

[分類] 試行技術

[成果名] トマト夏秋どり作型における高温対策技術

[要約] トマト夏秋どり作型の効果的な高温対策技術として、ハウス内の昇温抑制には細霧冷房が有効であり、草勢維持には強勢台木への接ぎ木が有効である。2つの技術を組み合わせることで、可販収量とA品果率が向上し、特に9月以降の増収効果が高い。

[担当] 野菜花き試験場野菜部

[部会] 野菜花き部会

1 背景・ねらい

本県では、標高400m～900mの高標高を生かした夏秋作型を中心にトマト生産を行っている。近年、市場が品薄となる9月以降の生産性の低下が深刻な課題となっており、主たる原因は、盛夏期の高温による着果不良・草勢低下である。本県では、低軒高の雨よけパイプハウスでの栽培が主であるため、導入コストが比較的安価で、パイプハウスに導入可能な高温対策技術について検討し、有望な結果が得られたため、試行技術として公表する。

2 成果の内容・特徴

- (1) 高温対策にはハウス内の昇温抑制と、栽培株の草勢維持の両方が重要である。
- (2) 昇温抑制には細霧冷房が、草勢維持には強勢台木への接ぎ木がそれぞれ有効で、2つの技術を組み合わせることで、効果的に可販収量とA品果率が向上し、特に9月以降の増収効果が高い。
- (3) 細霧冷房の方法として、噴口に圧力をかけて細霧を発生させる一般的な1流体方式に加え、2流体方式の細霧冷房でも同様の効果が得られる。2流体方式は、エアコンプレッサー等からの圧縮空気を使って細霧を発生させる方式であり、水と空気の2配管が必要だが、3a以下の小規模ほ場であれば、微粒子を発生させる細霧冷房設備の中では安価に導入可能である。
- (4) ハンモックベンチ吸い戻し式養液栽培による夏秋どり作型では、種間雑種強勢台木「TTM079」に接ぎ木し、細霧冷房と組み合わせることで長期間草勢が維持され、長期1作での安定多収が可能である。
- (5) ハンモックベンチ吸い戻し式で、自根苗による無加温雨よけ栽培を行っているほ場に、暖房機や保温カーテンなどの加温設備と細霧冷房システムを導入し、さらに「TTM079」への接ぎ木を行うと、経営費は増加するものの、大幅な増収により粗収益が増加し、農業所得も増加すると見込まれる。

3 利用上の留意点

- (1) 場内試験（塩尻市、標高750m）は、すべて穂木品種「りんか409」の結果であり、他の品種では未検討である。
- (2) 細霧冷房は、パイプハウスに後付け設置可能な昇温抑制技術であり、1a当たり1時間当たり30～40Lを噴霧量の1つの目安とするが、特性上その効果は、ほ場の立地環境や気象条件に左右される。また、葉が濡れると灰色かび病などの病害発生リスクが高まるため、導入したほ場ごとに最適運用方法を見出すことが必要である。
- (3) 強勢台木への接ぎ木効果は、高糖度トマト栽培など、根へ強いストレスを与える栽培法では十分に発揮されない可能性がある。
- (4) この技術は、普及技術とするには未解決の部分があるため、試験場、専門技術員又は農業農村支援センターとよく相談の上利用すること。

4 対象範囲

県下全域のトマト栽培地域 約327ha

5 具体的データ

(1) 効果的な昇温抑制技術の検討 (2018年、場内)

昇温抑制技術として、細霧冷房 (図1) と現地で導入の多い遮光を検討した。台木には、強勢台木「スパイク 23」と穂木品種「りんか 409」の共台を用いた。

細霧冷房温室では7月16日～8月30日の最高気温が、平均3℃無処理温室より低く推移し、外気より低くなる日もあった。一方、遮光による昇温抑制効果は、最高気温で平均1℃と細霧冷房より小さかった (図2)。遮光温室の栽培期間中の温室内積算入射量は、対照温室より11%少なかった (データ省略)。

細霧冷房区では9月～10月の増収とA品果率の向上が認められた (表1)。一方、遮光による増収効果は認められず、対照区よりも減収となった。また、「スパイク 23」への接ぎ木により、栽培期間を通じた増収効果が認められ、これまでの試験結果 (平成29年普及技術) を再現した。

