

温暖化による温州ミカンの着花性と 「不知火」こはん症発生の影響と対策技術



農業・食品産業技術総合研究機構果樹茶業研究部門
熊本県農業研究センター果樹研究所・天草農業研究所

2020年3月

目次

I	はじめに	2
II	温暖化が温州ミカンの着花性に及ぼす影響について	
Q1	温暖化による花芽の影響は？	4
Q2	花芽が増えるメカニズムは？	5
Q3	温暖化になっても花と新梢のバランスを調節することはできる？	6
III	温暖化がこはん症発生に及ぼす影響について	
Q1	温暖化による影響は、高温？ それとも、土壤乾燥？	8
Q2	こはん症の発生するメカニズムは？	9
Q3	こはん症の発生を抑える技術は？	
	具体例 1 pF メータ（テンシオメータ）や土壤水分目視計を 目安に灌水する	10
	具体例 2 土壤の乾燥を防ぐために地表面にシートを被覆する	11
	具体例 3 肥料を効かせて、果皮を強くする	12
	具体例 4 貯蔵はポリ個装などで高湿度を維持する	13

I はじめに

気象庁（2017）は、温室効果ガスの排出が多いシナリオ（RCP8.5）を想定した場合、21世紀末（2075～2095）には、20世紀末（1980～1999年）と比較して、日本付近の年平均気温は、全国平均で4.5℃上昇することを報告しています。また、同報告書によると、温暖化は雨の降り方にも影響するとし、21世紀末には日降水量200mm以上の大雨の発生回数や、1時間降水量50mm以上の短時間強雨の発生回数は増加すると予想しています。一方で、雨の降らない日の年間日数は全国的に増加すると予想し、極端な気候になることが懸念されています。

このような気候変動は、カンキツの樹の生育や果実の発育にとってもさまざまな影響を及ぼすと考えられます。そこで、本マニュアルは、温暖化の影響が懸念される温州ミカンの着花性と、「不知火」などに発生するこはん症の発生に焦点を当てて研究を行い、その成果をまとめました。

RCP（Representative Concentration Pathway）とは、今後の温室効果ガスの推移をいくつか想定したモデルで、それをもとに将来の気温を予測します。

引用文献

気象庁，2017，地球温暖化予測情報第9巻

Ⅱ 温暖化が温州ミカンの着花性に及ぼす影響について

カンキツは、花芽の量が多すぎたり少なすぎたりすると、生産量は不安定になり、隔年結果と呼ばれるいわゆる表年と裏年を繰り返すようになります。安定生産には花芽と新梢のバランスがとれていることが重要ですが、ときに樹体条件、環境条件、栽培管理などによってそのバランスが崩れることがあります。これまでの研究から、気温は花芽の形成に密接にかかわることが明らかになっています。そこで、実際の温暖化を想定した花芽の影響について検証しました。



着果過多樹（表年）



着果不足樹（裏年）

Q1 温暖化による花芽の影響は？

A 花芽の量は増加し、開花期は +2℃で 2 週間、+4℃で 4 週間早くなります。

人工気象室（人為的に環境を制御できる部屋）を用いて平年区、+2℃区、+4℃区で温州ミカンを生育させると、気温の高い環境で生育した方が、直花の割合は増加し、花芽全体の量も増えることがわかりました。また、開花時期は、+2℃区で約 2 週間、+4℃区で約 4 週間早くなりました。

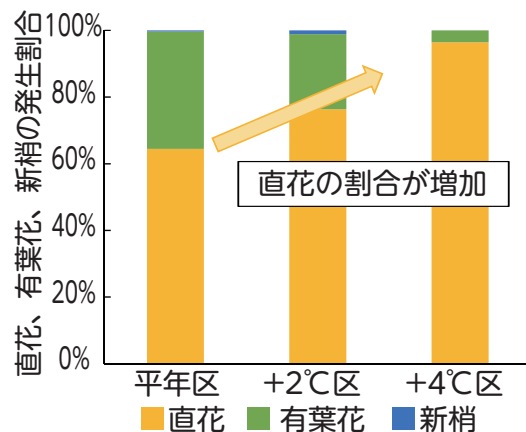
花芽の増加は、メリットになる品種もあれば、デメリットになる品種もあると考えられます。例えば、現状で花と新梢のバランスが取れている品種は、温暖化によってそのバランスが崩れやすくなると推察されます。

