

カンキツ果実の着色増進に関する研究

(第3報 数種の被覆材が果実の品質に及ぼす影響)

渡部潤一郎・梅本陽一・小山一夫・井上荘三・沢田 清

Studies on the Coloring of Citrus Fruit Fruit Quality as Affected by Covering Materials

Junichiro WATANABE, Yoichi UMEMOTO, Kazuo KOYAMA,
Shozo INOUE and Kiyoshi SAWADA

緒 言

近年のわが国における農業は、後継者の不足による高齢化、膨大な貿易黒字に由来する農産物の自由化問題、流通革命による流通方式の変化、高品質指向、あるいは、需要の多様化などの諸問題が山積している。カンキツ農業についても、果実の消費が低迷しているために、カンキツ生産者はその対応に迫られている。すなわち、中晩生カンキツへの高接更新を始めとして、落葉果樹への転換や施設栽培の導入など、問題の解決に向けて懸命に努力している。カンキツの施設栽培は昭和44年に香川県で始まり、現在までに、その栽培面積が著しく増加した。しかし、施設栽培には多額の投資を必要とし、この資金の償還を早く確実にを行うためには、高品質果実の連年多収が要求される。ハウス栽培では果実を収穫する時期の気温が高く、また、ビニル被覆を行うために、入射する光の強さ、光質、温度などの環境条件が露地栽培に比べ非常に異なっていて、果肉はすでに十分な熟度に達しているにもかかわらず、果皮の着色が不良である場合が多い。これは、西南暖地の露地栽培のウンシュウミカンが果肉先熟型であるのとよく似た現象である。一方、消費者が果実を購入する時には、ハウスミカンの果実の味がよいことは十分承知したうえでなお、着色のよい果実を求める傾向が強い。すなわち、着色を促進することは、ハウスミカンに対する消費者の需要を喚起する上で非常に重要な意義をもつものである。そこで、ハウス栽培でみられる着色不良が光量不足によるものか、成熟時の高温に由来するものか、あるいは、その他の環境条件が影響して起る現象なのかなど、着色を改善するために解決しておかなければならない問題が数多く報告されている。例えば、光量に関する報告¹⁻⁶⁾、あるいは、光質に関する報告⁷⁻¹⁰⁾、あるいは、光質に関する報告¹¹⁻¹⁴⁾などである。今回、われわれは、カンキツ果実の着色増進に関する研究の一環として、ビニル被覆が果実の着色に及ぼす影響について調査したのでここに報告する。

材料及び方法

本研究の実験（Ⅰ）に供試した樹は、愛媛大学農学部附属農場の安山岩を母岩とする土壤の段畑に栽植された55年生（推定）ワセウンシュウで、1区に2本ずつ割り当てた。また、実験（Ⅱ）では、同農場の洪積層台地に栽植した5年生の興津早生1区3本ずつ使用した。実験（Ⅰ）に使用した樹のビニル被覆は1983年5月より行い、1本の樹の中央で2分して、その半分を対照区とし、残りの半分にビニルを被覆した。ただし、樹の下部は温度の上昇を防止するため、ビニルで被覆しなかった。1985年の5月に西ビニルハウス内に、幅10cm、長さ20cmの反射アルミ蒸着フィルムを張った短冊を20個つるした。一方、実験（Ⅱ）に使用したビニルは、1984年度については、新ビニル1枚区及び新ビニル2枚区とし、いずれも透明ビニルを使用した。また、古ビニル1枚区では、2～3年間ハウスで使用していたものを再度被覆した。なお、1985年度に使用した被覆材は、新ビニル1枚区と新ビニル2枚区で、ともに梨地ビニルを使用し、2枚区ではそれを二重に被覆した。また、古ビニル1枚区では1984年度に使用した透明ビニルを用いた。どの処理区も、温度の上昇を防ぐため下部は被覆せずに風通しをよくした。

温度の測定には、湿度の測定を同時に行えるエース研究所製エース温湿度計 AH-2P 型を使用した。照度は、東京光学機械KK製の光電池照度計 SP 1-5 型を使用し、地表より0.5、1.0、1.5mの各位置について1週間間隔で測定した。太陽放射エネルギーの測定は、サンステーションシステム社製太陽エネルギー多点測定システムを用いて測定した。

一方、果実の色調は、肥大測定に使用する果実を用いて、採収後直ちに、果頂部、赤道部及び果柄部の3か所について、デジタルカラーメーター（TC-360OP 型東京電色KK）で測定した。また、クロロフィル及びカロチノイドの分析は、色調測定に使用した果実のフラベド組織を供試した。クロロフィル含量は、試料をアセトンで抽出した後エーテル層に移し、660nmと642.5nmの波長で吸光度を測定して、全クロロフィルとして算出した。また、カロチノイドは、クロロフィルの分析に用いたエーテル抽出液を水酸化カリウム・メタノールでけん化した後、451nmの波長で吸光度を測定してβカロチンとして算出した。

さらに、糖度と遊離酸の分析は、果実の肥大測定に使用した果実20個を用いて、糖度は屈折糖度計示度で、また遊離酸含量は、0.1Nのか性ソーダで中和滴定した後クエン酸に換算した。なお、肥培管理は慣行法に従った。

結果及び考察

Ⅰ 屋根掛けハウスにおけるビニルフィルムの被覆が果実の発育に及ぼす影響

1. ビニル被覆下の温度と照度

ビニルフィルムを被覆したハウス内の温度と照度は表-1に示すとおりである。2棟とも、ビニルフィルムの直下ではハウス外の気温に比べて10°C近く高かった。しかし、樹冠の上部では、西ハウスの場合が5°C、また、東ハウスでは1°C程度の差であった。これは樹が斜面に栽植されていて、ハウスの下部の風通しを常に良好に保つため、樹冠部があまり昇温せずすんだものと考えられる。一方、

相対照度は、ビニルフィルムの直下で6~7万ルクス、また、樹冠の下部では1~1.5万ルクスであった。特に下部では枝葉が交差しているために照度が低下した。

2. 果皮の着色

(a) 果頂部 1984年度のL値は、11月の測定時西ハウスの内部で高かった以外、被覆の有無による差がないのに対して、a値はハウスの内と外で差が大きかった。また、東と西のハウスの間でも差がみられた。しかし、b値については、11月の測定時被覆区と対照区の間には差はみられなかった。なお、色相及び彩度は、ハウスの外で色あいもよく、また、色もあざやかで、ハウスの内部に比べて大きな差が認められた。

表-1 屋根掛けハウス内の温度及び照度 (1983年)

ハウス別	測定位置	温度	照度 LUX
西ハウス	ハウス外	23.8°C	100,000
	ビニル直下	33.5	60,000
	樹冠上部	28.7	50,000
	樹冠下部	26.8	15,000
東ハウス	ハウス外	23.8	100,000
	ビニル直下	34.0	70,000
	樹冠上部	24.9	70,000
	樹冠下部	25.4	10,000