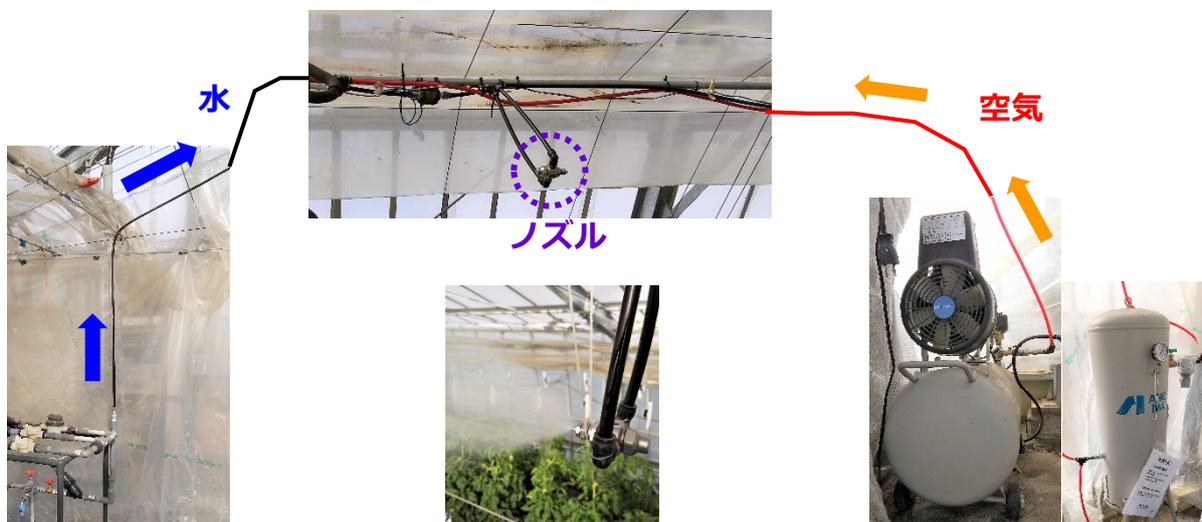


図1 場内試験に用いた細霧冷房 (二流体方式) の概略 (2018年、野菜花き試験場)

【仕組み】

エアコンプレッサー等からの圧縮空気を使って細霧 (ミスト) を発生させる方式で、水と空気の2配管が必要である。電磁弁で水と空気が仕切られており、電磁弁が開くと空気圧で水がノズル先端から押し出され、細霧が発生する。電磁弁が閉じ、空気圧が下がると細霧も止まり、その際、水滴のボタ落ちはほとんど生じない。

【主な構成部品】 (一例として試験場内ハウス (5.4m×18m) で用いたものを記載する)

- ・二流体用ノズル (BIMV、いけうち) × 2
- ・オイルフリーエアコンプレッサ (OFP-07CBC6、アネスト岩田)
- ・サブエアタンク (SAT-60C-100、アネスト岩田)
- ・電磁弁 (水・空気用、CKD)
- ・UECS 制御ノード (ワビット)
- ・空気用の圧力調整器
- ・水ろ過用のディスクフィルター
- ・エア用継手
- ・直径 10mm ポリエチレンチューブ

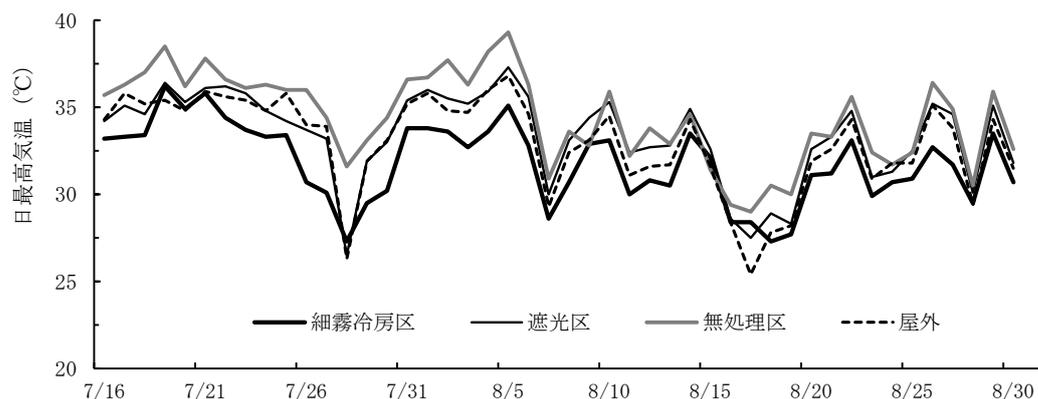


図2 7月～8月の各試験温室内最高気温の推移（2018年、野菜花き試験場）

遮光は7月10日から開始し、遮光率約40%の内張りカーテン（クールホワイト）を用いた。

細霧冷房は7月15日から二流体方式で開始し、電磁弁の制御にはUECSを用いた。

【制御方法】

細霧冷房は日の出から日没60分前までの時間帯で、温室内気温28℃以上のとき、40秒噴霧、20秒休止を繰り返す設定で運用した。遮光は5時から17時の時間帯で、温室内気温が同じく28度以上の時、遮光カーテンを展開するよう設定した。

