

夏秋トマト 3 S システムの作期拡大による収量の向上

矢島隼人*・浅野雄二^a

岐阜県中山間農業研究所 509-4244 飛騨市古川町

Yield Improvement through the Expansion of Cultivation Periods using the Summer-Autumn Tomato
3S System (Small amount Separated cultivate-system for Solanaceae)

Hayato Yajima and Yuji Asano

*Gifu prefectural Research Institute for Agricultural Technology in Hilly and Mountainous Areas,
Furukawa, Hida, Gifu 509-4244*

摘 要

夏秋トマトは岐阜県の中山間地域において最も重要な品目で、生産の歴史は古く雨よけ施設での連作が続いていることから土壌伝染性病害の発生による生産性の低下が起きている。このため岐阜県中山間農業研究所では、土壌伝染性病害の発生を抑制し安定生産が可能な夏秋トマト「3 S システム」（「ナス科果菜類隔離型少量培地耕 Small amount Separated cultivate-system for Solanaceae」の略称）を開発した（熊崎ら、2017）。しかし、資材費等の高騰から当初の目標単収（10a 当たり 20t）では本システムの導入に踏み切れない生産者も多い。そこで、作期の拡大による多収技術の開発に取り組んだ。その結果、暖房機を導入して作期を約 1 か月前進し、暖房設定温度を 15℃として積極的に加温することにより、当初の目標単収を上回る 10a 当たり 30t を達成するとともに果実品質が向上し、平均果重が増加した。

キーワード：隔離栽培、暖房機、加温、設定温度

緒 言

夏秋トマトは岐阜県の中山間地域において最も重要な品目となっている。生産の歴史は古く、雨よけ施設での連作が続いていることから土壌伝染性病害の発生による生産性の低下が起きている。根本的な解決には植物体を汚染土から隔離できる養液栽培システムの導入が有効であることから、岐阜県中山間農業研究所では、土壌伝染性病害の発生を抑制し安定生産が可能な夏秋トマト「3 S システム」（「ナス科果菜類隔離型少量培地耕 Small amount Separated cultivate-system for Solanaceae」の略称）を開発し（熊崎ら、2017）、現地への導入が進みつつある。しかし、近年の資材費等導入コストの高騰から当初の目標単収である 10a 当たり 20t では本システムの導入

に踏み切れない生産者も多いため、単収を向上させること必要である。そこで、本報では積極的な加温により作型を拡大し、さらなる多収が可能な栽培体系を開発したので報告する。

材料および方法

栽培装置は図に示した装置を用いた（図 1）。不織布ポットは biopot a cone acH100-21（株式会社グリーンサポート）、培土は NEO MIX21「袋栽培用」（揖斐川工業株式会社）、点滴ノズルは PCJ-LCNL ドリッパー（Netafim）、給液量 4L／4 株・時を使用し、栽植密度は畝間 200 cm、2 条植え、株間 30 cm、3,333 株／10a、培地量は 5L／株とし、給液は大塚 SA 処方（OAT アグリオ株式会社）を使用し、夏秋トマト 3 S システム栽培マニュアルを基本に排液率、葉柄汁中硝酸イオン濃度により給液量を増減した。仕立て法は「誘引用

*Corresponding author. E-mail:yajima-hayato@pref.gifu.lg.jp

^a 現在：退職

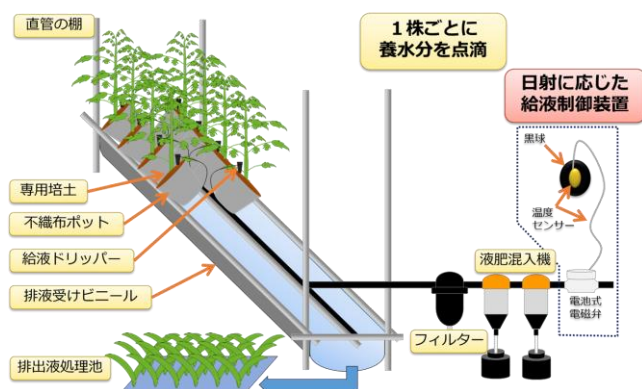


図1 3Sシステム栽培装置

針金」（タキゲン製造株式会社）による直立仕立て（ずり下げ有）とした。

試験1 作期拡大の検討（2019年）

岐阜県中山間農業研究所（飛騨市古川町：以下本所）の13号及び23号ハウスにおいて従来の作期より約1ヶ月播種やポットへの鉢上げを早め、暖房機（ネボン小型温風機 KA-125）による加温（15℃設定）を行った。供試品種は、「麗月（自根）」（株式会社サカタのタネ）、播種は早期区が1月15日、慣行区が2月15日、ポットへの鉢上げは早期区2月28日、慣行区4月1日、本圃への移動は早期区3月12日、慣行区4月15日に行った。

調査は各区5株×3反復で実施し、果実重量および系統出荷基準に準じた果実品質（等級、障害果の内容）、収穫終了時に生育調査を各区5株×3反復実施し、各果房の着果数及びその直下の茎径、収穫段数を計測した。また、各区の旬別可販収量をもとに過去5年（平成30年～令和4年）のJAひだ旬別等階級別平均単価から販売金額を試算した。

試験2 暖房設定温度の検討（2020～2023年）

試験年度を通じて保温管理は図2のとおり実施した。

試験2-1（2020年）

本所23号（間口6m、奥行25m、軒高1.6m、棟高3.2m、丸屋根）及び24号（間口6m、奥行25m、軒高1.8m、棟高3.3m、角屋根）ハウスにおいて、暖房コストの試算を行うため暖房の設定温度15℃、10℃の2水準を設け比較試験を実施した。供試品種は、「麗月（自根）」（株式会社サカタのタネ）、播種は1月7日、ポットへの鉢上げは2月20日、本圃への移動は3月4日に行い、暖房期間は3月4日～4月30日とした。