(注)温度の測定は6月7日の14時、また、照度の測定は6月30日の14時に行った。

表-2 屋根掛けハウスの内外における果実果頂部の着色比較

年	部位 色 月日 処理区	果 頂 部									
		L		a		b		色 相		彩 度	
		10/16	11/6	10/16	11/6	10/16	11/6	10/16	11/6	10/16	11/6
1984	西ハウス内	^{xv} 57.70	^y 65.87	^a -5.90	^{xv} 20.27	^x 32.45	^x 38.93	^y -79°43'	^{yz} 62°26'	^x 32.98	^{xv*} 43.89
	西ハウス外	^y 64.70	^x 62.87	^y 17.10	^z 28.43	^y 40.40	^y 38.10	^x 67°00'	^x 53°18'	^y 43.87	^z 47.54
	東ハウス内	^x 55.40	^x 62.83	^x -6.50	^x 17.97	^x 42.30	^x 37.60	^z -81°17'	^z 64°29'	^x 42.80	^x 41.67
	東ハウス外	^{xv} 61.00	^x 62.60	^x 3.35	^{yz} 25.60	^{xv} 36.65	^x 37.63	^x 84°46'	^{xv} 55°45'	^x 36.80	^{yz} 45.51
1985	月 日	10/9	11/6	10/9	11/6	10/9	11/6	10/9	11/6	10/9	11/6
	西ハウス内	^{xv} 48.36	^x 64.94	^x -8.58	^y 20.30	^y 24.12	^x 38.90	^x -70°29'	^x 62°28'	^y 25.60	^y 43.88
	西ハウス外	^x 52.30	^{yz} 62.66	^x -5.34	^y 21.30	^y 27.38	^x 38.70	^x -78°58'	^x 61°19'	^y 27.90	^y 44.17
	東ハウス内	^y 45.78	^{xv} 66.70	^x -10.10	^x 14.30	^y 22.12	^y 37.50	^y -65°26'	^y 69°08'	^x 24.32	^x 40.13
	東ハウス外	^{xv} 48.42	^z 61.20	^y -7.00	^y 21.70	^y 25.52	^y 37.60	^x -74°40'	^x 59°59'	^y 26.46	^y 43.41

*ダンカンの多重範囲検定 (5%)

1985年度は一般に、着色が平年より1週間程度遅れたために、10月測定のア値はいずれも色差計でマイナスとなり、果皮は緑色を呈した。しかし、11月の測定では、東ハウスの内部で着色が悪かった以外、例年と比べて差がなくなったが、それは、西ハウス内部のア値が高くなったためである。その理由は、反射蒸着アルミフィルムを短冊に張ってハウス内につるした結果、果面に当たる反射光や散乱光が増加したことによるものと推察される。

表-3 屋根掛けハウスの内外における果実赤道部の着色比較

年	部位 色 月日 処理区	赤 道 部									
		L		a		b		色 相		彩 度	
		10/16	11/6	10/16	11/6	10/16	11/6	10/16	11/6	10/16	11/6
1984	西ハウス内	^{xy} 60.55	^y 66.57	-4.70	^x 17.53	^{xy} 34.55	^{xy} 39.53	82°15'	^y 66°05'	^{xy*} 34.87	43.24
	西ハウス外	^y 61.80	^{xy} 63.63	10.95	^y 23.93	^{yz} 37.60	^y 38.03	73°45'	^x 57°49'	^y 39.16	44.93
	東ハウス内	^x 54.35	^x 61.90	-4.00	^x 15.77	^x 31.55	^x 37.67	82°45'	^y 67°19'	^x 31.80	40.84
	東ハウス外	^{xy} 59.75	62.73	-0.35	^x 24.73	^z 35.90	^{xy} 38.80	89°27'	^x 57°37'	^{xy} 35.90	46.01
1985	月 日	10/9	11/6	10/9	11/6	10/9	11/6	10/9	11/6	10/9	11/6
	西ハウス内	48.10	64.34	-9.46	^y 21.20	26.02	^x 38.20	-70°07'	^x 60°59'	27.69	^z 43.69
	西ハウス外	48.08	63.58	-8.02	^y 19.40	23.88	^x 37.30	-71°28'	^x 62.28	25.19	^y 42.04
	東ハウス内	46.92	63.90	-7.28	^x 12.76	21.38	^y 36.20	-71°13'	^y 67°28'	22.59	^x 39.18
	東ハウス外	48.38	62.10	-8.70	^y 22.00	24.52	^y 36.20	-70°27'	^x 58°45'	26.02	^{yz} 42.36

*ダンカンの多重範囲検定 (5%)

表-4 屋根掛けハウスの内外における果実果柄部の着色比較

年	部位 色 月日 処理区	果 柄 部									
		L		a		b		色 相		彩 度	
		10/16	11/6	10/16	11/6	10/16	11/6	10/16	11/6	10/16	11/6
1984	西ハウス内	50.80	^y 64.33	-8.40	^{xy} 14.38	28.60	^y 38.70	-73°38'	^{xy} 69°47'	29.81	^{xy*} 41.26
	西ハウス外	53.45	^y 63.70	-2.00	^y 23.47	31.45	^y 38.63	-57°37'	^x 58°45'	31.51	^y 45.70
	東ハウス内	54.55	^x 58.70	-3.90	^x 9.17	31.20	^x 35.53	-82°57'	^y 75°28'	31.44	^x 36.69
	東ハウス外	50.55	^{xy} 61.10	-6.20	^y 22.77	28.65	^{xy} 36.77	-77°49'	^x 58°08'	29.31	^y 43.25
1985	月 日	10/9	11/6	10/9	11/6	10/9	11/6	10/9	11/6	10/9	11/6
	西ハウス内	46.78	^y 63.97	-11.12	^x 18.10	22.98	^{xy} 37.80	-64°14'	^x 64°27'	25.53	^y 41.91
	西ハウス外	44.10	^{xy} 62.52	-10.24	^{xy} 17.90	20.84	^y 36.50	-63°57'	^x 63°57'	23.22	^y 40.65
	東ハウス内	45.24	^x 60.63	-8.32	^y 8.30	21.36	^x 34.20	-68°45'	^y 76°22'	22.92	^x 35.19
	東ハウス外	44.08	^x 61.20	-9.60	^{xy} 18.10	21.46	^{xy} 36.00	-66°04'	^x 52°00'	23.51	^y 40.80

*ダンカンの多重範囲内検定 (5%)

(b) 赤道部 1984年度のL値は東ハウスで低く、また、a値は西ハウスの外で早くから高くなり、着色が進んでいた。しかし、11月の測定時には、ハウスの西東による差はあまりなく、むしろハウスの内外で差が大きかった。色相及び彩度も同様の傾向であった。

