

夏秋トマトの自動遮光による裂果低減技術の開発

杉本和広^{1*}・服部哲也¹・西村 歩^{2a}・前川晴希^{2b}

¹岐阜県中山間農業研究所中津川支所 508-0203 中津川市福岡

²岐阜県中山間農業研究所本所 509-4244 飛騨市古川町

Development of technology to reduce fruit cracking by automatic shading on summer and autumn tomatoes

Kazuhiro Sugimoto, Tetsuya Hattori, Ayumu Nishimura and Haruki Maekawa

Gifu prefectural Research Institute for Agricultural Technology in Hilly and Mountainous Areas, Nakatsugawa Gifu 508-0203, Furukawa Gifu 509-4244

摘 要

岐阜県の夏秋トマト産地では、地球温暖化に伴う夏季の強日射により裂果の発生が課題となっている。遮光をすれば裂果率は低下するが、受光する日射量が減少し収量が減少するため、日射に応じた遮光資材の開閉が必要となるものの、手動で行うには労力が必要である。このため、黒球内温度を用いた簡易的な日射比例制御による自動遮光システムを開発し、その有効性について試験を実施した。その結果、黒球内温度が41～43℃以上でトマトの生育に余分な日射を抑制できることが示唆された。この結果をもとに50%の遮光資材をクロス補強パイプ上に設置し、午後から黒球内温度43℃以上で自動開閉して遮光することで裂果の発生が低減し可販収量が増加することを確認した。現地2か所における慣行栽培との比較試験においてもその有効性が確認された。

キーワード：黒球、遮光資材、自動開閉

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強日射により裂果の発生が問題となっている。

野村ら(2006)は、トマトの裂果は遮光をすることで抑制できるが常時遮光を行うと収量が低下すると報告している。そのため、収量を低下させずに裂果を減らすには、日射に応じた遮光資材のこまめな開閉が必要となるが、手動で行うには労力が必要である。また、省力化のために自動で遮光資材の開閉をするには、高価な日射センサーが必要である。

二村ら(2016)は、夏秋トマトの夏季高温対策と

してミスト噴霧を検討し、温度センサー付電磁弁に黒球を組み合わせ、天候に応じたミスト噴霧を制御させている。黒球は、表面が黒色塗装されている薄い銅製の球体で、本来はその内部温度により人体への影響を測る暑さ指数(WBGT)を算出するための器具であり、内部温度は弱風時の日なたにおける体感温度と相関が高く(環境省)、周囲からの輻射熱による影響を観測するために用いられる。

そこで本研究では、直射日光により黒球内の温度が急上昇する性質を利用し、内部温度によって晴天と曇雨天との簡易な判別器具とし、温度センサーで稼働する安価な内張自動遮光システムを開発し、その有効性を明らかにしたので報告する。

材料および方法

内張自動遮光システム

*Corresponding author. E-mail:sugimoto-kazuhiro@pref.gifu.lg.jp

^a現在：農林水産省派遣

^b現在：岐阜県農業技術センター野菜部

東都興業(株)製の自動巻上機（電動カンキット駆動機）、制御盤（電動カンキット制御盤Ⅱ）、トランス盤（電動カンキットトランス盤Ⅱ 2 台用）、および(株)安藤計器製工所製の黒球（CK-150（150Φ））を用い自動遮光装置を作成した。自動巻上機をハウスのクロス補強上に設置し、中心部から両側面へと遮光資材が開閉するように設置した（図 1）。また、制御盤に付随する温度センサーを黒球内部に設置することで、黒球内温度が一定温度以上になると巻き上げ機が動作し遮光資材を開閉させ、トランス盤にタイマースイッチを取り付けることで、特定の時間だけ自動遮光が稼働するようにした（図 2）