開花期の前進は、その後の生育や栽培管理に影響すると考えられます。

注) 無着果の条件で処理した結果のため、温暖化により着果量や収穫時期など栽培管理に変更が生じる場合は、その影響も受ける可能性があります。



人工気象室を用いた温暖化処理の様子



温暖化処理を行った温州ミカンの着花の影響



平年区
満開日：5月4日
撮影日：5月2日



+2℃区
満開日：4月21日
撮影日：4月14日



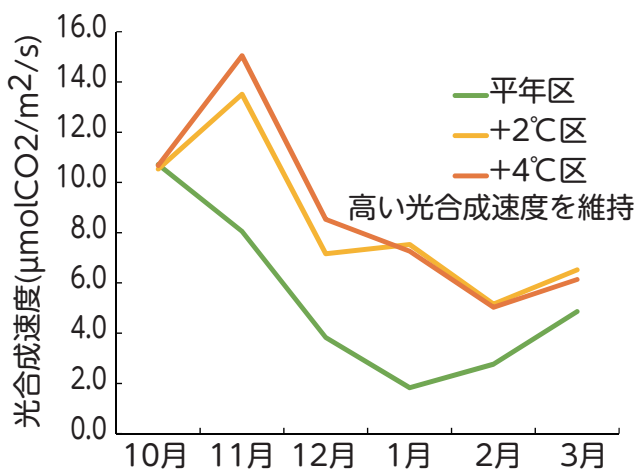
+4℃区
満開日：4月10日
撮影日：4月6日

〈試験方法〉温暖化の処理は、花芽の分化に影響すると考えられる9月から開花まで行った。平年区は、熊本県三角気象観測所における1986～2005年までの月別平年値を参考に設定し（気象庁ホームページより）、+2℃区と+4℃区は平年区の気温にそれぞれ+2℃、+4℃で設定した。供試樹は2年生「興津早生」を使用した。

Q2 花芽が増えるメカニズムは？

A 樹の栄養状態が良くなることで、花が増加すると考えられます。

温暖化が進むと、これまで光合成が活発でない低温期（11月～2月）においても、高い光合成速度を維持します。また、晩秋肥（11月上旬施用）は速やかに樹に吸収され、葉まで移行します。さらには、秋梢が発生した場合、これまでに比べて緑化しやすくなり、同化器官として利用されます。これらは、樹の栄養状態を良好に保つことにつながり、花芽が増加すると考えられます。



温暖化が冬季の栄養状態に及ぼす影響

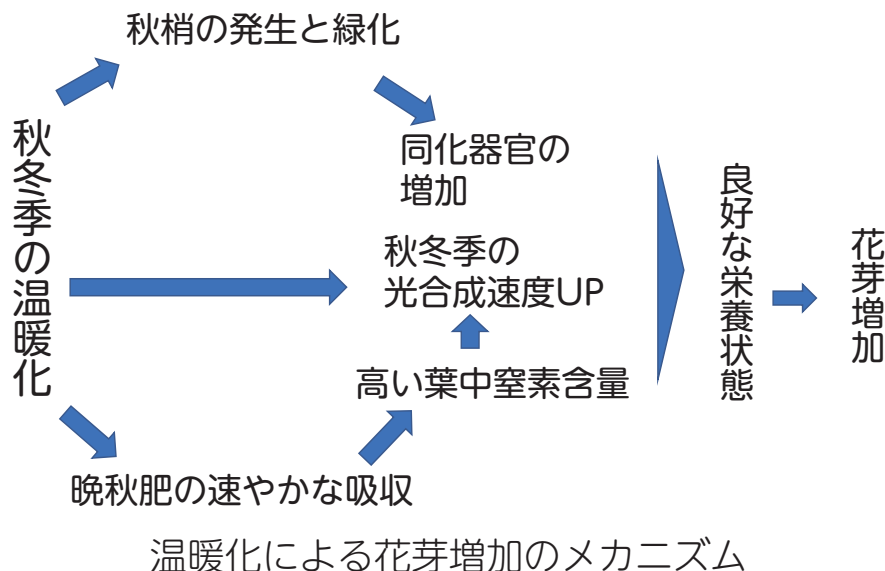
	根中窒素含量 (%) ^z	葉中窒素含量 (%) ^z	葉色 (SPAD 値) ^y
平年区	3.09 a ^x	3.22 b	55.6 b
+2°C区	2.48 b	3.81 a	71.2 a
+4°C区	2.64 b	3.41 a	68.0 a

