

夏秋雨よけトマト栽培における裂果軽減技術（第Ⅱ報）

上谷麻梨恵・藤谷信二・木村真美*

Mitigation Techniques on Fruit Cracking in Tomato Cultivation under Rain Shelter in Summer and Autumn

Marie UETANI, Shinji FUJITANI, Mami KIMURA

大分県農林水産研究指導センター農業研究部

Agricultural Research Division, Oita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center

キーワード：夏秋雨よけトマト、裂果、減光、水分管理

目次

I 緒言.....	11
II 裂果発生メカニズム.....	11
III 減光による裂果軽減効果.....	14
IV トマトの吸水活動に沿った水分管理による 裂果軽減効果.....	18
V 総合的な裂果対策技術.....	21
VI 総合考察.....	23
VII 摘要.....	24
引用文献.....	24
Summary	25

I 緒言

木村ら⁵⁾は前報で、夏秋トマトの裂果対策として、品種、減光、水分管理の観点から検討を行った。その結果、品種については、「みそら64」が裂果が少なく、収量および秀品率が高いことを明らかにした。減光方法については、遮光率20%の遮光資材「明涼」の天井被覆や、アルミ蒸着シートによる果房への直接的な遮光、ハウスビニルとしてUVカットフィルムを展張する、果房直下の強い腋芽を残して果実上部の葉面積を増やす等の手法により日射（主に紫外線）を遮ることで裂果が軽減した。水分管理については、外気温が概ね20°Cを超えるとトマトの吸水が始まることから、最低外気温予測を利用した変動かん水を行うことにより裂果の発生を軽減でき、秀品率も向上した。

本報告では、総合的な裂果対策技術の確立を目的とし、第Ⅰ報に引き続き、減光方法と水分管理について検討を行うとともに、裂果発生メカニズムを明らかにするために各種センサーとインターバルカメラを用いて調査を行ったので報告する。

II 裂果発生メカニズム

トマトの裂果は、強日射や土壌水分（かん水量）、果実の肥大パターン等の要因が複合的に重なり合って発生している。これらのうち、果実の肥大パターンと裂果の関係性や植物体内の水の移動等についてはいくつか報告がされている^{1, 4, 7, 10, 11)}が、これらを同時に、かつ、トマトの樹の生育や果実の成熟のステージごとに観測したものは少ない。

そこで、本試験では裂果発生メカニズムの解明を目的とし、果径センサー、導管流速センサーを用いて果実の肥大状況と植物体内の水の動きについて栽培期間を通じた調査を行った。また、インターバルカメラを用いて裂果の発生状況を撮影した。

1 生体センサー等を用いたトマトの生体反応の調査

1) 材料および方法

試験は2012年から2013年にかけて実施した。大分県農林水産研究指導センター（標高151m、厚層腐植質黒ボク土）内の雨よけハウス（間口6m、長さ27m）にて、供試品種「みそら64」（台木：「がんばる根11号」）の果実（未熟期、直径3cm以上）赤道面上に果径センサー（PHYTECH社製）を設置し、完熟期

* 現所属：大分県農林水産部園芸振興室

（果実全体が赤く着色）までの果実肥大を測定した（図1）。また、果径センサーを設置した果房の果梗枝と果房直上葉に導管流速センサー（PHYTECH社製）をそれぞれ設置し、果実への水の流れと葉への水の流れを果実肥大と同時に測定した（図2）。これらのうち、葉への水の流れを蒸散とみなした。また、インターバルカメラ（GardenWatchCam（brinno社製））を用いて裂果の発生状況を撮影した。各種センサーとインターバルカメラの設置期間は6月下旬から10月上旬までとした。



図1 果径センサーの設置状況



図2 導管流速センサーの設置状況

2) 結果および考察

果実の1日（24時間）における肥大パターンは、果実の成熟ステージによって異なる動きを見せた。未熟期の果実は天候や季節、生育ステージによって多少は異なるものの、果実へと水が流入する午前中を中心に肥大が進んでおり、晴天日では特に日の出後、蒸散が開始する6時から11時の間に大きく肥大していた。蒸散が盛んな日中は果実から水が流出していたが、気温の上昇による果実内の水分の膨張によって見掛け上

