

トマトの放射状裂果の軽減剤の開発

岡山県農林水産総合センター 農業研究所
野菜・花研究室

佐野 大樹

トマトの夏秋雨除け栽培では、放射状裂果による販売が不可能な果実数が夏期の多い時期には収穫果実数の数割に上り、問題となっている。また、太陽光型植物工場では、高温期の着果・収穫を避けるために8月頃に定植すること多いが、気温がやや高い9月頃の収穫開始期や、翌年の5～6月頃に放射状裂果が発生し、問題となっている。放射状裂果(図-1)は、へたの付着部を中心として、表皮およびその直下の果皮が微細な小亀裂を起点として放射状に裂開する障害である(上村ら 1972)。この障害は、水および同化産物の流入によって果実が肥大するスピードに対し、表面のクチクラと表層細胞の伸張が間に合わないことで発生する(鈴木 2014)。夏秋雨除け栽培での検討では、肥大期間の後期(成熟前15～5日)よりもむしろ前期(成熟前35日～15日)の積算日射量が多い果房で、かつ斜め誘引栽培よりも果実に直射日光が当たりやすい直立仕立て・玉出し栽培で発生が多い(鈴木ら 2007)。



図-1 放射状裂果

放射状裂果を軽減する技術として、品種選定(木村ら 2012; 岡山農林水産総合センター農研 2010)、遮光(野村ら 2005; 齋藤ら 2009)、気温の日較差を考慮した土壌水分管理(木村ら 2012)が報告されている。また、夜間の冷房による軽減効果も認められている(大石ら 2015)。さらに、川村(2018)は近赤外線反射資材のハウスビニルへの塗布により、晴天日の高温時間帯の果面温度が低下するとともに、放射状裂果の発生が軽減されることを報告している。

一方、サイトカイニンなどの植物成長調節物質の散布によってトマトの裂果が軽減されることが報告されており(Batal *et al.* 1972)、初期投資が少額ですむ利点がある。ホルクロルフェニユロン(1-(2-chloro-4-pyridyl)-3-phenylurea、以下CPPU)は、サイトカイニンを不活性化化するサイトカイニン酸化酵素を阻害し、サイトカイニン活性を示す物質とされている(Bilyeu *et al.* 2001; Jones & Schreiber 1997)。そこで当研究所では、CPPUをトマトの果房に花卉離脱期から1週間間隔で5回散布し、表皮付近の細胞数が増加するとともに、くず放射状裂果発生率が低下することを見出した(飛川・久保 2012)。しかし、この処理法では農業費および労働時間の増加が生産者の大きな負担になる。

そこで、CPPUの果房当たり1回散布技術の確立を目指して、散布の適期、並びに散布する液剤の濃度と発生との関係を検討した。続いて、適期と

考えられた時期の果房散布によって放射状裂果が軽減され、可販収量が増加するかどうかを調査した。さらに、費用対効果を高めるため、明瞭な軽減効果が得られる果房内の部位も検討した。なお、市販されているCPPU液剤であるフルメット液剤は、トマトの放射状裂果軽減を目的として幼果に散布する使用方法で、2016年12月に適用拡大登録され、生産現場での使用が可能になった。

果房内の最大果の直径が3～4 cmの時期のフルメット液剤の散布で放射状裂果が軽減される(試験1)

岡山県農林水産総合センター農業研究所(岡山県赤磐市。標高約20 m。以下、岡山農研)の雨除けパイプハウスで、砂壤土とパーライトを詰めたプラスチック製コンテナを並べて栽培ベンチとし、養液栽培した(図-2)。2013年5月16日および2014年4月28日に、1コンテナ当たり2株定植した(株間32 cm)。主枝1本直



