

夏秋雨よけトマト栽培における裂果軽減技術（第Ⅰ報）

木村真美・藤谷信二・一万田賢治*

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

Mami KIMURA, Shinji FUJITANI and Kenji ITIMANDA

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、品種、減光、気象予測、水分管理

目次

I 緒言	23
II 裂果しにくい品種の選定	24
III 減光による裂果軽減効果	28
IV 裂果発生抑制のための栽培法	34
V 気象予測を利用した水分管理による裂果軽減効果	37
VI 総合考察	40
VII 摘要	41
引用文献	41

生育ステージが異なり、それぞれの発生要因も異なると考えられる。

トマトの裂果発生要因に関しては、これまで多くの報告があり、主なものとして、土壤水分の急激な変化⁸⁾、降雨^{4,5,8)}、夜露⁵⁾、高湿度^{2,4,12)}、飽差の変動¹⁶⁾、高温³⁾、強日射¹⁴⁾、果皮の硬さ^{8,13)}、果実の糖度^{8,13)}、果実内の水分状態^{8,13)}などが裂果発生に関与しているとされている。

トマトの土耕栽培においては、土壤水分、すなわちかん水頻度あるいは降雨が裂果の発生に大きな影響を及ぼし、この場合、土壤水分の急激な増加で植物体の吸水量が増すこと、あるいは降雨により果皮のコルク層から直接水が果実に入ることが要因となり、その結果、果実の細胞の圧ポテンシャル（膨圧）が高まり、裂果が発生するとされている^{5,8)}。また、強日射も裂果の発生に大きく影響を及ぼすとされている^{9,14)}。二井内⁹⁾は、コルク層と放射状裂果との関係は明白であり、裂果率の低い品種では、コルク層の発生が少なかったとし、コルク層はへたの接着基部が果実の肥大に伴ってはずれ、現れた柔組織がコルク化したもので果実の内部に水分の増加その他で外部に向かう圧力が生ずると、まずこれが裂け、それが果皮に伝わって放射型の裂果を生ずるように観察され、コルク層の発生と果径および果実の肥大速度には密接な関係があることを指摘している。さらに、遮光によるトマトの裂果発生抑制の研究も数多く行われており、遮光処理をすることで裂果の発生は減少することが明らかとなっている^{10,11,18)}。鈴木・野村¹⁶⁾は、果房を直接袋で覆い、光を遮断した場合、裂果が減少したとしている。これと同様に、二井内⁹⁾も、果実への袋掛けにより同心円裂果およびコルク層の発生が減少したとしている。また、近紫外線除去フィルムの使用により、裂果が減少したという報告もある¹⁾。鈴木・柳瀬¹⁴⁾は、夏秋雨よけトマト栽培における放射状裂果およびくず放射状裂果の発生は、かん水方法やかん水量の違

I 緒言

大分県の夏秋雨よけトマトは夏季の気温が比較的冷涼な標高400～600mの竹田、玖珠九重地域を中心にして50ha（平成23年県園芸振興室調べ）で栽培され、地域の重要品目となっている。トマト産地では、「桃太郎8」、「桃太郎ファイト」、「桃太郎サニー」等の桃太郎系を中心に栽培されてきた。近年、夏期の高湿、強日射や盆過ぎからの昼夜の温度格差の拡大による生理障害果の増加により、収量、品質の低下が問題となり、特に、障害果の約4割を占めている裂果について、その対応が望まれている（図1）。夏秋トマトで問題となる裂果は、果柄部から果頂部にかけて放射状に裂け目が入る放射状裂果であり、激しい場合は組織の隔壁部分を深くえぐるような症状を示し、商品価値を失う（図2）。従来品種では裂果の発生が多く、裂果の少ない品種や軽減対策が求められてきた。時期別の裂果発生状況を見ると、夏秋作型においては、収穫始めから梅雨時期、最大ピークである8～9月、10月下旬から収穫終了まで大きく三つのピークがみられる（図3）。これらの裂果は時期により気象条件や

* 現所属：一般社団法人「とまと学校」

いによる土壌水分の変化よりも、茎葉や果実への強い日射による影響が大きいとしている報告と、夏秋トマト栽培において、裂果の程度がひどくなる傾向にあるのは、水分変動の大きいハウスの外側に面した畦が多かったことという報告¹⁰⁾があり、裂果発生（程度）には強日射だけでなく、水分変動も関係していると考えられる。

このように裂果の発生に関して、各要因について調べた報告は多いが、裂果の発生機構はその要因が複合的であり、いずれの報告も発生時期や裂果の種類、程度が異なる現状を十分に説明できるものではなく、生産現場への明確な対策を提示できるまでに至っていない。

そこで、本報告では、夏秋雨よけトマトの裂果軽減



図2 放射状裂果（左）および同心円状裂果（右）

対策について、8～10月を中心に発生する裂果を対象として、着果性に優れ、裂果しにくい品種の選定を行うとともに、遮光等による減光、栽培管理、水分管理等の面から技術確立に取り組み、これらの結果をふまえ、総合的な裂果軽減対策について検討を行ったので報告する。

II 裂果しにくい品種の選定

これまで、トマトの裂果に関して、品種による差は数多く報告されている^{4,9,12,13)}。大分県の夏秋雨よけトマト産地では、市場評価の高い桃太郎系を中心に栽培されてきたが、近年の高温化とともに、裂果による品質低下への対応が望まれているため、裂果しにくい品種の選定を行った。

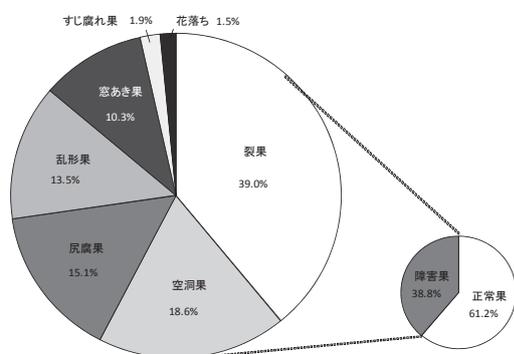


図1 夏秋期の障害果（C + 外品）（%）の内訳（2008年，久住試験地）

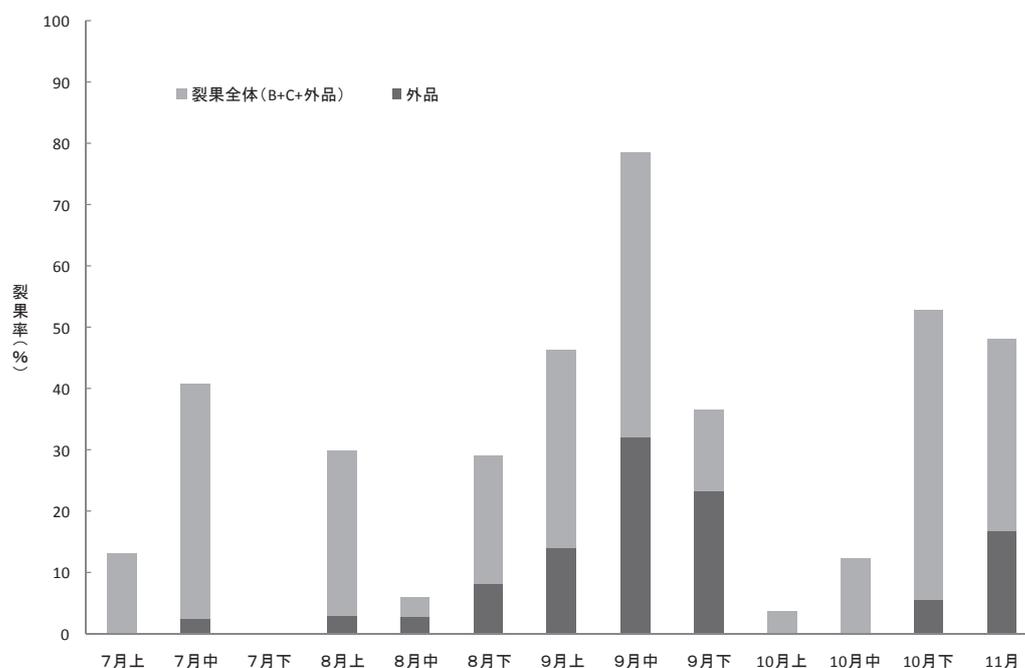


図3 時期別裂果率の推移（2009年，久住試験地）

1 材料および方法

試験は2008年から2010年にかけて行った。2008、2009年は標高544m（灰色低地土）、2010年は標高151m（厚層腐植質黒ボク土）の試験場内雨よけハウス（間口6m、長さ27m）にて行った。2008年は5月19日に、2009年は5月11日、2010年は5月17日に接ぎ木苗を定植した。栽植様式は、畝幅200cm、株間50cm、1条植、仕立て方法については、2本仕立てで、糸つり誘引とした。施肥は、2008、2009年は、基肥に苦土重焼燐3.0kg/a、苦土石灰12kg/a、牛豚ふんパーク堆肥200kg/a、追肥にOKF-1およびOKF-3をN:P₂O₅:K₂O=1.5:0.9:2.7kg/a施用した。2010年は、基肥に苦土重焼燐4.0kg/a、苦土石灰15kg/a、牛ふん堆肥200kg/a、追肥にOKF-3をN:P₂O₅:K₂O =1.7:1.0:3.0kg/a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、タイマー連動のpF制御によるかん水同時施肥で行った。かん水時刻の設定は、概ね日の出から日の入りまで1時間おきとし、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pF2.0で管理した。2008年は遮光

資材（明涼、遮光率20%）を梅雨明け後の7月7日から9月23日まで展張し、2009、2010年は遮光資材を使用しなかった。また、2008、2010年は2分着色で、2009年は7～8分着色で収穫し、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（以下の試験も同様の基準で行った）。全ての試験には非UVカットフィルムを使用した。年次毎の品種を表2に示す。

2 試験結果および考察

1) 2008年

初期生育の状況は、「桃太郎8」は過繁茂気味で、「MK-T64」、「MK-T65」はともに過繁茂にならずに生育した。草姿を比較すると、「桃太郎8」に比べて、「MK-T64」、「MK-T65」ともに葉がコンパクトであった（データ省略）。栽培終了時の生育は、「MK-T64」、「MK-T65」ともに草丈が「桃太郎8」より長く、茎径も太めであり、開花段数が2段程度多かった（表3）。「MK-T64」、「MK-T65」の着果は、「桃太郎8」に比べて開花時期のズレはあるものの9～10段果房の果数が少なかったが（データ省略）、平均着果数は「MK-T64」で多く、1果重

