

雨よけハウスの肩換気がハウス内気温並びに 夏秋トマトの収量に及ぼす影響

矢島隼人*

岐阜県中山間農業研究所 509-4244 飛騨市古川町

Effects of Shoulder Ventilation in Rain Shelters on Indoor Temperature and Yield of Tomato in
Summer-Autumn Cultivation

Hayato Yajima

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

摘 要

岐阜県の夏秋トマト産地では、夏季の冷涼な気候を生かし産地化を図ってきた。しかし、近年地球温暖化が進行する中で夏季の高温により着果不良などの発生が問題となっている。これまでに二村ら（2016）が夏秋トマトの夏季高温対策として超腰高雨よけハウスを検討し、ハウス内気温を低下させる効果を確認しているが、既存の雨よけハウスを超腰高ハウスに改修することは容易ではないため、既存の雨よけハウスで利用できる技術を開発する必要がある。そこで、雨よけパイプハウスを利用した夏秋トマト栽培において、天井ビニールの肩部分を換気することによりハウス上部の通気性を向上させた肩換気によるハウス内気温や収量への影響を調査した。その結果、肩換気によりハウス内気温の低下と可販収量の増加が認められ、夏の高温対策として有効であると考えられた。

キーワード：雨よけハウス、着果不良

緒 言

岐阜県の夏秋トマト産地では、夏季の冷涼な気候を生かし、産地化を図ってきた。しかし、近年地球温暖化が進行する中、中山間地域でも夏季の高温により着果不良などの発生が問題となっている。

産地では、パイプハウスを利用した雨よけ栽培が主に導入されており、ハウス内気温を低下させる手段として、トマト上部の空間や開口部を広く確保することによる通気性の向上が挙げられる。二村ら（2016）は、夏秋トマトの夏季高温対策として超腰高雨よけハウスを検討し、雨よけハウスの棟高を高くし通気性を向上させることにより地上高 2m において約 1℃、地上高 3m において約 2.3℃ハウス内気温を低下させている。この対策は、新たに建設される雨よけハウスには利用で

きる一方で既存の雨よけハウスを超腰高ハウスに改修することは容易ではないため、既存の雨よけハウスで利用できる技術を開発する必要がある。

本研究では、天井ビニールの肩部分を換気することによりハウス上部の通気性を向上させた肩換気によるハウス内気温や収量への影響を調査し、夏季における高温対策としての有効性を明らかにしたので報告する。

材料および方法

自動肩換気装置

東都興業株式会社製の自動巻上機（電動カンキット駆動機）、トランス盤（電動カンキットトランス盤 2 台用）、およびアルスプラウト株式会社製の制御ノード（ArsproutDIY キット 2 制御ノード）、内気象ノード（ArsproutDIY キット 2 内気象ノード）を用い自動肩換気装置を作成した。自動巻取り機をハウスの天井ビニール端に設置し、

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

側面部から中心部へと天井ビニールが約 1m 開閉するように設置した。また、内気象ノードと制御ノードは LAN ケーブルで接続され連携しており、内気象ノードに付随する温度センサーが一定温度以上になると設定温度を維持するように自動巻取り機が動作し天井ビニールを開閉させ、自動的に肩換気が稼働するようにした。また、ハウス外に感雨センサーを接続し、雨天時には閉じるように設定を行った（図 1）。

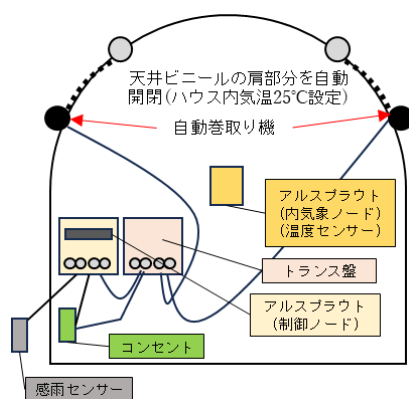


図1 自動肩換気装置による天井開閉の模式図

試験1 肩換気がハウス内気温に与える影響

岐阜県中山間農業研究所（飛騨市古川町）35号ハウスにおいて、自動肩換気装置を導入した肩換気区と無処理区の比較試験を2022年と2023年に実施した（表1、2）。ハウス内において地上高 2.3m の気温を測定し、肩換気の効果について調査した。気温は遮光した強制通風筒（自作）の内部に温度計（おんどとり Jr RTR-503 株式会社ティアンドデイ）を設置して2022年は5分間隔、2023年は10分間隔で測定した。測定は2022年8月10日～9月19日、2023年7月7日～9月22日に実施し、最高気温は1日の最大値、日平均気温は1日の平均値として求めた。なお、2022年は冬春暖房温度を15℃としていたが燃料費削減のため2023年は12℃とした。