1985年度は、果頂部の場合と同様に、反射アルミ蒸着フィルムをつるした西ハウスでは、ビニル被覆の有無による着色の差はあまりみられなかった。

(c) 果柄部 果柄部は果皮上の部位別に見て、着色が一番遅れるところであるが、1984年度のa値は、10月の測定時には東ハウスの内よりも外で低い値を示した。ただし、11月には反対に、ハウス内がハウス外の半分程度の値であった。色相及び彩度についても、11月の測定ではハウスの中で悪かった。なお、1985年度には反射アルミ蒸着フィルムをつるしたため、果頂部及び赤道部と同様の傾向であった。

川野ら¹²⁾は、着色には直達光よりも散乱光が果面に十分当ることが望ましいと報告しており、反射アルミ蒸着フィルムの使用は、樹冠内部の補光及び散乱光の反射率を高めるのに役立つものと考えられる。

3. 果皮組織中のクロロフィル及びカロチノイド含量

果皮フラベド組織中のクロロフィル及びカロチノイド含量は、表-5に示すとおりである。1984年9月の分析ではハウス内でクロロフィルの含量が低く、着色がハウス内で進んでいることを示していた。しかし、11月の収穫時には、どちらのハウスもビニル被覆下で果皮組織中のクロロフィル含量が高く、完全着色まで達していない。このことはa値からもうかがうことができる。1985年9月の分析では、被覆の有無によって大差なく、10月になると東ハウスの内部で外よりもクロロフィル含量が高かったが、しかし、収穫時には東西いずれのハウスも、無被覆に比べてハウス内でクロロフィル含量が高く、1984

表-5 屋根掛ハウス内外における果皮中のクロロフィルとカロチノイド含量 (ppm) の比較

色素	処理区	1984		1985		
		9/27	11/6	9/18	10/9	11/6
クロロフィル	西ハウス内	71.5 ^x	7.1 ^y	89.0	68.0	1.6 ^{x*}
	西ハウス外	157.9 ^y	4.7 ^x	85.0	78.5	1.2 ^x
	東ハウス内	139.6 ^y	8.1 ^y	104.0	96.0	11.0 ^z
	東ハウス外	175.8 ^y	4.0 ^x	97.0	80.0	5.5 ^y
カロチノイド	西ハウス内	0.18 ^x	10.8 ^x		0.4	17.9 ^{xy}
	西ハウス外	0.66 ^z	19.1 ^z		1.2	20.9 ^y
	東ハウス内	0.56 ^y	11.0 ^x		0.2	12.9 ^x
	東ハウス外	0.72 ^z	14.3 ^y		1.0	22.9 ^y

*ダンカンの多重範囲検定 (5%)

年度と同様の傾向であった。

一般に、ハウス内部の果実のクロロフィル含量は、果実の発育期間中は露地の果皮に比べて低く推移するが、収穫時に近づくと露地よりもハウス内の方がクロロフィル含量が高く、果皮が完全に着色しない。¹⁵⁾白石ら¹⁵⁾が、被覆材が葉のクロロフィル含量に及ぼす影響について調査した結果によると、寒冷しゃ処理区以外のビニル処理区では、すべて単位面積当りで減少しており、さらに、白石ら²¹⁾も、果皮中のクロロフィルはしゃ光によってその生成が抑えられるとしている。一方、大谷⁵⁾は、クロロフィルの合成の促進と阻害に対して、光が特に大きな影響を及ぼしているという。したがって、ハウス内では幼果時よりアルベド組織中のクロロフィルが少なく、また、1本の樹についても、外成り果と内成り果の比較では、内成り果のクロロフィル含量が低くなる傾向を示す。

一方、カロチノイドについてもハウスの内部で少なかった。しかし、1985年度の西ハウス内部では果皮の着色が良好でカロチノイド含量も高かった。カロチノイドについては白石ら²¹⁾は、しゃ光がカロチノイドを減少させないとし、また、手塚ら⁴⁾らは、しゃ光によって果皮のカロチノイドの増加が抑えられるとしている。一方、トマトについて高橋ら¹⁶⁾は、日向果に比べて日陰果でカロチノイドの増加が抑えられるという。また、大谷⁵⁾によると、光はカロチノイドの生成に対しては必ずしも必要ないが、葉緑体の発達に対しては大きな影響を及ぼし、未発達の葉緑体ではカロチノイドの形成も進行しないという。周年にわたってビニルを被覆すると、確かに果皮中のカロチノイド及びクロロフィル含量が低下し、葉緑体の発達が悪く、着色は不良となるが、このような状況のもとでは、照度不足を補う反射アルミ蒸着フィルムの使用が有効であると思われる。

4. 果汁の糖度と遊離酸含量

ビニル被覆の有無による果実の品質の違いは表-6に示すとおりである。1984年度は1985年度に比べて土壌が乾燥気味で、したがって、果実の糖度が高かった。しかし、両年とも、ハウスの内と外の比較では外の果実の糖度が高かった。また、遊離酸含量は、1984年度はハウスの外より内部で高かったが、1985年度には反対で、従来の成績¹⁷⁾と同様にハウス内で遊離酸含量が低かった。さらに、甘味比については、1985年度は遊離酸含量がハウスの内部で低かったため、その甘味比はかえって高くなった。なお、果皮率については、1984年度の西ハウスの外で低く、果重も一番小さかった。

光が品質に及ぼす影響について数多くの報告があり、栗山ら³⁾は、糖度がしゃ光処理によって低くなり、酸含量は逆に高くなるという。また、新居ら⁸⁾の報告も栗山らと同様に、しゃ光によって糖含量が低下し、遊離酸含量はむしろ増加している。これらの結果は、いずれも1本の樹の外部と内部の照度の差に関する調査によるものであり、ハウスの内外を比較した場合には、露地に比べて内部の遊離酸が低くなっている。しかし、ビニル被覆によって果汁の糖度が低くなることは問題で、果汁の糖含量と着色の間には非常に高い正の相関¹⁸⁾が認められている。したがって、光の利用効率を高めるためには、直達光よりも散乱光をより有効に利用するよう工夫することが必要である。Huff, A.⁹⁾によると、カンキツ果皮の色素転換が糖代謝によって制御されているとのことであるが、この事実からしても、糖度の向上にはハウス内の日射量、特に散乱光の有効利用を考える必要がある。

