

ワセウンシュウの隔年結果の防止に有効な最適葉果比

橘 温*・八幡茂木

千葉県農業総合研究センター暖地園芸研究所 294-0014 館山市山本

The Optimum Number of Leaves per Fruit Effective for Control of Alternate Bearing in Wase Satsuma Mandarin

Sunao Tachibana* and Shigeki Yahata

Chiba Prefectural Agriculture Research Center, Southern Prefectural Horticulture Institute, Tateyama, Chiba 294-0014

Summary

Using early ripening satsuma mandarin 'Miyagawa Wase' trees, yearly fluctuations in yields of each of three trees grown under four different conditions were examined for 20 years: 4-23 years old. The trees were planted at a density of 1,250 trees/ha (2.8 m × 2.8 m) in volcanic ash soil. The cultural treatments adopted were (A) no pruning + no fruit thinning; (B) pruning + fruit thinning under no plowing + less fertilization condition; (C) no pruning + no fruit thinning and (D) pruning + fruit thinning under deep plowing + standard fertilization condition. The yields in no pruning + no fruit thinning plots (A and C) and in pruning + fruit thinning plots (B and D) increased while the trees were young although there were some yearly fluctuations. However, marked alternate bearing habits started at the 12th year in A and C plots, and at the 15th year in B and D plots. Using the data obtained from the year when alternate bearing started until the year the experiment finished when the trees were 23 years old, relationships between the number of fruits harvested per unit total leaf area on the tree in a given year and that in the following year were determined for each plot. The regression equation revealed that the number of leaves per fruit (leaf: fruit ratio) to attain the same yield the following year (no alternate bearing) was approximately 35 under the no plowing + less fertilization condition; the leaf: fruit ratio was 50 under the deep plowing + standard fertilization condition. Consequently it was concluded that to ameliorate or prevent the alternate bearing tendency of mature trees in plot B, the crop needs severe fruit thinning to reduce the leaf: fruit ratio to 35. Under plot D, the crop load needs to be decreased by fruit thinning to the leaf: fruit ratio 50. One solution to prevent alternate bearing would be to improve light interception by decreasing the tree density by tree removal. Further more, under plot B, fruit thinning to attain the leaf: fruit ratio of 35, the number of new leaves on spring shoots must be adjusted to the number of flower buds in the following year within a range essential for a high sustained yield.

Key Words: alternate bearing, number of fruits per unit leaf area, number of leaves per fruit, satsuma mandarin.

緒 言

我が国における最近のウンシュウミカンの生産量は、表年の1995年、1997年および1999年がそれぞれ138万t ($21.1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$)、156万t ($25.1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) および145万t ($24.2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$)であるのに、裏年の1996年および1998年がそれぞれ115万t ($18.2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) および119万t ($19.7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$)であった(日本園芸農業協同組合連合会, 平成12年度版 果樹統計, 2000)。これらの統計を踏まえ、丸山(1999)は、近年ウンシュウミカンで隔年結果が強く現れていることを指摘している。

カンキツの隔年結果防止に関する研究は多く、摘らい(串間ら, 1983)や摘果(大垣ら, 1968)、環状はく皮(Agusti et al., 1992; Monselise et al., 1983)、せん定(岩崎・大和田, 1960; Procopiou・El-Gazzar, 1972)、植物生長調節剤処理(串間・波多野, 1984)などと隔年結果との関係が調べられている。しかし、これらの研究の多くは、実験期間が1, 2年と短く、隔年結果の防止にどれだけ有効であるかは明らかでない。また、隔年結果の防止に有効な葉果比も示されていない。

摘果は、隔年結果防止のための最も重要な管理作業の一つで、ワセウンシュウでは葉果比25~30を基準として行われている。しかし、摘果による結実管理の不十分さが、近年における隔年結果の主な要因とされている(果樹試験場カンキツ部, 平成10年度 果樹課題別研究会資料,

2003年3月6日 受付。2003年7月24日 受理。

*Corresponding author. 現在: 千葉県農業総合研究センター 生産技術部, 296-0006 千葉市緑区。

1999). これには、摘果作業が徹底して行われない場合と、摘果基準の値が小さい場合の少なくとも二つが関係している。摘果基準は土壌の肥沃度や樹齢などによって異なってくるが、葉果比を隔年結果の防止と関連させて調査した報告はほとんどない。これは、1樹全体の幼果数あるいは収穫果数、それとともに葉数あるいは葉面積の調査が困難なためであろう。したがって、現在の摘果基準について、葉面積をパラメーターとし、その妥当性を検証することは隔年結果を防止するうえで意義のあることと考えられる。