表1 試験1の試験区の構成（2022）

試験区	試験区の概要	冬春暖房設定
肩換気	ハウス内気温 25℃以上で換気	15℃
無処理	無処理	

表2 試験1の試験区の構成（2023）

試験区	試験区の概要	冬春暖房設定
肩換気	ハウス内気温 25℃以上で換気	12℃
無処理	無処理	

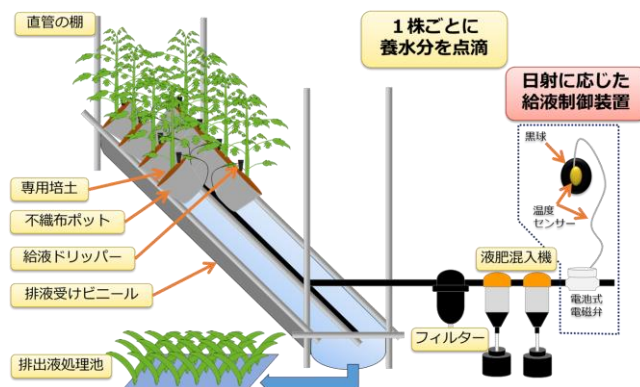


図2 栽培装置

試験2 肩換気が収量性に与える影響

試験1と同様のハウス及び試験区を設定し、栽培装置は図2に示した装置を用いた。不織布ポットは biopot a cone acH100-21（株式会社グリーンサポート）、培土はピートモス主体の混合培土 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/10 a、培地量は 5 L/株とし、肥料は大塚 SA 処方（OAT アグリオ株式会社）を使用し、肥培管理は夏秋トマト 3S 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を増減した。仕立て法は「誘引用針金」（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。

2022 年は、「麗月（自根）」（株式会社サカタのタネ）を供試し、1 月 11 日に播種、2 月 15 日にポットへの鉢上げ、3 月 7 日に本圃へ移動した。本圃へ移動した 3 月 7 日から 5 月 6 日まで設定温度 15℃で暖房機（ネポン小型温風機 KA-125）により加温した。肩換気稼働期間は 8 月 1 日から 9 月 20 日とした。調査は、開花進捗調査を各区 1 株実施し、4 月 8 日から 1 週間おきに開花段位を測定した。収穫品質調査を各区 5 株×3 反復実施し、果実重量および系統出荷基準に準じて果実品質を調査した。収穫終了時に生育調査を各区 5 株×3 反復実施し、各果房の着果数を計測し着果率

を算出した。

2023 年は、「麗月（自根）」（株式会社サカタのタネ）を供試し、1 月 20 日に播種、2 月 20 日にポットへの鉢上げ、3 月 7 日に本圃へ移動した。本圃へ移動した 3 月 7 日から 5 月 16 日まで設定温度 12℃で暖房した。肩換気稼働期間は 7 月 4 日から 9 月 22 日とした。調査は、開花進捗調査を各区 1 株実施し、3 月 16 日から 1 週間おきに開花段位を測定した。収穫品質調査を各区 5 株×4 反復実施し、果実重量および系統出荷基準に準じて果実品質を調査した。収穫終了時に生育調査を各区 5 株×4 反復実施し、各果房の着果数を計測した。

結 果

試験 1 肩換気がハウス内気温に与える影響

2022 年の試験では、肩換気によるハウス上部の気温は、日平均気温（8 月 10 日～9 月 10 日）の平均値で 0.5℃、日最高気温の平均値で 3.1℃、最大値で 4.4℃低下した（表 3）。日平均気温の

推移をみると全期間を通して概ね肩換気区の気温が無処理区よりも低下した（図 3）。2023 年の試験では、肩換気によるハウス上部の気温は、日平均気温（7 月 7 日～9 月 22 日）の平均値で 0.9℃、日最高気温の平均値で 3.3℃、最大値で 4.4℃低下した（表 4）日平均気温の推移をみると全期間を通して概ね肩換気区の気温が無処理区よりも低下した。（図 4）。