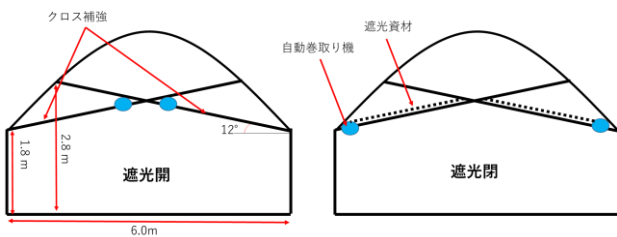


図 1 自動遮光装置による遮光資材開閉の模式図

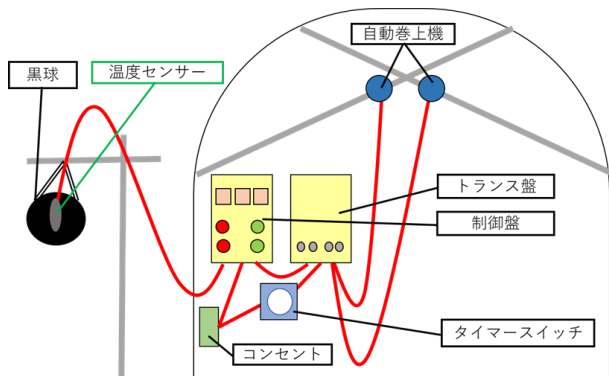


図 2 自動遮光装置の配線模式図

試験 1 日射量と黒球内温度の関係性の検討

岐阜県中山間農業研究所中津川支所（中津川市福岡：以下中津川支所）の 21 号ハウス横の屋外において、日射量と黒球内部の温度を測定し、日射量と黒球内温度の関係性について調査した。日射量は高さ 2m に全天日射計（PYR 全天日射計、Decagon Devices）を設置し、黒球内温度は高さ 1.5m に設置した黒球（CK-150）の内部に温度計（TR-52i、(株)ティアンドデイ）を設置し、それぞれ 30 分間隔で測定した。測定は 2018 年 8 月 3

日～10 月 31 日および 2019 年 6 月 21 日～9 月 30 に実施し、夜間時（日射量 0Wm² 時）を除いたデータを用いて、月ごとに日射量と黒球内温度の相関を求めた。また、2020 年 7 月 23 日～10 月 26 日まで同ハウス内に全天日射計（PYR 全天日射計、Decagon Devices）および照度計（TR-74Ui-S、(株)ティアンドデイ）を設置し、照度と日射量を測定し相関を求めた。

表1 試験 2-1の試験区の構成（2019）

試験区	遮光率	開閉温度	稼働時間
自動遮光	40%	43°C	常時
無処理		処理なし	

表2 試験2-1の試験区の構成（2021）

試験区	遮光率	開閉温度	稼働時間
自動遮光	50%	43°C	午後のみ
無処理		処理なし	

試験 2 自動遮光の遮光率と遮光開始温度の検討

試験 2-1（中津川支所）

中津川支所の 21 号ハウスにおいて、内張自動遮光システムを導入した自動遮光区と無処理区の比較試験を 2019 年と 2021 年に実施した。ハウス内には「桃太郎 8（タキイ種苗（株））（台木：グリーンガード（タキイ種苗（株）））」を 5 月下旬に栽植密度 2000 株/10a で定植した。2019 年は、遮光率 40%の資材（ふあふあ SL40（ダイヤテックス（株）））を用い常時自動遮光を稼働させ 43°C で遮光資材が完全展張する設定で 6 月 21 日～11 月 8 日まで試験を実施した（表 1）。2021 年は、遮光率 50%の資材（ら～くらくスーパーホワイト W55（日本ワイドクロス（株）））を用い午後のみ自動遮光を稼働させ 43°C で遮光資材が完全展張する設定で 6 月 24 日～11 月 8 日まで試験を実施した（表 2）。

日射量は全天日射計を高さ 2.0m に設置し、黒球内温度は高さ 1.5m に設置した黒球内部の温度（TR-52i、(株)ティアンドデイ）をそれぞれ 30 分間隔で測定した。2021 年は、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た果実品質を調査した。

試験 2-2（本所）

岐阜県中山間農業研究所（飛騨市古川町：以下本所）で 2019 年に「桃太郎 8（台木：がんばる

根(愛三種苗(株))」を5月13日に栽植密度2,083株/10aで定植した11号ハウスおよび14号ハウスにおいて、内張自動遮光システムの条件を変えた試験区を複数設け7月26日～9月17日まで試験を実施した。遮光処理は遮光率50%の資材(ら～くらくスーパーホワイトW55)と30%の資材(ら～くらくスーパーホワイトW35)を用いた。完全に遮光資材が展張する温度は43℃と45℃に設定し、2種類の遮光資材と組み合わせた。また、遮光温度43℃で遮光率50%の試験区では午後からのみ自動遮光を実施する試験区を設けた(表3)。日射量と黒球内温度は試験2-1と同様に測定した。また、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た果実品質を調査した。

表3 試験2-2の試験区の構成

試験区	遮光率	開閉温度	稼働時間
自動遮光	30%	43℃	常時
	30%	45℃	常時
	50%	43℃	常時
	50%	45℃	常時
	50%	43℃	午後のみ
無処理		処理なし	