表1 昇温抑制方法と台木品種の違いが可販収量に及ぼす影響（2018年、野菜花き試験場）

台木品種	昇温抑制方法	収穫果数 個/株	可販収量 kg/株			平均 1果重 g/個	A品果率 個数%	単収 t/10a
			7～8月	9～10月	合計			
スパイク23 (強勢台木)	細霧冷房	39.4	2.9	3.1	6.0	152	77.9	20.2
	遮光	31.7	2.6	1.8	4.4	140	68.5	14.9
	無処理	36.3	3.0	2.4	5.4	148	74.1	18.1
りんか409 (共台)	細霧冷房	36.3	2.9	2.6	5.5	151	76.1	18.4
	遮光	27.7	2.4	1.5	3.9	140	69.5	13.0
	無処理	31.1	2.6	1.8	4.4	142	68.3	15.0
スパイク23		35.8	2.8	2.4	5.3	147	73.7	17.7
りんか409		31.7	2.6	2.0	4.6	144	71.5	15.5
	細霧冷房	37.9 a	2.9 a	2.9 a	5.8 a	152 a	77.0 a	19.3
	遮光	29.7 c	2.5 b	1.7 c	4.2 c	140 b	69.0 b	14.0
	無処理	33.7 b	2.8 a	2.1 b	4.9 b	145 ab	71.3 b	16.6
二元配置	台木品種	***	*	***	***	ns	ns	
分散分析	昇温抑制方法	***	**	***	***	**	***	
	交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

可販収量は80g以上の正常果（A品）と軽微な障害果（B品）の合計

50g以上の果実を収穫対象とし、80g未満の果実及び重度の障害果を格外と区分した。

***、**、*ではそれぞれ0.1%水準、1%水準、5%水準で有意差あり、nsでは有意差なし

（A品果率の解析のみ、水準ごとの反復を变量効果としたポアソン回帰モデル構築後の尤度比χ²検定による）

異なる文字間では5%水準で有意差あり（A品果率のみholm補正したFisher's exact test、他の項目はTukey法）

試験場所：野菜花き試験場内ハウス（塩尻市宗賀、標高750m）

試験規模：1区14株（うち収量調査5株）×3反復

栽植密度：ベッド間隔180cm、株間16.5cm、2条振り分け誘引（3.3株/m²）

供試品種：穂木「りんか409」、台木「スパイク23」「りんか409共台」

播種：4月2日（台木）、4月6日（穂木） 定植：6月4日

収穫期間：7月17日～10月31日 培養液処方：タンクミックスA&B、給液EC：1.0～1.2dS/m

全段トマトーンによる着果促進処理（ジベレリン10ppm添加）を行った。

ハンモックベンチ吸い戻し式（ヤシガラ培地）による無加温雨よけ栽培

(2) 草勢維持技術として種間雑種強勢台木への接ぎ木検討 (2019年、場内)

草勢維持技術として強勢台木への接ぎ木の有効性が認められたため、「スパイク 23」より草勢が強いと思われる種間雑種強勢台木 2 品種「TTM079」「TTM150」を供試して、生育、収量への影響を検討した。

莖径について、種間雑種強勢台木 2 品種では他 2 品種より太く推移しており、第 4 果房以降、明確な差が認められた (図 3)。また、第 12 果房の開花日は、最も早かった「TTM079」が 8 月 12 日で、最も遅かった「がんばる根」より 7 日早く (データ省略)、摘心時の開花果房数にも両品種間で有意な差が認められた (表 2)。また、種間雑種強勢台木 2 品種ではともに 9 月以降増収効果が認められ、合計可販収量は対照の「がんばる根」と比較して約 25%増収した (表 2)。