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	目立ちの少ないもの	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) 参考：JA全農おおいた 桃太郎トマト選別標準規格表

表2 品種概要

年次（年）	品 種	台 木	種苗会社
2008	MK-T64	足じまんSS	みかど協和
	MK-T65	足じまんSS	みかど協和
	桃太郎8（対照）	がんばる根トリパー	タキイ種苗
2009	桃太郎サニー	がんばる根11号	タキイ種苗
	桃太郎なつみ		タキイ種苗
	みそら64		みかど協和
	MK-T76		みかど協和
	りんか409		サカタのタネ
2010	桃太郎8（対照）	がんばる根11号	タキイ種苗
	賛美		丸種種苗
	りんか409		サカタのタネ
	みそら64		みかど協和
	桃太郎サニー（対照）		タキイ種苗

表3 品種別の栽培終了時の生育状況（2008年）

試験区	草丈 (cm)	葉数 (枚)	茎径 (mm)						茎重 (g)	節間長 (cm)	開花段数 (段)
			1段	3段	5段	7段	9段	11段			
MK-T64	378	50	16.1	20.3	16.9	14.9	12.5	13.2	913	7.5	14.7
MK-T65	375	48	16.9	18.9	15.7	14.8	11.8	12.3	817	7.9	14.4
桃太郎8 (対照)	336	45	16.9	15.9	14.0	12.8	12.3	11.7	664	7.5	12.9

表4 品種別の収量性（可販果）（2008年）

試験区	収穫果数 (個/a)	収量 (kg/a)	平均1果重 (g)	平均着果数 (個/果房)	糖度 (%Brix)	規格品率 (%)			
						A品	B品	C品	外品
MK-T64	5873	1266	216	2.8	5.7	39.4	32.2	21.3	7.2
MK-T65	4940	1151	233	2.2	5.7	25.3	32.2	27.1	15.4
桃太郎8 (対照)	5420	1058	196	2.3	5.8	29.7	29.7	31.0	9.7

表5 品種別の障害果発生割合（個数%）（2008年）

試験区	C + 外品			外 品			
	形状不良果	裂果	空洞果	窓あき果	尻腐れ果	形状不良果	裂果
MK-T64	15.2	7.5	3.7	1.4	0.0	3.4	2.3
MK-T65	8.9	21.6	9.2	0.7	0.7	1.7	12.3
桃太郎8 (対照)	6.4	10.7	18.8	1.7	3.4	3.7	1.0

は「MK-T65」>「MK-T64」>「桃太郎8」の順に重かった。また、「MK-T64」のA品率は高く、果実糖度は3品種とも同程度であった（表4）。障害果の発生状況は、「MK-T64」で形状不良（やや楕円形）が多いものの、空洞果、尻腐れ果、裂果の発生が少なかった（表5）。

以上の結果から、「MK-T64」は、中段果房の着果性がやや劣ったが、裂果が少なく、収量性、品質、栽培の容易さで、有望な品種と思われた。

2) 2009年

栽培終了時の生育状況は、草丈、葉数、茎重、開花段数全てにおいて「みそら64」（2008年試験の「MK-T64」）が最も優れた。茎径に大きな差は認められな

かった（表6）。収量および着果数においても、「みそら64」が最も多く、A品率も最も高かった。また、「みそら64」、「MK-T76」では、1果重が重い傾向にあるものの、有意差は認められなかった。桃太郎系品種は総じて外品の割合が高かった。糖度は「桃太郎サニー」が最も高かった（表7）。主な障害果発生状況は、「桃太郎8」で空洞果が多く、「桃太郎なつみ」、「みそら64」は少なかった。また、裂果は、「みそら64」、「MK-T76」で少なく、他品種では多く発生した（表8）。「りんか409」は2分着色で収穫した場合の裂果は少ないが（2007年結果、データ省略）、収穫が遅れると裂皮が多く発生した。

以上の結果から、2008年と同様に、「みそら64」が収量性、品質の面から有望な品種と思われた。

表6 品種別の栽培終了時の生育状況（2009年）

試験区	草丈 (cm)	葉数 (枚)	茎径 (mm)						茎重 (g)	節間長 (cm)	開花段数 (段)
			1段	3段	5段	7段	9段	11段			
桃太郎サニー	370a	49	15.0	16.0	15.0	12.9	12.2	12.1	744	7.6ab	14.0a
桃太郎なつみ	291b	48	16.3	18.3	16.0	13.5	12.8	13.0	749	6.0ab	13.0b
みそら64	381a	52	15.7	18.9	17.2	13.4	12.3	12.7	927	7.4b	15.2a
MK-T76	353ab	49	15.1	17.2	16.4	13.7	12.5	12.2	760	7.2ab	14.0a
りんか409	345ab	49	15.4	17.3	15.5	12.6	11.8	11.6	673	7.1ab	14.1a
桃太郎8 (対照)	340ab	47	16.0	17.2	15.5	13.2	12.5	11.9	727	7.2a	13.4a
分散分析結果	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*

注) n.s.は有意差なし。*は異なるアルファベット間で有意差あり（Tukey法、 $p < 0.05$ ）

表7 品種別の収量性（可販果）（2009年）

試験区	収穫果数 (個/a)	収量 (kg/a)	平均1果重 (g)	平均着果数 (個/果房)	糖度 (%Brix)	規格品率 (%)			
						A品	B品	C品	外品
桃太郎サニー	5220a	1190a	228	2.7a	7.0	17.2a	27.0a	29.3ac	26.5a
桃太郎なつみ	5240a	1126a	215	2.6ab	6.8	12.9a	30.2ab	33.7a	23.2ac
みそら64	6420b	1546b	241	2.8a	6.9	32.2b	39.2b	15.4b	13.2b
MK-T76	5460a	1308a	240	2.5b	6.9	20.2a	39.9b	24.9cd	15.0bc
りんか409	5620a	1258a	224	2.8a	6.8	21.9a	34.7ab	20.2bd	23.2a
桃太郎8（対照）	5540a	1256a	227	2.7ab	6.7	19.3a	30.0ab	30.5ac	20.2ab
分散分析結果	**	*	n.s.	*	n.s.	*	*	*	*

注) n.s.は有意差なし。**, *は異なるアルファベット間で有意差あり (Tukey法、** : p<0.01、* : p<0.05)

表8 品種別の障害果発生割合（個数%）（2009年）

試験区	裂果			空洞果	
	B+C+外品	C+外品	外品	B+C品	C品
桃太郎サニー	43.4a	28.7ab	15.2a	14.6	3.6a
桃太郎なつみ	58.9b	41.6a	18.5a	10.3	4.7a
みそら64	28.1c	13.0c	7.0bc	8.9	5.4a
MK-T76	31.8c	10.6c	6.5bc	16.8	6.8a
りんか409	42.2a	27.0b	18.3a	13.7	6.0a
桃太郎8（対照）	34.6ac	19.3bc	11.2ac	27.1	7.2b
分散分析結果	*	*	*	n.s.	*

注) n.s.は有意差なし。*は異なるアルファベット間で有意差あり (Tukey法、p<0.05)

3) 2010年

栽培終了時の生育状況は、草丈、節間長は「賛美」が最も長く、「りんか409」が最も短かった。開花段数は「みそら64」>「賛美」>「りんか409」>「桃太郎サニー」の順に多かった（表9）。収量、着果数は「りんか409」>「みそら64」>「賛美」>「桃太郎サニー」の順で多かったが、A品率は「みそら64」が最も高く、「賛美」は外品が多かった。また、1

果重は「賛美」が最も重く、「りんか409」は高温期においても着果が安定していた。糖度は「桃太郎サニー」が最も高かった（表10）。主な障害果発生状況は、「みそら64」で裂果が少なく、「賛美」で多かった。「桃太郎サニー」では空洞果が多かった（表11）。

3カ年の結果から、「みそら64」は裂果が少なく、収量および秀品率も高いことから、有望品種であると

表9 品種別の栽培終了時の生育状況（2010年）

品種	草丈 (cm)	葉数 (枚)	茎径 (mm)							茎重 (g)	節間長 (cm)	開花段数 (段)
			1段	3段	5段	7段	9段	11段	13段			
賛美	376a	55a	17.8ab	18.4ab	16.1	14.9	14.8	14.7	14.7a	1334a	6.9	16.1a
りんか409	299b	49bc	16.3a	17.2ab	14.1	13.0	13.0	12.7	11.5b	816b	6.2	14.9b
みそら64	341ab	52ab	18.1b	19.4a	15.9	14.0	14.1	14.9	15.1a	1179ab	6.5	16.5a
桃太郎サニー（対照）	306b	48c	16.3a	16.5b	14.1	13.4	14.6	14.9	13.7ab	947ab	6.4	14.1b
分散分析結果	*	*	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	*

注) n.s.は有意差なし。*は異なるアルファベット間で有意差あり (Tukey法、p<0.05)

表10 品種別の収量性（可販果）（2010年）

試験区	収穫果数 (個/a)	収量 (kg/a)	平均1果重 (g)	平均着果数 (個/果房)	糖度 (%Brix)	規格品率 (%)			
						A品	B品	C品	外品
賛美	4600ab	1048	228	2.0ab	5.8a	17.4	34.4	23.6	24.6a
りんか409	5500a	1270	219	2.4a	6.0ab	30.9	38.5	11.5	19.1ab
みそら64	5420a	1212	224	1.9bc	6.0ab	48.1	29.7	14.7	7.5b
桃太郎サニー（対照）	3500b	729	208	1.5c	6.2b	17.9	22.6	22.6	17.5ab
分散分析結果	*	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	*

注) n.s.は有意差なし。*は異なるアルファベット間で有意差あり (Tukey法、p<0.05)

表11 品種別の障害果発生割合（個数％）（2010年）

試験区	裂果			空洞果	
	B+C+外品	C+外品	外品	B+C品	C品
賛美	40.7	21.0	11.8	9.8	3.9
りんか409	16.5	6.5	4.7	12.9	2.6
みそら64	14.7	4.4	2.4	8.9	1.7
桃太郎サニー（対照）	40.6	13.2	5.2	14.2	5.7