調査は、試験ハウスの暖房稼働期間の灯油使用

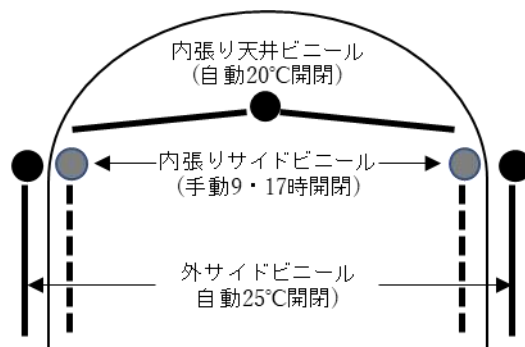


図2 保温管理の概念図

内張り天井ビニール：20℃自動開閉

外サイドビニール：25℃自動開閉

内張りサイドビニール：9時全開、17時全閉（手動）

量によって、当時の単価に基づいて経費を試算した。収量調査及び生育調査については第3花房開花期に萎凋症状が確認されたため実施しなかった。

試験2-2（2021年）

試験2-1では萎凋症状により収量及び生育調査が行えなかったことから本所36号（間口6m、奥行25m、軒高1.8m、棟高3.8m、丸屋根）ハウスにおいて、再度設定温度15℃、10℃の2水準を設け比較試験を実施した。供試品種は「麗月（自根）」（株式会社サカタのタネ）、播種は1月5日、ポットへの鉢上げは2月15日、本圃への移動は2月26日に行い、暖房期間は2月26日～4月26日とした。

収量・品質調査として、各区5株×4反復で果実重量および系統出荷基準に準じた果実品質（等級、障害果の内容）を調査した。また、生育調査として暖房終了時の4月26日に各区の開花段数を各区20株調査するとともに、収穫終了時に各区5株×4反復で、各果房の果房間長、着果数、その直下の茎径、収穫段数を計測した。暖房に係る燃油コストは、試験2-1と同様に試算した。また、販売金額を試験1と同様に試算した。

試験2-3（2022年）

本所36号及び35号（間口6m、奥行25m、棟高3.8m、丸屋根）ハウスにおいて、2021年の結果を受けて暖房設定温度をやや高い18℃区を設け、15℃区と比較試験を実施した。耕種概要は次のとおりとした。供試品種は「麗月（自根）」（株式会社サカタのタネ）、播種は1月11日、ポットへの鉢上げは2月15日、本圃へ移動は3月7日に行い、暖房期間は3月7日～5月6日とした。

収量・品質調査として、各区5株×3反復で果実

重量および系統出荷基準に準じた果実品質（等級、障害果の内容）を調査した。また、生育調査として4月8日から8月26日にかけて各区1株の開花段数を調査した。収穫終了時に各区5株×3反復で各果房の果房間長、着果数、その直下の茎径、収穫段数を計測した。暖房に係る燃油コストは、試験2－1と同様に試算した。また、販売金額を試験1と同様に試算した。

試験2－4（2023）

試験2－3と同一ハウスにおいて、2022年の結果を受けて暖房設定温度をやや低い12℃区を設け、15℃区と比較試験を実施した。供試品種は「麗月（自根）」（株式会社サカタのタネ）、播種は1月20日、ポットへの鉢上げは2月20日、本圃へ移動は3月7日に行い、暖房期間は3月7日～5月16日とした。

収量・品質調査として、各区5株×4反復で果実重量および系統出荷基準に準じた果実品質（等級、障害果の内容）を調査した。また、生育調査として3月16日から8月17日にかけて各区1株の開花段数を調査した。収穫終了時に各区5株×4反復で各果房の果房間長、着果数、その直下の茎径、収穫段数を計測した。暖房に係る燃油コストは、試験2－1と同様に試算した。また、販売金額を試験1と同様に試算した。

結 果

試験1 作期拡大の検討

7月下旬までの可販収量は早期区が15.2 t/10aに対して、慣行区で10.2 t/10aと約5.0 t/10aの有意な差があった。可販果数は早期区が慣行区に比べて約10.3個/株と有意に多かった。10月下旬までの可販収量は早期区31 t/10aに対して、慣行区21.6 t/10aと約9.4 t/10aの有意な差があった。可販果数は早期区が慣行区に比べて約21.2個/株有意に多かった。平均果重は同等であった（表1）。

7月下旬までのA品率は早期区59.9%に対して慣行区39.7%と早期区が有意に高かった。格別率については早期区16.5%に対して慣行区25.3%と早期区が有意に低かった。10月下旬までのA品率は同じ傾向を示し、格別率は有意な差はないものの同じ傾向を示した（表2）。

7月下旬までの3L品以上の割合は早期区より慣行区が有意に高かった。2S品以下については早期区より慣行区で高くなったが有意な差はなかった。

10月下旬までも同様の傾向を示したが有意な差はなかった（表3）。

異常果の発生は、早期区に比べ慣行区で形状を理由とするものが増加し、特につやなし果が多く含まれた（表4）。

茎径は早期区が慣行区に比べ、1～4段で細く11段以降はやや太い傾向であったが有意な差はなかった（図3）。

着果数は慣行区の2～5段と9～14段で早期区よりも減少し、特に9～11段にかけては有意な差があった（図4）。平均収穫段数は慣行区15.1段に対して早期区17.7段だった。

表1 収量の比較（2019）

区	集計期間	粗収量 (t/10a)	可販収量 (t/10a)	総果数 (個/株)	可販果数 (個/株)	平均果重 (g)
早期区	収穫開始～ 7月31日	17.1	15.2	38.5	32.2	133
慣行区		12.5	10.2	29.3	21.9	129
t検定		*	*	*	*	NS
早期区	収穫開始～ 10月29日	34.0	31.0	77.6	67.7	131
慣行区		25.5	21.6	58.7	46.5	131
t検定		*	*	*	*	NS

*：有意水準5%で差があることを示す（n=3）

NS：有意水準5%で差がないことを示す

表2 等級比率の比較（2019）

区	集計期間	A品	B品	C品	格外 (%) ^a
早期区	収穫開始～ 7月31日	59.9	17.2	6.4	16.5
慣行区		39.7	23.9	11.2	25.3
t検定		*	*	NS	*
早期区	収穫開始～ 10月29日	58.1	22.8	6.3	12.8
慣行区		42.4	28.4	8.9	20.3
t検定		*	NS	NS	NS

