

表7 ハウスビニルの種類が栽培終了後の生育状況におよぼす影響（2013年）

試験区	茎長 (cm)	葉数 (枚)	茎径 (mm)								茎重 (g)	収穫段数 (段)	節間長 (cm)
			1段	3段	5段	7段	9段	11段	13段	15段			
UVカット	404	53	14.5	16.2	14.7	16.6	17.5	15.9	14.4	12.2	962	16	7.7
対照	401	54	14.7	17.1	15.7	16.7	17.1	15.0	15.4	13.1	942	16	7.5
有意差	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

注1）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、 $P<0.05$ ）

#### 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

第Ⅰ報<sup>5)</sup>では、トマトの吸水が概ね外気温が20℃を超えると開始されることから、外気温が20℃以上になってからかん水が行われるように、最低気温の予測値によってかん水開始時間を変える「変動かん水」を行った。その結果、過剰な肥大が抑制され、6時のかん水（現地慣行）と比較して裂果が軽減することを明らかにした。しかし、生産現場からは点滴チューブによるかん水施肥栽培法と散水チューブによるかん水法のそれぞれに適した、より取り組みやすい方法が求められている。そのため、本試験では、かん水施肥栽培法についてはトマトの吸水活動に沿ったかん水ができる土壌水分（pF）制御型の「完全pF制御」を、散水チューブによるかん水法についてはかん水を気温が上昇し、かつ、朝の作業が一段落した11時に1日1回行う「11時かん水」をそれぞれ考案し、これらのかん水方法が裂果発生におよぼす影響について検討した。

##### 1 水分管理による裂果軽減効果

###### 1) 材料および方法

試験は2011年から2013年の3年間実施した。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2011年は5月17日に1区8株、2反復、2012年は5月15日に1区3株、4反復、2013年は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、2011年はOKF-3をN:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1.6:0.9:2.8kg/a、2012年はタンクミックスA、BをN:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=2.6:1.3:3.7kg/a、2013年はタンクミックスF、BをN:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=2.7:1.9:3.9kg/a6月下旬から10月下旬まで施用した。かん水については、かん水施肥栽培法の試験区で

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。かん水量が散水チューブによるかん水と概ね同量となるように1回あたりのかん水量を調整した。散水チューブによるかん水法の試験区では、エバフロアA型を2条マルチ下に設置し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/m<sup>2</sup>（最小1ℓ～最大5ℓ/m<sup>2</sup>）だった。

かん水施肥栽培法の試験区として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う「完全pF制御区」と、第Ⅰ報<sup>5)</sup>で裂果軽減効果が認められた「変動かん水区」（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時に強制かん水開始時間を設定し、その後の追加かん水を16時までタイマー連動のpF制御で行う）を設けた。散水チューブでのかん水法の試験区として栽培期間中一律で11時にかん水を行う「11時かん水区」を設けた。対照区として散水チューブで栽培期間中一律で6時にかん水を行う「6時かん水区」を設けた。なお、変動かん水区は2012年、2013年のみ設置した。

また、樹勢の維持と果実への遮光を目的とし、3段果房以降、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、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。完全pF制御区、11時かん水区、6時かん水区に土壌水分センサー（PHYTECH社製）を畝の中央部、株間の深さ15cmに設置した。

###### 2) 試験結果および考察

3ヶ年とも、完全pF制御区と変動かん水区、11時かん水区で6時かん水区よりも収量が多く、C品率が

低い傾向が見られた。C品以下の裂果率は、6時かん水区と比較して完全pF制御区で5割程度、変動かん水区で1～3割程度、11時かん水区で3割程度低かった。平均1果重や着果数、裂果以外の障害果の発生割合には差が無かったことから、裂果率の差が収量とC品率の差の主要因であると考えられた（表8、表9）。また、完全pF制御区と11時かん水区の裂果軽減効果は変動かん水区と同程度以上だと考えられた。時期別の裂果率を見た場合、特に気温が低下する10月以降の差が大きい傾向だった（図12）。茎長等の生育にはかん水方法による差は見られなかった（表10）。

完全pF制御区で、かん水が行われる時間帯は時期によって異なっていた。7月上旬から9月上旬頃までは、かん水は午前を中心に行われていたが、最低気温が20℃を下回る9月中旬以降は午後を中心にかん水が行

