

トマト促成栽培におけるハイワイヤー整枝法の特徴

羽石重忠¹⁾・石原良行²⁾

摘要：栃木県における促成トマト栽培は収穫期間が長期化し、整枝・誘引法は施設軒高の実情から無理なつる下ろし誘引、斜め誘引等が行われ、果実肥大不良や品質低下を招いている。そこで、快適な草姿管理作業を確保しつつ、長期多段どりが可能な整枝・誘引法の開発を目的に、高軒高施設におけるトマトハイワイヤー整枝法（高さ 3.0 m のつる下ろし誘引）の特徴を調査した。

この整枝・誘引法は、慣行（高さ 1.8 m のつる下ろし誘引）と比べてトマト群落の下部まで受光体勢に優れるため、空どう果の発生低減、糖度の向上等品質が向上する。更に、促成長期どり栽培では、促成栽培以上に果実肥大、品質の向上が見られ、作型の前進化、長期多段どりに対応できる普及性の高い整枝・誘引法である。また、作業時間の多くを占める収穫・摘葉作業については、作業姿勢の軽労化・作業能率の向上が認められる。

キーワード：トマト、整枝・誘引法、ハイワイヤー、長期多段どり

Characteristics of High-Wire Training Systems and Forcing Culture of Tomatoes

Shigetada HANEISHI and Yoshiyuki ISHIHARA

Summary : When we look at promoting growth of tomatoes in Tochigi, we do see a remarkably long harvest period. But traditional methods of enhancing the growth of the fruit itself often involve directly affecting the way tomatoes grow, through unnatural vine manipulation. These methods usually involve allowing the vines to hang down or forcing their growth diagonally along ropes; this invariably leads to a low quality, non-corpulent fruit. However, while ensuring comfortable cultivating methods and maintaining the long harvest term, we studied the effect of high-wire cultivation by growing the tomatoes in a 3.0 meter tall greenhouse.

This method, when compared to the common practice (using a 1.8 meter tall greenhouse), creates much more room for the tomatoes to grow, and ensures the entire crop gets plenty of sunlight. This gives the fruit a sweeter, more corpulent flesh. Here, not only is the long harvest period maintained, but the quantity and quality of the fruit increases as well. Furthermore, the harvesting and leaf removing, which takes up most of the time spent by workers, is much easier on the farmer, promoting good posture and consequently improving work efficiency.

Key words : tomato, manipulation methods, high wire, the long harvest period maintained

1)現栃木県芳賀農業振興事務所, 2)現栃木県下都賀農業振興事務所

緒言

栃木県のトマト生産は、作付面積 390ha、収穫量 35,300 t¹⁾、9 月に播種し、2 ~ 6 月を収穫期間とする促成栽培が主流である。生産は軒高 2 ~ 2.5 m の連棟施設（以下、既存施設とする）で行われ、収穫花房数は 14 ~ 15 花房、茎長は約 4 m になるため、誘引ひもを利用したつる下ろし誘引やフラワーネット等を利用した斜め誘引を中心として、これらに Uターン誘引を組み合わせている事例もある。つる下ろし誘引ではつる下ろし作業を要するとともに、収穫および葉かき位置が地面とほぼ同じ高さになるため、腰や膝を深く曲げた姿勢で作業を行わなければならない。斜め誘引は、誘引する茎の角度によるが、隣同士の株の葉が重なり合うことから、受光体勢が劣り果実品質が低下するため、小葉を除去したり、果実を日光に当てるよう葉を適宜誘引する作業が必要である。更にトマト経営の向上を図るため播種期の前進化や収穫期間の延長が行われ、作業性や省力性に優れるとともに収量、品質の改善が図れる整枝・誘引等の草姿管理技術の開発が望まれている。

一方、大規模なトマト経営体では軒高 4 m 程度のフェンロー型施設を用いたオランダタイプの栽培システムが導入されている。オランダタイプの定義について糠谷²⁾は「0.3ha 以上の大規模なフェンロー型施設においてロックウール栽培システムを用い、ハイワイヤーシステムにより、1 年 1 作型でトマトを長段栽培する方法」と述べている。この定義の中のハイワイヤーシステムとは、高軒高施設の棟梁下に設置した高い位置にある誘引線を使った茎を直立にする整枝・誘引法のこと、作業位置が高く立ったままで収穫できる等の利点がある。オランダでは高緯度地帯特有の夏の冷涼で長日、多日射な気候を生かし、冬に播種、春から秋まで収穫する夏越しタイプの 1 年 1 作型の長期栽培を行い、多収品種、密植栽培を組み合わせた超多収技術が開発されている。しかし、国内における本整枝法については、細井^{8, 13)}、金井¹²⁾らが検討した程度で、本県のような促成栽培、品種による収量、品質特性や受光体勢、作業姿勢特性等については明らかになっていない。

本県の作型は先に述べたとおり促成栽培が多いが、ロックウール耕（約 27ha）では 7 月播種、10 ~ 6 月収穫の促成長期どり栽培が導入されており、今後は土耕栽培でも本長期どり栽培の取り組みが予測される。そこで、当場では高軒高施設の導入、栽培の長期化を想定した省力・快適な草姿管理技術を新たに確立することを目的と

して、平成 12 年度から「草姿管理等による施設トマトの省力・快適化生産技術の確立（国補）」により、ハイワイヤー整枝をはじめとするトマトの省力で快適な生産技術の開発に取り組んだ。本稿では高軒高施設を利用したハイワイヤー整枝法の特性解明とともに生育や果実生産に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、知見を得られたので報告する。