表3 試験1 気温の比較（2022年）

区	日平均気温a	日最高気温a	
	平均値（℃）	平均値（℃）	最大値（℃）
肩換気	24.2	30.9	35.0
無処理	24.7	34.0	39.4

a 測定期間8月10日～9月19日

参考：a期間中のアメダス高山最高気温33.9℃

表4 試験1 気温の比較（2023年）

区	日平均気温a	日最高気温a	
	平均値（℃）	平均値（℃）	最大値（℃）
肩換気	25.4	33.3	37.7
無処理	26.4	36.6	42.1

a 測定期間7月7日～9月22日

参考：a期間中のアメダス高山最高気温37.0℃

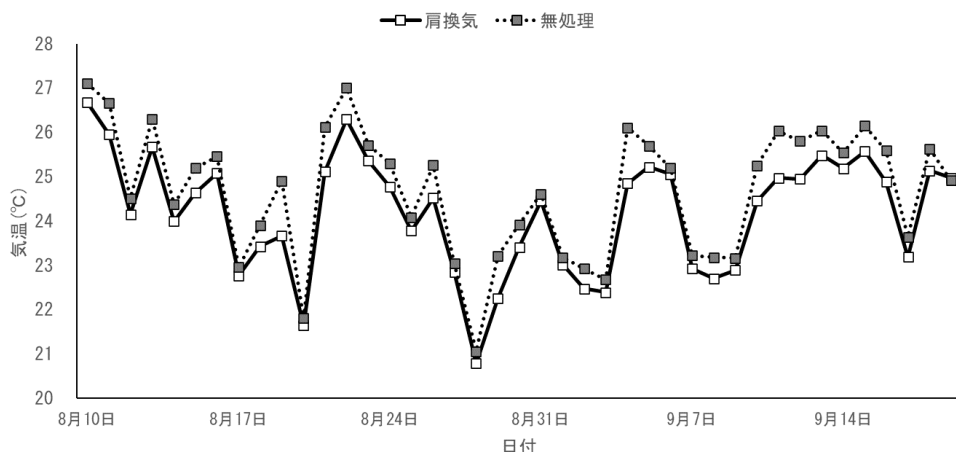


図3 ハウスの日平均気温の比較（2022）

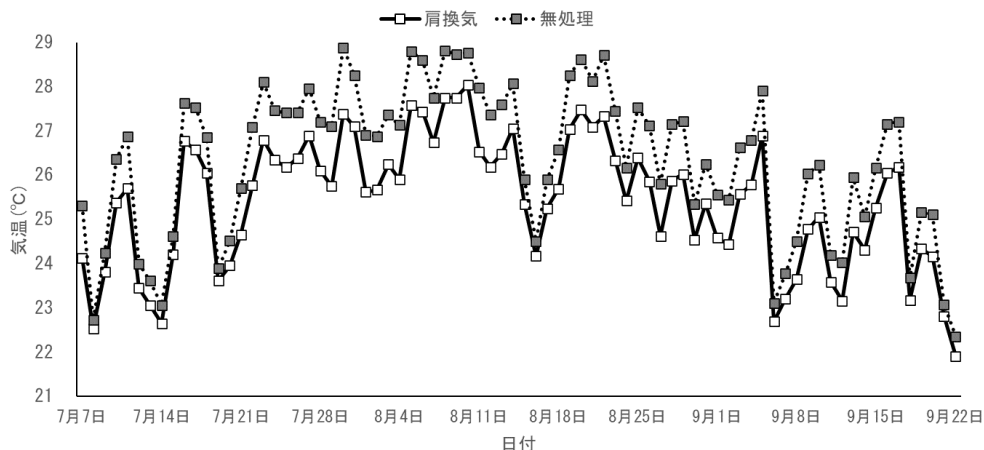


図4 ハウスの日平均気温の比較（2023）

試験2 肩換気が収量性に与える影響

2022年の試験では、肩換気を開始した8月1日時点で、開花段位は17.4段程度（表5）であり、肩換気による影響を強く受けた果房が収穫され始めたのは9月始めであったことから、9月1日から11月9日までと収穫開始から11月9日までとに分けて収量や品質を分析した。全期間の粗収量、可販収量、総果数、可販果数は区間で同等程度であった。9月1日以降の粗収量、可販収量、総果数、可販果数は肩換気区が無処理区よりも多い傾向にあったが有意差はなかった。平均果重は区間で同等であった（表6）。