図-2 試験を行った雨除けハウスにおける養液栽培ベンチ

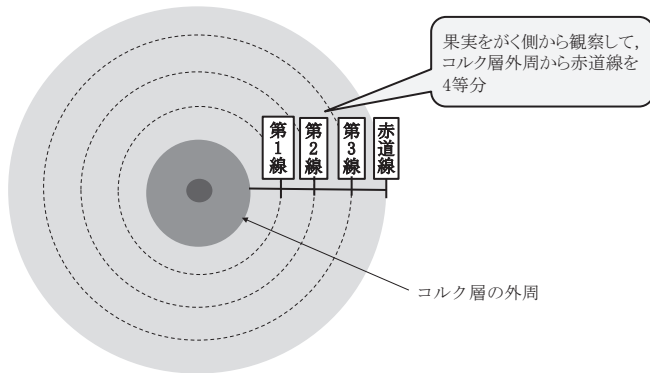


図-3 トマトの放射状裂果の発生程度の評価方法

程度0：裂開なし，程度1：第1線未満の裂開（秀品相当），
 程度2：第1線以上第2線未満の裂開（優品相当），
 程度3：第2線以上第3線未満の裂開（A品相当），
 程度4：第3線以上の裂開（くず相当）。

なお、程度3相当の裂開が2か所以上ある場合は、程度4と判定した；放射状裂果指数は、各調査果実の0～4の程度を合計し、調査果実数で割って算出した

立仕立てとし、第5果房上に本葉を2枚残して摘心した。着果のため週3回振動受粉処理し、果房当たり着果数を第1～2果房は3果に、第3果房以降は4果になるように摘果し、花数がそれ以下だった果房では摘果しなかった。なお、試験2, 3および4も同じハウスで、同様に整枝管理した。

2013年における実験では脱塩水区（果房内における最大果の直径3～4cm期に散布）と、フルメット液剤散布の時期として果房内における最大果の直径1～2cm期区、同3～4cm期区および同5～6cm期区を設置した。2014年における実験では脱塩水区と、フルメット液剤散布の時期として開花期区、果房内における最大果の直径3～4cm期区、および同6～7

cm期区を設置した。第2～4果房に、それぞれ所定の時期に脱塩水、またはCPPUとして20ppmのフルメット液剤希釈液を果房当たり5mL散布した。週3回、催色期に達した果実を収穫して、図-3に従って放射状裂果の発生程度を評価した。

その結果、処理時期の幅を広くした2014年の試験では、脱塩水区で放射状裂果指数が2.1、くず放射状裂果発生率が22%で中程度の発生条件であった（図-4左）。果房内における最大果の直径3～4cm期にフルメット液剤を果房散布した区では放射状裂果指数は1.5で、脱塩水区に比べて有意に小さかった。開花期あるいは果房内における最大果の直径6～7cm期にフルメット液剤を散布した区では、有意な放射状

裂果指数の低下は認められなかった。果房内における最大果の直径3～4cm期を中心に処理時期の幅を狭めた2013年の試験では、脱塩水区で放射状裂果指数が3.1、くず放射状裂果発生率が60%で多発条件であった（図-4右）。果房内における最大果の直径3～4cm期にフルメット液剤を散布した区では放射状裂果指数は2.7で、脱塩水区に比べて有意に小さかった。果房内における最大果の直径1～2cm期あるいは同5～6cm期にフルメット液剤を散布した区では、有意な放射状裂果指数の低下は認められなかった。

