

博士學位論文

施設栽培における‘アーウィン’マンゴー果実
の生産と品質向上技術に関する研究

平成14年9月

近畿大学附属農場

(主査：宇都宮直樹教授)

佐々木 勝昭

施設栽培における ‘アーウィン’ マンゴー果実の
生産と品質向上技術に関する研究

近畿大学附属農場

佐々木 勝昭

(主査：宇都宮直樹教授)

**Studies on Cultural Practice for Improvement for Fruit Production and
Quality in ‘Irwin’ mango grown under Plastic House**

Katsuaki Sasaki

September, 2002

**Experimental Farm of Kinki University
(Advisor: Prof. Naoki Utsumiya)**

Submitted to the graduate School, Kinki University, to fulfill the requirement for
the Doctorate Degree.

目次

	頁
緒 論	1
第1章 諸要因による花性分化の変化	4
第1節 両性花と雄花の着生様式	4
第2節 温度と水分ストレスが花性分化に及ぼす影響	5
第3節 生長調節物質が花性分化に及ぼす影響	8
第4節 考察	13
第5節 摘要	15
第2章 結実と果実生長の促進	16
第1節 ミツバチによる受粉が着果と果実生長に及ぼす影響	16
第2節 フォルクロールフェニユロン(CPPU)とジベレリンの混合 処理が果実生長に及ぼす影響	19
第3節 摘果が果実生長に及ぼす影響	24
第4節 考察	31
第5節 摘要	35
第3章 果実の着色に及ぼす光の影響	37
第1節 成熟果実における着色様式とアントシアニン組成	37
第2節 遮光処理が着色に及ぼす影響	39
第3節 紫外線除去フィルムが着色に及ぼす影響	46
第4節 考察	51
第5節 摘要	55
第4章 せん定による結果枝形成調節	56
第1節 秋季の切り戻しせん定が結果枝形成に及ぼす影響	56
第2節 冬季からの切り戻しせん定が結果枝形成に及ぼす影響	62
第3節 考察	73
第4節 摘要	76

第5章 総合考察	77
引用文献	80
謝辞	86
総摘要	87
summary	89

緒 論

マンゴー(*Mangifera indica* L.)はウルシ科に属する熱帯果樹であり、原産地はインド東北部からミャンマー西部にかけての地域である。現在では、ほとんどの熱帯・亜熱帯地域に広まり、栽培が盛んに行われている。その果実の生産量は世界の果樹類のなかで5番目である。19世紀になって、フロリダに導入された品種から亜熱帯の環境条件に適応した品種が数多く育成されるようになると、その栽培が温帯暖地にまで拡大してきた。

わが国では明治時代に沖縄農事試験場に初めてマンゴーが導入され、大正時代になると鹿児島県へも導入された。その後、試験的な栽培が試みられていたが、最近になって、沖縄県、鹿児島県、宮崎県などの西南暖地において経済栽培が行われるようになってきている。国内には多くに品種が導入されているが、このうち、特に、耐寒性に優れた‘アーウィン’が主要栽培品種になっている。‘アーウィン’は、アメリカ合衆国フロリダで1939年にF.D.Irwinによって植えられたLippensの実生から、1946年に選抜育成された品種である。その果実は長卵形をしており、果皮は鮮紅色、果肉は橙黄色で繊維がほとんど無く、芳香があり、肉質は多汁である。これらの特性のうち、赤色果実であることとその芳香がわが国の消費者に受け入れられている。国内で生産される果実は、樹上で完熟させるため輸入果実に比べると品質が良く、市場での評価が非常に高い。最近では市場価格が低下したメロンやハウスミカンに変わる作物として有望視されており、将来、さらに栽培面積が拡大することが予想されている。しかしながら、わが国での本格的なマンゴー栽培の歴史は浅く、経済性を高めるような栽培方法は十分に検討されていないのが現状である。わが国では、マンゴーはほとんど施設栽培が行われている。その樹体を取り巻く温度、光、土壤水分などの環境要因の変化は熱帯や亜熱帯におけるものとは異なっており、施設内における生育反応は熱帯などにおけるものとは異なることが予想される。したがって、経済性の高いマンゴー栽培を行うには、このような生育反応を解明することによって、わが国の環境条件にあった栽培技術を確立する必要がある。

果樹栽培では結実の確保と果実生長を促進させて生産性を高めるとともに、果実の品質を向上させてその市場性を高めるような果実生産技術を確立することが大切である。マンゴーでは新梢の先端に花穂が形成され、開花期間中に1つの花穂に1000個以上の小花が着生する。しかし、マンゴーの着果率は非常に低く、熱帯では1つの花穂に1～3個ぐらいしか着果しない。小花は花穂の発達中に両性花か雄花のいずれかに分化し、

花穂には両方の小花が混在して開花するようになる。両者の形成割合は受粉・受精に影響を及ぼし、両性花の割合が低かったり、受粉が十分に行われないと結実が不安定になる (Mallik, 1957 ; Spencer・Kennard, 1955)。したがって、マンゴー栽培において着果を安定させるためには、まずこのような花性分化の様式やメカニズムを解明し、その調節技術の開発などを行う必要があると考えられる。

数種の果樹では、環境条件 (Lange, 1960 ; Menzel・Simpson, 1991) や生長調節物質 (菅, 1980 ; 杉浦, 1992) が花性分化に影響を及ぼすことが報告されている。マンゴーにおいても温度 (Majumder・Mukherjee, 1961 ; Singh ら, 1966) や生長調節物質 (Maiti, 1973 ; Mallik ら, 1959) が両性花と雄花の形成割合を変化させることが報告され花性分化は品種による違いに加えて、樹体内外の諸要因によって影響を受けることが示唆されている。しかしながら、これらの研究はほとんど熱帯で行われているものであり、環境の異なる温帯のハウス栽培における花性分化の研究はほとんど行われていない。したがって、着果を安定させるためにはハウス内での花性分化に及ぼす諸要因に影響を明らかにしておく必要があると考えられる。

マンゴーでは開花期間中にハエやハチ類などの昆虫が飛来すれば、受粉が促進され着果率は高まることが報告されており (Free ら, 1976 ; Jiron ら, 1985)、昆虫受粉による着果促進が期待できる。実際に、沖縄県では結実を高めることを目的に、開花期にギンバエを放飼している栽培農家がある。しかしながら、和歌山県で試験的に栽培されている‘アーウィン’では、ミツバチによる受粉を行っても数多くの無種子果が形成されることが観察されている (佐々木ら, 1993)。これら昆虫と受精や結実との関係に関する研究は非常に少なく、マンゴーの結実安定のための技術を確立するにはその効果をより明確にする必要がある。

結実した果実の成長を促進させることは生産量を増大させるため、温帯果樹類では生長調節物質の利用や摘果などの栽培技術が発達してきた。果実生長の促進に利用されている生長調節物質にはジベレリンやサイトカイニン類があり、キウイ、リンゴ、ブドウなどで効果が認められている (Curry・Greene, 1993 ; Iwahori ら, 1988 ; Reynolds ら, 1992)。特に、この両方を組み合わせて果実に処理をすると効果が著しいことが知られている (Arima ら, 1995 ; Nickell, 1985)。摘果は、養分競合を軽減させて果実肥大を促進させることを目的として、ほとんどの温帯果樹で行われている栽培技術である。マンゴーでは前述のように1つの果穂に1~3個しか着果しないため、個々の果実生長を促進させることは収量を増加させるに有効な手段である。しかしながら、これまでマンゴーにおいては果実生長を促進させるための栽培技術に関する研究はあまりなさ

れていない。これまで温帯果樹で用いられてきた技術をマンゴ栽培に応用することができれば、安定したマンゴー果実生産が可能となる。

わが国では赤色発現が良好な果実は市場価値が高いため、リンゴなどではその発現を促進させる栽培技術が発達してきた。‘アーウィン’果実においても、赤色発現は消費者の注目を引き、購買意欲を高めるため、できる限り着色を促進することが果実の市場性を高める。果実の赤色は多くがアントシアニン形成によるものであり、その形成には光の影響が大きいことが示されている(野呂ら、1989; Arakawa ら、1985; Chalmers・Faragher、1977)。(Shaffer et al、1994)、マンゴーにおいてもアントシアニン形成において光の関与が示唆されている。しかし、世界におけるマンゴーの主要な優良品種は黄色果実であるため、赤色発現に関する研究は非常に数少ない。わが国でのマンゴー栽培はハウス内で行われることが多いため、被覆資材によってハウス内の光量や光質は露地での条件とは異なってくる。また、マンゴーは密な樹冠を形成するため、樹冠内に着生した果実には光がほとんど当たらなくなる。このようなことから、赤色発現を良好にして商品価値の高いマンゴー果実を生産するためには、着色と光の関係を明らかにし、ハウス内で着色に有利な光環境条件を作り出す必要があると考えられる。

‘アーウィン’マンゴーは沖縄では防風および雨よけのため、宮崎、鹿児島などでは加温のためにハウス栽培を行っている。しかし、マンゴーは本来樹高が10~30mに達する常緑性の高木で、周期的に新梢伸長するため樹冠が大きくなり、ハウス内での栽培が困難になることが予想される。樹高や樹冠の拡大はハウスでの栽培管理作業を困難にするだけでなく、果実の生長や品質にも影響を及ぼすことが考えられる。このため、作業を容易にし、品質を高めるよう樹体をコンパクトにするような栽培技術がどうしても求められる。温帯果樹では、切り戻しせん定によって樹体をコンパクトにすることができるが、マンゴーは頂生花芽と言われているため、切り戻しせん定を行うと花芽が失われて結実が確保できない危険性がある。しかし、湯浅農場では切り戻した枝に花芽が形成されることが観察されており(Utsunomiya and Sasaki、1998)、この現象を利用することによって着果を安定させながら樹体をコンパクトにする可能性が示されている。

そこで本研究では、現在わが国で栽培が盛んになりつつある‘アーウィン’マンゴーにおいて、着果と果実生長の促進の可能性、着色に及ぼす光環境の解明、せん定導入による樹体管理の可能性などを調査し、より安定した果実生産の確保と果実品質の向上を目的とした、ハウス栽培マンゴーの果実生産技術について検討した。

第 1 章 諸要因による花性分化の変化

わが国におけるハウス栽培でのマンゴー樹は秋季から冬季にかけての低温によって花芽分化し、加温によってあるいは春季の高温によって開花する。開花までの期間は加温の方法や気温の上昇の仕方によって変わるが、花芽分化が開始されてからしばらくの間は低温に遭遇する。熱帯性果樹であるマンゴーは低温によって両性花の形成数が減少すると報告されており、わが国においても花性分化が温度の影響を受けることが考えられる。また、ハウス栽培では定期的にかん水を行う必要があるが、花芽分化直後から萌芽までの間は灌水の間隔が長い場合があり、花性分化期に水ストレスの影響を受ける可能性も示されている。しかしながら、これまでわが国では、花性分化に及ぼす温度や水ストレスの影響はほとんど調査されていない。

果樹において生長調節物質による花性分化の調節は着果安定に役立つ技術となる。マンゴーにおいては両性花の増減は果実形成に関与する要因の 1 つで、導入しようとする品種の両性花形成を促進させる生長調節物質を明らかにしておくことは結実確保に有利と考えられる。

そこで本章では‘アーウィン’における両性花と雄花の着生様式と花性発現に及ぼす温度、水分ストレス、生長調節物質の影響について調査した。

第 1 節 両性花と雄花の着生様式

材料および方法

1992 年にビニルハウス内に栽植されている 3 年生‘アーウィン’樹において 3 月下旬から 4 月上旬にかけて無作為に 5 個の花穂を選び、第 1 図に示すようにその基部、中央部、先端部に分け、それぞれの部位において両性花と雄花の開花数を調査した。なお、胚珠が 2 個以上形成された小花は奇形花とした。満開期は 4 月中旬であった。

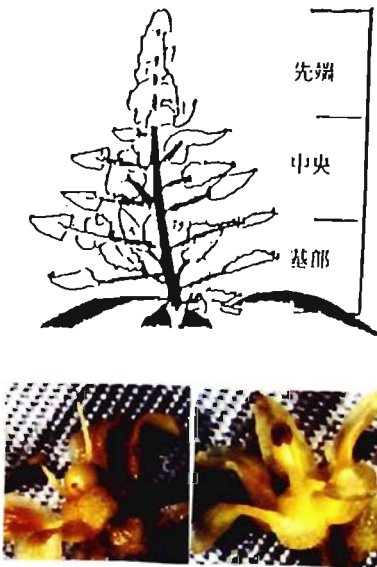
結 果

花穂の先端部ではいつの時期においても両性花の数が雄花に比べて著しく多くなった(第 1 表)。中央部では満開期には雄花の数が多くなったが、その他の時期には両性花が雄花よりも多かった。基部では 3 月下旬と 4 月中旬には雄花が両性花数よりも多くなり、4 月下旬になると両性花が雄花よりもわずかに多くなった。花穂全体ではいつの時期にも両性花の開花数が雄花よりも多かった。

第1表 花穂における部位別の両性花と雄花の出現割合

部 位	花型	3月下旬	4月中旬	4月下旬
先端部	両性花	422 (89%)	972 (89%)	294 (71%)
	雄花	27 (6%)	108 (10%)	117 (28%)
	その他	26 (5%)	9 (1%)	3 (1%)
	合計	475	1098	414
中央部	両性花	268 (58%)	469 (46%)	282 (70%)
	雄花	161 (35%)	536 (53%)	118 (29%)
	その他	33 (7%)	13 (1%)	3 (1%)
	合計	462	1018	403
基部	両性花	197 (42%)	384 (36%)	176 (46%)
	雄花	247 (52%)	675 (62%)	154 (40%)
	その他	27 (6%)	21 (2%)	56 (14%)
	合計	471	1080	386
全部位 合計	両性花	887 (63%)	1825 (57%)	752 (63%)
	雄花	435 (31%)	1319 (42%)	389 (32%)
	その他	86 (6%)	43 (5%)	62 (5%)
	総花数	1480	3178	1203

その他：奇形花、（ ）は合計花数に占める割合



第1図 花穂における
部位の区分と両性
花（左）と雄花（右）

全開花数に対する両性花の割合は先端部で非常に高くなり、基部ではいつの時期にも50%以下であった。3月下旬と4月下旬には雄花の占める割合が約30%であったが、満開期には40%以上に増加した。

第2節 温度と水分ストレスが花性分化に及ぼす影響

材料および方法

温度処理と水分ストレス処理が花性分化に及ぼす影響を調査するため、10号素焼き鉢に栽植した2年生‘アーウィン’接ぎ木苗（台木：台湾在来種）を用いて以下の実験を行った。

実験1：1992年10月30日に接ぎ木苗を $20\pm5^{\circ}\text{C}$ （低温区）および $30\pm5^{\circ}\text{C}$ （高温区）に調節されたガラス室にそれぞれ10個体ずつ搬入し、温度処理を開始した。処理後は開花開始時期、開花期間、花穂数、花穂長を満開日に調査した。開花期間中は不定期的に低温区では14回、高温区では7回それぞれの個体の花穂の一部を切り取り、70%エタノール溶液中に保存した。これらは後に取り出して開花している両性花と雄

花の数を調査した。

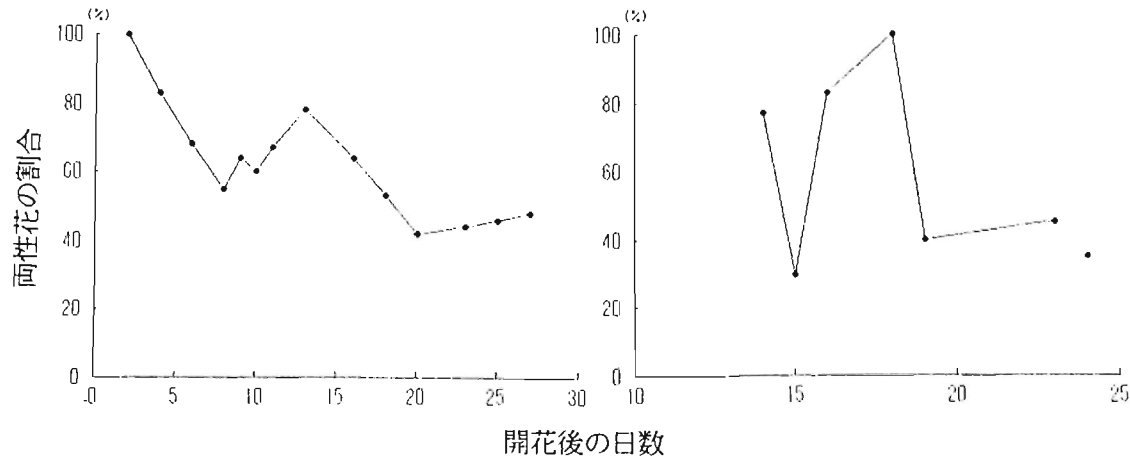
実験 2：近畿大学湯浅農場のビニルハウス内において、接ぎ木苗に 3 段階の水ストレスを与える処理区を設け、1993 年 1 月 20 日から処理を開始した。水ストレスは灌水間隔を変えることによって土壌水分を調節することによって与えた。灌水の間隔は 2 日に 1 回、1 週間に 1 回、2 週間に 1 回行う区を設け、それぞれ弱ストレス区、中ストレス区、強ストレス区とした。各処理区とも 10 個体ずつを供試し、ストレスの程度を調査するため 2 月 13 日、17 日、3 月 2 日に葉を切り取り、プレッシャーチャンバー法によってその水ポテンシャルを測定した。処理後は出現した花穂数と花穂長を満開日に測定し、開花期間中は実験 1 と同様にして花穂の一部を採取し、両性花と雄花の数を調査した。

結 果

実験 1：開花は高温区では 12 月 3 日から始まり、低温区では約 1 ヶ月遅れて 12 月 31 日から始まった（第 2 表）。形成された花穂は高温区では 4.3 個／樹、低温区では 4.0 個／樹であり、それぞれの処理区における開花期間は 28 日間および 47 日間であった。花穂長は低温区で長くなる傾向がみられた。

第 2 表 温度処理が開花、花穂数、花穂長に及ぼす影響

処理区	開花開始日	開花期間（日数）	花穂数／個体	花穂長（cm）
高温区	12 月 3 日	28	4.3	20.3
低温区	12 月 31 日	47	4.0	32.6



第 2 図 低温区（左図）および高温区（右図）における両性花形成率の経時的変化

開花期間中に採取した花穂において、両性花の開花数が全開花数に占める割合を第 2

図に示している。低温区では両性花の占める割合が開花開始時期に高く、次第に低下してゆく現象がみられた。高温区においては開花中期まで両性花の占める割合が高かったが、それ以降は急速に低下した。開花期間中の両性花が占める平均割合は低温区では62.3%、高温区では58.8%であり、両者に有意な差はなかった。

実験 2：各処理区における樹体の水ストレスの状態は第 3 表に示すとおりである。開花開始は、弱ストレス区では 4 月 24 日、中ストレス区では 4 月 28 日、強ストレス区では 5 月 2 日と水ストレスが強くなるにつれて遅くなった（第 4 表）。強ストレス区では他の 2 つの処理区に比べて、花穂数／樹が少なくなり、また、花穂長も短くなった（第 3 図）。開花に占める両性花の割合は弱ストレス区と中ストレス区とでは差がなかったが、強ストレス区ではこれら 2 つの処理区に比べると低下した。

第 3 表 水ストレスによる葉の水ポテンシャル（MP）の変化

処理区	2 月 13 日	2 月 17 日	3 月 2 日
弱ストレス区	-0.97	-0.90	-0.83
中ストレス区	-1.30	-1.30	-1.20
強ストレス区	-1.30	-1.73	-1.53

第 4 表 花穂数、花穂長、満開日、両生花の形成割合に及ぼす水ストレスの影響

処理区	花穂数	花穂長 (cm)	満開日	両性花の割合 (%)
弱ストレス区	1.7	19.8	4 月 24 日	67.6
中ストレス区	1.8	11.2	4 月 28 日	61.9
強ストレス区	0.7	6.3	5 月 2 日	44.2



第 3 図 水ストレスが花穂の生長に及ぼす影響

第3節 生長調節物質が花性分化に及ぼす影響

花の雌雄性が生長調節物質によって影響されることが数種の植物において知られている（菅、1980）。マンゴーでは両性花と雄花の形成に及ぼす影響についてはほとんど調査されていない。生長調節物質が性分化に及ぼす作用を明らかにすることができれば、マンゴーにおける着果安定に役立つと考えられる。本研究では数種の生長調節物質を開花前から処理し、それらが両性花と雄花の分化に及ぼす影響を調査した。

材料および方法

実験1：近畿大学湯浅農場において栽植されている4年生‘アーウィン’樹を用いた。苞葉が展開し、その基部に小花穂の原基が肉眼で観察できる状態の花穂に、10 および 50ppm GA_3 、500 および 1000ppm BA、100ppm エスレル処理を行う区を設けた。処理はそれぞれの調節物質の水溶液を毛筆で花穂に十分な量を塗りつけた。これらの処理は、1992年1月22日から1週間おきに3月11日まで、合計8回行った。無処理区の花穂を対照区とし、各処理区とも無作為に選んだ5花穂を供試した。開花が開始された3月17日から4月6日まで、花穂の一部を無作為に採取し、開花している全小花数に対する両性花の割合を花穂の先端部、中央部、基部に分けて調査した。

実験2：4年生‘アーウィン’樹を用いて、小花穂が肉眼で観察できる状態の花穂に50ppm GA_3 (GA1) および1000ppm BA (BA1) を、実験1と同様に、1992年12月12日から2週間おきに合計4回処理を行った。さらに、開花直前の花穂にいて、50ppm GA_3 (GA2)、100ppm GA_3 (GA3) 1000ppm BA (BA2) を1993年2月9日から2週間おきに3回処理する区を設けた。3月26日には十分に発達していない花穂を選び、 GA_3 50ppm (GA4) を1回処理する区を設けた。無処理区の花穂を対照区とし、各処理区とも無作為に選んだ5花穂を供試した。3月1日と4月15日に、これら処理した花穂上で開花している小花を採取し、全開花数に対する両性花数の割合を算出した。また、その時の花穂長を測定した。なお、12月12日と2月9日の処理開始時に花穂の一部を切り取り、そのパラフィン切片を作成して、花器の形成状態を光学顕微鏡で観察した。

実験3：本実験では、鉢植えの5年生‘アーウィン’4樹を10月下旬から加温したガラス室内に搬入し生育させたものを供試した。これらの樹では11月下旬から花穂が出現し始め、下旬には小花穂が肉眼で観察できるようになった。このような発育ステージがほぼそろった花穂を選び、50ppm GA_3 、1000ppm BA、10ppm ウニコナゾール水

溶液を 1 週間置きに 3 回塗布した。無処理の花穂を対照区とし、各処理区とも 1 樹から 1 花穂を選び、それぞれ 4 花穂ずつを供試した。開花後は、両性花数と雄花数を毎日調査した。

結 果

実験 1：いずれの処理区においても、両性花の形成割合は、花穂の基部や中央部に比べて、先端部で多くなった（第 4 図）。特に、対照区と GA₃ 10ppm 区では両性花の割合は 90% 近くになった。このように GA₃ 10ppm 区では両性花形成が抑制されなかったが、GA₃ 50ppm 区では、いずれの部位においても、両性花の割合が著しく減少した。この処理区では花卉が伸長するなどして小花の形態に異常が見られるものが多かった（第 5 図）。BA500 および 1000ppm 処理とも両性花の割合に影響を及ぼさなかった。エスレル処理においても同様に影響がみられなかった。

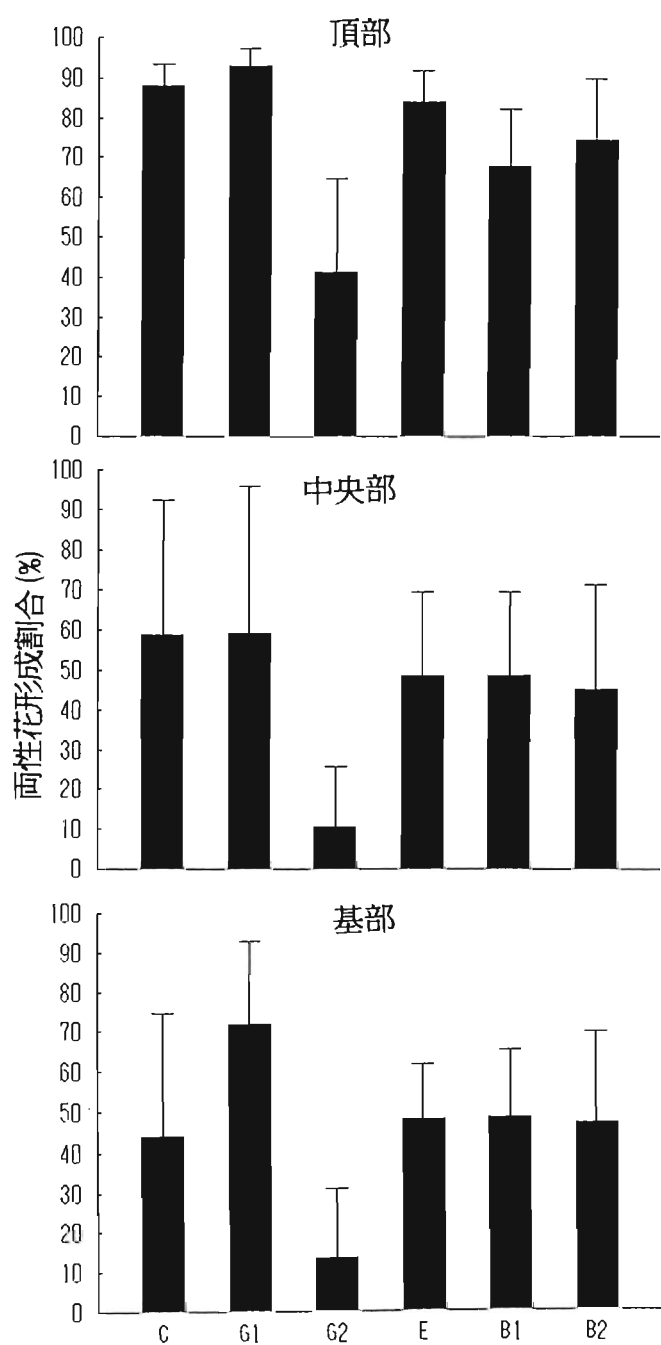
実験 2：12 月 12 日から生長調節物質の処理を行った花穂では 2 月 9 日から 3 月 10 日までの間に開花を開始した。2 月 9 日から生長調節物質で処理した花穂は 3 月 8 日から 3 月 20 日までの間に開花した。対照区では 2 月 21 日から 3 月 10 までの間に開花し、3 月 26 日に GA₃ 50ppm 処理を行った花穂では 4 月 15 日前後に満開期を迎えた。各処理区の開花期間はいずれも 1 ヶ月以上続いた。

花穂の伸長は小花出現期の GA1 区と高濃度の GA3 区で促進された（第 5 表）。一方、BA1 区および BA2 区では花穂の伸長が抑制される傾向がみられた。開花直前の GA₃ 処理（GA2 区）と後期の GA₃ 処理（GA4 区）は花穂長に影響を及ぼさなかった。

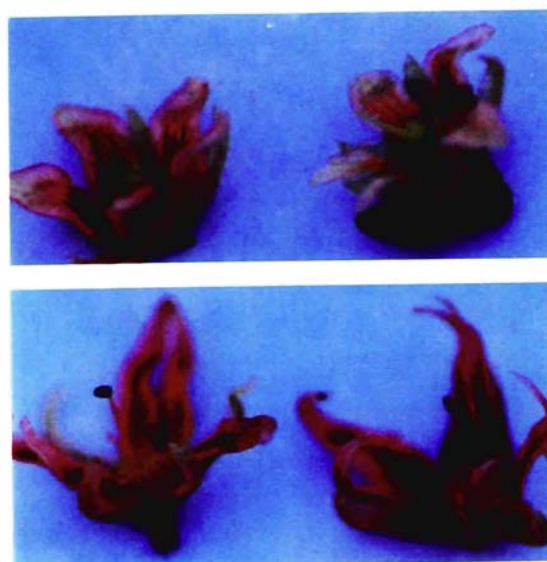
12 月 12 日および 3 月 26 日に採取した小花穂では小花はまだ未分化の状態であった

第 5 表 花穂長(cm)に及ぼす GA ₃ と BA の影響		
処理区	3 月 1 日	4 月 15 日
GA1	45.5	56.9
GA2	18.4	36.3
GA3	19.6	51.8
GA4	—	47.6
BA1	24.7	31.7
BA2	16.2	31.7
対照区	24.7	41.4

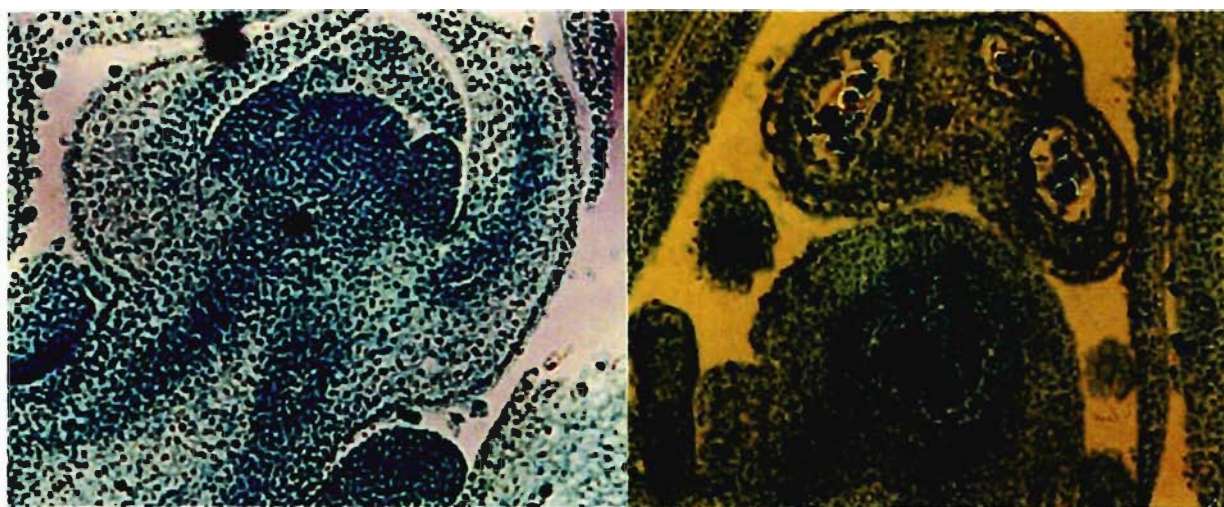
が、2 月 9 日に採取したものでは雄ずいがすでに形成されていた（第 6 図）。GA1 処理では 3 月 26 日には両性花の割合が減少したが、4 月 15 日の調査では対照区と比較