そこで、本研究ではワセウンシュウを用い、無深耕少肥および深耕標準施肥のもと、無せん定・無摘果およびせん定・摘果の条件下で栽培された樹の収量を20年間(4~23年生)にわたって調査し、その経年変化から隔年結果の様相を明らかにした。そして、隔年結果が著しい樹齢において、着果量(1樹の全葉面積当たり収穫果数)や着花量(1樹の旧葉面積当たり花らい数)などの収量を構成する要因の相互関係を比較し、摘果に際して隔年結果の防止に有効な葉果比について検討した。

材料および方法

実験は、ウンシュウミカンの栽植密度に関する研究(橘ら, 1987)で用いた樹(カラタチ台の‘宮川早生’)の一部を供試し、1967~1988年に行った。供試樹は、1967年3月に2年生の苗木を栽植距離: 2.8 m × 2.8 m(栽植密度: 1,250本・ha⁻¹)で定植し、1969年から結実させた。その後、樹冠が込み合ってきた間伐は行わず栽培を続けた。

実験ほ場は、火山灰のほぼ平坦な埴壌土からなり、その半分は無深耕とし、残りの半分は約0.6 mの深さに深耕した。深耕区の年間施肥量は、千葉県の基準量、すなわちha当たり窒素((NH₄)₂SO₄): 270 kg, リン酸(CaH₄(PO₄)₂): 240 kg およびカリ(KCl): 220 kg とした。無深耕少肥区の施肥量は、深耕標準施肥区の1/2とした。これら両区をそれぞれ2分し、一方は無せん定・無摘果としてほぼ自然状態に放任した。他方は開心自然形とする慣行のせん定と、葉果比35を目安とする少し強めの摘果を行った。各樹、実測した1樹全体の葉数と幼果数から所定の葉果比となるよう必要な果実数を算出し、これに基づいて摘果した。

以上のように、試験区は、(A)無深耕少肥+無せん定・無摘果、(B)無深耕少肥+せん定・摘果、(C)深耕標準施肥+無せん定・無摘果、(D)深耕標準施肥+せん定・摘果の4区とし、各処理区はボーダー樹を含め50樹(10列×5列)からなっている。各処理区の中央付近の3樹を選び、1969~1988年の毎年10月下旬~11月中旬に収量(収穫果数と果重)を調査した。また、5月上旬~6月中旬には花らい数、旧葉数および新葉数を調査した。

葉面積は、毎年3月のせん定時に、供試樹のせん定枝のすべての葉から1枚当たりの重さを算出し、葉重(x, g)と

葉面積(y, cm²)との回帰式 $y=28.17x^{0.8877}$ (平野ら, 1969)により推定した。葉1枚当たりの面積は、樹齢にともなう変化がみられなかったため、各樹齢の平均値を用いた。その値は、無深耕少肥区(AおよびB区)が17.9 cm²、および深耕標準施肥区(CおよびD区)が19.1 cm²であった(橘・中井, 1989a)。1枚当たりの葉面積が無深耕少肥区と深耕標準施肥区において明らかに異なったため、着果量や着花量など収量を構成する要因は、全葉面積当たり収穫果数や旧葉面積当たり花らい数など葉面積を基に表した。ただし、葉面積は、葉1枚当たりの面積と1樹全体の葉数から算出した。また、各要因の相互関係は、隔年結果が著しい樹齢において、一次あるいは二次回帰分析によって検討した。

結 果

1. 樹当たり収量の経年変化

各処理区における4年生から23年生までの平均収量の変化を第1図に示した。A区の収量は、4年生から11年生まで年による変動がみられるものの増加する傾向にあった。しかし、12年生から隔年結果が始まり、14年生以降、表年と裏年が交互に現れる顕著なものとなった。B区の収量は、4年生から14年生まで増加傾向を示した。15年生から隔年結果を示したが、18年生以降の年次変動は小さかった。

CおよびD区は、それぞれAおよびB区と同様に12年生および15年生から隔年結果が現れたが、2年続きの表年や裏年もみられ、その現象は不規則であった。しかし、両区とも18年生以降は表年と裏年が交互にみられた。

2. 当年と翌年の全葉面積当たり収穫果数の関係

第2図は、4~23年生までの調査期間を隔年結果が始まった前と後に分け、各区3樹のデータをこみにして標記の関係を処理区ごとに検討したものである。すなわち、AおよびC区では11年生、またBおよびD区では14年生までを隔年結果の開始前とし、それ以降を開始後とした。ただし、隔年結果の開始前は多くの場合、相関が有意でなかったため図は省略した。後出の第3~5図も同様である。

当年と翌年の全葉面積当たり収穫果数の関係は、A~Dのすべての区で有意な直線関係が認められた($R^2=0.244\sim0.697$, $P<0.01$)。ここで、当年と翌年の全葉面積当たり収穫果数が同じになる値を回帰式から推定すると、A区: 16.4(葉果比34, 以下同)、B区: 15.8(35)、C区: 11.1(47)およびD区: 10.4(50)であった。

