

イソプロチオラン乳剤散布による ウンシュウミカンの果皮着色向上効果

長崎県北振興局農林部
(元長崎県農林技術開発センター果樹研究部門)

荒牧 貞幸

はじめに

ウンシュウミカンは、気候温暖化の中、成熟期の高温による果皮の着色遅延がみられている。特に極早生、早生ウンシュウミカンにおいては、着色遅延による出荷遅れが生産流通上問題となっている。長崎県においても9月の最高気温は、直近30年間の10年間ごとの最高気温平均で、1989～1998年平均と1999年以降では、0.5～1℃以上高くなっている(図-1)。気温上昇の影響として、ウンシュウミカン樹において気温30℃以上の高温では、果皮のクロロフィル分解が抑制され、カロテノイド生成が進行しない(宇都宮ら1982)との報告があり、秋季の最高気温が30℃を超える日が多い年ほど着色遅延の影響が大きい。昨年の2019年9月の長崎県においては、最高気温30℃を超える日が17日間、また10月になっても30℃以上の日があり、実際にウンシュウミカンの着色が遅れ、収穫、出荷の遅れが問

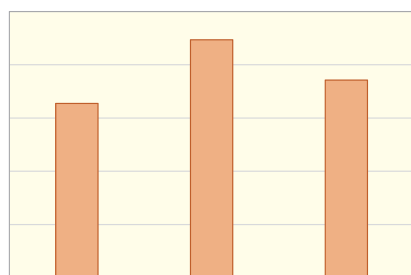


図-1 長崎地方気象台における9月の平均最高気温

題となった。

そのような中、ウンシュウミカンの果皮着色を促進する技術は、シートマルチ、エチクロゼート乳剤、後期重点摘果、リン酸+メチオニン剤、高温予措などがあり、それぞれの産地にあった技術が取り組まれている(表-1)。今回は、イソプロチオラン乳剤(成分含有量40%)が2019年9月に「みかん」において「着色促進」を目的とした農業登録拡大がなされたので、極早生ウンシュウミカンおよび早生ウンシュウミカンへの着色促進効果ならびに果実品質等への影響について紹介する(表-2)。なお、今回のデータは、長崎県農林技術開発センター果樹研究部門と現地(佐世保市)での試験結果を取りまとめたものである。

散布濃度および散布時期の果皮着色への影響

極早生ウンシュウミカン‘岩崎早生’を供試し、収穫20～30日前にイソプロチオラン乳剤1,000～6,000倍を散布した試験において、散布濃度として、着色歩合は、2,000倍が他濃度より比較的安定して高くなった(表-3)。また、果皮の赤みを示すa*値は、イソプロチオラン乳剤を散布した1,000～6,000倍で高い傾向にあった(表-3)。

また、散布時期として、収穫10日前、20日前、30日前に散布した結果、着色歩合は、収穫20日前散布で最も高かった(表-4)。a*値は、散布時期に関係なく高い傾向にあった(表-4)。

表-1 ウンシュウミカンの着色促進技術一覧

技術の種類	資材名	内容
シートマルチ	透湿性白色シート	土壌乾燥による水分ストレスおよびシートにより反射した散乱光効果
エチクロゼート乳剤	フィガロン乳剤	2,000～3,000倍を2回散布(満開50～90日後、70～110日後)
後期重点摘果	—	仕上げ摘果中心による着果ストレス
リン酸+メチオニン剤	リン酸+メチオニン肥料	エチクロゼート散布に加えて、7～10日おきに2～3回散布
高温予措	高温予措機	普通温州で収穫した着色7分以下果実を15～20℃で5～7日間処理

※重点摘果(井上ら2005)、リン酸+メチオニン剤(藤澤2018)、高温予措(牧田)を基に作成

表-2 イソプロチオラン乳剤のウンシュウミカン農業登録状況²

作物名	使用目的	希釈倍数	使用液量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	イソプロチオランを含む農薬の使用回数
みかん	着色促進	2000～3000倍	200～700ℓ/10a	収穫20～30日前	1回	立木全面散布又は枝別散布	1回