試験3 現地試験

岐阜県高山市江名子町の生産者ほ場で2020年と2021年に実用性試験を実施した。間口5.4m、長さ26mのハウスに自動遮光システムを設置し、遮光資材には50%の資材(ら～くらくスーパーホワイトW55)を用い43℃で遮光資材が完全展張するように設定した。また、自動遮光は午後のみ動作するように設定し(表4)、2020年は7月3日～11月9日、2021年は6月16日～10月6日まで実施した。ハウス内には「桃太郎ワンダー(タキイ種苗(株))(台木:キングバリア(タキイ種苗(株)))」の苗を2020年は5月中旬に1979本/10a、2021年は5月上旬に2232本/10aの栽植密度で定植した。

2020年は裂果発生時の9月10日から週1回、2021年は裂果発生時の8月18日から月1回のペースで着色し始めた果実すべてを系統出荷基準に照らしあわせて評価した。また、ハウス外の黒球内にも温度計(TR-52i、(株)ティアンドデイ)を設置し温度を測定した。

また、2021年は岐阜県加茂郡東白川村の生産者ほ場で実用性試験を実施した。間口6m、長さ34mのハウス北側半分に自動遮光システムを設置し、北側半分を自動遮光区、南側半分を無処理区とした(表5)。遮光資材には50%の資材(ら～くらくスーパーホワイトW55)を用い43℃で遮光資材が完全展張するように設定した。また、自動遮光は10時～19時まで動作するように設定し、7月16日～10月22日まで実施した。ハウス内には「桃太郎ギフト(タキイ種苗(株))(台木:がんばる根(愛三種苗))」の苗を5月11日に2000本/10aの栽植密度で定植した。

裂果発生時の8月18日から週1回のペースで着色開始果実をランダムに各区40果選び裂果の発生状況を系統出荷基準に照らし合わせて評価した。また、ハウス外の黒球内にも温度計(TR-52i、(株)ティアンドデイ)を設置し温度を測定した。またハウス内外の照度を2.0mの高さで照度計(TR-74Ui-S、(株)ティアンドデイ)で測定した。生育終了後に着果数を調査し、着果数から生育期後半の収量を推定した。

表4 試験3(高山市)の試験区の構成

試験区	遮光率	開閉温度	稼働時間
自動遮光	50%	43℃	午後
無処理		処理なし	

表5 試験3(東白川村)の試験区の構成

試験区	遮光率	開閉温度	稼働時間
自動遮光	50%	43℃	10時～19時
無処理		処理なし	

結果

試験1 日射量と黒球内温度の関係性の検討

月ごとに日射量と黒球内温度の相関をとると2018年および2019年の測定したすべて月で高い相関がみられた(図3)。そのため黒球内温度で擬似的な日射比例制御が可能であることが示された。2019年の月ごとの回帰式から650Wm⁻²時の黒球温度を算出するとそれぞれ9月値が40.9℃、10月が38.1℃となった。2020年の回帰式で650Wm⁻²時の黒球温度を算出すると、それぞれ6月が37.3℃、7月が41.0℃、8月が42.7℃、9月が41.2℃となった。また、ハウス内の日射量と照度について高い相関が確認された(図4)。