われていた。栽培期間を通じて見ると、10～11時のかん水頻度が他の時間帯よりも高い傾向であった（図13）。

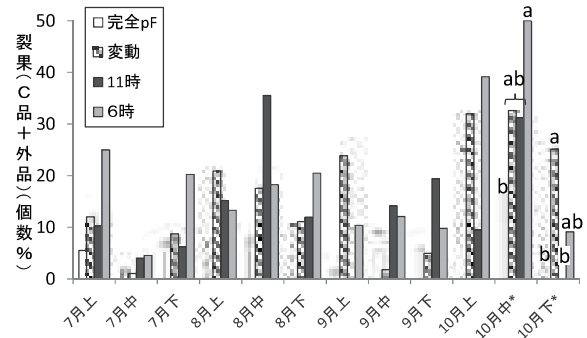


図12 水分管理による時期別裂果率の推移（2012年）

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、 $P < 0.05$ ）

表8 水分管理が収量性等におよぼす影響

試験区		商品果数 (個/a)	商品収量 (kg/a)	平均1果重 (g)	着果数 (個/果房)	規格品率（個数%）			
試験年	かん水方法					A品	B品	C品	外品
2011	完全pF	6525	1263	193	2.4	51	32	7	10
	11時	6488	1222	189	2.5	48	34	6	12
	6時	6263	1223	195	2.4	42	38	10	10
2012	完全pF	6267	1081	167	2.3	56	21	11	12
	変動	6198	1063	167	2.3	57	18	15	10
	11時	5758	958	162	2.3	50	24	13	13
	6時	5700	933	160	2.1	53	18	18	11
2013	完全pF	7037	1182	162	2.4	71	12	7	10
	変動	6680	1096	158	2.5	69	14	6	11
	11時	6493	1108	162	2.3	59	19	8	14
	6時	6293	1064	157	2.3	54	17	16	13
分散分析	年度（A）	**	**	**	**	**	**	**	n.s.
	かん水（B）	*	*	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）平均1果重、着果数（3果/果房に摘果している）は14段果房までの平均の値

注2）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9 水分管理が各障害果の発生割合におよぼす影響（個数%）

試験区		裂果			裂果以外の障害果					
試験年	かん水方法	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
2011	完全pF	21	3	1	5	3	0	2	2	4
	11時	25	4	2	5	2	0	0	0	6
	6時	25	6	2	6	3	0	1	1	3
2012	完全pF	21	7	3	1	4	0	2	4	4
	変動	27	14	5	1	3	1	1	2	2
	11時	27	11	5	1	4	0	2	3	4
	6時	29	15	3	2	3	1	2	3	3
2013	完全pF	21	9	4	0	0	0	0	1	3
	変動	23	13	6	0	1	0	0	0	4
	11時	31	13	6	1	1	0	0	1	4
	6時	37	20	7	0	0	1	0	1	3
分散分析	年度（A）	n.s.	**	n.s.	**	**	n.s.	**	**	n.s.
	かん水（B）	n.s.	*	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.	n.s.

注1）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2）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

完全pF制御区では、トマトの見掛け上の吸水指標である土壌水分の減少に伴ってかん水するため、根群が多く分布する深さ15cmの土壌水分は常に安定していた。11時かん水区では、かん水による土壌水分の変動は6時かん水区よりも小さく、土壌水分が安定するまでにかかる時間も短かった（図14）。また、かん水終了の2時間後に採取した土の土壌水分値を、根が最も多く存在した地表下0～20cm、根がわずかに見られる20～40cm、根がほとんど入り込んでいなかった40～60cmの3段階の層別に測定した結果、6時かん水区では、根がほとんどない40～60cmの深さの土壌水分値が高かったが、完全pF制御区と11時かん水区では、全ての深さの層でほぼ一定の値であった（図15）。3カ年の栽培期間中（5月～10月）の外気温を時間帯別に見ると、年度や時期によって違いはあるものの20℃以上になるのは概ね8時以降であった（図16）。第I報<sup>5)</sup>より、トマトの吸水が概ね20℃を超えると開始されることから、6時かん水区ではまだ気温が20℃を下回っていたため、かん水による水分が果実へ余剰に流入したり、根域以下の土壌に流亡したりしたと考えられた。一方、完全pF制御区と11時かん水区では、かん水が行われる時間帯の外気温がどの時期も概ね20℃を超えていたため、かん水による過剰な肥大に繋がるような果実への水の流入は抑制されるものと考えられた。なお、11時かん水区では高温による根への影響が懸念されたが、根量等に差は見られなかった（データ略）。