注）分散分析による有意差はなし

考えられた。「みそら64」の特徴としては、裂果が少ない他に、秀品率が非常に高く、早生性であるため、収量性でも優れているという利点がある一方で、果実が大きくなりやすく、従来品種の桃太郎系統と比較して、葉が水平方向へ開張し、草姿がコンパクトであるため、裂果率は低いが、同心円状裂果の発生が多いという特徴を示した。これは、果実が葉で覆われると同心円裂果が減少すると報告⁹⁾があるように、葉が水平方向へ開張していると、果実に光が当たりやすくなるため、同心円状裂果が発生しやすいと考えられる。なお、葉が垂れて巻くことなく水平方向へ開張しているため、薬剤が葉裏までかかりやすく、コナジラミ等の害虫類の発生が少ない傾向も認められた（データ省略）。二井内ら⁸⁾は、大型トマトにおいて果皮が硬いかあるいは弾性が大きい果実ほど耐裂果性を有すると報告しており、「みそら64」は他品種に比べて、果実が硬い傾向にあることから、裂果が少ない品種であると考えられた。

Ⅲ 減光による裂果軽減効果

夏秋雨よけトマト栽培において、問題となるのが、長期曇天（梅雨）後の高温、強日射による花落ちや果実品質の低下である。特に、裂果による品質低下が大きな問題となっている。

これまで、果実への光を遮ることは、裂果軽減に効果的であるという報告^{1,9,10,11,14,18)}は多いが、実用的な検討が十分に行われていない。そこで、トマトの生育に影響の少ない範囲で、日射を遮り、効果的にハウス内の温度を低下させ、裂果軽減を図るために、遮光資材による遮光や直接果実を遮光する果房遮光、UV

カットフィルムの使用による収量への影響および裂果軽減効果について検討した。

1 遮光資材による遮光が裂果に及ぼす影響

1) 材料および方法

試験は2007、2008、2010年の3カ年行った。2007、2008年は標高544m（灰色低地土）、2010年は標高151m（厚層腐植質黒ボク土）の試験場内雨よけハウス（間口6m、長さ27m）にて行った。耕種概要については、Ⅱ裂果しにくい品種の選定と同様に行った。試験区として、遮光率20%（メーカー表示）の「明涼」を天井フィルム（非UVカットフィルム）上に展開した。無遮光を対照区とし、ハウス内温湿度、収量、障害果（主に裂果）の状況について調査を行った。収穫調査は2分着色で行った。年次毎の品種、定植日、追肥量および遮光期間を表12に示す。

2) 試験結果および考察

(1) 2007年

遮光区は、対照区に対して、日中の気温で平均0.7℃程度と僅かに低下した（図4）。晴天日（日平均外気温30℃、日射量3.4MJ）のハウス内気温は、測定時間により変動したが、最高で2～3℃、日中の気温で平均1.7℃低下した（図5）。7～9月の裂果の発生状況は、遮光区で少ない傾向であったが、収量に差は認められなかった（表13）。

(2) 2008年

遮光区は、対照区に対して、日中の気温で平均2.2℃低く、湿度は平均3.9%高く推移し（図6）、果実温度も低かった（図7）。遮光期間の着果状況につ

表12 年次毎の耕種概要および遮光期間

年次（年）	品種	定植日	追肥量：N：P ₂ O ₅ ：K ₂ O（kg/a）	遮光期間
2007	桃太郎8	5月17日	OKF-17 OKF-3 N：P ₂ O ₅ ：K ₂ O=2.1：2.3：3.8	7月20日～9月25日 （常時展張）
2008	桃太郎8	5月19日	OKF-1 OKF-3 N：P ₂ O ₅ ：K ₂ O=1.5：0.9：2.7	7月7日～9月23日 （常時展張）
2010	みそら64	5月17日	OKF-3 N：P ₂ O ₅ ：K ₂ O=1.7：1.0：3.0	7月17日～9月23日 （晴天時のみ展張）

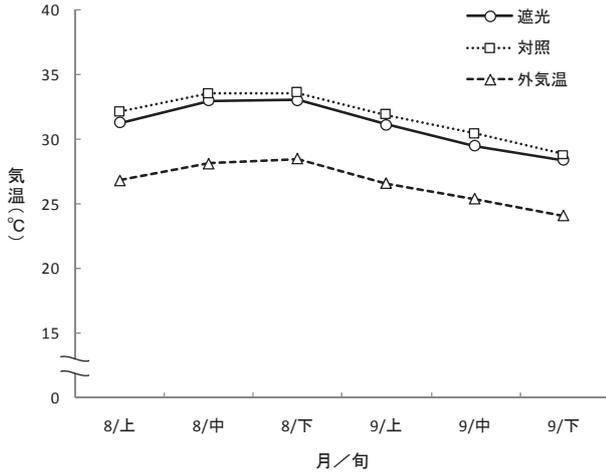


図4 遮光期間中の日中（10～15時）の気温の推移（2007年）

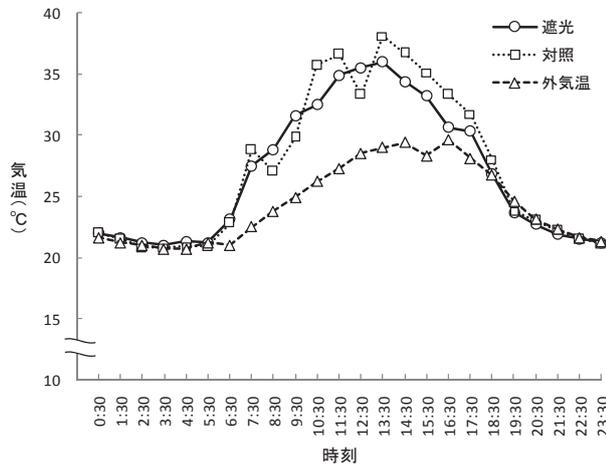


図5 遮光期間中の晴天日（8月10日）の気温の推移（2007年）

いては、8～9段果房で遮光区の着果数が多かった（表14）。これは、遮光による気温低下で、ストレスが減り、トマトの生育が良くなったためと考えられた。また、裂果の発生は、2007年の結果と同様に、遮光区で少ない傾向であり、空洞果が多く発生したが、

表13 遮光期間中の可販果収量および時期別裂果率（B+C+外品）（2007年）

試験区	収量 (kg/a)	裂果率 (%)		
		7月	8月	9月
遮光	1530	26.4	19.6	21.1
対照	1590	29.7	23.1	24.2

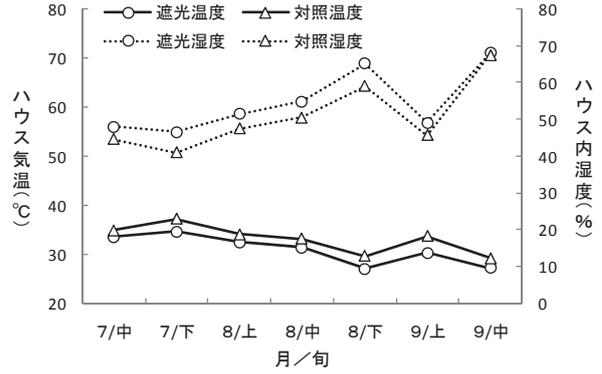


図6 遮光期間中のハウス内の気温と湿度（2008年）

収量に差は認められなかった（表15）。遮光による空洞果の発生については、光条件が関係しており、日照不足や開花後の遮光処理により発生が多くなるという報告⁷⁾と同様の結果となった。また、裂果は外品で差が認められ、夜温が下がり始める8月下旬から9月上旬に発生が少なかった（表16）。さらに、遮光の有無によるかん水量を調べたところ、遮光区の方が、対照区と比べて、かん水量が少なく推移した（図8）。これは、水耕トマトの低段密植栽培において、遮光処理を行った所、遮光により葉からの水分蒸散が抑制されるため、根からの水分吸収量が減少し、ひいては果実への流入量が減り、裂果の発生は減少するが、収量および品質が低下したという報告¹⁸⁾があるように、本試験では、pF値制御による自動かん水をおこなっているため遮光により吸水量が少なく、過剰な肥大が抑えられたため、遮光区で裂果が減少したと考えられる。

鈴木・柳瀬¹⁴⁾は、夏秋雨よけトマト栽培における放射状裂果およびくず放射状裂果の発生は、かん水方法やかん水量の違いによる土壌水分の変化の影響よりも、茎葉や果実への強い日射による影響が大きいとしているが、本試験の結果から、裂果の発生には、日射も影響を及ぼすが、かん水量（吸水量）や気温差（低夜温）の影響も大きいことが明らかとなった。

表14 遮光期間中の着果状況（果数）（2008年）

試験区	5段	6段	7段	8段	9段	10段	11段	全体
遮光	2.7	3.2	2.7	2.4	2.1	2.2	2.0	30.2
対照	3.1	3.4	3.2	1.7	1.4	2.4	2.2	30.3
分散分析結果	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	-

注) *は5%水準で有意差有り

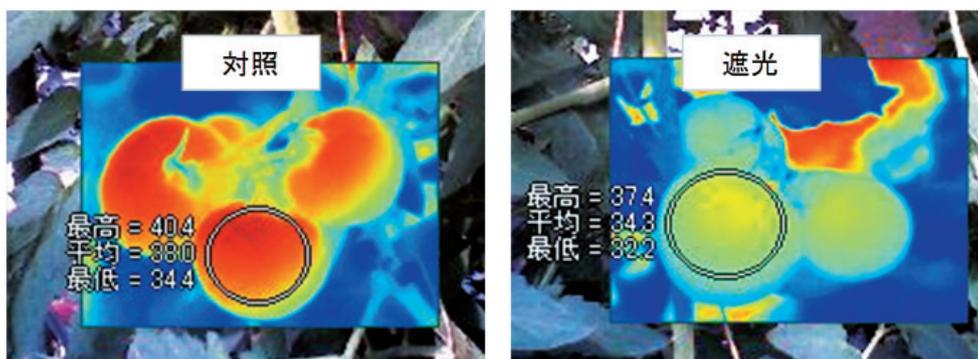


図7 遮光期間中の果実表面温度の比較（2008年9月16日）

表15 遮光期間中の可販果収量と障害果発生割合（2008年）

試験区	収量 (kg/a)	障害果率（%、C品以下）			障害果率（%、外品）			
		形状不良	裂果	空洞	窓あき	尻腐れ	形状不良	裂果
遮光	1058	6.4	10.7	18.8	1.7	3.4	3.7	1.0
対照	1048	7.9	12.9	13.2	3.6	5.6	3.3	4.6