以上の結果より、種間雑種強勢台木への接ぎ木は、草勢維持と 9 月以降の増収に有効と考えられ、品種として市販され入手容易な「TTM079」を有望品種と考えた。

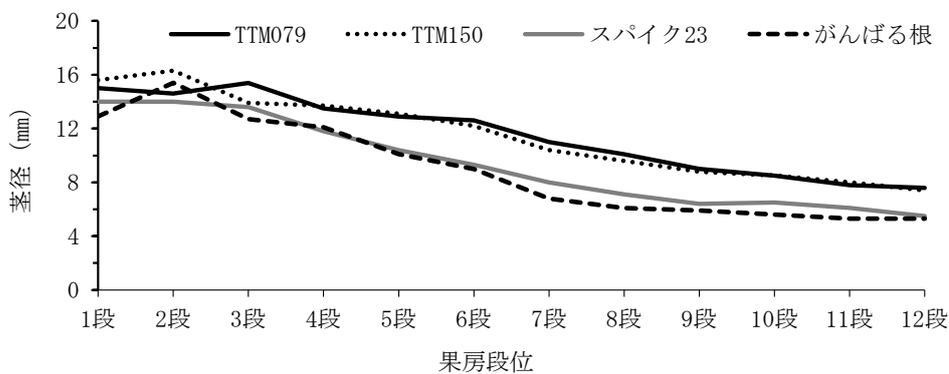


図 3 台木品種の違いが莖径の推移に及ぼす影響 (2019年、野菜花き試験場)

各果房 3 番花の開花日 (=ホルモン処理日) に開花節直下の莖径 (長径) を測定した (1 品種当たり 6 株調査)。

表 2 台木品種の違いが可販収量に及ぼす影響 (2019年、野菜花き試験場)

台木品種	開花 花房数	収穫果数 個/株	可販収量 kg/株			平均 1果重 g/個	A品果率 個数%	単収 t/10a
			7~8月	9~10月	合計			
TTM079	13.5 a	38.6 a	3.7	2.2 a	5.9 a	152	76.0 a	18.7
TTM150	12.8 ab	37.3 a	3.5	2.2 a	5.7 a	155	73.6 ab	18.3
スパイク23	12.8 ab	32.9 b	3.5	1.4 b	4.9 b	148	68.2 bc	15.5
がんばる根	12.7 b	32.4 b	3.4	1.3 b	4.7 b	144	65.7 c	14.8
分散分析	*	***	ns	***	**	ns	***	

可販収量は 80 g 以上の正常果 (A 品) と軽微な障害果 (B 品) の合計

50 g 以上の果実を収穫対象とし、80 g 未満の果実及び重度の障害果を格外と区分した。

***、**、*ではそれぞれ 0.1%水準、1%水準、5%水準で有意差あり、ns では有意差なし

(A 品果率の解析のみ、水準ごとの反復を变量効果としたポアソン回帰モデル構築後の尤度比 χ^2 検定による)

異なる文字間では 5%水準で有意差あり (A 品果率のみ holm 補正した Fisher's exact test、他の項目は Tukey 法)

試験場所: 野菜花き試験場内ハウス (塩尻市宗賀、標高 750m)

試験規模: 1 区 19 株 (うち収量調査 6 株) \times 3 反復

栽植密度: ベッド間隔 180 cm、株間 17.5 cm、2 条振り分け誘引 (3.15 株/m²)

供試品種: 穂木「りんか 409」、台木「TTM079」「TTM150」「スパイク 23」「がんばる根」

播種: 3 月 15 日 (台木)、3 月 25 日 (穂木) 定植: 5 月 16 日

収穫期間: 7 月 8 日~10 月 24 日 培養液処方: タンクミックス A&B、給液 EC: 1.0~1.5dS/m

全段トマトトーンによる着果促進処理 (ジベレリン 10ppm 添加) を行った。

ハンモックベンチ吸い戻し式 (ヤシガラ培地) による無加温雨よけ栽培

(3) 夏秋どり長期作型における種間雑種強勢台木と細霧冷房の検討 (2020年、場内)

昇温抑制技術として細霧冷房と、草勢維持技術として種間雑種強勢台木「TTM079」への接ぎ木を組み合わせ、栽培期間を前後に拡張しても草勢が維持され、長期多収栽培につながるか検討した。

6月10日より細霧冷房を28℃で稼働するよう設定した。7月20日より計測・制御機器の不調により、8月13日までの間、細霧冷房が実施できず、データも欠測となった。細霧冷房の稼働時間が長かった9月20日までの日最高気温は、高温対策温室で平均1.1℃対照温室より低く推移し、昇温抑制効果の再現性は認められた(図4)。しかし、細霧冷房をより効果的に活用するために、ミスト噴霧量や制御方法など課題も残った。