^z 1月14日にサンプリングを行い、値は全窒素を表す

^y 2月6日に秋葉の葉色を測定。値が高い方が葉色の緑は濃いことを表す

^x 異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり

温暖化が秋冬季の葉の光合成に及ぼす影響



Q3

温暖化になっても花芽と新梢のバランスを調節することはできる？

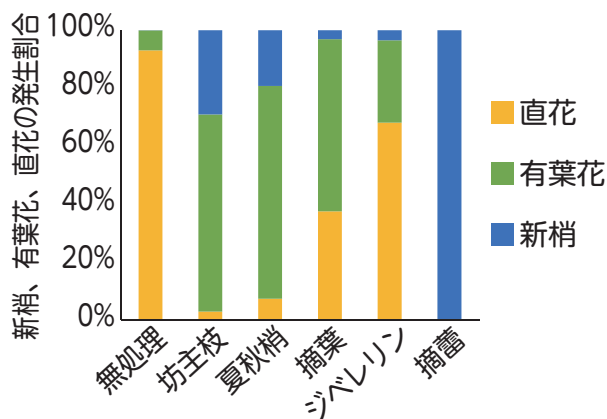
A

予備枝や摘蕾などの既存の調節技術で対応できると考えられます。

温暖化の環境を作り、既存の花芽調節技術である摘蕾、予備枝（坊主枝作成、夏秋梢剪除、摘葉）、冬季ジベレリン散布を行った結果、それぞれの技術で直花の割合を小さくし、有葉花や新梢発生を促すことが確認されました。

摘蕾の効果は高いですが、処理期間が限定され、労力がかかることから、花芽が多いと予想される場合は、あらかじめ予備枝を作るなど、複数の技術を組み合わせて対応されると良いでしょう。

それぞれの花芽調節技術の詳細は、専門の普及誌を参考にするか、関係する指導機関にお問い合わせください。



〈試験方法〉

供試樹は、2年生興津早生を使用した。温度処理は、人口気象室を用いて平年より+2℃で制御した（Q1の+2℃区と同様）。花芽調節は、12月21日に予備枝の作成とジベレリン散布を行い、ジベレリンは2.5ppmにマシン油乳剤60倍液を加用し十分量を散布した。摘蕾は、蕾が小豆～大豆の大きさの時期に処理をした。

花芽調節技術による効果の比較



無処理



坊主枝



夏秋梢剪除



摘葉



ジベレリン散布



摘蕾

Ⅲ 温暖化がこはん症発生に及ぼす影響について

こはん症は、樹上または貯蔵中に、果皮の一部が不規則に陥没を起こして褐変化する生理障害です。近年「不知火」で特に発生がみられ、商品価値が低下することから問題となっています。

例えば、熊本県では、2013年（平成25年）に生産された「不知火」の30%程度にこはん症が発生しました。この年の夏の気温は平年に比べて1.2℃高く、また降雨も少なく乾燥した年だったことから、今後、温暖化が進むと発生が増加すると懸念されています。