全期間及び9月1日以降のA品率及び格別率は肩換気区と無処理区で同等であった（表7）。

異常果は無処理区に比べ肩換気区で空洞果がやや増加したが形状不良はやや減少した（表8）。

旬別単収は、肩換気区は9月中旬、9月下旬、10月中旬で無処理区よりも高く推移する傾向があったが有意差はなかった（表9）。

着果数は無処理区よりも肩換気区がやや多い傾向を示したが有意差はなかった（表10）。

表5 開花段数の推移（2022）

日付	4/8（中略）	7/21	7/28	8/4	8/12	8/19	8/26	
開花段数	4.4	…	16.4	17.4	18.2	19.4	20.0	21.0

表6 試験2 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)
肩換気	収穫開始～ 11月1日	40.1	36.4	93.7	79.6	129
無処理		41.0	37.8	94.4	82.0	131
T検定		NS	NS	NS	NS	NS
肩換気	9月1日～ 11月1日	9.7	8.8	25.9	21.3	112
無処理		8.9	8.1	23.5	19.5	114
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7 試験2 等級比率の比較（2022）

区	集計期間	A品	B品	C品	格別
		(%) ^a			
肩換気	収穫開始～ 11月1日	53.8	26.6	4.5	15.0
無処理		53.5	27.6	5.5	13.4
T検定		NS	NS	NS	NS
肩換気	9月1日～ 11月1日	59.9	20.8	1.3	18.0
無処理		61.2	20.2	1.6	17.0
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）

NS：有意水準5%で差がないことを示す

2023年の試験では、肩換気を開始した7月6日時点で、開花段位は12.5段程度（表11）であり、肩換気による影響を強く受けた果房が収穫され始めたのは8月中旬であったことから、8月14日から10月31日までと収穫開始から10月31日までとに分けて収量や品質を分析した。全期間の粗収量、可販収量、総果数、可販果数は肩換気区が無処理区よりも多い傾向にあったが有意差はなかった。平均果重は区間で同等であった。8月14日以降についても同様の傾向だった（表12）。

全期間及び8月14日以降の格別率は、無処理区に比べ肩換気区でやや減少したが有意差はなかった。A品率は区間で同等であった（表13）。

全期間では肩換気区では3L品以上の割合が有意に減少し、8月14日以降ではS品の割合が有意に増加した（表14）。

8月14日以降の異常果は、無処理区に比べ肩換気区でつやなし果がやや減少し、尻腐れがやや増加した（表15）。

旬別単収は、肩換気区は9月上旬以降から無処理区よりも高く推移し、9月中旬は有意に高かった（表16）。

着果数については14段及び16段で肩換気区が有意に多かった（表17）。

表8 試験2 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	形状	つやなし果	尻腐れ	その他
肩換気	収穫開始～ 11月1日	BC品	9.6	18.1	0.0	0.0	3.6
		格別	0.0	6.6	5.7	1.4	1.3
無処理		BC品	9.2	19.8	0.0	0.0	4.3
	9月1日～ 11月1日	格別	0.0	6.7	4.5	0.9	1.1
肩換気		BC品	4.4	17.2	0.0	0.0	0.5
		格別	0.0	14.2	1.0	2.3	0.3
無処理		BC品	2.1	19.1	0.0	0.0	0.3
		格別	0.0	13.2	1.4	1.9	0.5

表9 旬別単収の比較（2022年）

区	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬
	(t/10a)					
肩換気	1.9	1.3	0.7	1.3	0.6	1.6
無処理	1.2	1.1	0.8	0.9	0.7	1.8
T検定	NS	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10 着果数の比較（2022年）

区	17段	18段	19段	20段
	着果数（個/房）			
肩換気	4.5	5.1	4.7	5.7
無処理	4.6	3.7	4.8	4.4
T検定	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11 開花段数の推移（2023）

日付	3/16 (中略)	6/29	7/6	7/13	7/20	8/4	8/11	8/17
開花段数	1.1 ...	11.6	12.5	13.3	14.0	15.8	17.0	17.9

表12 試験2 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)
肩換気 無処理 T検定	収穫開始～ 10月31日	39.6 38.5 NS	36.8 35.0 NS	91.1 86.2 NS	79.9 74.1 NS	130 134 NS
肩換気 無処理 T検定	8月14日～ 10月31日	15.1 13.7 NS	13.8 12.2 NS	36.3 32.0 NS	31.4 27.1 NS	125 128 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13 試験2 等級比率の比較（2023）