以上から、フルメット液剤の果房当たり1回散布の適期は果房最大果の直径3～4cmの時期と考えられた（図-6に同時期の果房のイメージを示す）。

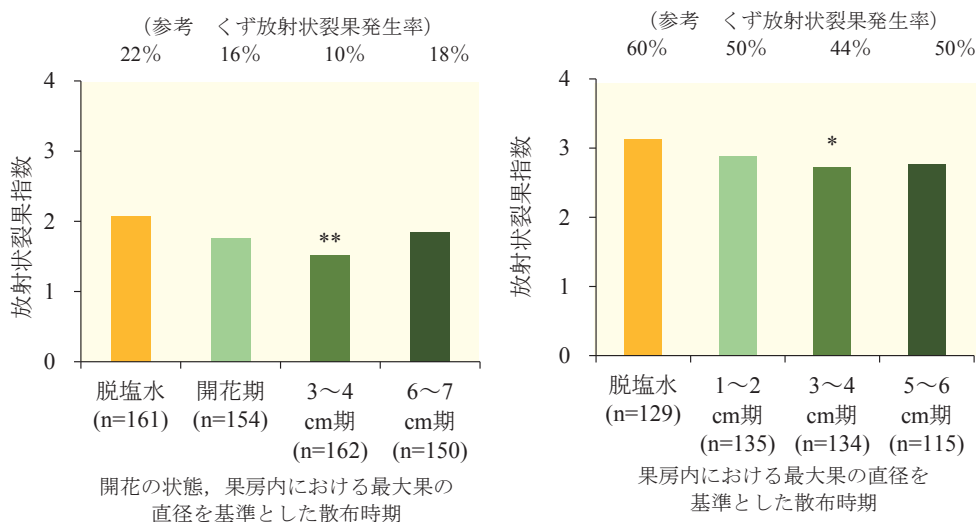


図-4 果房内における最大果の直径などを基準としたフルメット液剤の散布時期が放射状裂果の発生に及ぼす影響
 A：処理時期の幅が広い2014年，B：処理時期の幅が狭い2013年
 図中の*は5%水準，**は1%水準で、放射状裂果指数について脱塩水区との間に有意差があることを示す（各調査果実のデータを用いて、Steelの多重比較検定）

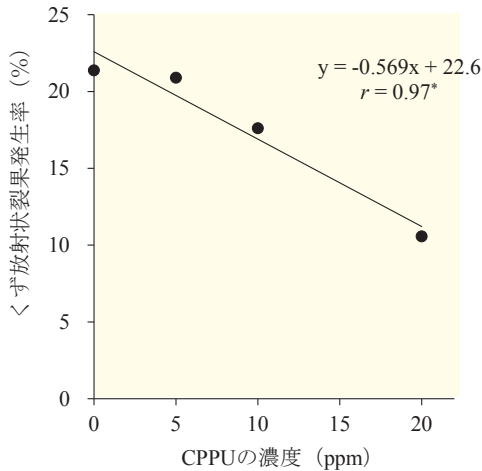


図-5 果房内における最大果の直径3～4 cm期に散布するCPPUの濃度とくず放射状裂果発生率との関係
図中の*は5%水準で、相関関係が有意であることを示す

散布するフルメット液剤の濃度が高いほど放射状裂果が強く軽減される(試験2)

2014年4月28日に定植した。試験1において散布の適期と考えられた果房内における最大果の直径3～4 cmの時期に、CPPUとして5、10および20 ppmのフルメット液剤希釈液を第2～4果房に、果房当たり5 mL散布した。同時期に脱塩水を散布して0 ppm区とした。週3回、催色期に達した果実を収穫して、くず放射状裂果発生率との関係を解析した。

その結果、CPPUの濃度と放射状裂果の発生率の間には負の相関関係が認められ(図-5)、5～20 ppmまでの範囲では濃度が高いほど強く発生が軽減されることを確認した。

フルメット液剤の幼果への散布によって可販収量が増加する(試験3)

2013年5月16日、2014年4月28日および2015年4月27日に、‘桃太郎8’の自根苗を定植した。フルメット液剤散布区(以下散布有区)では、果房内における最大果の直径3～4 cmの時期にCPPUとして20 ppmのフルメット液剤を、第2～4果房に果房当たり5 mL散布した。フルメット液剤無散布区(以下、散布無区)では同時期に脱塩水を散布した。

2013年7月11日～8月10日、2014年6月23日～7月29日および2015年6月23日～7月24日に

週3回、催色期に達した果実を収穫して果重を計測し、放射状裂果の発生程度を評価した。総収量から販売が不可能な程度の放射状裂果、その他の障害果(窓あき果、乱形果など)の重量を除いた可販収量を算出した。

加えて、2014年の試験において、催色期に収穫した全果実の果重、果実横径、果実高およびコルク層の直径を調査した。また、破断荷重、糖度および酸度の調査のため、第2～4の各果房から8果ずつを無作為に抽出して、室内に静置して赤熟させた。破断荷重は、クリープメーター(RE2-33005B、(株)山電)で、縦に2等分した果実の赤道部の外側から、垂直に直径3 mmのプランジャーが1 mm・s⁻¹の速度で貫入するのに要した力として測定した。同じ果実の搾汁液について、屈折糖度計(PR-101、(株)アタゴ)の示度を糖度、水酸化ナトリウムによる滴定値のクエン酸換算値を