^a 検定にはアークサイン変換した値を用いた

*：有意水準5%で差があることを示す（n=3）

NS：有意水準5%で差がないことを示す

表3 階級別果実割合（規格外果含む）の比較（2019）

区	集計期間	3L以上	2L	L	M	S	2S	2S未満
早期区	収穫開始～ 7月31日	1.4	6.6	14.7	25.1	15.5	26.5	10.1
慣行区		3.9	3.5	11.9	21.4	15.1	32.4	11.8
t検定		*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
早期区	収穫開始～ 10月29日	1.2	5.2	12.3	24.7	20.7	28.6	7.2
慣行区		3.0	4.9	11.2	22.5	17.7	31.4	9.3
t検定		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^a 検定にはアークサイン変換した値を用いた

*：有意水準5%で差があることを示す（n=3）

NS：有意水準5%で差がないことを示す

表4 異常果の規格別理由割合の比較（2019）

区	集計期間	規格	空洞果	花落ち	チャック窓あき	形状	その他
早期区	収穫開始～ 7月31日	BC品	3.4	1.1	2.3	16.7	0.3
慣行区		格外	0.2	0.5	2.0	12.3	1.4
		BC品	1.4	1.0	3.7	28.5	0.8
		格外	0.0	0.8	1.2	19.1	4.1
早期区	収穫開始～ 10月29日	BC品	12.2	0.7	1.2	14.6	0.3
慣行区		格外	0.5	0.3	1.3	8.8	1.8
		BC品	11.0	0.6	2.8	22.7	0.4
		格外	0.2	0.6	0.7	13.2	5.6

販売手数料差し引き後の販売金額は、早期区 6,526 千円／10a、慣行区 4,239 千円／10a となった（表 5）。

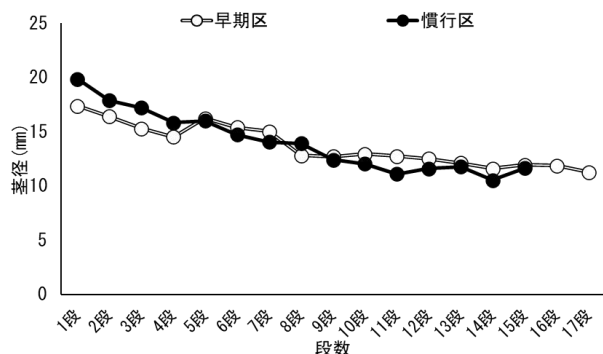


図3 茎径の推移（2019）

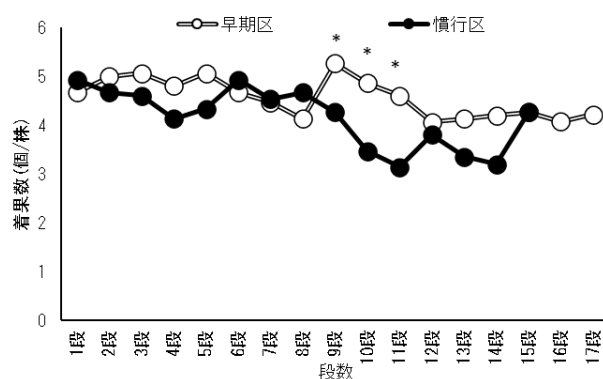


図4 着果数の推移（2019）

*: t 検定により有意水準 5% で差があることを示す (n=3)

表5 試験区の販売金額（2019）

区	可販収量 (kg/10a)	販売金額※ (千円/10a)	販売金額－ 販売手数料 (千円/10a)
早期区	30,976	10,267	6,526
慣行区	21,575	6,783	4,239

※過去5年の旬別等階級別平均単価から試算
（平成30年～令和4年JAひだ販売実績参照）

表6 暖房経費の比較（2020）

区	灯油単価 (円)	使用量(L) 10a 当たり	金額(千円)
15℃	70	6,078	425
10℃		3,794	266

※3/4～4/30

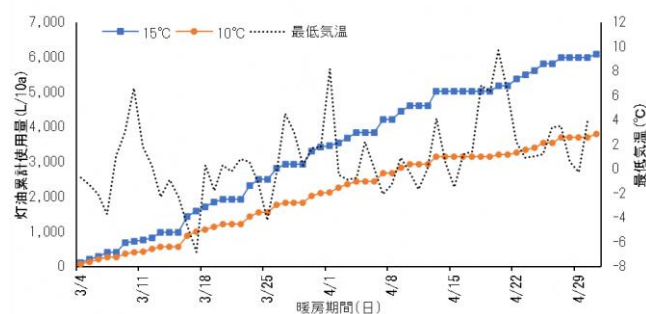


図5 最低気温と灯油使用量(累計)の推移

試験2 暖房設定温度の検討

試験2-1

3月4日（圃場設置）～4月30日まで暖房した結果、灯油使用量は10℃区で3,794L/10a、15℃区で6,078L/10aとなった（表6）。

灯油の使用量は最低気温が-2℃程度まで下がるのが多くあった4月11日までは多く、4月15日以降は急激に少なくなった（図5）。

試験2-2

7月下旬までの可販収量は15℃区が21.7t/10aに対して、10℃区で17.0t/10aと約4.7t/10aの有意な差があった。可販果数は15℃区が10℃区に比べて約7.3個/株有意に多かった。平均果重については15℃区が10℃区に比べて約12g有意に重かった。11月上旬までの可販収量は15℃区36.9t/10aに対して、10℃区31.9t/10aと約5.0tの有意な差があった。可販果数は15℃区が10℃区に比べて約8.8個/株有意に多かった。平均果重については15℃区が10℃区に比べて約5g重かったが有意な差はなかった（表7）。

7月下旬までのA品率は15℃区74.4%に対して10℃区64.2%と15℃区が有意に高かった。格別率については15℃区6.4%に対して10℃区15.3%と15℃区が有意に低かった。11月上旬までのA品率及び格別率については有意な差はないものの同じ傾向を示した（表8）。

7月下旬までのM品の階級割合は15℃区が10℃区に比べて有意に高くなり、2S品以下の割合は15℃区が10℃区に比べ有意に低かった。11月上旬までの階級比率も同様の傾向を示したが有意な差はなかった（表9）。