試験方法

1. ハイワイヤー整枝の特性解明に関する試験

農業試験場内にある軒高 4 m の硬質樹脂フィルム展張フェンロー型施設で試験を実施した。試験区は、地上 3 m の高さに設置した誘引線を使用するハイワイヤー区（誘引の高さの上限は 3 m）と、地上 2.25 m の高さに誘引線を使用する慣行区（ただし、誘引の高さの上限は 1.8 m）の 2 区を設けた。両区とも生長点が上限に達したら約 50cm 下げつる下ろし誘引とし、つる下ろし誘引器具（パターボビン）を利用した。試験区の設置に当たっては、慣行区がハイワイヤー区に遮蔽されないよう 1 区 180 株（1 条 30 株 × 6 条）とし、施設を 2 分割して配置した（慣行区：南東側、ハイワイヤー区：北西側）。

供試品種はハウス桃太郎、台木品種はがんばる根 3 号とし、2001 年 9 月 17 日に穂木、台木とも播種し、本葉 2 葉展開時に幼苗接ぎ木を行い、養生後はセルトレイ上で本葉 5 葉展開時まで育苗した。育苗時の給液管理は、大塚 A 処方 EC1.2dS/m の培養液を適宜補給した。2001 年 10 月 25 日に本葉 5 葉の苗を本圃の栽培ベットに畝幅 180cm、株間 25cm で定植し、その後、1 条振り分けに誘引した。栽培は、杉樹皮成型培地を用いたかけ流し方式の養液栽培（培養液：大塚 A 処方）とした。培養液の濃度は電気伝導度（EC）で管理し、定植から第 3 花房開花期までは EC1.2dS/m、第 3 花房開花後から収穫開始まで EC1.6dS/m、3 月以降から徐々に EC 濃度を下げ、最終的に EC1.0dS/m とした。給液量はその 20 % 程度が排出するよう調整した。温度は午前 23、午後 20、夜間 12 を目標に管理した。また、栽培ベット内に敷設された温湯管によりベット内の培地温度は約 18 を確保した。仕立て法は主枝 1 本仕立てとした。各花房はトマトトン 50 ~ 100 倍液で着果を促進し、着果確認後花房当たり 4 果に摘果した。摘心は第 12 花房着果後、花房上の 2 葉を残して行った。

慣行区の生長点が誘引線に達した 1 月 29 日に奇数段花房下 1cm の茎径および草丈、収穫終了時の奇数段花房下 1cm の茎径および葉長、草丈、各花房の開花・収

穫日を調査した。収穫は毎週2回行い、裂果・尻腐れ果・乱形果を除く果実を可販果とし、外観品質別に収量を調査した。生育、収量調査は試験区180株のうち、トマト群落内にある株を調査株として、1か所当たり15株、3か所(計45株)を調査した。糖度および酸度は月2回(上旬、下旬)に、各区5果をジューサーで粉碎し、ろ液を測定した(糖度: ATAGO RX-5000, 酸度: HIRANUMA AUTO TITRATOR COM-1500)。受光体勢は生育、収量を調査した株を調査し、トマトの部位を3か所、すなわち開花花房、収穫花房およびその中間に分け、それぞれの部位の日射量について、簡易積算日射フィルム(オプトレー

フ)で測定した。測定法は各部位に3cmに切断した簡易積算日射フィルムを4月8日に設置、3日後に回収し、渡邉ら³⁾の方法で積算日射量を推定した。施設内温度の鉛直分布を測定するために、サーモレコーダーを高さ0.3, 1.3, 2.3, 3.3mの高さに設置した。作業姿勢は、栽培管理を行うパート職員を被験者に、身体に作業姿勢モニターを装着し、収穫・葉かき作業を測定し、これらの数値からつらさ指数⁴⁾を算出した。また、収穫および葉かき作業時間を実測し、作業効率(1時間当たりの収穫果数または葉かき葉数)を求めた。



写真1 ハイワイヤー区



写真2 慣行区

2. ハイワイヤー整枝における栽植密度に関する試験

農業試験場内にある軒高4mの硬質樹脂フィルム展張フェンロー型施設で試験を実施した。試験区は、ハイワイヤー誘引(誘引の高さの上限: 3m)で栽植密度の異なるa当たり200株、250株、300株の3処理区と、慣行誘引(誘引の高さの上限: 1.8m, 栽植密度: a当たり200株)の合計4処理区を設けた(以下、200区、250区、300区、慣行区とする)。両区とも生長点が上限に達したら約50cm下げるつる下ろし誘引とし、つる下ろし誘引器具(パターボビン)を利用した。試験区の設置に当たっては、慣行区がハイワイヤー区に遮蔽されないよう1区90株(1条15株×6条)とし、施設を4分割して配置した(200区: 北西側, 250区: 北東側, 300区: 南東側, 慣行区: 南西側)。

供試品種はハウス桃太郎、台木品種はがんばる根3号とし、2002年7月23日に穂木、台木とも播種、本葉2葉展開時に幼苗接ぎ木を行い、養生後はセルトレイ上で本葉5葉展開時まで育苗した。育苗時の給液管理は、大塚A処方EC1.2dS/mの培養液を適宜補給した。2002年8月15日に本葉5葉の苗を本圃の栽培ベットに定植し、その後、1条振り分けに誘引した。栽培は、杉樹皮成型培地を用いたかけ流し方式の養液栽培(大塚A処方)とした。培養液の濃度は電気伝導度(EC)で管理し、定植から第3花房開花期まではEC1.2dS/m、第3花房開花後から収穫開始までEC1.6dS/m、3月以降から徐々にEC濃度を下げ、最終的にEC1.0dS/mとした。給液量はその20%程度が排出するよう調整した。温度は午前23℃、午後20℃、夜間12℃を目標に管理したが、夏季は日中遮