は肥大が進むものと考えられた。15時頃から日没にかけては、気温が低下するとともに肥大は停滞した。日没後に蒸散が収まると果実への水の流入が再開し、午前中ほどではないものの肥大は進んだ（図3）。インターバルカメラで裂果の発生状況を撮影したところ、裂果は午前を中心に発生しており、また、収穫後、果梗枝の隔離層傷口から2～3日間は早朝に水滴が落ちる様子を撮影することができた（データ略）。以上より、早朝のかん水によって果実へ余剰な水が流入し、果実肥大が過剰に促進されることが未熟期の果実の裂果の要因であると考えられた。太田ら⁷⁾は、ミニトマトで裂果が早朝に多く発生しており、その原因は夜間から早朝にかけて果実内に水分が移動することによって果実の膨張が引き起こされ、果皮が内圧に耐えられなくなることでであると推察した。また、浅井ら¹⁾は、トマトの果実の肥大が夕刻から翌朝にかけて確認されること、さらに日中の蒸散量と夕刻から発生する果実への水分移動量が比例関係にあることから、晴天日の夕刻のかん水は、根からの能動的な吸水と水分移動により果実への流入量が急激に増加するため、裂果の原因となると考えた。本試験の結果もこれらと概ね合致していた。

一方、完熟期の果実では肥大はほぼ止まっており、日肥大量は未熟期の果実の10分の1以下であった。しかし、日の出後の気温の上昇に伴って果実は膨張し、気温が高い日中に見掛け上は肥大量が最大となった。その後、ハウス内気温の低下に伴いほぼ元の大きさまで収縮した。蒸散は未熟期と比較して少ない傾向であったが（図4）、これは導管流速センサーを設置した葉の老化と、成長点からの距離が遠くなったことによると考えられた。また、完熟期の果実では未熟期の果実では見られないヘタ周辺のコルク層や肩部以外からランダムに割れる裂果が見られた（図5）。これを未熟期の放射状裂果や同心円状裂果と区別して「裂皮」と称した。インターバルカメラで裂皮の発生状況を撮影したところ、気温の高い日中を中心に裂皮が発生する様子が撮影できた（データ略）。寺林ら¹²⁾は、果皮の強度は成熟段階が進むほど弱まり、特に、果実頂部がわずかにピンク色である段階から果実表面の2分の1がピンク色になる段階に進むと有意に低下することを明らかにした。以上より、完熟期の強度が弱まった果皮が気温上昇に伴う果実の膨張に耐えきれず、コルク層から生じた亀裂や果実表面の細かなひび以外からも裂け、裂皮を生じると考えられた。