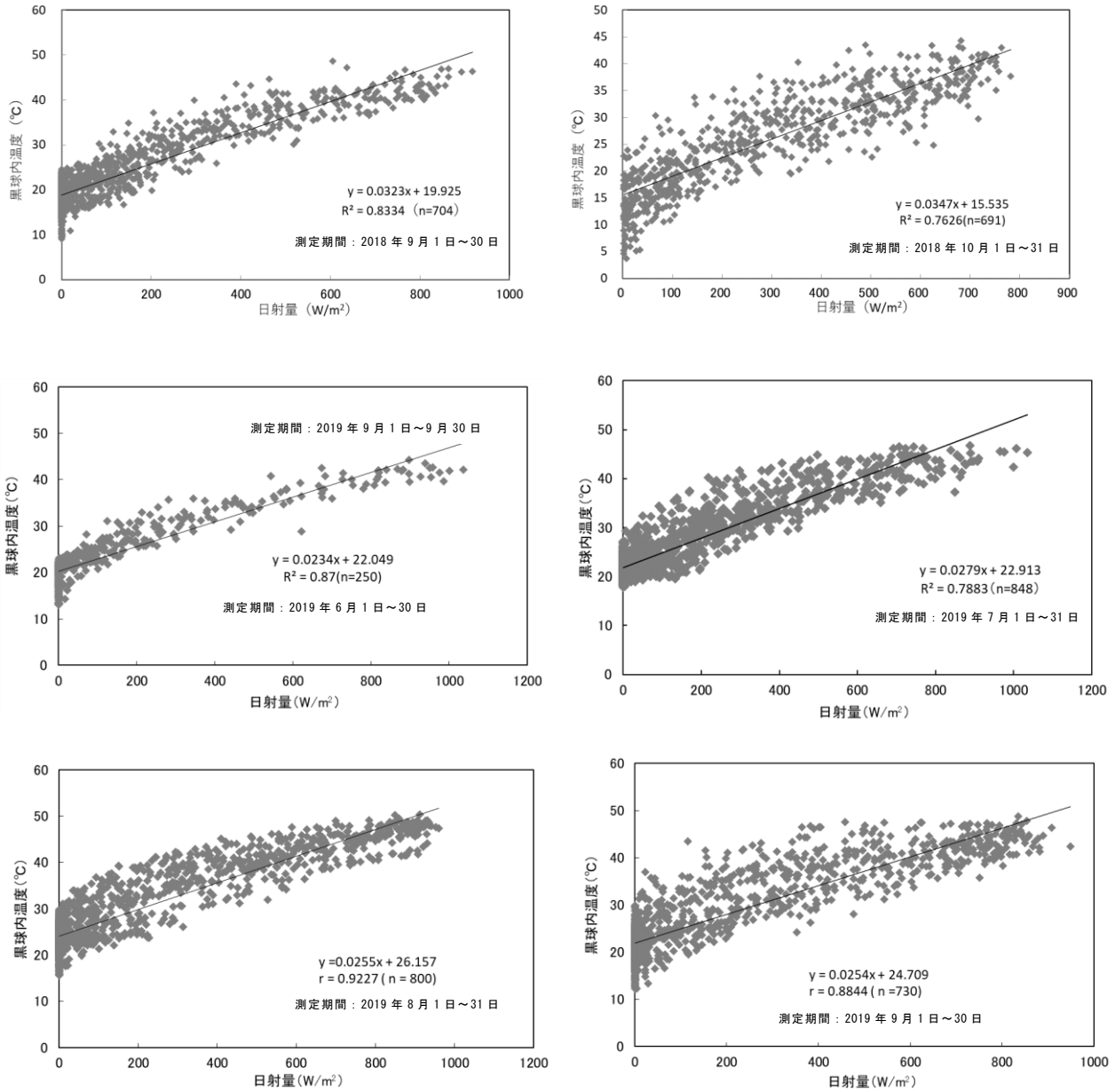


図3 日射量と黒球内温度の関係

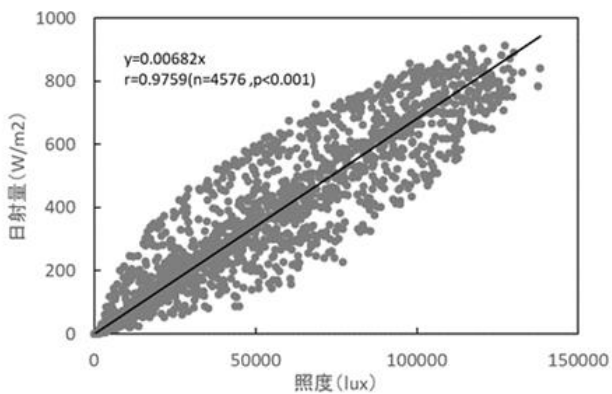


図4 照度と日射量の関係
測定期間：2020年7月23日～10月26日

試験2 自動遮光の遮光率と遮光開始温度の検討

試験2-1 (中津川支所)

2019年の自動遮光の旬別積算稼働時間は8月上旬が49.5時間、8月下旬が35.5時間となり、9月上旬以降は遮光時間10時間未満と8月と比べ短くなった(表6)。自動遮光区の旬別積算日射量は、8月上旬が103.9MJ m⁻²で無処理と比べ80%、8月中旬が105.4MJ m⁻²で無処理と比べ97%であった(表7)。

2021年の自動遮光の旬別積算稼働時間は7月下旬で21.0時間、8月上旬で21.5時間と長く、8月中旬は遮光時間3時間と短くなった(表8)。自動遮光区の旬別積算日射量は、8月上旬が138.5MJ m⁻²で無処理と比べ83%、8月中旬が53.7MJ m⁻²で無処理と比べ90%であった(表9)。

自動遮光区の粗収量は無処理区の約90%となったが、格別品率が8.1%低下したため可販収量はほぼ同等となった(表10)。自動遮光区的全期間の裂果率はBC品、格別品相当のどちらも無処理区より減少し、旬別では7月下旬～8月下旬、9月上旬～中旬にかけて自動遮光区で無処理

区より裂果率が減少する傾向があった(表11)。

試験2-2 (本所)