当年と翌年の収穫果数が同じになる値は、A区とB区、およびC区とD区がそれぞれ近似し、またA、B区がC、D区よりも大きかった。

3. 当年の全葉面積当たり収穫果数と翌年の旧葉面積当たり花らい数との関係

収穫果数と花らい数との関係(第3図)は、適合の程度

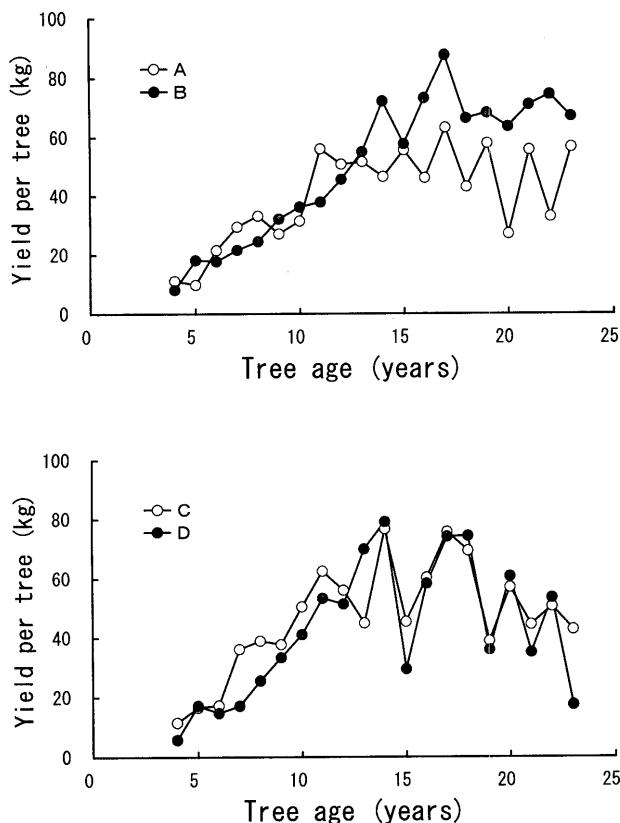


Fig. 1. Yearly fluctuations in yields of 'Miyagawa Wase' citrus trees grown under four different conditions. A: No plowing + less fertilization and no pruning + no fruit thinning. B: No plowing + less fertilization and pruning + fruit thinning. C: Deep plowing + standard fertilization and no pruning + no fruit thinning. D: Deep plowing + standard fertilization and pruning + fruit thinning. The notes are the same in Fig. 2 - 5.

が一次回帰式よりも優っていた場合は二次回帰式で表したが、いずれの処理区においても、収穫果数が多くなるにつれて翌年の花らい数が著しく減少した。一方、第2図における各処理区の当年と翌年の収穫果数が同じになる値は、A区:16.4, B区:15.8, C区:11.1およびD区:10.4であったが、そのときの旧葉面積当たりの花らい数(個/㎡)を第3図の回帰式から推定すると、A区:184, B区:213, C区:125およびD区:195であり、各処理区の花らい数は120~210個の範囲にあった。また、第3図におけるA~D区の収穫果数が、それぞれ当年と翌年の収穫果数が同じになる値よりも大きいとき、翌年の花らい数はゼロあるいはゼロに近い場合が多かった。

4. 旧葉面積当たり花らい数と全葉面積当たり収穫果数との関係

第4図は花らい数と収穫果数との関係を二次回帰曲線で表したものである。収穫果数は、いずれの処理区においても花らい数が200個くらいまでは花らい数とともに増加する傾向にあった。しかし、花らい数が200個以上では、増加の程度は小さかった。

5. 旧葉面積当たり花らい数と新葉数との関係

旧葉面積当たり花らい数と新葉数との関係は、花らい数の増加にともなって新葉数が直線的に減少する傾向にあった(第5図)。しかし、花らい数0~200個の範囲で見ると、旧葉面積当たり新葉数のばらつきが大きく、両者の関係は明確でなかった。

考 察

本研究では、ワセウンシュウにおける隔年結果の様相を明らかにするため、栽培条件の異なる樹について4年生から23年生までの20年間の収量の変化を調査した(第1図)。その結果、無深耕少肥および深耕標準施肥条件の無せん定・無摘果区(AおよびC区)では、12年生から隔年結果が現れた。これに対して、両土壌条件のせん定・摘果区(BおよびD区)では、15年生から隔年結果が始まった。