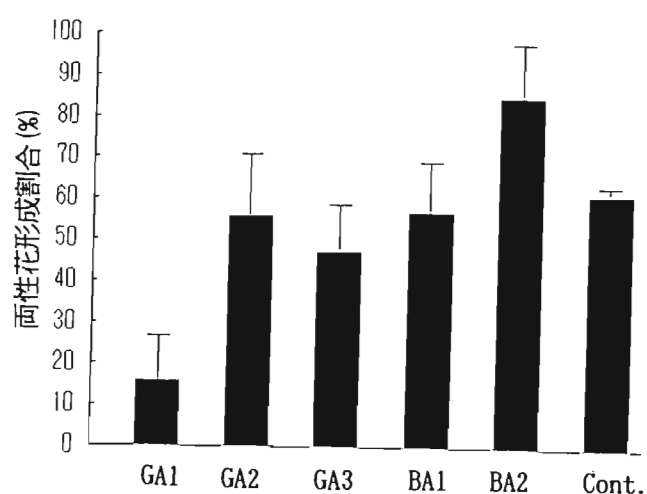
第4図 両性花の形成割合に及ぼす
生長調節物質の影響



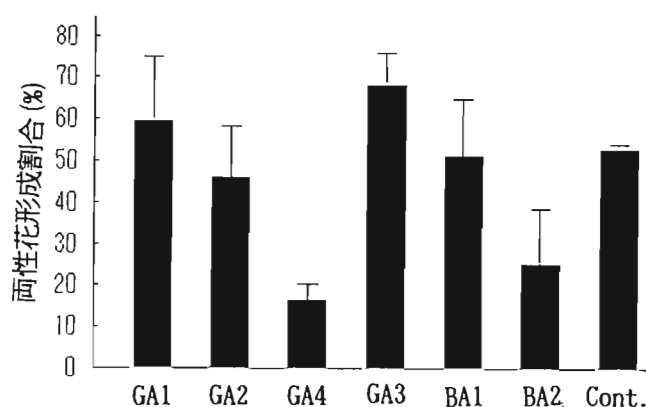
第5図 GA₃処理による
小花の異常形態
上：対照区
下：GA₃処理区



第6図 小花穂内における分化の状態（左：12月12日、右：2月9日）



第7図 両性花の形成割合に及ぼす
GA3とBAの影響（3月26日）

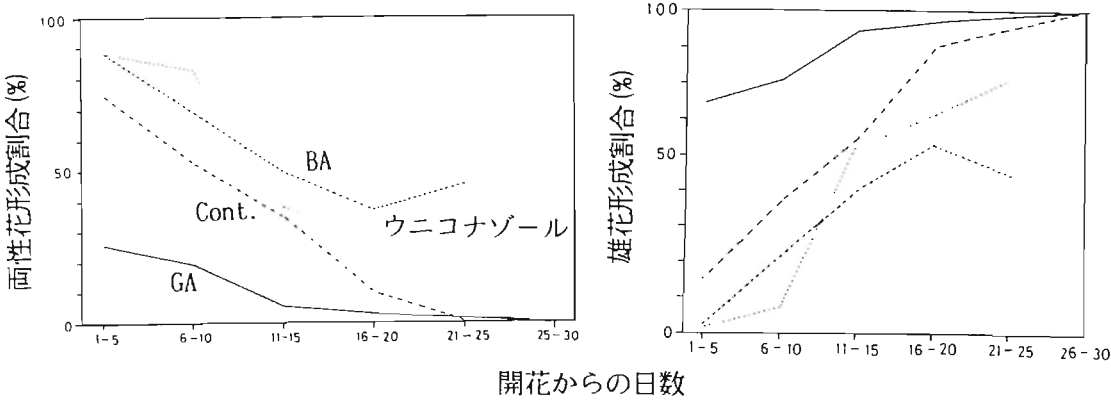


第8図 両性花の形成割合に及ぼす
GA3とBAの影響（4月15日）

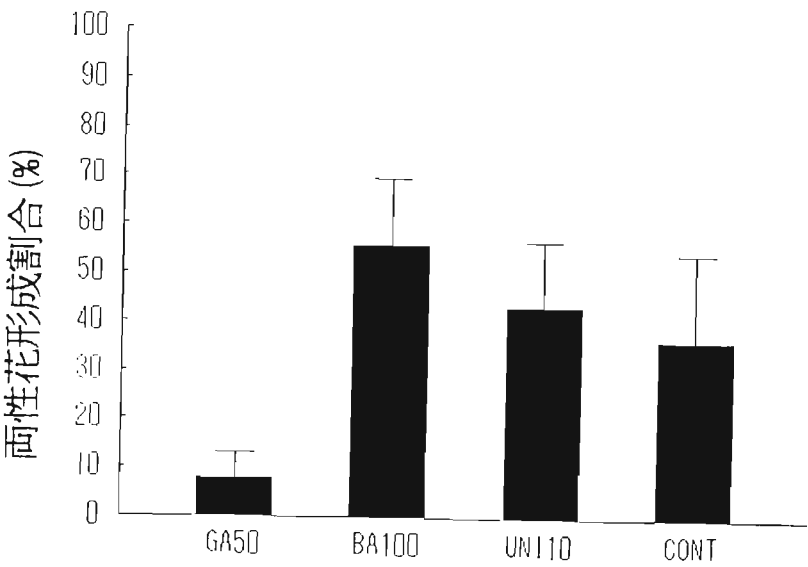
して差がみられなかった（第7、8図）。一方、GA2およびGA3処理区では両日とも対照区と同じ程度の両性花の割合であった。GA4処理は両性花の割合を減少させた。BA1処理区では対照区と両性花の割合に差がみられなかった。BA2処理は3月26日には両性花の割合を増加させたが、4月15日にはそれを減少させた。

実験3：開花開始後はいずれの処理区においても両性花の占める割合が高かったが、開花が進むにつれて、しだいに雄花の占める割合が高くなっていった（第9図）。特に、GA₃処理区と対照区では、開花後期にはほとんど雄花しか開花しなかった。BA処理区

とウニコナゾール処理区では、対照区に比べて、両性花の占める割合がやや高く、開花後期においてもウニコナゾール処理では開花総数の半数以上は両性花であった。一方、GA₃ 処理を行うと開花初期から雄花の占める割合が高くなった。それぞれの花穂の開花総数は約 1000 個であり、それに対する両性花の形成割合は第 10 図に示すとおりである。両性花の割合は GA₃ 処理によって抑制され、BA およびウニコナゾール処理によって、増加する傾向が見られた。



第 9 図 両性花（左図）と雄花（右図）の形成割合に及ぼす生長調節物質の影響



第 10 図 両性花の形成割合に及ぼす生長調節物質の影響

第4節 考 察

マンゴーでは花穂の先端部に両性花が多く着生することが報告されている (Majumder・Mukherjee, 1961 ; Chada・Singh, 1963) が、本研究の‘アーウィン’マンゴーにおける調査でも同様な結果が得られた。また、両性花の出現割合は60%と高い値を示した。アーウィンは比較的着果が良好と言われているが、両性花が多く形成されることと関係があるのかもしれない。しかしながら、両性花には葯が1本しか形成されず、両性花が多くなると花粉量が少なくなり、受粉が困難になることが予想される。

第2節の実験においては低温区では高温区よりも開花期が1ヶ月遅れ、温度が花穂の発育に影響を及ぼしていることが明らかになった。しかし、両性花と雄花の形成割合は温度の影響を受けず、両温度区とも開花初期に両性花の形成される割合が高く、それが次第に減少してゆく傾向が示された。

温度が花器形成や性分化に及ぼす影響についてはオリーブ (Badr・Hartman, 1971)、パパイヤ (Lange, 1960)、レイシ (Menzel・Simpson, 1991) などにおいて研究調査され、高温で雄性化が促進され、低温では雌花や両性花が多くなることが報告されている。カシューでは気温の低い時期に開花すると、両性花の着生割合が高くなる (Chakraborty ら, 1981)。しかし、インドにおけるマンゴーでは気温が高まるとともに両性花の出現割合が高くなり、低温では両性花形成が低下することが報告されている (Singh ら, 1966 ; Singh・Dhillon, 1987)。タイではマンゴーを亜熱帯気候下で生育させると熱帯性気候で生育させたものに比べて両性花の形成が減少することが報告されている (Chaikiattiyos ら, 1997)。しかしながら、本研究に用いた‘アーウィン’では花性分化が温度の影響を受けなかった。Sukhvibul ら (1999) も同様な結果を得ている。インドやタイにおける品種とフロリダで育成された品種とでは温度に対する反応が異なると予想されるが、花性分化が温度の影響を受けない‘アーウィン’はわが国でのハウス栽培に適した品種と考えられた。

開花前の‘アーウィン’樹に1週間間隔で灌水を行うと花穂数と両性花形成には影響が現れなかったが、2週間間隔での灌水は花穂形成数と両性花の割合を減少させた。アブラヤシ (Bealing・Harun, 1985) やレイシ (Menzel・Simpson, 1991) では水ストレスによって雌花形成が減少する。このうちレイシでは、水ストレスは小花形成を抑制することにより雌花数を減少させると考えられている。本研究においても、2週間区での花穂長の抑制は小花数の減少を示唆するものであり、マンゴーにおいても、強い水ス

トレスは小花分化を抑制することによって両性花の形成を抑制することが示された。ハウス栽培では灌水管管理は重要であり、第 3 節の結果から、アーウィンマンゴー樹において健全な花穂を生長させるためには、開花前から水ストレスにならないような灌水を行う必要があると考えられた。

第 3 節では各種の生長調節物質が花性分化に及ぼす影響を調査した。その結果、花穂において小花穂が分化している時期に比較的高い濃度の GA_3 を与えると、両性花の形成が著しく抑制されることが示された。ジベレリンが雌雄異花の作物において雄花化を促進させることが知られている (Hayashi ら、1971)。Maiti (1973) は、本実験の結果と同様に、マンゴーにおいて 50ppm と 100ppm の GA_3 が両性花の形成を抑制することを報告している。しかしながら、本実験では小花が分化した時期の GA_3 処理は花性分化にほとんど影響を及ぼさず、 GA_3 は花穂発育の初期の段階に両性花形成を抑制することが明らかになった。

BA とウニコナゾールは両性花の形成を促進させることが示唆された。BA はブドウやカキにおいて雌花の形成を促進させる効果があり (Morre、1970 ; 杉浦、1992 ; 四方、1991)、ウニコナゾールはジベレリンの生成を抑制することから、これらはマンゴーの両性花形成を促進させることが期待された。また、山下・小川 (1998) は BA とカイネチンがマンゴーの両性花をわずかではあるが増加させ、両性花の形成へのサイトカイニンの関与を示唆している。本実験でも、BA とウニコナゾールは顕著に両性花を増加させたが、その効果は顕著ではなかった。両方とも開花後期にその効果を発揮したが、この時期の花穂では、ほとんど雄花しか形成されない。BA とウニコナゾールはこのような花器形成時期に雌ずいの発達を促進させたと考えられる。実験 3 では、開花初期に両性花がより多く形成されたが、この時期には BA とウニコナゾールは花性分化にほとんど影響を及ぼさなかった。反対に、この時期には GA_3 が雌ずいの発達を抑制したと考えられた。

Shaffer ら (1994) は両性花の数はマンゴーの収量を決定づける要因ではなく、花粉の活性や胚珠の充実度など受粉・受精に関わる要因がより重要な要因であることを示唆している。しかしながら、以上のような結果から、‘アーウィン’マンゴーでは水ストレスや生長調節物質によって花性分化が影響を受けることが明らかになった。花性分化を行う果樹では両性花や雌花を着生させることが着果安定に繋がると考えられており、マンゴーにおいても両性花の形成は結実にとって重要である。

第4節 摘要

‘アーウィン’ マンゴーにおける両性花と雄花の着生様式とそれらに及ぼす温度、水ストレス、生長調節物質の影響を調査し、以下のような結果が得られた。

1. 両性花は、花穂先端部において多く形成され、全体の小花数に占める割合は約 60% であった。

2. 鉢植えの‘アーウィン’ 樹を開花前から 20℃および 30℃に制御されたガラス室で生育させ、花性分化を調査した。高温区では、低温区に比べて開花時期が早くなり、開花期間が短くなった。しかし、両性花と雄花の割合は処理間で差がなく、温度は花性分化に影響を及ぼさなかった。

3. 鉢植えの‘アーウィン’ 樹において開花前から、隔日、1 週間および 2 週間ごとにかん水する処理区を設け、それらの処理が花性分化に及ぼす影響を調査した。その結果、2 週間間隔で灌水を行い強い水ストレスを与えると、花穂の形成や生長が抑制され、両性花の形成も抑制された。

4. 成木の‘アーウィン’ 樹において開花前から花穂に数種類の生長調節物質を処理し、花性分化に及ぼす影響を調査した。比較的高濃度の GA_3 は、小花分化が十分に行われていない時期に処理すると、両性花の形成を著しく抑制した。しかし、分化が進んだ小花にはそのような効果がみられなかった。BA とウニコナゾールは開花後期に両性花の形成を促進した。エスレルは花性分化に影響を及ぼさなかった。これらの結果から、マンゴーでは GA_3 は雌ずいの発達を抑制し、BA とウニコナゾールはその発達を促進させることが推察された。

第2章 結実と果実生長の促進

果実生産を確実にさせるためには、着果を安定させたり、果実生長を促進させる必要がある。マンゴーでは受粉によって着果が安定すると言われており、わが国でもギンバエやハチ類を放飼することによって着果率や有種子果率が高まることが認められている(山下ら、1992; 下郡ら、1994)。しかしながら、ミツバチ受粉を行っても数多くの無種子果実が生産されることも観察されており、昆虫を利用した受粉が結実にどのような影響を及ぼすかを明らかにする必要がある。また、果実生長を促進させる技術として多くの果樹ではホルクロルフエニユロンやジベレリンなどの生長調節物質が利用されたり、摘果作業が行われている。しかしながら、マンゴーではこのような栽培技術があまり行われていない。そこで本章では、‘アーウィン’マンゴーにおける着果と果実生長に及ぼす受粉、生長調節物質処理、摘果の影響を明らかにしようとした。

第1節 ミツバチによる受粉が着果と果実生長に及ぼす影響

昆虫を利用して安定した果実生産を行うことを目的に、ミツバチ受粉が‘アーウィン’マンゴーの受粉、胚及び種子形成、着果、果実の肥大発育に及ぼす影響を調査した。

材料および方法

本研究は、近畿大学湯浅農場(和歌山県湯浅町)のビニルハウス(10a)内に栽植されている4年生‘アーウィン’樹(台木:台湾在来種)を用いて、1993年と1994年に実施した。ハウス内には130樹が栽植されており、冬季には10℃以上になるように加温した。

1993年には、開花が始まった4月上旬に、ハウス内にミツバチの巣箱を3箱置いて受粉を行わせた。開花開始前に、無作為に選んだ5樹を白色ネットで覆い、ミツバチによる受粉を防いだ(受粉遮断区)。さらに、無作為に別の5樹を選び、これらを受粉区とした。両区とも4月中旬に、開花を始めたほぼ同じ大きさの花穂を4本ずつ選び、調査に用いた。各花穂から満開時に両性花を2~3個ずつ採取し、それらをエタノールシリーズで脱水したのち、パラフィン切片(15 μ)を作成した。切片はパラフィンを溶脱させたのち、0.1%アニリンブルーで染色し、蛍光顕微鏡下(UV:420nm)で花粉が付着した柱頭数を調査して受粉率を求めた。さらに、受粉が確認された両性花については雌ずい内の花粉管伸長程度についても観察を行った。

開花が終了した5月中旬から、落果数と果実内の胚の有無を調査した。自然落果がほ

ば終了した6月1日には着果数を測定し、初期着果率を求めた。ついで7月1日までに適宜摘果を行い、各果房に果実を2個ずつ着生させた。摘果した果実については胚あるいは種子の有無を調査した。着生させた果実は赤紫色から赤色に変化する時期に収穫し、重量を測定したのち25℃下で3日間追熟させ、果汁中の可溶性固形物含量を測定した。これらの果実においても種子の有無を調査した。

1994年も前年と同様に、無作為に選んだ10樹のうち5樹を3月下旬から白色ネットで覆い受粉遮断区を設け、残りの5樹をミツバチ受粉区とした。各樹において4月上旬から開花を始めたほぼ同じ大きさの花穂を5本ずつ選び、開花終了時の5月6日から落果がほぼ終了した6月17日まで期間の落果数と果実内の胚の有無について調査した。さらに、6月17日には初期着果率を求め、その後、7月12日まで摘果を行い、1果房に2個の果実を着生させるようにした。摘果した果実については胚の有無を調査した。成熟果実については1993年と同様な調査を行った。

結 果

ミツバチ受粉区の受粉率は受粉遮断区に比べて著しく高くなり（第6表）。受粉区では調査した両性花のうち約半数の20個が受粉されていたが、これらの花ではすべて花粉管が花柱内に侵入し、さらには第11図のように子房内にまで花粉管が到達しているものも観察された。一方、受粉遮断区では4個の両性花に受粉が観察されたが、花粉管の伸長は全く認められなかった。

第6表 ミツバチが受粉に及ぼす影響

処理区	調査 花数	受粉率 (%)	花粉管が進入した花数	
			花柱内	子房内
受粉区	46	43.5	1.5	5
受粉遮断区	54	7.4	0	0

1993、1994年の両年とも初期着果数及び収穫果数は受粉区と受粉遮断区との間にほとんど差がなかった（第7表）。受粉区では、受粉遮断区に比べて、有胚率や種子形成率が高くなった。しかし、1993年には、摘果果実における胚形成率は40%以下であり、収穫果実の約半数にも種子は形成されていなかった。1994年は、収穫果実の全てに種子が形成されていたが、摘果果実における胚形成率は約60%であった。受粉遮断区で

ば終了した6月1日には着果数を測定し、初期着果率を求めた。ついで7月1日までに適宜摘果を行い、各果房に果実を2個ずつ着生させた。摘果した果実については胚あるいは種子の有無を調査した。着生させた果実は赤紫色から赤色に変化する時期に収穫し、重量を測定したのち25℃下で3日間追熟させ、果汁中の可溶性固形物含量を測定した。これらの果実においても種子の有無を調査した。

1994年も前年と同様に、無作為に選んだ10樹のうち5樹を3月下旬から白色ネットで覆い受粉遮断区を設け、残りの5樹をミツバチ受粉区とした。各樹において4月上旬から開花を始めたほぼ同じ大きさの花穂を5本ずつ選び、開花終了時の5月6日から落果がほぼ終了した6月17日まで期間の落果数と果実内の胚の有無について調査した。さらに、6月17日には初期着果率を求め、その後、7月12日まで摘果を行い、1果房に2個の果実を着生させるようにした。摘果した果実については胚の有無を調査した。成熟果実については1993年と同様な調査を行った。

結 果

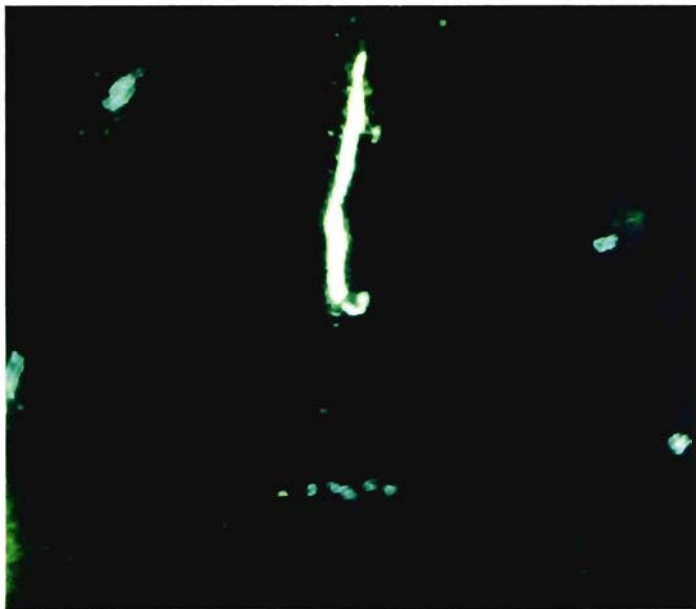
ミツバチ受粉区の受粉率は受粉遮断区に比べて著しく高くなり（第6表）。受粉区では調査した両性花のうち約半数の20個が受粉されていたが、これらの花ではすべて花粉管が花柱内に侵入し、さらには第11図のように子房内にまで花粉管が到達しているものも観察された。一方、受粉遮断区では4個の両性花に受粉が観察されたが、花粉管の伸長は全く認められなかった。

第6表 ミツバチが受粉に及ぼす影響

処理区	調査 花数	受粉率 (%)	花粉管が進入した花数	
			花柱内	子房内
受粉区	46	43.5	1.5	5
受粉遮断区	54	7.4	0	0

1993、1994年の両年とも初期着果数及び収穫果数は受粉区と受粉遮断区との間にほとんど差がなかった（第7表）。受粉区では、受粉遮断区に比べて、有胚率や種子形成率が高くなった。しかし、1993年には、摘果果実における胚形成率は40%以下であり、収穫果実の約半数にも種子は形成されていなかった。1994年は、収穫果実の全てに種子が形成されていたが、摘果果実における胚形成率は約60%であった。受粉遮断区で

は着果した全ての果実に胚あるいは種子が形成されなかった。なお、両年とも受粉遮断区で開花直後の落果数は少なくなった。



第 11 図 受粉された果実内での花粉管

第 7 表 ミツバチ受粉が落果、初期着果率、収穫果実数、胚および種子形成に及ぼす影響

年	処理区	花 穂 当 た りの 落 果 数	初 期 着 果 率 (%)	花穂当たりの 収穫果実数	摘果果実におけ る胚形成率(%)	収穫果実における 種子形成率(%)
1993	受粉区	126.7	21.0	1.5	36.4	48.4
	受粉遮断区	91.5	21.2	1.5	0	0
1994	受粉区	164.0	24.4	1.6	61.8	100
	受粉遮断区	132.4	19.8	2.0	0	0

無種子果に比べて有種子果で果実重が著しく優れた（第 8 表）。可溶性固形物含量については、1994 年の無種子果で高まる傾向を示したが、1993 年には無種子果と有種子果との間に差は見られなかった。

第8表 ミツバチ受粉が果実重と可溶性固形物含量に及ぼす影響

年	果実重 (g)			可溶性固形物含量 (%)		
	受粉区		無受粉区	受粉区		無受粉区
	有種子果実	無種子果実		有種子果実	無種子果実	
1993	389.5	187.8	184.8	17.0	16.8	16.7
1994	328.2	—	140.8	16.7	—	18.3

第2節 フォルクロールフェニユロン (CPPU) とジベレリンの混合処理が果実生長に及ぼす影響

前節ではミツバチ受粉によって大果となる有種子果実を多く生産できる可能性が示されたが、一方では、無種子果実が形成され、成熟期まで樹上に着生する可能性も示された。無種子果実はほとんど市場価値がないためこれらを樹上に残しておくことは収益性を考えると不利である。しかしながら、無種子果実と有種子果実は果実がある程度生長するまで区別ができない。そこで、本研究では無種子果実の生長を促進させることを目的として CPPU (N-(2-chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea) と GA_3 が果実生長に及ぼす影響を調査した。

材料および方法

実験は1996年と1997年に、湯浅農場に栽植されている‘アーウィン’樹を用いて行われた。なお、開花期にはミツバチを放飼して受粉させた。

1996年：5年生‘アーウィン’樹を無作為に15樹選び、それらのうちの5樹においては受粉を阻止して無種子果実を着果させるため、3月初旬に寒冷沙で樹対全体を覆った。残りの10樹は受粉させ、そのうちの5樹においては花穂に10ppm CPPU+100ppm GA_3 および20ppm CPPU+100ppm GA_3 の混合液を処理する区を設け、それぞれ10 C-G区および20 C-G区とした。満開期の4月15日から19日の間に、これら各樹から2つずつ花穂を選び、それらうち的一方ずつにどちらかの混合液を散布処理し、1週間後に再び同じ処理を行った。開花終了期の5月13日にはこれら同じ樹において、さらに2つの

なお、これらの混合液には界面活性剤として 0.01% tween 20 を添加した。これら各樹において無処理の花穂を 1 つずつ選び、対照区とした。

受粉させた残りの 5 樹と受粉を阻止した 5 樹においては、花穂に 20ppm CPPU、100ppm GA3、10ppm CPPU+100ppm GA3、20ppm CPPU+100ppm GA3 を散布する区を設け、それぞれ C、G、10 C-G、20 C-G 区とした。上記と同様に、各処理区とも各樹から 1 つずつ花穂を選び、合計 5 花穂を供試した。処理は生理的落果が終了した 6 月 9 日とその 1 週間後の 16 日に行った。

これらいずれの処理区においても、摘果を 3~4 回行い、花穂当たり 2 個の果実が着生するようにした。処理後は落果の程度を調査し、赤色が発現した果実は収穫し、果実重を測定した後、25℃下で追熟させ、果汁中の可溶性固形物含量を測定した。

1997 年：無作為に選んだ 6 年生‘アーウィン’15 樹を用いて、10ppmCPPU と 100ppmGA3 の混合液を果穂に 2 回および 4 回散布処理をする区を設けた。4 回散布処理区では生理的落果が終了した 5 月 31 日から 7 月 28 日まで 2 週間置きに界面活性剤を入れた混合液を散布した。2 回処理区では 6 月 7 日と 21 日に散布した。両処理区とも 5 樹ずつを供試し、すべての果穂に散布した。残りの 5 樹の果穂は無処理とし対照区とした。これらの樹における満開期は 4 月下旬から 5 月上旬であった。

すべての処理終了後に小さな果実を摘果し、どの処理区においても果穂当たり 2~3 果実が着果するようにした。果実は赤色が果梗部に現れると収穫し、重量を測定して小果（200g 以下）、中果（200~400g）、大果（400g 以上）に分類した。これら収穫果実は 25℃下で 4~5 日間追熟させ、果汁中の可溶性固形物含量を測定した。さらに、果実中の種子の有無を調査した。

結 果

1996 年：満開期に処理をした 10C-G と 20C-G 区ではほとんどの果実が奇形果となった（第 12 図）。両処理区では果実生長中期にすべての果実が落果した。しかし、開花終了時に処理をした 10C-G と 20C-G 区では、それぞれ 10 個ずつの果実を収穫することができた。これらの収穫果実には 2~3 個ずつ無種子果実が含まれていたが、有種子果実の重量は処理間で差がみられなかった（第 9 表）。可溶性固形物含量は、対照区に比べて、両処理区で低下した。



Control

10ppm CPPU+100ppm GA₃

20ppm CPPU+100ppm GA₃

第 12 図 開花中の CPPU と GA₃ 混合処理が果形に及ぼす影響

第 9 表 CPPU と GA₃ の混合液処理が有種子果実の重量と
可溶性固形物含量に及ぼす影響

処理区	収穫果実数	果実重(g)	可溶性固形物含量
10C-G	7	286.1	15.8 ^b
20C-G	8	303.1	16.1 ^b
対照区	8	315.3	17.2 ^a

カラム内の異なる文字は 5% レベルで有意差を示す

CPPU、GA₃ およびそれらの混合液処理が果実重と可溶性固形物含量に及ぼす影響は第 10 表に示すとおりである。受粉樹における各処理区では、2 個の無種子果実が形成されたり、あるいは落果した。有種子果実の重量は 10C-G 区でわずかに増加したが、他の処理区では余り変化がなかった。無受粉樹ではすべて無種子果実が形成され、その果実重は 10C-G および 20C-G 区で著しく増加した。GA₃ は無種子果実重を増加させたが、CPPU は増加させなかった。有種子果実の可溶性固形物含量は 10C-G 区で最も高くなり、20C-G 区と対照区では減少した。無種子果実の可溶性固形物含量は G 区で増加したが、他の処理間では差がみられなかった。

第 10 表 CPPU、GA₃ およびその混合液が有種子果実と無種子果実の重量、可溶性固形物含量に及ぼす影響

処理区	有種子果実			無種子果実		
	収穫 果実数	果実重 (g)	可溶性固形物 含量(%)	収穫 果実数	果実重 (g)	可溶性固形物 含量(%)
C	8	333.1 ^{ab}	15.4 ^b	10	109.4 ^c	18.8 ^{ab}
G	8	328.3 ^{ab}	16.6 ^{ab}	10	133.9 ^b	19.1 ^a
10C-G	8	347.7 ^a	18.1 ^a	10	167.8 ^{ab}	18.4 ^{ab}
20C-G	8	331.2 ^{ab}	15.9 ^b	10	188.8 ^a	18.0 ^{ab}
対照区	8	314.0 ^b	17.3 ^{ab}	10	103.8 ^c	17.4 ^b

カラム内の異なる文字は5%レベルで有意差を示す

1997：収穫果実数、果実重、全果実重に及ぼす CPPU と GA₃ 混合液の処理回数の影響は第 11 表に示すとおりである。収穫された 1 樹当たりの有種子果実数は対照区で最も多く、4 回処理区で最も少なくなった。しかしながら、果実重は 4 回処理区で最も優れ、次いで 2 回処理区ですぐれ、対照区で最も劣った。このため、1 樹当たりの収量には処理間で差がみられなかった。一方、無種子果実の収穫数と果実重は 4 回処理区で最も優れ、1 樹当たりの無種子果実の収量も同じ処理区で最も優れた。対照区と 2 回処理区とでは無種子果実の重量に差がなかった。対照区では無種子果実の収量が最も少なくなった。

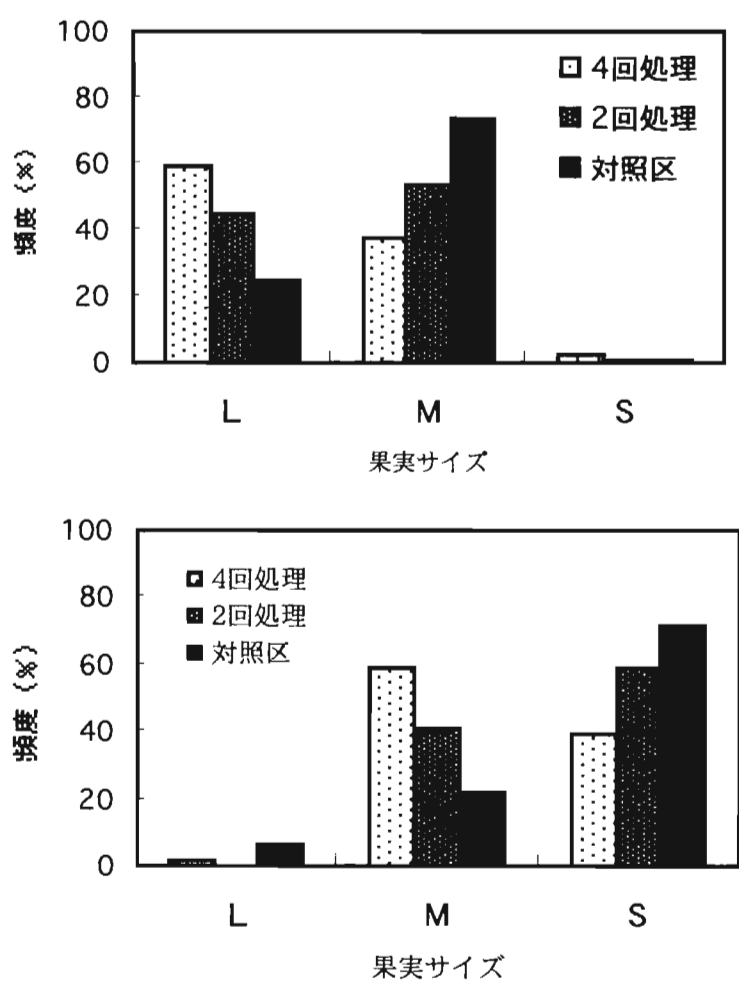
第 11 表 CPPU と GA₃ の混合液処理の回数が収穫果実数、果実重、収量に及ぼす影響