以上の結果から、未熟期と完熟期では果実の肥大パ

ターンが異なるため、果実の肥大の面から見た場合、裂果の要因は果実の成熟ステージによって異なると考えられた。すなわち、未熟期の果実の裂果を誘発するの

は早朝のかん水による肥大であり、完熟期の裂果（裂皮）を誘発するのは温度変化（上昇）による肥大（膨張）であると推察した。

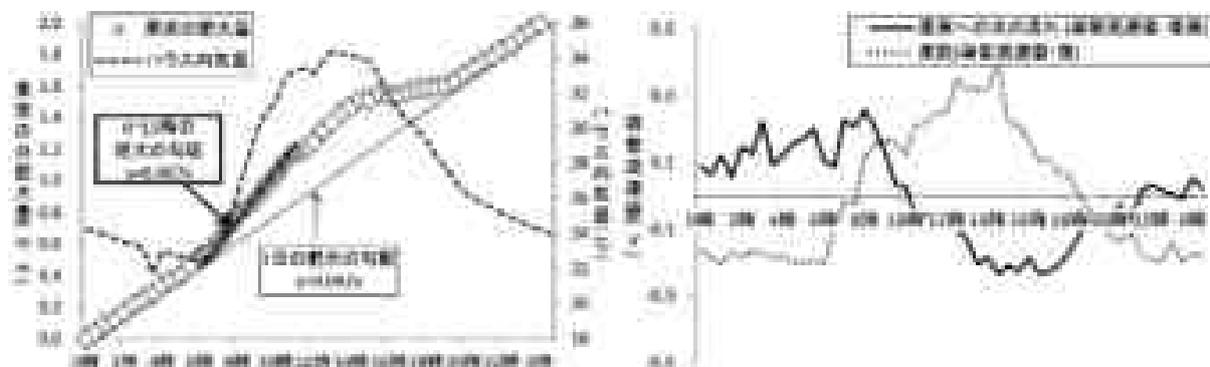


図3 晴天日の未熟期の果実の日肥大量とハウス内気温（左図）、果実への水の流れと蒸散（右図）（2012年）

- 注1) 果実の日肥大量は、果径センサーを果実の中心の赤道面に設置し、各時間帯の肥大量を晴天日に限定して平均し、日肥大量としたもの。また、果実への水の流れと蒸散についても、果実肥大測定と同一日の果梗枝と果房直上葉に設置した導管流速センサーの測定値を平均し、正の方向に動いた時に果実へ水の流入、または蒸散が行われたとした
- 注2) ハウス内気温は、温度センサー（PHYTECH社製）をハウス中央、高さ約1mに設置し測定
- 注3) 肥大の勾配=単位時間あたりの肥大量
- 注4) n=21（6月28日～10月11日）

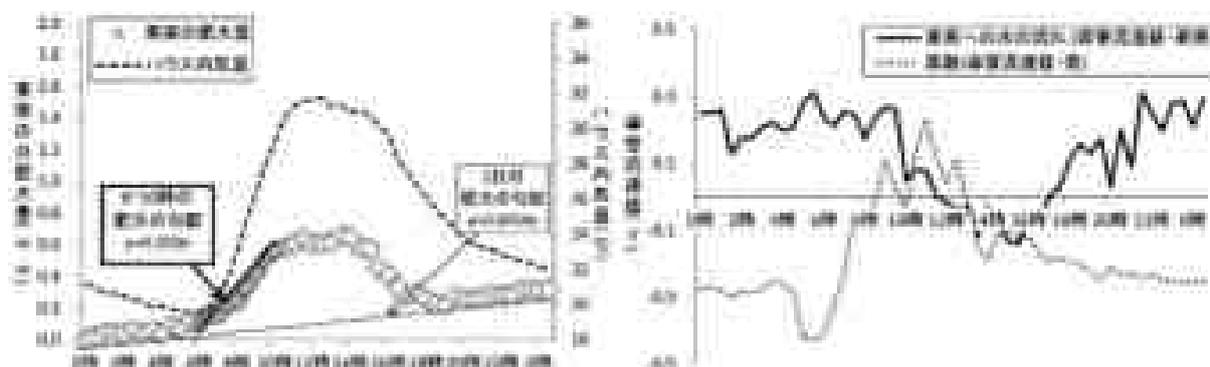


図4 晴天日の完熟期の果実の日肥大量とハウス内気温（左図）、果実への水の流れと蒸散（右図）（2012年）

- 注1)～3)は図3に同じ
- 注4) n=8（6月28日～10月11日）



図5 裂皮の発生状況

Ⅲ 減光による裂果軽減効果

第I報⁵⁾で、遮光率20%の遮光資材「明涼」の天井被覆、アルミ蒸着シートによる果房の直接遮光、ハウスビニルとしてUVカットフィルムを展張することによる裂果軽減効果を明らかにした。しかし、果房遮光については資材コストと作業時間の問題が残り、UVカットフィルムについてはミニハウスでの短期間の試験のみの結果であった。そこで、果房遮光については遮光資材の設置時期を限定して資材コスト削減と省力化を検討し、UVカットフィルムについては夏秋雨よけトマト栽培の1作（本試験では5月中旬から10月下旬）を通じた試験を行った。