表-1 果房内における最大果の直径3～4cm期のフルメット液剤の果房散布が収量性および放射状裂果の発生に及ぼす影響

年次	収穫果実数 (果/株)		平均果重 (g)		総収量 (g/株)		可販収量 ² (g/株)		等級落ち放射状 裂果発生率 ³ (%)		くず放射状裂果 発生率 ⁴ (%)	
	散布無	散布有	散布無	散布有	散布無	散布有	散布無	散布有	散布無	散布有	散布無	散布有
2013	8.2	8.7	161	149	1,314	1,290	531	694	84	73	59	43
2014	10.2	10.6	179	179	1,825	1,882	1,398	1,622	56	40	21	11
2015	10.4	11.1	171	169	1,780	1,879	1,634	1,757	28	20	6	3
3か年の平均	9.6	10.1	170	165	1,640	1,684	1,188	1,358	56	45	29	19
分散分析 ⁵												
フルメット液剤	n. s.		n. s.		n. s.		**		**		**	
年次	**		**		**		**		**		**	
交互作用	n. s.		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.		n. s.	

² 総収量から、くず放射状裂果、その他の障害果(窓あき果、乱形果など)の重量を除いたもの

³ 総収穫果実数から放射状裂果以外の障害果(窓あき果、乱形果)の数を除いたもののうち、放射状裂果程度が2(優品相当)、3(A品相当)および4(販売が不可能なくず相当)の果実数の合計の割合(%)とし、アークサイン変換後の値を用いて分散分析した

⁴ 総収穫果実数から放射状裂果以外の障害果の数を除いたもののうち、放射状裂果程度が4(販売が不可能なくず相当)の果実数の割合(%)とし、アークサイン変換後の値を用いて分散分析した

⁵ 各年次について1区4株、4反復のデータを用いて分析し、**は1%水準で要因の効果が有意であることを、n. s.は5%水準で有意でないことを示す

表-2 果房内における最大果の直径3～4 cm期のフルメット液剤の果房散布が果実の形状、赤熟時の糖度、酸度および赤道部の破断荷重に及ぼす影響

処理	平均果重 (g)	果実直径 (mm)	果実高 (mm)	コルク層 の直径 (mm)	糖度 ^y (°Brix)	酸度 ^y (クエン酸 換算%)	赤道部の 破断荷重 (N)
フルメット液剤無	179	71	63	22	5.3	0.48	6.2
フルメット液剤有	178	72	63	22	5.2	0.47	5.8
t検定 ^z	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

^z フルメット液剤無区とフルメット液剤有区について、平均果重、果実直径、果実高およびコルク層の直径はそれぞれ163、169果、糖度、酸度および赤道部の破断荷重は各24果のデータを用いて検定し、n. s. は5%水準で平均値に有意差がないことを示す

^y アークサイン変換後の値を用いてt検定した

酸度とした。

その結果、3か年の結果を用いて分散分析したところ、表-1に示すように果房内における最大果の直径3～4 cm期のフルメット液剤の果房散布が収穫果実数、平均果重および総収量に及ぼす影響は認められなかった。等級落ち放射状裂果発生率およびくず放射状裂果発生率は散布無区の3か年の平均で56%および29%であったのに対し、散布有区では45%および19%に有意に低下した。これに伴い、可取収量は散布無区の平均1,188 g/株に対し、散布有区で1,358 g/株に有意に増加した。果実の形状に関して、果実直径、果実高およびコルク層の直径には果房散布による差異は認められなかった。また果実の糖度、酸度および赤道部の破断荷重にも散布の果房散布による影響は認められなかった(表-2)。

放射状裂果の軽減効果が安定する散布部位は、がくと幼果の間である(試験4)

2017年5月18日に、‘桃太郎8’の自根苗を定植し、着果のため開花期に4-CPA溶液を花房に散布した。フルメット液剤の散布方法は、図-6に示す方法で果房全体散布(試験1, 2および3でも行った散布方法)、果梗中心散布およびがく隙間中心散布を行い、無処理と比較した。処理は第1～4果房に対して行った。