処理区	有種子果実				無種子果実			
	収穫果実		全果実重	果実重	収穫果実		全果実重	果実重
	総数	/樹	(kg)/樹	(g)	総数	/樹	(kg)/樹	(g)
2 回処理	100	20.0 ^{ab}	7.76 ^a	394.6 ^{ab}	29	5.8 ^a	0.95 ^b	178.8 ^b
4 回処理	96	19.2 ^b	7.91 ^a	412.8 ^a	43	8.6 ^a	1.95 ^a	216.8 ^a
対照区	112	22.4 ^a	7.93 ^a	353.4 ^b	14	2.8 ^b	0.53 ^c	173.0 ^b

カラム内での異なる文字は5%レベルで有意差を示す

CPPU と GA₃ の混合液処理は収穫された全有種子果実における大果の割合を増加させ、中果の割合を減少させた（第 13 図）。400g 以上の大果の割合は 4 回処理区では 60%、2

回処理区では 45%であったが、対照区ではわずか 25%であった。中果の占める割合は 4 回処理区では 30%で、対照区では 70%に達した。小果の生産はどの処理区においてもわずかであった。混合液処理は無種子果実の重量を増加させたが、いずれの処理区においても中果か小果がほとんどを占めた。4 回処理区では無種子果実の 60%は中果になった。対照区における無種子果実の小果の割合は 70%に達したが、2 回処理区における小果の占める割合はそれ以下であった。

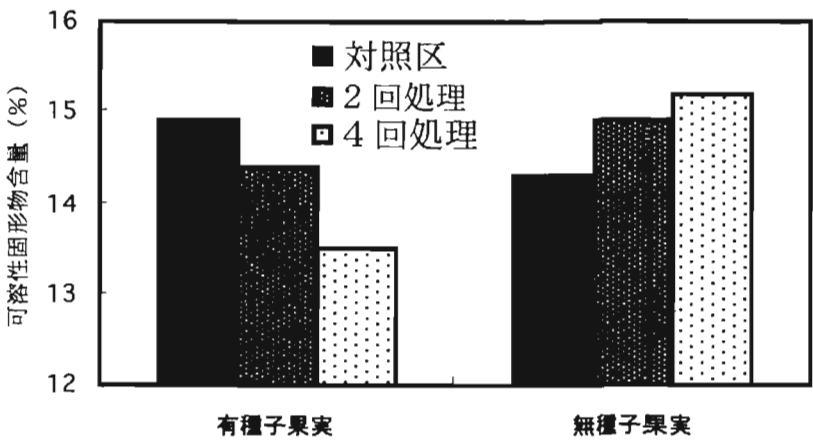


第 13 図 CPPU と GA₃ の混合処理区における全収穫果実数に占める
果実サイズごとの割合（上図：有種子果実、下図：無種子果実）
L：大果（400g 以上）、M：中果（200～400g）、S：小果（200 g 以下）

果実成熟は4回処理区で抑制された（第12表）。果実収穫の開始期は処理間で差がなかったが、終了期は4回処理区で最も遅くなった。可溶性固形物含量は有種子果実では4回処理区で減少したが、無種子果実では処理の影響を受けなかった（第14図）。

第12表 CPPU と GA₃ の混合液処理が収穫期に及ぼす影響

処理区	収穫期	収穫期間（日数）
2回処理	8月19日～9月28日	36
4回処理	8月20日～10月22日	51
対照区	8月17日～10月7日	39



第14図 CPPU と GA₃ の混合処理回数が可溶性固形物含量に及ぼす影響

第3節 摘果が果実生長に及ぼす影響

前節では生長調節物質によって無種子果実の生長を促進させることができたが、その効果は有種子果実ほど大きくさせることはできなかった。そこで本研究では、無種子果実と有種子果実が区別できる時期に無種子果実を摘果し、それが果実生長と市場性に及ぼす影響を調査し、マンゴーにおいて摘果の実用性について検討した。

材料および方法

実験 1：1999 年に近畿大学湯浅農場でハウス栽培されている 4 年生 ‘アーウィン’ マンゴー樹を無作為に 10 樹選び、これらのうち 5 樹については生理的落果終了後から 7 月 2 日・7 月 15 日・8 月 3 日の 3 回に分けて、1 花穂あたり 2～3 個の果実を着生させるように摘果をおこなった。摘果する果実は肥大の劣った果実を選んだ。一方、対照区として残りの 5 樹については放任して摘果をしなかった。摘果後は通常の栽培管理を行った。果実は赤色を発現したものを収穫し、直ちに果実重を測定した。この後、インキュベーター内(25℃)で 5 日間追熟させ、各処理区 10 個の赤道部の果汁中糖含量を屈折糖度計によって測定した。これらの果実は重量別に分類し、市場価格に照らし合わせて各樹における収入見込みを算出した。なお、出荷できる果実は 200g 以上のもので、市場価格は 200～399g の果実は 1,100～1,500 円/kg、400g 以上の果実は 1,800～2,000 円/kg であった。

実験 2：2001 年に 6 年生 ‘Irwin’ 樹を無作為に 15 本選び本実験に供試した。生理的落果終了後、7 月 4 日、7 月 18 日の 2 回に分けて次のような 3 つの摘果処理区、すなわち、対照区として無摘果区、着果数が対照区の 3/4 および 2/3 になるように摘果する区を設けた。各処理区にはそれぞれ 5 樹ずつを供試した。摘果後は実験 1 と同様にして栽培管理、収穫を行い、追熟後果実の糖度を測定した。さらに、各処理区において果実を重量によって、S サイズ (300～350g)、M サイズ (305～400g)、L サイズ (400g 以上) に分類し、それらの出荷価格を算出した。なお、2001 年の出荷価格は平均して S サイズは 1,000 円/kg、M サイズは 1,500 円/kg、L サイズは 2,000 円/kg であった。

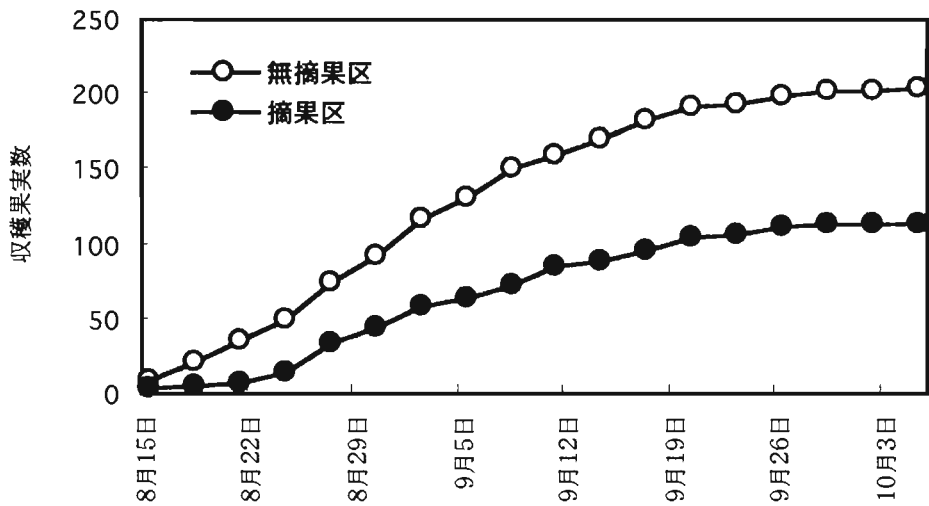
結 果

実験 1：果実生長の様式は摘果区と無摘果区とでは差がみられず、収穫時期も同じであった(第 15 図)。収量は各樹で変異が大きかったが、無摘果区の平均収穫果実数は摘果区に比べて約 2 倍となり、収量も多くなった(第 13 表)。しかしながら、平均果実重は摘果区では 446g、無摘果区では 319g となり(データ示さず)、無摘果区に比べ、摘果区では収穫数が約 50%に減少したが、収量は約 78%となった。重量別に果実进行分类すると、両処理区とも 400～500g の果実数が最も多くなり、さらに摘果区では 500～600g の果実をより多く収穫することができた(第 16 図)。摘果区では 400g 以上の果実が約 80%を占めた。しかし、無摘果区ではそのような大果の占める割合は約 45%であり、200g 以下の果実の占める割合が多くなった。果汁中の可溶性固形物含量

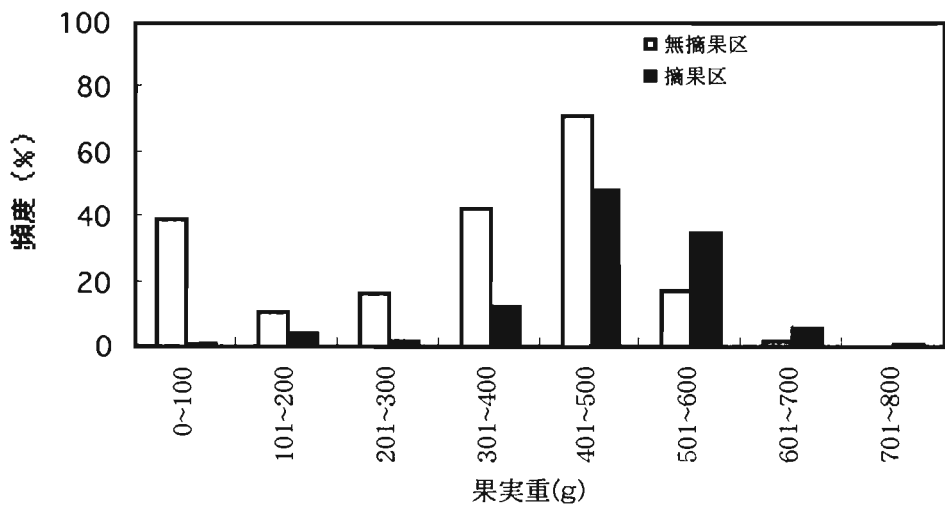
第 13 表 摘果処理が果実収穫数、収量、収入見込みに及ぼす影響

樹番	無摘果区					摘果区					
	着果数	落果数	収穫 果実数	収量 (kg)	収入見込み (¥)	着果数	摘果後の 着果数	落果数	収穫 果実数	収量 (kg)	収入見込み (¥)
1	24	3	21	8.41	15,200	32	16	3	13	5.81	11,600
2	25	3	22	7.94	14,800	29	14	0	14	6.28	12,600
3	48	1	47	12.94	23,200	49	25	4	21	8.86	17,200
4	51	2	49	16.44	28,000	60	29	1	28	12.95	25,000
5	68	3	65	19.43	34,800	71	38	0	38	16.95	33,200
総数	216	12	204	65.16	116,000	241	122	8	114	50.85	99,600
平均	43.2	2.4	40.8	13.03	23,200	48.2	24.4	1.6	22.8	10.17	19,920

は摘果区では 15.7、無摘果区では 14.8 となった。見込み収入には両区の間にはほとんど差がみられなかった（第 13 表）。



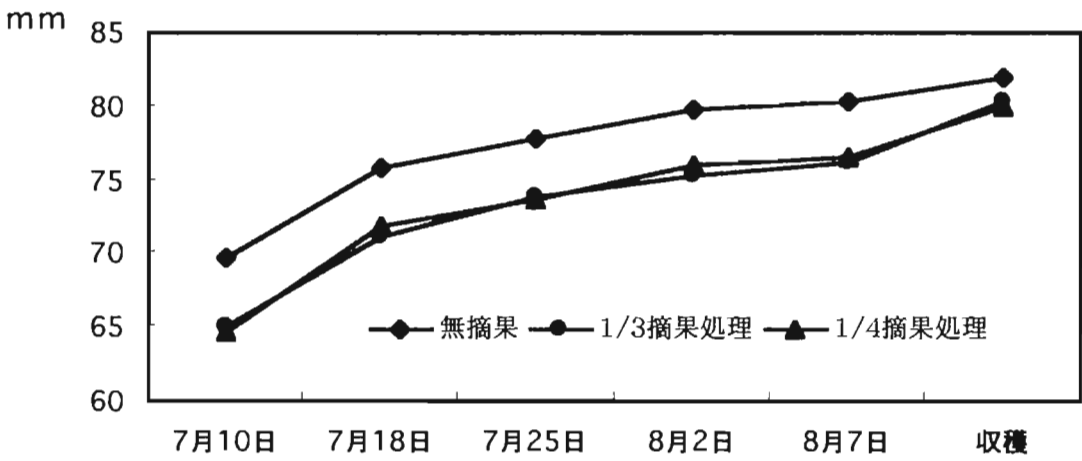
第 15 図 摘果区と無摘果区における收穫果実数の経時的変化



第 16 図 摘果区と無摘果区における全收穫果実に占める果実重ごとの割合

実験 2：果実肥大はいずれの処理区においても全て緩やかな S 字曲線を描いた。無

摘果区では摘果処理区と比べ横径が大きかったが、実験 1 と同様に、果実はほぼ同じ時期に成熟期に達した（第 17 図）。収穫果実数は無摘果区で最も多くなり、次いで 1/4 摘果区で多く、1/3 摘果区で最も少なくなった（第 14 表）。果実重は、反対に、摘果量が最も多い 1/3 摘果区で最も優れ、無摘果区で最少となった。無摘果区では 1/3 摘果区の 1.5 倍近くの収穫数があったが、総果実重量は 1.5 倍にはならず、わずか 5kg 多くなったに過ぎなかった。1 樹当たりの収穫した平均果実重は、無摘果区では約 10kg であり、収穫果実数が平均 7 個少なくなった 1/4 摘果区では 9.4kg、16 個少なくなった 1/3 摘果区では 9.0kg であった。



第 17 図 摘果処理区における果実横径の経時的変化

重量別に果実を分類すると、無摘果区では摘果区に比べて市場価値の低い 300g 以下の果実が多くなり、市場に出荷することのできない 100g 以下の小さい果実が増加した（第 18 図）。一方、1/3 摘果区ではこのような小さい果実は非常に少なくなった。さらに全収穫果実に対する果実重ごとの割合を見てみると、市場価値の高い 300g 以上の果実の割合が、1/3 摘果処理区では 74.6%の割合を占め、1/4 摘果処理区ではその割合が 65.8%になった（第 19 図）。無摘果区では 300g 以上の果実は 43.7%を占め、残りの 50%以上は商品価値がほとんどない果実であった。なお、収穫果実の糖度は無摘果区と 1/3 摘果処理区で 16.0%、1/4 摘果処理区では 15.8%となり、処理区間でほとんど差がみられなかった。

第 14 表 摘果処理区における収穫果実数、総果実重量、平均果実重

無摘果区

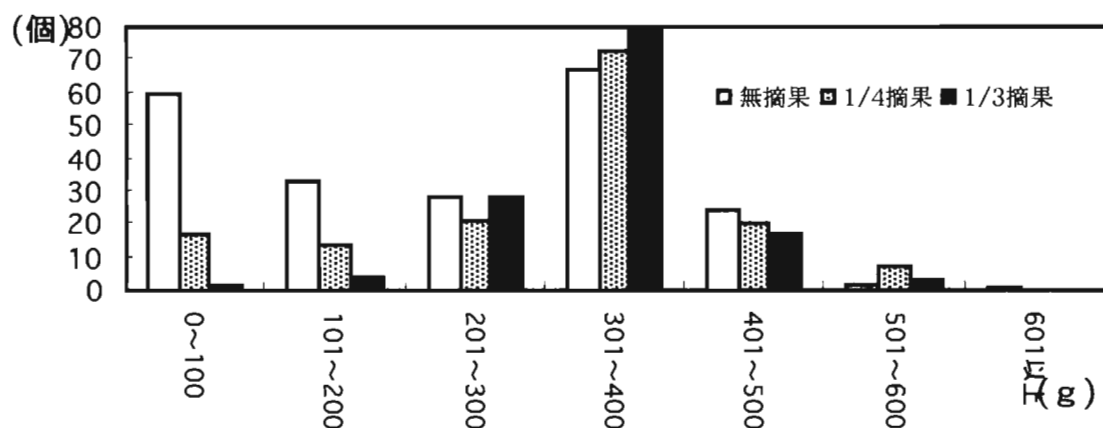
樹番	着果数	摘果数	落果数	収穫果実数	総果実重量 (kg)	平均果実重 (g)
1	51	—	2	49	12.53	255.7
2	60	—	1	59	9.19	155.7
3	45	—	1	44	12.86	292.3
4	39	—	20	19	3.39	178.3
5	45	—	1	44	12.25	278.5
計	240	—	25	215	50.22	
平均	48.0		5.0	43.0	10.04	233.6

1/4 摘果区

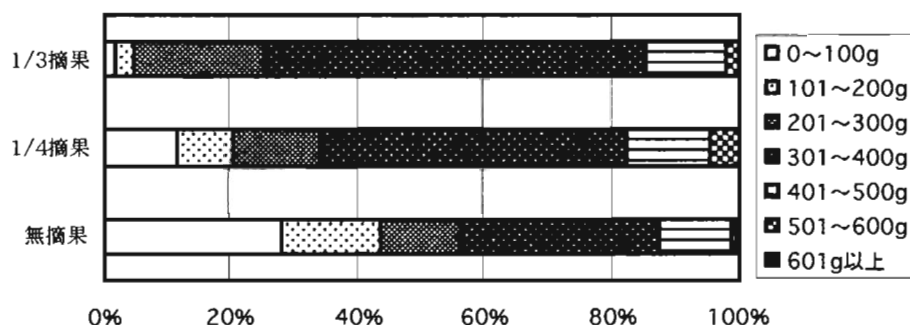
樹番	着果数	摘果数	落果数	収穫果実数	総果実重量 (kg)	平均果実重 (g)
1	45	12	0	33	8.77	265.6
2	52	13	2	37	11.51	311.1
3	44	16	6	22	7.89	358.5
4	39	15	2	22	6.98	317.3
5	51	10	1	40	11.97	299.3
計	231	66	11	154	47.12	
平均	46.2	13.2	2.2	30.8	9.42	306.0

1/3 摘果区

樹番	着果数	摘果数	落果数	収穫果実数	総果実重量 (kg)	平均果実重 (g)
1	45	22	3	20	6.30	314.8
2	54	19	4	31	11.68	376.8
3	45	26	0	19	5.17	272.3
4	53	28	0	25	8.23	329.1
5	59	20	1	39	13.95	357.8
計	256	115	8	134	45.33	
平均	51.2	23.0	1.6	26.8	9.07	338.3



第 18 図 摘果処理区における果実重ごとの収穫果実数



第 19 図 摘果処理区における全収穫果実数に占める果実重ごとの割合

1/3 摘果処理区では S および M サイズの果実数が多くなり、それらの出荷価格が最も高くなり、1/4 摘果処理区では L サイズの果実の出荷価格が最も高くなった（第 15 表）。出荷価格の合計金額は 1/4 摘果処理区で最も高くなり、次いで 1/3 摘果処理区となり、無摘果区で最も低くなった。1/4 摘果処理区の出荷価格は無摘果区に比べて約 12%増加した。

第 15 表 摘果処理区における果実サイズごとの出荷価格(円)

無摘果区

樹番	S	M	L	計
1	3,269	3,759	6,906	13,934
2	1,090	3,473	1,430	5,993
3	973	6,680	7,452	15,105
4	1,343	0	0	1,343
5	2,853	6,248	6,106	15,207
計	9,528	20,159	21,894	51,581

1/4 摘果区

樹番	S	M	L	計
1	2,916	3,395	2,500	8,811
2	4,248	4,928	3,128	12,304
3	990	2,318	9,044	12,352
4	1,327	3,941	2,808	8,076
5	2,036	7,362	6,858	16,256
計	11,517	21,942	24,338	57,797

1/3 摘果区

樹番	S	M	L	計
1	2,626	2,700	0	5,326
2	2,604	6,293	7,906	16,803
3	1,941	1,751	0	3,692
4	1,895	4,355	3,450	9,700
5	2,950	7,905	6,798	17,653
計	12,016	23,003	18,154	53,173

第 4 節 考 察

Anderson ら (1982) は北オーストラリアにおいて在来のみツバチがマンゴーの受粉率を高めることを報告している。本研究においても、‘アーウィン’ マンゴーにおいてもみツバチの放飼が受粉を促すことが明らかになった。マンゴーでは、開花期間中に花穂

に袋掛けをすると、受粉が阻止されて着果率が極端に低下する (Mallik, 1957)、ハチ類などの昆虫を導入すると着果率が増加する (下郡, 1994) ことが報告されている。しかし、第1節の実験では、初期着果数及び収穫果数は受粉区と受粉遮断区との間でほとんど差がみられなかった。収穫果数に及ぼすミツバチ受粉の直接的な影響は、果房あたり2個の果実を着生させるように摘果したため明らかにすることはできなかったが、摘果後の着果数が同じ程度であったことから、ミツバチ受粉は‘アーウィン’マンゴーの着果にはあまり影響を及ぼさないと推察された。Mukherjee (1953) は、マンゴーの果房に数個の果実を着果させるためだけならば、受粉は必ずしも果実を確保するための重要な要因でないことを示唆しており、本研究での結果はこれを支持するものである。

受粉区において有胚率や種子形成率が高くなったことから、ミツバチが受精に大きな役割を果たしていたことが明らかになった。しかし、すべての果実に胚や種子が形成されていたわけではなかった。山下ら (1992) は‘アーウィン’マンゴーは自家不和合性の可能性が大きいことを示唆している。第1節における実験は‘アーウィン’樹だけが栽植されたハウス内で行われており、ミツバチを導入しても多くの無種子果が形成された原因の1つに自家不和合性が考えられた。

受粉遮断区では着果した全ての果実に胚あるいは種子が形成されなかった。マンゴーでは結実不良の原因の1つとして胚の不発達が挙げられている (Singh ら, 1965)。しかし、‘アーウィン’マンゴーでは胚が形成されなくても着果が可能であった。マンゴーでは、開花中に 10℃以下の低温に遭遇した場合、無種子果が形成されることが報告されている (Lakshminarayana・Aguilar 1975)。しかしながら、本研究では開花期間中の温度は 10℃以上に保たれており、低温が原因で無種子果が形成されたとは考えにくい。リンゴ (Goldwin ら, 1975) とカキ (北島ら, 1993) では、無種子果と有種子果が混在すると養分競合により無種子果は落果するが、受粉遮断などにより無種子果だけが形成されると、養分競合がなくなるため多数の無種子果が着果する。受粉遮断区において無種子果が着果したのも、同様に、有種子果実との養分競合がなくなったためと考えられた。しかし、1993 年には受粉区において有種子果と無種子果が混在しており、このことは‘アーウィン’マンゴーは単為結果性が比較的強いことを示唆している。

無種子果に比べて有種子果で果実重が著しく優れ、果実の肥大生長に種子の形成が関与していることが明らかにされた。アボカドでは、ミツバチ受粉により着果数が増加し、その結果として収量が増加することが報告されている (Vithanage, 1990)。しかし、本研究の結果から、マンゴーではミツバチ受粉によって果実肥大が良好な有種子果実を増加させ、積極的な訪花昆虫の導入は大果を安定的に生産するために有効であることが示

された。一方、‘アーウィン’マンゴーは無種子果を形成しやすく、それが多数形成されることによって収量が低下する危険性も示された。

ピワ（高木ら、1994）やキウイ（趙ら、1991）の無種子果はジベレリンやホルクロルフェニユロンなどによって果実肥大が促進されることは報告されている。マンゴーにおいても収量の低下を防ぐためにはこのような生長調節物質を利用した無種子果の肥大生長促進効果を検討する必要がある。

CPPU と GA_3 の混合処理はブドウでは無種子果実の、ピワでは有種子果実と無種子果実の両方の生長を促進させる（Retamales ら、1995；高木ら 1994）。しかしながら、第2節の実験では、満開期の CPPU と GA_3 の混合処理は異常果と落果を誘起させた。さらに、開花終了時におけるこの処理は果実生長をほとんど促進させなかった。生理的落果が終了した花穂に混合処理を行うと、果実生長が促進された。これらの結果は、‘アーウィン’マンゴーでは CPPU と GA_3 の混合処理の影響は花穂のステージによって異なり、開花中の処理は果実生長に悪影響を及ぼすことが明らかになった。

1996 年の実験において、生理的落果終了後の CPPU と GA_3 の混合処理は有種子果実と無種子果実生長を促進させ、その効果はそれぞれの生長調節物質の単独処理よりも優れた。1997 年には混合処理によって有種子果実の成長が促進され、小さな無種子果実の数が減少した。マンゴー果実では、それが最大の大きさに達するまで、ジベレリン様物質の活性が増加し、果肉細胞を肥大させていることが報告されている（Chacko ら 1970）。Chen（1983）や Ram ら（1983）は満開後 10 日目と 50 日目に細胞分裂を促進させるサイトカイニン様活性物質のピークが存在することを見いだしている。第2節の実験では無種子果実の生長が混合処理によって促進されたが、これは処理によって細胞の分裂や肥大が促進されたことによると考えられた。CPPU はスイカの無種子果実を、CPPU と GA_3 の混合処理はピワの無種子果実の生長を有種子果実の大きさに匹敵するくらいにまで促進させる（Hayata ら 1995；高木ら 1994）。‘アーウィン’マンゴーにおいても混合処理は無種子果実の成長を促進させたが、それは有種子果実の大きさにまではならなかった。むしろ、混合液の繰り返し処理は有種子果実の生長を促進させ、大果の生産に有利であることが示された。

4 回の混合処理を行うと有種子果実の生長は促進されたが、可溶性固形物含量は低下した。4 回処理区における有種子果実の収量は 2 回処理区や対照区とほぼ同じであり、無種子果実数はむしろ増加した。1996 年の実験では 20ppmCPPU 処理によって果実生長が影響を受けないにもかかわらず、その可溶性固形物含量は低下した。これらの結果は 4 回処理による可溶性固形物含量の低下は着果量の増大や果実肥大に伴う糖含量の希

釈作用によるものでないことを示唆している。ブドウでは CPPU と GA_3 の混合処理は果実肥大を促進させるが、その成熟を抑制し、品質を低下させることが報告されている (Retamales ら、1995)。第2節の実験では4回処理によって有種子果実の成熟期が遅れる傾向が示された。‘アーウィン’ マンゴーでは種子の存在と高濃度の CPPU が成熟を抑制することによって糖含量の蓄積を阻害していると推察された。

マンゴー果実は、大きくなるほど市場性がより高くなることから、第2節における実験結果は、CPPU と GA_3 の混合処理が‘アーウィン’ マンゴー果実の市場性を高める可能性のあることを示している。特に、生理的落果後の4回処理では大果や中果の収量が増加し、対照区に比べると収入は1.3倍になった(データ示さず)。しかしながら、処理の繰り返し回数が多くなると収穫時期が遅くなり、糖含量が低下する危険性も同時に示された。マンゴー果実の成長促進を目的としたこのような生長調節物質の利用については濃度や処理回数、処理時期などがさらに検討されなければならない。

Chacko ら (1982) は、果実当たりの着葉数が多いほど果実生長が促されることを報告しており、摘果はマンゴー果実の生長に効果的であると考えられた。第3節の実験結果は、‘アーウィン’ マンゴーでは摘果を強くするほど、果実の生長がより促進されることを明らかにした。モモやキウイにおいても果実数が減少するほど果実重が増加することが報告されている (Jonason・Handly, 1989; Lahav ら、1989)。したがって、摘果区ではこのように果実重が増加するため、収穫果実数が減少しても収量はあまり低下しなかった。しかしながら、サボテンでは着果量を著しく減少させると収量も減少することが報告されている (Inglese ら、1995)。第3節の実験1においては収穫果実数が半数以下になると収量も減少する傾向が示され、マンゴーにおいても着果量を極端に少なくすると収量が減少する危険性が示された。そこで、実験2におけるように摘果の程度を着果量の1/3~1/4程度にすると、収量の減少程度は少なくなった。

本実験では、無種子果実になる可能性のある小さな果実を選んで摘果しており、そのような小果を少なくすることが果実肥大を促進させ、市場性の高い果実を多く生産した。マンゴー果実は大果ほど市場性が高く、小果では収量がいくら多くても収益は少ない。第3節の実験では無摘果にしておくと市場価値のない100g以下の小果が多くなり、市場性のある果実が少なくなった。しかし、摘果を行うと収穫果実の多くは市場価値の高い300g以上の果実となった。実験2では1/3摘果区、1/4摘果区とも収量は無摘果区に比べて減少したが、両区とも出荷価格は高くなった。この結果は、‘アーウィン’ マンゴーでは適正な摘果をすれば収益性が上がることを示唆している。

半数の果実を摘果すると果実中の可溶性固形物含量が増加する傾向が見られたが、摘

果量を少なくすると可溶性固形物含量には差がみられなかった。ブドウでは総果実重量が減少すると可溶性固形物含量が増加し、モモでは強い摘果によって果実品質が向上することが報告されている。本実験でも 1/2 摘果区では総果実重量が減少し、このことが果実の糖含量を増加させたと考えられた。摘果による着果量の調節は果実の肥大成長や成熟を促進させたり (Barone, 1994)、隔年結果を防ぐ効果がある (Monselise・Goldschmidt, 1982)。本章における実験結果は‘アーウィン’マンゴーにおいても摘果は果実品質を高める可能性が十分示された。

第 5 節 摘 要

‘アーウィン’マンゴーにおける結実と着果をより促進させることを目的として、結実に及ぼすミツバチ受粉の結実の効果、CPPU と GA_3 を用いた果実成長促進、摘果が果実生長と収益性に及ぼす効果を調査した。

1. ビニルハウス内に栽植中の 4 年生‘アーウィン’樹を用い、開花期にミツバチ受粉を行った花穂及び袋掛けにより受粉を遮断した花穂について、柱頭への花粉の付着率、胚及び種子の形成率、初期着果率、果実肥大発育、収穫果数を調査した。