粗収量は、自動遮光を実施したすべての区で無処理区と比較して減少し、特に50%遮光かつ開閉温度43℃の区では無処理区の86%となった(表12)。

可販収量は、自動遮光を常時稼働させた試験区では無処理区よりも減少したが、稼働時間が午後のみ区では無処理区の103%とやや増収した。自動遮光区のA品収量は無処理区よりも全試験区で増加しており、午後のみ遮光の試験区では無処理区の138%で最も多かった(表12)。

格別品率は、稼働時間が午後のみ区で最も低く、無処理区と比べ約10%低下した(表12)。全期間の格別品相当の裂果率は、自動遮光を実施したすべての区で無処理区よりも減少する傾向があった。無処理区において裂果の発生率が高かった9月上旬では、自動遮光を実施したすべての区で裂果率が減少する傾向があり、BC品と格別品の裂果率の総計が最も低かったのは、稼働時間が午後のみ区で、無処理区と比較して裂果率が約30%低下した(表13)。

表6 旬別の自動遮光稼働時間(2019 中津川市福岡)

	8月上旬 ²	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
稼働時間(h)	49.5	14.0	35.5	5.0	5.0	3.5	2.5	0.0	0.0

²8月上旬は8月3日13:00からの数値

表7 旬別積算日射量の推移(2019 中津川市福岡)

試験区	旬別積算日射量(MJ m ⁻²)										
	7月下旬	8月上旬	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	11月上旬
ハウス外	—	—	151.0	171.2	100.7	117.6	92.5	134.6	98.6	129.8	95.7
自動遮光	152.7	103.9	105.4	107.9	72.0	82.9	64.9	95.1	65.4	96.0	69.0
無処理	187.9	128.5	108.3	128.2	75.7	87.7	68.4	99.1	69.8	93.8	66.0

表8 旬別の自動遮光稼働時間(2021 中津川市福岡)

	7月上旬	7月中旬	7月下旬	8月上旬	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
稼働時間(h)	0.0	4.5	21.0	21.5	3.0	14.0	3.0	6.0	5.0	12.5	0.5	0.0

表9 旬別積算日射量の推移(2021 中津川市福岡)

試験区	旬別積算日射量(MJ m ⁻²)											
	7月上旬	7月中旬	7月下旬	8月上旬	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
ハウス外	81.5	194.0	205.7	202.2	75.0	173.3	110.4	122.3	141.7	142.8	113.8	125.5
自動遮光	64.2	163.5	145.4	138.5	53.7	119.5	79.2	87.3	96.9	95.1	79.8	83.9
無処理	64.9	156.1	170.7	166.3	59.4	139.7	89.4	98.3	107.4	106.2	83.5	88.2

岐阜県中山間農業研究所研究報告 第18号：8～16(2023)

表10 収量と品質の比較 (2021 中津川市福岡)

試験区	収穫果数	平均果重	粗収量	可販収量	A品量	A品率	B品率	C品率	格外率
	(果/株)	(g/果)	(t/10a)	(t/10a)	(t/10a)	(%)	(%)	(%)	(%)
自動遮光	26.7	160	8.6	7.4	1.9	22.7	34.9	29.4	13.1
無処理	29.4	161	9.4	7.5	1.9	19.8	34.8	24.1	21.2

表11 旬別の裂果率の推移 (2021 中津川市福岡)

試験区	規格	裂果率(%)												
		7月		8月		9月			10月		11月		全期間	
		中旬	下旬	中旬	下旬	中旬	下旬	中旬	下旬	中旬	下旬			
自動遮光	BC品	11.1	0.0	2.4	0.0	0.0	1.9	8.5	15.4	0.0	0.0	9.4	10.0	6.6
	格外品	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	10.3	7.1	0.0	0.0	6.7	1.9
	総計	22.2	0.0	2.4	0.0	0.0	1.9	10.2	25.6	7.1	0.0	9.4	16.7	8.5
無処理	BC品	12.5	6.1	16.1	0.0	8.3	6.8	5.3	23.0	27.8	11.4	11.1	9.7	11.5
	格外品	6.3	3.0	10.3	3.6	0.0	2.7	10.5	9.8	11.1	0.0	2.2	12.9	3.9
	総計	18.8	9.1	26.4	3.6	8.3	9.6	15.8	32.8	38.9	11.4	13.3	22.6	15.3

表12 収量と品質の比較 (2019 飛騨市古川)