以上の結果から、完全pF制御および11時かん水

で、6時かん水（現地慣行）と比較して裂果の発生を低く抑えることができた。また、裂果軽減効果は変動かん水と同程度以上であったため、完全pF制御および11時かん水は変動かん水に変わるかん水方法として生産現場への普及が可能であると考えられた。

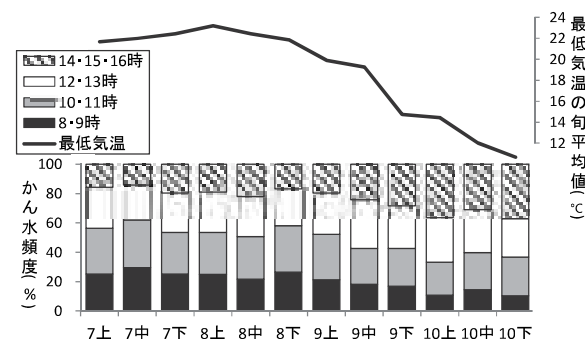


図13 完全pF制御区の各時間帯のかん水頻度と最低気温の旬平均値（2011年～2013年の平均値）

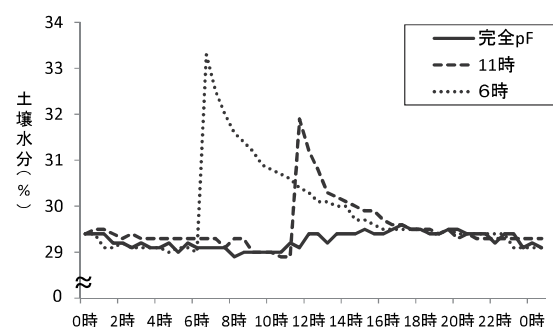


図14 深さ15cmの土壌水分の推移（2013年7月24日）

注1）土壌水分は、土壌水分センサー（PHYTECH社製）を各区の畝の中央部、株間の深さ15cmに設置し測定した

表10 水分管理が栽培終了後の生育状況におよぼす影響

試験年	試験区 かん水方法	茎長 (cm)	葉数 (枚)	茎径 (mm)								茎重 (g)	収穫段数 (段)	節間長 (cm)
				1段	3段	5段	7段	9段	11段	13段	15段			
2011	完全pF	354	48	12.7	16.8	15.6	15.0	13.9	13.7	12.0	11.2	848	16	7.3
	11時	367	51	13.3	17.4	15.5	15.1	14.0	13.4	12.4	11.3	888	16	7.3
	6時	361	50	13.8	16.6	15.9	16.6	14.5	13.6	12.0	11.4	891	15	7.2
2012	完全pF	456	59	15.5	17.1	14.0	16.4	17.0	14.2	15.4	15.6	983	17	7.7
	変動	451	57	14.5	15.1	14.3	15.4	16.4	14.9	13.3	14.1	947	17	8.0
	11時	454	58	16.8	17.4	13.6	15.8	14.9	16.0	17.6	14.3	896	17	7.8
2013	6時	443	58	16.5	15.2	15.4	17.3	13.3	16.9	17.7	16.1	884	17	7.7
	完全pF	407	54	13.9	16.3	15.3	17.2	16.6	14.7	16.2	13.6	937	16	7.6
	変動	408	54	15.2	16.7	17.2	18.2	16.7	16.6	16.2	13.6	1015	16	7.7
分散分析	11時	420	54	14.3	17.0	15.4	17.6	18.0	16.1	15.7	13.7	993	16	7.7
	6時	401	54	14.7	17.1	15.7	16.7	17.1	15.0	15.4	13.1	942	16	7.5
	年度 (A)	**	**	**	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	n.s.	**	**
	かん水 (B)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	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.	n.s.	n.s.

