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

橘 温・中井滋郎

千葉県暖地園芸試験場 294 館山市山本

Effect of Planting Density and Some Cultural Treatments on the
Crown Density in Wase Satsuma Mandarin (*Citrus unshiu*
Marc. var. *praecox* Tanaka) Tree

Sunao TACHIBANA and Shigeo NAKAI

Chiba Horticultural Experiment Station, Tateyama, Chiba 294

Summary

Two-year-old trees of 'Miyagawa Wase', an early maturing variety of satsuma mandarin, were planted in 1967 at various planting densities, and grown under different cultural treatments until they were 21 years old.

Planting densities were 1,250, 2,500, 5,000, and 10,000 trees/ha. Cultural treatments were shallow plowing (0.3 m in depth)+less fertilization (half of standard fertilization) and deep plowing (0.6 m in depth)+standard fertilization (N, P₂O₅, K₂O: 270, 240, 220 kg/ha) with no pruning+no fruit thinning or pruning (light, open-center training)+fruit thinning (number of leaves per fruit: 35).

Effects of planting density and cultural treatments on the crown density (percentage of land covered by canopy) were examined during the period from 1969 to 1986 (tree age from 4 to 21 years). At the level of maximum yield, crown density was also examined at each planting density.

The results were as follows:

1. Crown density rapidly increased toward 100% with increasing planting density.
2. At planting densities of 1,250 and 2,500 trees/ha, crown densities increased more rapidly under deep plowing+standard fertilization than under shallow plowing+less fertilization, and with no pruning+no fruit thinning than with pruning+fruit thinning. At densities of 5,000 and 10,000 trees/ha, there were no distinct differences in the crown densities among different cultural treatments.
3. When crown density reached approximately 100%, maximum yield was obtained in each planting density. The average maximum yield was 66 t/ha.
4. From the above results, it is expected that when the crown density is maintained at 80% level by suitable tree thinning, the trees will produce fruit at approximately 60 t/ha with high quality.

緒 言

現在, 我が国のウンシュウミカンの栽植方式は, ほとんどが計画密植栽培である。計画密植栽培について, 平野ら(10)は, その概念や方法は人により必ずしも同一ではないが, 高密度に植え付けて初期収量を高め, 次第に間伐して樹間距離を広げていく点は一致していると述べている。また薬師寺(26)は, 計画密植栽培では隣接

樹と樹冠が相接するようになると, 先ず間伐あるいはその準備体制に入ることが必要であると述べている。すなわち計画密植栽培では初期収量と間伐の開始時期が重要であり, それとともに間伐後の収量の推移がその成否をきめることになる。

本報告では, 実際の計画密植栽培において, 間伐の開始時期の指標となる隣合う樹冠の込み合い程度を樹冠占有面積率で表し, 栽植密度, 深耕施肥及びせん定摘果な

どの栽培条件が樹冠占有面積率に及ぼす影響を明らかにし、樹冠占有面積率からみた間伐の開始時期、及びそれ以後の収量の可能性などを検討した。

材料及び方法

火山灰からなるほぼ平坦な壇状土の圃場、70m×60mを東西に2分し、一方は無深耕とし、他方はブルドーザーで約0.6mの深さに深耕した。1967年3月、各圃場に2年生「宮川早生」（カラタチ台）をha当たり1,250, 2,500, 5,000及び10,000本の4つの栽植密度に正方形植えとして定植した。各密度区はさらに2分して、一方を無せん定無摘果としてほぼ自然状態に放任し、他方は開心自然形としてやや弱いせん定を行い、また葉果比ではほぼ35になるよう結果量を調整した。深耕区の施肥は、千葉県における施肥基準に準拠し、定植時以降の幼・若齢期間は、樹齢別1本当たりの基準量を施した。しかし面積当たりの施肥量が成木園の基準量以上となった場合は、その上限を成木園の面積当たりの基準量にとどめ、栽植密度の相違によって過用とならないよう留意した。すなわちその上限はha当たり窒素（硫酸）270kg、リン酸（過リン酸石灰）240kg、及びカリ（塩化カリウム）220kgとした。無深耕区の施肥量は、同一栽植密度の深耕区の1/2量とした。

以上のような処理内容のもとに試験区を要約すると、(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)深耕施肥・無せん定無摘果、及び(D)深耕施肥・せん定摘果の各栽培条件に、1,250～10,000本/haの4密度区を設定したものとなる。

