
- 14) 渡辺慎一 (2006): 低段密植栽培による新たなトマト生産. 野菜茶研集報 .,3,91-98.
- 15) 渡邊聖文・志和地弘信・岩堀修一・高橋久光 (2006): 施設栽培におけるトマト果実裂果発生要因の解析. 東京農大農学集報 .,50,106-111.
- 16) 山田勝 (2008): 大規模施設園芸の経営課題. 愛知農総試研報 .,40,9-14.
- 17) 園師一文 (2008): 高品質トマト生産のための塩利用. 日本海水学会誌 .,62,179-185.

Demonstration of Year-Round Production of Tomato Fruits with High Soluble-Solids Content by Low Node-Order Pinching and High-Density Planting

Yasunaga Iwasaki, Akihiro Yamane, Mizuho Itoh, Chisato Goto,
Hirokazu Matsumoto, and Masuyuki Takaichi

Summary

Cultivation of tomato with high soluble-solids content (SSC) was carried out on the Pacific coast of the Miyagi prefecture, a reputedly cold district, by low node-order pinching and high density planting. Data collection took place in a greenhouse close to the actual production size, and data of the yield, production-related costs, and sales were collected. Our results show a marketable yield of 15.3 kg/m². SSC of the fruits sorted below 19% (3.0 kg/m²) were less than 6.0, 36% (5.5 kg/m²) were less than 6 and more than 7, 28% (4.2 kg/m²) were less than 7 and more than, and 17% (2.6 kg/m²) were more than 8. Additionally, the yield varied monthly, especially in September and October, which had the lowest total yield and the highest ratio of malformed fruits, such as those with fruit cracking and blossom end rot. Therefore, it is necessary to develop technologies to suppress the occurrence of malformed fruits at higher temperatures. The crude revenue per 1000 m² is estimated at 9.2 million yen/year, farm income in Case 1 that does not use the subsidy is 1.29 million yen/year, and labor productivity has been estimated at 854 yen/hour. In contrast, in Case 2, assuming a subsidy of 50%, farm income was 3.22 million yen/year and labor productivity was 2131 yen/hour.