Monselise・Goldschmidt(1982)およびLavee(1989)は、異常気象や病害などが隔年結果の誘因であるとしている。当研究所で得られた気象データによると、収量の少なかった1977年(12年生)は、1月および2月の平均気温が平年より3.0℃および1.1℃も低く、降水量もそれぞれ平年の44%および20%と少なかった。1980年(15年生)も2月の平均気温が平年よりも1.1℃低く、降水量が平年の44%であった。また、この年の夏季にA区を除く各区でかいよう病による落葉がみられた(橘ら, 1987)。これらのことから、本実験においても冬季の低温・乾燥や夏季の病害が隔年結果の誘因であった可能性がある。

一方、朝倉ら(1988)は、ウンシュウミカンの近年の収量変動は全国レベルでは2年周期となっているが、収量に影響する低温変動は2年周期ではないので、収量変動には樹体の生理的要因が強く関与していると述べている。本実験において、無深耕少肥条件の場合、B区の隔年結果はA区よりも遅れて始まり、また著しい隔年結果を示したときの表年と裏年はA区ほど明確でなかった。したがって、これらの差異はせん定・摘果の影響によるものであり、収量変動には樹体の生理的要因が密接に関係しているといえる。深耕標準施肥条件の場合、D区はC区よりも遅れて隔年結果が始まったものの、隔年結果の様相には大差なかった。深耕標準施肥条件(肥沃地)では、収量の年次変動に対するせん定・摘果の影響は、無深耕少肥条件(痩せ地)ほど大きくないといえる。

全葉面積当たり収穫果数の当年と翌年の関係(第2図)は、いずれの処理区においても当年の値が大きくなるにつれて翌年の値が小さくなる傾向を示した。Jones・Cree(1965)は、ネーブルオレンジの38年間の調査結果から1樹当たり収量は当年と翌年の間に負の相関($R^2=0.398$)があることを報告している。本実験では、当年と翌年の全葉面積当たり収穫果数の関係は $R^2=0.244\sim0.697$ であったことから、ネーブルオレンジの場合とほぼ同水準といえ

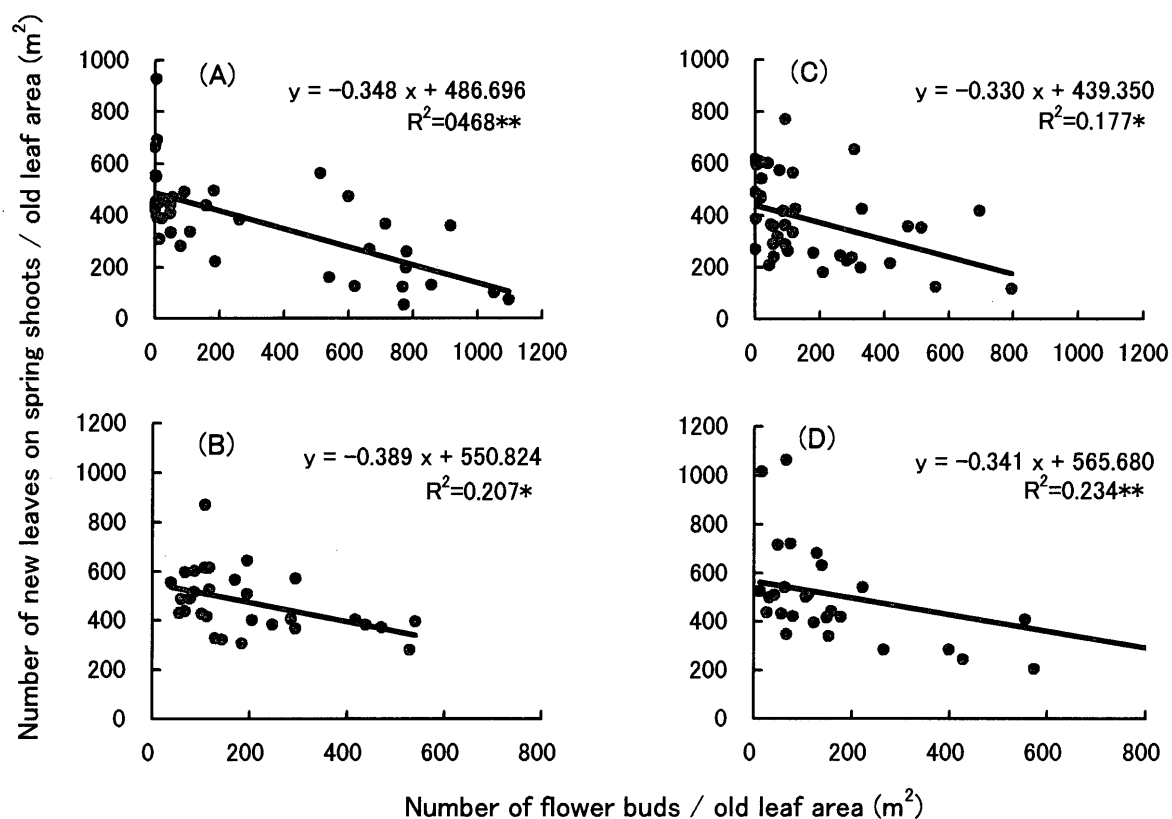


Fig. 2. Relationships between number of fruits harvested per unit total leaf area in a given year and that in the following year. * and ** indicate significance at the 5 and 1% level, the same in Fig. 3 – 5.