各密度区は実験開始当初は、周囲1列目をボーダー樹として供試樹から除外した。この時の調査個体数は30～40本であった。しかし10年生（1975年）ころから高密度区（5,000及び10,000本/ha）では、第2列目においても周辺効果が顕著にあらわれ、樹の外側の枝は、著しく外方向に伸長した枝振り（11）となり、内側下部の枝は枯死した。また収量に関しても周囲第2列目は、第1列目と同様に内部の列より著しく多くなった。したがって10年生から高密度区のボーダーを2列として供試樹より除外し、調査個体数を24本とした。各密度区とも3年生時（1968年）に全摘果し、せん定摘果区は、4年生時からほぼ35葉に1果となるように摘果調整した。ただし深耕施肥条件の一部（C及びD-1,250本区の一部；C及びD-2,500本区の全部）は、樹勢がやや衰弱の傾向を示したため、4年生時に全摘果した。以後の管理は設計のとおりであり、樹冠が込み合ってきた間伐は行わず栽培を続けた。土壌管理については、有機物の施用や定植時以後の中耕などはほとんど行わなかった。

収量は4年生から各樹について、着色の進んだ果実を毎年3～5回に分け収穫して調査した。しかし高密度区（5,000及び10,000本/ha）は、低密度区（1,250及び2,500本/ha）の収量より明らかに低い傾向を示したため、17年生の収穫をもって調査を打ち切った。

樹冠占有面積率は、各処理区の中央付近の12樹について、次のようにして測定した。まず20cm目の格子を描いたベニヤ板を樹冠下とその周辺に敷いた。そして細い竹棒を垂直に持ち、それを樹冠の縁に軽く触れながらほぼ10cmごとに移動させ、竹棒の下端が描く軌跡をグラフ用紙に写した。竹棒の移動に際して幅10cm以下の樹冠の切れ込みは無視した。この方法でグラフ用紙に投影された樹冠面積をプランメーターで測定し、これと圃場面積とから樹冠占有面積率を計算した。

結果及び考察

1. 異なった栽植密度における各栽培条件の樹冠占有面積率の経年変化

樹冠占有面積率を表す方法には、個々の樹冠の投影面積の総計と圃場面積の比で示す場合と、樹冠が実際に圃場を覆う面積と圃場面積の比で示す場合とがある(28)。前者は、樹冠が隣接樹と接した後でも個々の樹冠の投影面積は重なりながら伸びるので、100%を越える場合がある(1, 2, 15, 16, 19)。本実験では樹冠が込み合ってきた時、個々の樹冠の投影面積を正確に測定するのが困難であったので、後者の方法を用いた。樹冠占有面積率は100%に達した後、枝の枯死あるいは落葉などとともに新しょうの発生がみられ、100%をほとんど下回ることはなかった。結果をあらわすに際して、樹冠占有面積率は100%に達するまでとした。

各栽植密度について、各栽培条件の樹冠占有面積率の経年変化を示すと第1図のとおりである。1,250～10,000本/haのいずれの栽植密度においても、無深耕少肥区においては、せん定摘果区(B)の樹冠占有面積率に比較して無せん定無摘果区(A)が急速な増加を示し、早く100%に達した。一方1,250及び2,500本/haの低密度の深耕施肥区においては、無せん定無摘果区(C)の方がせん定摘果区(D)より100%に達するのが早かった。しかし5,000及び10,000本/haの高密度では、両区間に明らかな差異はなかった。

樹冠占有面積率を無深耕少肥区と深耕施肥区で比較すると、1,250本/haの無せん定無摘果区において深耕施肥区(C)の増加は無深耕少肥区(A)より急速に進み、早く100%に達した。しかしそれより高い栽植密度では両区の差異は明らかでなかった。これに対して各栽植密度のせん定摘果区においては、深耕施肥区(D)は無深

Fig. 1. Yearly changes of crown density (percentage of land covered by canopy) under different cultural conditions at different planting densities.
 (1); 1,250 trees/ha, (2); 2,500 trees/ha, (3); 5,000 trees/ha, (4); 10,000 trees/ha.
 ○—○: (A) Shallow plowing+less fertilization with nonpruning+non fruit thinning.
 ●—●: (B) Shallow plowing+less fertilization with pruning+fruit thinning.
 △—△: (C) Deep plowing+standard fertilization with nonpruning+non fruit thinning.
 ▲—▲: (D) Deep plowing+standard fertilization with pruning+fruit thinning.

Fig. 2. Yearly changes of crown density (percentage of land covered by canopy) at different planting densities.

○—○; 1,250 trees/ha, ●—●; 2,500 trees/ha, △—△; 5,000 trees/ha, ▲—▲; 10,000 trees/ha.