²2019年9月20日に登録拡大(独法 農林水産消費安全技術センター 農業登録情報提供システム)

表-3 極早生ウンシュウ‘岩崎早生’におけるイソプロチオラン乳剤の散布濃度と着色歩合、果皮色（荒牧 2010; 荒牧ら 2019）

倍数	着色歩合					果皮a*値				
	2009年*	2010年	2011年	2012年	2013年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
1000倍	4.6 a ^y	2.0 cd	1.9 ab	—	—	-4.6 a	-14.8 a	-15.6 a	—	—
2000倍	4.6 a	2.5 a	2.4 ab	2.6 a	2.7 a	-5.8 a	-15.0 a	-15.2 a	-12.0 a	-14.7 a
3000倍	—	2.4 ab	1.8 b	2.3 a	2.5 ab	—	-15.0 a	-17.5 a	-12.1 a	-14.6 a
4000倍	4.7 a	2.1 bc	2.0 ab	2.3 a	2.4 ab	-5.4 a	-15.1 a	-17.4 a	-11.9 a	-15.0 a
5000倍	—	1.8 d	2.5 a	—	—	—	-14.8 a	-15.9 a	—	—
6000倍	—	2.0 c	—	—	—	—	-13.9 a	—	—	—
無処理	3.5 b	1.8 d	2.4 ab	1.9 a	1.9 b	-9.1 b	-14.8 a	-16.7 a	-13.6 b	-16.0 a

*2009年は収穫30日前、2010年以降は収穫20日前に散布し、10月上旬に果実調査
^y表中のデータ横にあるa~dは、縦の異なる文字間でTukeyの多重検定により5%の有意差あり

表-5 極早生ウンシュウ‘岩崎早生’におけるイソプロチオラン乳剤の樹体ストレス別散布^zと着色歩合（荒牧ら 2019）

区分	シートマルチ被覆 (7/10被覆)	着果量		イソプロチオラン乳剤 散布	着色歩合(分) ^z		果皮色					
		樹容積1m ³ 当り	葉果比		平均	(差) ^y	L*値	(差) ^y	a*値	(差) ^y	b*値	(差) ^y
マルチ有 着果多 散布	○	105果程度	17程度	2,000倍(9/11散布)	3.9	12 * ^x	63.1	4.1 *	-6.9	2.8 *	57.3	6.8 *
マルチ有 着果多 無散布	○	//	//	x	2.7		59.1		-9.7		50.5	
マルチ有 着果中 散布	○	80果程度	23程度	2,000倍(9/11散布)	2.7	0.1	59.5	2.1 *	-10.5	0.6	50.9	2.9 *
マルチ有 着果中 無散布	○	//	//	x	2.6		57.4		-11.1		48.0	
マルチ有 着果少 散布	○	50果程度	32程度	2,000倍(9/11散布)	2.7	-0.2	59.9	-0.3	-11.4	-0.4	52.0	0.0
マルチ有 着果少 無散布	○	//	//	x	2.9		60.2		-11.1		52.0	
マルチ無 着果中 散布	x	80果程度	23程度	2,000倍(9/11散布)	2.8	0.2	60.3	0.2	-10.5	-0.1	51.1	-0.6
マルチ無 着果中 無散布	x	//	//	x	2.5		60.1		-10.3		51.8	

^z収穫21~22日前2,000倍で散布し、10月上旬に果実調査
^y着色歩合は0.5~10分10段階評価、果皮色は果実赤道部を色差計にて計測調査
^x差は散布区と無散布区の値差
^{*}は、散布区と無散布区間でt検定により5%の水準で有意差あり