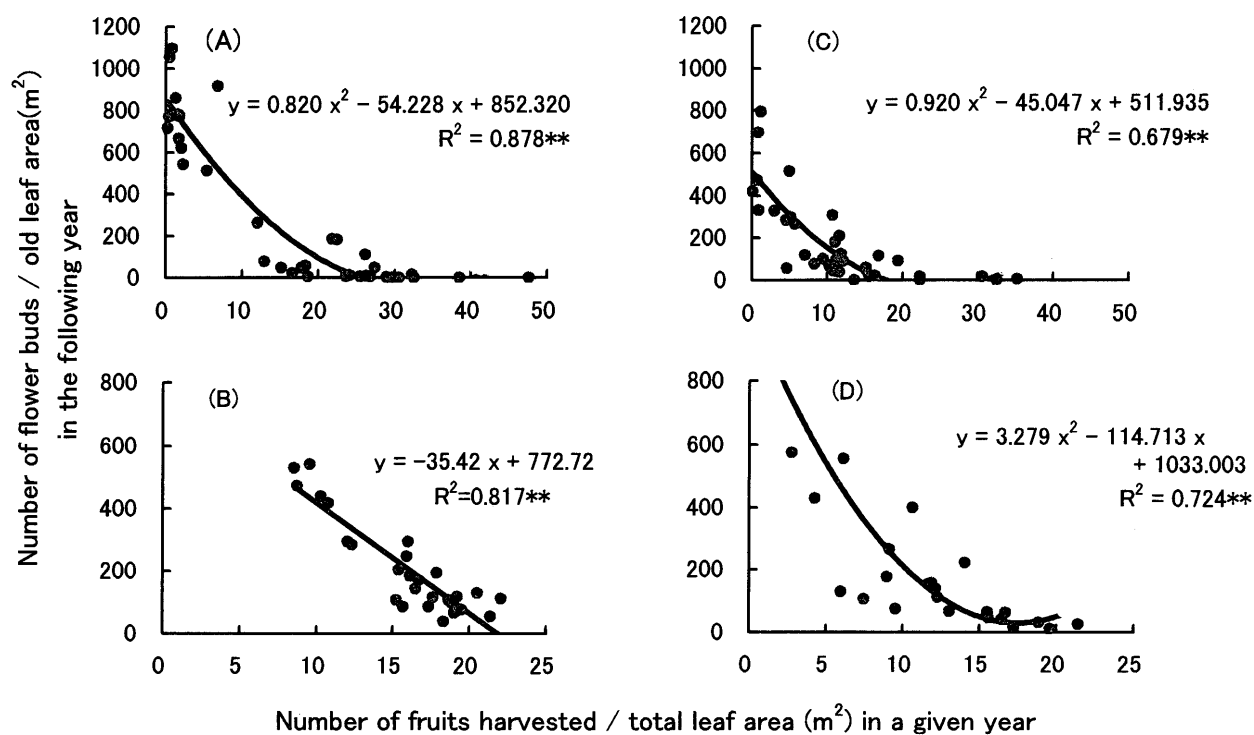


Fig. 3. Relationships between number of fruits harvested per unit total leaf area in a given year and number of flower buds per unit old leaf area in the following year.