異常果の発生は、15℃区に比べ10℃区で花落ち及びチャック・窓あきがやや増加した。また、形状による格別果がやや増加した（表10）。

表7 収量の比較（2021）

区	集計期間	粗収量 (t/10a)	可販収量 (t/10a)	総果数 (個/株)	可販果数 (個/株)	平均果重 (g)
15℃	収穫開始～ 7月31日	22.8	21.7	47.2	44.2	145
10℃		19.2	17.0	43.5	36.9	133
t検定		*	*	*	*	*
15℃	収穫開始～ 11月1日	39.4	36.9	84.4	77.7	140
10℃		35.0	31.9	77.7	68.9	135
t検定		*	*	*	*	NS

*：有意水準5%で差があることを示す（n=4）

NS：有意水準5%で差がないことを示す

表8 等級比率の比較（2021）

区	集計期間	A品	B品	C品	格外
(%) ^a					
15℃	収穫開始～ 7月31日	74.4	17.3	1.9	6.4
10℃		64.2	17.2	3.3	15.3
t検定		*	NS	NS	*
15℃	収穫開始～ 11月1日	60.8	25.9	5.4	7.9
10℃		55.1	27.4	6.2	11.3
t検定		NS	NS	NS	NS

^a 検定にはアークサイン変換した値を用いた

*：有意水準5%で差があることを示す（n=4）

NS：有意水準5%で差がないことを示す

表9 階級別果実割合（規格外果含む）の比較（2021）

区	集計期間	3L以上	2L	L	M	S	2S	2S未満
(%) ^a								
15℃	収穫開始～ 7月31日	3.0	7.8	14.4	32.3	19.7	19.9	3.1
10℃		1.9	6.1	13.0	25.4	16.3	31.3	6.0
t検定		NS	NS	NS	*	NS	*	*
15℃	収穫開始～ 11月1日	2.6	5.8	13.2	29.8	21.5	24.0	3.2
10℃		1.8	5.6	12.7	27.8	19.5	28.2	4.3
t検定		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^a 検定にはアークサイン変換した値を用いた

*：有意水準5%で差があることを示す（n=4）

NS：有意水準5%で差がないことを示す

表10 異常果の規格別理由割合の比較（2021）

区	集計期間	規格	空洞果	花落ち	チャック・窓あき	形状	その他
15℃	収穫開始～ 7月31日	BC品	0.1	0.8	0.8	17.6	0.0
		格外	0.0	0.6	0.9	3.0	1.6
10℃		BC品	0.1	1.1	2.0	17.5	0.2
	収穫開始～ 11月1日	格外	0.0	0.6	1.6	7.3	5.3
15℃		BC品	4.2	0.4	0.7	25.5	0.5
		格外	0.7	0.4	0.5	3.5	2.5
10℃		BC品	3.9	0.6	1.2	27.2	0.7
		格外	0.4	0.4	1.1	5.4	3.8

表11 4/26時点の平均開花段数（n:20）

区	開花段数
15℃区	6.4 段
10℃区	5.6 段

*1花=0.2、ガク割れ0.1でカウント

表12 暖房経費の比較（2021）

区	灯油単価 (円)	使用量(L) 10a 当たり	金額(千円)
15℃	109	6,673	727
10℃		1,184	129

※3/9～4/30

表13 試験区の販売金額（2021）

区	可販収量 (kg/10a)	販売金額※ (千円/10a)	販売金額－ 販売手数料 (千円/10a)
15℃	36,860	11,897	7,521
10℃	31,906	10,403	6,603

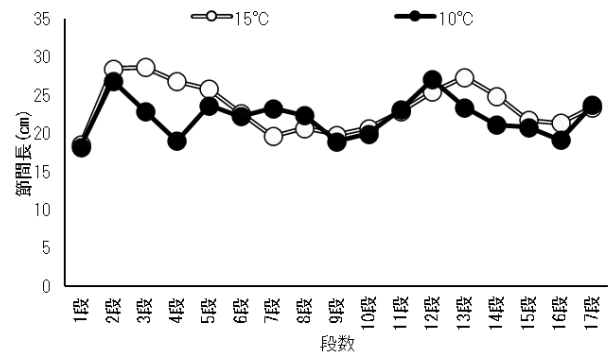
※過去5年の旬別等階級別平均単価から試算
（平成30年～令和4年JAひだ販売実績参照）

図6 果房間長の推移（2021）

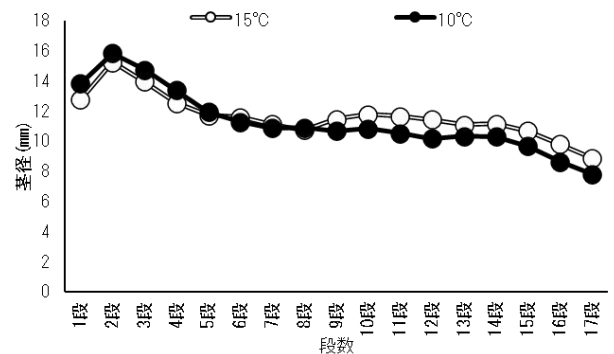


図7 茎径の推移（2021）

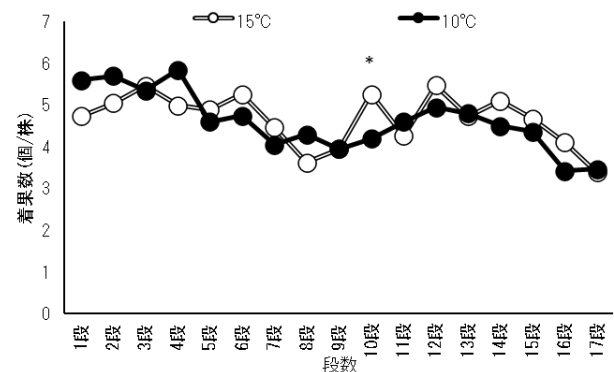


図8 着果数の推移（2021）

*：t検定により有意水準5%で差があることを示す（n=4）

果房間長は15℃区が10℃区に比べ、2～5段と13～16段で長い傾向だったが有意な差はなかった（図6）。茎径は15℃区が10℃区に比べ、1～5段で細く9段以降は太い傾向であったが有意な差はなかった（図7）。着果数は9段までは有意な差はなかった。10段は15℃区が10℃区より有意に多く、12段以降もやや多い傾向を示したが有意な差はなかった（図8）。暖房機が稼働していた4月26日までの開花段数は、15℃区が平均6.4段に対して10℃区は平均5.6段と約0.8段の差があった（表11）。平均収穫段数は15℃区18段に対して10℃区17.3段だった。