その結果、果房全体散布によってくず放射状裂果が減少した(図-7)。しかし、果梗中心散布では、等級落ちまたはくず放射状裂果ともに明瞭な軽減効果は認められなかった。一方、がく隙間中心散布により、果房当たり2 mLの少ない処理量でもくず放射状裂果発生率が低下し、明瞭な軽減効果が得られた。

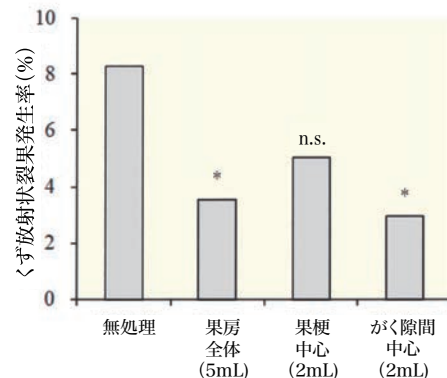


図-7 フルメット液剤の処理方法が放射状裂果発生率に及ぼす影響

注) 1区4株、4区のアークサイン変換後の値を用いて、Dunnettの多重比較検定を行った
*は5%水準で対照の無処理区との間に有意差があることを、n.s. はないことを示す



図-8 果頂部に発生した白斑症状

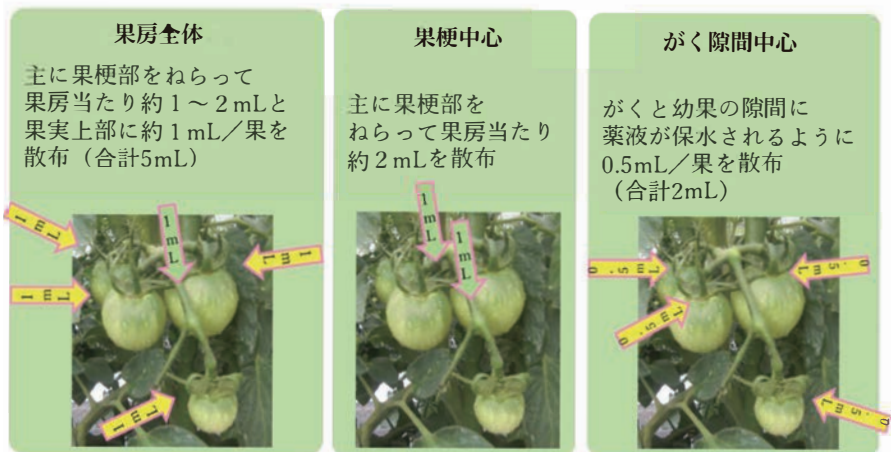


図-6 放射状裂果の軽減効果が安定する散布部位の検討のために行った散布方法

使用上の注意点

フルメット液剤の幼果への散布による、開花から収穫までの日数の変化はほとんどなかった(佐野ら2018)。夏秋雨除け栽培において本剤の費用対効果が最も得られやすいのは、7月～8月に比べて出荷量が減少し販売価格が上がる9月に収穫される果房が、多日射および高温に遭遇して、着

果数が少なくかつ放射状裂果が多発しやすい条件のときと考えられる。これらの果房のフルメット液剤の使用時期である幼果期は8月中下旬頃である。岡山農研ホームページ (<http://www.pref.okayama.jp/soshiki/235/>) において、平成27～30年度「試験研究主要成果」に関連情報が掲示されているので、ご参照願いたい。一方、極端な高温条件で散布すると、果頂部の過剰な葉液が残存した部位で、収穫時に着色遅れや白斑症状の葉害(図-8)が発生することがあるので、気温が低下する午後の時間帯に処理する。

引用文献

Batal *et al.* 1972. Exogenous growth-regulator effect on tomato fruit cracking and pericarp morphology.