1 果房遮光が裂果におよぼす影響

1) 材料および方法

試験は2012年から2013年にかけて実施した。大分県農林水産研究指導センター（標高151m、厚層腐植質黒ボク土）内の雨よけハウス（間口6m、長さ27m）にて、供試品種「みそら64」（台木：「がんばる根11号」）を2012年は5月15日にハウスのサイド側に1区14株、2反復で、2013年は5月10日にハウスの内側に1区5株、3反復で定植した。栽植様式は畝幅200cm、株間50cm、1条植とし、仕立て方法については2本仕立て、糸つり誘引とした。施肥は、基肥に苦土重焼燐4.0kg/a、苦土石灰15kg/a、牛ふん堆肥200kg/a、追肥はかん水同時施肥とし、2012年はタンクミックスA、BをN:P₂O₅:K₂O=2.6:1.3:3.7kg/a、2013年はタンクミックスF、BをN:P₂O₅:K₂O=2.7:1.9:3.9kg/a 6月下旬から10月下旬まで施用した。かん水はストリームライン80（20cmピッチ）を2条マルチ下に設置し、畝の中央部、株と株の間の深さ15cmに設置したpFセンサーによって4段花房開花まではpF値を設定せずかん水を行い、5～6段花房開花および摘心以降はpF2.2で、7段花房開花～摘心まではpF1.9で管理した。2012年は気象予測（最低気温）に応じて8時から10時までの間で強制的にかん水同時施肥時間

を変更し、その後の追加かん水をpF制御で行った。2013年は8時から16時までpFセンサーの設定値により自動的にかん水同時施肥を行った。かん水量は生育ステージと天候に合わせて、蒸散量を考慮して調整した。1日あたりのかん水量は平均3ℓ/m²（最小1ℓ～最大5ℓ/m²）だった。また、3段果房以降、樹勢維持と果房への遮光を目的とし、各段の果房直下の腋芽を残して2葉展開後摘心した。さらに、遮光率20%の遮光資材「明涼」を9月下旬まで晴天時のみ天井フィルム（非UVカットフィルム）上に展張し、8分着色で9月下旬から10月下旬まで収穫調査を行った。収穫調査における規格は表1の基準で行った。

第I報⁵⁾で報告したように、アルミ蒸着シートによる果房遮光は10月以降に収穫された果実で効果が高かったことから、開花時期を逆算し、2012年は8月20日から、2013年は8月12日から処理を開始した。アルミ蒸着シートは、果房上の茎に取り付け果実が隠れるように被覆した（図6）。



図6 果房遮光の処理状況

（アルミ蒸着シート、厚さ1mm、直径19cm）

2) 結果および考察

2012年、2013年ともに果房遮光によって第I報⁵⁾と同様に裂果の発生が少なくなり、特に、2012年は10月中旬以降に大きな差が見られた（図7、図8）。しかし、収量は果房遮光で両年ともに減収となった。これ

表1 収穫調査における規格基準

規格	形状	花落ちあと	傷あと	裂果	空洞果	汚れ	すじ
A品	円形	小さいもの	ないもの	ないもの	ないもの	ないもの	ないもの
B品	やや円形	長さ5mm以内	目立ちの小さいもの	浅く、細く、果肉に達していないもの	目立ちの小さいもの	目立ちの小さいもの	果胴部以下とする
C品	楕円形	長さ15mm以内	目立ちの大きくないもの	果肉に達し、果汁腐敗のないもの	目立ちの大きくないもの	目立ちの大きくないもの	果頂部に達し、窓あきのないもの
外品				上記規格以下の出荷できないもの			

注1) 参考：JA全農おいた 桃太郎トマト選別標準規格表

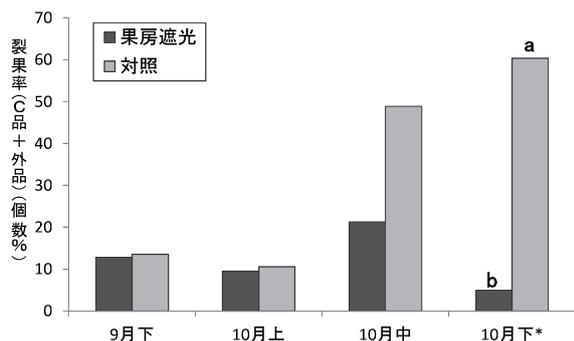


図7 果房遮光による時期別裂果率の推移（2012年）

注1) 裂果率はC品（果肉に達し、果汁腐敗のないもの）と外品（出荷できないもの）の合計
 注2) *は異文字間で5%水準で有意差有り（Tukey法, P<0.05）