ミツバチ受粉区では柱頭への花粉の付着率は良好で、花粉管も子房内に侵入していた。受粉遮断区で花粉が付着した柱頭はほとんど観察されなかった。しかしながら、ミツバチ受粉区と受粉遮断区との間に初期着果率と収穫果数にほとんど差は見られず、受粉の有無と着果との間には直接的な関係がないことが示された。ミツバチ受粉区では有胚率および種子形成率が優れたが、無種子果も多数存在した。一方、受粉遮断区における果実は全て無種子果となり、その肥大は有種子果に比べて著しく劣った。以上の結果から、‘アーウィン’マンゴーでは、ミツバチ受粉によって果実肥大の優れる有種子果が多数形成され、収量が増加すると推察された。

2. ‘アーウィン’マンゴー果実の肥大生長に及ぼす CPPU と GA_3 の混合液処理の効果を調査した。満開期から 10ppm および 20ppm CPPU + 100ppm GA_3 の混合液を花穂へ 2 回処理すると奇形果が発生し、全ての果実は落果した。開花終了直後の花穂への同様の処理は果実の生長に影響を及ぼさず、糖度を低下させた。10ppm CPPU + 100ppm GA_3 を生理的落果終了後の果穂に散布すると果実肥大が促進されたが、その効果は 2 回よりも 4 回散布処理ですぐれた。4 回散布処理では、有胚果実と無胚果実の重量が増加するとともに無胚果実の着果が促進されたため、収量が増加した。収穫さ

れた果実を重量別に分類したところ、400g 以上の有胚果実の占める割合は 4 回散布区では 60%、2 回散布区では 45%、無処理区では 25%であった。4 回散布処理は 200g 以上の無胚果の割合を増加させたが、400g 以上にまで肥大させることはできなかった。散布回数が増加すると果実の成熟が遅れ、有胚果実では糖含量が減少する傾向が見られた。以上の結果から、‘アーウィン’マンゴーでは、生理的落果後の果穂に 10ppm C P P U + 100ppm G A₃ 処理することによって果実の肥大を促進させ、その商品価値を高める可能性が示された。しかし、同時にそれらの処理は果実の品質を低下させる危険性も示唆された。

3. 果実生長と収量に及ぼす摘果の効果を明らかにするため、成木 ‘アーウィン’マンゴー樹において、まず着果数を 1/2 に摘果する区と無摘果区の果実重と収量を比較調査した。その結果、1/2 摘果区では収穫果実数が減少することによって収量が減少したが、果実生長が促進されたため減少の程度はあまり大きくならなかった。両区における収益性はほぼ同じ程度と推察された。次に摘果の程度を着果数の 1/3 と 1/4 程度にする区を設け、無摘果区と収量、果実重、出荷価格を比較調査した。その結果、両摘果区では、無摘果区に比べて、収量がやや減少したが、商品価値の高い 300g 以上の果実が多く生産され、出荷価格は高くなった。このことから、アーウィンマンゴーでは適正な摘果によって収益性が高まることが示唆された。

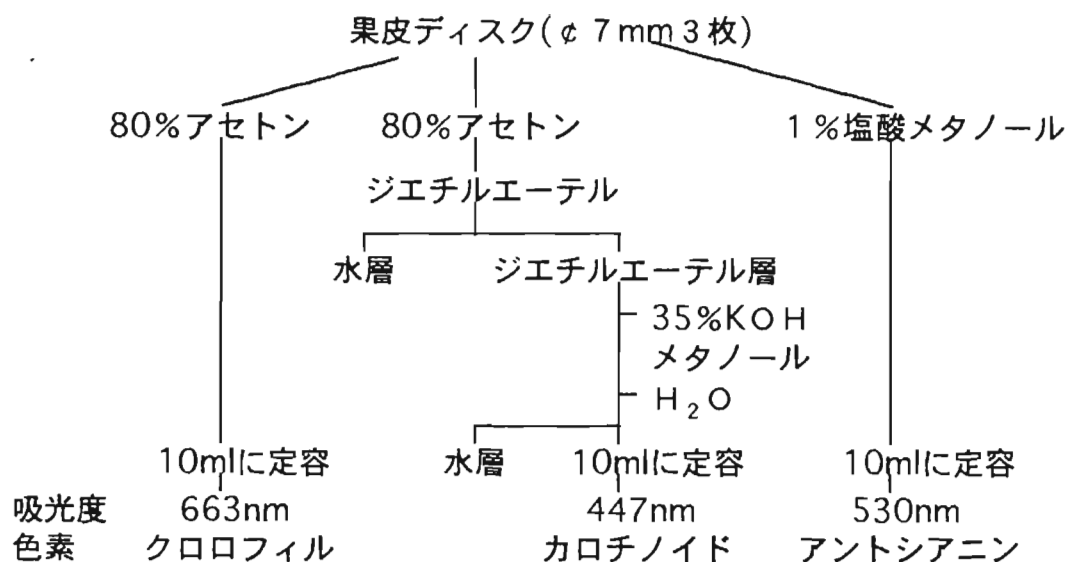
第3章 果実の着色に及ぼす光の影響

‘アーウィン’マンゴーの鮮やかな赤色は消費者の目を引き、市場性も高くなるため赤色発現を促進させる栽培管理が必要である。このためには赤色発現に及ぼす環境要因の影響のメカニズムを明らかにする必要がある。一般に、果実における赤色は主にアントシアニン生成によるものであるが、マンゴー果実の着色様式については明確にされていない。アントシアニンの形成には光の影響が強く (Mancinelli, 1985; Downs et al, 1965), とくに、リンゴの赤色品種では紫外線によってその形成が促進されることが報告されている (Chalmers et al; 1977, Arakawa et al, 1985; 荒川1988)。湯浅農場でのマンゴー樹においては、樹幹内部や下部の果実は赤色が発現しにくいことが観察されており、光が赤色発現に関与していることが推察されている。しかしながら、これまでマンゴー果実の着色に及ぼす光の影響についてはほとんど研究されていない。わが国でのマンゴー栽培はほとんどハウス内で栽培されており、屋外に比べて光量が減少したり、光質が変化する条件下に果実はおかれる。これらのことから、本章ではアーウィンマンゴー果実における着色様式と、着色に及ぼす遮光処理と紫外線除去フィルムの影響を調査し、赤色発現における光量と光質の重要性について検討した。

第1節 成熟果実における着色様式とアントシアニン組成

材料および方法

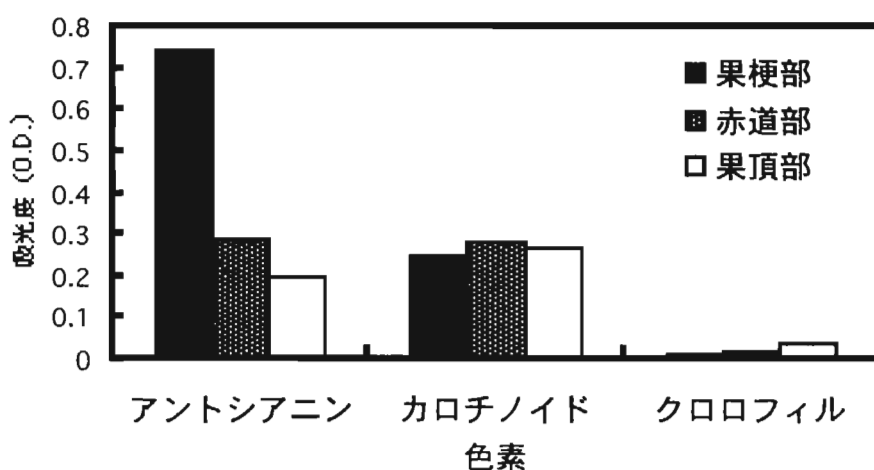
和歌山県湯浅農場のハウス内に栽植されている成木において、8月に果梗部が赤色になった成熟果実を8個無作為に採取し、25℃下で2～3日間追熟させた。これら追熟果実の果梗部、赤道部、果頂部において直径1cm²の果皮ディスクを3枚切り抜いた。これらの果皮ディスクは第20図に示すような方法でアントシアニン、クロロフィル、カロチノイドを抽出した。すなわち、1枚の果皮ディスクは1%塩酸メタノールに入れ、アントシアニンを冷暗所で一昼夜抽出した。抽出液は分光光度計（日立、UV-100）を用いて、530nmにおける吸光度を測定した。別な1枚の果皮ディスクは80%アセトン液に入れてクロロフィルを抽出し、663 nmにおける吸光度を測定した。最後の果皮ディスクは80%アセトン液で抽出した後、その抽出液をジエチルエーテルでカロチノイドを分画した。分画液は447nmにおける吸光度を測定した。



第20図 果皮からの色素抽出方法

結 果

追熟果実の果皮にはアントシアニン、カロチノイド、クロロフィル色素が存在していた。これらの色素の分布の程度は果実の部位によって異なっていた(第21図)。アントシアニンは、果梗部において赤道部や果頂部におけるよりも多く含まれていた。一方、カロチノイドは果実表面全体に比較的均一に分布していた。クロロフィル含量は非常に少なかったが、果梗部よりも果頂部において多く存在する傾向が見られた。



第21図 追熟果実の各部位におけるアントシアニン、カロチノイド、クロロフィル含量

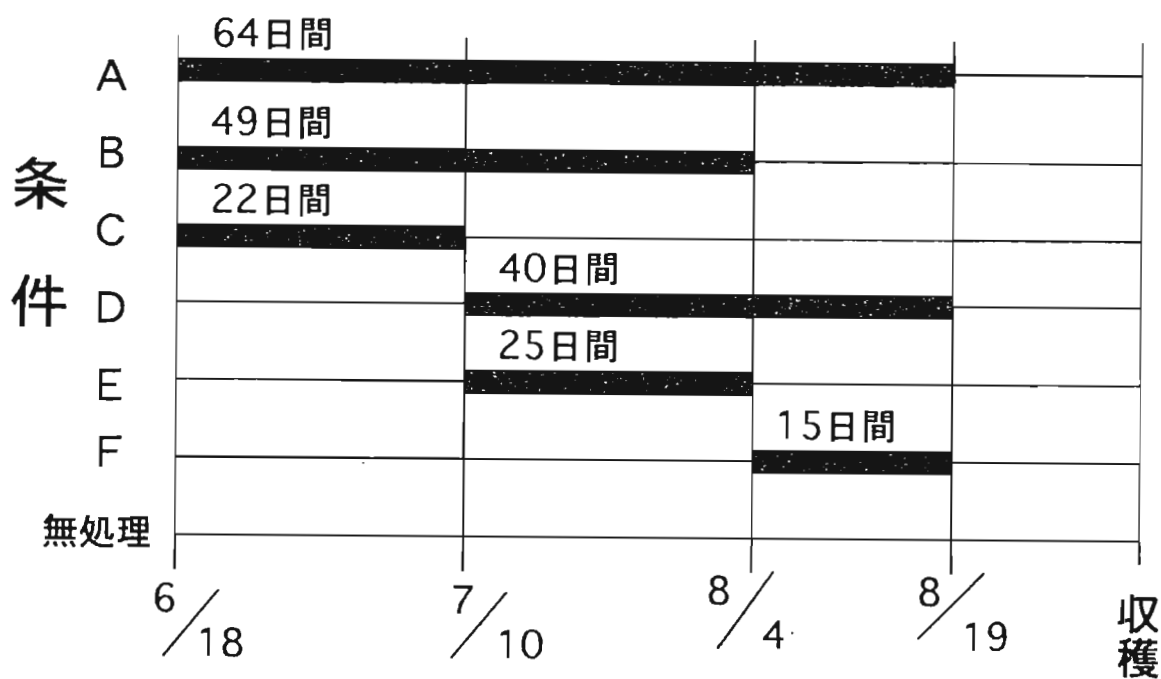
第2節 遮光処理が着色に及ぼす影響

材料および方法

実験1：1995年に近畿大学農場（和歌山県湯浅町）においてハウス栽培されている‘アーウィン’成木において成熟前の果実5個ずつを用いて、7月25日から収穫までの4週間および7月25日から8月9日までの2週間、新聞紙で袋掛けをする処理区を設けた（それぞれ4週間区および2週間区とした）。対照区として無袋の果実を用いた。成熟した果実は収穫したのち、果皮の色調を調査するため色差計（ミノルタ、CR-300）を用いて果梗部、赤道部、果頂部におけるa、b、L値を測定した。測定後は25℃下で2日間追熟させ、追熟果実の果皮についても同様な色調の調査を行った。追熟果実においては果梗部と果頂部の果皮中のアントシアニン、クロロフィル、カロチノイド含量を、本章第1節と同様な方法で測定した。さらに果汁中の可溶性固形物含量を屈折糖度計（アタゴ、N-1）を用いて測定し、果肉1gをそれぞれ磨砕した後、70%エタノールで糖を抽出した。抽出液はアルコールを除去し、乾固させたのち、蒸留水で溶解して100mlに定容した。この溶液を10ml用いてアントロン硫酸法により糖含量を測定した。

実験2：近畿大学農学部（奈良市）のガラス温室で生育させている鉢植えの4年生‘アーウィン’接ぎ木個体を供試した。1996年5月10日にほぼ均一な幼果（平均果実重19.1g、縦経37.8 横経31.0mm）を15個選び、5個ずつに黒紙または新聞紙で袋掛けをし、残りは無処理区とした。袋掛け処理は7月10日までの2か月間行った。7月10日に袋をはずし、果梗部が赤色を帯びた果実を8月1日から19日まで順次収穫し、色差計によりL、a、b値を測定した。その後、果実重、果汁中の可溶性固形物含量を測定した後、果皮のアントシアニン、カロチノイド、クロロフィル含量を実験1と同じ方法で果梗部、赤道部、果頂部に分けて測定した。なお、晴天日の5月10日正午近くに袋内の照度を照度計（ミノルタ、T-1M）で測定したところ、黒紙区で20lux、新聞紙区で600lux、無処理区では果実表面近くにおいて18,000luxであった。

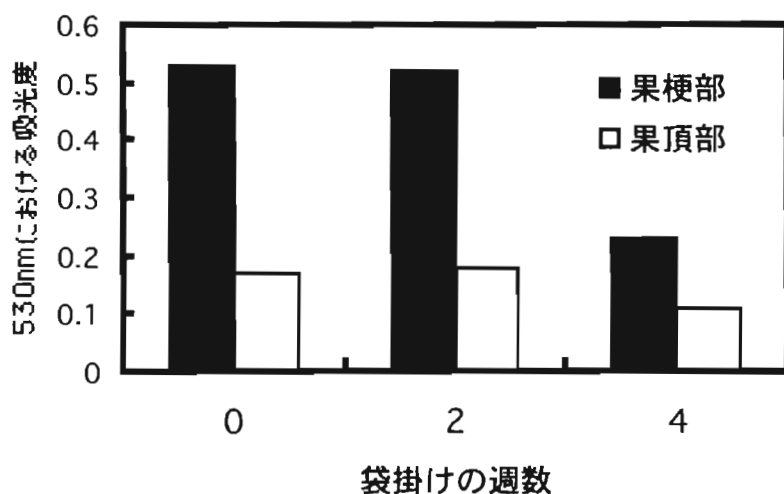
実験3：近畿大学農場（和歌山県湯浅町）においてハウス栽培されている‘アーウィン’成木において1996年6月18日から第22図に示す期間に黒紙と新聞紙による袋掛け処理を行った（太線部分は、袋掛けをしている期間を示す）。各処理における開始時期の果実の縦経および横経は6月18日：5.3および3.4cm、7月10日：8.2および5.5cm、8月4日：9.0および5.6cmであった。8月19日から9月13日にかけて実験1と同様な方法で成熟果実を収穫し、色差計を用いて果梗部、赤道部、果頂部のL、a、b値を測定した。その後、果実重、果汁中の可溶性固形物含量を測定した。晴天日の6月18日正午近くに袋内の照度を測定したところ、黒紙区で10lux、新聞紙区で500lux、無処理区では果実表面近くにおいて25,000luxであった。



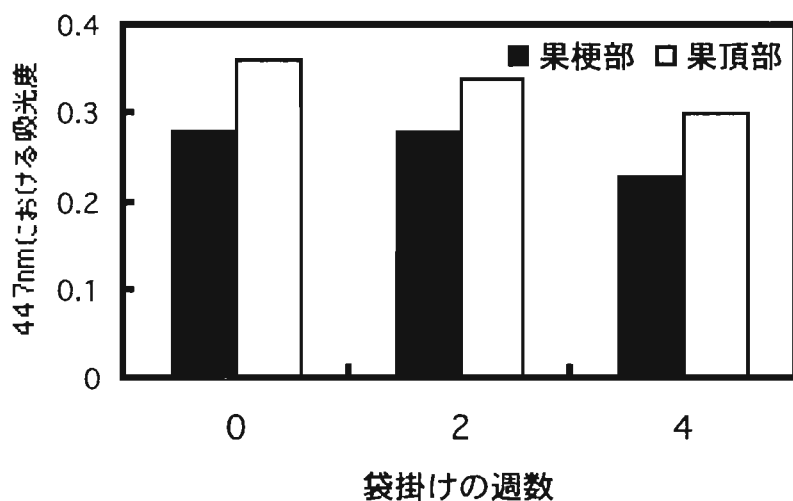
第22図 各袋掛け処理区における処理時期と期間

結 果

実験 1 : 果梗部のアントシアニン含量は4週間処理区で他の2区に比べて減少した。しかし、2週間処理区における同じ部位のアントシアニン含量は対照区のものと同差がなかった(第23図)。一方、果頂部におけるアントシアニン含量は、果梗部に比べて少なく、袋かけ処理の影響をほとんど受けなかった。カロチノイド含量は果梗部と果頂部で差がなく、袋掛けによる影響をほとんど受けなかった(第24図)。



第22図 袋掛け処理の期間がアントシアニン含量に及ぼす影響



第24図 袋掛け処理の期間がカロチノイド含量に及ぼす影響

第16表 収穫果実と追熟果実における果皮の a 値、b 値、L 値

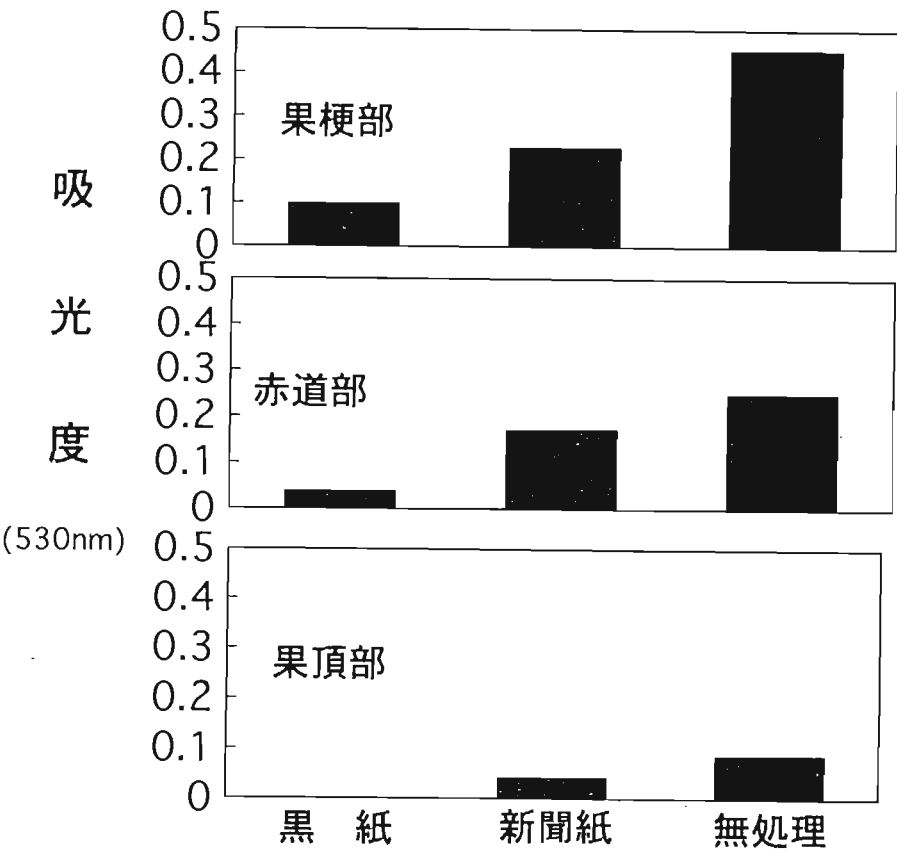
処理週数	収穫直後			追熟後		
	0	2	4	0	2	4
<u>a 値</u>						
果梗部	41.0	37.1	25.8	50.9	53.5	38.5
赤道部	35.0	36.1	16.3	41.9	41.9	25.7
果頂部	21.5	24.9	11.8	23.7	28.6	22.7
<u>b 値</u>						
果梗部	7.8	2.4	17.1	13.6	11.3	27.1
赤道部	15.1	12.9	24.7	23.7	23.7	41.2
果頂部	30.2	21.7	33.9	42.4	36.4	43.4
<u>L 値</u>						
果梗部	43.7	39.5	46.2	34.6	29.3	47.0
赤道部	47.5	43.6	51.8	43.6	42.2	54.0
果頂部	56.4	48.0	53.9	56.6	50.1	54.8

色差計による測定では、a 値はいずれの部位においても4週間処理区で2週間および無処理区よりも減少した（第16表）。また、いずれの処理区も収穫直後の果実よりも追

熟果実においてa値は増加する傾向を示した。収穫直後の果実のb値はいずれの処理区においても果梗部から果頂部に向かうにつれて増加し、無処理区と2週間処理区に比べて、4週間処理区で増加した。さらに、a値と同様に、b値も収穫直後の果実よりも追熟果実において増加する傾向が見られた。L値は収穫果実では遮光処理の影響が見られなかったが、追熟果実では無処理および2週間処理区の果梗部において他の部位よりもL値が少なくなった。なお、クロロフィルは測定できないほど少量であった。可溶性固形物含量と果肉の糖含量は4週間処理区で減少する傾向が見られた（第17表）。

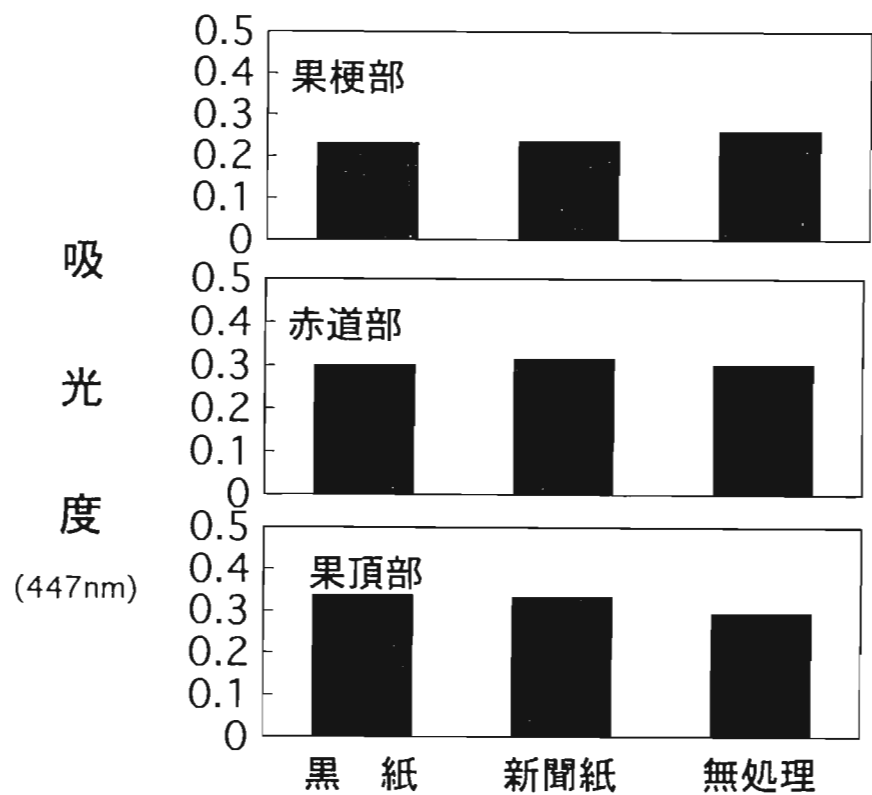
第17表 袋掛け処理の期間が可溶性固形物含量および果肉の糖含量におよぼす影響

処理期間	可溶性固形物含量（％）	果肉糖含量（mg/g新鮮重）
2週間	17.5	205.9
4週間	16.6	187.9
無処理	17.6	216.3



第25図 黒紙と新聞紙による袋掛け処理がアントシアニン含量に及ぼす影響

実験 2：アントシアニン含量は袋掛け処理により減少したが、特に、新聞紙区に比べて黒紙区で抑制の程度が著しかった（第25図）。一方、カロチノイド含量は袋掛け処理の影響をほとんど受けなかった（第26図）。クロロフィルは、果頂部においてわずかに存在し、黒紙区でやや多くなった（データ示さず）。果実重は処理の影響がほとんど見られなかったが、可溶性固形物含量と果肉の糖含量は光量が少なくなるにつれて減少する傾向を示し、黒紙区でもっともすくなくなかった（第18表）。



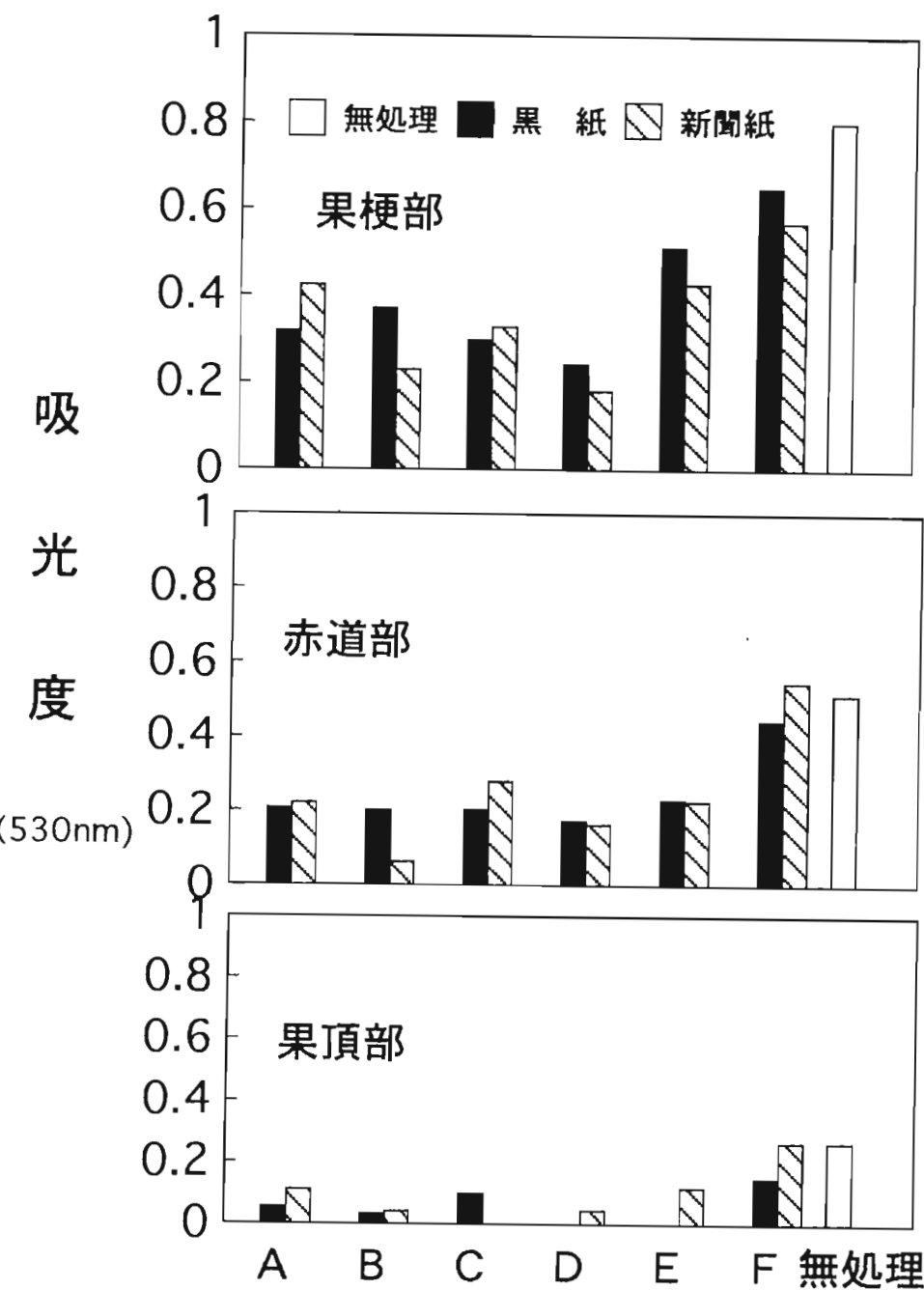
第26図 黒紙と新聞紙がカロチノイド含量に及ぼす影響

第18表 袋掛け処理が果実重、可溶性固形物含量、果肉の糖含量におよぼす影響

処理区	果実重(g)	可溶性固形物含量(%)	果肉糖含量(mg/g新鮮重)
黒 紙	166.5	17.9	122.7
新聞紙	197.8	18.0	124.4
無処理	154.3	20.0	139.1