表-6 屋根掛けハウス内外における果実の果汁組成の比較

年	項目 月日 処理区	糖 度		遊 離 酸		甘 味 比		果皮率(%)	1果平均重(g)
		9/27	11/6	9/27	11/6	9/27	11/6	11/6	11/6
1984	西ハウス内	7.8 ^x	10.8	1.080 ^x	0.928	7.22 ^y	11.64 ^x	19.02 ^{xy}	115.00 ^{w*}
	西ハウス外	8.0 ^x	11.4	0.976 ^w	0.912	8.20 ^z	12.50 ^y	16.12 ^w	109.73 ^w
	東ハウス内	7.2 ^w	10.5	1.312 ^z	1.120	5.49 ^w	9.38 ^w	18.25 ^{wx}	168.25 ^x
	東ハウス外	7.8 ^x	11.2	1.232 ^y	0.912	6.33 ^x	12.28 ^y	19.55 ^y	156.92 ^x
1985	月 日	10/9	11/6	10/9	11/6	10/9	11/6	11/6	11/6
	西ハウス内	8.5 ^x	9.5 ^x	1.304 ^w	1.000 ^w	6.52 ^x	9.52 ^y	18.32	122.09
	西ハウス外	8.7 ^x	9.8 ^x	1.304 ^w	1.112 ^x	6.67 ^x	8.81 ^x	17.85	136.25
	東ハウス内	8.1 ^w	8.9 ^w	1.344 ^w	0.984 ^w	6.03 ^w	9.01 ^x	17.16	147.23
	東ハウス外	8.8 ^x	9.7 ^x	1.408 ^x	1.180 ^x	6.23 ^w	8.23 ^w	17.21	134.83

※ダンカン多重範囲検定(5%)

II. 屋根掛けハウスにおける被覆材の種類とビニルフィルムの使用年数の違いが果実の品質に及ぼす影響

1. 温度、照度及び太陽放射エネルギーに及ぼす効果

(a) 温 度

ハウスの被覆材の違いによる、ハウス内の地上0.5mにおける温度変化は、図-1と図-2に示すとおりである。1984年度のハウス内気温は8月7日にピークに達し、以後、漸次低下している。しかし、10月に入って晴天が続いたときにやや上昇した。被覆材別の効果では、寒冷しゃがややハウス内温度を下げる傾向を示し、また、新ビニル2枚区でやや高くなる傾向を示した。しかし、あまり大きな差ではなく、9月には古ビニル1枚区と寒冷しゃ区で温度が上昇していた。地上1.0m及び1.5mの高さの気温についても測定したが、その傾向は0.5m観測の結果と同じであった。

一方、1985年度には遅くまで高温が続き、古ビニル1枚区では前年度のそれに比べて透過率が高かったことから、ハウス内の温度についても高い結果を得ている。

表-7 測定日におけるハウス内の平均照度

処理区	地上からの距離(m)	1.5		1.0		0.5	
		1984	1985	1984	1985	1984	1985
新ビニル1枚区		66.0	55.3	68.3	59.6	62.5	50.8
新ビニル2枚区		62.3	45.2	53.0	46.6	41.8	31.5
古ビニル1枚区		50.9	45.2	48.6	50.5	37.8	45.6
寒冷しゃ区		56.4	41.3	55.0	48.8	40.4	41.9
対 照 区		100	100	100	100	100	100

(備考 対照区を100とした比数)

(b) 照 度

地表から0.5m、1.0m及び1.5mの高さにおいて測定した照度の比率は表-7に示したとおりである。地上1.5mにおいては、1984年度には古ビニル1枚区で一番照度が低く、対照区の約50%であった。また、1.0mの高さで48.6%、0.5mの位置で37.8%であった。

一方、1985年度には、古ビニル1枚区で前年使用した透明ビニルを用いたためにフィルムの透過率が高く、また、新ビニル2枚区では梨地フィルムを重ねて使用したため、地上1.0mで46.1%、また、0.5mの高さでは31.5%で最低であった。

一般に、ビニルフィルムの透光度は、その使用時間の経過とともに著しく低下するが、それはじんあいの付着や材質の変性などによって起こる変化である。すなわち、稲田¹⁹⁾の調査によると、トンネルマルチに使用后2か月で透光度が約50%低下しており、また、横木ら²⁰⁾の報告では、0.15mmのビニルフィルムで使用4か月後に69%、9か月後では57%、また、12か月後で50%に低下している。すなわち、古ビニルの再利用は、太陽放射エネルギー利用の点からみると好ましくない方法である。また、積算照度が果実の品質に影響を及ぼすことも指摘²¹⁾されているので、ハウスにおける樹冠下部の積算照度の不足という点からも是非補光が必要と考えられる。

(c) 太陽放射エネルギー

各種の被覆材を透過した後の太陽放射エネルギーを、1㎡当たりについて、時間当りのkWで表わしたのが図-5である。照度測定の場合と同様に古ビニルとは1年間使用した透明ビニルフィルムで、1年目の梨地ビニルより透過エネルギーが多い。また、新ビニル2枚区では、梨地フィルムを2枚重ねたため、寒冷しゃより透光度が低くなっている。新ビニル1枚区と古ビニル1枚区並びに新ビニル2枚区と寒冷しゃ区では8月中旬まで透過エネルギーが変わらず、その後になって差が現れた。しかし、ハウス内の太陽放射エネルギーの積算量は、いずれの区でも対照区ほどには増加しなかった。

この太陽放射エネルギーの積算量は、前述の照度の積算量と異なった性質のものである。すなわち、前者は測定間隔の期間中のカロリリーで表わされるのに対して、積算照度の場合には、測定時における単位時間内の照度の累積値で示されている。

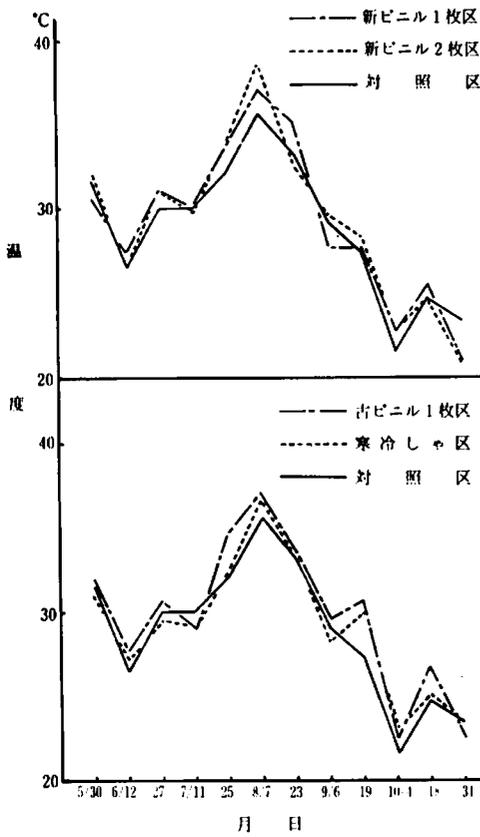


図-1 被覆材の違いとハウス内温度 (1984)