以上のことから、極早生ウンシュウミカン‘岩崎早生’において、イソプロチオラン乳剤2,000倍を収穫20日前に散布することで果実着色が向上することが示唆された。

樹体ストレス別の果皮着色への影響

‘岩崎早生’を供試し、シートマルチ栽培（透湿性資材：7月上旬~10月上旬被覆）した試験において、収穫21日前にイソプロチオラン乳剤2,000倍散布と無散布（無処理）に、それぞれ着果量別の着果量多（樹容積1m³当り105果程度：葉果比17程度）、着果量中（同80果程度：同23程度）、着果量少（同50果：同32程度）を設け、さらに着果量中には、シートマルチの無被覆を設け試験した。その結果、着色歩合は、シートマルチ被覆有の着果量多においてイソプロチオラン乳剤散

布が無散布より高かった（表-5）。果皮色は、明るさを示すL*値がシートマルチ被覆有の着果量多および着果量中においてイソプロチオラン乳剤散布が無散布より高かった。赤みを示すa*値はシートマルチ被覆有の着果量多においてイソプロチオラン乳剤散布が無散布より高かった。黄色みを示すb*値はシートマルチ被覆有の着果量多および着果量中においてイソプロチオラン乳剤散布が無散布より高かった（表-5）。

以上のことから、‘岩崎早生’のイソプロチオラン乳剤の収穫前散布において果皮の着色促進効果を得るためには、樹容積1m³当り80果（葉果比23）程度以上の着果ストレスおよびシートマルチ被覆による水分ストレスの付与が必要であることが示唆された。

表-4 極早生ウンシュウ‘岩崎早生’におけるイソプロチオラン乳剤散布時期と着色歩合、果皮色（荒牧ら 2019）

散布日	着色歩合	果皮a*値
収穫10日前 ^z	2.2 b ^y	-13.8 a
収穫20日前	2.5 a	-15.0 a
収穫30日前	1.9 bc	-13.6 a
無処理	1.8 c	-14.8 a

^zイソプロチオラン乳剤収穫10~30日前の散布濃度は2,000倍
^y表中データ横にあるa~dは、縦の異なる文字間でTukeyの多重検定により5%の有意差あり

樹冠内着果部位別の果皮着色への影響

極早生ウンシュウミカン‘日南1号’を供試し、収穫25日前にイソプロチオラン乳剤2,000倍を散布した試験において、収穫時に内成果、外成果別に採取し調査した。その結果、外成果の方が、内成果より、イソプロチオラン乳剤を散布処理した果実が無散布果実よりも果皮の赤みを示すa*値および着色歩合が大きい傾向にあった（表-6）。

果実品質、樹体および翌年の着花への影響

‘岩崎早生’を供試し、イソプロチオラン乳剤2,000~4,000倍を散布した果実の糖度、酸含量、落葉程度および翌年の着花に影響はなかった（表-7, -8, -9）。また、収穫前の乳剤散布は、緑黒色の斑点症状等の葉害が見られる場合もあるが、本試験での発生は見られなかった（表-10）。ただし、日中の高温時や曇天日に散布すると葉害が発生する可能性があるため、散布濃度、使用液量を遵守するとともに、暑い時間帯の散布回避や散布液の乾き具合などを考慮して晴天日の早朝に散布する。

他品種への効果

極早生ウンシュウミカン‘日南1号’は、イソプロチオラン乳剤2,000

表-6 極早生ウンシュウ‘日南1号’におけるイソプロチオラン乳剤散布と着果部位別の果実着色 (荒牧ら 2019)

区分	果皮色 ^y								着色歩合(分)	
	外成果				内成果				外成果	内成果
	L*	a*	b*	a*/b*	L*	a*	b*	a*/b*		
イソプロチオラン	72.5	5.4	70.2	0.07	74.2	4.1	71.4	0.06	6.9	6.2
無処理	71.1	3.2	68.2	0.04	72.9	2.5	69.3	0.03	5.5	5.9
Δ ^x	1.4	2.2	2.0	0.03	1.4	1.7	2.1	0.03	1.3	0.3

^xM階級12果/樹(樹の南北方向と内外成別の3果ずつの計4か所/樹から採取)の1処理区合計48果を選び調査

^y色差計を用い果実赤道部の最大着色部を測定

^zΔはイソプロチオラン区と無処理区との値差

表-7 極早生ウンシュウ‘岩崎早生’におけるイソプロチオラン乳剤の散布^zと糖度、酸含量 (荒牧ら 2019)