茎径について、高温対策区、対照区ともに「TTM079」が他の2品種よりも太く推移し、第4果房以降明確な差が認められ、草勢維持効果が再現された。一方、各台木品種ともに細霧冷房の有無による明確な差は認められなかった(図5)。

「TTM079」への接ぎ木により、栽培期間を通して増収するとともに、開花花房数、平均1果重が増加し、A品果率も向上した。特に9月以降の増収効果が高かった。「ASU10」でも9月以降の可販収量が増加したが、「TTM079」には及ばなかった。また、細霧冷房区では、9月以降の増収とA品果率の向上が見られた(表3)。また、9月以降の増収とA品果率の向上に関して、両要素技術は相乗的に働き、これは2018年試験とは異なる結果であった。対照区の「共台」で9月以降、収量が大きく低下したことに起因したと考えられた。

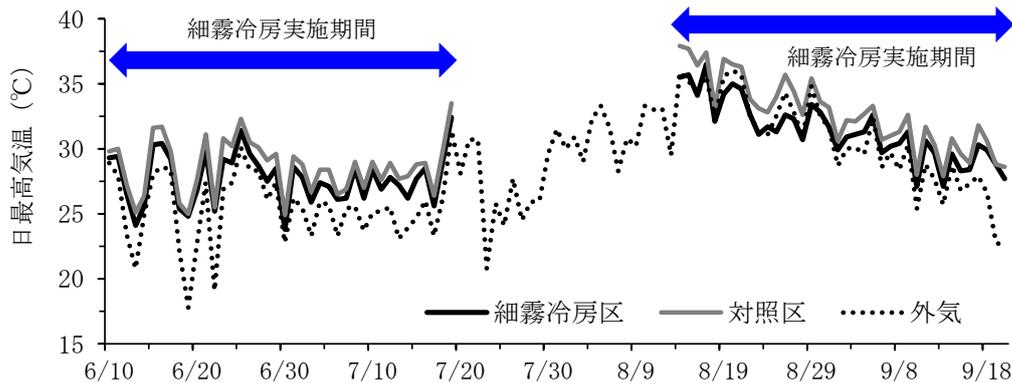


図4 細霧冷房の有無が温室内日最高気温に及ぼす影響 (2020年、野菜花き試験場)

気温は測定間隔5分でUECS計測ノードにより計測した。

細霧冷房の運用方法は2018年試験と同様。ただし、噴霧時間は2分噴霧、30秒休止を繰り返すよう設定した。

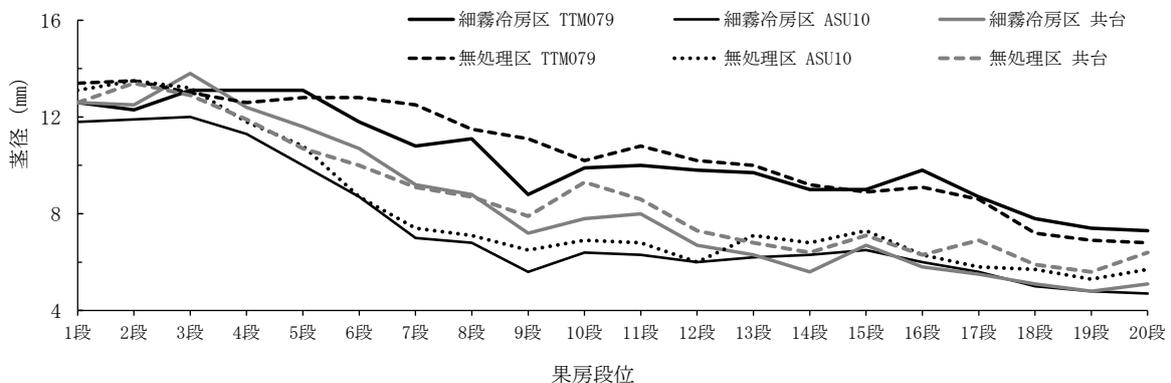


図5 台木品種の違いと細霧冷房の有無が茎径の推移に及ぼす影響 (2020年、野菜花き試験場)