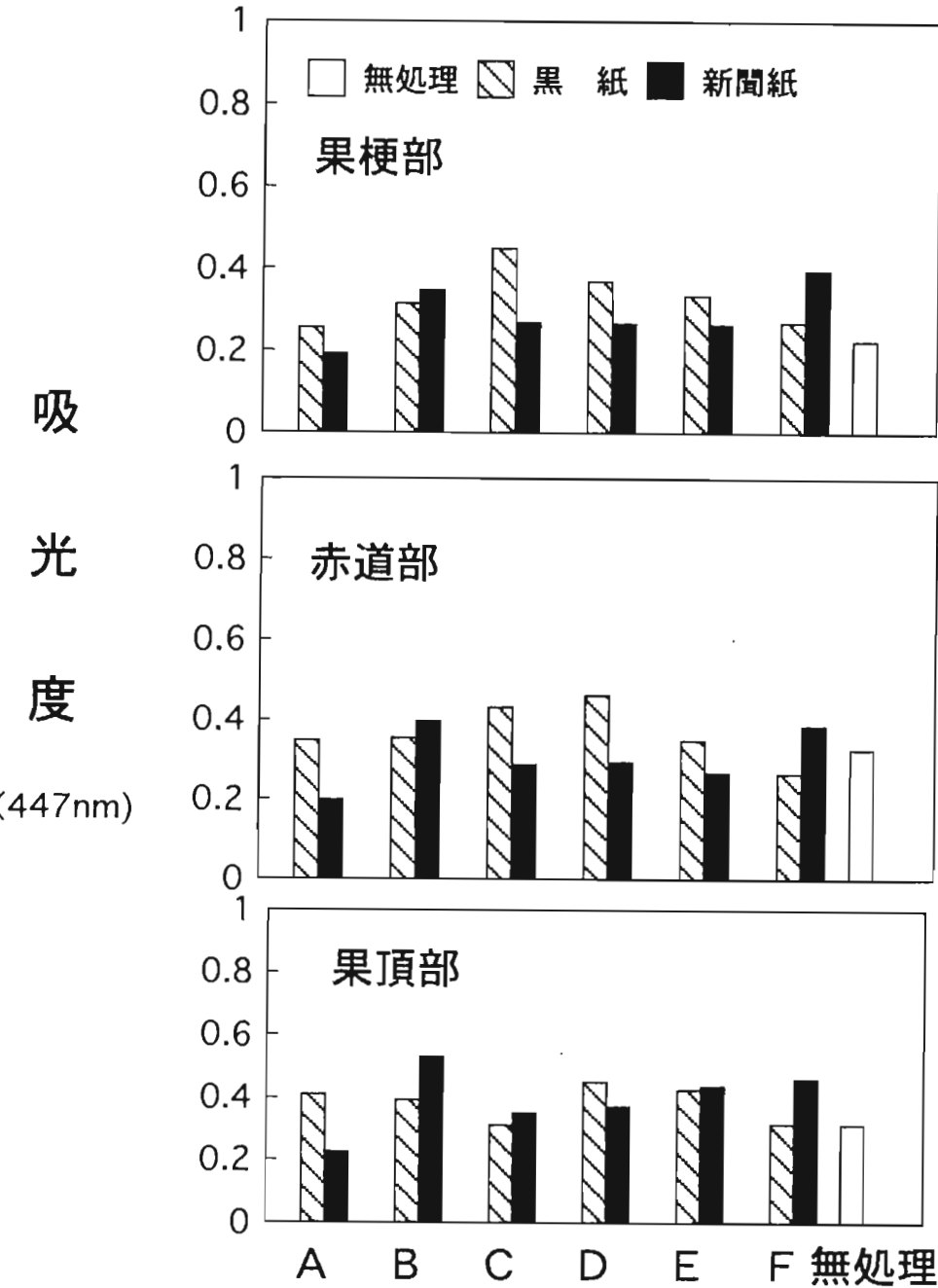
実験 3：アントシアニン含量はいずれの部位においても果実発育初期から袋掛けをしたA、B、C区において減少したが、これらでは袋掛けの処理期間の違いによる抑制

の程度には差がなかった（第27図）。また、発育中期から比較的長期間袋掛けをしたD区では赤色発現が著しく低下し、短期間処理したE区では赤色発現抑制の程度が少なくなった。発育後期から短期間袋掛けをしたF区ではアントシアニン含量への影響はほとんどみられなかった。袋掛けによるこれらのアントシアニン含量の低下は黒紙と新聞紙とでは差がなかった。

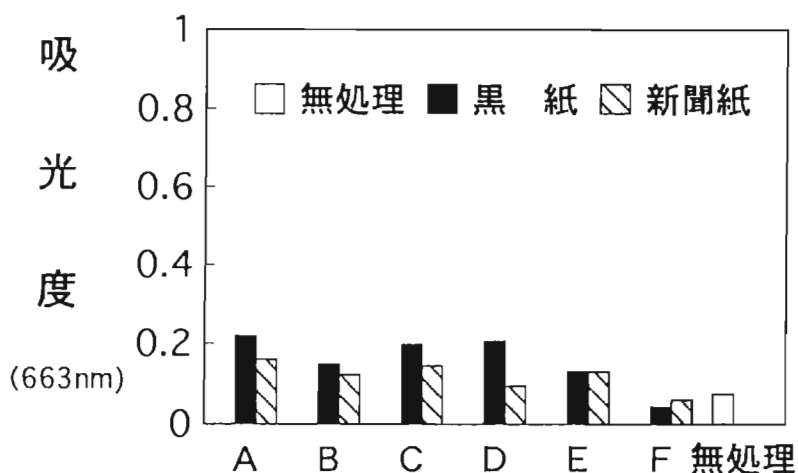


第27図 袋掛け処理の時期と期間がアントシアニン含量に及ぼす影響

果梗部と赤道部におけるカロチノイド含量は、長期間袋かけを行ったA区では無処理区とあまり差がなかった（第28図）。C, D, E区では黒紙、F区では新聞紙を袋掛けすることによってカロチノイド含量が増加した。果頂部ではいずれの袋掛け処理においてもカロチノイド含量は増加する傾向が見られた。クロロフィルは、果頂部にだけ存在しF区以外では袋掛けに処理によって増加したが、黒紙区が新聞紙区よりわずかに多くなった（第29図）。果実重と可溶性固形物含量に及ぼす袋掛け処理の影響には一定の傾向が見られなかった（第19表）。



第28図 袋掛け処理の時期と期間がカロチノイド含量に及ぼす影響



第29図 袋掛け処理の時期と期間がクロロフィル含量に及ぼす影響

第19表 袋掛け処理の時期と期間が果実重、可溶性固形物含量に及ぼす影響

処理区	果実重(g)		可溶性固形物含量(%)	
	黒紙	新聞紙	黒紙	新聞紙
A	418.9	320.4	15.3	12.9
B	347.5	376.8	14.2	12.7
C	272.7	319.3	14.9	13.8
D	352.3	315.6	15.5	13.7
E	382.3	313.9	12.5	14.4
F	291.8	340.2	15.7	18.9
無処理	372.1		14.3	

第 3 節 紫外線除去フィルムが着色に及ぼす影響

材料および方法

本研究は近畿大学湯浅農場（和歌山県湯浅町）のハウス内に栽植されている 10～12 年生‘アーウィン’マンゴー樹（台木は台湾在来種）を用いておこなった。なお、ハウスの被覆資材はポリエステル（商品名：シックスライト）であった。

実験 1：1998 年 6 月 16 日に、栽植されている 100 樹から日照条件がほぼ等しい 6 樹を無作為に選び、それらにおいてほぼ均一に光が当たっている発育途中の緑色果実を 20 個選んだ。これらのうち 10 個の果実には紫外線除去フィルムを被覆し（フィルム

区)、残りの果実は被覆を行わない対照区とした。両区ともすべての果実において光が最もよく当たっている周辺部の照度、紫外線量、温度を測定した。照度はデジタル照度計（ミノルタ、T-1M）を用いて、紫外線量は紫外線強度計（ミノルタ、UM-10）を用いて 220～300nm、310～400nm および 360～480nm の波長について測定した。温度の測定にはサーモメーター（佐藤計量器、SK90TRH）を用いた。これらの測定は快晴日であった 7 月 16 日、22 日、28 日、および 8 月 1 日に行った。

果実は果梗部付近が紫色から赤色に変化した時点で収穫し、25℃下で 2～3 日追熟させた。追熟した果実において色差計（ミノルタ、CR-300）を用いて、果梗部、赤道部および果頂部のそれぞれかの果皮について L、a、b 値を測定した。測定後はそれぞれの地点において、果皮より約 3mm 内側から内果皮に至るまでの果肉を取り出し、その果汁中の可溶性固形物含量を屈折糖度計で測定した。

実験 2：1999 年 7 月 15 日に、日照条件のほぼ等しい 3 樹を選び、10klx 以上（強光）とそれ以下（弱光）の光が当たっていた緑色果実を、それぞれ 28 個選んだ。それらのうちの 14 個には紫外線除去フィルムを被覆し（フィルム区）、残りの果実は対照区とした。実験 1 と同様に、すべての果実において光が最もよく当たっている果実周辺部の照度、紫外線量、温度を測定した。実験 1 と同様に成熟した果実を収穫し、追熟させたのちに果梗部、赤道部、果頂部における果皮の着色の程度を色差計で測定し、さらにそれらの部位における果汁中の可溶性固形物含量を測定した。なお、収穫果実は対照区では強光下と弱光下の果実がそれぞれ 7 個ずつであり、フィルム区では強光下の果実が 6 個、弱光下の果実が 8 個であった。これらの調査項目の平均値は一元配置による F 検定を行い、ダンカン多重検定法により有意差を検定した。

結 果

実験 1：本実験に用いたフィルムは波長 360～480nm の光をほとんど吸収し、さらに波長 220～300nm および 360～480nm の紫外光部の透過を著しく抑制した（第 20 表）。フィルム区では対照区に比べてやや照度が少なくなった。フィルム内の温度はハウス内の温度に比べて、約 2℃ほど高くなった。

第 20 表 果実周辺部の照度、紫外線量、温度

処理区	照度 (Klux)	紫外線量 (μW/cm ²)			温度 (℃)
		220～300nm	310～400nm	360～480nm	
フィルム区	19.0	37.1	2.3	577.1	36.1
無処理区	23.8	61.7	134.2	1760.9	34.7

第 21 表 追熟果実における果皮の着色程度と果汁中の糖度

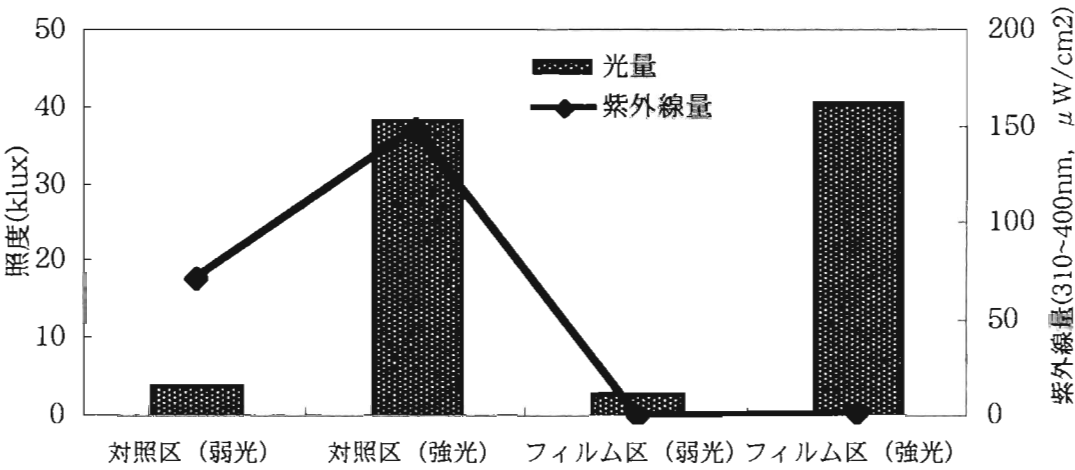
処理区	a 値			b 値			L 値		
	果梗部	赤道部	果頂部	果梗部	赤道部	果頂部	果梗部	赤道部	果頂部
フィルム区	30.7±5.2	13.4±5.5	-4.1±6.9	23.7±9.5	37.5±7.2	38.4±7.3	49.3±7.7	55.1±4.3	52.5±3.7
無処理区	33.1±4.2	17.5±5.5	-3.5±5.1	20.3±8.3	42.0±6.9	42.4±5.1	40.4±5.3	54.7±3.6	52.5±4.8

両区における果実の着色の程度は第 21 表に示すとおりである。両区の果実とも a 値は果梗部で最も高くなり、ついで赤道部、果頂部の順になったが、いずれの部位においてもフィルム区と対照区との間に a 値の差がほとんど見られなかった。b 値においてもフィルム被覆処理の影響は見られなかった。L 値も両区で差がなかった。追熟果実の果汁中の可溶性固形物含量は、いずれの部位においても、フィルム区に比べて対照区で高くなった（第 22 表）。

第 22 表 果汁中の可溶性固形物含量に及ぼす紫外線除去
フィルムの影響 (％)

処理区	果梗部	赤道部	果頂部
フィルム区	14.3±1.5	13.6±2.0	13.9±2.3
無処理区	16.5±2.4	16.4±1.4	16.3±1.5

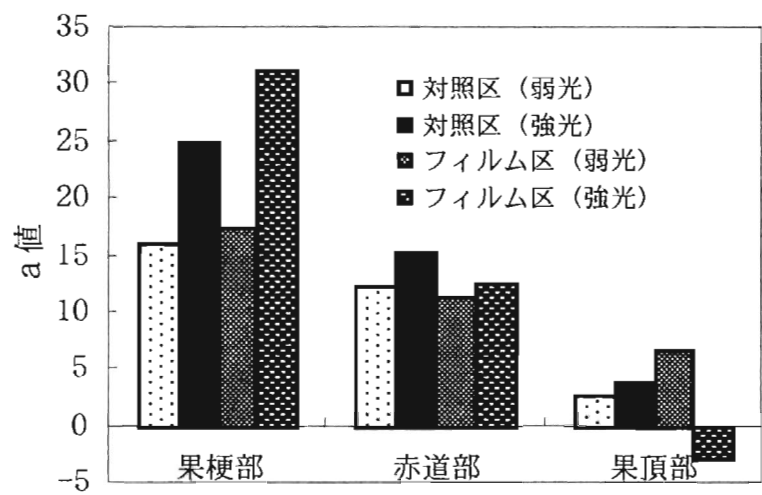
実験 2：フィルム区および対照区における光条件は第 30 図に示すとおりで、紫外線の透過量については実験 1 における測定結果とほぼ同様であった。また、フィルム内の温度もハウス内の温度に比べ 2～3℃高くなった。



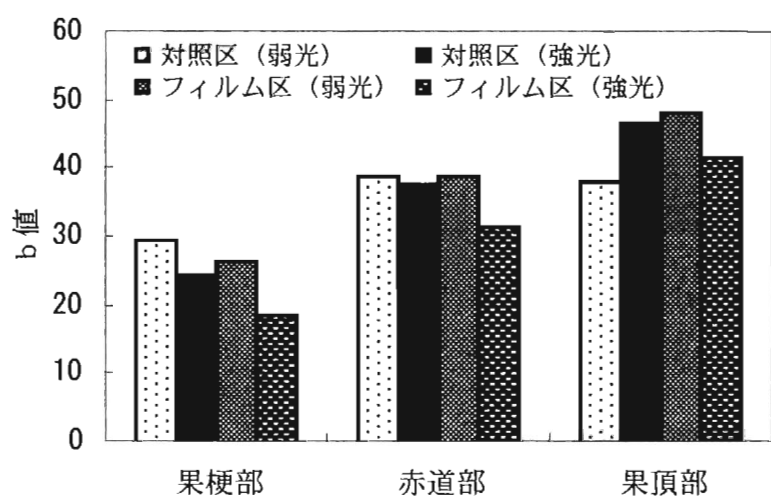
第 30 図 果実周辺部の照度と紫外線量

果梗部ではフィルム区、対照区ともに弱光下に比べて強光下で a 値が高くなったが、フィルム被覆の影響は現れなかった（第 31 図）。赤道部においても強光下で a 値が高く

なる傾向が見られたが、処理間で差はみられなかった。果頂部の a 値に及ぼすフィルム被覆と照度の影響は一定でなかった。フィルム被覆強光下では果頂部は緑色残り、a 値はマイナスになった。



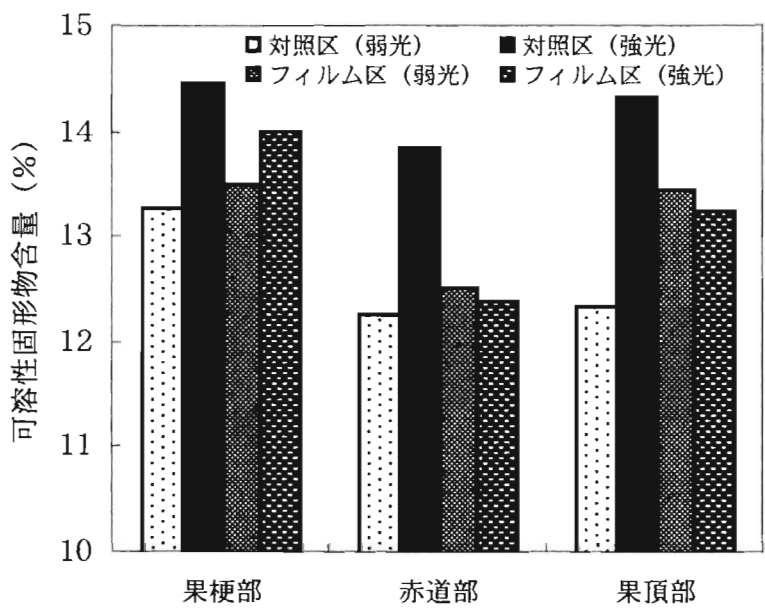
第 31 図 果皮色の a 値（赤色発現）に及ぼす光の影響



第 32 図 果皮色の b 値（黄色発現）に及ぼす光の影響

b 値は果頂部で最も大きくなり、果梗部で最も小さくなった（第 32 図）。果梗部の b 値はフィルム被覆強光下で小さくなり、果頂部では対照区弱光下とフィルム区強光下

で小さくなった。赤道部ではb値に差が見られなかった。L値は照度とフィルム被覆の影響を受けなかった（データ示さず）。対照区の強光下では、いずれの部位においても可溶性固形物含量が他の処理区に比べて高くなった（第 33 図）。特に、赤道部と果頂部においてそれが顕著であった。フィルム区では照度は可溶性固形物含量に影響を及ぼさなかった。



第 33 図 果汁中の可溶性固形物含量に及ぼす光の影響

第 4 節 考 察

追熟させたアーウィンマンゴー果実に3つの色素、アントシアニン、カロチノイド、クロロフィルの存在が認められた。果実の着生形態から、アントシアニンは光の良く当たる果梗部において著しく多くなり、下方となる果頂部では少なくなった。このことはアントシアニン発現に光が関係していることを示唆している。一方、カロチノイド含量は果実のどの部位においても同じ程度であった。アントシアニンが発現し果皮が赤色になった部位においてもカロチノイドが存在していたことから、‘アーウィン’マンゴー果実ではカロチノイドが果皮の地色であることが示された。また、クロロフィルは成熟に伴って減少したが、果頂部に少し残り、この色素が赤色や黄色と対比して果皮色の鮮やかさを作り出していた。このような果皮の着色様式は赤色リンゴ果実で見られるものと同じである (Knee, 1972)。Utsunomiyaら (1996) は、‘アーウィン’マンゴーのアントシアニン成分をH P C Lによって分析し、リンゴ果実に含まれるcyanidine 3-galactosideに類似した色素が含まれていることを示唆している。

第2節における実験1では、果実肥大中期から成熟期までの4週間の遮光処理は果梗部におけるアントシアニン生成を著しく抑制したが、成熟期にまで至らない2週間の処理はアントシアニン生成に影響を及ぼさなかった。リングでは幼果期から袋掛けをしていても成熟前に除袋するとアントシアニンが急速に生成されることが報告されている

(久保ら、1988)。本実験での結果は、‘アーウィン’マンゴーでは成熟期の果実における光条件が赤色発現に影響を及ぼし、その時期に果実に光が当たることがアントシアニン発現に重要であることが示唆された。果頂部ではアントシアニン含量が少なく、遮光の影響もほとんど受けなかった。これは果実の上部（果梗部）と下部（果頂部）とで光条件が異なり、下部では光があまり当たらなかった結果によると考えられた。

色差計によるa値は赤色の程度を表しており、実験1ではa値は果梗部で高く、袋掛け処理が長くなるとa値は減少し、アントシアニン含量に及ぼす処理の影響と傾向が一致した。一方、b値は黄色の程度を表すが、いずれの処理区においても果梗部で減少し、果実の部位によって差がみられなかったカロチノイド含量とは傾向が異なった。色差計によるこのようなaおよびb値は‘アーウィン’マンゴー果実の外観を表しており、抽出した色素含量との比較によって、果梗部ではアントシアニンによってカロチノイドが覆い隠されていることが間接的に証明された。L値は明度を表しており、a値が高くなるとL値が減少する傾向が見られた。リング果実ではL値とアントシアニン含量が負の相関関係にあることが報告されている(Singhaら、1991)。なお、a値、b値ともに追熟後に増加しており、マンゴー果実では追熟中にアントシアニンやカロチノイド含量が増加することが示唆された。

7月後半からの2週間の袋掛け処理は赤色発現にほとんど影響を及ぼさなかったが、4週間処理はそれを抑制した。この結果は‘アーウィン’マンゴーでは果実肥大後期に光が不足すると赤色が十分に発現しないことを示している。袋掛けをしていたリング果実では、除袋後アントシアニン含量が急速に行われる(久保ら、1988)。マンゴーにおいては成熟前には果実に光が当たることが赤色発現に重であることが明らかにされた。

しかし、第2節実験2のように5月からの果実生長初期からの2ヶ月間の遮光処理は成熟前に約1ヶ月間果実に光を当てても赤色発現を抑制した。その抑制程度は遮光の程度が強かった黒紙区で著しかった。新聞紙区ではある程度赤色が発現し、果実生長期にわづかでも光が当たっていれば、除袋後の光条件が良ければアントシアニンがある程度形成されることが示された。

実験3では、果実の発育ステージと遮光の程度および期間を組み合わせた処理を行い、それらが赤色発現に及ぼす影響を調査した。その結果、果実生長後期の短期間の遮光処理を除いて、すべての処理区でアントシアニン形成が抑制された。特に、果実生長初期の遮光処理はその期間にかかわらず赤色発現を抑制した。このことは、成熟期のアント

シアニン発現には生長初期の光条件が影響を及ぼし、その時期に光が果実に当たっていることがアントシアニン生成に必要であることが示唆された。また、果実生長中期における長期間の遮光処理も赤色発現を抑制した。実験1、2においても長期間の遮光処理はアントシアニン含量を低下させており、マンゴー果実において赤色発現を十分に行わせるためには、ある一定期間果実に光が照射される必要が示唆された。

第2節の実験において、‘アーウィン’マンゴー果実におけるカロチノイド含量は遮光処理によって影響を受けず、その生成は光量にあまり影響されないことが示された。成熟果実では赤色が発現している部位においてもカロチノイドが多く含まれており、果実のいずれの部位においても同じ程度にカロチノイドが存在していることが明らかになった。カロチノイド生成に及ぼす光の影響についてはこれまであまり調査されていない。ウンシュウミカンでは着色に光量や光質が影響を及ぼすことが報告されている（渡辺および門屋、1991）。しかしながら、カロチノイドの生成には必ずしも光を必要としないという報告があり（大谷、1985）、マンゴー果実ではカロチノイド生成に光が関与しないことが示唆された。

クロロフィル含量は果実が成熟するとほとんど消失してしまい、果頂部にわずかに残る程度であった。本研究ではいずれの遮光処理においても果梗部や赤道部のクロロフィルは消失してしまい、この部位ではその影響を明らかにすることができなかった。これらの結果から、クロロフィルは光条件とは関係なく果実の成熟に伴って消失すると考えられた。リンゴ果実では袋掛けによってクロロフィルの分解が促進される（荒川、1988）。しかしながら、マンゴー果実では果頂部にわずかではあるがクロロフィルが残り、実験3では遮光処理によってその含量が無処理区よりも多くなった。クロロフィルの消長に及ぼす光の影響は果実の成熟ステージとの関連において調査すべきである。

第3節の実験1、2において、紫外線除去フィルムは‘アーウィン’マンゴー果実の赤色発現に影響を及ぼさなかった。さらに、果皮の明度や地色である黄色にも影響を及ぼさなかった。リンゴの‘ふじ’や‘スターキングデリシャス’では紫外線除去フィルムで果実を被覆すると赤色発現が抑制されることが報告されている（久保、1988）が、本実験では‘アーウィン’マンゴー果実ではそのような現象は起こらなかった。この結果は、マンゴー果実の赤色発現に紫外線はあまり関与しておらず、アントシアニン組成がリンゴとは異なることを示唆している。さらに、紫外線除去フィルムは果皮における黄色の発現や明度にも影響を及ぼさなかった。しかしながら、本研究で用いた紫外線除去フィルムは310～400nmの波長を特異的に吸収する特性を持っており、220～300nmと360～400nmの波長の紫外線は吸収を抑制するものの、完全にそれらの透過を遮るものではなかった。この紫外線の波長が着色に及ぼす影響についてはさらに検討を加えるべきである。

第3節の実験2では照度が強いと赤色発現が良好になった。さらに、第2節の実験結果はマンゴー果実への袋掛けが赤色発現を抑制することを示している。これらのことから、マンゴー果実のアントシアニン形成には照度が関係していることが示唆された。本研究では弱光下においても赤色はある程度発現しており、強光によりアントシアニン形成がより促進されることが明らかとなった。このような照度の効果は最も赤色発現の顕著な果梗部に限られており、赤道部や果頂部の赤色発現には光はほとんど影響を及ぼさなかった。赤道部では赤色発現が果梗部に比べて弱くなり、いずれの光条件下でも果皮色の鮮やかさが少なくなった。果頂部では赤色の発現がさらに弱まり、時には緑色が残ったままであった。しかしながら、強光下の果実では果梗部のアントシアニン形成が促進されるため、果頂部においてわずかに残った緑色との対比が強まり、色調が鮮やかになった。このような果実は消費者に対するアピール性が強くなり、市場性が高くなると考えられた。

本章第2節では、遮光処理が可溶性固形物含量を低下させる傾向がみられ、糖の蓄積には果実への光の照射が必要ながことが示唆された。リンゴやモモでは光に当たっている果実は糖含量が高くなることが経験的に知られており、ブドウでは直射光にさらされた果実で可溶性固形物含量が増加することが報告されている (Kliewer and Linder, 1977)。第3節では強光が果汁中の糖含量を増加させたが、紫外線除去フィルムを被覆するとその効果はなくなった。この結果は紫外線が果実の糖含量に影響を及ぼし、糖含量を高めるためには紫外線が必要であることを示唆している。しかしながら、フィルムを被覆すると果実周辺部の温度は外気温より2～3℃高くなり、果実温が高くなったことが想像された。ブドウやウンシュウミカンでは果実温の上昇によって果実中の糖含量が低下する (苦名ら, 1979; 宇都宮ら, 1982)。マンゴーにおいても同様な現象が起こったことも考えられ、果実温度についての検討が必要と思われた。

果実における赤色発現はアントシアニン形成によるものであり、アントシアニン生成が光によって促進されることも報告されている (中山, 1965; Creasy, 1965; 高野・常松, 1992)。リンゴやイチゴでは反射シートを用いたり、葉摘みや玉出しなどの栽培管理によって果実の着色を促進させようとしている。本章の実験結果から、‘アーウィン’マンゴー果実においても強光がアントシアニン生成を促進させることが明らかになった。着色を良好にするためには、生長初期から果実に光が当たるような栽培環境を作り出す必要性が示唆された。一方、赤色発現に紫外線はそれほど関与しないことが示された。このことから、マンゴーのハウス栽培において果実の着色を鮮やかにするためには必ずしも紫外線を透過させる被覆資材を用いる必要がないことが示唆された。果実の着色を良好にし、その市場性を高めるためには、光透過性の良い被覆資材を用い、果実に強い光が当たるような栽培管理をすることが必要と考えられた。

第5節 摘 要

‘アーウィン’マンゴー果実において、着色様式と種々の遮光処理および紫外線除去フィルムが着色におよぼす影響を調べた。その結果は以下に示すとおりである。

1. 成熟果実の着色にはアントシアニン、カロチノイド、クロロフィルが関与し、光の良く当たる果梗部でアントシアニン含量が多くなり、赤色発現も良好になった。カロチノイドは果実のすべての部位に存在し、黄色を発現したが、アントシアニンが生成された部位では黄色の発現がみられなかった。クロロフィルは成熟果実では果頂部にわずかに残る程度であった。

2. 収穫前に新聞紙で果実を2週間および4週間遮光処理すると、アントシアニン含量は4週間処理によって著しく低下したが、2週間処理では低下しなかった。一方、カロチノイド含量は遮光処理の影響をほとんど受けなかった。

果実生長初期から肥大中期までの約2ヶ月間、黒紙もしくは新聞紙で果実を遮光処理すると、アントシアニン含量が減少したが、特に、黒紙区での抑制の程度が著しかった。一方、カロチノイド含量は遮光処理の影響をほとんど受けなかった。クロロフィルは果頂部においてわずかに認められ、黒紙区でやや高くなった。

3. 果実の生長初期から成熟期前まで、黒紙もしくは新聞紙で果実を遮光する時期と期間を変える処理区を設け、それらが着色の及ぼす影響を調査した。その結果、果実発育初期から遮光処理をすると、その期間にかかわらず、アントシアニン含量が減少した。また、発育中期からの長期間の遮光処理も赤色発現を強く抑制した。しかし、同じ時期からの短期間処理はアントシアニン含量をあまり低下させなかった。さらに、発育後期からの短期間の遮光処理は着色にほとんど影響を及ぼさなかった。果実肥大中期に遮光処理をした果実では、果梗部においてカロチノイド含量が増加する傾向が見られた。いずれの遮光処理も果頂部のクロロフィルを増加させた。

4. 果実肥大中期から紫外線除去フィルムで果実を覆い、無処理の果実との着色を比較した。このフィルムは310～400nm 紫外光部をほとんど遮断し、220～300nm および360～480nm の光域においても透過量を著しく減少させた。しかしながら、同程度の可視光線量下では、このフィルムによる被覆は果実の着色にほとんど影響を及ぼさなかった。果実は照度が高くなると、紫外線量とは関係なく、果梗部の赤色発現が良好になり、果皮全体の色調が優れた。フィルムを被覆した果実では対照区に比べて果汁中の可溶性固形物含量が低下した。

第4章 せん定による結果枝形成調節

湯浅農場におけるこれまでの観察から、‘アーウィン’マンゴー樹は、高温が続く10月中旬頃まで、無着果枝では3～4回、着果枝では収穫後2～3回新梢生長を行う。1回の伸長量は20～30 cmであり、1本の新梢の年間の伸長量は約1mに達する。さらに、マンゴーは頂生花芽であり、長さ30cm以上にも達する花穂を形成するため、果実は長い新梢の先端に着果する。ほとんどの結果枝は果実重の増加とともに下垂し、果実は地面に到達したり、樹冠内に入ったりすることが多い。このような果実は光が直接当たらないため着色不良などの品質が低下する。また、収穫や薬剤散布などの果実管理も困難になる。このため、果実に十分な光が当たるように結果枝を上方につり上げる作業（玉つり作業）が行われている。しかし、この作業には多大な労力を必要とするため、結果枝をできるだけ短くするような栽培方法を開発する必要がある。短い結果枝を形成させるためには切り戻しせん定の利用が有効と考えられる。しかしながら、頂生花芽であるマンゴーでは、切り戻しせん定によって花芽形成が抑制される可能性が高い。そこで、本研究では切り戻しせん定によって腋生の花穂を形成させる方法を探るため、せん定の時期や程度が腋芽の花芽形成に及ぼす影響を明らかにしようとした。