倍数	糖度(Brix)					酸含量(g/100ml)				
	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
2000倍	10.6 a ^y	10.1 a	9.7 a	8.9 a	10.5 a	1.06 b	1.14 a	1.08 a	0.99 a	0.91 a
3000倍	—	9.8 ab	9.8 a	8.6 a	10.4 a	—	1.13 a	1.23 a	0.92 a	0.96 a
4000倍	10.6 a	9.7 b	9.6 a	8.9 a	10.6 a	1.06 b	1.10 a	1.18 a	0.94 a	0.98 a
無処理	10.7 a	9.7 b	9.7 a	8.9 a	10.6 a	1.19 a	1.10 a	1.09 a	0.92 a	0.94 a

^z2009年は収穫30日前、2010年以降は収穫20日前に散布し、10月上旬に果実調査

^y表中データ横にあるa~dは、縦の異なる文字間にはTukeyの多重検定により5%の有意差有り

表-8 極早生ウンシュウ‘岩崎早生’におけるイソプロチオラン乳剤散布と落葉率 (荒牧ら 2019)

区分	落葉率(%)
イソプロチオラン2000倍-収穫20日前	6.0 a ^z
イソプロチオラン3000倍-収穫20日前	4.2 a
イソプロチオラン4000倍-収穫20日前	3.3 a
無処理	6.1 a

^z表中データ横にあるa~dは、縦の異なる文字間にはTukeyの多重検定により5%の有意差有り

表-9 極早生ウンシュウ‘岩崎早生’におけるイソプロチオラン乳剤散布と着花^zの影響 (荒牧ら 2019)

区分	母枝長 (cm)	全着花数 (個)	新梢数 (本)
2000倍	18.9	7.1	0.7
4000倍	18.5	6.7	0.8
無処理	18.5	7.3	0.9

^z散布は2009年9月、調査は2010年4月

表-10 イソプロチオラン散布^zと緑黒斑^y(葉害)の発生 (荒牧ら 2019)

区分	日南1号(2018)		日南1号(2019)		原口早生(2019)	
	発生指数 ^x	発生率(%)	発生指数	発生率(%)	発生指数	発生率(%)
イソプロチオラン	19.3	64.6	17.0	65.3	13.7	41.1
無処理	17.2	54.2	24.0	83.3	16.9	50.8
有意性 ^w	ns	—	ns	—	ns	—

^x2018年‘日南1号’は収穫前25日散布、2019年‘日南1号’は収穫前25日散布、2019年‘原口早生’は収穫前25日散布

^y緑黒斑程度は0(無)~4(甚)の5段階評価。なお、緑黒斑は、果皮に見られる全て同症状を判別したため無処理も発生がある

^z緑斑発生指数= $\{(1 \times \text{極少の発生果数}) + (2 \times \text{少の果数}) + (3 \times \text{中の果数}) + (4 \times \text{甚の果数})\} \times 100 / (4 \times \text{総調査果数})$

^w有意性のnsは有意差なし

倍の収穫前25日散布において、果皮の黄色み向上が示唆されるとともに、果皮の着色歩合1分程度の促進と赤み向上の傾向が見られた(図-2, 表-11)。早生ウンシュウミカン‘原口早生’は、イソプロチオラン乳剤2,000倍の収穫前25日散布において、果皮の着色促進と赤み向上の傾向が見られた(図-3, -4)。また、‘日南1号’‘原口早生’とも、浮皮果の発生軽減効果が見られた(図-5)。

おわりに

本技術は、結果で確認できるとおり、ウンシュウミカンの果皮着色を劇的に改善できるものではない。極早生ウンシュウミカンや早生ウンシュウミカンの収穫初めに一定着色以上を収穫する分割採取(選り採り)の改善等に役立ててもらいたい。なお、本試験は、極早生ウンシュウで6月、早生ウンシュウで7月から収穫期まで透湿性