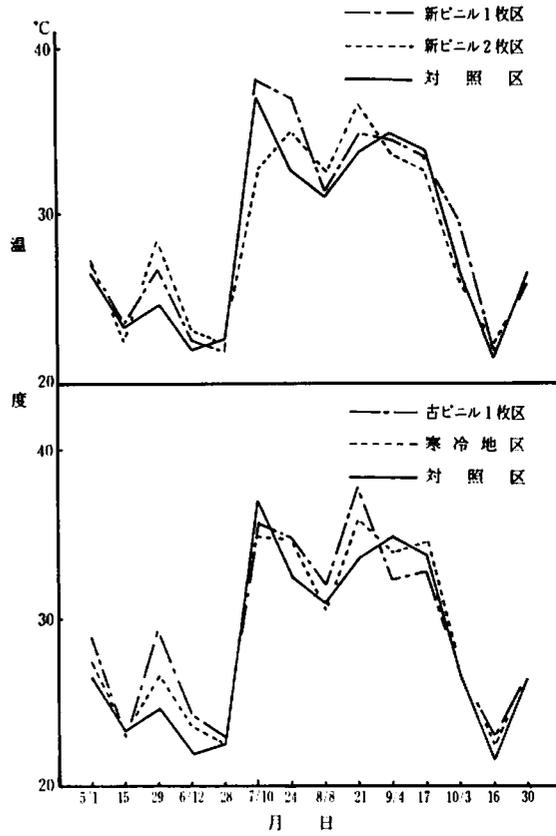


図-2 被覆材の違いとハウス内温度 (1985)

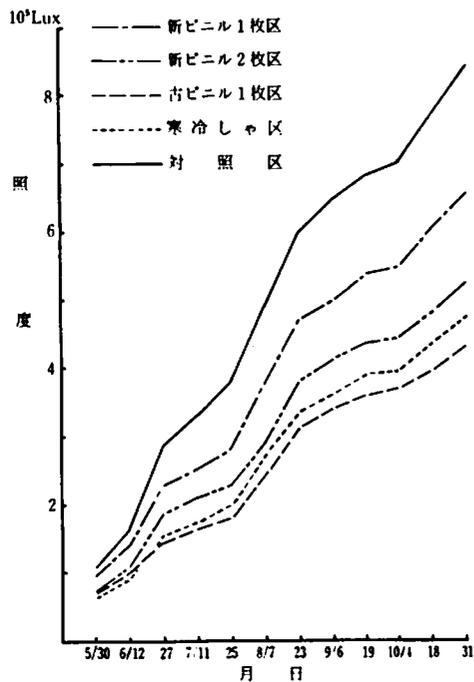


図-3 被覆材の違いとハウス内照度(1984)

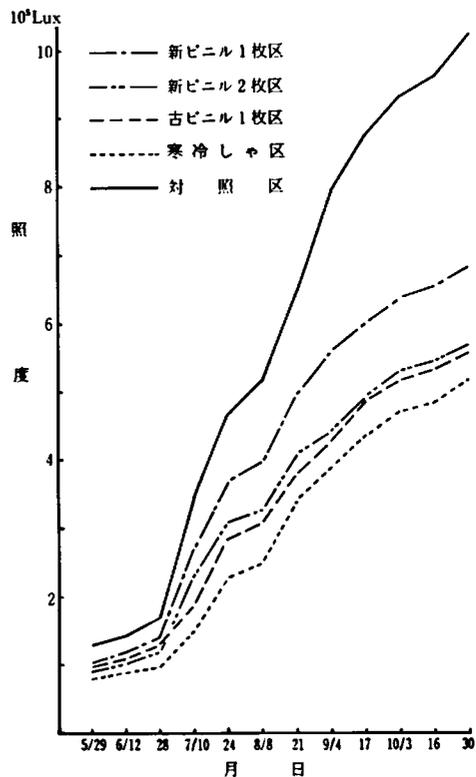


図-4 被覆材の違いとハウス内照度(1985)

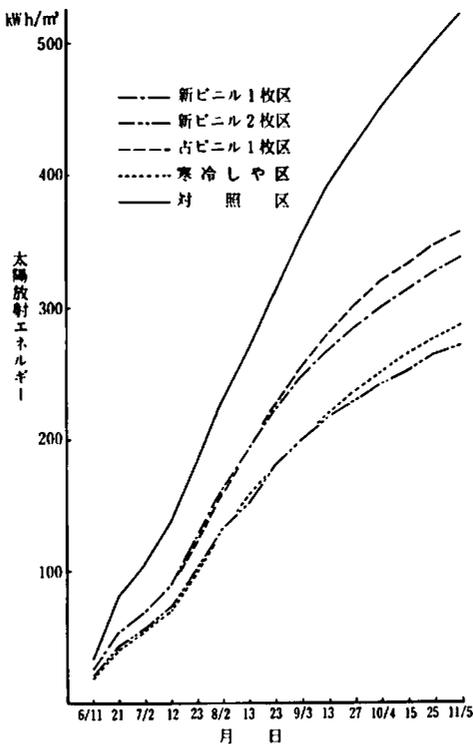


図-5 被覆材の違いとハウス内太陽放射エネルギーの積算量(1985)

表-8 被覆材の相違がハウスミカンの着果数、果実肥大及び果形指数に及ぼす影響

年次 処理区	項目	1984			1985			
		着果数	横径 肥大量	1樹当り 1果平均重	着果数	横径 肥大量	1樹当り 1果平均重	果形指数
新ビニル1枚区	個	42 ^x	5.49 ^y cm	141.47 ^k	180 ^{yz}	4.44 ^x cm	131.99 ^k	1.097 [*]
新ビニル2枚区		82 ^y	5.02 ^x	125.61	110 ^{xy}	4.74 ^x	151.43	1.096 ^x
古ビニル1枚区		38 ^x	5.59 ^y	135.86	173 ^{yz}	4.71 ^x	127.77	1.043 ^x
寒冷しゃ区		74 ^y	5.80 ^y	125.80	67 ^x	5.95 ^y	137.58	1.331 ^y
対照区		123 ^y	5.15 ^x	137.77	212 ^z	5.08 ^x	148.92	1.244 ^y

備考 横径肥大量1984年6/19~11/7、1985年6/20~11/7

*ダンカンの多重範囲検定(5%)

2. 着花数、果実肥大及び果形指数に及ぼす効果

村松ら²²⁾の報告では、日覆いが着花数を減じているが、今回2年にわたる調査では、ビニル被覆、特に、古ビニルや寒冷しゃ被覆による照度の低下が、隔年結果に及ぼす影響はほとんど認められなかった。1984年度に照度が最低であった古ビニル1枚区でも、着花数は1984年度の3.5倍に増加していた。また、横径の肥大量は寒冷しゃ区が最大であったが、これは開花とそれに続く初期生育が遅れたため、測定開始時の横径が小さかったことによる。また、1樹ごとの1果平均重は、1984年度は対照区に比べて新ビニル1枚区で大きく、新ビニル2枚区と寒冷しゃ区では小さかった。しかし、1985年度については、新ビニル2枚以外の区ではいずれも対照区より小さかった。果形指数は、寒冷しゃ区で対照区に比べて値が大きく、果形が偏平で、他の処理区では気温が高く経過したためか腰高であった。