光，細霧等の高温対策を適宜行った．また，冬季は栽培ベツト内に敷設された温湯管によりベツト内の培地温度を約 18℃ に確保した．仕立て法は主枝 1 本仕立てとした．各花房はトマトトーン 50 ～ 100 倍液で着果を促進し，着果確認後花房当たり 4 果に摘果した．収穫期間は 2002 年 11 月 9 日から 2003 年 6 月 30 日とし，収穫終了まで摘心せずに栽培した．収穫した花房数は約 23 花房に達した．

栽培期間中の施設内外の温度，日射量（日本ペレタ ハイマックス），および 2003 年 3 月 19 日にトマトの部位別の受光体勢（ワトリフ）を調査した．生育は収穫終了時の奇数段花房下 1cm の茎径，葉長，草丈および各花房の開花・収穫日を調査した．収穫は毎週 2 回行い，裂果・尻腐れ果・乱形果を除く果実を可販果とし，外観品質別に収量を調査した．生育，収量調査は試験区 90 株のうち，トマト群落内にある株を調査株として，1 か所当たり 30 株，2 か所（計 60 株）を調査した．糖度および酸度は月 2 回（上旬，下旬）に，各区 5 果をジューサーで粉碎しる液を測定した（糖度：ATAGO RX-5000，酸度：HIRANUMA AUTO TITRATOR COM-1500）．

結 果

1. ハイワイヤー整枝の特性解明に関する試験

1) 生育，収量及び品質

誘引処理開始時の生育（1 月 29 日調査）は，草丈がハイワイヤー区で 230cm，慣行区で 235cm と大差なく，茎径は第 1，3，5 花房で両区とも 11mm 程度の太さで推移し，草勢はいずれも中程度であった（第 1 表）．

各花房の開花日は第 5 花房以降でハイワイヤー区が慣行区より 3 ～ 5 日程度遅かったが，収穫日の差は小さく，成熟日数はハイワイヤー区が最大で 4 日短かった（第 2 表）．

収穫終了時では，茎径，草丈は第 3 花房以降において

各花房ともハイワイヤー区で細く（第 3 表），慣行区に比べ花房間の長さがやや短く葉がコンパクトで，葉色は濃い濃緑色であった（写真 3）．慣行区では収穫花房付近の下位葉で黄化がみられた．

収量は総収量で 8.68kg/株，可販果収量で 8.27kg/株（a 当たり 1.84 t）の収量を得たが，慣行区と大差なく，1 果重は両区とも 180 ～ 190 g 程度で果実肥大にも大きな差はみられなかった．しかし，ハイワイヤー区は収穫後期に尻腐れ果が慣行区に比べやや多く発生したものの，品質割合ではハイワイヤー区は明らかに健全果割合が高く，空どう果の発生は少なかった（第 4 表）．月別の品質は，ハイワイヤー区の健全果割合が慣行区よりも高い傾向で，特に 2 ～ 3 月の差が顕著であった（第 5 表）．

糖度は，ハイワイヤー区が慣行区よりも高めに推移し，2 ～ 3 月ではハイワイヤー区が慣行区より 0.6 程度高かった．酸度は処理間，時期に関係なく概ね 0.30 ～ 0.35 % で推移した．このため，糖酸比ではハイワイヤー区が高かった（第 6 表）．

注) 右側:ハイワイヤー区
左側(下部):慣行区



写真3 試験圃場における生育の様子（2002年4月12日撮影）

第 1 表 定植及びハイワイヤー誘引開始時の生育

処理	定植時(11月2日調査)				処理開始時(1月29日調査)				
	草丈 (cm)	葉数 (枚)	最大葉長 (cm)	茎径 (mm)	草丈 (cm)	各花房下の茎径(mm)			草勢
						1	3	5	
ハイワイヤー	19.5	5.3	17.2	3.8	230	11.7	11.8	10.5	中
慣行	19.5	5.3	17.2	3.8	235	11.7	12.0	10.6	中

注) 草勢は弱，中，強とした．

トマト促成栽培におけるハイワイヤー整枝法の特徴

第2表 各花房の開花日，収穫日及び成熟日数

処理	開花日(月/日)						収穫(月/日)						成熟日数(日)					
	1花房	3	5	7	9	11	1花房	3	5	7	9	11	1花房	3	5	7	9	11
ハイワイヤー	11/18	12/12	1/6	1/31	2/24	3/18	2/8	3/3	3/24	4/16	5/6	5/26	82	81	77	75	71	69
慣行	11/18	12/12	1/3	1/28	2/20	3/14	2/6	3/3	3/24	4/17	5/3	5/25	80	81	80	79	72	72

第3表 収穫終了時の生育

処理	茎径(mm)						葉長(cm)						草丈 (cm)
	1花房	3	5	7	9	11	1花房	3	5	7	9	11	
ハイワイヤー	12.3	12.7	11.8	10.9	11.8	9.8	41.0	47.2	46.2	45.2	44.8	38.2	345
慣行	12.1	13.7	12.7	11.7	12.0	10.7	40.7	48.9	47.2	47.9	48.6	43.9	366

注1) 茎径は各花房直下を測定した。
 2) 葉長は各花房直下葉を測定した。

第4表 収量及び品質

処理	総収量 (kg/株)	可販果 収量 (kg/株)	単収 (t/a)	可販 果率 (%)	1果重 (g)	品質割合(%)					
						健全	空どう	窓あき	だ円	乱形	尻腐れ
ハイワイヤー	8.68	8.27	1.84	95	184	75	12	5	5	0	5
慣行	8.54	8.16	1.81	96	188	53	31	6	9	0	1