不知火の健全果実



不知火のこはん症果実

Q1 温暖化による影響は、高温？ それとも、土壤乾燥？

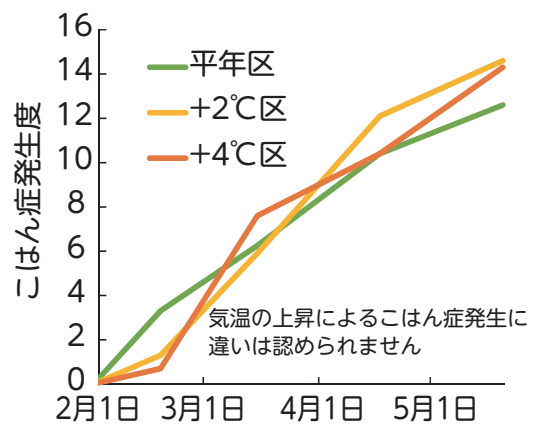
A 土壤の乾燥がこはん症発生を増加させると考えられます。気温の上昇による直接的な発生増加は認められません。

人工気象室を用いて、+2℃、+4℃の温暖化条件下で栽培した「不知火」の果実は、平年区の果実とのあいだでこはん症発生に差は認められませんでした。一方、夏から秋にかけて土壤を乾燥させ、樹体に乾燥ストレスを付与すると、こはん症の発生は増加しました。

温暖化は、気温が上昇するだけでなく、雨の降り方が極端になり、無降水日数は増加すると予想されていることから、果実発育期の乾燥には対策が必要になると思われます。



人工気象室を用いた温度処理*の様子

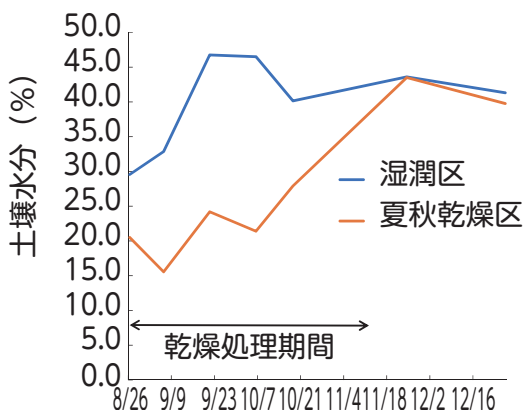


温度処理をした収穫果実のこはん症発生

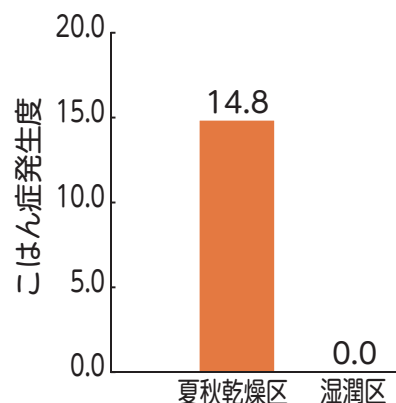
* 処理区は、平年区、+2℃区、+4℃区で、処理期間は6月から収穫までとした。

平年区は、熊本県三角気象観測所における1986～2005年までの月別平年値を参考に設定し(気象庁ホームページより)、+2℃区と+4℃区は平年区の気温にそれぞれ+2℃、+4℃の気温に設定した。供試樹は5年生「不知火」。1月22日に収穫し、1月30日に貯蔵庫(気温7℃、湿度85%)に搬入した。なお、樹上のこはん症は無かった。

こはん症発生度は、無(0) 軽(1) 中(2) 甚(3) の4段階で評価し、発生度 = $(\sum(\text{発生程度別果数} \times \text{発生指数})) / (3 \times \text{調査果数}) \times 100$ で算出した(農水省果樹試興津, 「カンキツの調査法」, 1987)。