3. 果汁の糖度と遊離酸含量

果汁の糖度及び遊離酸含量など、果実の品質に及ぼすフィルム被覆の効果を示したのが表-9である。すなわち、果皮率は、1984年度は対照区に比べて新ビニル2枚区で低く、ほかの処理区ではすべて果皮率が高かったが、特に、寒冷しゃ区の果実は果皮が厚かった。また、1985年度には、すべての区で果皮率が対照区よりも高かった。

糖度については、1984年度はいずれの処理区も対照区に比べて低く、特に、古ビニル1枚区と寒冷しゃ区で低かった。また、1985年度も1984年度と同様に、いずれの処理区も果汁の糖度が低かった。しかし、前年度に比べて照度の高かった古ビニル1枚区では、前年より糖度が高くなり、照度が低下した新ビニル2枚区では逆に前年より糖度が低くなった。

遊離酸含量は、1984年度には古ビニル1枚区と寒冷しゃ区で高く、新ビニル1枚区と新ビニル2枚区で低かったが、これは処理区間での果実の発育速度の差によるものと考えられる。また、1985年度は、寒冷しゃ区以外のいずれの区でも遊離酸含量が対照区に比べて低くなっていた。

さらに、甘味比については、1984年度は新ビニル2枚区で遊離酸含量が低かったために甘味比の値が高くなった。また、古ビニル1枚区と寒冷しゃ区では、糖度が低くなると同時に遊離酸含量が高かつ

表-9 被覆材の相違が果実の品質に及ぼす影響

年月日	項目 処理区	1果平均重(g)	果皮率(%)	糖度	遊離酸	甘味比
1984・11・9	新ビニル1枚区	141.47	21.49 ^x	9.3 ^x	1.15 ^{wx}	8.10 ^{x*}
	新ビニル2枚区	125.61	1.946 ^w	9.3 ^x	1.00 ^w	9.26 ^x
	古ビニル1枚区	135.86	23.76 ^y	8.4 ^w	1.32 ^{xy}	6.33 ^w
	寒冷しゃ区	125.80	25.99 ^z	8.5 ^w	1.53 ^y	5.52 ^w
	対照区	137.77	20.60 ^{wx}	9.9 ^y	1.21 ^{wx}	8.15 ^x
1985・11・7	新ビニル1枚区	126.63	23.66 ^x	9.1 ^{yz}	1.18 ^w	7.71 ^x
	新ビニル2枚区	153.94	23.51 ^x	8.1 ^w	1.00 ^w	8.07 ^x
	古ビニル1枚区	118.39	25.18 ^x	8.9 ^{xy}	1.17 ^w	7.62 ^x
	寒冷しゃ区	150.45	25.73 ^x	8.3 ^{wx}	1.55 ^x	5.36 ^w
	対照区	139.97	21.34 ^w	9.8 ^z	1.20 ^w	8.19 ^x

※ダンカンの多重範囲検定(5%)

ため、甘味比の値が非常に低かった。また、1985年度は寒冷しゃ区のみで酸含量が低かった。

以上のように、果実の品質に及ぼす照度の影響については、栗山ら³⁾、新居ら⁸⁾、手塚ら⁴⁾、川野ら¹²⁾の報告と同様に、光を制限することによって果汁の糖度が低下している。また、遊離酸については、白石¹⁸⁾の報告によると、相対照度が5%以下に低下すると酸含量が増加するが、本調査の場合には最低照度が30%程度で遊離酸への影響は少なく、むしろ温度の影響が大きく作用したものと考えられる。ただ、寒冷しゃ区ではネーブルにおける調査²¹⁾と同様、両年とも果汁中の遊離酸含量が高くなった。

4. 着 色

1984年度。果頂部の着色について、古ビニル1枚区と寒冷しゃ区でa値が極端に低かったが、ほかの処理区では対照区よりやや低い程度であった。また、L値やb値についても同様の傾向が認められた。赤道部の着色については、L値とb値は果頂部の場合と同様の傾向であったが、新ビニル1枚区のa値は対照区より低く、また、色相や彩度も同様な傾向であった。一方、果柄部の着色については、寒冷しゃ区のa値が極端に低く、次いで古ビニル1枚区で低かった。しかし、新ビニル1枚区と新ビニル2枚区の間では大差なかった。また、ほかの区のL値やb値についても大体において同様の傾向を示した。

以上のように、1984年度は寒冷しゃ区ハウス内でどの部位においても着色が極端に悪く、次いで古ビニル1枚区で、新ビニル1枚区と2枚区の間ではあまり大きな差はみられなかった。しかし、対照区に比べると両区とも果皮の着色が悪かった。積算照度については、新ビニル1枚区が2枚区に比べて高い値を示したにもかかわらず、a値については多少とはいえ新ビニル2枚区の方が高くなってい

表-10 被覆材の相違が果皮の着色に及ぼす影響

年月日	処理区	部位 色	果 頂 部					赤 道 部					果 柄 部				
			L	a	b	色相	彩度	L	a	b	色相	彩度	L	a	b	色相	彩度
1984.11.9	新ビニル1枚区	x	y	x	w	x	y	x	y	wx	y	z	x	x	x	yz	
	60.62	23.83	37.73	57°45'	44.63	60.83	21.48	37.31	60°05'	43.05	60.29	15.68	36.52	66°49'	37.74		
	新ビニル2枚区	x	yz	x	w	x	y	xy	y	wx	y	xy	x	x	x	y	
	58.28	24.83	37.10	56°10'	44.64	57.31	22.72	36.21	57°50'	42.75	56.80	15.91	35.28	65°48'	38.70		
	古ビニル1枚区	w	x	w	x	w	x	w	x	xy	x	x	wx	x	xy	x	
50.74	8.83	30.00	73°38'	31.27	49.20	10.15	27.88	70°03'	29.67	53.94	9.65	31.65	73°03'	33.09			
寒冷しゃ区	w	w	w	y	w	w	w	w	y	w	w	w	w	y	w		
43.85	3.30	27.12	82°39'	27.34	42.89	6.77	23.79	74°08'	24.73	46.93	5.06	25.87	78°58'	26.36			
対照区	x	z	x	w	x	y	y	y	w	z	yz	y	x	w	z		
57.18	28.05	36.09	52°15'	45.71	59.14	28.93	35.47	50°55'	45.77	59.29	25.64	34.86	53°18'	43.27			
1985.11.7	新ビニル1枚区	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	63.00	24.90	38.40	57°02'	45.77	64.35	21.30	38.10	60°49'	43.65	63.80	17.50	37.80	65°10'	41.65		
	新ビニル2枚区	x	x	x	x	x	wx	x	x	x	x	x	x	x	x		
	62.65	16.20	37.70	66°45'	41.03	62.00	7.60	35.70	77°59'	36.50	63.20	9.40	36.70	25°38'	37.88		
	古ビニル1枚区	x	x	x	x	x	wx	x	x	x	x	x	x	x	x		
60.10	14.90	36.00	67°30'	38.96	61.10	8.60	35.40	76°20'	36.43	62.50	12.50	36.70	71°12'	38.77			
寒冷しゃ区	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w		
46.85	-7.10	25.80	-76°30'	26.76	49.00	-7.20	25.00	-73°54'	26.02	51.00	-6.40	26.90	-76°37'	27.65			
対照区	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
61.45	22.90	37.30	58°28'	43.77	63.05	18.20	37.20	63°56'	41.41	61.75	14.00	36.20	68°52'	38.81			