表16 遮光期間中の時期別裂果（外品）発生状況（%）（2008年）

試験区	7月中	7月下	8月上	8月中	8月下	9月上	9月中	9月下	期間計
遮光	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	5.6	0.0	1.2
対照	0.0	0.0	0.0	0.0	14.6	18.7	5.0	0.0	5.7

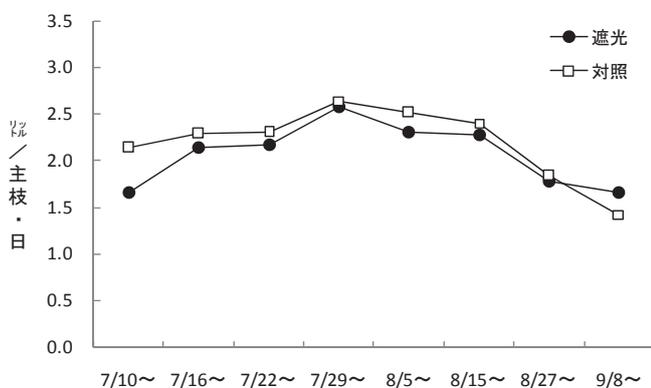


図8 遮光期間中のかん水量の推移（2008年）

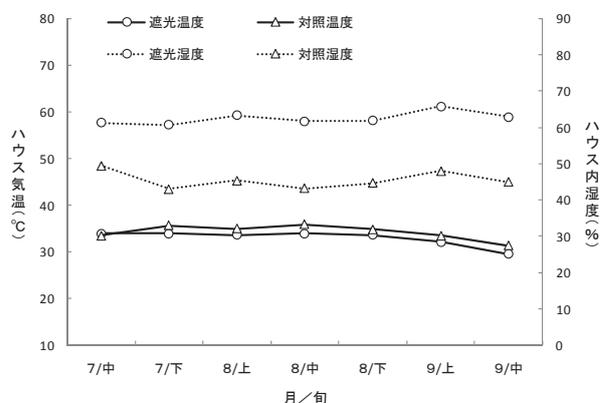


図9 遮光期間中のハウス内の気温と湿度（2010年）

(3) 2010年

遮光区は、対照区に対して、日中の気温で平均1.3℃低く、湿度は平均17%高く推移した（図9）。遮光区の照度は露地に対して平均47%、対照区（ハウスビニルのみ）に対して平均26%低下した（図10）。遮光区はA品率が高かったものの、収量に有意差は認められなかったが、1果重が小さくなり、糖度が上昇した（表17）。これは、2008年と同様の結果となり、遮光により、ハウス内気温が低下、湿度が上昇し（図9）、かん水量が少なく推移したことが大きな要因となっていることが明らかとなった。障害果については、遮光区で裂果が少なく、高温時期の果実のへた周

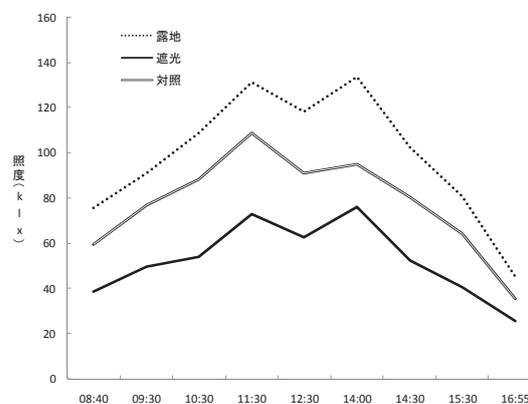


図10 遮光期間中（2010年7月21日）の照度

表17 遮光期間中の収量性（可販果）（2010年）

試験区	収量 (kg/a)	平均1果重 (g)	糖度 (%Brix)	規格品率 (%)			
				A品	B品	C品	外品
遮光	1143	204	6.4	54.2	28.2	8.4	9.1
対照	988	212	6.1	48.1	31.7	9.2	11.1
分散分析結果	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	*	n.s.

注) n.s.は有意差なし。*、**はそれぞれ5%、1%水準で有意差あり

表18 遮光期間中の障害果発生割合（個数%、形状、花落ち、空洞果はC品以下）（2010年）

試験区	形状	花落ち	裂果			空洞果	窓あき	尻腐れ
			B+C+外品	C+外品	外品			
遮光	7.3	7.6	15.3	1.9	1.9	0.8	1.5	1.1
対照	7.1	3.2	17.2	2.3	1.0	0.3	1.6	2.9
分散分析結果	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

注) n.s.は有意差なし。*は5%水準で有意差あり



対照区

遮光区

図11 遮光期間中の果実の状況（2010年）

辺のコルク部分が小さくなった（表18、図11）。二井内⁹⁾は、コルク層と放射状裂果との関係は明白であり、裂果率の低い品種では、コルク層の発生が少なかったとしている。また、清田⁶⁾は、コルク層は一種の日焼け現象であり、果面に強い日射を受けると形成されるとしている。鈴木ら¹⁶⁾は、肥大が旺盛な果実ほどコルク層が発達する傾向が見られたとしており、果実肥大には、養水分の転流が関係していることから、裂果の発生には、水分の多少も影響を及ぼしていると考えられる。

3カ年の結果から、遮光率20%の遮光資材「明涼」の被覆により、夏期晴天時の日中のハウス内気温が低下し、さらに、日射量を抑制したことで裂果の発生を軽減することができた。これまで、遮光資材によるト

マトの裂果発生抑制の研究は数多く行われてきており、野村ら¹⁰⁾は内張遮光に遮光率30~40%のふあふあSL40を、岡崎・太田¹¹⁾はハウスビニルの外側に遮光率55~60%の寒冷紗を、山下・林¹⁸⁾は内張遮光にダイオネット（黒）を用い、遮光率47%および69%の試験区を設け、遮光試験を行っているが、いずれの試験も、遮光処理をすることで裂果の発生は減少するが、収量および品質の低下が認められている。そのため、野村ら¹⁰⁾および岡崎・太田¹¹⁾は時間帯（日中）により遮光する方法が良いとしている。これらに対して、本試験では、空洞果が若干増えるというはあるものの、遮光率の低い資材を用いれば、遮光処理による収量の減少は認められないことが明らかとなった。

2 果房遮光が裂果に及ぼす影響

1) 材料および方法

試験は2011年に実施した。標高151m（厚層腐植質黒ボク土）の試験場内雨よけハウス（間口6m、長さ27m）にて、「みそら64」（台木：がんばる根11号）を5月16日に定植した。栽植様式は、畝幅200cm、株間50cm、1条植、仕立て方法については、2本仕立てで、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、追肥にOKF-3をN:P₂O₅:K₂O =1.6:0.9:2.8kg/a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、タイマー連動のpF制御によるかん水同時施肥で行い、気象条件に応じ、かん水の時間帯を変動させた。また、3段果房以降、各段の果房直下の腋芽を残し、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、7～8分着色で収穫した。

果房遮光の処理法は、厚さ1mm、直径19cmのアルミ蒸着シートを7月11日から果房上の茎に取り付け、果実が隠れるように被覆し（図12）、裂果の発生状況について調査を行った。

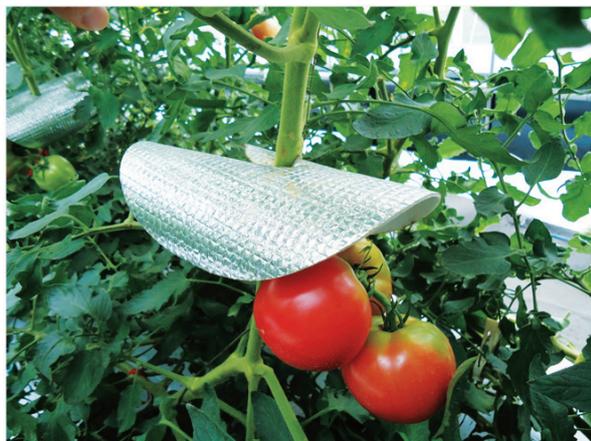


図12 果房遮光の設置状況（2011年）

2) 結果および考察

果房を直接遮光することにより、対照区に比べ、裂果率が著しく減少した（表19）。時期別の裂果発生率の推移を見ても、果房遮光区で裂果率が低く推移しており、特に、10月下旬の差が大きかった（図13）。鈴木ら¹⁵⁾の報告によると、10月以降のくず放射状裂果発生率が高く推移したのは、出荷基準の果色程度が夏期より赤くなることにより収穫までの期間が長くなり、放射状裂果発生リスクが高まったことに加え、気温の低下に伴い呼吸による消耗が少なくなり、果実への転流・分配が促進され果実肥大が進んだこと、さらに着果数の減少に伴い、転流・分配が集中した事によるものと推察されるとしている。本試験で得られた結果も同様の見解である。7月上旬開花は8月中旬に収穫可能となり、約35日要した。この間の積算日射量は630MJ、積算日照時間は203時間であった。8月下旬開花は10月中旬に収穫可能となり、約50日要した。この間の積算日射量は661MJ、積算日照時間は248時間であった。このように、10月以降は、収穫までの期間が長くなり、果実が長期間、光をあびる条件下におかれることから裂果の発生が増加すると考えられる。8～9月は遮光資材による遮光の影響からあまり差がみられなかった。また、収穫果数、収量、着果数は裂果および形状不良果が少なかったこともあり、果房遮光区の方が多く、A品の割合が高かった（表20）。

鈴木ら¹⁶⁾や二井内⁹⁾の報告と同様に、本試験においても、果実への光を遮ることにより、全収穫期間を通じて、裂果の発生を軽減させることができた。ただし、この技術を現場に普及するためには、資材コストと作業時間が問題となる。本試験で利用した資材は15円/枚であり、作業時間は1枚設置するのに6～7秒要するため、実用的な技術にするためには、今後改良が必要である。