第1節 秋季の切り戻しせん定が結果枝形成に及ぼす影響

材料および方法

実験1：近畿大学付属農場のビニルハウス内に栽植されている7年生‘アーウィン’樹を供試した。生理的落果終了後の6月～7月に無結果枝に発生した新梢（対照区）50本を無作為に選び、新梢生長が停止するまでの伸長回数と伸長量を測定した。一方、結果枝を無作為に50本選び、果実収穫後の9月にせん定を行い、新梢を発生させる区を設け（せん定区）、同様にして新梢回数と伸長量とを測定した。なお、せん定は新梢の中央部付近を切り戻した。両区においては12月30日から3月2日まで2週間おきに6個ずつの頂芽を採取した。採取した頂芽とえき芽は70%エタノールに固定し、脱水、パラフィン包埋を行った後、ミクロトームで切片（15 μ ）を作成し、光学顕微鏡下で花芽分化の程度を観察した。それぞれの芽内における分化の程度は、第35図に示すように、未分化、分化開始期、1次花穂形成期、2次花穂形成期、3次花穂形成期に分けた。頂芽を残した新梢については翌春の開花時期、花穂の長さ、開花最盛期におけ

る花型の割合を調査した。さらに、着果後は1花穂に2～3個着果させるように摘果した。着果させた果実については肥大生長を経時的に測定した。これらの果実は果面が紫色から赤色に変化した直後に収穫し、直ちにその重量を測定した。その後、25℃条件下で2～3日間追熟させ、果汁中の可溶性固形物含量を測定した。

実験2：実験1と同様の‘アーウィン’樹を供試した。生理的落果が終了した7月に前年までに3回伸長した新梢を10本選び、その第1梢だけを残して2回目および3回目に伸長した部分をせん定して除去した（7月区）。果実の収穫が終了した9月には同様に第1梢だけを残してせん定処理を行った（9月区）。さらに11月にも9月と同様のせん定処理を行った（11月区）。せん定後は発生した新梢を1本だけ生育させ、その新梢生長回数と伸長量を測定した。翌春には花穂の発生状況と開花日およびそれぞれの花穂の満開時に花型の割合を調査した。生理的落果期終了後にどの処理区においても1果房2～3個の果実が着生するように摘果した。果実は赤色が発現したものを収穫し、果実の横径、縦径および重量を測定した。その後、25℃で4～5日間追熟させ、果汁中の糖含量を測定した。

結 果

実験1： 対照区における新梢は2～3回伸長し、総伸長量は60cm以上に達した（第23表）。しかも、花穂長が35cmになり、結果枝の長さが約1mになった。いっぽう、せん定区では新梢は対照区に比べて著しく短くなり、結果枝は約50cmであった。

第23表 せん定および無せん定新梢における伸長回数、伸長量、花穂長の比較

処理区	伸長回数	伸長量(cm)	花穂長(cm)
対照区	2.5	62	35
せん定区	1.3	16	26

花芽分化は両区とも1月30日から認められたが、対照区ではこの時期にほとんどの頂芽で分化が開始されており、すでに1次花穂を分化している頂芽も認められた（第34図）。せん定区では2月15日になってほとんどの頂芽で分化が開始されていた。3月2日には対照区では2次および3次花穂を形成していたが、せん定区では2次花穂を形成していた頂芽は1個だけであった。

分化段階				
Ⅲ				(3)
Ⅱ			(1)	(3) ①
Ⅰ		(2)	(2) ①	③
分化開始		(3) ①	(3) ⑤	①
未分化	(6) ⑥	(1) ⑤		①
調査日	1月18日	1月30日	2月15日	3月2日

第 34 図 無せん定およびせん定した新梢の頂芽における花芽分化の発達
 () 内の数字は無せん定の新梢、○内の数字はせん定した新梢における各発達段階に達した頂芽の数

対照区では4月上旬から次々と花穂が開花し、開花期は5月中旬まで続いた(第24表)。一方、せん定区では4月中旬から1花穂だけ開花したが、そのほとんどは4月下旬から開花し、5月上旬に開花の最盛期を迎え、5月中旬に開花は終了した。両区とも両性花の割合は70%以上となり差は認められなかった(第25表)。

第 24 表 せん定および無せん定の新梢における開花期間

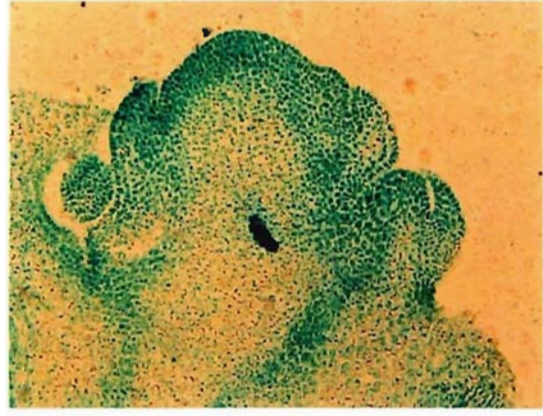
処理区	開 花 期 間					
	4月上旬~下旬	4月中旬~5月上旬	4月中旬~5月中旬	4月下旬~5月上旬	4月下旬~5月中旬	5月上旬~5月中旬
対照区	15%	35%	0%	15%	35%	0%
せん定区	0%	0%	5%	15%	65%	15%

第 25 表 せん定および無せん定の新梢上での花性の割合

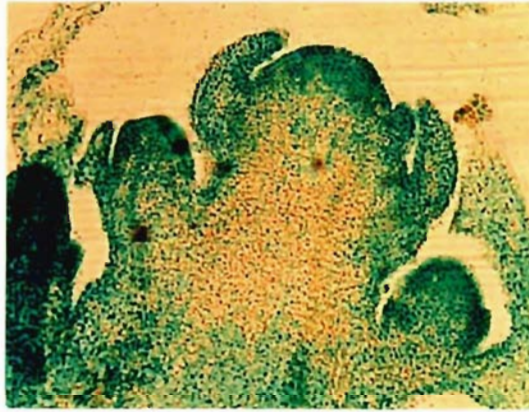
処理区	両性花	雄花	奇形花
対照区	71.3	17.4	11.3
せん定区	74.5	24.8	0.7



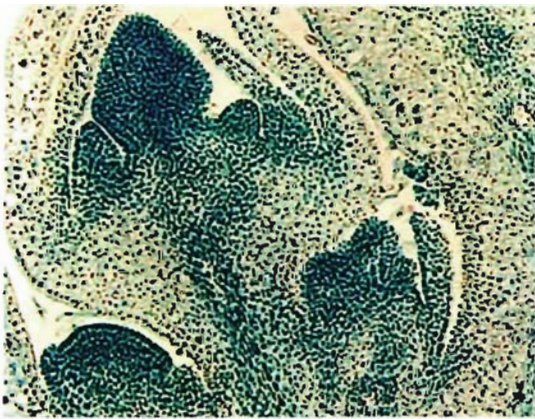
未分化期



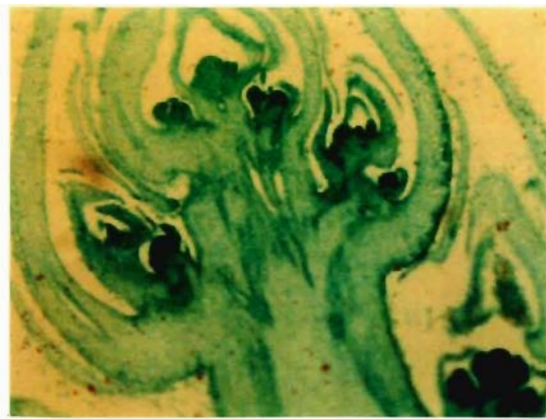
分化開始期



1次花穂分化期 (I)



2次花穂分化期 (II)



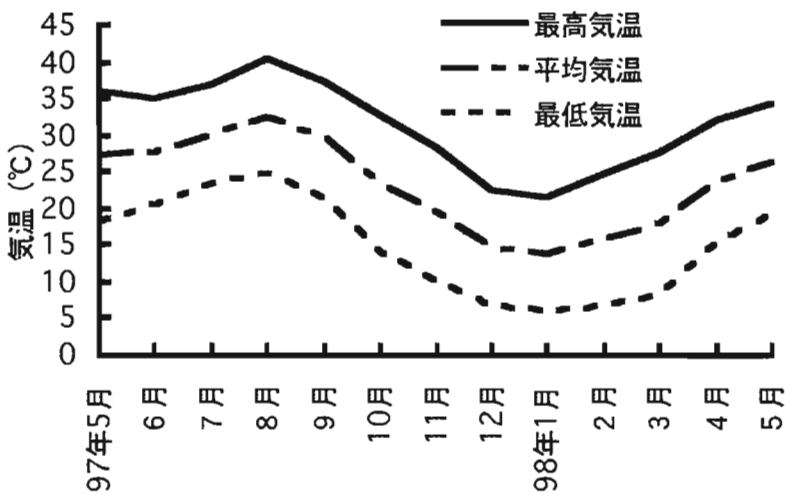
3次花穂分化期 (III)

第 35 図 頂芽およびえき芽内における花芽分化の発達程度

果実の収穫は対照区では 7 月下旬から始まり，8 月中旬にピークとなった．せん定区では 8 月下旬から始まり，9 月中旬にピークとなった．果実の肥大生長は両区ではほとんど差がなく，可溶性固形物含量にも差は認められなかった（第 26 表）．ハウス内の気温の変化は第 36 図に示すとおりである．

第 26 表 せん定および無せん定の新梢上における成熟果実の大きさ，重量および糖度

処理区	果実縦径(cm)	果実横径(cm)	果実重量(g)	可溶性固形物含量(%)
対照区	11.5	8.3	415.0	15.5
せん定区	12.1	8.6	466.6	14.4

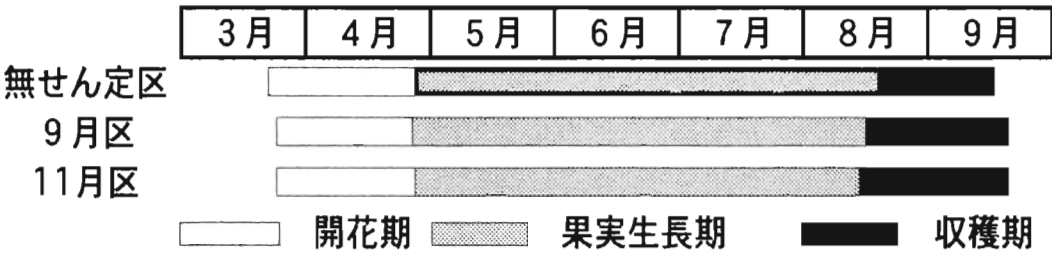


第 36 図 実験期間中のハウス内の気温の変化

実験 2：7 月区では新梢伸長が 3 回起こり，伸長量は約 60cm に達し，その先端に花穂が形成された（第 27 表）．9 月区では新梢の生長は 1 回だけ起こり，約 14cm 伸長し，その頂芽に花穂が形成された．一方，11 月区では新梢の伸長は認められず，せん定部の直下の腋芽から花穂が出現した．花穂はいずれの新梢にも形成されたが，花穂の長さには処理間で差は認められなかった．開花時期も処理間で差がなかった（第 37 図）．

第 27 表 せん定の時期が伸長回数，伸長量，開花時期，花穂長に及ぼす影響

	新梢伸長回数	新梢伸長量(cm)	開花時期	花穂長(cm)
9月せん定区	1	13.5	3/24~4/26	26.1
11月せん定区	0	0	3/23~4/27	26.7
無せん定区	3	58.5	3/21~4/27	28.8



第 37 図 せん定の時期の違いによる開花期，果実生長期，収穫期

両性花の割合は 11 月区で多くなる傾向が見られた（第 28 表）．果実の収穫期間（第 37 図），果実の大きさおよび重量，可溶性固形物含量には処理間の差がなかった（第 28 表）．

第 27 表 せん定時期が花性の割合（％）に及ぼす影響

	両性花	雄花	奇形花
9月せん定区	24	45	31
11月せん定区	45	38	17
無せん定区	31	55	14

第 28 表 せん定時期が果実の大きさと重量および糖度に及ぼす影響

	横径(cm)	縦径(cm)	重量(g)	糖度 (%)
9月せん定区	7.9	11.8	429	16.8
11月せん定区	7.5	11.7	434	16.0
無せん定区	7.7	12.0	414	16.2

第 2 節 冬季からの切り戻しせん定が結果枝形成に及ぼす影響

材料および方法

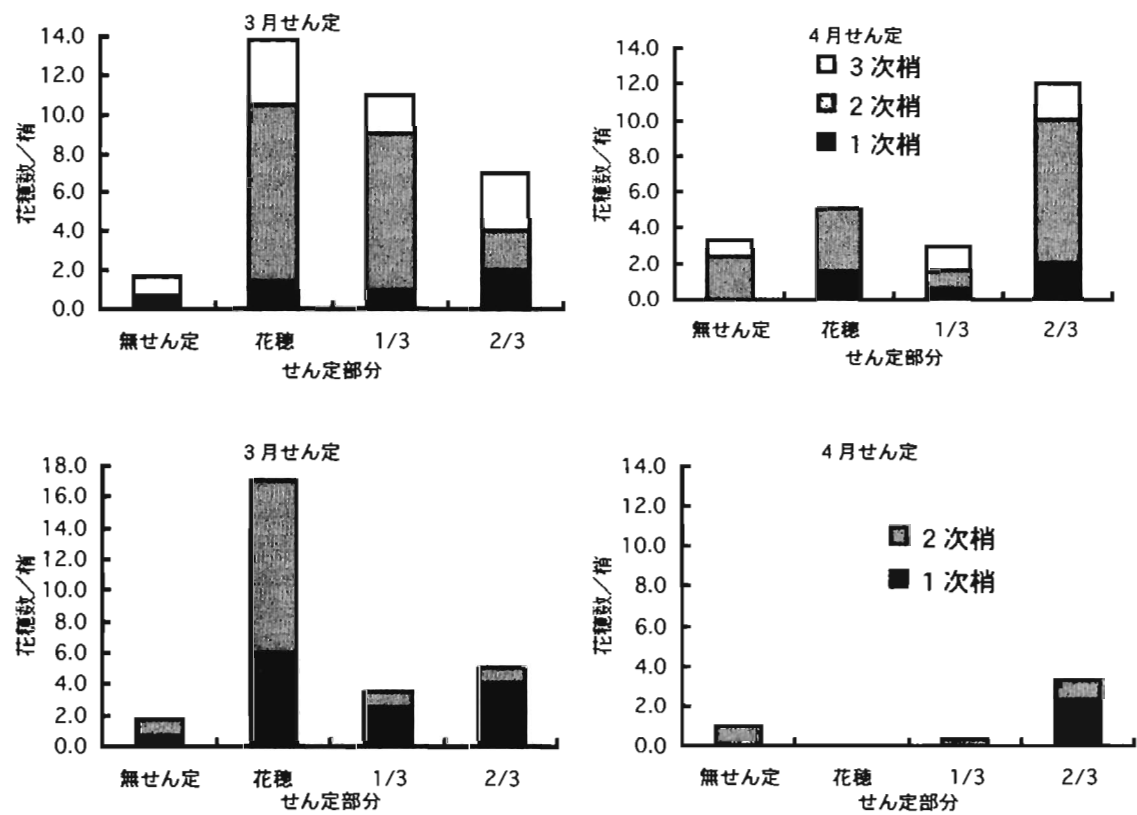
実験 1：第 1 節と同様に成木の‘アーウィン’樹を供試した。1997 年の 3 月 7 日と 4 月 7 日に、頂生花穂が出現した 3 次伸長および 2 次伸長した新梢を無作為に選んだ。両日とも、それらの新梢の頂生花穂を切除、先端梢の先端部 1/3 および 2/3 を切除する 3 つのせん定処理区（それぞれ花穂区、1/3 区、2/3 区）と無処理（無せん定）区を設けた。なお、いずれの新梢とも先端梢の長さは約 20cm であった。各処理区とも 6 本ずつの新梢を用いた。処理後は、それらの新梢の各梢における腋生の花穂および新梢発生数、それら花穂および新梢の発生に要する日数を調査した。さらに、各花穂の満開時にその長さを測定し、さらに雄花と両性花の数を調査してその割合を算出した。1 月から 5 月下旬まで、ハウス内の日最高および日最低気温を計測した。

実験 2：実験 1 と同様のハウス内において栽培されている‘アーウィン’樹を供試した。1997 年の 12 月から翌年の 4 月まで、1 ヶ月ごとに 3 次伸長を行った充実した新梢を 5 本ずつ選び、せん定処理を行った。せん定処理は 12 月 15 日、1 月 16 日、2 月 16 日、3 月 17 日、4 月 16 日に、実験 3 と同様にして行った。対照区として無処理の新梢を供試した。処理後は新梢の各梢から発生してくる花穂数と新梢数を調査した。発生した花穂数については開花開始および終了時期、生理的落果後の着果数、果実収穫日を調査した。果実は赤色が発現した時期に収穫し、その重量、横径および縦径を測定したのち 25℃下で 4～5 日間追熟させ、果汁中の可溶性固形物含量を測定した。

結 果

実験 1：2 次伸長した新梢における 4 月せん定の 1/3 区を除いて、いずれのせん定

処理をした新梢においても腋生花穂が形成された（第 38 図）．その花穂数は 3 次伸長した新梢のせん定により 2 次伸長した新梢をせん定したものよりも多くなった． 2 次伸長した新梢においては 3 月せん定区において多くの腋生花穂が形成された． 3 次伸長



第 38 図 せん定時期と程度および新梢の種類（上： 3 次伸長新梢，下： 2 次伸長新梢）が各梢の腋生花穂形成に及ぼす影響

した新梢へのせん定では，せん定の程度に関わりなく， 1 次梢や 3 次梢に比べて 2 次梢に多くの花穂が形成された．両タイプの新梢ともに，腋生花穂の形成は 4 月せん定よりも 3 月せん定区においてより多くなった． 3 次伸長した新梢では， 3 月せん定区に比べて 4 月せん定区ではそれら花穂形成数の減少はあまり大きくなかったが， 2 次伸長した新梢における 4 月せん定区ではその形成数が著しく減少した．せん定の程度は花穂の形成にあまり影響を及ぼさなかった．

本実験におけるせん定処理は、花穂の形成を誘起すると同時に腋芽において新梢の形成をも誘起した（第 29 表）。これらの新梢数は、いずれのタイプの新梢とも、3 月せん定区に比べ 4 月せん定区で多くなった。いずれの処理区においても、新梢は先端梢において多く形成され、1 次梢には全く形成されなかった。

第 29 表 せん定時期と程度および新梢の種類が腋生の新梢発生数に及ぼす影響

新梢の 種類	腋芽の 位置	せん定部分							
		3 月 7 日せん定				4 月 7 日せん定			
		無せん定	花穂	1/3	2/3	無せん定	花穂	1/3	2/3
3 次新梢	3 次梢	0.0	1.3	3.0	0.0	0.0	4.5	2.0	1.0
	2 次梢	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0	1.5	0.0
	1 次梢	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 次新梢	2 次梢	0.0	0.0	3.0	1.8	0.0	3.3	3.3	2.0
	1 次梢	0.0	0.0	1.3	0.8	0.0	1.0	1.0	3.0

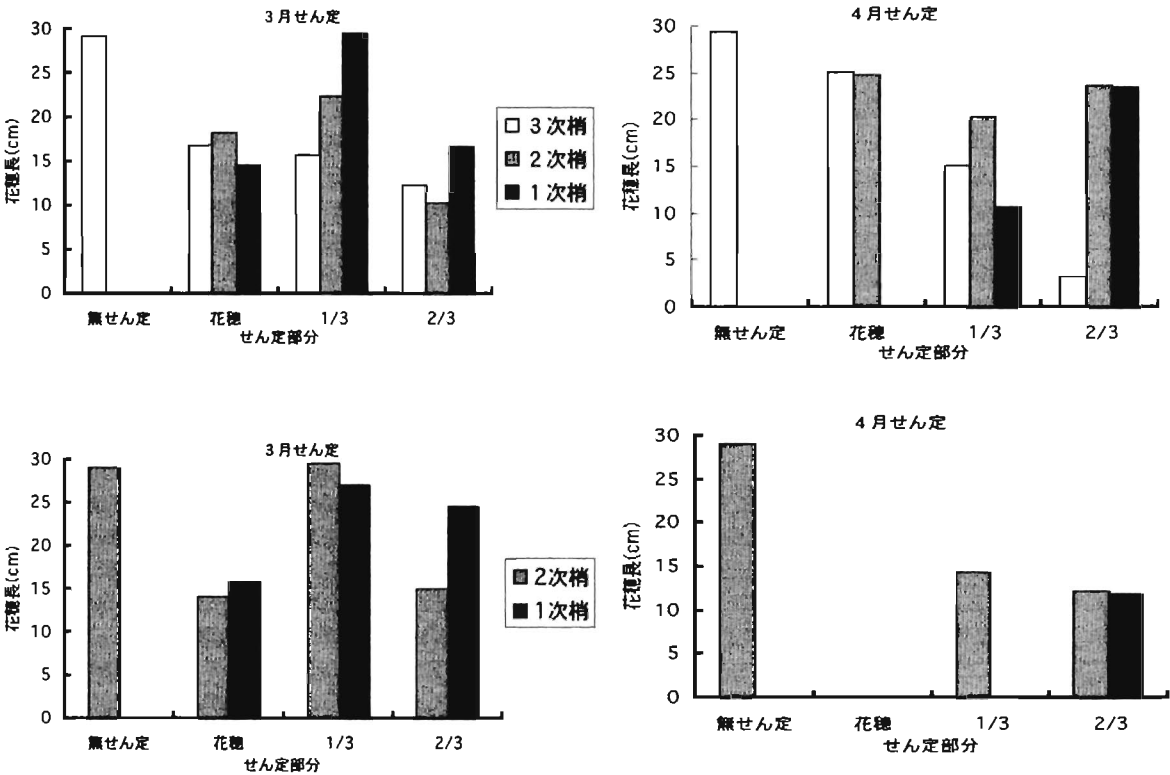
3 月せん定処理では 4 月せん定処理に比べて、腋生花穂の出現までに 20～30 日ほどより多くの日数を必要とした（第 30 表）。その結果、両せん定区における花穂は 4 月中旬から下旬にかけてほとんど同じ時期に出現した。なお、この時期は頂生花穂の開花する時期と一致した。腋生花穂の開花は両せん定区ともに 5 月下旬から始まった。腋生新梢の発現も花穂の発現と同じ傾向を示した。

第 30 表 せん定の時期と程度および新梢の種類が腋生花穂の発現に要する日数に及ぼす影響

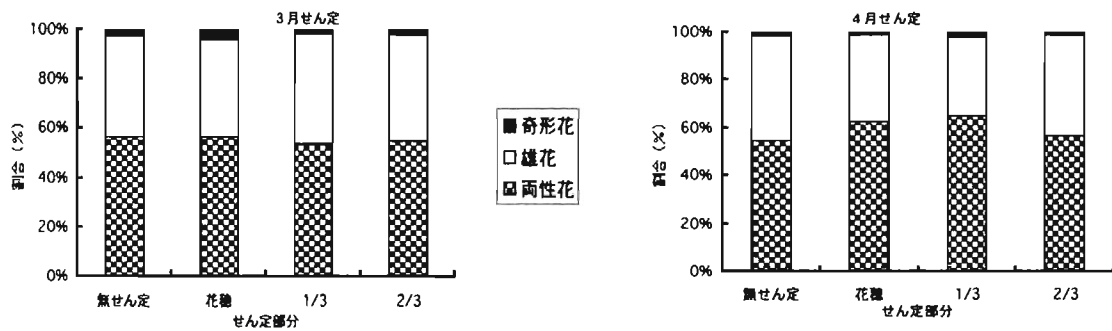
新梢の 種類	腋芽の 位置	せん定部分							
		3 月 7 日せん定				4 月 7 日せん定			
		無せん定	花穂	1/3	2/3	無せん定	花穂	1/3	2/3
3 次新梢	3 次梢	－	43.3	36.0	43.0	－	－	21.0	27.3
	2 次梢	－	34.8	34.0	43.0	13.4	16.9	19.0	12.9
	1 次梢	43.0	45.3	36.0	46.5	－	14.3	19.0	15.5
2 次新梢	2 次梢	－	46.8	41.3	41.0	－	－	19.0	22.0
	1 次梢	38.3	43.0	41.6	37.8	－	－	－	16.5

腋生花穂の長さは頂生花穂の長さよりも短くなる傾向が見られたが、せん定の時期や程度の影響はほとんど見られなかった（第 39 図）．腋生花穂における満開期の花性の割合には処理の影響が全く見られず、これらの花穂の両性花の割合は 55～60 %で、頂生花穂における両性花の割合とほとんど同じであった（第 40 図）．いずれの腋生花穂にも果実が着果し、正常に生長した．

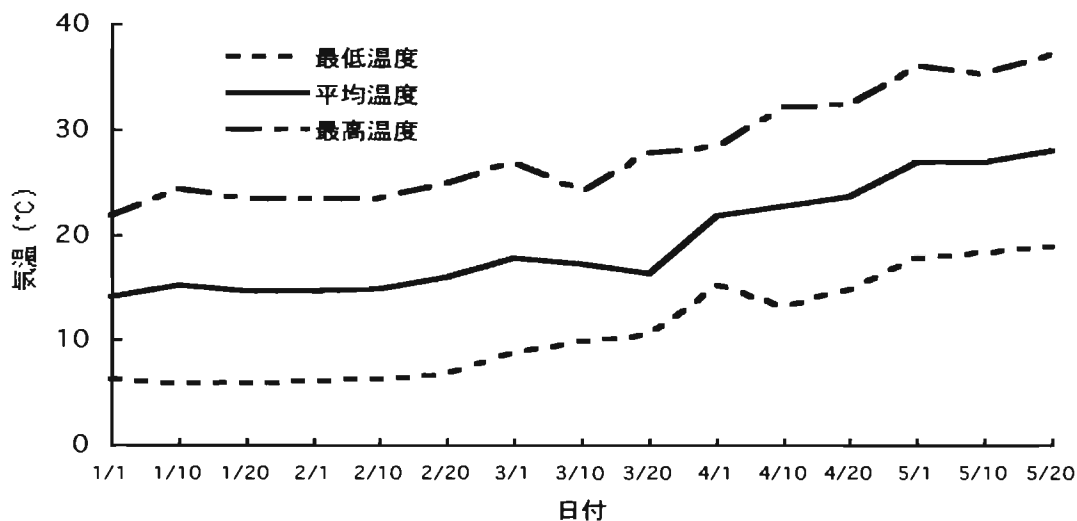
本実験に供試したマンゴー樹は 1 月から最低気温約 8～10℃，平均気温約 15℃の低温に遭遇してきた（第 41 図）．3 月のせん定処理後もこのような低温が約 20 日間続いた．しかし、4 月になるとハウス内の気温は上昇し、剪定後の平均気温は約 20℃となり、最高気温は 25℃を越えるようになった．



第 39 図 せん定の時期と程度および新梢の種類（上：3 次伸長新梢，下：2 次伸長新梢）が花穂長に及ぼす影響

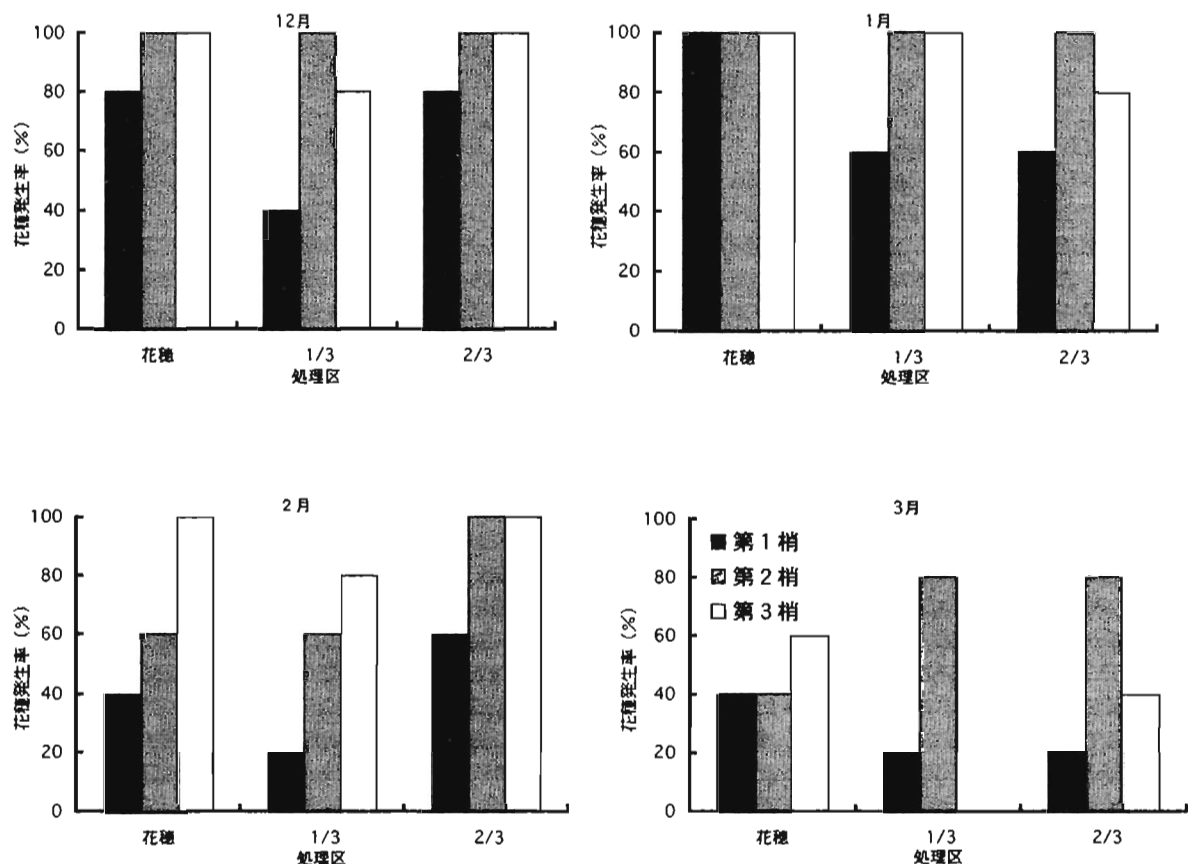


第 40 図 せん定の時期と程度が満開期における花性の割合に及ぼす影響



第 41 図 ハウス内の気温の変化

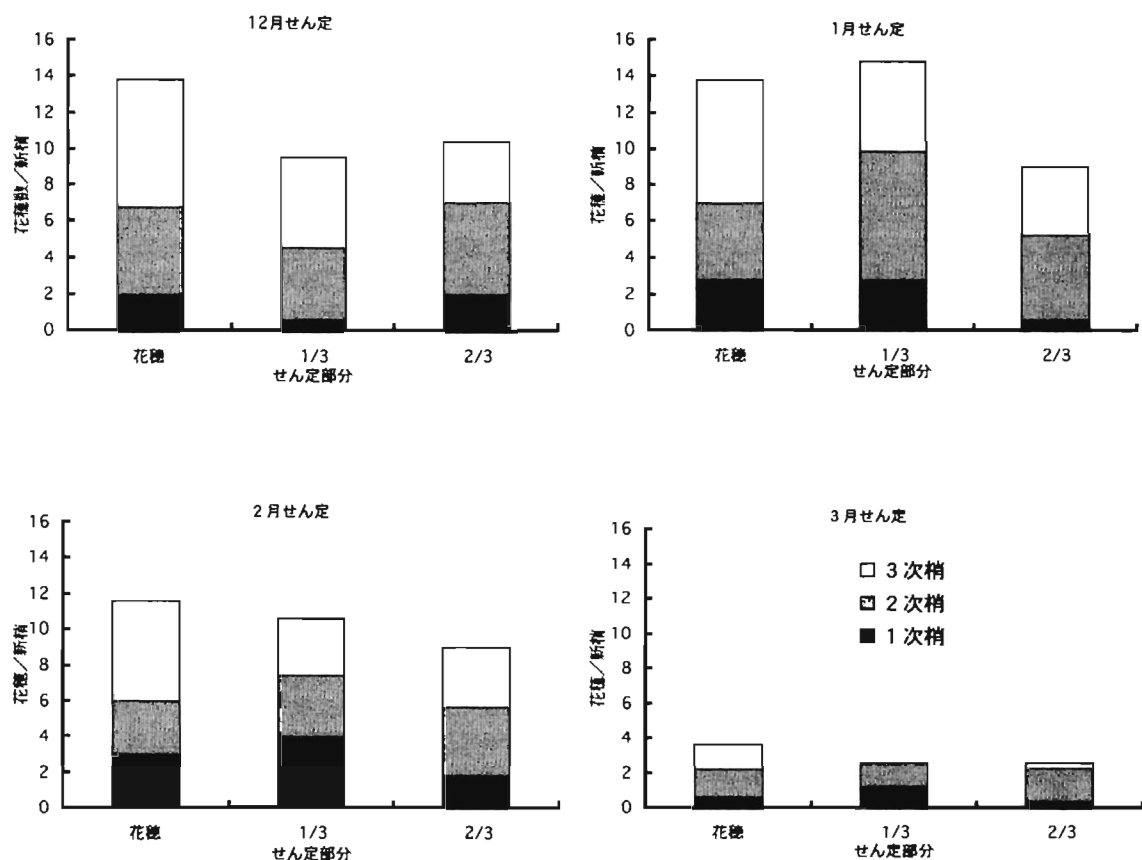
実験 2 : 腋生花穂の発生率は 12 , 1 月せん定区ですぐれ, 2 月せん定区ではやや減少し, 3 月せん定区では減少の度合いが増加し, 4 月せん定区では花穂は全く形成されなかった (第 42 図) . 発生率はいずれの時期のせん定区においても 1 次梢に比べて 2 , 3 次梢ですぐれ, せん定の程度は発生率に影響を及ぼさなかった. 12 月および 1 月せん定区では 1 次梢においても花穂の発生率は良好であったが, 2 , 3 月せん定区ではそれらは減少した. 12 , 1 月せん定区における 2 , 3 次梢では 80 % 以上の新梢に花穂が形成された.