注) 単収はa当たり2,22株(180cm×25cm、1条振り分け)で算出した。

第5表 月別の収量，1果重及び品質

処理	収量(kg/株)					果重(g)					品質割合(%)									
											健全果					空どう果				
	2月	3	4	5	平均	2月	3	4	5	平均	2月	3	4	5	平均	2月	3	4	5	平均
ハイワイヤー	1.4	1.5	2.4	3.0	2.1	167	178	196	188	182	72	61	70	89	73	17	18	10	6	13
慣行	1.4	1.6	2.6	2.7	2.1	164	181	198	196	184	46	38	47	74	54	38	39	36	16	37

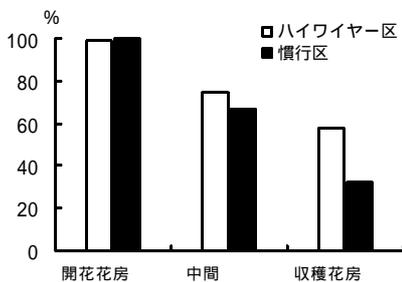
第6表 月別の糖度，酸度及び糖酸比

処理	糖度(brix)					酸度(%)					糖酸比(糖度/酸度)				
	2月	3	4	5	平均	2月	3	4	5	平均	2月	3	4	5	平均
ハイワイヤー	5.8	5.7	5.7	4.9	5.5	0.34	0.27	0.31	0.30	0.31	17.1	21.1	17.7	16.3	18.1
慣行	5.2	5.1	5.5	5.1	5.2	0.35	0.34	0.31	0.27	0.33	14.9	15.1	17.7	18.9	16.7

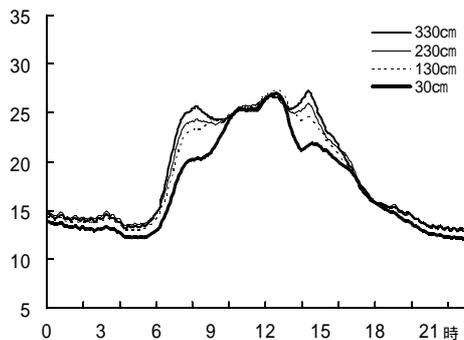
2) ハウス内環境特性(受光体勢, 施設内温度分布)

トマトの部位別の受光率を第1図に示した。慣行区開花花房の受光率を100とした場合、ハイワイヤー区では開花花房が99%、中間が75%、収穫花房が58%であり、慣行区では中間が67%、収穫花房が32%となり下部ほど受光率は大きく低下した。それぞれの部位を慣行区と比較するとハイワイヤー区は中間で112%、収穫花房で181%となりトマトの受光体勢は明らかに優れた。

施設内の温度垂直分布の推移は、日の出以降、天窓換気が開く8時までは施設上部ほど温度が上昇し、垂直方向で最大約5の温度差を生じた。しかし、天窓が開き始め外気が流入して換気されると徐々に温度差は解消され、完全に天窓が開いている10~13時には垂直方向で温度差は全くみられなかった。その後、天窓が閉まり始める14~15時にかけては再び温度差が生じて施設上部では温度が高めに推移したが、日没近くなり施設内温度が下降していくうちに徐々に温度差は解消された。夜間は大きな温度差はなかったが、地表30cmではほかの高さよりやや低く経過した(第2図)。



第1図 トマトの部位別受光率(2002年4月8-10日)
(慣行区開花花房を100)



第2図 高軒高施設内の温度垂直分布(2002年3月20日)

3) 作業性(作業姿勢, 作業能率)

ハイワイヤー区は3mの誘引線を利用していることから、写真4のように作業者の腰付近に収穫花房が位置する。しかし、慣行区は誘引線が低いため、収穫果実は常に地表面に着地した状態となり、収穫は写真5のような姿勢となる。作業姿勢モニターによる収穫作業時の姿勢を第3図に示した。測定値は、深く腰を曲げた場合は大腿部の曲がり角度が大きくなり、上体を深く前傾した場合は体幹部の曲がり角度が大きくなる。また、直立状態では大腿部、体幹部とも曲がり角度はゼロに近づく。

大腿部の曲がり角は、慣行区が90度以上の姿勢であるが、ハイワイヤー区では概ね20~40度の姿勢が多く、大腿部はほとんど窮屈な曲がり角がほとんどなかった。体幹部の曲がり角は、慣行区では30~40度程度の姿勢が多かったが、ハイワイヤー区は10度未満の姿勢が最も多く、20度以上の前かがみ姿勢はほぼ半減した。

つらさ指数⁴⁾は、ハイワイヤー区が指数4.3、慣行区が指数8.3で、ハイワイヤー区は慣行区の52%に半減した。また、単位時間当たり作業能率は、ハイワイヤー区が慣行区に比べ収穫作業で11%、葉かき作業で48%向上した(第7表)。