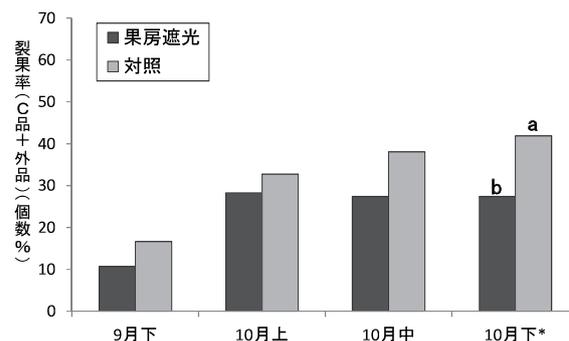


図8 果房遮光による時期別裂果率の推移（2013年）

注1) 裂果率はC品（果肉に達し、果汁腐敗のないもの）と外品（出荷できないもの）の合計
 注2) *は異文字間で5%水準で有意差有り（Tukey法, P<0.05）

は、有意な差は無いものの1果重が果房遮光によって小さくなったためと考えられた。果房遮光区で糖酸比とA品率は高く、C品率は低くなった。裂果以外の障害果には差が見られなかったため、A品率とC品率の差は裂果率の差によるものと考えられた（表2、表3）。

2013年は2012年と比較して果房遮光の効果が小さかった。鈴木ら⁹⁾は、果実表面における積算日射量が、ハウスの内側に植えた株よりもサイド側に植えた株の方が有意に多くなり、裂果の発生も有意に多くな

ることを明らかにしている。また、Ⅱ-1の項で、完熟期の果実の裂果（裂皮）が気温上昇に伴う果実の膨張が原因だと推察したが、宍戸ら⁸⁾は、直射日光が当たった果実は、葉温、気温よりも数°C高い果実温となり日没後も比較的高い温度に維持されることを、Helyesら³⁾は、栽培中の果実に直射日光が当たる時間と果実の表面温度の間に正の相関があることをそれぞれ明らかにしており、また、第Ⅰ報⁵⁾では、遮光率20%の遮光資材「明涼」の天井被覆により日射を遮

表2 果房遮光が収量性等におよぼす影響

試験年	試験区 果房遮光	商品果数 (個/a)	商品収量 (kg/a)	平均1果重 (g/個)	着果数 (個/果房)	糖酸比	規格品率 (個数%)			
							A品	B品	C品	外品
2012	あり	879	170	194	1.5	15.7	48	13	10	29
	なし	1250	232	197	1.7	15.5	34	13	29	25
2013	あり	1120	184	167	2.0	16.7	59	6	11	24
	なし	1307	238	178	1.9	16.1	38	20	18	24
分散分析	年度 (A)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	果房遮光 (B)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	*	**	n.s.
	(A) × (B)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.

注1) 9月下旬～10月下旬までの合計

注2) 平均1果重、着果数（3果/果房に摘果している）、糖酸比は13～16段果房までの平均

注3) 角変換後の分散分析により、n.s.は有意差無し、**、*はそれぞれ1%、5%水準で有意差有り

表3 果房遮光が各障害果の発生割合におよぼす影響（個数%）

試験年	試験区 果房遮光	裂果			裂果以外の障害果						
		B品以下	C品以下	外品	形状	花落ち	すじ	空洞果	窓あき	尻腐れ	
2012	あり	22	14	5	1	0	0	3	3	23	
	なし	49	38	9	0	0	0	1	1	14	
2013	あり	34	28	18	0	0	0	1	1	4	
	なし	56	36	18	1	0	0	0	0	5	
分散分析	年度 (A)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
	果房遮光 (B)	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
	(A) × (B)	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	

注1) 9月下旬～10月下旬までの合計

注2) 裂果基準（B品：浅く、細く、果肉に達していないもの、C品：果肉に達し、果汁腐敗のないもの、外品：出荷できないもの）

注3) 形状、花落ち、すじ、空洞果はC品以下の値。窓あき、尻腐れは外品の値

注4) 角変換後の分散分析により、n.s.は有意差無し、**、*はそれぞれ1%、5%水準で有意差有り

ことで夏期晴天時の日中のハウス内気温や果実温度が低下し、裂果が軽減したことを報告した。以上より、2012年は試験区をハウスのサイド側に設けたため果実が日射にさらされる機会が多く、果房遮光の効果が高かったが、2013年は試験区をハウスの内側に設けたため葉等によって果実への日射が遮られ、果房遮光の効果が判然としなかったと考えられた。また、果房遮光によって果実温の上昇が抑えられる可能性が示唆された。このことについては、今後調査が必要である。