灯油使用量は15℃区が6,673L/10a、10℃区が1,184L/10aで金額はそれぞれ727千円/10a、129千円/10aとなった（表12）。

販売手数料差し引き後の販売金額は、15℃区7,521千円/10a、10℃区6,603千円/10aとなった（表13）。

試験2-3

7月下旬までの可販収量は15℃区が22.7t/10aに対して、18℃区で21.9t/10aとほとんど差がなかった。可販果数は18℃区が15℃区に比べて約2.5個/株多かったが有意な差はなかった。平均果重については15℃区が18℃区に比べて約11g重かったが有意な差はなかった。11月上旬まで可販収量、可販果数、平均果重も同様の傾向を示した（表14）。

7月下旬までのA品率は18℃区57.6%に対して15℃区48.1%と18℃区が高い傾向を示したが有意な差はなかった。格別率については18℃区8.1%に対して15℃区14.2%と18℃区が低い傾向を示したが有意な差はなかった。11月上旬までのA品率及び格別率についても同じ傾向を示した（表15）。

L品以上の階級割合は15℃区が18℃区に比べ高くなったが有意な差はなく、2S未満の割合が有意に高くなった（表16）。

異常果の発生率は、18℃区に比べ15℃区で花落ち及びチャック・窓あき、つやなし果がやや増加した（表17）。

果房間長は18℃区が15℃区に比べ、4～5段と9段以降でやや長い傾向だったが有意な差はなかった（図9）。茎径は15℃区が18℃区に比べ、1～9段と13～15段で太い傾向だったが有意な差はなかった（図10）。着果数は3～8段にかけて18℃区が低く推移したが有意な差はなかった（図11）。

開花段数は暖房期間中において18℃区が0.5段進む傾向があったが、暖房終了後（5月6日）の8段以降から徐々に差が縮まり、5月26日以降から

表14 収量の比較（2022）

区	集計期間	粗収量 (t/10a)	可販収量 (t/10a)	総果数 (個/株)	可販果数 (個/株)	平均果重 (g)
18℃	収穫開始～ 7月31日	22.6	21.9	51.7	47.5	132
15℃		24.8	22.7	52.3	45.0	143
t検定		NS	NS	NS	NS	NS
18℃	収穫開始～ 11月1日	38.2	36.3	92.4	83.6	124
15℃		41.0	37.8	94.4	82.0	131
t検定		NS	NS	NS	NS	NS

*：有意水準5%で差があることを示す（n=3）

NS：有意水準5%で差がないことを示す

表15 等級比率の比較（2022）

区	集計期間	A品	B品	C品	格外 (%) ^a
18℃	収穫開始～ 7月31日	57.6	30.5	3.8	8.1
15℃		48.1	30.6	7.2	14.2
t検定		NS	NS	NS	NS
18℃	収穫開始～ 11月1日	60.5	26.8	3.2	9.5
15℃		53.5	27.6	5.5	13.4
t検定		NS	NS	NS	NS

^a 検定にはアークサイン変換した値を用いた

*：有意水準5%で差があることを示す（n=3）

表16 階級別果実割合（規格外果含む）の比較（2022）

区	集計期間	3L以上	2L	L	M (%) ^a	S	2S	2S未満
18℃	収穫開始～ 7月31日	2.1	5.2	12.0	23.8	20.0	30.4	6.5
15℃		5.8	9.2	11.9	24.5	16.5	23.8	8.3
t検定		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
18℃	収穫開始～ 11月1日	1.4	3.4	8.0	23.0	21.0	36.1	7.1
15℃		3.2	5.9	9.0	23.2	19.3	30.3	9.1
t検定		NS	NS	NS	NS	NS	NS	*

^a 検定にはアークサイン変換した値を用いた

*：有意水準5%で差があることを示す（n=3）

NS：有意水準5%で差がないことを示す

表17 異常果の規格別理由割合の比較（2022）

区	集計期間	規格	空洞果	花落ち	チャック・ 窓あき	つやなし果	形状	その他
18℃	収穫開始～ 7月31日	BC品	12.7	1.1	0.8	0.0	19.8	0.0
		格外	0.0	0.0	0.4	3.5	3.8	0.3
15℃	収穫開始～ 7月31日	BC品	11.5	4.6	2.0	0.0	19.6	0.3
		格外	0.0	1.1	0.7	7.4	4.4	0.5
18℃	収穫開始～ 11月1日	BC品	11.1	0.7	0.5	0.0	17.6	0.1
		格外	0.0	0.1	0.2	2.3	5.5	1.2
15℃	収穫開始～ 11月1日	BC品	9.2	2.7	1.1	0.0	19.8	0.4
		格外	0.0	0.6	0.4	4.5	6.7	1.0