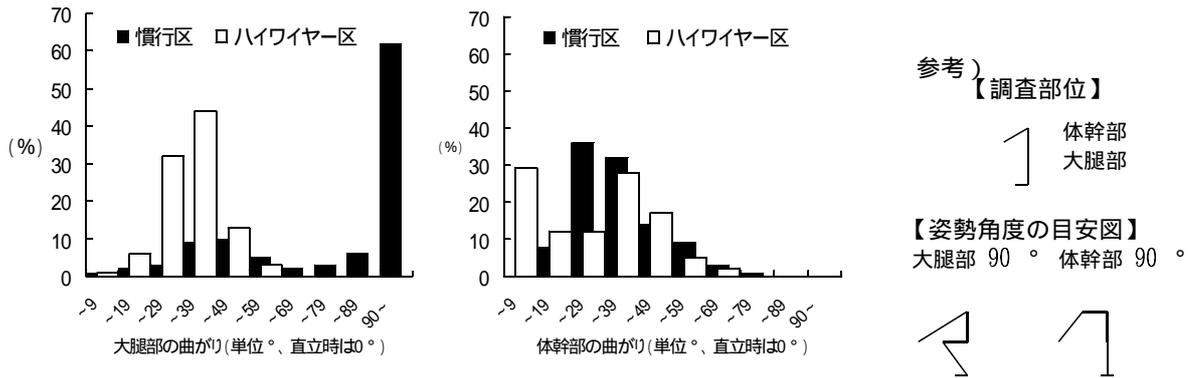


写真4 ハイワイヤー区の収穫姿勢



写真5 慣行区の収穫姿勢

トマト促成栽培におけるハイワイヤー整枝法の特徴



第3図 収穫作業時の作業姿勢（2002年3月14日調査）

第7表 収穫作業の軽労化程度（つらさ指数） 収穫・葉かき作業の作業能率

処理	収穫作業の軽労化程度(つらさ指数)	作業能率	
		収穫作業 (収穫果数/時)	葉かき作業 (葉数/時)
ハイワイヤー	4.3 (52)	652 (111)	1224 (148)
慣行	8.3 (100)	585 (100)	828 (100)

注1) 2002年3月14日調査(供試株数100株)。

2) つらさ指数は動作内容を1～10の10階級に区分した指数で、高い指数ほどつらい姿勢をあらわす。



3) ()は慣行区を100とした時の指数。

2. ハイワイヤー整枝における栽植密度に関する試験

1) 施設環境（温度，日射量）と生育，受光体勢

施設内の温度は10～5月までほぼ目標温度を維持したが、8～9月及び6月は屋外気温が施設内の目標温度を超えるため、施設内は高めの温度で推移した。1日当たりの日射量は8～12月まで徐々に低下し、1～3月にかけて再び上昇した。3～5月の日射量はほぼ変わらず、6月は梅雨の影響により日射量は5月よりも低下した。

トマトの部位別受光率は、開花花房では処理区間に差はなかったが、中間では200区>慣行区 250区>300区の順に優れ、収穫花房では200区>250区>300区慣行区の順で、慣行区の受光率が低下した(第8表)。

各花房の開花日は、第13花房までは粗植である200区、慣行区で早く、第17～21花房では慣行区及び密植である300区が遅れた。各花房の収穫日は、第9花房を中心に200区>250区>300区の順に早かったが、200区と栽植密度が同じである慣行区は300区と同等の収穫日に遅れた(第9表)。このため、開花日、収穫日の関係から、各花房の成熟日数はハイワイヤー整枝の3区は

大差なかったが、慣行区は第3～13花房で他の3区より長かった(第10表)。また、草丈、収穫花房数、花房間長については処理間に大きな差は認められなかった。

各花房下の茎径は、いずれの花房も200区>250区>300区の順に太い傾向を示したが、慣行区は第1～9花房にかけて栽植密度が同じ200区より太く推移した。しかし、第11花房以降は200区よりもやや細く推移した(第11表)。各花房直下葉の大きさについても、茎径と同様に200区>250区>300区の順に大きい傾向で、慣行区は生育後半の第9花房以降、4処理区の中で最も小さかった(第12表)。

2) 収量および品質

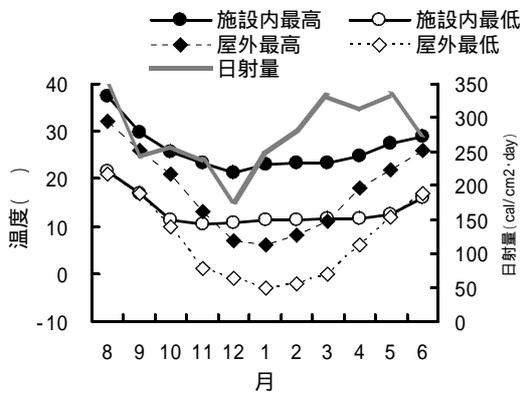
総収量は、200区が株当たり14.8kgで最も多く、次いで慣行区>250区>300区の順であった。可販果収量も総収量と同様の傾向を示し、可販果率は大差なかった。しかし、a当たり収量は、栽植密度が最も高い300区が3.51tと最も高く、次いで250区>200区となり、慣行区が2.67tで最も少なかった。なお、1果重は株当たり収量と同様、200区>慣行区>250区>300区の順であった。品質割合は、200区が最も空どう果が少なく健全

果率が高く優れ、次いで 250 区 > 300 区となり、慣行区は空どう果、だ円果の発生が多く品質は劣った(第 13 表)。

収穫果数は、200 区が株当たり 88.8 個、250 区が 86.6 個、300 区が 84.5 個、慣行区が 87.8 個で、栽植密度が高い区でやや少なかった。

月別 1 果重はいずれの月も 200 区 > 250 区 > 300 区の順に優れる傾向で、各処理区とも 11 月と 4 ~ 5 月が大果で、2 月が最も小さかった(第 14 表)。また、株当たり月別収量も 1 果重とほぼ同様な傾向を示した。しかし、a 当たり収量では、株当たり収量とは反対に 300 区 > 250 区 > 200 区の順に優れた(第 15 表)。