以上の結果から、ハウスや果房を遮光し、ハウス内気温や果実温の上昇を抑えて果実の膨張を抑制することが裂果（裂皮）軽減に有効であるとともに、果房遮光の設置場所として、ハウスのサイド側の株の8月中旬以降に開花した果房に限定して行うことが省力的かつ効率的であると考えられた。この場合、全株の栽培期間中に開花した全ての果房に果房遮光を行う場合と比較して資材費、総作業時間ともに約92%削減できると試算された（表4）。

表4 果房遮光の設置株数、設置時期の違いによる資材費、総作業時間の違い（試算）

設置株	設置時期	単価 (円/枚)	作業時間 (秒/枚)	経費 (千円/10a)	作業時間 (時間/段)	総作業時間 (時間/10a)
全株	全期間	15	6	480	3	54
	8月中旬以降			120		12
ハウスサイド株	全期間			160	1	18
	8月中旬以降			40		4

注1) 10aあたりの経費は、栽植密度2000本/10aの初期費用

注2) 10aあたりの作業時間は、1人で設置した場合にかかる時間

注3) 全期間：1～16段、8月中旬以降：13段～16段で試算

注4) 全株：2000株/10a、ハウスサイド株：666株/10aで試算

2 UVカットフィルムが裂果におよぼす影響

1) 材料および方法

試験は2013年に行った。大分県農林水産研究指導センター（標高151m、厚層腐植質黒ボク土）内の雨よけハウス（間口6m、長さ27m）にて、供試品種「みそら64」（台木：「がんばる根11号」）を5月10日に1区5株、3反復で定植した。栽植様式は畝幅200cm、株間50cm、1条植とし、仕立て方法については2本仕立て、糸つり誘引とした。施肥は、基肥に苦土重焼燐4.0kg/a、苦土石灰15kg/a、牛ふん堆肥200kg/a、追肥はかん水同時施肥とし、タンクミックスF、BをN:P₂O₅:K₂O=2.7:1.9:3.9kg/a6月下旬から10月下旬まで施用した。試験区として、1棟にはUVカットフィルム（ダイヤスターUVカット、0.15mm）を、もう1棟には非UVカットフィルム（テキナシ5、0.15mm、対照）を展張し裂果の発生状況を調査した。かん水は散水チューブのエバフローA型を2条マルチ下に設置し、6時に1日1回かん水を行った。かん水量は生育ステージと天候に合わせて、蒸散量を考慮して調整した。1日あたりのかん水量は平均3ℓ/m²（最小1ℓ～最大5ℓ/m²）だった。また、3段果房以降、樹勢維持と果実への遮光を目的とし、各段の果房直下の腋芽を残して2葉展開後摘心した。さらに、遮光率20%の遮光資材「明涼」を9月下旬まで晴天時のみ天井フィルム上に展張し、7月上旬から10月下旬

まで2～3分着色で収穫した。収穫調査における規格は表1の基準で行った。

2) 結果および考察

UVカットフィルム区は、対照区と比較して全期間を通じて裂果率が低く推移した。特に、日射量が多かった8月中旬は、晴天日に遮光を行ったにも関わらず対照区では裂果率が顕著に高まったのに対し、UVカットフィルム区では低く抑えることができた。

また、9月以降は日射量が小さくなったものの、気温が低下したことで開花から収穫までにかかる日数が長くなり、果実が日射にさらされる期間が長くなるため、両区間の裂果率の差は大きくなる傾向だった（図9）。

収穫された果実の外観は、UVカットフィルム下ではヘタ周辺のコルク層が小さく、果実表面の細かなひびも少ない傾向であり、同心円状裂果も認められなかった。これらは第I報⁵⁾と同様であった（図10）。着果数はUVカットフィルム区でやや少なかったものの、収量に差は見られなかった。また、UVカットフィルム区でC品率は低くなった。UVカットフィルム区では対照区と比較して裂果率が4割程度軽減されたが、裂果以外の障害果の発生率には差が見られなかったため、これは裂果率の差によるものだと考えられた（表5、表6）。ハウスビニルの種類による