注1）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

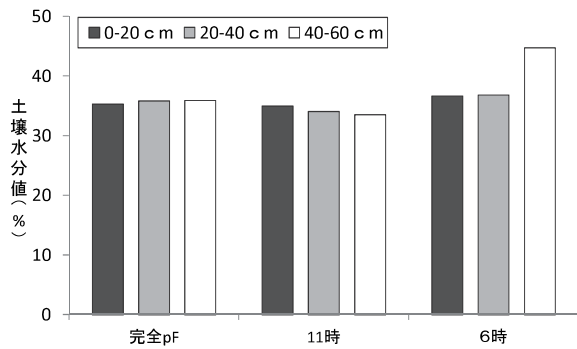


図15 層別の土壌水分値（2012年8月9日）

注1）土壌水分値は、かん水終了の2時間後に各層の土を採取し、70℃で5日間乾燥後、採取時と乾燥後の重量差から求めた

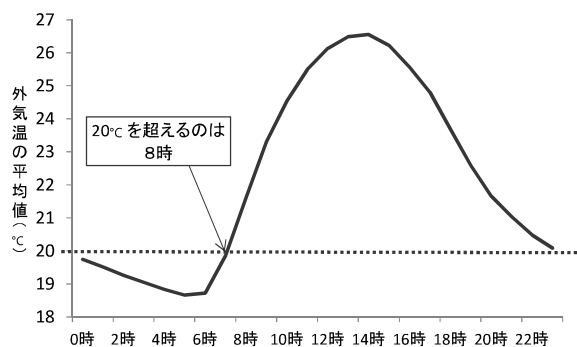


図16 栽培期間中の時間帯別外気温（2011年～2013年の平均値）

注1）5月～10月の各時間帯の外気温の平均値

注2）外気温は、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

## V 総合的な裂果対策技術

本試験（Ⅲ－2、Ⅳ－1）で、UVカットフィルムと水分管理のそれぞれにおいて、裂果軽減効果が見られた。そこで、これらを組み合わせた総合的な裂果対策について検討を行った。

## 1 UVカットフィルムと水分管理による裂果軽減効果

### 1) 材料および方法

試験は2013年に実施した。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：P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：K<sub>2</sub>O=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/㎡（最小1ℓ～最大5ℓ/㎡）だった。

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）を展開し、かん水方法は各ハウスにⅣ－1の完全pF制御区、11時かん水区、6時かん水区と同様の3区を設けた。

また、樹勢の維持と果実への遮光を目的とし、3段果房以降、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開し、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) 試験結果および考察

裂果率は栽培期間を通じて、ハウスビニルの種類ではUVカットフィルムで非UVカットフィルムよりも低く、かん水方法では完全pF制御区と11時かん水区で6

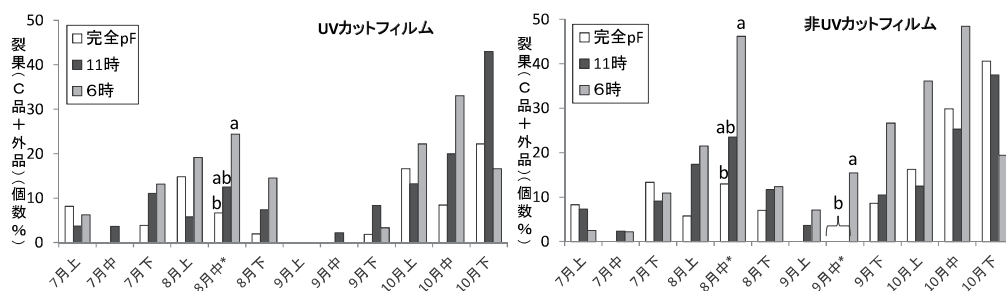


図17 ハウスビニルの種類と水分管理による裂果率の推移（2013年）

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）

時かん水区よりも低かった（図17）。1果重はUVカットフィルム下でやや大きい傾向だったが、収量や着果数にはハウスビニルの種類やかん水方法による差は見られなかった。また、完全pF制御区と11時かん水区で、6時かん水区と比較してA品率が大きく、C品率は低かった（表11）。裂果以外の障害果の発生率に差は無かったため、これらの差は裂果率の差によるものだと考えられた（表12）。相互作用については、有意差は無いもののUVカットフィルムとかん水方法を組み合わせることでより裂果が軽減される傾向だった。特に、UVカットフィルム下の完全pF制御区で裂果率は最も低くなり、非UVカットフィルム下の6時かん水区と比較して7割程度の削減効果を得られた。茎長等の生育