第42図 セン定の時期と程度が各梢の腋生花穂の発生率に及ぼす影響

花穂数は12, 1, 2月セン定区で多くなり, 3月セン定区では著しく減少した(第43図)。いずれの時期のセン定区においても1次梢に比べて2, 3次梢において花穂数が多くなった。セン定の程度は花穂数にほとんど影響を及ぼさなかった。腋生の新梢数はセン定時期が遅くなるほど増加した(第31表)。新梢数はいずれの時期のセン定区においても3次梢で多くなる傾向が見られ, 1次梢には全く新梢が形成されなかった。

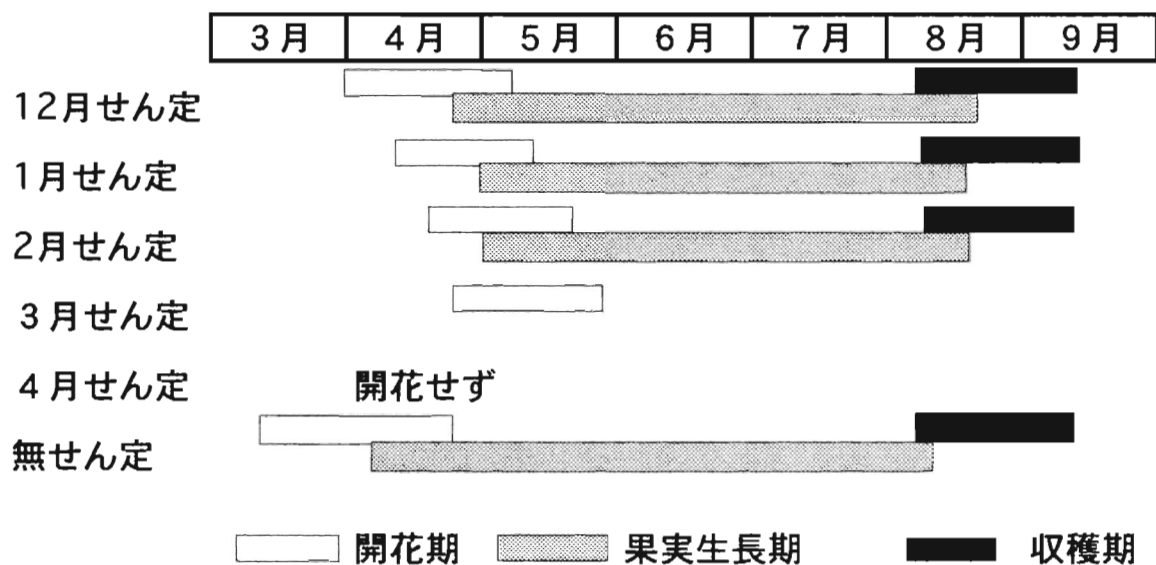
腋生花穂の開花開始時期はセン定の程度の影響を受けず, セン定時期が遅くなるほど遅くなった(第44図)。頂生花穂(対照区)の開花は3月中旬から始まり, 4月下旬まで続いた。12月セン定区における開花時期は4月上旬から5月上旬まで, 3月セン定区の開花時期は4月下旬から5月下旬までであった。12, 2月セン定区では両性花



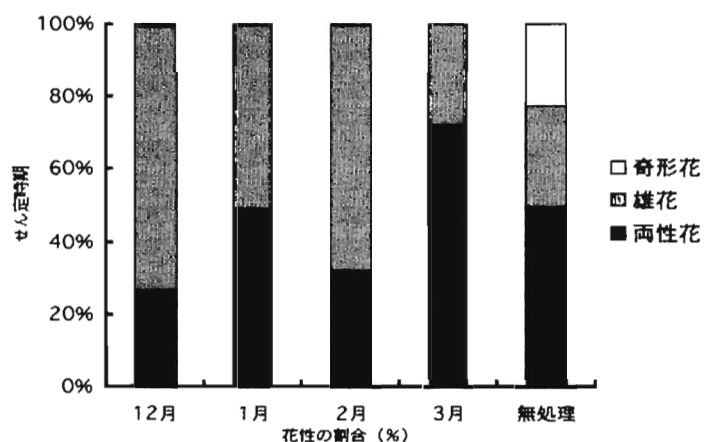
第 43 図 セン定時期と程度が花穂形成に及ぼす影響

第 31 表 セン定の時期が各梢の腋生の新梢発生数に及ぼす影響

セン定部分		セン定時期				
		12月	1月	2月	3月	4月
花穂	1次梢	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2次梢	0.0	0.0	0.2	1.0	0.0
	3次梢	0.0	0.4	0.0	2.8	4.0
1/3	1次梢	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
	2次梢	0.0	0.8	2.8	1.2	1.0
	3次梢	0.6	0.0	1.4	2.8	4.8
2/3	1次梢	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2次梢	0.8	0.6	0.2	1.2	1.6
	3次梢	0.2	0.2	0.0	2.4	3.6



第 44 図 せん定時期の違いによる開花期，果実生長期，収穫期



第 45 図 せん定時期が満開期の花性の割合に及ぼす影響

の割合が他の時期のせん定区に比べて低くなり， 3 月せん定区ではそれが高くなった（第 45 図）． 12， 1， 2 月せん定区では腋生花穂に着果したが， 3 月せん定区では着果しなかった． 着果数および収穫数はせん定時期の影響を受けず， いずれの区においてもせん定の程度が軽いほど多くなる傾向が見られた（第 32 表）． 収穫数は結果枝当たり 1～3 個であった． 果実収穫期間， 果実の大きさ， 果実重， 可溶性固形物含量はせ

ん定時期の影響をほとんど受けなかった（第 44 図，第 33 表）。

第 32 表 せん定時期と程度が着果数と収穫数に及ぼす影響

		着果数			収穫数		
	せん定時期	12月	1月	2月	12月	1月	2月
せん定 部分	花穂	4.4	3.3	4.0	2.0	1.3	3.0
	1/3	2.3	2.6	2.5	1.7	1.8	2.0
	2/3	2.3	2.4	1.5	2.0	1.5	1.0

第 33 表 せん定時期が果実収穫期間，果実の大きさおよび重量，糖度に及ぼす影響

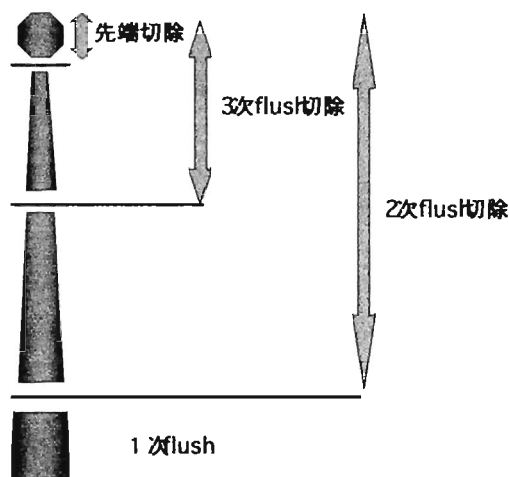
せん定時期	収穫期間	果実横径(cm)	果実縦径(cm)	果実重(g)	糖度 (%)
12月	8/11～9/12	7.5	11.7	376	15.7
1月	8/14～9/18	7.7	11.5	410	16.6
2月	8/10～9/5	7.3	11.1	345	14.8

第 4 節 切り戻しせん定の長さが結果枝形成に及ぼす影響

材料および方法

近畿大学付属農場でハウス栽培されている 9 年生マンゴー ‘Irwin’ 樹を供試した。前年中に 3 ～ 4 回 flush 伸長した新梢を無作為に選び、第 46 図および第 34 表に示すようなせん定時期と長さを組み合わせて処理を行った。すなわち 1998 年 12 月 27 日に先端部付近(先端より 2.1 cm)および、先端より 3 次 flush 部位(13.6 cm)までを除去する区、同様に 1999 年 1 月 22 日には先端部位(2.2 cm)、3 次 flush 部位(27.6 cm)、2 次 flush 部位(43.9 cm)、2 月 22 日には先端部位(1.6 cm)、3 次 flush 部位(19.1 cm)、2 次 flush 部位(30.8 cm)を除去する区を設け、各処理区ともそれぞれ無作為に選んだ 5 本ずつの新梢を供試した。対照区としてせん定を行わない区を設けた。

せん定後は、各処理区においてその枝の腋芽で形成される花芽分化の観察、flush 部位ごとに萌芽した腋芽数、出現した花穂数と開花時期を調査した。生理的落果終了後、1 花房に 1 ～ 2 個の果実が着生するように摘果を行った。果実は赤色が発現したものを収穫し、横径・縦径及び果実重を測定した。この後、25℃で 5 日間追熟させ、果実の赤道部の果汁中糖含量を屈折糖度計によって測定した。



第 46 図 せん定における切除部位

第 34 表 せん定時における切除部位とその長さ

せん定時期	切除部位	枝長 (cm)	切除した部位まで の長さ(cm)	残された葉数 (枝当たり)
12 月	先端	47.0	2.1	29.8
	3 次 flush	44.8	13.6	19.8
1 月	先端	54.4	2.2	35.0
	3 次 flush	62.1	27.6	17.4
	2 次 flush	61.5	43.9	5.8
2 月	先端	40.0	1.6	27.6
	3 次 flush	53.2	19.1	20.0
	2 次 flush	47.5	30.8	9.0
対照区		54.2	—	37.2

結 果

いずれの切り戻しせん定処理区においても花穂が形成された（第 35 表）。せん定処理を行うと残された最上位での花穂形成数が多くなり、それより以下の部位における花穂数は少なくなったが、対照区のものよりは多くなる傾向を示した。対照区においても頂芽以下の節位で花穂を形成する新梢がみられたが、その割合はせん定処理に比べると少なかった。新梢 1 本に対する総花穂数は、12 月に先端部、3 次 flush 部位を除去し

た区および 1 月に先端部を除去した区において多くなった。2 月せん定区は 12 月せん定区に比べると花穂形成数が減少する傾向がみられた。1 月に 3 次 flush 部位および 2 次 flush 部位を切除した区では対照区よりも花穂数が少なくなった。

第 35 表 せん定処理が新梢の各フラッシュ部位における花穂形成に及ぼす影響

せん定時期	切除部位	頂芽	3 次 flush	2 次 flush	1 次 flush	計
12 月	先端	-	8.4/8.4	9.2/9.4	0.4/0.4	18.0/18.2
	3 次 flush	-	-	9.2/9.2	3.4/3.6	12.6/12.8
1 月	先端	-	5.2/7.8	3.6/6.0	2.6/2.8	11.4/16.6
	3 次 flush	-	-	2.4/7.3	0.9/4.1	3.3/11.4
	2 次 flush	-	-	-	3.0/5.0	3.0/5.0
2 月	先端	-	4.8/7.6	1.2/3.2	0/0	6.0/10.8
	3 次 flush	-	-	7.0/9.3	2.0/2.7	9.0/12.0
	2 次 flush	-	-	-	5.0/7.3	5.0/7.3
対照区		3.1/3.1	0.5/1.0	0/0	0.2/0.5	3.8/4.6

表中の数字はフラッシュ部位における平均花穂数／新梢数を表す

開花時期は、せん定を行わなかった対照区では全ての剪定処理区より早くなった。いっぽう、2 月せん定処理区では 12 月および 1 月処理区に比べ開花開始、満開時期が遅くなった。先端除去処理区、3 次 flush 除去処理区、2 次 flush 除去処理区における開花開始期に一定の傾向は見られなかった。開花開始期では、せん定処理区において開花が早い区と遅い区では最大 19 日の区間差があったが、開花終了期の区間差は 12 日であった（データ示さず）。

全収穫果実数は 12 月に先端部位を除去した区で 8 個と最多になった（第 36 表）。2 月処理区の収穫果実数は他の処理区と比べて少なくなり、2 月に先端部位を除去した区では収穫ができなかった。1、2 月せん定区では対照区に比べて収穫数が減少した。市場価値の高い 300g 以上の果実は 12 月の先端除去処理区で 4 個と最も多くなり、次いで 12 月 3 次 flush 除去処理区が 3 個だった。1 月 3 次 flush 除去処理区、2 月先端除去処理区では 300g 以上の収穫果実は 0 個だった。300g 以上の収穫果実数を月別に見ると、12 月せん定した区は 7 個で対照区と比べて多くなった。1、2 月は 2 個で、対照区と同じであった。

平均果実重は、収穫果実の無かった 2 月先端除去処理区を除いて 2 月の 2 次 flush 除去処理区が 354.9g と最も重く、1 月 3 次 flush 除去処理区では、238.9 g で最も軽くなった。果汁中の糖含量は、1 月の 2 次 flush 除去処理区が 18.5 % と最も高く、1 月 3 次 flush 除去処理区が 14.9 % で最も低い値となったが、せん定処理による一定の傾向は見られなかった。

第 36 表 各せん定処理区における収穫果実数、果実重、大果数、糖度

せん定時期	切除部位	収穫果実数	果実重(g)	300g 以上果実数	糖度(%)
12 月	先端	8	288.5	4	16.35
	3 次 flush	6	312.9	3	15.94
1 月	先端	3	257.3	1	17.1
	3 次 flush	1	238.9	0	14.9
	2 次 flush	2	269.8	1	18.45
2 月	先端	0	0	0	0
	3 次 flush	2	309	1	17.98
	2 次 flush	2	354.9	1	16.33
対照区		6.3	253.1	2	16.36

第 3 節 考 察

マンゴーは頂生花芽であるため、結実確保の観点から切り戻しせん定はこれまであまり行われてこなかった。さらに、花芽形成では頂芽優勢が強いため腋生の花穂が形成されることも稀であるとされてきた。しかし、品種によっては腋生の花穂形成能力が備わっていることが観察されており(Singh and Singh, 1956)、頂生花穂の除去や軽いせん定は腋生花芽を形成することが報告されている(Shu and Sheen, 1987)。インドでは不良環境下で形成された頂生の花(果)穂を除去することによって腋生花穂を形成させ、好適な時期に開花を迎えようとする試みがなされている(Kulkarni and Rameshwar, 1989)。本章における‘アーウィン’マンゴーにおいても新梢を切り戻しせん定すると花芽形成が確認された。

湯浅農場におけるハウス内のマンゴー樹では、主に、生理的落果後と収穫後に新梢が生長する。第 1 節の実験 1 では、生理的落下後に発生した新梢と収穫直後にせん定をして発生させた新梢のいずれにも花穂が形成された。しかしながら、生理的落下後に発生した新梢では高温が続いたため、新梢生長が盛んになり 2 回以上のフラッシュがみられた。いっぽう、収穫直後に発生させた新梢では、気温が徐々に低下したため新梢はあまり生長しなかったと考えられる。マンゴーの花芽分化には 15℃以下の低温が効果的であると言われているが(Whiley ら 1989)、本研究を行った南紀では冬季にこのような低温が得られるため、これら両新梢の頂芽での花芽分化は正常に行われた。しかし、その分化開始時期や発達の程度は両者で多少異なった。生理的落果後に発生した新梢に

においては、収穫後に発生した新梢よりも花芽分化が早く開始され、開花時期も早くなった。マンゴーでは低温で花芽分化が誘起されるためには新梢が一定の齢に達しなければ低温による花芽分化の誘起は起こらない。Nunez and Davenport (1995) は低温に反応して花芽分化するための葉齢は7週間以上でなければならないことを報告している。実験1における両者の花芽分化時期の違いは新梢の発生時期の違いによる齢が関与していると考えられた。両新梢ともに着果が見られ、果実の収穫時期や品質にはほとんど差異が見られず、収穫後に発生した短い新梢も品質のすぐれた果実を形成することのできる結果枝となることが明らかにされた。これらの結果は、収穫後のせん定により発生させた新梢がより短い結果枝となることを示しており、マンゴーのハウス栽培では、できるだけ遅い時期に新梢を発生させ、それを結果枝として利用することが樹体をコンパクトに保つための1つの手段であると考えられた。

第1節実験2では切り戻しせん定の時期を変え、その後発生してくる新梢上での花芽分化と着果について調査した。7月にせん定を行うとフラッシュの回数が増加して新梢は生長をつづけたが、9月のせん定では新梢のフラッシュは1回だけであり、11月せん定では新梢は発生しなかった。しかし、いずれの新梢にも翌年花穂が形成されたが、7月と9月せん定後の新梢では頂芽に、11月せん定の新梢では切り戻した直下の腋芽で花穂が形成された。マンゴーは本来頂生花芽といわれており、これまでの栽培では切り戻しせん定はほとんど行われていない。しかし、Kulkarni and Rameshwar (1989) や Reece ら(1946, 1949)は、マンゴーは腋生の花芽を形成する能力を持っていることを明らかにし、その利用方法について検討を行っている。実験2では‘アーウィン’マンゴーにおいても新梢が全く生長しないまま腋生花穂の形成が認められ、結果枝の長さは9月せん定後に伸長した結果枝よりも短くなった。この結果は、腋芽から確実に花穂を発生させることができれば、切り戻しせん定が可能になり、樹形をよりコンパクトにすることができる可能性を示すものである。本実験では、腋生花穂と頂生花穂における花性、着果、果実品質にはほとんど差が見られず、‘アーウィンマンゴー’において腋生花穂が果実生産に十分に利用できることが示唆された。

第1節の実験結果から、新梢の再生長を防いで、腋生の花穂を形成させるためには気温の低い時期のせん定が有効であることが示された。第2節と第3節の実験では12月から2月にかけてせん定を行うと花穂が確実に形成され、3月になると花穂形成が減少し、気温が上昇する4月には花穂の形成が困難になることが明らかになった。マンゴーの花芽形成は冷涼な温度で促進され、高温では抑制される（Nunez-Elisea・Davenport, 1994, 1995, ; Nunez-Elisea ら, 1996）。12月から3月までは樹

体は 20℃以下の温度条件下で生育しており、4 月になるとハウス内の温度は 20℃以上になり、最高気温は 30℃にも達する。このような高温下では花芽形成力が弱められ、葉芽が多く形成されると考えられる。Shu and Sheen (1987)は花芽分化がどれほど続くかは新梢の生理的な状態によって異なりことを報告している。本研究結果では、早期にせん定してせん定後の温度条件が低く、さらにその期間が長いほど、腋芽における花芽分化がより促進されることが明らかになった。

3 次生長した新梢と 2 次生長した新梢での腋芽の花芽形成能力を比較すると、3 次生長した新梢で花穂がより多く形成された。3 次生長はより早い時期からより旺盛に生長した結果であり、せん定後の花芽誘起はこのような勢いのある新梢においてより促進されることが示された。Scholefield ら(1986)はマンゴーでは新梢の齢が古いほど花成能力が高くなることを報告しているが、アーウィンマンゴーにおける腋芽での花芽形成には新梢生長の強さが関与していることが示唆された。

3 次生長した新梢ではせん定による 3 次生長した部位の長さを変えても新梢全体での花穂形成にはほとんど影響を及ぼさなかった。しかし、第 2 および 3 節の実験では、腋生花穂数は新梢の先端部においてより多くなり、基部に向かうにつれて減少する傾向が見られた。第 3 節では、せん定による切除部位を長くするほど残された新梢に形成される花穂数は減少した。これらの結果は、新梢の基部では低温に対する感受性が低いのかもしくは花芽分化をする能力が低いことを示唆している。

本章のいずれの実験においても、切り戻しせん定をした新梢における腋生花穂の開花は頂生花穂に比べて遅くなった。しかし、12 月、1 月、2 月にせん定して得られた花穂には着果がみられ、それらの果実の肥大生長、収穫時期、品質は頂生花穂に着果した果実のものとほとんど差異がなかった。このことから、‘アーウィン’マンゴーでは、冬季の低温時に切り戻しせん定を行うことによって腋生花穂が形成になったことから、短い結果枝を形成できる可能性が示された。本実験の結果から、勢いの強い新梢を選び、その先端部を切除すると花穂の形成が確実に示された。しかしながら、先端部だけの切除では結果枝をあまり短くすることはできず、また、切除する部位を長くすると花穂の形成が少なくなる危険性も示された。

本研究では、‘アーウィン’マンゴーのハウス栽培に適したコンパクトな樹体を維持できるような結果枝形成の手段を見いだすために行われた。南紀地方では冬季低温になり、マンゴーの花芽分化に好適な温度条件が得られる。この冬季の低温とせん定をうまく組み合わせることがマンゴーのハウス栽培技術の確立に非常に有効であると考えられた。

第5節 摘 要

‘アーウィン’ マンゴーにおいて、短い結果枝を形成することを目的に新梢の種類、せん定時期、せん定の長さを組み合わせた処理が腋生の花芽分化に及ぼす影響を調査し、以下のような結果が得られた。

1. 生理的落果後の7月と収穫後の9および11月に切り戻しせん定処理を行うと、7月せん定では新梢生長が繰り返され、その後頂芽において花芽が形成された。9月せん定では1回生長が再開された後、頂芽で花芽形成が起こった。いっぽう、11月せん定では新梢生長は起こらず、その腋芽で花芽分化が行われた。
2. 冬季から春季にかけてのせん定処理が腋芽での花芽分化に及ぼす影響を調査した。12月から2月にかけて気温が低い時期のせん定処理は花芽分化を促進させた。しかし、気温が上昇する時期の3月と4月のせん定では花芽分化能力が減少し、特に、気温が20℃以上になる4月にはせん定による腋芽での花芽分化が困難になった。なお、冬季のせん定の花芽分化は新梢の先端部に近いほど盛んで、基部に近づくほど減少した。
3. 冬季にせん定の時期と長さを変えてせん定を行った。その結果、せん定の時期は腋芽での花芽分化にあまり影響を及ぼさなかった。しかし、先せん定する長さが長くなり、新梢のより基部の部分が残されるようになると形成される花芽数が少なくなった。
4. 上記のいずれの実験においても腋生の花穂は正常に発達して着果した。その果実は頂芽由来の果実とほとんど品質的に変わりなく、せん定を導入することによって短い結果枝が形成される可能性が示された。

第5章 総合考察

わが国におけるマンゴー栽培では主に‘アーウィン’が用いられている。沖縄では開花期の病害防止対策のために雨よけハウス内で、宮崎や和歌山県では寒害防止のために加温できる施設栽培下で栽培されている。このようなマンゴー栽培を経済的に成り立たせるには、果実生産を確実にすることが重要であるが、さらに輸入果実との競合を考慮に入れると、より商品価値が高い高品質の果実を生産しなければならない。このためには施設栽培条件下における‘アーウィン’マンゴーの特性を解明して、わが国の環境条件にあった果実生産技術を確立する必要がある。

マンゴーでは花穂に千個以上の小花を着生するが、非常に結実率が低いため着果する果実はわずかに2～3個である。この原因としては花性分化、受粉・受精、胚の初期生長などに問題があるとされている。わが国では秋季から冬季の低温によって花芽分化が起こり、気温の上昇や加温によって花器形成が進行して開花に至るため、開花前の温度が花性分化に影響を及ぼす1つの要因と考えられる。しかし、本研究では、温度は‘アーウィン’マンゴーの両性花と雄花の形成割合にほとんど影響を及ぼさないことが明らかになった。さらに、この時期の水ストレスの影響についても検討したところ、樹体に強い水ストレスが与えられると花穂の生長が著しく抑制された。このような生長抑制は結実不良の原因となる可能性が高く、花芽分化後はかん水を十分行い、花穂の生長を促す必要性が示された。施設栽培では雨水による灌水は期待できないため、マンゴー栽培では開花前には温度管理よりもかん水管理が重要であることが示唆された。

訪花昆虫はマンゴーの受粉・受精を促進させるために結実確保に役立つと考えられる。本研究においてもミツバチを開花中に放飼するとより多くの花で受粉が観察された。しかしながら、初期着果率や収穫果実数はミツバチ受粉区と無受粉区との間に差がみられなかった。この結果は、ミツバチ受粉は結実率を高める効果がないことを示唆するものである。しかしながら、受粉区では多くの果実に種子が形成されたのに対して、無受粉区ではすべてが無種子果実となった。このことは‘アーウィン’マンゴーが高い無種子果実形成能力を持っており、その能力がミツバチ受粉による結実率向上作用をなくしたと考えられる。ミツバチ受粉区における有種子果実の生長は非常に優れたが、無受粉区における無種子果実の生長は劣った。これらのことから、ミツバチ受粉は、胚の形成と成長を促進させることにより果実生長を促進させるため、収量を増加させるための有効な手段であり、積極的に利用すべきであると考えられた。

マンゴーでは、大果ほど商品価値が高いため、果実生長を促進させる方法は経済栽培を有利に導く。ジベレリンやホルクロルフェニユロンなどの生長調節物質は数種の温帯果樹の果実肥大を促進させるために利用されている。本研究においても、ジベレリンと

ホルクロルフェニユロンの混合処理は果実肥大を促進させ、特に、商品価値の高い大果生産に役立つことが示された。‘アーウィン’ マンゴーでは、成熟しても小果で市場性のない無種子果実が多く着果する現象がみられる。生長調節物質はこのような果実の生長を促進したが、有種子果実の大きさにまで生長を促進させることはできなかった。しかしながら、その生長促進効果は無種子果実の市場性のある程度高めることができ、ジベレリンやホルクロルフェニユロンのような生長調節物質の利用はマンゴーの経済栽培に有利であることが示唆された。

しかしながら、このような生長調節物質の効果は生理的落果後の処理によって認められ、開花終了後では効果があまりなく、開花中の処理では異常花が発生する危険性が示された。本研究では、開花前や開花中の生長調節物質の処理が花性分化に影響を及ぼすことが明らかにされている。特に、ジベレリンは両性花の形成を著しく阻害するため、その利用は時期を誤ると結実が減少する危険性がある。‘アーウィン’ マンゴーは開花期間が 1 ヶ月間にも及ぶが、果実生産を安定させるためには、生長調節物質は開花終了後から利用することが望まれる。さらに、生長調節物質は処理を繰り返すほど果実生長促進効果が大きくなった。しかし、そのような処理は果実の品質を低下させる原因にもなった。生長調節物質の利用については品質の良い大果ができるだけ多く生産されるような処理時期や回数を考慮しなければならない。

摘果は‘アーウィン’ マンゴー果実の市場性を高めた。摘果の程度を強くすると商品価値の高い大果が多く生産されたが、生産量が減少した。一方、無摘果の樹では生産量が多くなるものの、商品価値のない小果が多く生産された。本研究では、果実の大きさに違いが出てくる時期から、小果を優先的にある程度摘果してゆくと生産量を余り減少させないで、出荷価格を高めることができた。摘果はその程度を調節することによって‘アーウィン’ マンゴーの収益性を高めることができると考えられた。

成熟した‘アーウィン’ マンゴー果実にはアントシアニン、カロチノイド、クロロフィルが存在していた。特に、アントシアニン生成による赤色の発現は果実の商品価値を決定づける要因であり、できるだけ鮮やかな赤色を発現させることが市場性を高める。アントシアニン形成には光量や光質が大きく影響するが、本研究においては光量が赤色発現に影響を及ぼしていることが明らかにされた。幼果期から遮光を行うとアントシアニンの形成が抑制され、成熟期近くの遮光は着色にほとんど影響を及ぼさなかった。さらに、強光下に比べて弱光下では赤色発現が減少した。また、強光下では紫外線を除去しても、紫外線が当たっている果実と同じ程度の赤色が発現したことから、マンゴーではアントシアニン形成に紫外線が必ずしも必要でないことが示された。これらの結果は、マンゴーの赤色発現には強い光を幼果期から当てる必要があることを示唆している。マンゴーはハウス栽培されており、ハウスの被覆資材によって光量や光質が変化する。で

きるだけ透過率の良い被覆資材を使用することが‘アーウィン’マンゴー果実の着色促進に有利と考えられた。しかしながら、紫外線が照射されないと果実の糖含量が減少し、果実品質向上には紫外線もある程度必要なことが示唆された。