異なる乾燥処理による土壤水分の推移



土壤乾燥処理をした収穫果実のこはん症発生

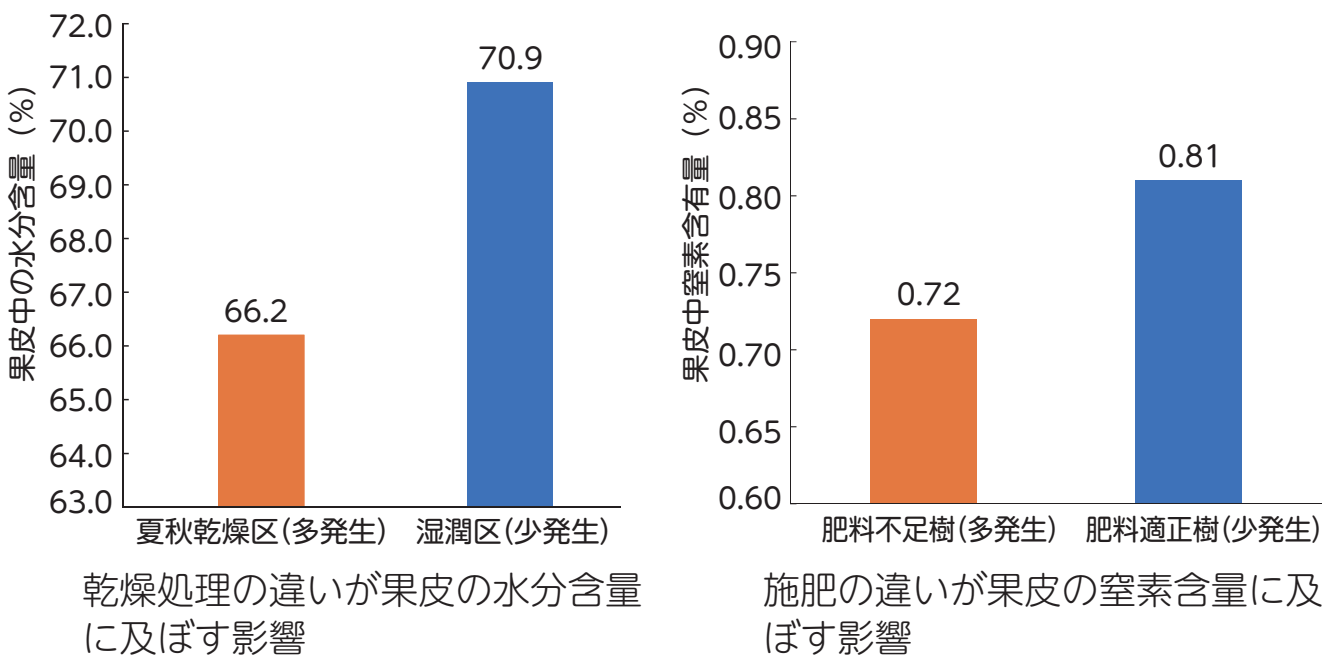
Q2 こはん症の発生するメカニズムは？

A 果実発育期の土壤乾燥や肥料不足などにより、果皮が脆弱化^{ぜいじやくか}（弱くなる）することで発生が助長されると考えられます。

果実の発育期に土壤が乾燥すると、果皮の水分は少なくなり、弾性も低下します。また、この時期に肥料が不足した場合は、葉色は淡く、葉や果皮中の窒素含量は正常な果実に比べて少なくなります。このように水や肥料が不足した果皮は、細胞レベルで脆弱化し、その成熟した果実周辺の気温や湿度が適切でなかったり、変動が大きいときに、表皮から数層内部の柔組織細胞が変形し、カリウムイオンが漏出することで褐変化すると考えられます（阿部ら，1996）。

引用文献

阿部ら．1996．日本食品低温保蔵学会誌．vol22．No.2．85-89．



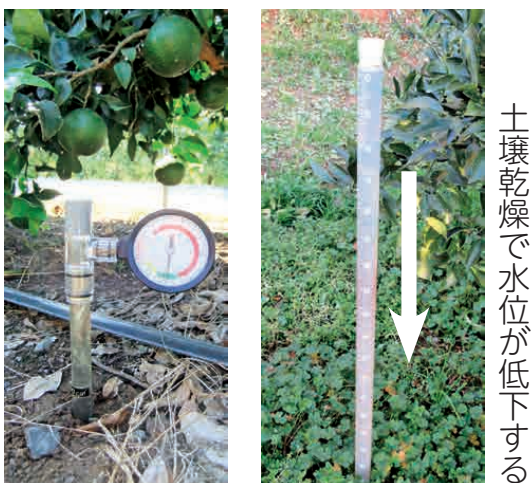
Q3 こはん症の発生を抑える技術は？

A 夏から秋にかけて樹体に過度な乾燥ストレスを与えず、適切に施肥管理を行うことで発生を軽減することができます。また、収穫後は貯蔵庫内の環境を適切に保つことで発生を軽減できます。