には、Ⅲ－2やⅣ－1と同様にハウスビニルの種類やかん水方法による差は無かった（表13）。

同心円状裂果は、UVカットフィルム下では、Ⅲ－2の項と同様に全く見られなかった。また、放射状裂果は、ハウスビニルの種類とかん水方法の両方の影響が見られた。UVカットフィルム下では、Ⅲ－2の項と同様にヘタ周辺のコルク層が小さい傾向であった。二井内ら<sup>6)</sup>は、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、まずコルク層が裂け、それが果皮に伝わって放射状裂果になることを観察しており、鈴木ら<sup>10)</sup>も、放射状裂果の発生には葉から果実への光合成産物の転流、分配が促進されることによる過度の果実肥大と果実に対する日射が大きく関与し

表11 ハウスビニルの種類と水分管理が収量性等におよぼす影響（2013年）

試験区		商品果数	商品収量	平均1果重	着果数	裂果率	規格品率（個数%）			
ハウスビニル	かん水	（個/a）	（kg/a）	（g/個）	（個/果房）	（個数%）	A品	B品	C品	外品
UVカット	完全pF	6120	1040	164	2.3	6	70	12	3	15
	11時	6853	1144	168	2.4	8	69	15	6	10
	6時	6093	1012	161	2.1	12	63	14	10	13
非UVカット	完全pF	7037	1182	162	2.4	9	71	12	7	10
	11時	6493	1108	162	2.3	13	59	19	8	14
	6時	6293	1064	157	2.3	20	54	17	16	13
分散分析	ハウスビニル（A）	n.s.	n.s.	*	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	かん水（B）	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.	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12 ハウスビニルの種類と水分管理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					
ハウスビニル	かん水	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	完全pF	6	0	1	0	0	0	1	9
	11時	8	0	0	0	0	1	1	5
	6時	12	0	0	0	1	1	0	8
非UVカット	完全pF	9	0	0	0	0	0	1	5
	11時	12	1	1	0	1	0	2	6
	6時	19	2	0	0	0	1	1	5
分散分析	ハウスビニル（A）	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	かん水（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）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13 ハウスビニルの種類と水分管理が栽培終了後の生育状況におよぼす影響（2013年）

試験区		茎長	葉数	茎径（mm）								茎重	収穫段数	節間長
ハウスビニル	かん水	（cm）	（枚）	1段	3段	5段	7段	9段	11段	13段	15段	（g）	（段）	（cm）
UVカット	完全pF	407	54	14.5	16.4	15.2	16.1	17.9	15.9	15.4	12.8	998	16	7.6
	11時	403	54	14.7	16.1	14.5	16.9	17.7	16.4	15.9	12.4	969	16	7.5
	6時	404	53	14.5	16.2	14.7	16.6	17.5	15.9	14.4	12.2	962	16	7.7
非UVカット	完全pF	407	54	13.9	16.3	15.3	17.2	16.6	14.7	16.2	13.6	937	16	7.6
	11時	420	54	14.3	17.0	15.4	17.6	18.0	16.1	15.7	13.7	993	16	7.7
	6時	401	54	14.7	17.1	15.7	16.7	17.1	15.0	15.4	13.1	942	16	7.5
分散分析	ハウスビニル（A）	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
	かん水（B）	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	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.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

注1）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



ていると推察し、さらに、放射状裂果発生とコルク層発達の間の関連性を示唆している。また、Ⅱ－１、Ⅳ－１の項で明らかにしたように、６時かん水区では、果実への余剰な水の流入とそれに伴う過剰な肥大が起る可能性が高い。つまり、UVカットフィルム下の完全pF制御区および11時かん水区で裂果率が低かったのは、UVカットフィルムによって強日射（紫外線）が遮られることで果実のコルク層の発達が抑制されたことと、かん水による果実への余剰な水の流入とそれに伴う過剰な肥大が抑制されたことの相乗効果によると考えられた。

以上の結果から、UVカットフィルムと、完全pF制御および11時かん水を組み合わせることで、非UVカットフィルム下での6時かん水（現地慣行）と比較し、裂果の発生を大きく軽減することができた。

## Ⅵ 総合考察

本研究は、2011年から2013年にかけて、夏秋雨よけトマト栽培における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、減光と水分管理について検討を行うとともに、裂果発生の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。