ハウス栽培されているマンゴーは年間に3回ほどフラッシュを行い、新梢は1m以上になることがある。果実は新梢の先端部に形成される。しかし、このように長い結果枝では次第に果実の重みで下垂し、果実が地面と接触するようになる。結果枝がこのようなになると果実の発育が悪くなったり、光条件が悪くなって着色が不良になることが多い。そこで一般には玉つり作業と呼ばれる誘引によって果実を樹冠上部にまで引き上げる作業を行う。また、長い結果枝が多くなると、樹間が狭まり、葉散などの作業も困難になったり、ハウスの天井まで新梢が到達するおそれもある。このような観点から、ハウス栽培では短い結果枝を多く形成して、結実の確保を図ることが望まれる。本研究では冬季に切り戻しせん定を行うと腋芽において花芽分化することを明らかにした。腋芽での花芽形成が可能になれば、新梢を切り戻しせん定によって短い結果枝を形成することができる。

本研究においては、勢いの強い新梢を冬季にせん定すると確実に花穂が形成された。花穂の形成程度は、外気温が低い冬季に短く切り戻すと強くなり、外気温が上昇する時期やせん定を強く行うと弱くなった。これはマンゴーの花芽分化に温度と新梢の部位が関与していることを示している。新梢では基部に近づくほど花芽形成しにくくなると考えられるが、本研究結果から、冬季の低温が得られるところではある程度まで切り戻しても花芽分化が起こることも示唆された。このようなことから、アーウィンマンゴーのハウス栽培ではせん定をうまく利用することによって、樹体をコンパクトにして、果実生産を安定させながら、種々の作業効率を上げたり、果実周辺部の光環境を改善することが可能であることを明らかにした。わが国ではマンゴーの花芽分化に有利な低温を容易に得ることができる。本研究における上述の結果から、この低温をうまく利用する温度管理がマンゴーのハウス栽培における収益性を上げると考えられた。

引用文献

- Anderson, D.L., M. Sedgley, J.R.T. Short and A.J. Allwood 1982 Insect pollination of mango in northern Australia. *Aust. J. Agric. Res.* 33:541-548.
- Arakawa, O., Y. Hori and R. Ogata. 1985. Relative effectiveness and interaction of ultraviolet-B, red and blue light in anthocyanin synthesis of apple fruit. *Physiol. Plant.* 64:323-327.
- 荒川修. 1988. リンゴ数品種の着色特性：袋掛け及び光質の違いが成熟段階におけるアントシアニン生成の変化に及ぼす影響. *園学雑.* 57:373-380.
- Arima, Y., K. Oshima and K. Shudo 1995. Evolution of a novel urea-type cytokinins: Horticultural uses of forchlorfenuron. *Acta Hort.* 394:75-83. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120:997-1000.
- Badr, S.A. and H.I. Hartman. 1971. Effect of fluctuating vs. constant temperature on flower induction and sex expression in the olive (*Olea europaea*). *Physiol. Plant.* 24:40-50.
- Barone, E., G. Gullo, R. Zappia and G. Inglese 1994. Effect of crop load on fruit ripening and olive oil (*Olea europaea* L.) quality. *J. Hort. Science* 69:67-73.
- Bealing F.J. and M.H. Harun. 1985. Inflorescence abortion and sex determination in oil palm. *PORIM Bulletin* 18. Malaysia
- Chada, K.L. and K.K. Singh 1963. Studies of fruit drop in mango. I. Fruit set, its retention and factors affecting it. *Indian J. Hort.* 20:172-185.
- Chaikiattiyos, S., M. Dasanonda, W. Pongsomboon and P. Anupunt 1997. Floral sex expression of Khieo Sawoei and Nam Dok Mai mangoes grown in tropical and subtropical climates in Thailand. *Acta Hort.* 455:202-208.
- Chakraborty, D.K., M.S. Sadhu and T.K. Bose. 1981. Studies on sex expression in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Prog. Hort.* 13:1-3.
- Chalmers, D.J. and J.D. Faragher. 1977. Regulation of anthocyanin synthesis in apple skin. I. Composition of effects of cycloheximide, ultraviolet light, wounding and maturity. *Aust. J. Plant Physiol.* 4:111-121.
- Chacko, E.K., R.N. Singh and R.B. Kachru 1970. Gibberellin-like substances in developing fruits of the mango. *J. Hort. Sci.* 45:371-378.
- Chacko, E. K., Kohli, R. R. and Randhawa, G. S., 1974. Investigation on the use of (2-chloroethyl) phosphonic acid (Ethephon, CEPA) for the control biennial bearing in mango. *Scientia Horticulturae*, 2:389-398.
- Chacko, E.K., Y.T.N. Reddy and T.V. Ananthanarayanan. 1982 Studies on the relationship between leaf number and area and fruit development in mango (*Mangifera indica* L.). *J. Hort. Sci.*

57:483-492.

- Chen, W.S. 1983. Cytokinins of the developing mango fruit. *Plant Physiol.* 71:356-361.
- Creasy, L.L., E.C. Maxie and C.O. Chichester 1965. Anthocyanin production in strawberry leaf disks. *Phytochemistry* 4:517-521.
- Curry, E.A. and D.W. Greene 1993. CPPU influences fruit quality, fruit set, return bloom, and preharvest drop of apples. *HortScience* 28:115-119.
- Downs, R.J., Siegelman, H.W., Butler, W.L. and Hendricks, S.B. 1965. Photoperceptive pigments for anthocyanin synthesis in apple skin. *Nature* 205:909-910.
- Free, J.B. and I.H. Williams 1976 Insect pollination of *Anacardium occidentale* L., *Mangifera indica* L., *Blighia sapida* Koenig and *Persea americana* Mill. *Trop. Agric. (Trinidad)* 53:125-139.
- Goldwin, G.K. and W.W. Schwabe 1975 Parthenocarpic fruit in Cox's Orange Pippin apples, obtained without hormones. *J. Hort. Sci.* 50:175-178.
- Hayashi, F., D.R. Boerner, C.E. Peterson and H.M. Sell 1971. The relative content of gibberellin in seedlings gynoecious and monoecious cucumber (*Cucumis sativus*) *phytochemistry* 10:57-62.
- Hayata, Y., Y. Niimi and N. Iwasaki 1995. Synthetic cytokinin- 1-(2-chloro-4-pyridyl)-3-phenylurea (CPPU)- promoters fruit set and induces parthenocarp in watermelon.
- Inglese, P., G. Barbera, T. La Mantia and S. Portolano 1995 Crop production, growth, and ultimate size of cactus pear fruit following fruit thinning. *HortScience* 30(2):227-230.
- Iwahori, S., S. Tominaga and T. Yamasaki 1988. Stimulation of fruit growth of kiwifruit, *Actinidia chinensis* Planch., by N-(2-chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea, a diphenylurea-derivative cytokinin. *Sci. Hort.* 35:109-115.
- Jiron, L.F. and I. Headstrom 1985 Pollination ecology of mango (*Mangifera indica* L.) (*Anacardiaceae*) in the neotropic region. *Turrialba* 35:269-277.
- Johnson, R.S. and D.F. Handley. 1989 Thinning response of early, mid-, and late season peaches. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114:852-855.
- Kaps, M.L. and G.A. Cahoon. 1989 Berry thinning and cluster thinning influence vegetative growth, yield, fruit composition, and net photosynthesis of 'Seyval blanc' grapes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114:20-24.
- 北島 宣・大下義武・中野幹夫・石田雅士 1993 カキ '富有' の結果母枝、主枝および樹体における単為結果性と果実品質 園学雑 62 : 505-512.
- Kliewer, W.M. and Lider, L.A. 1968. Influence of cluster exposure to the sun on the composition of Thompson Seedless fruit. *Am. J. Enol. Vitic.* 19: 175-18.

- 久保康隆・平智・石尾慎史. 1988. 西南暖地におけるリンゴ数種の着色ー特にアントシアニン生成と PAL 活性、エチレン生成との関連についてー. 園学雑. 57:191-199.
- Kulkarni,V.J. and Rameshwar,A. 1989. Effect of deblossoming and defruiting on off season flowering and fruiting in mango (*Mangifera indica* L.) Scientia Horticulturae, 39:143-148.
- Lakshminarayana,S. and P.H.Aguilar 1975 Effect of orchard heating in reducing parthenocarpic fruits in 'Haden mango' . Proc. Fla. State Hort.Sci. 88:502-505.
- Lange,A.H. 1960. Factors affecting sex changes in the flowers of *Carica papaya* L.. Proc.Americ.Soc.Hort.Sci. 77:252-265.
- Lahav,E., A.Korkin and G.Adar 1989 Thinning stage influences fruit size and yield of kiwifruit. HortScience 24:438-440.
- Maiti,S.C. 1973. Effect of gibberellic acid sprays on sex expression of mango. Science and Culture 39:150-151.
- Majumder,P.K. and S.K.Mukherjee 1961. Studies on the variability of sex-expression in mango (*Mangifera indica* L.). Indian J.Hort. 18:12-19.
- Mallik,P.C. 1957 Morphology and biology of the mango flower. Indian J.Hort. 14:1-23.
- Mallik,P.S., R.K.Sahay and D.L.Singh. 1959. Effect of hormones on the sex ratio in the mango. Current Sci. 28:410.
- Mancinelli,A.L. 1985. Light-dependent anthocyanin synthesis: a model system for the study of plant morphogenesis. Bot.Rev. 51:107-157.
- Menzel,C.M. and D.R.Simpson. 1991. Effects of temperature and leaf water stress on panicle and flower development of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). J.Hort.Sci. 66:335-344.
- Monselise,S.P. and E.E.Goldschmidt. 1982 Alternative bearing in fruit trees. Hort.Rev. 4:128-174.
- Moore,J.N. 1970. Cytokinin-induced sex conversion in male clones of *Vitis* species. J.Amer.Hort. Sci. 95:387-393.
- Mukherjee,S.K. 1953 The mangoーits botany, cultivation, uses and future in India. Econ.Bot. 1:130-162.
- Mustard,M.J.1959. Megagametophytes of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). Proc. Americ. Soc. Hort. Sci. 75:292-304.
- 中山 包 1965. リンゴ果実の発色生理と遺伝 生物化学 17 : 64-68.
- Negi,S.S. and H.P.Olmo. 1966. Sex conversion in a male *Vitis vinifera* L. by a kinin. Science 152:1624-1625.
- Nickell,L.G. 1985. New plant growth regulator increases grape size. Proc .Plant Growth Regulat.

Soc. Amer. 12:1-7.

- 野呂昭司・工藤仁郎・橘和丘陽. 1989. リンゴの黄色品種の有袋果と無袋果における糖質と有機酸の相違、並びにそのアントシアニン色素の生成に及ぼす影響. 園学雑. 58 : 17~24.
- Nunez-Elisea, R. and Davenport, T.L. 1995. Effect of leaf age, duration of cool temperature treatment, and photoperiod on bud dormancy release and floral initiation in mango. *Scientia Horticulturae*, 62:63-73.
- Nunez-Elisea, R. and Davenport, T. L., 1994. Flowering of mango trees in containers as influenced by seasonal temperature and water stress. *Scientia Horticulturae*, 58:57-66.
- Nunez-Elisea, R., Davenport, T. L. and Caldeira, M. L., 1996. Control of bud morphogenesis in mango (*Mangifera indica* L.) by girdling, defoliation and temperature modification. *J. Hort. Sci.*, 71:25-39.
- 大谷俊二 1985. 紅葉の化学 化学と生物 23 : 701~708.
- Rams, S., S.C.Sirohi and V.S.Rathore 1983. Naturally occurring cytokinins in mango fruit. *Aust. J. Plant Physiol.* 10:65-73.
- Reece, P.C., Furr, J.R. and Cooper, W.C. 1946. The inhibition effect of the terminal bud on flower formation in the axillary buds of Haden mango. *American Journal of Botany* 33:209-210.
- Reece, P. C., Furr, J. R. and Cooper, W.C. 1949. Further studies of floral induction in the Harden mango (*Mangifera indica*). *Amer. J. Bot.*, 36:734-740.
- Retamales, J., F.Bangerth, T.Cooper and R.Callejas 1995. Effects of CPPU and GA₃ on fruit quality of Sultana table grape. *Acta Hort.* 394:149-157.
- Reynolds, A.G., D.A.Wardle, C.Zurowski and N.E.Looney 1992. Phenylureas CPPU and tidiazuron affect yield components, fruit composition, and storage potential of four seedless grape selections. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.* 117:85-89.
- 佐々木勝昭・竹林晃男・宇都宮直樹 1998. アーウィンマンゴーにおける着果と果実の肥大成長に及ぼすミツバチ受粉の効果 熱帯農業 42 : 159-162.
- Schaffer, B., A.W.Whiley and J.H.Crane 1994. Mango. In: Schaffer, B. and P.C.Anderson (eds) *Handbook of environmental Physiology of fruit Crops, Vol.II, Subtropical and Tropical Crops*. CRC Press, Boca Raton, Florida. pp.165-197.
- 下郡嘉勝・吉倉幸博・恒吉隆 1994 マンゴーにおける花粉媒介昆虫類の利用効果 園学雑 63 別 1 : 638.
- 趙梁軍・白石真一・若菜章 1991 キウイフルーツ(*Actinidia chinensis* planch.)の有核果及びホルモンで誘起した無核果の生育 九大農芸誌 46 : 39-49.
- Scholefield, P.B., Oag, D.R. and Sedgley, M. 1986. The relationship between vegetative and

- reproductive development in the mango in Northern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 37:425-433.
- Shu,Z.H. and Sheen,T.F. 1987. Floral induction in axillary buds of mango (*Mangifera indica* L.) as affected by temperature. *Sci. Horti.*31:81-87.
- Singh,L.B. and Singh,R.N. 1956. Floral induction I axillary buds of mango shoots. *Proceeding of American Society for Horticultural Science*, 68:265-269.
- Singh,R. and K.S.Arora 1965 Some factors affecting fruit drop in mango (*Mangifera indica* L.). *Indian J. Agric.Sci.* 35:196-205.
- Singh,Z. and Dhillon, B.S. 1987. Effect of foliar application of boron on vegetative and panicle growth, sex expression, fruit retention and physiochemical characters of fruits of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Dusehri. *Trop.Agric.* 64:305-308.
- Singh,R.N., P.K.Majumder and D.K.Sharma 1966. Sex-expression in mango (*Mangifera indica* Spencer,J.L. and W.C.Kennard. 1955. Studies on mango (*Mangifera indica* L.) fruit set in Puerto Rico. *Trop.Agric. Trin.* 32:323-330.
- 菅 洋 1980. 高等植物における花の性分化のホルモン支配 植物の化学調節 15 : 79-89.
- 杉浦 明 1992. カキの雌雄性分化とその制御に関する研究 科学研究費成果報告書
- Sukhvibul,N., A.W.Whiley, M.K.Smith, S.E.Hetherington and Vithanage 1999. Effect of temoerature on inflorescence development and sex expression of mono- and poly-embryonic mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *J.Hort. Sci. and Biotech.* 74:64-68.
- 高木敏彦・向井啓雄・池田竜司・鈴木鉄男 1994 寒害によって生じたピワの種子枯死果の果実肥大に及ぼすジベレリンならびにホルクロルフエニユロンの処理効果 園学雑 62 : 733-738.
- 高野浩・常松定信 1992. イチゴとよのかの果実着色促進に関する研究 (第1報) 果実着色における温度と光の強さの影響. 園学雑. 61 別2 : 446-447.
- 苦名孝・宇都宮直樹・片岡郁雄. 1979. 樹上果実の成熟に及ぼす温度環境の影響 (第2報) ブドウ巨峰果実の着色に及ぼす樹体及び果実の環境温度の影響. 園学雑. 48:261-266.
- Utsunomiya,N., K.Sasaki and H.Tamura. 1996. Coloration and light importance for anthocyanin development of cv. Irwin mango fruit. *Proc.Inter.Con.on Tropical Fruits vol.2* 149-154.
- 宇都宮直樹・山田寿・片岡郁雄・苦名孝. 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. 51:135-141.
- Vithanage,V. 1990 The role of the European honeybee (*Apis mellifera* L.) in avocado pollination. *J.Hort.Sci.* 65:81-86.

- Weinberger, J.H. and F.P. Cullinan. 1932 Further studies on the relation between leaf area and size of fruit, chemical composition, and fruit bud formation I Elberta peach. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 29:23-27.
- Whiley, A.W., Rasmussen, T.S., Saranah, J.B. and Wolstenholme, B.N. 1989. Effect of temperature on growth, dry matter production and starch accumulation in ten mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *J. Hort. Sci.* 64:753-765.
- 山下研介・舟川友幸・中野剛 1992 ハウスマンゴーの開花結実に関する 1, 2 の知見
園学雑 61 別 2 : 152-153.
- 四方康範 1991. カキの雌雄性に関する研究 ―特にサイトカイニンによる雌雄性の誘導― 京都大学修士論文

謝 辞

本論文をまとめるにあたり、懇切なる指導を賜り、校閲の労を執られた近畿大学農学部 宇都宮直樹教授、奥村俊勝教授、杉本毅教授に対して深謝の意を表します。

また、今は故人となりました京都大学名誉教授 苫名孝先生、ならびに近畿大学名誉教授 吉田保治先生には、本研究を遂行するにあたって、絶えず暖かい励ましとご指導を賜りました。両先生に心から感謝の意を表すとともに、謹んでご冥福をお祈り申し上げます。

さらに、近畿大学教授・附属農場長 竹林晃男先生、前近畿大学生物理工学部教授 井上宏先生、近畿大学生物理工学部 伊東卓爾助教授には多大なるご協力とご指導、ご助言をいただき、心よりお礼申し上げます。

和歌山県でのマンゴーのハウス栽培は初めての試みであり、多くの方々の激励とご助言をいただきました。本研究を行うにあたり、惜しみない援助と協力を賜った近畿大学附属農場教職員の皆様、近畿大学農学部園芸学研究室の皆様、元農学科農場専攻の皆様、に心より感謝の意を表します。

総 摘 要

‘アーウィン’ マンゴーのハウス栽培における果実生産の安定と品質を向上させる栽培技術の改良を目的として、花性分化、結実と果実生長、着色、せん定による結果枝形成に関する研究を行った。

1. ‘アーウィン’ マンゴーの花穂には千個以上の小花が形成され、そのうちの約 60% は両性花であった。両性花は花穂先端部において多く形成された。鉢植えの ‘アーウィン’ 樹を開花前から 20℃ および 30℃ に制御されたガラス室で生育させ、花性分化を調査したところ、高温区では、低温区に比べて開花時期が早くなり、開花期間が短くなった。しかし、両性花と雄花の割合は処理間で差がなく、温度は花性分化に影響を及ぼさなかった。さらに、開花前から、隔日、1 週間および 2 週間ごとにかん水する処理区を設け、それらの処理が花性分化に及ぼす影響を調査した。その結果、2 週間間隔で灌水を行い強い水ストレスを与えると、花穂の形成や生長が抑制され、両性花の形成も抑制された。

成木の ‘アーウィン’ 樹において開花前から花穂に数種類の生長調節物質を処理し、花性分化に及ぼす影響を調査した。比較的高濃度の GA_3 は、小花分化が十分に行われていない時期に処理すると、両性花の形成を著しく抑制した。しかし、分化が進んだ小花にはそのような効果がみられなかった。BA とウニコナゾールは開花後期に両性花の形成を促進した。エスレルは花性分化に影響を及ぼさなかった。これらの結果から、マンゴーでは GA_3 は雌ずいの発達を抑制し、BA とウニコナゾールはその発達を促進させること推察された。

2. 結実と着果をより促進させることを目的として、ミツバチ受粉による結実の効果、CPPU と GA_3 を用いた果実成長促進、摘果が果実生長と収益性に及ぼす効果を調査した。開花期にミツバチ受粉を行った花穂では柱頭への花粉の付着率は良好で、花粉管も子房内に侵入していた。しかし、受粉遮断区では花粉が付着した柱頭はほとんど観察されなかった。ミツバチ受粉区と受粉遮断区との間に初期着果率と収穫果数にほとんど差は見られず、受粉の有無と着果との間には直接的な関係がないことが示された。ミツバチ受粉区では有胚率および種子形成率が優れ、果実重が著しく優れた。このことから、ミツバチ受粉は果実肥大の優れる有種子果を形成して、収量を増加させることが示された。

満開期から 10ppm および 20ppm CPPU + 100ppm GA_3 の混合液を花穂へ 2 回処理すると奇形果が発生し、全ての果実は落果した。開花終了直後の花穂への同様の処理は果実の生長に影響を及ぼさず、糖度を低下させた。10ppm CPPU + 100ppm GA_3 を生理的落果終了後の果穂に散布すると果実肥大が促進されたが、その効果は 2 回より

も4回散布処理ですぐれた。4回散布処理では、有胚果実と無胚果実の重量が増加するとともに無胚果実の着果が促進されたため、収量が増加した。収穫された果実を重量別に分類したところ、400g以上の有胚果実の占める割合は4回散布区では60%、2回散布区では45%、無処理区では25%であった。4回散布処理は200g以上の無胚果の割合を増加させたが、400g以上にまで肥大させることはできなかった。散布回数が増加すると果実の成熟が遅れ、有胚果実では糖含量が減少する傾向が見られた。

着果数を1/2に摘果する区と無摘果区の果実重と収量を比較調査したところ、1/2摘果区では収穫果実数が減少することによって収量が減少したが、果実生長が促進されたため減少の程度はあまり大きくならなかった。両区における収益性はほぼ同じ程度と推察された。摘果の程度を着果数の1/3と1/4程度にする区を設けると、両摘果区とも、無摘果区に比べて、収量がやや減少したが、商品価値の高い300g以上の果実が多く生産されたため出荷価格は高くなった。このことから、アーウィンマンゴーでは適正な摘果によって収益性が高まることが示唆された。

3. 果実における着色様式と種々の遮光処理および紫外線除去フィルムが着色におよぼす影響を調べた。

成熟果実の着色にはアントシアニン、カロチノイド、クロロフィルが関与し、光の良く当たる果梗部でアントシアニン含量が多くなり、赤色発現も良好になった。カロチノイドは果実のすべての部位に存在し、黄色を発現したが、アントシアニンが生成された部位では黄色の発現がみられなかった。クロロフィルは成熟果実では果頂部にわずかに残る程度であった。

果実生長初期から肥大中期までの約2ヶ月間、黒紙もしくは新聞紙で果実を遮光処理すると、アントシアニン含量が減少したが、特に、黒紙区での抑制の程度が著しかった。一方、カロチノイド含量は遮光処理の影響をほとんど受けなかった。クロロフィルは果頂部においてわずかに認められ、黒紙区でやや高くなった。収穫前に新聞紙で果実を2週間および4週間遮光処理すると、アントシアニン含量は4週間処理によって著しく低下したが、2週間処理では低下しなかった。一方、カロチノイド含量は遮光処理の影響をほとんど受けなかった。

果実の生長初期から成熟期前まで、果実を遮光する時期と期間を変える処理区を設けたところ、果実発育初期から遮光処理をすると、その期間にかかわらず、アントシアニン含量が減少した。また、発育中期からの長期間の遮光処理も赤色発現を強く抑制した。しかし、同じ時期からの短期間処理はアントシアニン含量をあまり低下させなかった。さらに、発育後期からの短期間の遮光処理は着色にほとんど影響を及ぼさなかった。果実肥大中期に遮光処理をした果実では、果梗部においてカロチノイド含量が増加する傾向が見られた。いずれの遮光処理も果頂部のクロロフィルを増加させた。

果実肥大中期から紫外線除去フィルムで果実を覆い、無処理の果実との着色を比較した。このフィルムは 310~400nm 紫外光部をほとんど遮断し、220~300nm および 360~480nm の光域においても透過量を著しく減少させた。しかしながら、同程度の可視光線量下では、このフィルムによる被覆は果実の着色にほとんど影響を及ぼさなかった。果実は照度が高くなると、紫外線量とは関係なく、果梗部の赤色発現が良好になり、果皮全体の色調が優れた。フィルムを被覆した果実では対照区に比べて果汁中の可溶性固形物含量が低下した。

4. 短い結果枝を形成することを目的に新梢の種類、せん定時期、せん定の長さを組み合わせた処理を行った。生理的落果後の 7 月と収穫後の 9 および 11 月に切り戻しせん定処理を行うと、7 月せん定では新梢生長が繰り返され、その後頂芽において花芽が形成された。9 月せん定では 1 回生長が再開された後、頂芽で花芽形成が起こった。いっぽう、11 月せん定では新梢生長は起こらず、その腋芽で花芽分化が行われた。冬季から春季にかけてのせん定処理を行ったところ、12 月から 2 月にかけて気温が低い時期のせん定処理は花芽分化を促進させた。しかし、気温が上昇する時期の 3 月と 4 月のせん定では花芽分化能力が減少し、気温が 20℃以上になる 4 月にはせん定による腋芽での花芽分化が困難になった。なお、冬季のせん定の花芽分化は新梢の先端部に近いほど盛んで、基部に近づくほど減少した。冬季にせん定の時期と切除する長さを変えたところ、せん定の時期は腋芽での花芽分化にあまり影響を及ぼさなかった。しかし、先せん定する長さが長くなり、新梢のより基部の部分が残されるようになると形成される花芽数が少なくなった。これらの腋生花穂は正常に発達して着果し、その果実は頂芽由来の果実とほとんど品質的に変わりなかったことから、せん定を導入することによって短い結果枝が形成される可能性が示された。

Summary

For improvement of practices concerned with fruit production and quality, sex expression, fruit set and fruit growth, fruit coloration and formation of short bearing shoots were studied in cv. Irwin mango grown under plastic house conditions.

The ratio of bisexual flowers in a panicle was about 60%, and more bisexual flowers were observed at the distal portion. The proportion of perfect flowers was little different between the plants grown at 20 C and 30 C. Water stress caused by irrigation at two week intervals slightly lowered the proportion of perfect flowers through inhibiting the growth of panicle. Both irrigations at every other day and every week little affected the sex expression. Sex ratio was affected by plant bioregulators. GA₃ at 50ppm applied to the undifferentiated panicles decreased the number of perfect flowers. On the other hand, application of 1000ppm BA when floral organs had differentiated in the panicle increased the number of perfect flowers. These results suggest that gibberellins inhibit the formation of pistils and cytokinins promote it.

The effects of honeybee pollination, application of combined solution of CPPU and GA₃, and fruit thinning on fruit set and fruit growth was investigated.

In the honeybee pollination plot, pollen grains adhered onto the stigma surface in many flowers and some of them extended tubes into ovaries, while few flowers were pollinated in the plot free from honeybees. However, differences in the initial fruit set as well as number of harvested fruits between the treatments were not conspicuous. Pollination itself presumably is not directly related to the fruit set of 'Irwin' mango. Honeybee pollination promoted embryo or seed formation. In the panicles free from honeybees, all the harvested fruits were seedless and smaller than the seeded fruits obtained by honeybee pollination. These results suggest that honeybees as a pollinator increase the yield through the production of a larger number of seeded fruits with a larger size.

Twice applications of 10ppm or 20ppmCPPU plus 100ppm GA₃ to whole panicles from full bloom stage caused abnormal fruit growth and finally brought about no fruit set. The same treatments from the end of flowering time had little effect on fruit growth and decreased TSS in the fruit. Spraying 10ppm CPPU plus 100ppm GA₃ to panicles twice and 4 times from the end of physiological fruit drop stage promoted fruit growth. The effect was more prominent at 4 times applications than twice ones. Total yield per tree increased because of increase in average weights of both seeded and seedless fruits and increased number of harvested seedless fruits at 4 applications. The ratio of bigger seeded fruit of more than 400g was about 60% of the harvested fruits at 4 applications, followed by nearly 45% at 2 applications and about 25% at control.

Spraying the solution 4 times increased the ratio of seedless fruits of more than 200g but did not produce any seedless fruits of more than 400g. More applications of the solution to panicles tended to delay the fruit maturity as well as to decrease sugar content in ripened fruit. These results indicate that the combined applications of 10ppm CPPU plus 100ppm GA₃ from the early stage of fruit growth, which promote fruit enlargement, has a potential to increase the commercial value of 'Irwin' mango fruits, and at the same time the treatment may decrease the ripened fruit quality.

When half number of fruits were thinned, the yield was decreased by reduction of harvested fruits. However, the thinning increased the fruit weight, which brought comparable shipment price with that of non-thinning. Fruit thinning of 1/4 and 1/3 of all fruits decreased a little yield, but increased the shipment price through more number of big fruits more than 300g. These results indicate that slight fruit thinning has an advantage for increasing shipment price in cv. Irwin mango fruit.

The occurrence of pigments and the effect of bagging on the coloration were investigated. The pigments in the skin of ripe fruit consisted of anthocyanin, carotenoid and chlorophyll. The carotenoid, distributed evenly all portions of the skin, showed yellow ground color. The anthocyanin accumulated more at the stem end portion. When the fruits were bagged for 4 weeks before harvest, the anthocyanin content decreased. However, the red pigment developed well in the skin of fruits bagged for 2 weeks before harvest. Sunlight for more than 2 weeks before harvest seems to be required for red coloration. Bagging from the early stage of fruit development decreased anthocyanin synthesis irrespective of the duration of bagging. Bagging at mid-stage of fruit development also inhibited the occurrence of red coloration. These suggest that light is necessary just after the end of flowering for development of red coloration. The carotenoid was little affected by any light condition.

The effect of ultraviolet cut-off film on the coloration of fruits was investigated to clarify the role of ultraviolet ray on red coloration. The film cut off 310–400nm ray and greatly reduced the dose of transmission of 220–300nm and 360–480nm rays. When fruits were exposed to high light intensity, bagging with ultraviolet cut-off film did not affect the coloration of fruits. High light intensity, more than 10,000 lx, more increased the degree of red coloration compared with low light intensity in both bagged and control fruits. Clear occurrence of red coloration made the fruit skin more vivid. Bagging decreased total soluble solids in the juice of ripened fruit. These results indicate that ultraviolet ray is not necessary for red coloration of 'Irwin' mango fruit, and the coloration of fruit may be improved with high light intensity.

The effect of pruning at different season, with changing the length of pruned portion, on floral induction in axillary buds were investigated to form short bearing shoots. The shoots pruned on

July and September flushed more than one time and flower bud was formed at terminal bud. On the other hand, Pruning on November formed axially flower buds on the shoots. When the shoots were pruned on December ,January and February , during which the temperature was low, increased the flower bud formation at axillary buds, but axillary flower bud formation was difficult by pruning on April because of higher temperature. The ability of flower bud differentiation caused by pruning at winter season was greater at distal portion and less at basal portion on the shoot. The number of axillary panicles decreased with increase of the pruned length. Fruit growth emerged from axillary bud was the same as that of fruit formed at terminal bud.