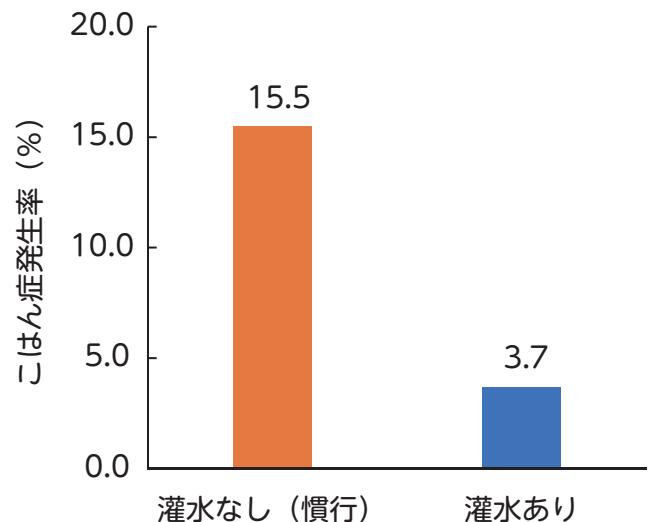
具体例 1 pFメータ（テンシオメータ）や土壤水分目視計を目安に灌水する

pFメータは、土壌中の水が土の毛管力によって引き付けられる強さを測定します。値がおおむね 2.4 以下で管理すると、こはん症発生を軽減できます。

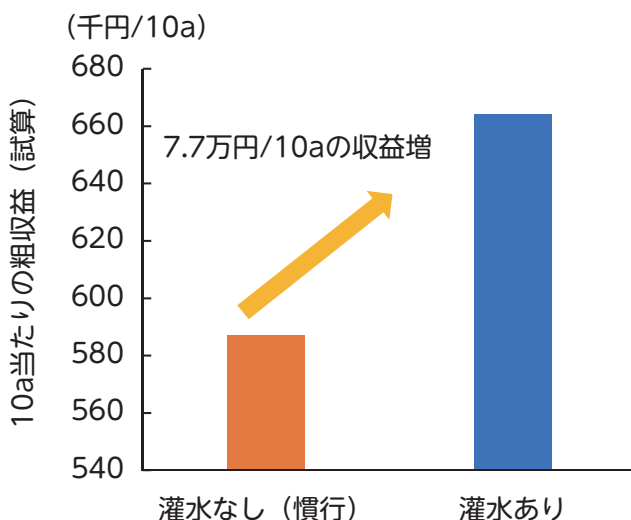
土壤水分目視計は、pFメータと基本原理は同じで、土壌の乾燥による管内の水位低下を読み取ります。水位の低下が 1cm/日以上で灌水すると、こはん症発生を軽減できます。



pFメータ 土壤水分目視計



灌水の有無がこはん症発生に及ぼす影響
灌水ありは、土壤水分計を目安に灌水



灌水によるこはん症発生軽減が収益に及ぼす影響

(試算方法)
平成 29 年熊本県果樹振興実績より
平均出荷量 1557kg/10a
デコポン合格果 442 円 /kg
こはん症発生果 25 円 /kg
(ジュース用価格) とした