※ダンカンの多重範囲検定(5%)

る。このことは、新ビニル2枚区を透過した程度の光の照度で果実の着色には十分であることを意味し、着色が対照区程度まで達しなかったのは、ほかの要因によるものと考えられる。一方、古ビニル1枚区で着色が極端に悪くなっているのは、光が新ビニルを2枚透過した程度以下の照度の範囲では、照度の大小が果皮の着色に強く影響を及ぼすものと考えられる。

表-11 被覆材の相違が果皮組織中のクロロフィル及びカロチノイド含量(µm)に及ぼす影響

色素	クロロフィル					カロチノイド			
	1984			1985		1984		1985	
	9/27	10/16	11/21	10/23	11/7	9/27	11/21	10/23	11/7
新ビニル1枚区	94.2	21.2	2.9	31.5	4.1 ^x *	5.6	10.8	1.0	18.7
新ビニル2枚区	82.8	48.3	2.2	89.0	7.0 ^x	5.8	11.1	0.5	15.7
古ビニル1枚区	80.6	46.9	14.3	49.0	11.3 ^x	6.0	7.7	1.5	24.7
寒冷しゃ区	109.7	58.5	17.7	84.5	80.2 ^y	6.2	8.7	1.5	11.0
対照区	97.5	27.4	0.5	30.5	4.1 ^x	8.4	21.1	2.0	24.4

*ダンカンの多重範囲検定(5%)

1985年度。果頂部の着色は、寒冷しゃ区で極端に悪く、新ビニル2枚区と古ビニル1枚区の両者の間では大差なかった。対照区に比べると色が悪くなっている。しかし、新ビニル1枚区では対照区よりも果皮の着色が良好であった。寒冷しゃ区で赤道部の着色が悪かったのは果頂部の場合と同様であるが、a値については、古ビニル1枚区よりも新ビニル2枚区の方が悪く、ビニルフィルムの質の違いによる照度の差が着色のよしあしの上に現われていた。また、果柄部の着色は赤道部のそれと同様な傾向であった。1985年度の着色については、新ビニル2枚区が梨地を用いて照度が低くなったために着色が悪かったが、相対照度が対照区の50~60%の新ビニル1枚区では対照区よりも良好な着色を示していた。これは当年の新ビニル1枚区が梨地で、光が梨地フィルムを透過した後は散乱光の割合が高く、50%以上にも達しており¹⁹⁾、その影響が出たものと推察される。

5. 果皮中のクロロフィル及びカロチノイド含量

1984年度。1984年度の果皮中のクロロフィル含量は、9月の分析値では寒冷しゃ区が一番高く、次いで対照区で、古ビニル1枚区が最も低い。また、10月の分析値では、新ビニル1枚区が対照区より少なく、ほかの3処理区では対照区に比べて高かった。しかし、11月の収穫時の分析では、寒冷しゃ区でクロロフィル含量が最も高く、次いで古ビニル1枚区で、ほかの処理区は対照区よりやや高い程度であった。一方、カロチノイド含量は、9月の分析値によると対照区でやや高い程度で大差なく、また、11月の分析値では、対照区が21.1µmであるのに対して新ビニル1枚区と新ビニル2枚区では対照区の約半分に過ぎず、古ビニル1枚区と寒冷しゃ区では更に低かった。

1985年度。1985年度の果皮中のクロロフィル含量は、10月の分析値でみると新ビニル2枚区と寒冷しゃ区で高く、古ビニル1枚区がこれに次ぎ、新ビニル1枚区では対照区とあまり差がなかった。また、11月の収穫時の分析では、寒冷しゃ区は10月の分析値と変わらず、古ビニル1枚区と新ビニル2枚区では対照区よりやや高い程度であったが、新ビニル1枚区は対照区と変わらなかった。一方、カロチノイド含量については、古ビニル1枚区は対照区と変わらず、次いで新ビニル1枚区で高く、新ビニル2枚区及び寒冷しゃ区の順に低くなっていた。

以上のように、両年における果皮中のクロロフィル含量は、寒冷しゃ区、古ビニル1枚区あるいは、新ビニル2枚区など、照度が低い処理区でクロロフィル含量が高くなっている。大谷⁵¹⁾及び白石ら¹⁶⁾の報告によると、照度の低下がクロロフィルの分解を遅らせるという。今回の調査でも、照度の低い処理区ではいずれも、クロロフィルの分解が遅れて着色が不良になる傾向を示した。ただ、一般に、照度が不足する樹冠内部やハウス内の果実の果皮色が黄色を帯び、クロロフィル含量の少ない傾向を示すことは、果実の発育段階における照度不足によって、クロロフィルの生合成が抑制されたことを示唆するものと考えられる。

一方、カロチノイドについては、照度の積算値よりもむしろ太陽放射エネルギーの積算値との関連が強いように認められた。苦名¹⁰⁾によると、カンキツの果皮中におけるカロチノイドの集積は温度の影響を強く受けるようで、貯蔵果実を一時的に温度調節することによって着色を増進させる効果²³⁾も認められている。果実の収穫前後における適切な温度管理は、果皮の着色の増進に大きく役立っている。したがって、クロロフィルの分解とカロチノイドの生合成に及ぼす環境要因の影響に関する調査研究が、カンキツの着色問題に関する今後の重要な課題になるものとする。

摘 要

1983年より愛媛大学農学部附属農場に栽植している55年生（推定）ワセウンシュウと5年生興津早生を使用し、透光率の異なるビニルフィルム及び寒冷しゃを被覆した屋根掛けハウス栽培について、ハウス内の温度及び照度の差が果実の発育及び品質に及ぼす影響を調査した。

1. 屋根掛けハウス内果実の着色は、露地栽培の果実より早く開始されるが、完全着色に至るまでの着色の進行は、かえってハウス内のほうが悪い。しかし、反射アルミ蒸着フィルムの短冊をつるすことによって、果皮の着色をいちだんと増進させることができた。

2. 屋根掛けハウスにおける果皮組織中のクロロフィルは、露地栽培の果実に比べて早く消失した。しかし、収穫時には反対に、ハウス内果実のほうがクロロフィル含量が高く、また、カロチノイド含量もハウス内で低かった。

3. 屋根掛けハウス内果実の果汁中の糖含量は、1984年度、1985年度の両年度ともハウス内で低かった。一方、遊離酸含量については、1984年度と1985年度で傾向を異にした。また、甘味比については、1984年度はハウス外の果実で高く、1985年度は反対にハウス内の果実で高かった。これは糖含量の差よりも、むしろ遊離酸含量が年によって大きく変わったことによるものと思われる。