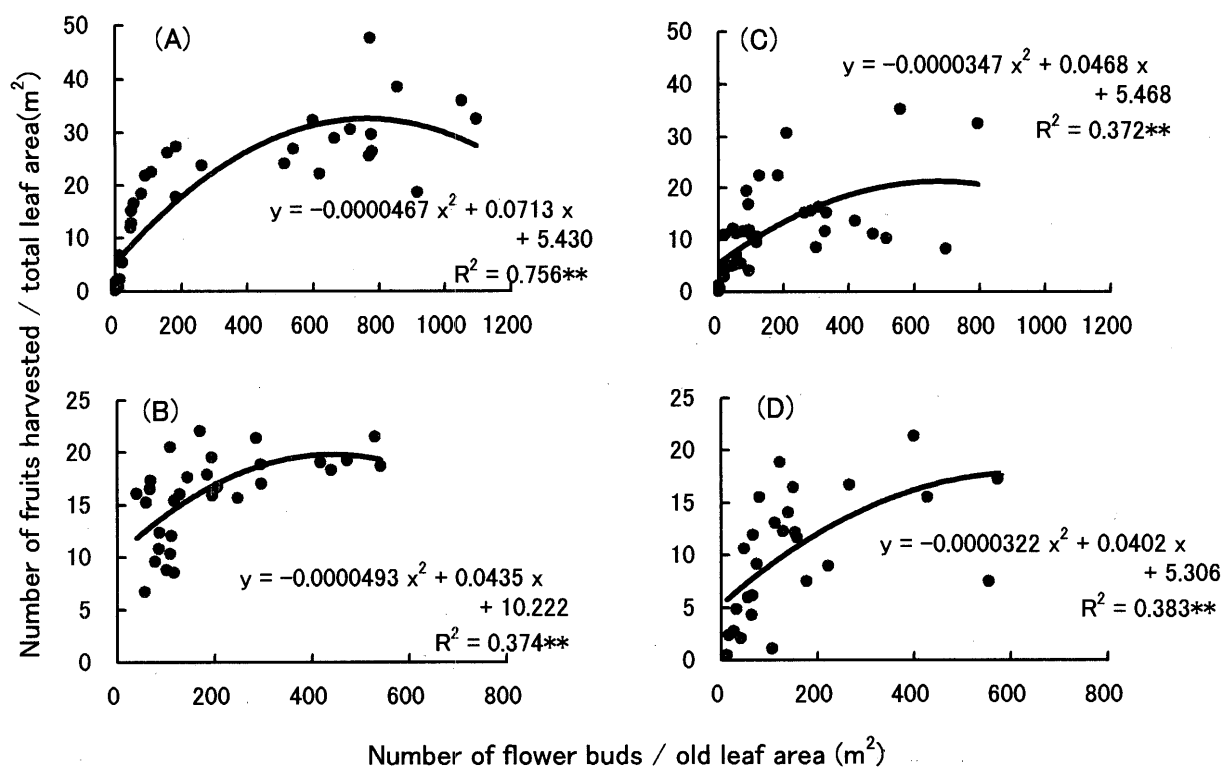


Fig. 4. Relationships between number of flower buds per unit old leaf area and number of fruits harvested per unit total leaf area.

る。

本実験では、葉果比 35(全葉面積当たり収穫果数: 15~16個/m²)を目安とする少し強めの摘果を行った。しかし、全葉面積当たり収穫果数は、実際には B 区で 8~22 個/m²および D 区で 2~22 個/m²の範囲で変動した(第 2 図)。この原因の一つとして測定の誤差が考えられる。なぜなら、供試樹は密植状態で枝葉が込み合っていたので、1 樹全体の葉数や幼果数、収穫果数の実測には、かなり大きな誤差が生じたと考えられる。

両土壌条件において、せん定・摘果区だけでなく無せん定・無摘果区でも若木の時期は極端な隔年結果を示さなかった。このことは、栄養生長が旺盛な若木は、樹冠の拡大期を過ぎた成木よりも隔年結果が少ないとの Lavee(1989)の説を裏付けるものである。成木になると著しい隔年結果が生じたが、その時に推定した当年と翌年の収穫果数が同じになる値は、葉果比で表すと無深耕少肥条件がおおよそ 35 であった。深耕標準施肥条件はおおよそ 50 で、無深耕少肥条件の値よりも大きかった。

著しい隔年結果が始まったときの樹冠占有面積率は C 区が 96%, D 区が 84%(橘・中井, 1989b)と、C 区は樹冠でほぼうっ閉し、また D 区も、樹冠の形を円と仮定すると、外周の一部(幅 0.1 m)が重なっており、両区はいわゆる密植の弊害が生じる状態であった。このため、樹冠の内部や下部で着果が少なくなり、したがって 1 樹の全葉面積当たり着果数が少なかった。これらのことから、無深耕少肥条件では、少なくとも葉果比が 35 程度の慣行よりも強めの摘果をしないと、隔年結果を防止できないと考

えられる。これに対して深耕標準施肥条件において、葉果比 50 で摘果を行うと、収量の減少が著しいので、隔年結果を防ぐには間伐によって樹冠の受光体勢を改善する必要がある。

ところで、B 区の収量(第 1 図)は、18 年生の際に著しく減少したものの、それ以降は前年比 89~111 の範囲で推移し、他の処理区と比較して年次変動が小さく、また緒言で述べた 1995~1999 年における前年比(74~131)よりも小さかった。廣瀬(1999)は、カンキツは樹の生態的特徴から 20% の隔年結果はやむを得ないとしている。B 区における 18 年生以降の収量は、樹当たりで 60 kg および圃場面積当たりで 70 t・ha⁻¹以上を示し、一般の優良園に劣らないものであった。これらのことから、成木で隔年結果が著しい場合、摘果時の葉果比は 35 程度が適当といえる。