は同等となった（表18、図12）。平均収穫段数は18℃区19.9段に対して15℃区19.5段だった。

灯油使用量は18℃区が8,265L/10a、15℃区が5,610L/10aで金額はそれぞれ945千円/10a、638千円/10aとなった（表19）。

販売手数料差し引き後の販売金額は、18℃区7,305千円/10a、15℃区7,514千円/10aとなった（表20）。

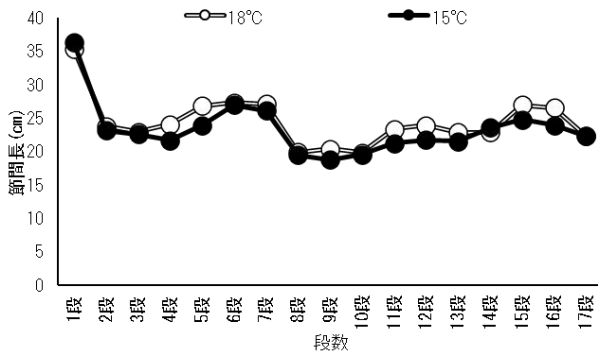


図9 果房間長の推移（2022）

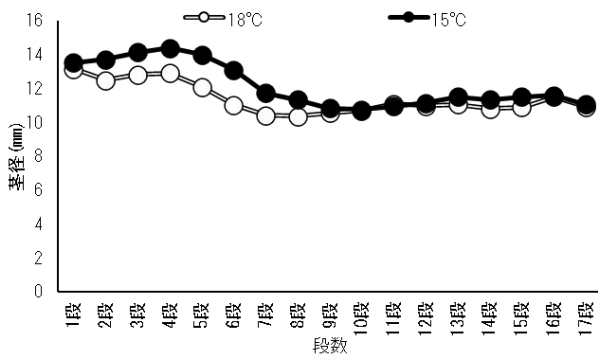


図10 茎径の推移（2022）

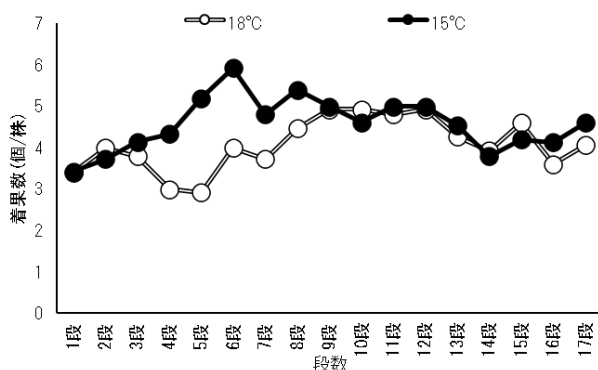


図11 着果数の推移（2022）

試験2-4

7月下旬までの可販収量は15℃区が23.5 t/10 aに対して12℃区が20.5 t/10 aと約3.0 t/10 aの有意な差があった。可販果数は15℃区が12℃区に比べて約3.7個/株有意に多かった。平均果重は15℃区が12℃区に比べ約9g有意に大きかった。10月下旬までの可販収量は15℃区39.4 t/10 aに対して、12℃区35.0 t/10 aと約4.4 t/10 aの有意な差があった。可販果数は15℃区が12℃区に比べて約7.1個/株有意に多かった。平均果重は15℃区が12℃区に比べ約5g大きかったが有意な差はなかった（表21）。

7月下旬までの格別率は、12℃区に比べ15℃区が有意に低くなった。A品率に有意な差は見られ

表18 開花段数の推移（2022）

区	4/8	4/14	4/21	4/28	5/6	5/12	5/19	5/26（中略）	8/26
18℃	4.8	5.8	6.6	7.4	8.0	8.6	9.2	9.6	21.0
15℃	4.4	5.6	6.2	6.8	7.6	8.4	9.0	9.6	21.0

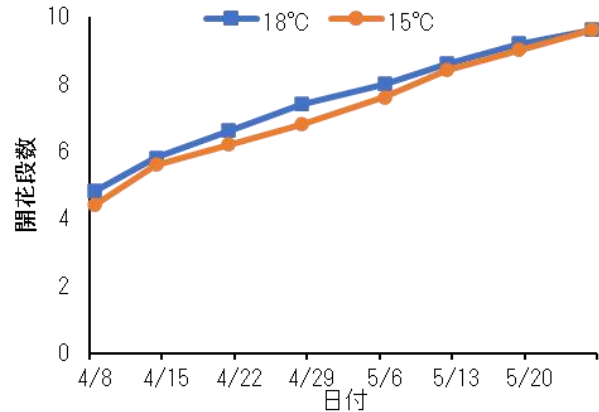


図12 開花段数の推移（2022）

表19 暖房経費の比較（2022）

区	灯油単価 (円)	使用量(L)	金額(千円)
		10 a 当たり	
18℃	114	8,265	945
15℃		5,610	638

※3/8～5/6

表20 試験区の販売金額（2022）

区	可販収量 (kg/10a)	販売金額※ (千円/10a)	販売金額－ 販売手数料 (千円/10a)
18℃	36,331	11,646	7,305
15℃	37,751	12,009	7,514

※過去5年の旬別等階級別平均単価から試算
（平成30年～令和4年JAひだ販売実績参照）

なかった。10月下旬までのA品率及び格別率についても同様の傾向であり有意な差はなかった（表22）。

7月下旬までのL品の階級割合は15℃区は12℃区に比べ有意に高く、S品以下の割合が低くなったが有意な差はなかった。10月下旬までの階級割合についても同様の傾向であり有意な差はなかった（表23）。

異常果の発生率は、12℃区に比べ15℃区で空洞果がやや増加し、チャック・窓あき及びつやなし果がやや減少した（表24）。

果房間長は15℃区が12℃区に比べ、2～5段と14段以降で長い傾向だったが有意な差はなかった（図13）。

表21 収量の比較（2023）

区	集計期間	粗収量 (t/10a)	可販収量 (t/10a)	総果数 (個/株)	可販果数 (個/株)	平均果重 (g)
15℃	収穫開始～ 7月31日	25.0	23.5	50.7	45.5	148
12℃		22.5	20.5	48.6	41.8	139
t検定		NS	*	NS	*	*
15℃	収穫開始～ 10月31日	42.5	39.4	91.7	81.2	139
12℃		38.5	35.0	86.2	74.1	134
t検定		*	*	NS	*	NS

*：有意水準5%で差があることを示す（n=4）

NS：有意水準5%で差がないことを示す

表22 等級比率の比較（2023）

区	集計期間	A品	B品	C品	格外
		(%) ^a			
15℃	収穫開始～ 7月31日	51.5	28.8	7.6	12.1
12℃		53.0	25.2	6.1	15.6
t検定		NS	NS	NS	*
15℃	収穫開始～ 10月31日	48.4	32.9	7.3	11.3
12℃		51.9	27.8	6.2	14.1
t検定		NS	NS	NS	NS

^a 検定にはアークサイン変換した値を用いた

*：有意水準5%で差があることを示す（n=4）

NS：有意水準5%で差がないことを示す

表23 階級別果実割合（規格外果含む）の比較（2023）

区	集計期間	3L以上	2L	L	M	S	2S	2S未満
		(%) ^a						
15℃	収穫開始～ 7月31日	5.2	11.5	15.0	25.1	18.1	17.6	7.5
12℃		4.5	8.8	11.4	24.0	19.3	22.7	9.3
t検定		NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
15℃	収穫開始～ 10月31日	3.2	7.9	12.8	26.5	19.2	23.0	7.5
12℃		3.2	6.3	10.6	26.0	20.0	25.4	8.6
t検定		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^a 検定にはアークサイン変換した値を用いた