4. ビニルフィルム及び寒冷しゃの被覆によるハウス内照度の低下は、隔年結果性に対してあまり影響を及ぼさないようであった。また、照度の低下は果実の初期肥大を悪くするが、後期の発育に対する影響は小さかった。さらに、果形指数についても、寒冷しゃ区などの照度不足の状態では、初期の縦径肥大が悪いため果実が扁平になる傾向が認められた。

5. 被覆材の異なるハウスを用いて調査したところ、1984年は照度の低い寒冷しゃ区と古ビニル1枚区で果皮の着色が最も悪く、新ビニル1枚区と新ビニル2枚区では、対照区に比べて着色がやや悪い程度であった。このことは、照度と着色の間に密接な関係のあることを意味する。

6. 被覆材が違った場合の果皮組織中のクロロフィル含量を比較したところ、光の透過度が低く、したがって、ハウス内の照度が低くなる資材を用いた場合に果皮中のクロロフィルの分解が少なく、着色不良であった。一方、果皮組織中のカロチノイド含量は、照度の高い状態のときに高くなる傾向が明らかに認められた。

謝 辞

本研究を行うに当たり、ご指導とご助言をいただいた本学農学部柑橘学研究室松本和夫教授並びに、ご指導とご校閲をいただいた本学農学部附属農場長門屋一臣教授に対し感謝の意を表する。また、本研究を遂行する上で、いろいろご協力いただいた農学部附属農場の職員諸氏に対して深甚なる感謝の意を表する。

引 用 文 献

- 1) 白石眞一、栗山隆明 (1968) カンキツの色素に関する研究 (第3報) 温州ミカンの着色と光度との関係。園芸学会昭和43年度春季大会研究発表要旨 40-41。
- 2) 白石眞一、栗山隆明 (1968) カンキツの色素に関する研究 (第4報) 晩生カンキツの回青防止について。園芸学会九州支部発表要旨 15。
- 3) 栗山隆明、白石眞一 (1970) 温州ミカンの品質に関する研究 (第8報) 日射量ならびにしや光時期と品質について。園芸学会昭和45年度秋季大会発表要旨 14-15。
- 4) 手塚修文、近藤克成、新美善行、鳥居鎮男、山本幸男 (1980) カンキツ果実の発育に関する研究 (第1報) 温州ミカンの着色に及ぼす光の影響について。園芸学会昭和55年度秋季大会発表要旨 102-103。
- 5) 大谷俊二 (1985) 紅葉の化学 化学と生物, 23 (11) : 701-708。
- 6) 川野信寿、白石利雄、柴茂 (1980) 宮内伊予柑の果実品質に関する試験。園芸学会九州支部発表要旨 18。
- 7) 川野信寿、小原誠、柴茂、財前富一 (1982) 宮内伊予柑の品質向上に関する研究 (第1報) 果皮色の退色について。園芸学会九州支部発表要旨 25。

- 8) 新居直祐, 出口典男 (1972) 光条件が温州ミカンの果実発育に及ぼす影響。農業および園芸 47 (1): 81-82.
- 9) Huff, A. (1984) Sugar regulation of plastid interconversions in epicarp of citrus fruit. plant physiology. 76: 307-312.
- 10) 苔名孝, 宇都宮直樹, 片岡郁雄, 藤本欣司 (1979) 樹上における果実の温度環境に関する研究。温州ミカン果実の温度環境と成熟との関係。園芸学会昭和54年度春季大会研究発表要旨 16-17.
- 11) 別府英治, 石川善一 (1978) 伊予柑の予措の環境要因が着色に及ぼす影響。園芸学会昭和52年度秋季大会発表要旨 450-451.
- 12) 川野信寿, 小原誠, 柴茂, 財前富一 (1984) 宮内伊予柑の品質向上に関する研究 (第4報) 成熟期の温度および樹上の着色。園芸学会九州支部発表要旨 15.
- 13) 白石雅也, 竹前誠人, 伊藤代次郎 (1983) ビニルハウス内で加温した温州ミカンの葉の特性。園芸学会中・四国支部大会発表要旨 20.
- 14) 荒川修, 堀格, 尾形亮輔 (1983) リング果実の着色におけるクロロフィル含量とアントシアン生成との関係。園芸学会東北支部発表要旨 9.
- 15) 白石雅也, 妙円園毅, 竹前誠人 (1984) 各種被覆材下における温州ミカンの発育枝の特性。園芸学会昭和59年度春季大会発表要旨 42-43.
- 16) 高橋敏秋, 中山昌明 (1959) トマト果実の着色に関する研究 (第3報) 果実の色素量に及ぼす光線の影響について。園芸学会誌 28 (3): 165-169.
- 17) 農業技術大系 果樹編 1 カンキツ (1982) 農山漁村文化協会 東京.
- 18) 白石真一 (1972) カンキツ果実の着色に関する研究。福岡県立園芸試験場特別研究報告 第2号 1-53.
- 19) 稲田勝美 (1984) 光と植物生育 光選択利用の基礎と応用 養賢堂 東京.
- 20) 横木清太郎, 神谷圓一 (1972) 温室=ビニルハウス園芸ハンドブック 82養賢堂 東京.
- 21) 農業技術大系 果樹編 8 共通技術 (1982) 農山漁村文化協会 東京.
- 22) 村松春太郎, 松尾武美 (1937) 日覆いがウンシュウミカンの首花におよぼす影響。日園誌.
- 23) 長谷川美典, 伊庭慶昭 (1982) カンキツ類の貯蔵に及ぼす温度の影響 (第3報) 果皮色に及ぼす影響について。園芸学会昭和57年度秋季大会研究発表要旨 498-499.

Summary

Effects of temperature and light intensity in the plastic house on the fruit growth with special reference to coloring were investigated. Fifty five-year-old and 5-year-old wase satsuma mandarin trees which were grown at the Experimental Farm, College of Agriculture, Ehime University, were top covered with plastic films or cheesecloth, the sides of the house remaining uncovered.

Coloring of the fruit began earlier in the house than in the open field but full coloring was

delayed in the house. The chlorophyll content at harvest was higher and carotene content was lower in the house than in the field.

Aluminium-coated plates were found to be effective to hasten the coloring when they were attached on the side of the house. The plates helped the solar radiation to reflect.

Soluble solids content was consistently lower in the house in both 1984 and 1985, while titratable acidity and the soluble solids-acid ratio fluctuated year by year. This fact shows that acid content of the juice was more susceptible to yearly changes of climatic conditions than sugar content.

Decreased solar radiation depressed the fruit growth at early stages but final enlargement was not so affected. Light intensity in the house was lowest in the cheesecloth plot, followed by the plot of vinyl film covering. Low light intensity seemed to produce flat fruit. This tendency was conspicuous in the plot of cheesecloth covering.