葉果比が 35(全葉面積当たり収穫果数: 16 個)のとき、全葉面積当たり収穫果数と翌年の旧葉面積当たり花らい数との関係(第 3 図)から、B 区における花らい数は 213 個であった。この値を第 4 図にあてはめると、花らい数がおおよそ 200 個までは、その増加につれて全葉面積当たり収穫果数も増加する傾向にあり、花らい数がこれらの値よりも大きくなると、収穫果数の増加があまり見込めないことが分かる。また、花らい数がおおよそ 200 個までは、新葉数の有意な減少はなかった(第 5 図)。すなわち、無深耕少肥条件が著しい隔年結果を示しているとき、慣行よりも強めの葉果比 35 程度で摘果を行うと、翌年の花らい数および新葉数が適正な範囲で確保されるので、隔年

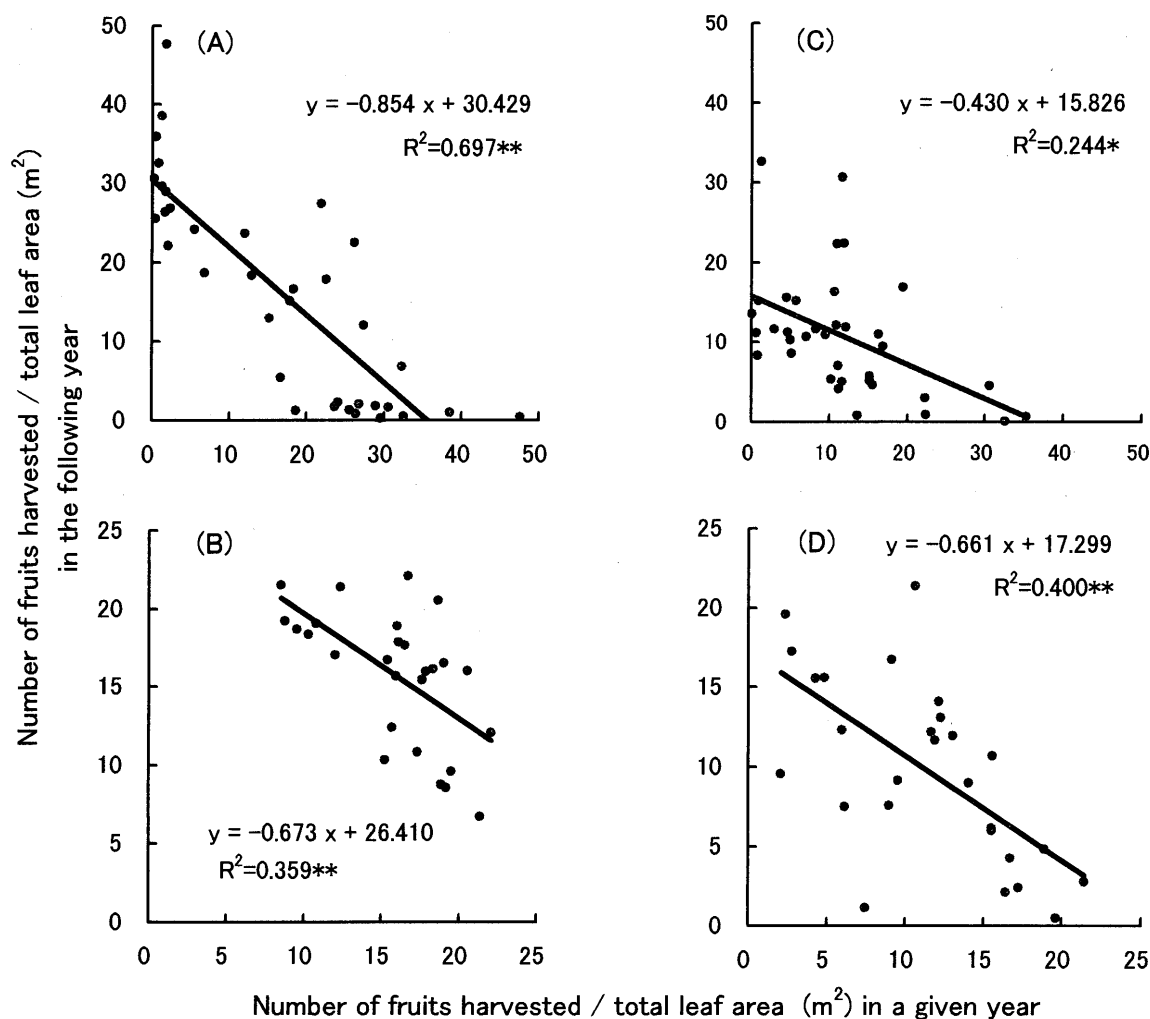


Fig. 5. Relationships between number of flower buds per unit old leaf area and number of new leaves on spring shoots per unit old leaf area.