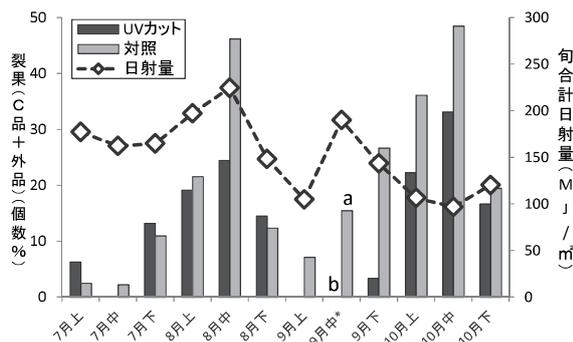


図9 ハウスビニルの種類と旬合計日射量による時期別裂果率の推移（2013年）

注1) 旬合計日射量は、大分県農林水産研究指導センター（大分県豊後大野市三重町）に設置している気象観測装置のデータを用いた
 注2) 裂果率はC品（果肉に達し、果汁腐敗のないもの）と外品（出荷できないもの）の合計
 注3) *は異文字間で5%水準で有意差有り（Tukey法, $P < 0.05$ ）

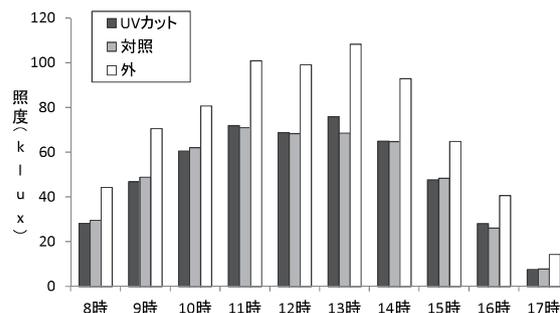


図11 ハウスビニルの種類によるハウス内照度の違い（2013年9月13日、晴天日）

注1) ハウス内はハウス中央で、ハウス外はUVカットハウスと対照ハウスの間で、それぞれ地上約1m地点を測定

照度の差は無く、トマトの生育に必要な明るさは概ね確保できていた。また、草丈等の生育状況もほぼ同等であった。また、草丈等の生育状況もほぼ同等であった。また、草丈等の生育状況もほぼ同等であった。また、草丈等の生育状況もほぼ同等であった。

以上の結果から、UVカットフィルムをハウスビニルとして使用することで、栽培期間を通じて裂果の発生を軽減できることが明らかとなった。



図10 ハウスビニルの種類による裂果発生状況の違い（2013年10月2日収穫）

注1) 左：UVカットフィルム、右：対照

表5 ハウスビニルの種類が収量性等におよぼす影響（2013年）

試験区	商品果数 (個/a)	商品収量 (kg/a)	平均1果重 (g/個)	着果数 (個/果房)	裂果率 (個数%)	規格品率 (個数%)			
						A品	B品	C品	外品
UVカット	6093	1012	161	2.1	12	63	14	10	13
対照	6293	1064	157	2.3	20	54	17	16	13
有意差	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	*	n.s.

注1) 平均1果重、着果数（3果/果房に摘果している）は14段果房までの平均
 注2) 裂果率はC品（果肉に達し、果汁腐敗のないもの）と外品（出荷できないもの）の合計
 注3) 角変換後の多重検定により、n.s.は有意差無し、*は5%水準で有意差有り（Tukey法, $P < 0.05$ ）

表6 ハウスビニルの種類が各障害果の発生割合におよぼす影響（個数%、2013年）

試験区	裂果		裂果以外の障害果					
	放射状	同心円状	形状	花落ち	すじ	空洞果	窓あき	尻腐れ
UVカット	12	0	0	0	1	1	0	8
対照	19	2	0	0	0	1	1	5
有意差	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

注1) 裂果、形状、花落ち、すじ、空洞果はC品以下の値。窓あき、尻腐れは外品の値
 注2) 角変換後の多重検定により、n.s.は有意差無し、*は5%水準で有意差有り（Tukey法, $P < 0.05$ ）