試験区	遮光率	開閉温度	稼働時間	収穫果数	平均果重	粗収量	可販収量	A品量	A品率	B品率	C品率	格外率
				(果/株)	(g/果)	(t/10a)	(t/10a)	(t/10a)	(%)	(%)	(%)	(%)
自動遮光	30%	43°C	常時	186	189	14.6	12.5	4.7	31.9	34.6	18.0	15.5
	30%	45°C	常時	180	192	14.4	12.8	4.7	32.6	38.4	16.2	12.8
	50%	43°C	常時	180	182	13.6	12.1	4.3	31.3	40.4	14.5	13.7
	50%	45°C	常時	176	196	14.4	12.7	5.0	34.8	38.8	12.8	13.6
	50%	43°C	午後のみ	180	201	15.1	13.6	5.5	36.4	38.8	15.1	9.8
無処理		処理なし		196	195	15.9	13.2	4.0	25.2	38.0	16.7	20.1

表13 旬別の裂果率の推移 (2019 飛騨市古川)

試験区	遮光率	開閉温度	稼働時間	規格	裂果率(%)													
					7月			8月			9月			10月			全期間	
					中旬	下旬	中旬	下旬	中旬	下旬	中旬	下旬	中旬	下旬				
自動遮光	30%	43°C	常時	BC品	3.7	5.6	24.1	19.7	8.8	7.2	17.9	8.8	8.5	10.1	9.3	5.6	13.1	
				格外品	0.0	0.0	1.0	0.0	5.3	7.4	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	2.0
				総計	3.7	5.6	25.1	19.7	14.1	14.7	17.9	11.0	8.5	10.1	9.3	16.7	15.0	
自動遮光	30%	45°C	常時	BC品	7.1	4.5	28.9	29.1	14.3	19.8	6.7	0.0	0.0	0.0	20.0	33.3	14.5	
				格外品	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	16.7	1.7
				総計	7.1	4.5	28.9	29.1	14.3	19.8	11.7	0.0	0.0	0.0	0.0	32.5	50.0	16.1
自動遮光	50%	43°C	常時	BC品	5.9	9.7	25.4	14.5	13.6	10.4	12.9	4.2	0.0	0.0	12.0	6.7	11.7	
				格外品	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	2.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
				総計	5.9	9.7	26.6	14.5	13.6	12.4	16.3	4.2	0.0	0.0	12.0	6.7	12.5	
自動遮光	50%	45°C	常時	BC品	1.7	6.5	8.9	6.6	11.0	11.1	3.5	3.1	16.7	3.9	20.0	33.3	7.8	
				格外品	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	12.2	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	16.7	1.7
				総計	1.7	6.5	8.9	6.6	11.9	11.1	15.7	4.6	16.7	3.9	20.0	50.0	9.5	
自動遮光	50%	43°C	午後のみ	BC品	4.8	2.8	9.4	12.3	16.1	3.0	5.9	3.6	7.4	14.2	50.0	20.8	9.6	
				格外品	0.0	0.0	0.0	1.0	1.2	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.7	
				総計	4.8	2.8	9.4	13.3	17.3	3.0	8.7	3.6	7.4	14.2	50.0	25.0	10.3	
無処理				BC品	17.9	11.5	23.1	11.2	16.5	14.4	20.4	10.2	7.9	3.0	31.7	3.0	14.2	
				格外品	2.6	2.4	1.4	1.4	2.6	5.3	18.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	
				総計	20.4	13.9	24.5	12.6	19.2	19.7	38.4	11.7	7.9	3.0	31.7	3.0	17.7	

試験3 現地試験

高山市江名子町における自動遮光の稼働時間は、2020年では8月下旬が60時間/旬で最長となった(表14)。2021年では8月上旬の36.8時間/旬が最長となり、曇雨天が続いた8月中旬は1.3時間/旬と短かった(表15)。2020年の9月上旬～10月下旬における格外品相当の累計裂果率は、自動遮光区で13.1%と無処理区よりも約10%減少した。特に、10月下旬で10.5%となり無処理区比べて約30%減少した(表16)。2021年は、自動遮光区で格外品の裂果率が減少する傾向はなかったが、BC品の裂果率は減少する傾向があった(表17)。

8月上旬で25.5時間/旬、8月下旬で25.5時間/旬であった。一方曇雨天が続いた8月中旬は、自動遮光が全く稼働しなかった(表18)。自動遮光区において、8月下旬～9月上旬および9月下旬に裂果率が減少する傾向があり、9月29日のBC品の裂果率は5.0%と無処理区よりも20%低下した(表19)。自動遮光の影響を受けたと考えられる4段～9段の着果数は、自動遮光区で7段～9段にかけて多く、4段～9段の総計では15.7果/株と無処理区よりも2.6果多くなった(表20)。着果数と裂果率から4段～9段の単収を推定すると自動遮光区で6,087kg/10aとなり、対照区よりも約1,000kg/10a増加した(表21)。

表14 現地ほ場での自動遮光稼働時間(2020高山市江名子)