*：有意水準5%で差があることを示す（n=4）

NS：有意水準5%で差がないことを示す

表24 異常果の規格別理由割合の比較（2023）

区	集計期間	規格	空洞果	花落ち	チャック・ 窓あき	つやなし果	形状	その他
15℃	収穫開始～ 7月31日	BC品	11.7	3.8	1.6	0.0	22.0	0.2
		格外	0.0	0.6	0.8	0.4	8.2	0.1
12℃		BC品	9.9	2.1	2.0	0.0	19.5	0.2
	収穫開始～ 10月31日	BC品	0.0	0.6	1.2	1.7	10.1	0.1
15℃		格外	17.9	2.4	1.1	0.0	18.4	0.3
		格外	0.1	0.3	0.4	2.3	7.4	0.8
12℃		BC品	14.3	1.7	1.4	0.0	16.2	0.3
		格外	0.0	0.5	0.8	3.8	8.4	0.3

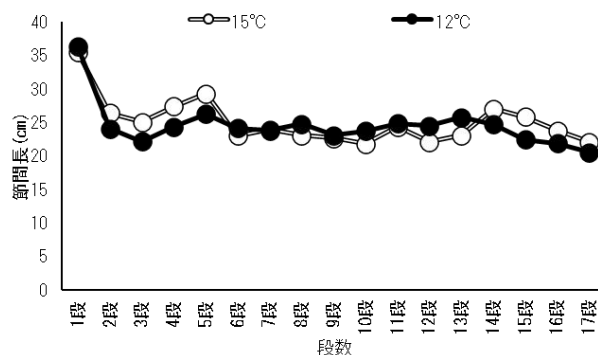


図13 果房間長の推移（2023）

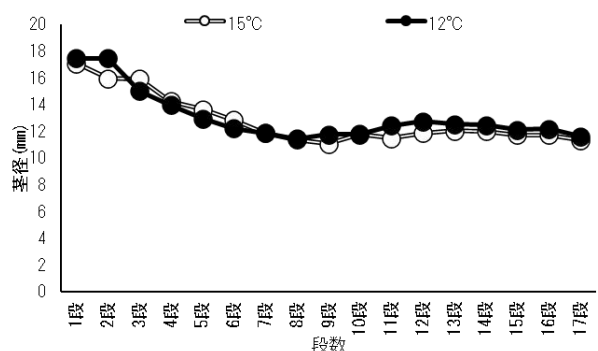


図14 茎径の推移（2023）

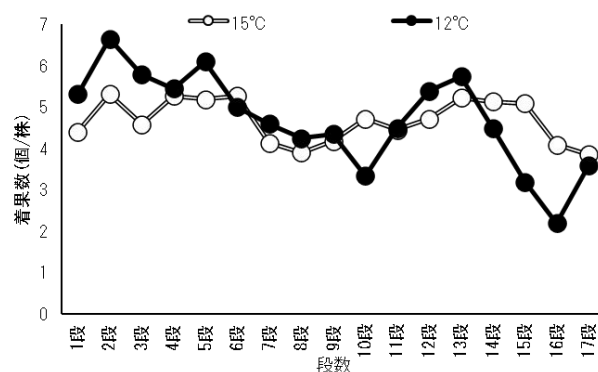


図15 着果数の推移（2023）

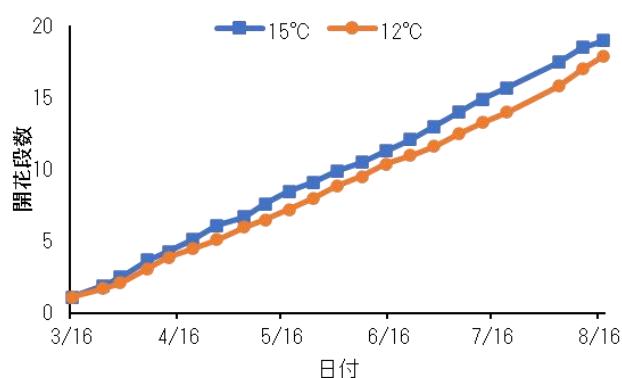


図16 開花段数の推移（2023）

茎径は1～2段にかけて12℃区が太く、3～6段にかけては15℃区が太く推移したが有意な差はなかった。9段以降は12℃区がやや太く推移したが有意な差はなかった（図14）。

着果数は1～5段にかけて12℃区が高く推移し、5段は有意に高かった。15段以降は15℃区が高く推移し、15～16段は有意に差があった（図15）。

開花段数は3/8に圃場に設置してから徐々に試験区間で差が生まれ、暖房終了時点（5月16日）で0.9段の差があり、摘芯を行った8月21日まで同じ状況で推移した（図16）。平均収穫段数は15℃区19.7段に対して12℃区18.6段だった。

灯油使用量は15℃区が5,813L/10a、12℃区が2,802L/10aで金額はそれぞれ605千円/10a、291千円/10aとなった（表25）。

販売手数料差し引き後の販売金額は、15℃区8,911千円/10a、12℃区6,941千円/10aとなった（表26）。

表25 暖房経費の比較（2023）

区	灯油単価 (円)	使用量(L) 金額(千円)	
		10a当たり	
15℃	104	5,813	605
12℃		2,802	291

※3/8～5/16

表26 試験区の販売金額（2023）

区	可販収量 (kg/10a)	販売金額※ (千円/10a)	販売金額－ 販売手数料 (千円/10a)
15℃	39,434	13,681	8,911
12℃	34,984	11,089	6,941

※過去5年の旬別等階級別平均単価から試算
（平成30年～令和4年JAひだ販売実績参照）

考 察

試験1では3月中旬に第1花開花苗を圃場に設置する作型において4月中旬よりも可販収量で9.6t/10a増収した。7月下旬までの収量は平均収穫段数が2段程度増加したことも影響し、5.0t/10a上回っていることから、春先の収量確保は収量増への寄与度が非常に大きいと考えられた。早期区の着果数は慣行区よりも多い傾向があり、特に9～11段にかけては有意に多いことから栽培期間全体で着果が良好だったと考えられる。早期区は慣行区よりもA品率が高く格外率と2S品以下率が低いなど、品質面でも慣行区を上回り、販売金額から出荷経費等を差し引いた額は2,287千円/10aの