表19 果房遮光の有無による障害果発生割合（個数%）

試験区	裂果			C+外品		外品		
	B+C+外品	C+外品	外品	形状不良果	空洞果	窓あき果尻	腐れ果形状	不良果
果房遮光	24.4	3.8	3.1	2.6	0.8	0.3	0.5	2.0
対照	43.3	6.8	3.9	5.3	0.0	0.2	1.9	4.8
分散分析結果	*	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

注) n.s.は有意差なし。*は5%水準で有意差あり

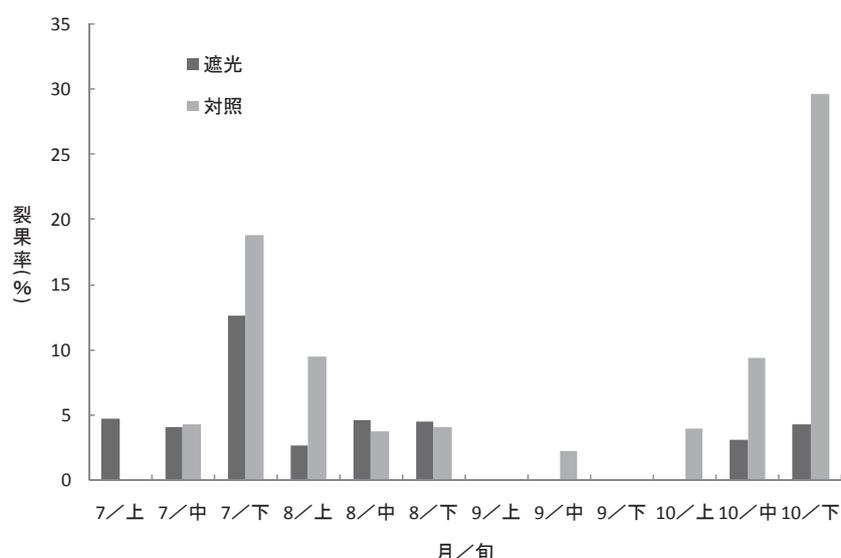


図13 果房遮光の有無による時期別裂果率(%, C+外品)の推移(2011年)

表20 果房遮光の有無による収量性(可販果)

試験区	収穫果数 (個/a)	収量 (kg/a)	平均1果重 (g)	平均着果数 (個/果房)	糖度 (%Brix)	規格品率(%)			
						A品	B品	C品	外品
果房遮光	7175	1357	189	2.5	5.4	58.0	32.3	3.8	5.9
対照	6550	1235	188	2.3	5.3	36.5	47.5	5.3	10.7
分散分析結果	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	*	n.s.	n.s.

注) n.s.は有意差なし。*、**はそれぞれ5%、1%水準で有意差あり

3 UVカットフィルムが裂果に及ぼす影響

1) 材料および方法

試験は2011年に、標高151mの試験場内雨よけミニハウス(間口1.8m、長さ13m)で行った。株間40cm、1条植、糸つり誘引の2本仕立てにて、養液栽培用の発泡スチロール枠による完全隔離床で栽培を行い、地下部の水分条件を均一にした(図14)。施肥およびかん水は、培地にパークを用い、基肥として、苦土重焼燐4.0kg/a、苦土石灰15kg/aを施用した。追肥およびかん水には大分方式かん水施肥装置を使用し、点滴チューブ(ストリームライン80、20cmピッチ)による2条点滴かん水施肥を行った。液肥は、OKF-3を使用し、日の出から日の入りまで1時間おきにかん水施肥を行った。区制は、1区28株で、反復を設けず行った。また、5段果房直下で摘心した。

試験方法は、ミニハウスを半分に区切り、半分にはUVカットフィルム(POムテキ、0.1mm)を、もう半分には非UVカットフィルム(オカモトPO強果、0.1mm、対照)を展張した。試験は2作実施した。1作目は、5月24日に接ぎ木苗(台木:がんばる根11

号)を定植し、8月1日まで収穫調査を行った。2作目は、1作目終了後直ちに株を抜き取り、新たに、接ぎ木苗(台木:がんばる根11号)を定植(8月1日)し、11月21日まで収穫調査を行った。1作目は7~8分着色で、2作目は2分着色で収穫した。



図14 UVカットフィルム試験の栽培状況(2011年)

2) 結果および考察

UVカットフィルム区の方が1作目、2作目ともに裂果の割合が低かった（表21、図15）。なお、1作目のC品、外品に大きな差が見られなかったのは、7～8分着色で収穫したためと思われる。また、果実表面も対照区に比べて、UVカットフィルム区の方が細かいひび割れが少なく（図16）、このことが裂果の度合いに影響しているものと思われる。さらに、へた周辺部のコルク層もUVカットフィルム区で少なかった（図15）。清田⁶⁾は、コルク層は一種の日焼け現象であり、果面に強い日射を受けると形成されるとしており、二井内⁹⁾は、裂果率の低い品種では、コルク層の発生が少なく、コルク層と放射状裂果との関係は明白であるとしていることから、コルク層の有無は裂果発生に大きく関与していると示唆され、本試験においても、UVカットフィルムの使用により、コルク層の発生を抑制することができ、裂果の発生も少なくなったと考えられる。

このように、UVカットフィルムの展張により、日射（主に、紫外線）を遮ることで、裂果の発生を軽減できることが新たな知見として得られた。裂果発生要因解明のためには、今後さらなる研究が必要である。



対照 UV カットフィルム

図15 フィルムの違いによる裂果状況（2011年）



対照 UV カットフィルム

図16 フィルムの違いによる裂果状況（拡大）（2011年）

表21 フィルムの違いによる裂果発生割合（個数%）

試験区	1作目			2作目		
	B+C+外品	C+外品	外品	B+C+外品	C+外品	外品
UVフィルム	55.0	30.0	24.0	40.1	13.5	9.2
対照	79.3	41.3	25.3	81.1	41.8	23.2

IV 裂果発生抑制のための栽培法

ここまで、遮光資材やUVカットフィルムによる遮光で裂果対策を講じてきたが、資材を用いる環境制御だけでなく、栽培方法の違いでも裂果の発生に違いがみられることから、裂果抑制のための整枝法および栽植密度について検討を行った。

1 整枝法の検討

1) 材料および方法

試験は2008、2010年に実施した。耕種概要については、II裂果しにくい品種の選定と同様に行った。品種

として、2008年は「桃太郎8」、2010年は「みそら64」を供試した。

整枝法の検討として、2008年は、腋芽残し（果房直下の腋芽を3葉残し摘心）区、連続2段摘心区、斜め誘引区、糸つり誘引区（対照区）の4処理区設け、2010年は腋芽残し（果房直下の腋芽を4葉残し摘心）区、糸つり誘引区（対照区）の2処理区設け、収量性および裂果率を調査した。2008年は2分着色で、2010年は7～8分着色で収穫し、調査を行った。また、2010年は遮光資材（明涼、遮光率20%）を7月17日から9月23日まで晴天日のみ展張した。

2) 結果および考察

(1) 2008年

整枝法による時期別の外品裂果発生状況は腋芽残し区で若干低い傾向であったが、違いは判然としなかった（表22）。収量は、連続2段摘心区で1果重が重く、収穫果数が少なかったが処理区間における有意差は認められなかった（表23）。

(2) 2010年

腋芽を残すことにより、葉面積が増加し（草勢維持につながり）、収量が増加する傾向にあったが、有意差は認められなかった。また、裂果は果実上部の葉面積が増えることによる遮光効果もあり、減少した。糖

度はやや上昇傾向にあったが、有意差は認められなかった（表24）。

以上の結果から、果房直下の強い腋芽を残すと、葉面積が増え、草勢維持につながった。また、果実上部の葉面積が増えることによる遮光効果もあり、裂果が減少した。ただし、腋芽を4枚残すと、葉が繁茂し、病気等が増える可能性が考えられたため、腋芽は2枚程度残し摘心する方法が実用的と考えられた。鈴木・柳瀬¹⁴⁾は、斜め誘引をすることで遮光同様の効果が期待できるとしており、腋芽残しの技術は、斜め誘引で行う場合、葉が混み合うので、糸つり誘引（垂直誘引）に向けた技術であると考えられる。

表22 整枝法の違いによる時期別外品裂果発生状況（個数%）（2008年）

試験区	7月下	8月上	8月中	8月下	9月上	9月中	9月下	期間計
腋芽残し	0.0	0.0	2.5ab	10.0	4.5	5.6	0.0	3.1
連続2段摘心	0.0	0.0	22.3ab	18.8	21.5	7.1	0.0	8.1
斜め誘引	0.0	0.0	15.9ab	0.0	11.5	5.0	0.0	4.6
糸つり誘引（対照）	0.0	0.0	0.0b	14.6	18.7	5.0	0.0	5.7
分散分析結果	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

注) n.s.は有意差なし。*は異なるアルファベット間で有意差あり（Tukey法、 $p < 0.05$ ）

表23 整枝法の違いによる収量性（可販果）（2008年）

試験区	収穫果数 (個/a)	収量 (kg/a)	平均1果重 (g)	収穫段数 (段)
腋芽残し	5200	1070	206	13
連続2段摘心	4760	1070	225	12
斜め誘引	5520	1147	208	13
糸つり誘引（対照）	5020	1048	209	13

注) 分散分析による有意差なし

表24 整枝法の違いによる収量性（可販果）および障害果発生割合（個数%）（2010年）

試験区	収量 (kg/a)	平均1果重 (g)	規格品率 (%)				障害果率 (C+外品) (%)		糖度 (%Brix)
			A品	B品	C品	外品	裂果	空洞果	
腋芽残し	932	216	54.2	23.1	8.8	13.9	11.2	1.6	6.6
糸つり誘引（対照）	927	209	49.4	26.5	9.7	14.4	12.5	0.0	6.4

注) 分散分析による有意差なし

2 栽植密度の検討

1) 材料および方法

試験は2008年に実施した。標高544m（灰色低地土）の試験場内雨よけハウス（間口6m、長さ27m）にて、「桃太郎8」（台木：がんばる根トリパー）を7月7日に定植した。栽植様式は、畝幅200cm、1条植、仕立てに方法については、2本仕立てで、糸つり誘引とした。栽植密度は、株間35cm（143株/a）、株間40cm（125株/a）、株間50cm（100株/a、対