J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97, 529-531.
 Bilyeu *et al.* 2001. Molecular and biochemical characterization of a cytokinin oxidase from maize. *Plant Physiol.* 125, 378-386.
 飛川光治・久保紀子 2012. ホルクロルフェニユロンによる雨除け栽培トマトの放射状裂果の発生抑制. *近畿中国四国農研* 20, 29-31.
 Jones, R.J. and B.M.N. Schreiber 1997. Role and function of cytokinin oxidase in plants. *Plant Growth Regul.* 23, 123-134.
 上村昭治ら 1972. トマトの裂果に関する研究. *園芸報* C 7, 73-138.
 川村宜久 2018. ハウスフィルムへの遮熱資材塗布処理が夏秋雨除けトマト栽培の放射状裂果発生に及ぼす影響. *園学研* 17 (別1), 188.
 木村真美ら 2012. 夏秋雨よけトマト栽培における裂果軽減技術(第1報). *大分農林水研指導セ研報(農)* 2, 23-42.
 野村康弘ら 2005. 遮光資材による夏秋トマト裂果発生抑制技術. *岐阜中山間農技研報* 5, 11-16.

岡山農林水総セ農研 2010. 高温期に稔性花粉が多く、裂果の少ないトマト品種‘麗夏’. 岡山県農林水総セ農研平成21年度試験研究主要成果. 岡山県農林水総セ農研. 岡山, p.51-52. <<http://www.pref.okayama.jp/page/detail-69753.html>>.
 大石直記ら 2015. 高温期夜間の冷房、除湿がトマト1段階摘心養液栽培の裂果発生に及ぼす影響. *園学研* 14 (別1), 126.
 齋藤裕史ら 2009. 夏秋トマトの夏期遮光による裂果軽減効果. *東北農研* 62, 165-166.
 佐野大樹ら 2018. ホルクロルフェニユロンの果房当たり1回散布による雨除け栽培トマトの放射状裂果の軽減. *園学研* 17, 87-93.
 鈴木克己 2014. 生理障害の原因と対策. 農業技術大系. 野菜編. 第2巻. 農山漁村文化協会. 東京. 基 527-538.
 鈴木隆志ら 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. *園学研* 6, 405-409.

田畑の草種

紫雲英・翹搖・蓮華草(ゲンゲ)

(公財)日本植物調節剤研究協会
 兵庫試験地 須藤 健一

マメ科ゲンゲ属の越年草。耕作前の水田、休耕田、畦畔、河川敷などの湿ったところを好むが、長時間湛水するところでは生えない。柔らかい草で、茎は根元から多数枝分かれし、地表を四方に広がり高さ20cm～30cmになる。葉は互生し7葉から11葉の1回奇数羽状複葉。花は紅紫色の蝶形花を輪状につけ、その形を仏の座る蓮華座に見立て「蓮華草」の名がある。

かつて、街の裏に田んぼや畑があったころ、耕作前の田んぼは見渡す限り紅紫色に染まっていた。しかしそんな光景は戦後しばらくの頃までで、私たちの世代でも遠い記憶の片隅にしかないように思う。その紅紫色の主が「紫雲英」であった。この「紫雲英」、古くから日本にあった在来種のように思われがちであるが、室町時代以降に緑肥として導入された帰化種である。

一般的に、マメ科植物の根に細菌の一種である根粒菌が入り込むと根に瘤を作る。この瘤が根粒で、根粒の中で増殖肥大した細菌は根粒に取り込まれた窒素を植物が利用できる窒素化合物へと変換する。この変換過程が窒

素固定で、「紫雲英」は実に巧妙にこの細菌を利用して。畑で10cmほどに生長した「紫雲英」は10a当たり5kgの窒素を固定するという。このように固定される5kgの窒素を、ヒトはその後の稲作の緑肥として盛んに用いることになる。

さらにこの元気に育った「紫雲英」にはミネラルやビタミンが豊富で、牛馬の飼料としてもかかせなかったし、その輪状に咲く花の蜜は高級蜂蜜の蜜源として利用された。

そんな「紫雲英」であったが、戦後の化成肥料の普及、稲作の作型の変化、輸入飼料の増大などで次第に見向きされなくなり、今ではちょっと湿った休耕田や畦などで見かける程度にまでなってしまった。

江戸時代の俳人滝野瓢水の句に「手に取るなやはり野に置き蓮華草」という句がある。遊女を身請けしようとした友人を止めるために詠んだ句であるが、今の「紫雲英」そのものにも当てはまりそうである。ヒトにさんざん利用されてきた「紫雲英」であるが、今では「蓮華草」本来の居場所である「野」に置かれているかのように。