区	集計期間	A品	B品	C品	格外 (%) ^a
肩換気 無処理 T検定	収穫開始～ 10月31日	51.5 53.0 NS	28.8 25.2 NS	7.6 6.1 NS	12.1 15.6 NS
肩換気 無処理 T検定	8月14日～ 10月31日	51.0 51.0 NS	30.9 27.3 NS	4.7 6.4 NS	13.5 15.3 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14 試験2 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
肩換気 無処理 T検定	収穫開始～ 10月31日	1.7 3.2 *	5.5 6.3 NS	10.6 10.6 NS	24.4 26.0 NS	22.3 20.0 NS	27.3 25.4 NS	8.2 8.6 NS
肩換気 無処理 T検定	8月14日～ 10月31日	0.7 1.4 NS	3.4 3.6 NS	7.6 9.7 NS	23.7 27.6 NS	27.4 19.9 *	29.0 29.7 NS	8.2 8.0 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15 試験2 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	形状	つやなし果	尻腐れ	その他
肩換気 無処理 T検定	収穫開始～ 10月31日	BC品 格外 BC品 格外	15.6 0.0 14.3 0.0	17.4 6.9 16.2 8.4	0.0 3.4 0.0 3.8	0.0 0.7 0.0 0.2	2.1 1.2 3.5 1.6
肩換気 無処理 T検定	8月14日～ 10月31日	BC品 格外 BC品 格外	20.8 0.0 19.4 0.0	13.6 5.6 11.6 6.7	0.0 5.2 0.0 6.9	0.0 1.5 0.0 0.2	0.8 1.0 2.7 1.5

表16 旬別単収の比較（2023年）

区	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬
	(t/10a)							
肩換気 無処理 T検定	2.3 2.3 NS	3.5 4.0 NS	0.9 0.7 NS	1.4 0.7 *	1.6 1.3 NS	1.5 1.3 NS	1.1 0.8 NS	1.5 1.1 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17 着果数の比較（2023年）

区	12段	13段	14段	15段	16段	17段	18段	19段
	着果数（個/房）							
肩換気 無処理 T検定	5.2 5.4 NS	5.7 5.8 NS	5.7 4.5 *	4.2 3.2 NS	3.8 2.2 *	3.7 3.6 NS	3.9 4.0 NS	4.7 4.2 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

考 察

試験1において、肩換気によりトマト上部の空間の通気性を高めることにより、夏季に生長点付近が達する地上高2.3mにおいて日平均気温で0.5～0.9℃、最高気温で約3～4℃の気温上昇抑制効果が認められた。夏季の日中はハウス内温度が35℃を超えることも珍しくない気象条件のもと、肩換気によってトマトの生長点が高温に遭遇する時間を短くすることが可能であり、夏季の高温対策として有効な対策と考えられた。

試験2において、肩換気を行うことで可販収量が1.2～1.4 t/10a程度増加する傾向が見られた。また、2023年の試験では肩換気によって着果数が増加する傾向が見られた。トマトは、高温によって花粉稔性が低下し、特に開花10日前頃に日平均気温が約25℃以上の高温に遭遇すると花粉稔性が低下して着果が不良になるとされている（岩堀ら、1964、佐藤、2006）。本試験では肩換気により生長点付近の気温が低下したことで花粉稔性が低下しにくく、着果が良くなったと考えられた。一方、S品の割合が増加しており、着果数が増えたことで小玉傾向にあったと推測された。また2023年が2022年よりも無処理区に比べて肩換気区で収量や着果数が向上していることから、肩換気の実施期間が長かったことで肩換気の効果が発現やすかったと考えられた。

本研究では、肩換気によってハウス内気温が低下したことで着果数が向上し、収量が増加する傾向がみられた。これらのことから、夏の高温対策として肩換気は有効であると考えられた。

しかし、現地のハウス（番線及びマイカー線で天井ビニールを固定する方式）で同様の肩換気装置を設置するには天井ビニールの固定方法に構造上の問題があるため産地で導入しやすい方法を検討する必要があると考えられた。

引用文献

- 二村章雄・熊崎 晃．2016．超腰高雨よけハウス及びミスト等による夏秋トマトの夏季高温対策．岐阜中山間農研報．11：p.17-22.
- 岩堀修一・高橋和彦．1964．トマトの高温障害に関する研究（第3報）種々のステージの花蕾に及ぼす高温の影響．園芸学雑誌．33,：p.67-74.
- 佐藤卓．2006．地球温暖化に伴うおだやかな高温ストレスがトマトの生産性と雄性器官の発達に与える影響．食と緑の科学．60：p.85-89