照）の3処理について検討した。施肥は、基肥に苦土重焼燐3.0kg/a、苦土石灰12kg/a、牛豚ふんバーク堆肥200kg/a、追肥にOKF-3を株間35cm区では窒素成分で0.95kg/a、株間40cm区では窒素成分で0.81kg/a、株間50cm（対照）区では窒素成分で0.63kg/a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、タイマー連動のpF制御によるかん水同時施肥で行った。かん水の時刻の設定は、概ね日の出から日の入りまで1時間おきに設定し

た。天井フィルムは非UVカットフィルムを使用し、2分着色で収穫した。

2) 試験結果および考察

a当たりの収量は、株間35cmが最も多かったものの、その増加割合は1.19倍であり、栽植密度の増加割合の1.43倍よりもやや低く、1果重も小さかった（表25）。障害果は、密植すると裂果が減少し、空洞果が多くなる傾向にあったが、有意差は認められなかった（表25）。特に、株間40cm区では外品になる裂果が少なかった（図17）。栽培終了時の生育には有意差は認められなかった（表26）。

以上の結果から、栽植密度を高めると、空洞果が若干増えるものの、裂果が減少し、収量性が向上した。裂果が減少したのは、過密になることで、果実に光が当たりにくくなり、遮光効果によるものと考えられる。また、栽植密度が高くなると、1株当たりの水の量が制限され、果実への水の流入が少なくなり、果実肥大が抑制傾向になることも裂果軽減に関与したのではないかと考えられる。なお、糸つりによる垂直誘引では、裂果の発生には株間35cm区と株間40cm区では差がなく、栽植本数と収量性の関係や作業性を考慮すると、株間40cmが実用的な栽植密度である。

表25 栽植密度の違いによる収量性（可販果）および障害果発生割合（個数%、形状・花落ち・空洞果はC品以下）（2008年）

試験区	収穫果数 (個/a)	収量 (kg/a)	平均1果重 (g)	形状	花落ち	裂果		空洞果	窓空き	尻腐れ
						C+外品	外品			
株間35cm	4503b	820a	182a	7.7	1.1	12.2	5.5	17.7	4.4	0.5
株間40cm	4150a	791a	191ab	6.7	0.0	12.4	3.6	16.1	4.1	2.1
株間50cm（対照）	3120A	689b	221b	10.2	0.0	16.1	8.6	11.3	2.7	0.5
分散分析結果	**	*	*	n.s.						

注) n.s.は有意差なし。*、**はそれぞれ5%、1%水準で有意差あり
異なるアルファベット間で有意差あり（大文字：1%、小文字：5%水準、Tukey法）

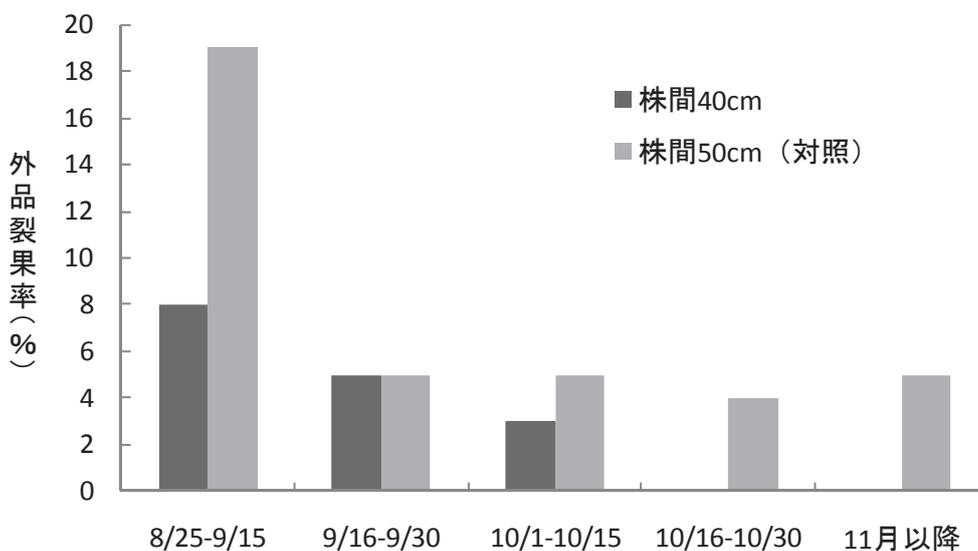


図17 栽植密度の違いによる外品裂果率 (%) の推移（2008年）

表26 栽植密度別の栽培終了時の生育状況（2008年）

試験区	草丈 (cm)	葉数 (枚)	茎径 (mm)						茎重 (g)	節間長 (cm)	開花段数 (段)
			1段	3段	5段	7段	9段	11段			
株間35cm	324	40	11.6	12.2	11.4	11.7	10.8	10.3	507	8.1	11.1
株間40cm	330	40	12.1	12.8	11.5	11.8	10.1	10.3	501	8.2	11.0
株間50cm（対照）	310	40	12.0	13.7	12.0	12.2	11.1	10.7	536	7.8	11.4

注) 分散分析による有意差なし

V 気象予測を利用した水分管理による裂果軽減効果

本試験の結果（Ⅱ-1）から、裂果の発生には日射も影響を及ぼすが、かん水量（吸水量）や気温差（昼夜温）の影響も大きいと考えられる。そこで、気象要因と裂果の関係を調査し、その結果を基に、気象条件を考慮した水分管理が裂果に及ぼす影響について検討した。

1 気象要因と裂果の関係調査

1) 材料および方法

試験は2007年に実施した。標高544m（灰色低地土）の試験場内雨よけハウス（間口6m、長さ27m）にて、「桃太郎8」（台木：がんばる根11号）を5月10日に定植した。栽植様式は、畝幅200cm、株間50cm、2条植（200株/a）とし、簡易隔離床形式で栽培を行った。隔離床には、上幅50cm、深さ25cmに防根透水シートを埋設し、培土には、土壌：杉バーク

= 3 : 2の割合で混合し、投入した。施肥および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、タイマー連動のpF制御によるかん水同時施肥（窒素成分で4.0kg/a）で行った。かん水の時刻の設定は、概ね日の出から日の入りまで1時間おきに設定し、生育初期はpF値を設定せずかん水を行い、3段花房開花および摘心以降はpF1.9で、4段花房開花～摘心まではpF1.8で管理した。裂果要因調査として、気温および湿度と裂果の関係について、場内気象観測装置を利用し、調査を行った。

2) 試験結果および考察

裂果率は収穫期間を通し、湿度と負の相関が、日最高最低気温差（日較差）および日射量と正の相関が認められた。7月の裂果は梅雨後の多日照、外気温（高温）、乾燥条件により、8月の裂果は外気温（高温）、乾燥条件により増加すると考えられ、9、10月の裂果は気温が高い程少ない傾向であった。また、10月はハウス内最高気温が高く、最低気温が低い（日較

表27 気象条件等と裂果率（%）の相関（2007年、相関係数）

月\項目	湿度	日射量	平均外気温	最高外気温	最低外気温	日較差	かん水量	ハウス内平均気温	ハウス内最高気温	ハウス内最低気温	ハウス内日較差
7月	△0.71	0.68	0.65	0.68	0.45	0.72	0.70	—	—	—	—
8月	△0.63	0.07	0.51	0.61	△0.16	0.72	0.66	0.03	0.37	△0.23	0.74
9月	△0.47	0.30	△0.32	△0.23	△0.35	0.32	0.17	△0.60	△0.55	△0.62	0.32
10月	△0.70	0.46	△0.68	△0.72	△0.75	0.75	△0.40	△0.72	△0.46	△0.83	0.94
7～10月	△0.53	0.16	△0.36	△0.18	△0.52	0.64	△0.02	—	—	—	—

注) 気象条件、かん水量は収穫前1週間の平均値

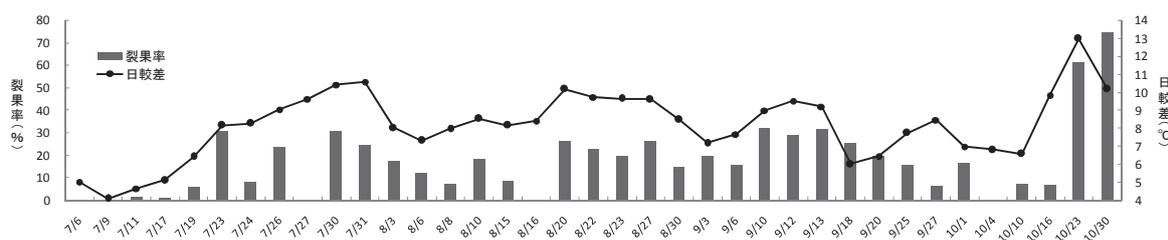


図18 気温の日較差と裂果率の関係（2007年）

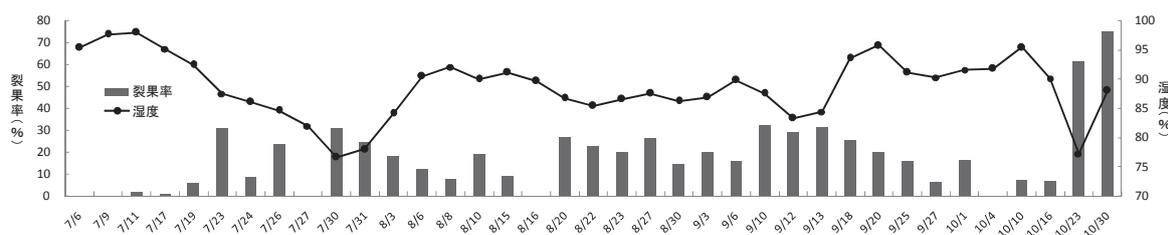


図19 湿度と裂果率の関係（2007年）

差が大きい）程、裂果の発生が多い傾向が認められた（表27、図18、19）。

2 気象予測を利用した水分管理による裂果軽減効果

V-1の気象要因と裂果の関係調査から、裂果発生には日最高最低気温差（日較差）と正の相関が認められたため、気温に着目した水分管理について検討した。

1) 材料および方法

試験は2008、2009年の2カ年は標高544m試験場内圃場で、2010年は標高151m試験場内圃場、標高580m現地実証圃場の2カ所で行った。品種は「桃太郎サニー」を供試した。場内試験の耕種概要については、II裂果しにくい品種の選定と同様に行った。現地試験は4a規模で行い、かん水には散水チューブを用いた。