	7月上旬	7月中旬	7月下旬	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬
稼働時間(h)	0.0	0.0	19.0	36.3	50.5	60.0	25.3	9.5	2.8	0.0

表15 現地ほ場での自動遮光稼働時間(2021高山市江名子)

	7月上旬	7月中旬	7月下旬	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬
稼働時間(h)	0.8	25	33	36.8	1.3	24.8	7.8

表16 現地ほ場での裂果発生率(2020高山市江名子)

試験区	規格	裂果率(%)						
		9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	全期間
自動遮光	BC品	22.0	7.2	12.8	24.0	24.3	36.9	22.6
	格外品	6.6	7.1	17.0	17.1	15.4	10.5	13.1
	総計	28.6	14.3	29.8	41.1	39.7	47.4	35.7
無処理	BC品	27.0	16.3	37.3	31.2	21.3	33.3	28.4
	格外品	4.5	8.2	7.5	31.3	36.0	40.0	23.2
	総計	31.5	24.5	44.8	62.5	57.3	73.3	51.6

表17 現地ほ場での裂果発生率(2021高山市江名子)

試験区	規格	裂果率(%)			
		8月18日	9月14日	10月6日	全期間
自動遮光	BC品	2.9	14.3	12.8	6.4
	格外品	0.6	2.9	5.2	1.9
	総計	3.5	17.2	18.0	8.3
無処理	BC品	6.4	20.6	23.4	12.4
	格外品	0.7	1.9	0.0	0.6
	総計	7.1	22.5	23.4	13.0

表18 現地ほ場での自動遮光稼働時間(2021加茂郡東白川村)

	7月中旬 ²	7月下旬	8月上旬	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
稼働時間(h)	12.5	19.0	25.5	0.0	25.5	9.0	6.5	4.0	12.0	6.5

²7/17～7/20のデータを集計

表19 現地ほ場での裂果発生率 (2021 加茂郡東白川村)

試験区	規格	裂果率(%)									全期間
		8月				9月					
		4日	11日	18日	25日	1日	8日	15日	22日	29日	
自動遮光	BC品	5.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	5.0	1.4
	外品	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	総計	5.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	5.0	1.4
無処理	BC品	15.0	2.5	5.0	7.5	17.5	10.0	7.5	0.0	25.0	10.0
	外品	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	総計	15.0	2.5	5.0	7.5	17.5	10.0	7.5	0.0	25.0	10.0

表20 4段～9段の着果数の推移 (2021 加茂郡東白川村)

試験区	着果数(果/段)						
	4段	5段	6段	7段	8段	9段	総計
自動遮光	2.4	1.8	1.8	2.8	3.7	3.3	15.7
無処理	2.5	1.1	2.1	2.4	3.1	1.9	13.1

表21 試験区の4段～9段の推定売上

試験区	単収 ^z	単価 ^y	売上	販売手数料差し 引き後の売上
	(kg/10a)	(kg/円)	(千円/10a)	(千円/10a)
自動遮光	6,087	435	2,649	1,979
無処理	5,041	413	2,082	1,540

^z単収は着果数から推定

^y裂果のみで格付けした場合の令和3年度単価
(令和3年度JAめぐみの販売実績参照)

考 察

試験 1

トマトの光飽和点は 70,000lux とされている(青木, 1997)。照度と日射量は特定の条件下で相関関係がある(三原, 1980)。そのため、本試験で算出した係数から飽和点の照度を日射量に変換すると 477Wm⁻²となる。ハウス内の日射量は被覆資材により 25～30%程度屋外よりも少ない(表 7)ことを考慮すると、屋外の日射量が 650Wm⁻²以上のときに遮光をすると過剰な日射をカットできると考えられる。日射量と黒球内温度の相関を見ると自動遮光が主に稼働する7月～9月にかけては41℃～43℃で650Wm⁻²相当の日射量となる。そのため41～43℃以上の黒球内温度で自動遮光をすることで480Wm⁻²以上の余分な日射を抑制できることが示唆された。

試験 2

野村ら(2005)は、トマトの裂果は遮光をすることで抑制できるが、常時遮光を行うと収量が低下すると報告している。今回の試験でも自動遮光処理を実施した区では粗収量が減少し、報告と同様の傾向であった。しかし、自動遮光を実施した区では、裂果が減少することにより格外品率が低下する傾向があった。特に午後のみ自動遮光した区は、粗収量の減少が少なく、格外品率が減少したため可販収量が増加した。これは、午後からのみ強日射を抑えることで光合成を阻害せずに、過剰な日射を抑制することができたためだと考えられる。鈴木ら(2005)は、斜め誘引仕立てでは成熟前35日～20前の積算日射量が199.4MJm⁻²超えると格外品の放射状裂果が発生しやすくなると報告している。試験2-1の中津川支所における2021年の結果では、日射の影響を緩和していたのは8月上旬であり、この時期の15～35日後は9月