結果が防止できるのであろう。

摘 要

ワセウンシュウ ‘宮川早生’を用い、火山灰土壌において栽植密度を 1,250 本・ha⁻¹ (栽植距離: 2.8 m × 2.8 m) とし、無深耕少肥条件での無せん定・無摘果 (A) とせん定・摘果 (B)、および深耕標準施肥条件での無せん定・無摘果 (C) とせん定・摘果 (D) の 4 つの組み合わせで栽培した。各処理区 3 樹を供試し、20 年間にわたって収量を調査した。両土壌条件の無せん定・無摘果区 (A および C 区) およびせん定・摘果区 (B および D 区) において、若木の時期は極端な隔年結果を示さなかった。しかし、A および C 区では 12 年生から、B および D 区では 15 年生から著しい隔年結果が始まった。この隔年結果が始まった年から実験終了時 (23 年生) までのデータを用い、全葉面積当たり収穫果数について当年の値と翌年の値との関係を求めた。得られた回帰式から推定した当年と翌年の収穫果数が同じになる値は、葉果比では無深耕少肥条件がおおよそ 35、深耕標準施肥条件がおおよそ 50 であった。このことから、隔年結果が著しい成木の場合、無深耕少肥条件で

は葉果比 35 程度の強めの摘果をしないと隔年結果を防げないことが分かった。一方、深耕標準施肥条件では、葉果比 50 で摘果を行うと収量が著しく減少するので、隔年結果を防ぐには間伐を行い、樹冠の受光体勢を改善する必要があると考えられた。以上より、無深耕少肥条件で隔年結果が著しい場合、慣行よりも強めの葉果比 35 程度での摘果は、翌年の花らい数および新葉数を適正な範囲で確保し、隔年結果の防止に有効なことが明らかとなった。

引用文献

- Agusti, M., A. Almela and J. Pons. 1992. Effects of girdling on alternate bearing in citrus. *J. Hort. Sci.* 67: 203–210.
- 朝倉利員・鴨田福也・本篠 均. 1988. 主要果樹の収量変動の特徴. *果樹試報*. A 15: 69–82.
- 平野 暁・森岡節夫・中井滋郎・岩田正久. 1969. カンキツの葉面積測定法. 第 1 報. 1 枚の葉の葉面積の推定. *千葉暖地園試研報*. 1: 11–15.
- 廣瀬和榮. 1999. 果樹時評. *果実日本* 54: 56–58.
- 岩崎藤助・大和田厚. 1960. カンキツの隔年結果防止に關す

- る研究. (第2報)冬季の環境処理が着花ならびに新梢の発生に及ぼす影響. 園学雑. 29: 37-46.
- Jones, W. W. and C. B. Cree. 1965. Environment factors related to fruiting of Washington navel orange over a 38-year period. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 86: 267-271.
- 串間新一・波多野洋・和田 稔. 1983. 十万温州ミカンの隔年結果防止. (第1報)摘蕾, 摘果が翌年の結実に及ぼす影響. 九州農業研究 45: 243.
- 串間新一・波多野洋. 1984. 十万温州ミカンの隔年結果防止. (第2報)側枝のせん定処理が翌年の結実に及ぼす影響. 九州農業研究 46: 244.
- Lavee, S. 1989. Involvement of plant growth regulators and endogenous growth substances in the control of alternate bearing. *Acta Hort.* 239: 311-322.
- 丸山恵央. 1999. 平成11年産うんしゅうみかん対策. 中央果実基金通信 64: 3-9.
- Monselise, S. P. and E. E. Goldschmidt. 1982. Alternate bearing in fruit trees. *Hort. Rev.* 4: 128-173.
- Monselise, S. P., E. E. Goldschmidt, A. Golomb and R. Rolf. 1983. Alternate bearing in citrus: Long-term effects of a single girdling treatment on individual 'Michal' tangerine branches. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108: 373-376.
- 大垣智昭・藤田克治・伊東秀夫. 1968. 温州ミカンの隔年結果に関する研究. (第8報)摘果, 施肥, 剪定の組合せによる隔年結果防止効果. 園学雑. 37: 312-318.
- Procopiou, J. and A. M. El-Gazzar. 1972. Severe pruning overcomes alternate bearing of mandarin trees in Rhodes. *HortScience* 7: 124.
- 橘 温・森岡節夫・中井滋郎. 1987. ウンシュウミカンの栽植密度と栽培条件が収量に及ぼす影響. 園学雑. 56: 9-15.
- 橘 温・中井滋郎. 1989a. 異なった栽植密度及び栽培条件におけるワセウンシュウの収量と葉面積指数との関係. 園学雑. 57: 561-567.
- 橘 温・中井滋郎. 1989b. ワセウンシュウにおける栽植密度などの2,3の栽培条件が樹冠占有面積率に及ぼす影響. 園学雑. 58: 83-89.