まず、気温と裂果の関係を調べるために、2007年と同様に、日較差および最低気温と裂果発生率との関係を調査した（2008～2009年）。裂果発生状況を確認する収穫調査は、2008年は週3回の割合で行った。2009年はさらに詳細に裂果状況を把握するため、ほぼ毎日収穫調査を行った。また、日較差および最低気温は収穫前7日間より収穫前3日間の方が裂果発生率と相関が高かったため、収穫前3日間の日較差および最低気温と裂果発生率との関係を調査した。次に、トマトの吸水パターンを調べるために、土壌水分（pF値）を用いて推測されるトマトの吸水量を2009年の6～10月にかけて調査した。続いて、気温およびトマトの吸水と裂果の関係の結果から、夏秋トマトにおいて実用的な栽培技術とするために、気温予測（最低外気温予測）に準じた変動かん水を行った（2009～2010年）。試験区の設定としては、最低気温予測（近傍のアメダスデータ）が25℃以上で午前7時、20℃前後で午前8時、15℃前後で午前10時にかん水開始時間を設定した

（以下、変動かん水区）。対照区として、日照開始時間帯に概ね合わせた午前6時にかん水を開始する区を設けた。かん水施肥は、タイマー連動のpF制御で行った。かん水時刻の設定は、対照区では、概ね日の出（午前6時）から日の入り（午後5時）まで1～2時間おきに設定し、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pF2.0で管理した。変動かん水区においても、かん水間隔、pF値の設定は対照区と同様に、かん水開始時刻のみ変動させた。なお、両区ともに、かん水開始時刻は強制的にかん水および施肥を行い、以降の時間帯は、pF制御でかん水のみ行った。

2) 結果および考察

(1) 気温と裂果の関係（裂果発生と環境要因）

（2008～2009年）

収穫前3日間の平均日較差（最高気温と最低気温の差）と裂果発生状況を調査した結果、日較差と裂果発生率には正の相関があり、特に、気温の日較差が9℃以上となると裂果が多くなる傾向が認められた（図20）。また、収穫前3日間の平均最低気温と裂果発生状況を調査した結果、最低気温が20℃を下回ると裂果の発生が多くなった（図21）。

(2) トマトの吸水パターン（2009年）

トマトの吸水を土壌水分（pF値）で把握するための予備試験として、トマトを植えた1/2000aワグネルポットと土のみの1/2000aワグネルポットを用い、白黒マルチ被覆下で土壌水分（pF値）の動きを調査した。その結果、土のみのポットでは土壌水分の変動がほとんどみられなかった（データ省略）ため、マルチ被覆下では、土壌からの水分蒸発はほとんどなく、土壌水分の変化はトマトの吸水によるものと考えられた。そこで、トマトの土壌水分（pF値）を指標とし

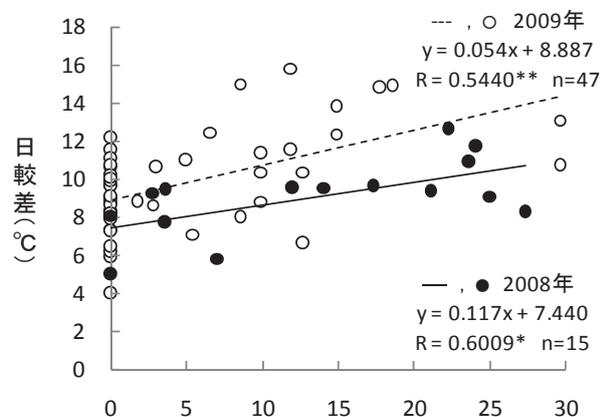


図20 収穫前3日間の平均日較差と裂果発生率（C+外品）（2008～2009年）

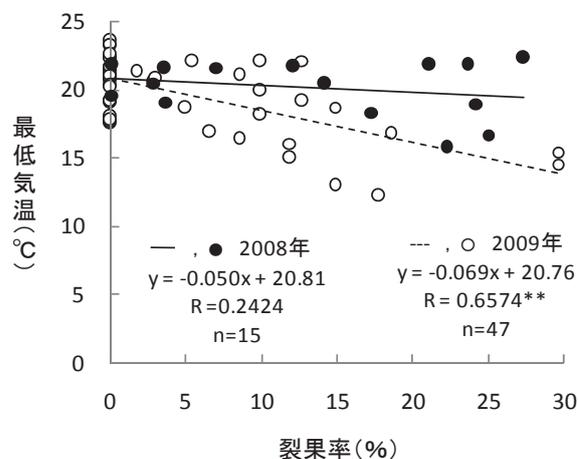


図21 収穫前3日間の平均最低気温と裂果発生率（C+外品）（2008～2009年）

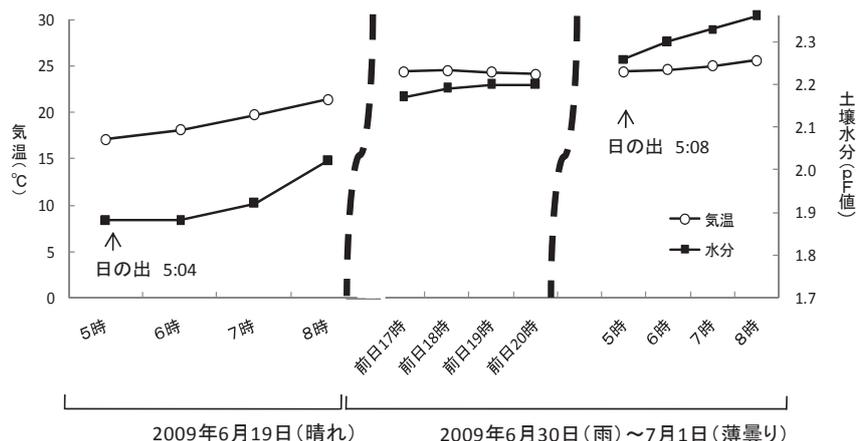


図22 土壌水分(pF値)と外気温との関係(代表値)(2009年)

注1) 白黒ダブルマルチの白面を全面に被覆条件下で調査した
 注2) 外気温は2009年の試験場内観測を活用した

た見かけ上の吸水パターンを6～10月にかけて調査した結果、トマトの吸水は、概ね20℃を境に外気温の上昇(日射量の増大)とともに多くなる傾向であり、日射量が少ない曇天時でも、外気温が24℃を超えていれば、吸水が認められた(図22)。

(3) 水分管理による裂果軽減効果(2009～2010年)

これまでの結果を基に、最低気温に準じた変動かん水を行った結果、裂果は対照区に比べて変動かん水区での発生が少なく、特に、裂果程度の激しい外品になるほど、その傾向が強かった(図23)。また、裂果以外の障害果の発生には差が無く、収量性についても、変動かん水区で対照区より1果重が軽くなる傾向があるものの、収量には差が認められなかった。品質は、2009年では、変動かん水区で外品の割合が少なく、A品、B品の割合が高くなる傾向であった。2010年にお

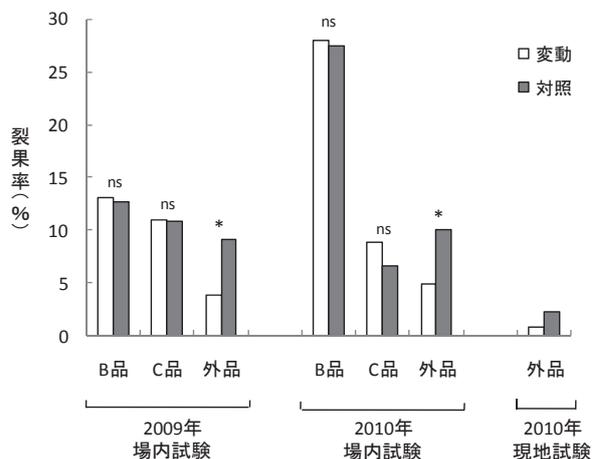


図23 規格別裂果率(%) (2009～2010年)

注1) *は5%水準で有意差有り

表28 水分管理の違いによる収量性(可販果)

年次(年)	試験区	収量(kg/a)	平均1果重(g)	規格品率(%)			
				A品	B品	C品	外品
2009	変動かん水	1350	208	20.1	33.6	14.4	11.9
	6時かん水(対照)	1390	225	16.4	31.8	18.6	16.7
	分散分析結果	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	**
2010	変動かん水	729	208	17.9	42.0	22.6	17.5
	6時かん水(対照)	787	200	17.2	45.5	18.0	19.3
	分散分析結果	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
現地試験(2010)	変動かん水	585	-	-	-	-	-
	6時かん水(対照)	574	-	-	-	-	-

注1) n.s.は有意差なし。*、**はそれぞれ5%、1%水準で有意差あり
 注2) 現地試験はかん水処理期間(7/23～10/1)のみの結果

いても、外品の割合が少なかった（表28）。現地試験でも、変動かん水区は対照区より外品裂果の割合が減少した（図23）。2010年の場内試験は標高151mということもあり、夏期に高温が続き、全体的に着果数が少なかった。そのため、収量や品質にあまり差がでなかったと考えられた。また、2010年は8月下旬からの最低気温の下がり方が、平年より緩慢であったため、裂果が少ない年と思われた。現地においても裂果が少ない状況であった。

以上の結果から、トマトの吸水開始を考慮して、最低外気温予測に準じた変動かん水を行うことにより、裂果の発生を軽減でき、秀品率も向上することが明らかとなった。また、現地への成果普及として、普及現場と連携して、変動かん水を基本技術に組み入れるとともに、気象予測を利用し、最低気温の大幅な低下が予測される時には裂果注意報を出している（図24）。