各果房3番花の開花日 (=ホルモン処理日) に開花節直下の茎径 (長径) を測定した (1処理区当たり4株調査)。

表3 台木品種の違いと細霧冷房の有無が可販収量に及ぼす影響（2020年、野菜花き試験場）

細霧冷房	台木品種	開花 花房数	収穫果数 個/株	可販収量 kg/株			平均 1果重 g/個	A品果率 個数%	単収 t/10a
				6~8月	9~12月	合計			
あり	TTM079	22.5	70.5 a	6.8	4.6 a	11.4 a	161	78.9 a	31.6
	ASU10	20.3	54.2 b	5.4	2.5 b	7.9 b	147	62.9 c	22.0
	共台	20.5	51.3 b	5.5	1.9 b	7.4 b	144	63.2 c	20.5
なし	TTM079	21.8	67.7 a	6.4	4.5 a	10.9 a	162	71.2 b	30.4
	ASU10	20.5	53.4 b	5.7	2.3 b	8.0 b	151	64.2 c	22.3
	共台	20.8	41.4 c	5.2	0.9 c	6.1 c	148	58.0 d	17.0
自根・慣行区（参考）		18.5	35.6	4.0	1.1	5.1	143	61.3	14.0
あり		21.1	58.6	5.9	3.0	8.9	151	69.0	24.7
なし		21.0	54.1	5.8	2.6	8.4	153	65.2	23.2
	TTM079	22.1 a	69.1	6.6 a	4.5	11.2	162 a	75.0	31.0
	ASU10	20.4 b	53.8	5.6 b	2.4	8.0	149 b	63.6	22.2
	共台	20.6 b	46.3	5.4 b	1.4	6.8	146 b	60.8	18.8
二元配置 分散分析	細霧冷房	ns	***	ns	**	**	ns	***	
	台木品種	***	***	***	***	***	***	***	
	交互作用	ns	**	ns	*	**	ns	***	

可販収量は80g以上の正常果（A品）と軽微な障害果（B品）の合計

50g以上の果実を収穫対象とし、80g未満の果実及び重度の障害果を格外と区分した。

自根・慣行区は統計処理の対象から外した。

***、**、*ではそれぞれ0.1%水準、1%水準、5%水準で有意差あり、nsでは有意差なし

（A品果率の解析のみ水準ごとの反復を変量効果としたポアソン回帰モデル構築後の尤度比 χ^2 検定による）

異なる文字間では5%水準で有意差あり（A品果率のみholm補正したFisher's exact test、他の項目はTukey法）

試験場所：野菜花き試験場（塩尻市宗賀、標高750m）、場内ハウス（間口5.4m×奥行18m）

試験規模：1区11~12株（うち収量調査5株）×4反復

栽植密度：ベッド間隔180cm、株間20cm、2条振り分け誘引（2.78株/m²）

供試品種：穂木「りんか409」、台木「TTM079」「ASU10」「りんか409共台」

播種：1月16日（台木）、1月22日（穂木）

定植：4月2日

慣行区の播種：3月20日、定植：5月8日

収穫期間：6月5日~12月21日（慣行区：6月22日~10月29日）

培養液はタンクミックスA&B、給液EC：1.0~1.5dS/m、

トマトーンによる着果促進処理（ジベレリン10ppm添加）を行った。

栽培方式はハンモックベンチ吸い戻し式（ヤシガラ培地）

定植~5月上旬と10月1日~栽培終了までは、設定温度13℃で暖房機を稼働させた。

2020年試験結果に基づき、高温対策技術（種間雑種強勢台木＋細霧冷房）導入の経営試算を行った。ハンモックベンチ吸い戻し式を導入し、自根苗による無加温雨よけ栽培行っているほ場に、暖房機や保温カーテンなどの加温設備と細霧冷房システムを導入し、さらに「TTM079」への接ぎ木苗を利用した場合、経営費は合計で年間270万円近く増加するものの、大幅な増収により粗収益が約567万円増加するため、農業所得は300万円近く増加すると試算された（表4）。