果実の肥大は、成熟ステージによって異なる動きを見せた。未熟期の果実では、果実へ水が流入する午前中に大きく肥大する。そのため、早朝のかん水は果実への余剰な水の流入を招き、果実肥大が旺盛になると考えられた。鈴木ら<sup>11)</sup>は、果実肥大が旺盛な果実ほど放射状裂果が起りやすいことを明らかにしており、早朝のかん水が未熟期の果実の裂果を誘発すると考えられた。一方、完熟期の果実は、肥大自体はほとんど止まっているものの、気温の変化によって果実は伸縮を繰り返していた。池田ら<sup>4)</sup>は、果肉部の膨圧が日の出後に増加していることを明らかにしたが、本試験でも日の出後の急激な温度上昇に伴い果実は膨張し、気温の高い日中に見かけ上の肥大量が最大となった。完熟期の果皮は、それ以前と比較して強度が弱まっている<sup>12)</sup>ため、この膨張に果皮が耐え切れず裂果を生じると考えられた。以上より、果実の肥大パターンから見た場合、未熟期の裂果の要因は早朝のかん水による果実の肥大であり、完熟期の裂果の要因は温度上昇に伴う果実の膨張であると考えられた。しかし、未熟期の果実でも、日中は果実から水が吸い出されているにも関わらず、温度上昇に伴って膨張する。

そのため、果実の成熟ステージに関係なく、果実温に対する昇温抑制を行うことは裂果対策として重要であると考えられた。

減光技術として、アルミ蒸着シートによる果房遮光については第Ⅰ報<sup>5)</sup>で10月以降の効果が高かったことから、設置期間を8月中旬以降に限定して行った。その結果、特に10月中旬以降の果実で裂果軽減効果が得られた。株全体を遮光すると、生育への影響や、空洞果の発生が懸念されるが、果房遮光では遮光による影響は無かった（表2、一部データ略）。また、積算日射量がハウスのサイド側の株で多く<sup>9)</sup>、果実温が果実表面に日射が当たると高くなる<sup>3, 8)</sup>ことから、果房遮光は、強日射にさらされるハウスのサイド側の株に限定して行うことが、果実への遮光と、昇温抑制の面から省力的かつ効率的であると考えられた。UVカットフィルムについては、栽培期間を通じて裂果の発生を低く抑えることができた。裂果の種類では、UVカットフィルム下でコルク層の形成が押さえられ<sup>6, 10)</sup>、放射状裂果が4割程度軽減し、また、同心円状裂果の発生は見られなかった。茎長等の生育や収量にはハウスピーニルの種類による影響は見られなかった。

水分管理については、第Ⅰ報<sup>5)</sup>で気温の変化に応じたかん水方法として、気象予測（最低気温）によってかん水開始時間を変える「変動かん水」の裂果軽減効果を明らかにした。しかし、生産現場でかん水の作業時間が負担となっていることから、変動かん水に代わる、より簡易なかん水方法が求められている。そこで、本試験では、かん水施肥栽培を対象にしたpF制御によってかん水を自動化する「完全pF制御」と、散水チューブかん水を対象にした気温が上昇し、かつ、作業も一段落した11時にかん水時間を変える「11時かん水」について検討した。その結果、双方ともに6時に散水チューブでかん水を行う場合（現地慣行）と比較して、変動かん水と同等以上の裂果軽減効果が得られたことから、完全pF制御、11時かん水は変動かん水に代わる技術として普及可能であると考えられた。また、UVカットフィルムとこれらのかん水方法を組み合わせることで、裂果軽減効果はより高くなる傾向であった。

以上の結果から、夏秋雨よけトマトの裂果対策として、UVカットフィルムや果房遮光による減光技術と、果実を過剰に肥大させない水分管理を組み合わせることで、それぞれを単独で行うよりも高い裂果軽減効果を得られることが明らかとなった。また、果実温が裂果におよぼす影響が特に完熟期の果実で大きく、

今後急速に進む地球温暖化対策としても重要であることから、昇温抑制技術については更なる検討が必要であると考えられた。

## Ⅶ 摘 要

夏秋雨よけトマト栽培における裂果軽減対策について、遮光と水分管理について検討を行うとともに、トマトの生理生態について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。

### 1 裂果発生のメカニズム

未熟期の果実では、果実へ水が流入する午前中を中心に肥大していたため、早朝のかん水による果実への余剰な水の流入が裂果の要因であると考えられた。一方、完熟期の果実では、気温の変化によって果実が伸縮を繰り返していたため、温度変化（上昇）が裂果の要因であると考えられた。