果実品質(糖度、品質割合の月別推移)を第 5 図に示した。糖度は、各処理区とも 12 月に最も低下し、以降 4 月をピークに上昇したが、概ね 200 区 > 250 区 > 300 区 > 慣行区の順に優れた。品質は各処理区とも 12 ~ 2 月に空どう果の発生が多く、4 月には窓あき果、だ円果、乱形果の発生がやや増加する傾向を示した。処理間では、ハイワイヤー誘引の 200 区 > 250 区 > 300 区の順に空どう果の発生が少なく、健全果の割合が高まる傾向がみられ、慣行区は空どう果の発生が高く、窓あき果、だ円果、乱形果の発生もハイワイヤー区に比べ多かったため、健全果の割合は低かった。



注 1) 200 区開花花房を 100 % とした。

第 4 図 施設内外の温度、日射量の推移

第 8 表 トマトの部位別受光率

処理	開花花房	中間	収穫花房
200	100 %	87(100)	72(100)
250	100	71(82)	61(84)
300	100	57(66)	48(67)
慣行	98	74(85)	49(68)

2) 2003 年 3 月 19 日調査。

第 9 表 各花房の開花日、収穫日(月/日)

処理	開花日(月/日)						収穫日(月/日)					
	1	5	9	13	17	21 花房	1	5	9	13	17	21 花房
200	9/10	10/13	12/4	1/24	3/7	4/15	11/9	12/28	2/23	4/7	5/9	6/9
250	9/10	10/13	12/7	1/25	3/7	4/15	11/9	12/29	2/26	4/9	5/9	6/10
300	9/10	10/15	12/7	1/26	3/9	4/17	11/9	12/29	2/28	4/9	5/13	6/13
慣行	9/10	10/14	12/4	1/22	3/9	4/18	11/9	1/1	2/28	4/10	5/13	6/12

第 10 表 成熟日数(日)と収穫終了時の生育

処理	成熟日数(日)											草丈(m)	収穫花房数(花房)	花房間長(cm)
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21 花房			
200	60	65	76	81	81	78	73	71	63	60	55	7.2	23.0	31.3
250	60	65	76	82	81	79	74	71	63	61	56	7.3	23.1	31.6
300	60	65	75	82	83	78	73	71	65	62	56	7.4	22.7	32.6
慣行	60	67	79	84	86	84	78	71	65	61	55	7.1	23.2	30.4

トマト促成栽培におけるハイワイヤー整枝法の特徴

第11表 各花房下の茎径 (mm)

処理	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21 花房
200	13.4	13.1	12.5	12.3	12.9	13.2	13.7	13.6	12.9	11.9	11.3
250	13.2	12.7	11.2	11.9	12.3	12.0	12.8	12.7	11.8	10.9	10.6
300	12.5	11.7	10.8	11.5	12.3	12.0	12.5	12.2	11.9	10.9	10.5
慣行	14.3	13.5	12.2	12.5	13.2	12.7	13.2	13.4	12.5	11.6	10.9

第12表 各花房直下葉の大きさ (cm²)

処理	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21 花房
200	2090	1177	898	1078	946	1336	1302	1137	1077	851	667
250	1507	1036	792	904	944	1289	1215	1051	923	767	671
300	1306	934	637	862	861	1146	1082	1042	903	744	572
慣行	2336	1282	866	1046	803	1181	1101	865	891	691	626

注) 葉長, 葉幅から求めた値 x と葉面積計による値 y 求められた回帰式をもとに算出した。
 $y = 0.0004 x^2 + 0.1991 x \quad R^2 = 0.9583 \quad (x: \text{葉長} \times \text{葉幅} \times 1/2)$

第13表 収量及び品質

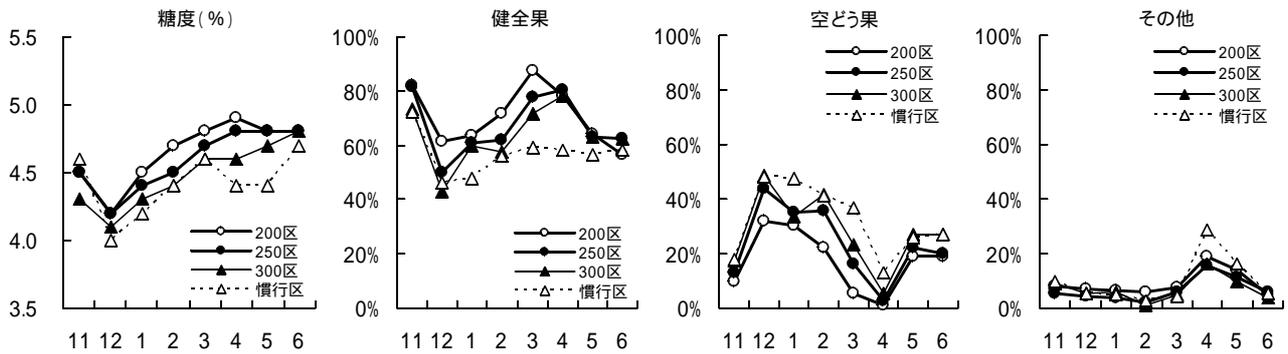
処理	総収量 (kg/株)	可販果 収量 (kg/株)	可販 果率 (%)	1 果重 (g)	品質割合 (%)					単収(t/a)	
					健全	空どう	窓あき	だ円	その他	総収量	可販果収量
200	14.8	14.1	95	167	69	16	1	8	5	2.93	2.79
250	12.8	12.2	96	148	68	22	1	7	3	3.10	2.95
300	11.4	11.2	98	135	64	26	1	6	2	3.51	3.45
慣行	13.5	13.1	97	154	57	30	1	10	2	2.67	2.59