特に、すでに加温設備を備えているほ場の場合は、高温対策技術を導入して長期1作を行う方が、半促成＋抑制の年2作体系よりも、多収・高収益につながると考えられる。

表4 種間雑種強勢台木と細霧冷房の導入における10a当たりの経営試算（2020年、野菜花き試験場）

区分	【項目】	【高温対策】	【慣行】	備考
	細霧冷房設備 台木 加温設備	あり 強勢台木 あり (円)	なし 自根 なし (円)	
経営費	種苗費	644,000	336,000	単価は接ぎ木苗230円、自根苗120円で計算
	肥料費	300,000	250,000	栽培期間拡張に伴う経費増加
	農薬費	83,000	53,000	栽培期間拡張に伴う経費増加
	諸材料費	304,000	198,000	加温設備導入により内張り資材経費が増加
	光熱・動力費	505,000	15,000	暖房に伴う燃油費約370,000円増加 細霧冷房に伴い上水道料金が50,000円発生 各設備稼働により電気料金が66,000円発生
	修繕費	176,000	75,000	各設備導入に伴う経費増加
	償却費	1,320,000	809,000	ハンモックベンチ吸い戻し式の償却費 273,000円は共通 暖房設備等の償却費で約135,000円経費増加 細霧冷房設備の償却費で約107,000円経費増加
	流通経費	2,383,000	1,325,000	増収に伴い流通経費も増加
	その他	105,000	75,000	共済掛金、利息等
		合計	5,820,000	3,136,000
収益	生産物収量(kg)	31,600	14,000	表3のデータ
	平均単価	322	322	農業経営指標単価
	粗収益	10,175,200	4,508,000	
農業所得	4,355,200	1,372,000		
農業所得率(%)	42.8	30.4		

長野県農業経営指標（2016）「トマト雨よけ栽培」「トマト加温栽培」に基づき、ハンモックベンチ吸い戻し式を導入して無加温雨よけで30aのトマト栽培を行っているほ場に、加温設備と細霧冷房を導入し、強勢台木「TTM079」への接ぎ木苗を用いた場合の、経営試算を10a当たりで求めた。

（4）夏秋どり作型における高温対策技術の現地実証（2019年～2020年、喬木村現地実証圃場）

2018年の場内試験の結果を受けて、喬木村現地実証圃場（間口7.2m×奥行約70m）に昇温抑制技術（細霧冷房、肩換気）と草勢維持技術（強勢台木「スパイク23」、CO2局所施用）を導入し、夏秋どり作型における高温対策技術の現地実証試験を実施した（図6）。

2019年の両ハウス内環境は梅雨明けした7月下旬以降気温が高くなり、ハウス内気温30℃以上で稼働するよう設定した細霧冷房が本格的に稼働し始め、高温対策区の最高気温が対照区より低く推移し、日中湿度は高く推移した（図7）。日射量については、6月13日頃から対照区では外張りの遮光資材を常時展張したため、それ以降高温対策区の方が高く推移した（データ省略）。

2020年の両ハウス内の気温と日中湿度は前年と同様の傾向で推移した（図7）。一方、ハウス内の日射量については両温室で明確な差は認められず（データ省略）、これは、高温対策区で手動での遮光を積極的に行ったことに起因したと考えられた。