### 2 減光による裂果軽減効果

アルミ蒸着シートにより8月中旬以降に開花した果房を直接遮光することにより、10月以降の裂果が減少した。また、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抑えることができた。

### 3 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

完全pF制御かん水施肥および11時の散水チューブかん水では、6時の散水チューブかん水（現地慣行）と比較して裂果を3～5割程度軽減できた。

### 4 総合的な裂果対策技術

完全pF制御かん水施肥栽培および11時の散水チューブかん水とUVカットフィルムを組み合わせることにより、非UVカットフィルム下の6時の散水チューブかん水（現地慣行）と比較して裂果を6～7割程度軽減できた。

## 引用文献

- 1) 浅井修・伊藤健吾・千家正照, ハウス栽培におけるトマト体内の水分動態と果実肥大, 農業土木学会論文集(2005); 73(5): 497-504.
- 2) 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.
- 3) Helves, L., A. Lugasi and Z. Pék. Effect of natural light on surface temperature and lycopene content of vineripened tomato fruit. Can. J. Plant Sci (2007); 87: 927-929.
- 4) 池田敬・坂本有加・渡邊慎一・岡野邦夫, 一段養液栽培トマトの裂果時における水分状態, 生物環境調節(1999); 37(2): 153-158.
- 5) 木村真美, 藤谷信二, 一万田賢治, 夏秋雨よけトマト栽培における裂果軽減技術(第1報), 大分県農林水産研究指導センター研究報告(2012); 2: 23-42.
- 6) 二井内清之, トマトの裂果に関する研究, 園芸試験場報告(1963); D1: 117-154.
- 7) 太田勝巳・細木高志・松本献・大宅政英・伊藤憲弘・稲葉久仁雄, ミニトマトにおける裂果発生と果実横径の日変化および果実への水分移動との関係, 園芸学会雑誌(1997); 65(4): 753-759.
- 8) 穴戸良洋・荒井和夫・浅沼智, トマトの葉温・果実温の変化が光合成に及ぼす影響, 野菜試栽培部年報(1985); 12: 22-24.
- 9) 鈴木隆志・野村康弘, 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5報) 定植位置や栽植距離がトマト放射状裂果の発生に及ぼす影響, 園芸学会雑誌(2006); 75(別1): 369.
- 10) 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, 園芸研(2009); 8(1): 27-33.
- 11) 鈴木隆志・柳瀬関三・塩谷哲也・島津光鑑・田中逸夫(2007) 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, 園芸学研究6(3): 405-409.
- 12) 寺林敏・藤原一哉・山下智史・並木隆和, 水耕トマトの果皮, 果肉の強度(農学), 京都府立大学学術報告農学(1985); 37: 183-188.

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

Marie UETANI, Shinji FUJITANI, Mami KIMURA

### Summary

Followed to the first report about mitigation techniques on tomato fruit cracking by a rain shelter in summer and autumn, two more techniques, light reduction and appropriate water management were examined for more reduction of tomato fruit cracking and understanding the cracking mechanisms by using various sensors and an intervals camera.

- 1 Hypertrophy pattern of tomato fruits showed that the transport of excess water into fruits by early-morning irrigation (6:00) and the following excess fruit growth caused fruit cracking at an immature stage.

On the other hand, excess presser inside fruit by a temperature raise caused fruit cracking at a mature stage. When temperature decreased, expansion pressure in the fruit fell down and fruits shrank.

- 2 The light shielding sheet with an aluminum vapor deposition layer and the UV cutting film were selected for shading each fruit and tomato trees, respectively. Covering each fruit bunch with circular light shielding sheet (19cm in diameter, thickness 1mm ) at middle August reduced fruit cracking especially harvested after middle October.

In the greenhouse covered with a UV cutting film, a concentric fruit cracking disappeared and a percentage of tomato fruit with radial cracking was reduced. UV cutting film did not affect any growth rate and yield of tomato.

- 3 Automatical irrigation with fertilizer between 8:00 to 16:00 controlled by the pF sensors (with the contacts), and watering-tube irrigation at 11:00 were less fruit cracking by 30% to 50% than watering tube irrigation at 6:00 (early morning irrigation, conventional).
- 4 Furthermore, the mitigation rate of fruit cracking by an appropriate water management increased to about 60% to 70% by combining with a UV cutting film.