シートを樹冠下被覆し、土壤乾燥を促し水分ストレスを付与することで糖度向上、熟期促進するシートマルチ栽培を基本としている。また、イソプロチオラン乳剤による着色促進効果が得られるためには、この他に、前述の着果による適度な着果ストレス、排水対策での土壤乾燥促進、長時間の日照確保などの圃場条件を整備する必要がある。そのためには、基本的な栽培管理であるせん定、土づくり、適期適量施肥、過乾燥時や収穫後のかん水、葉面散布などの樹勢維持回復対策を徹底し、バランスの良い着花(果)量および新梢量を確保した樹体づくりや、改植に伴う樹園地整備、日当たりを改善する防風林管理などの圃場環境づくりが重要となる。ただし、他の植物生長調節剤と同じように、圃場立地や散布条件等で効果に違いが表れ

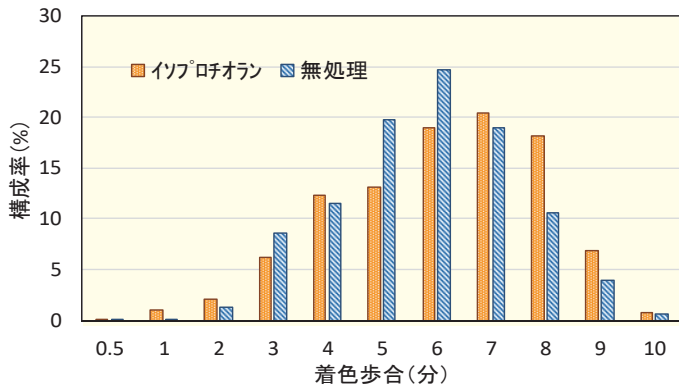


図-2 極早生ウンシュウ‘日南1号’におけるイソプロチオラン乳剤散布²と着色歩合の構成 (荒牧ら 2019)

²イソプロチオラン乳剤収穫前25日, 2,000倍散布

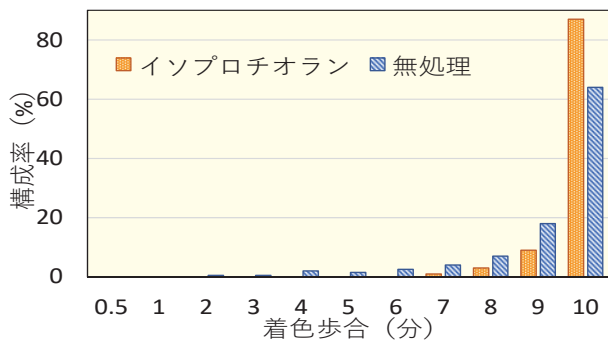


図-3 早生ウンシュウ‘原口早生’におけるイソプロチオラン乳剤散布²と着色歩合の構成 (長崎県県北振興局 2019)

²イソプロチオラン乳剤収穫前25日, 2,000倍散布

表-11 極早生ウンシュウ‘日南1号’におけるイソプロチオラン乳剤散布と果皮色 (荒牧ら 2019)

区分	果皮色			
	L*	a*	b*	a*/b*
イソプロチオラン	73.4	4.7	70.8	0.06
無処理	72.0	2.8	68.7	0.03
有意性 ²	ns	ns	*	ns

²有意性 * はt検定により5%の有意差有り, nsは有意差なし



図-4 早生ウンシュウ‘原口早生’におけるイソプロチオラン乳剤散布²の結果 (長崎県県北振興局 2019)

²左がイソプロチオラン乳剤収穫前25日, 2,000倍散布, 右が無処理

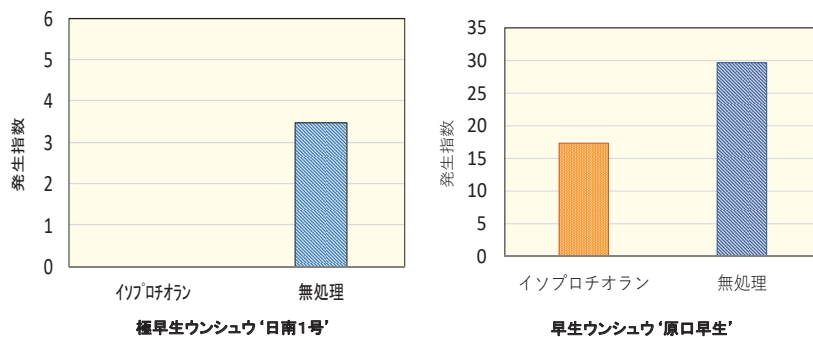


図-5 イソプロチオラン乳剤散布²と浮皮果³の発生 (荒牧ら 2019; 長崎県県北振興局 2019)