上旬頃となり自動遮光区で裂果が軽減された時期と一致した。また、試験 2-2 の本所での試験において、50%遮光時の粗収量は遮光時間を長くなるように設定するほど減少する傾向があったが、裂果率は遮光処理を実施した試験区間で同じような傾向があった。このことから、自動遮光の稼働は午後からの短時間でも十分に効果を発揮し裂果を軽減できることが示唆された。

同一遮光条件下（午後のみ 50%遮光）で実施した中津川支所における 2021 年の試験と本所の 2019 年の試験では、裂果率は低下するが粗収量も減少するという傾向は同様であったが、本所での試験のみ可販収量が増加した。これは 2021 年 8 月上旬の中津川地域の平均日最高気温が 33.4℃だったのに対し、2019 年 8 月上旬の高山地域の平均日最高気温は 35.3℃と気象条件が異なっており（気象庁）、そのため本所のほうが高温条件下で自動遮光が行われ効果が高かったと考えられた。今後、地球温暖化により夏季がより暑くなることを想定すると、50%遮光資材を用い午後から黒球温度 43℃以上で遮光するように設定することで、裂果率を軽減し可販収量を確保することができる可能性が示唆された。

試験 3

高山市での試験において、2020 年は 2021 年と比べ日射量が多く、裂果の発生が助長される条件下での試験であったため、自動遮光による裂果の軽減が顕著であった。日射量が少なかった 2021 年の試験でも全体的な裂果発生率は軽減されているため、自動遮光が裂果に対して有効であったと考えられ、自動遮光は日射の強日射時は格外品裂果率の軽減に大きく寄与し、低日射時でも果実品質の向上に寄与することが示唆された。また、加茂郡東白川村の現地試験でも同様の傾向が得られたため、本システムは県内夏秋トマト産地の広い地域に適用できると考えられた。

また、加茂郡東白川村の実証ほにおける自動遮光システムの導入経費を試算すると、初期費用として 807 千円/10a 程度必要となるが、耐用年数 7 年として単年度経費とすると 115 千円/10a となる（表 22）。これに対して本実証ほの推定単収と 2021 年の単価（令和 3 年度 JA めぐみのトマト販売単価）で売上額を試算すると慣行より 567 千円の増額となり、出荷経費などを差し引いても 439 千円の増額となった（表 21）。

以上のことから、黒球内温度制御による自動遮光システムを導入し午後のみ 50%遮光することで、一定の導入費用は必要となるが、裂果率が低減さ

れ可販収量が増加し、収益の向上につながると考えられた。

表22 自動遮光導入経費²（10a当たり）

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)
制御盤	100	1	100	7	14
トランス盤	45	1	45	7	6
巻上げ機	25	8	200	7	29
カーテン用パー	8.5	8	68	7	10
遮光資材	34	8	272	7	39
黒球 φ150mm	20	1	20	7	3
22mm直管	1.2	64	77	7	11
パッカー	0.05	504	25	7	4
総計			807		115

²令和3年度に試算

³6m×42mハウス 4棟

謝 辞

今回の研究に際し、現地試験にご協力いただいた高山市江名子および加茂郡東白川村の生産者様に心からお礼を申し上げますとともに、現地試験を行うに際し、生産者との調整にご協力いただいた関係機関の皆様に深く感謝申し上げます。

引用文献

- 青木宏史. 1997. 農業技術体系 第 2 巻 追録 22 号.基 p.409-413. 農文協. 東京.
- 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.
- JA めぐみの. 令和 3 年度トマト販売単価. 環境省. 熱中症予防情報サイト. 暑さ指数について. 暑さ指数の詳しい説明. <https://www.wbgt.env.go.jp/doc_observation.php>
- 気象庁. 各種データ資料. 過去の気象データ検索. <<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>>
- 三原義秋編. 1980. 温室設計の基礎と実際. p.28. 養賢堂. 東京都.
- 野村康弘・鈴木隆志・塩谷哲也. 2006. 遮光資材による夏秋トマト裂果発生抑制技術. 岐阜中山間農研報. 5 : p.11-16.
- 鈴木隆志・柳瀬関三・塩谷哲也. 2005. 夏秋トマト栽培における放射状裂果の発生に関する研究（第 4 報）積算日射量がトマト放射状裂果の発生に及ぼす影響. 園学雑. 74(別 2) : p.156.