第14表 月別 1 果重 (g)

処理	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	平均(最大,最小)	2月/11月(%)
200	189	161	132	128	155	194	194	150	167 (194, 128)	68
250	170	136	112	107	126	160	171	158	148 (171, 107)	63
300	161	131	97	96	119	151	155	138	135 (161, 96)	60
慣行	206	163	129	97	120	166	177	151	154 (206, 97)	47

第15表 月別収量

処理	株当たり収量 (kg)								a 当たり収量 (kg)							
	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
200	1.8	1.5	0.9	1.0	1.5	2.6	2.9	2.7	345	289	170	202	289	519	578	533
250	1.5	1.2	0.7	0.9	1.2	2.3	2.4	2.6	363	300	160	227	278	557	586	634
300	1.3	1.2	0.6	0.7	1.1	2.0	2.2	2.3	404	376	185	225	327	622	671	715
慣行	1.6	1.5	1.0	0.6	1.2	2.3	2.6	2.7	323	293	200	127	246	450	509	533



第5図 果実品質の推移 (糖度及び健全果率, 空どう果率等)

考 察

栃木県のトマト促成栽培は2～6月収穫が多いことは緒言で述べたとおりで、気象要素とトマト生育量が密接に関係し、この作型を中心に栽培法と施設が構築されてきた。蔵田ら⁵⁾は、トマト群落の畝方位と直達光受光率について、冬期は東西畝が良いとしているが、調査した農家は経験的に冬至から春分までの草丈の推移、太陽高度の関係をもとに、株元まで日が当たるよう畝間間隔を定めていたと報告している。栃木県でも、時折降雪がみられる県北地域では、日射量不足と地温低下を防止するため必要以上に群落を高めないよう弱めの草勢管理を行うなど、農家は経験をもとに品質向上技術を組み立てている。しかし、現在のトマト栽培は品種の変遷、経済性等の理由から次第に栽培が長期化し、フラワーネットを利用した斜め誘引、Uターン誘引等が行われている⁶⁾。更に、果実面の日射を高める玉だし、摘葉も併用されているが、これらの一連の技術は品質を維持しつつ増収を考慮した技術である。

葉面積制御に関する知見として、福地ら⁷⁾は摘葉は果実糖度を低くし、1花房当たりの葉数を増やすと糖度の向上が図られると報告しているが、既存栽培に応用する

ことは相互遮蔽、通風等の問題がある。しかし、ハイワイヤー整枝は高軒高施設によって十分なスペースが確保されているため、無理な摘葉を行うことなく葉数を増やすことが可能である。本試験では、慣行誘引と同じ葉数で管理したが、明らかな糖度の向上が認められた。これは、慣行の整枝法よりも受光体勢が良く、果実への十分な同化産物が転流したものと推察される。細井⁸⁾は樹高3mトマト個体群と樹高2m個体群の収量解析を行ったが、同じL A I : 4では収量で10 t / 10 a、糖度(Brix)で0.4高かったと報告しており、本試験の傾向と一致している。更に下葉を残し葉数を増やせば、この整枝・誘引法では下葉は相互遮蔽せずに光合成能力を最大に発揮できるため、より一層の果実品質向上が期待できる。

また、細井は樹高3mトマト個体の群年間蒸散量は樹高2mトマト個体群より約10%優れると報告している。本試験では給液管理を同一とし、ハイワイヤー整枝で茎径がやや細くなる結果となったが、試験結果からハイワイヤー区の受光体勢が良い、施設内の温度垂直分布からハイワイヤー区のトマトが遭遇する温度がやや高い等の影響によりハイワイヤー区の養水分要求量が高まると考えられた。このため、ハイワイヤー整枝のトマト蒸散量に対応する給液管理が確立されれば、生育後半まで

草勢が維持され、果実肥大向上による増収が期待できると考えられる。

促成長期どり栽培に関する研究は、1970年代に多く行われているが^{9), 10), 11)}、ハイワイヤー整枝による試験事例はない。矢板らは品種：大型瑞光を供試し10 a 当たり24 t (16花房収穫)の高収量を得ているが、冬期は空どう果や小玉果が多く、草勢低下が課題であると指摘し、この作型は普及に至っていない。本試験においても、慣行区では空どう果の発生、小玉果の発生が著しく、茎葉が小さくなるなどの草勢低下がみられた。しかし、ハイワイヤー整枝(200区)では、慣行区よりも茎葉が大きく、収穫日が早まる等、草勢が低下しにくいことが明らかとなり、a 当たり収量は2.9 tで慣行区より10%増収した。また、課題の品質低下については、慣行区よりも空どう果発生が大きく減少し、果実の小玉化も大きく改善され、2月と11月の1果重を比較すると(2月/11月)、慣行区は0.47で半減したが、200区が0.68、次いで250区が0.63、300区が0.60に改善され、糖度もわずかであるが向上した。今後、ハイワイヤー整枝を基軸に栽培管理法を向上させれば、常に果実肥大が安定したトマト促成長期どり栽培が可能になると考えられる。金井ら¹²⁾は、ハイワイヤー整枝は斜め誘引よりも約33%増収したと報告しており、促成長期どり栽培でのメリットが大きい誘引法であることが示唆された。