〈技術の留意点〉

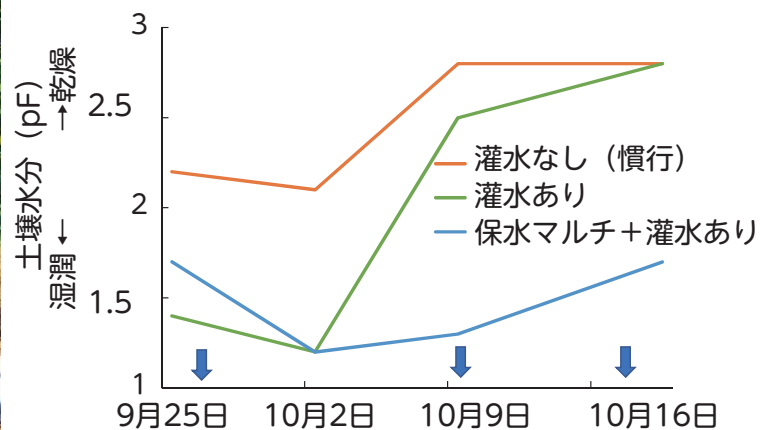
- ・ 灌水期間は、梅雨明け後から 10 月末までとする。
- ・ 1 回当たりの灌水量は、成木樹の場合 100L/ 樹を目安に行う。

具体例 2 土壤の乾燥を防ぐために地表面に保水用のシートを被覆する

灌水と併せて、保水用のシートで根域の地表面を被覆することで、土壌中の水分の蒸発を抑えることができます。これにより、土壤の乾燥を抑制し、灌水の間隔を長くとることが可能になります。



土壤水分の蒸発を防ぐためのシート被覆の様子



異なる水管理法が土壤水分に及ぼす影響

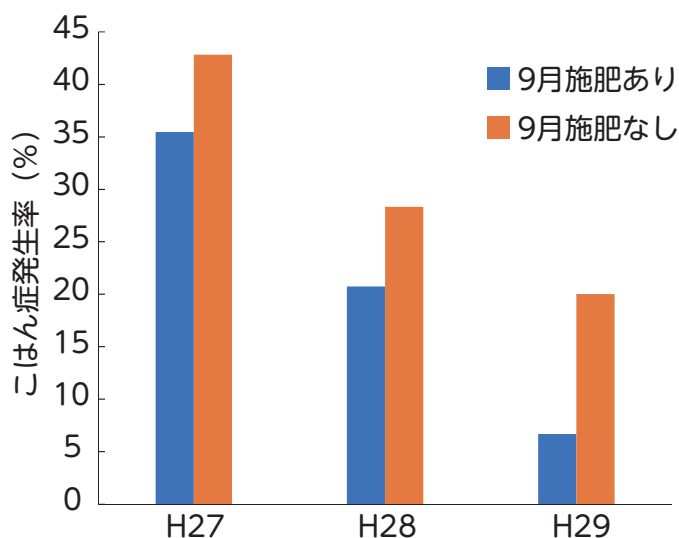
図中の矢印は、「灌水あり」区と、「保水マルチ+灌水あり」区の灌水日

〈技術の留意点〉

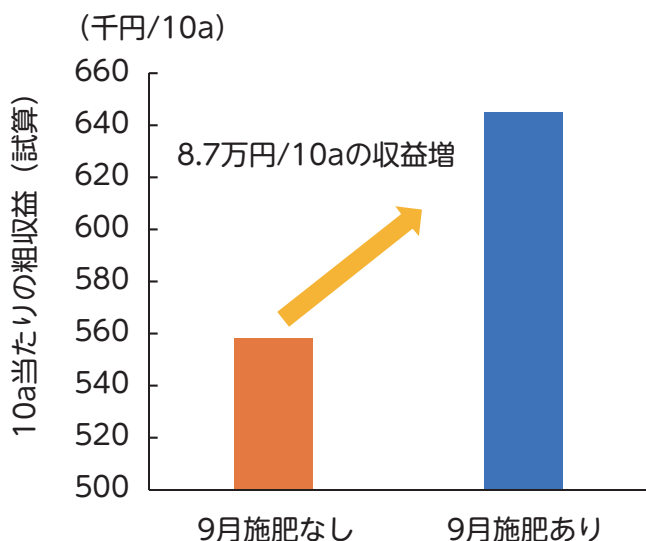
- ・被覆資材は、防水性のある白黒ポリを使用します。
- ・被覆資材のコストは、およそ約 26,000 円 / 10a です (マルチ押さえ、灌水チューブ含む)。