増加が見込まれた。

試験2－1で暖房機を用いて作期を前進化した場合の導入経費を試算したところ、初期費用として2,141千円/10a程度必要となり耐用年数7年として311千円/10aの単年度経費となった（表27）。さらに15℃設定時の燃料費（灯油代）は425千円/10aとなり、作型前進に伴う経費増は736千円/10aとなった。これに対して2019年の可販収量での販売金額額を試算すると、出荷経費を差し引いても慣行作型より1,551千円/10aの増額となったことから暖房機の導入を行っても経営的なメリットがあると考えられた。

試験2－2において、夜温10℃程度でも可販収量30t/10aを超える収量が得られた。一方、夜温15℃と積極的に加温することで5t/10a程度の増収が見込まれた。両区の7月下旬までと10月下旬までの収量差がほとんどないことから、暖房期間中の収量差が最終的な収量に直結したと思われる。15℃区はA品率やM品の割合が多く、格外品や2S品以下の割合が少なく品質面で12℃区を上回った。各果房の着果数については15℃区が10段以降多い傾向であり、暖房期間終了後の段数であることから暖房設定温度による影響とは考えにくいと思われる。15℃区は9段以降の茎径が太い傾向であることから12℃区よりも草勢が強かったため着果数が増加した可能性も考えられた。

両区とも30t以上の収量が期待できるが、15℃に加温した場合、出荷経費等を差し引いた販売金額は918千円/10aの増加が見込まれた。一方、燃料費（灯油代）は598千円/10a増加することから、販売金額は320千円/10a程度の増額に留まった。これは、試験2－2の10℃区の灯油使用量は試験2－1の結果を鑑みても明らかに少なくなっており、その原因として同一ハウスをフィルム1枚で区切って加温管理をしたため、15℃区の熱量が隣り合った10℃区に影響したためと考えられた。

試験2－3において、暖房設定温度15℃と18℃では可販収量は同等だった。15℃区はL品以上の割合が高く、2S品未満の割合が高かった。果房間長、茎径、着果数に有意な差はなかった。開花段数は暖房終了時点で18℃区が約1段多かったが、

表27 暖房機の導入経費（10aあたり）

資材名	単価 (千円)	必要数	経費 (千円)	耐用年数 (年)	単年度経費 (千円)
暖房機一式	654	3	1,963	7	280
ポリダクト	15	5	73	7	10
内張りビニール（サイド）	10	4	40	5	8
内張りビニール（天井）	23	2	47	5	9
パッカー	0.06	345	19	7	3
			2,141		311

※令和4年度に試算

※6m×33.3mハウス 5棟

暖房終了時の 8 段開花頃から 15℃区と開花段数の差が無くなった。トマトの花芽分化から開花までに要する日数は、高温ほど短くなることが知られており（斎藤・2004）、18℃区は暖房期間中に開花が促進されたが、15℃区よりも開花段数が増えたことで着果負担も早くなり、生育が鈍化したと考えられた。両区とも 35t 以上の収量が期待できるが、売上及び燃料費を考慮すると暖房設定温度は 15℃が有効と考えられた。

試験 2－4 において、夜温 12℃程度でも可販収量 30 t／10 a を超える収量が得られた。一方、夜温 15℃と積極的に加温することで 4 t／10 a 程度の増収が見込まれた。15℃区は L 品の割合が多く、格外品の割合が少なかった。果房間長、莖径に有意な差はなかったが着果数は 1～5 段にかけて 12℃区が多く推移した。開花段数は暖房終了時点で約 1 段多く、摘芯を行った 8／21 まで同じ状況で推移した。12℃区は温度が低いため 15℃区よりも生育が遅く、生育初期の草勢が強くなり、着果数が増加したと推測された。一方、15℃区は温度が高いことで生育が促進され、12℃区よりも開花段数が増え、着果負担も早くなったことで初期の草勢が弱まり、着果数が減少したと考えられた。15℃は 12℃に比べ開花段数や平均果重の増加などにより最終的な単収は 1 割程度増加し、出荷経費等を差し引いた販売金額は 1,970 千円／10a 程度の増加が見込まれ、燃料費（灯油代）の増加金額約 310 千円／10a を加味しても暖房温度を 15℃に設定する利点があると考えられた。

試験 2－2、2－3、2－4 において温度が低い区ほどチャック・窓あき等の障害果が増加する傾向にあった。乱形果および窓あき果は、花芽分化期前後の花房が低温に遭遇した場合に多く発生することが報告されており（藤村ら・1964、深澤ら・1993）、本試験の結果と一致する。

以上のことから、暖房機を用いて慣行区よりも約 1 ヶ月作期を前進化し、暖房設定温度を 15℃として積極的に加温することで、当初目標の 20 t／10 a を上回る 35 t／10 a 以上の収量が得られ、果実品質が向上し、平均果重を増加させることができた。ただし、本作型では暖房期間が 2 ヶ月程度と短期間だったため、暖房設定温度を一定に設定していたが、近年の燃油価格の高騰を考えると変温管理などを検討しながらより低コストで 15℃設定と同等の効果が得られるよう検証する必要がある。また、暖房設定温度 12℃での試験は単年度しか実施していないため、今後は気象条件による年次変動についても検討する必要がある。

引用文献

- 熊崎 晃・二村章雄.2017.夏秋トマトにおける不織布ポットを用いた多収栽培システムの開発.岐阜県中山間農研報.13：p.1-7
- 深澤郁男・和田悦郎・木村 栄.1993.トマトの窓あき果の発生要因について.栃木農試研報.40: 13-28.
- 藤村 良・伊藤純吉・藤本治夫.1964.トマトの奇形果に関する研究（第 3 報）育苗期間中の低温処理時期と苗勢が乱形果の発生に及ぼす影響.兵庫農試研報.12: 66-69.
- 斎藤 隆.2004.花芽分化の生理，生態.p.52-159.農文協編.野菜園芸大百科 第 2 版 第 2 巻 トマト.農文協.東京.