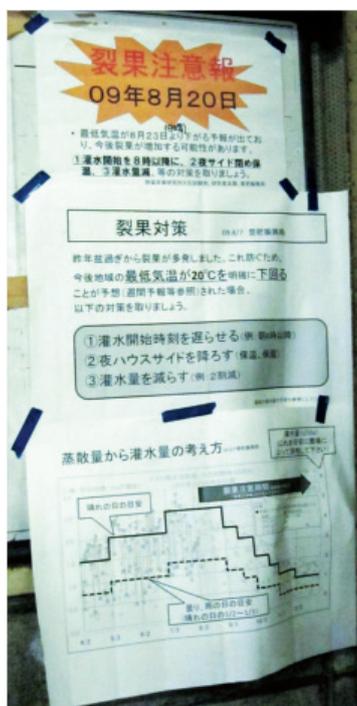


図24 生産現場へ向けた裂果注意報の発信状況

VI 総合考察

本研究では、2007年から2011年にかけて、夏秋雨よけトマト栽培における裂果軽減技術の確立を目的に取り組んだ。

裂果発生には品種間差が報告されており^{4,9,12,13}、本研究においても、裂果しにくい品種の選定を行い、「みそら64」を有望な品種として選定した。「みそら64」は、裂果が少なく、秀品率が非常に高く、早生性であるため、収量性に優れている一方で、果実が大き

くなりやすく、従来品種の桃太郎系統と比較して、葉が水平方向へ開張し、草姿がコンパクトであるため、同心円状裂果の割合が高いが、他品種より裂果発生が非常に少ないという特徴がある。

遮光資材を用いた遮光処理が裂果に及ぼす影響を調査した結果、遮光率20%程度の遮光資材「明涼」を被覆することで、収量を落とすことなく、夏期晴天時の日中のハウス内気温を低下させ、日射もやわらげることができ、裂果の発生を軽減することができた。これまで、遮光によるトマトの裂果発生抑制の研究は数多く行われてきており、遮光処理を行うことで裂果の発生は減少することが明らかとなっているが、収量および品質の低下が認められた報告もある^{10,11,18}ため、遮光率の低い資材を使用する、あるいは、時間帯（日中）により遮光する方法が良いと考えられた。また、本試験では、遮光により、高温時期の果実のコルク部分が小さくなることを確認しており、二井内⁹の報告と一致することから、強日射が裂果の発生に関与していると考えられた。また、アルミ蒸着シートにより果房遮光を行った結果、裂果の発生を軽減させることができた。さらに、UVカットフィルムが裂果に及ぼす影響を検討した結果、UVカットフィルムの使用により、日射（主に、紫外線）を遮ることで、コルク層の発生を抑制し、裂果の発生を軽減できることが新たな知見として得られた。紫外線とコルク層の発生と裂果の関係については今後のさらなる研究が必要である。

裂果抑制のための栽培方法として、整枝法および栽植密度について検討を行った。鈴木・柳瀬¹⁴は、斜め誘引をすることで遮光同様の効果が期待できるとしている。二井内⁹も果実が葉で被覆されると同心円裂果が減少すると報告しており、本試験においても、果房直下の強い腋芽を残すと、果実上部の葉面積が増え、遮光効果により裂果が減少した。また、栽植密度を検討した結果、栽植密度を高めると、空洞果が増えるものの、裂果を抑え、収量性が向上した。

裂果と日射の関係については、鈴木・柳瀬¹⁴も、夏秋雨よけトマト栽培における放射状裂果およびくず放射状裂果の発生は、かん水方法やかん水量の違いによる土壌水分の変化の影響よりも、茎葉や果実への強い日射による影響が大きいとしているが、トマトの土耕栽培においては、土壌水分すなわちかん水頻度あるいは降雨が裂果の発生に大きな影響を及ぼすという報告^{5,8}や、ミニトマトの裂果発生率は、収穫前の降雨や高湿度、低夜温などにより増加したという報告⁴からも、裂果の発生には日射も影響を及ぼすが、かん水量（吸水量）や気温差（低夜温）の影響も大きいと考えられた。そこで、気象条件を考慮した水分管理を行い裂果に及ぼす影響について検討した。その結果、裂果の発生は、湿度と負の相関が、日最高最低気温差

（日較差）、日射量と正の相関が認められ、日較差の影響が大きいことを明らかにした。そこで、トマトの吸水開始を考慮して、最低外気温予測に準じた変動かん水を行うことにより、裂果の発生を軽減でき、秀品率も向上することが明らかとなった。

これらの結果から、裂果は、強日射や土壌水分（かん水量）、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が、8～10月を中心とした裂果対策の重要性（順番）としては、UVカットフィルムや遮光、腋芽残し（草勢維持）、密植により、まず、①光線（UV）を遮断または減光する。次に、②気温の変化に応じたかん水を行うことで裂果を最小限にできるものと思われる。また、冒頭にも述べたように、時期別、生育ステージ別の裂果の発生要因は様々であり、その全てを解明するためには、かん水（吸水）と生体反応の詳細な調査、解明等の課題が数多く残されており、今後のさらなる研究が必要であると考えられる。

Ⅶ 摘 要

夏秋トマトの8～10月を中心とした裂果軽減対策について、着果性に優れ、裂果しにくい品種の選定を行うとともに、遮光等による減光、栽培管理、水分管理等の面から検討を行った。

1 裂果しにくい品種の選定

「みそら64」は裂果が少なく、収量および秀品率も高いことから、夏秋栽培で有望な品種である。

2 減光による裂果軽減効果

遮光率20%の遮光資材「明涼」の天井被覆により、夏期晴天時の日中のハウス内気温の低下および日射を遮ることができ、裂果の発生が軽減できる。また、アルミ蒸着シートにより果房を直接遮光することにより、裂果が著しく減少する。さらに、UVカットフィルムの展張により、日射（主に、紫外線）を遮ることで、裂果の発生を3～5割程度軽減できる。

3 裂果発生抑制のための栽培法

果房直下の強い腋芽を残すと、果実上部の葉面積が増え、遮光効果により裂果の減少効果が認められ、糸つり誘引（垂直誘引）に適した技術である。また、栽植密度を高めると、空洞果が増えるものの、裂果が減少し、収量性が向上することから、栽植本数と収量性の関係や作業性を考慮すると、株間40cmがよい。

4 気象予測を利用した水分管理による裂果軽減効果

裂果率は、湿度と負の相関が、日最高最低気温差（日較差）、日射量と正の相関が認められる。特に、気温の日較差が9℃以上となると裂果が多くなる傾向を示し、最低気温が20℃を下回ると裂果の発生が多くなる。また、概ね20℃を境に外気温の上昇（日射量の増大）とともにトマトの吸水が始まる傾向であること

から、トマトの吸水開始を考慮して、最低外気温予測に準じた変動かん水を行うことにより、裂果の発生を軽減でき、秀品率も向上する。

引用文献

- 1) 雨ヶ谷洋・小沼寛・中垣至郎. 近紫外線除去フィルムが作物の生育、害虫の寄生に及ぼす影響（第3報）トマトの生育に及ぼす影響. 茨城園試研報（1984）；12：81-88.
- 2) Corey, K. A. and Z-γ Tan. Induction of changes in internal gas pressure of bulky plant organs by temperature gradients. J. Amer. Soc. Hort. Sci.（1990）；115：308-312.
- 3) Frazier, W. A. and J. L. Bowers. A report on studies of tomato fruit cracking in Maryland. Proc. Soc. Hort. Sci.（1947）；49：241-255.
- 4) 伊藤裕朗・村上実・河合伸二. ミニトマトの生産安定に関する研究（第1報）品種、栽培及び環境条件と裂果の発生との関係について. 愛知県農業総合試験場研究報告（1990）；22：133-140.
- 5) 上村昭二・吉川宏昭・伊藤喜三男. トマトの裂果に関する研究. 園試報C（盛岡）（1972）；7：73-138.
- 6) 清田勇. 基礎編 雨よけ栽培, II栽培技術の要点. 農業技術体系野菜編トマト. 農文協（1982）；354の8-354の13.
- 7) 豆塚茂実. 基礎編 生理障害の原因と対策, 主な障害果の原因と対策（追録第22号）. 農業技術体系野菜編第2巻トマト. 農文協（1997）；529-531.
- 8) 二井内清之・本多藤雄・太田成美. トマトの裂果に関する研究（第1報）, 裂果の機構について. 園芸学会雑誌（1960）；29：287-293.
- 9) 二井内清之. トマトの裂果に関する研究. 園芸試験場報告D第1号（1963）；117-154.
- 10) 野村康弘・鈴木隆志・塩谷哲也. 遮光資材による夏秋トマト裂果発生抑制技術. 岐阜県中山間農業技術研究報告書（2005）；（5）；11-16.
- 11) 岡崎徹哉・太田弘志. 遮光処理が夏秋トマトの生育、収量に及ぼす影響. 東北農業研究（2006）；59：185-186.
- 12) 太田勝巳・伊藤憲弘・細木高志・杉 住彦. 水耕ミニトマトにおいて湿度が裂果発生に及ぼす影響ならびに裂果発生の制御. 園芸学会雑誌（1991）；60（2）；337-343.
- 13) 太田勝巳. ミニトマトにおける裂果発生の機構解明とその制御に関する研究. 京都大学博士論文.（1996）；1-115
- 14) 鈴木隆志・柳瀬関三. 夏秋トマト雨よけ栽培における放射状裂果の発生に及ぼす灌水および整枝の影

- 響. 園芸学会雑誌（2005）；4（1）：75-79.
- 15) 鈴木隆志・柳瀬関三・塩谷哲也・嶋津光鑑・田中逸夫. 夏秋トマト雨よけ栽培における放射状裂果の発生に及ぼす積算日射量の影響. 園芸学会雑誌（2007）；6（3）：405-409.
- 16) 鈴木隆志・野村康弘・嶋津光鑑・田中逸夫. 夏秋トマト雨よけ栽培における放射状裂果の発生に及ぼす着果制限, 果房被覆および二酸化炭素施用の影響. 園学研（2009）；8（1）：27-33.
- 17) 渡邊聖文・志和地弘信・岩堀修一・高橋久光. 施設栽培におけるトマト果実裂果発生要因の解析. 東京農大農学集報（2006）；50（4）：106-111.
- 18) 山下文秋・林 悟朗. 水耕トマトの低段密植栽培による周年生産（第2報）高温期における裂果防止対策. 愛知県農業総合試験場研究報告（1994）；26：157-162.