具体例 3 肥料を効かせて、果皮を強くする

果実発育期に肥料が切れると、果皮は弱くなり、こはん症が発生しやすくなります。とくに、9月の初秋肥を怠ると、発生率は高くなります。



9月の施肥の有無がこはん症発生に及ぼす影響



9月の施肥の有無が収益に及ぼす影響

(試算方法)
 平成 29 年熊本県果樹振興実績より
 平均出荷量 1557kg/10a
 デコポン合格果 442 円 /kg
 こはん症発生果 25 円 /kg (ジュース用価格)
 こはん症発生率は H29 のデータを使用した

〈技術の留意点〉

- ・年間窒素量は予想収量に基づいて決定します。
 (例：収量予想が 3t/10a の場合は、年間施用量を 26kg/10a とし、3月、4月、6月、9月、11月にそれぞれ、20%ずつ施用します (熊本県果樹対策指針, 2015))
- ・施肥後に雨が降らない場合は、1 樹当たり 50 ~ 100L を目安に灌水する。

具体例 4 貯蔵はポリ個装などで高湿度を維持する

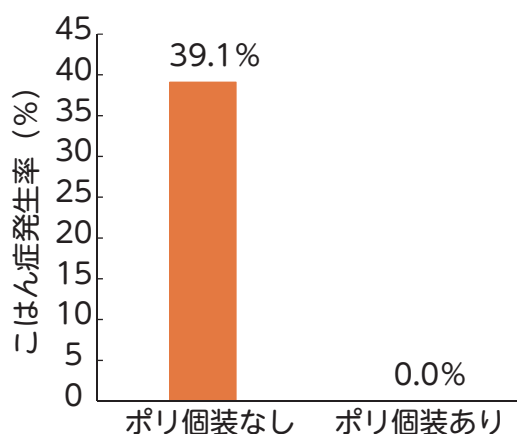
水管理や施肥管理を適切に行っても、貯蔵中の環境が不適であれば、こはん症は発生します。

こはん症発生には、とくに貯蔵庫内の湿度が関係し、例えば湿度 65% で貯蔵した場合、2 か月後には約 4 割の果実にこはん症が発生します。適正な貯蔵環境の目安は、気温 5～8℃、相対湿度 85～90% です。

果実周辺の湿度を高く維持するためには、①果実をポリエチレンフィルムで個別包装すること(ポリ個装)、②コンテナ全体をシート等で被覆すること、③貯蔵庫内を加湿することなどの対策があります。



貯蔵中に発生したこはん症果実



ポリ袋の個別包装がこはん症発生に及ぼす影響



ポリ袋で個別包装した果実



コンテナ全体をシート等で被覆
(資材：透湿性シート)

〈技術の留意点〉

- ・ 個包装用のポリエチレンフィルムは、およそ 1 円 / 枚です。
- ・ コンテナを覆うシートは、温州ミカンの高品質果実生産用の透湿性シートマルチを用いて自作するか、専用のシート (貯蔵名人, 日園連) を用います。

温暖化による温州ミカンの着花性と 「不知火」こはん症発生の影響と対策技術

令和2年（2020年）3月発行

〈問い合わせ先〉

農業・食品産業技術総合研究機構カンキツ研究拠点

〒424-0292 静岡県静岡市清水区興津中町485-6 TEL:054-369-7100(代)

熊本県農業研究センター果樹研究所

〒869-0524 熊本県宇城市松橋町豊福2566 TEL:0964-32-1723(代)

〈編集責任者〉

農業・食品産業技術総合研究機構 岩崎光徳

熊本県農業研究センター 北園邦弥

本マニュアルは、農林水産省委託プロジェクト「温暖化の進行に適應する生産安定技術の開発」により実施した研究成果に基づき作成しました。

本マニュアルは、「私的使用」又は「引用」など著作権法上認められた場合を除き、無断で転載、複製、放送、販売などの利用をすることはできません。