図6 現地実証圃場に導入した高温対策設備（2018年、喬木村現地圃場）

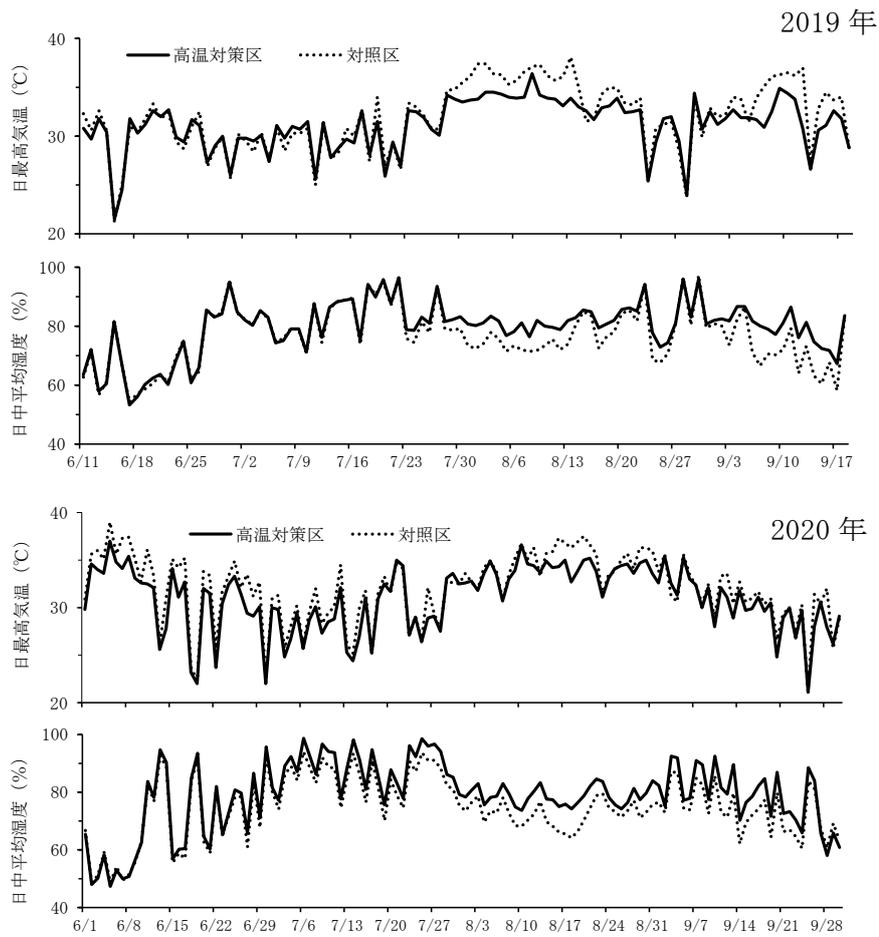


図7 実証圃場におけるハウス内日最高気温と日中平均湿度の推移（2019年～2020年、喬木村現地圃場）

気象データはアグリログを用いて計測した。細霧冷房は1流体方式の高圧ミストを用いた。

可販収量は、2019年は高温対策区で栽培期間を通して対照区よりも高く推移し、合計可販収量は31%の増収となった。2020年は、高温対策区で9月以降の可販収量が25%、栽培期間全体では9%の増収となった。2か年の平均では19%増収し、特に9月以降の増収効果が高かった(図8)。

この結果を基に、長野県農業経営指標(2016)「トマト雨よけ栽培」に基づき経営費の変化を試算すると、実証ほ場へ導入した高温対策技術の償却費、および運用実績に基づくランニングコストを加味した経営費の増加は、10aあたり46万円と試算された。また、2年間の実証試験における可販収量・販売実績の平均では、19%の増収により生産物粗収益は88万4000円の増加となり、差し引くと農業所得は、10aあたり42万4000円、対照区比12%の増加と試算された(データ省略)。

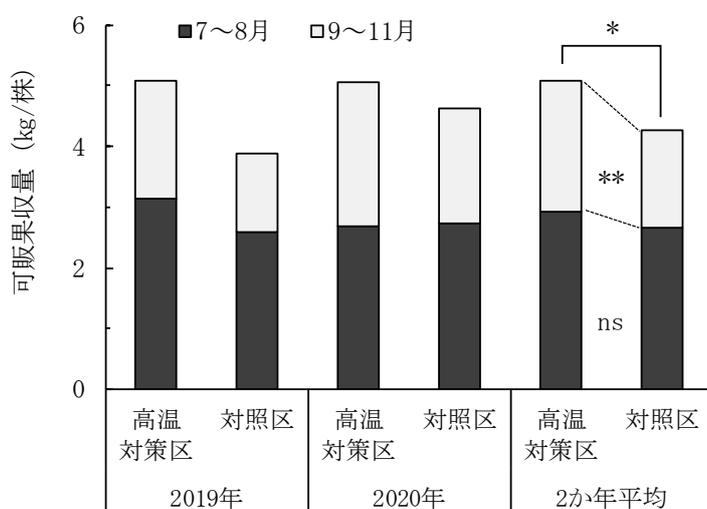


図8 高温対策の有無が可販収量に及ぼす影響 (2019年～2020年、喬木村現地圃場)

**、*ではそれぞれ1%水準、5%水準で有意差あり、nsでは有意差なし

(年次を变量効果とした一般線形混合モデル構築後の尤度比 χ^2 検定による)

試験には間口7.2m×奥行70mの土耕栽培パイプハウス2棟を供試し、1棟を高温対策区、他方を対照区とした。

穂木品種:「TYみそら86」(2019年)、「みそら64」(2020年) 台木品種:「スパイク23」

定植:5月21日(2か年とも同一日) 栽植密度:畝間240cm×株間40cm、土耕2本仕立て

6 特記事項

[課題名、研究期間、予算区分]

高温環境等を克服して日本品質を周年安定生産(革新展開、経営体強化プロ)、2018～2020年度(平成30～令和2年度)、高度化等

[分類理由]

養液栽培における「りんか409」以外の穂木品種での検討、及び土耕栽培における最適な台木品種の検討が必要であるため。