更に生産性の高い技術とするため、栽植密度を検討したが、密植ほど冬期に小玉化、空どう果発生、糖度の低下等の品質低下がみられたため、日射の少ない冬期では従来の栽植密度とし、これまで以上の品質を確保することが望ましいと考えられる。しかし、日射が強まる春以降からはこれまでよりも密植が可能と考える。また、単収は栽植密度が高いほど多く、300区ではa 当たり3.51 tとなり、200区と比較すると120%、慣行区との比較では132%と大幅な収量増加が認められた。このため、品種や栽培方法をさらに改良することにより、より生産性が高く高収益可能な栽培技術が確立できると示唆される。

ハイワイヤー整枝の作業性は、誘引作業が高所であることから高所作業台車を用いるものの、収穫、葉かき作業位置が適正となり、省力化できることが実証された。これまでの誘引線によるつる下ろしでは、常に収穫位置が地面近くとなり、斜め誘引では収穫位置が徐々に上へと変動するが、長期どりを行う段数に限界がある。しかし、ハイワイヤー整枝はいつでも収穫作業位置が一定して楽な姿勢のまま作業できるため、トマトの長期どり栽培に最も適した誘引法である。

経営診断指標¹⁴⁾では、トマト促成栽培(2~6月収穫、10 a 当たり収量14 t、共同選果場利用)の場合、10 a 当たり投下労働時間は996時間である。このうち、芽・葉かき作業時間は64時間(6%)、収穫・果実運搬作業時間は401時間(40%)であり、これら作業の合計労働時間は465時間となり、全投下労働時間の47%を占める。ハイワイヤー整枝を用いると、収穫と葉かき作業のつらさは52%軽減することが明らかとなり、全投下労働時間の約4分の1($0.47 \times 0.52 = 0.24$)が軽労化される。更に、栽培が長期化すれば、葉かき・収穫作業の占有率は高まるため、促成長期どり栽培でハイワイヤー整枝を導入すれば、促成栽培よりも軽労化度合いは高まる。

作業能率は、本試験でハイワイヤー整枝法は慣行よりも111%向上することを明らかにした。1果当たりの収穫時間では、慣行のつる下ろしより0.7秒早く、斜め誘引より0.9秒短縮した金井らの報告とほぼ同程度で、明らかに作業能率が向上した。

ハイワイヤー整枝を行うには、高軒高施設及び誘引器具、高所作業台車等が必要である。しかし、今のところこれらは、すべて輸入品に依存しているため、日本の栽培条件に合わせた装置類の開発が必要である。また、高軒高施設は暖房エネルギーを考慮すると大規模化が望ましいという石井¹⁵⁾の報告があり、ハイワイヤー整枝で省力・高品質化されたトマト栽培を大規模化することでさらに効率の良い生産が可能と考えられる。

栃木県内では、国庫補助事業の活用によりトマト栽培向けの高軒高施設(低コスト耐候性ハウス)が建設され、ハイワイヤー整枝法が実用化された。今後、この整枝が栽培の基軸となることで、これまでの促成栽培主体の技術体系から、促成長期どり栽培等の周年生産に向けた栽培技術が確立され、トマト生産者の経営強化が期待されている。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、斉藤ヒサ技査、稲葉正雄主任技術員、福田正孝主任技術員には試験圃場の管理並びに調査等に多大なご協力をいただいた。また、本稿を執筆するにあたり、野菜研究室をはじめ関係者の方々には貴重なご助言・ご指導をいただいた。ここに記して心から感謝の意を表する。

14. 農業経営診断指標平成 15 年度版。栃木県農務部経営技術課：38-45。
15. 石井雅久(2004)大規模化、周年利用化のための温室構造および環境制御 - フェンロー型温室，屋根開放型温室の換気・環境特性。農業および園芸 79(1)：31-37。

引用文献

1. 関東農政局栃木統計情報事務所(2002)第 49 次栃木農林水産統計年報。栃木農林統計協会。栃木：83。
2. 糠谷明(1997)オランダタイプの栽培システム。農業技術体系野菜編 2 追録 22。(社)農山漁村文化協会。東京：615-623。
3. 渡邊慎一・中野有加・岡野邦夫(2001)積算日射フィルムを用いた果菜類の個葉受光量の簡易測定。生物環境調節 39(2)：121-125。
4. 板木利隆(1998)四訂施設園芸ハンドブック。(社)日本施設園芸協会。東京：98-106。
5. 蔵田憲次・岡田益己・佐瀬勲紀(1988)トマト群落の畝方位と直達光受光率 - 魚眼レンズ撮影による解析 - 。農業気象 44(1)：15-22。
6. 栃木県野菜研究会(1999)栃木の野菜。栃木県農業者懇談会。栃木：55-60。
7. 福地信彦・本居総子・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。園芸学研究 3(3)：277-281。
8. 細井徳夫(2003)葉面積を 4 水準に制御した樹高 3 m トマト個体群の収量解析。野菜茶業研究所研報 2：245-265。
9. 青木宏史(1973)千葉県における長期越冬栽培の実際。農耕と園芸 28(7)。東京。誠文堂新光社：68-71。
10. 板木利隆・金目武男(1974)施設栽培におけるトマトの長期多収作型の確立に関する研究(第 1 報)。神奈川園試研報 22：54 -62。
11. 矢板孝晴・川里宏(1976)トマトの越冬長期栽培における生育特性について。栃木農試研報 21：99-108。
12. 金井幸男・阿部晴夫・飯塚浩・清水馥(2001)・群馬園試型ハイワイヤー誘引システムの開発による施設トマトの省力軽作業化。群馬園試研報 6：1-6。
13. 細井徳夫(2002)養液耕による施設栽培長段トマト個体群の収量に好適な葉面積指数に関する研究。野菜・茶業試験場研報 16：329-349。