²イソプロチオラン乳剤収穫前25日, 2,000倍散布, 果実調査は‘日南1号’2018年10月1日, ‘原口早生’2019年10月30日

³浮皮果程度は0(無)~3(甚)の4段階評価

浮皮果発生指数 = $\langle ((1 \times \text{軽の発生果数}) + (2 \times \text{中の果数}) + (3 \times \text{甚の果数})) \times 100 \rangle / (3 \times \text{総調査果数})$

る場合があるので、農薬登録の範囲で活用事例を重ねてもらいたい。

果樹におけるイソプロチオランは、白紋羽病や野鼠の食害忌避対策剤としての農薬登録（フジワン粒剤）がある。植物生長調節効果としては、カンキツの発根促進（小野ら 1987）および果樹類の果実着色促進（徳淵 2008）として知見があり、昨年の 2019 年 9 月にイソプロチオラン乳剤がみかんの着色促進としての農薬登録が拡大された。ウンシュウミカンにおける着色促進メカニズムは、現在のところ不明であるが、ブドウでイソプロチオランとカロテノイド類代謝と関係のあるアブシジン酸代謝との関連が示唆されており（Tomiyama *et al.* 2017; 林ら 2017）、今後、メカニズム解明が期待される。

引用文献

- 荒牧貞幸 2010. イソプロチオラン散布がウンシュウミカン‘岩崎早生’の果皮の着色に及ぼす影響. 園学研 9(別) 2, 95.
- 荒牧貞幸ら 2019. イソプロチオラン散布がウンシュウミカン‘岩崎早生’の果皮の着色に及ぼす影響（第 2 報）樹体ストレス別の果皮着色への影響. 園学九州研究集録 27, 56.
- 荒牧貞幸ら 2019. イソプロチオラン散布がウンシュウミカン‘岩崎早生’の果皮の着色に及ぼす影響（第 3 報）散布濃度および散布時期の果皮着色への影響. 園学九州研究集録 27, 57.
- 荒牧貞幸ら 2019. イソプロチオラン散布がウンシュウミカン‘日南 1 号’の果皮の着色に及ぼす影響. 園学九州研究集録 27, 36.
- 藤澤珠子 2018. エチクロゼートとリン酸・メチオニン含有資材の散布による極早生温州「豊福早生」の着色促進効果. 果実日本 73(5), 34-37.
- 林洪ら 2017. ブドウ‘シャインマスカット’

成熟とイソプロチオランおよびアブシジン酸代謝. 園学研 16(別) 1, 76.

井上久雄ら 2005. 後期重点の摘果と後期の弱せん定は早生ウンシュウの高品質果実連年安定生産を実現. 平成 16 年度近中四農研究成果情報 359-360.

牧田好高. 貯蔵の実際. 農業技術体系果樹編 1-I (農文協); 技 362-363 頁

小野祐幸ら 1987. イソプロチオランのカンキツに対する発根促進効果について. 園学要旨, 昭 62 春, 18-19.

徳淵菜央 2008. 果樹類の果実着色促進剤及び着色促進方法. JP 特開 2008-24629 号公報.

Tomiyama, Hiroki *et al.* (2017) Effects of Isoprothiolane on the fruit coloration in citrus and grape. 13th International Symposium Plant Bioregulators in Fruit Production.

宇都宮直樹ら 1982. ウンシュウミカン果実の成熟に及ぼす果実温度の影響. 園学雑 51(2), 135-141.