耕少肥区 (B) より急速な増加を示した。

計画密植栽培においては樹冠の拡大にしたがって樹冠の込み合いを調整しながら計画的に間伐が行われるが、単位面積当たりの収量は、大きい樹の疎植より小さい樹の密植の方が増収効果の高いことが認められている (4, 5, 8, 9, 14, 25)。この理由として Cain (4) は、樹が大きくなるにしたがって樹冠内部への光の遮へいが大きくなり、樹冠容積に対する光合成に有効な樹冠表面積の割合が小さくなるためであると述べている。したがって樹冠の拡大はできるだけ抑制して樹形を小さな状態に維持するように管理する必要がある。本実験の結果では、いずれの栽植密度においても無深耕少肥区は毎年のせん定によって、主として水平方向の樹冠の拡大を抑制できることが確かめられた。深耕施肥区においては、低密度ではせん定の樹冠拡大の抑制効果が認められたが、高密度では無せん定区との間に差がなくせん定の効果は認められなかった。これは栽植距離が高密度において相対的に小さいためであり、せん定によって樹冠の込み合いが調整できないので、間伐によって栽植距離を広げる方法をとらなければならない。各栽植密度のせん定摘果区においては、無深耕少肥区より深耕施肥区の方が樹冠の拡大が優った。したがって無深耕少肥区ではいずれの栽植密度においてもせん定によって樹冠の拡大が抑制できることから、計画密植栽培においては無深耕少肥条件の方が樹形を管理しやすいと思われる。

樹冠占有面積率のせん定摘果による差異はいずれの栽植密度においても5～6年生以前は明らかでなかった。その時期は樹冠が小さく、また計画密植栽培においては、定植後間もない期間は結実期を早めるためにせん定はできるだけ軽く行うためである。

2. 各栽植密度における樹冠占有面積率の経年変化

第2図は、各栽植密度における異なった栽培条件の樹冠占有面積率を平均して示し、栽植密度が樹冠占有面積率の経年変化に及ぼす影響を明らかにした。

各栽植密度における樹冠占有面積率は、栽植密度が高くなるに従って急激に増加し、また早期に100%に達した。また各栽植密度における樹冠占有面積率が80～90%に達した後、その増加程度はやや緩慢になった。この理由として栽植様式は正方形植えとしたので、樹冠の拡大期における樹冠の地上への投影図を円と仮定すると、樹冠占有面積率がおよそ80%以下の場合、個々の樹冠は重なり合うことなく、樹冠の拡大は全方向に及ぶことになる。しかし樹冠占有面積率が80%以上になった場合は、隣接樹と相互に枝梢が接したり重なったりした状態となり、樹冠占有面積率の増加は重ならない対角線方向の空間部のみの枝梢の伸長によるためと思われる。しかし栽植様式が長方形植え、あるいは並木植えなどの場合には、枝梢の水平方向に伸長できる空間部が正方形植えと異なるので (6, 21, 22)、異なった樹冠占有面積率の変化が示されると思われる。

ウンシュウミカン及びブドウで既に報告されているように (18, 19)、樹冠占有面積率は栽植密度が高くなるに従って高水準で推移し、早く100%に達した。5,000及び10,000本/haの高密度区において、それぞれ7及び8年生時にすでに樹冠占有面積率は100%に達した。これは1,250本/haの21年生時及び2,500本/haの14年生時と比較して相当早く、また2年生時に定植し4年生時に結実を始めたことを考慮すると、高密度区は計画密植栽培における定植時の密度として極端に高いと思われる。本実験の範囲では2,500本/haが適切と思われる。

Fig. 3. Yearly yields per unit area at different planting densities applied in an empirical formula $Y = a \exp[bt + ct^2]$.
 —; 1,250 trees/ha, — — —; 2,500 trees/ha, - - - -; 5,000 trees/ha, - · - · -; 10,000 trees/ha.
 Y; yield, t; tree age, a, b and c; constant.

3. 最高収量と樹冠占有面積率との関係

前報 (23) では各栽植密度における収量の経年変化を示したが、著しい隔年結果性のため長期的な傾向からみた最高収量を示す時期は明らかでなかった。したがって各栽植密度において最高収量を示す時期を推定するため、実験式 $Y = a \exp[bt + ct^2]$ (7) によって、樹齢 (t) に対する収量 (Y) の増加曲線を求め第3図に示した。ただし、a~c は定数である。各栽植密度における実験式は次の通りである。

1,250 本区; $Y = 1.966 \exp[0.451t - 0.0142t^2]$,

$R^2 = 0.958$ ($P < 0.01$),

2,500 本区; $Y = 7.090 \exp[0.349t - 0.0127t^2]$,

$R^2 = 0.537$ ($P < 0.01$),

5,000 本区; $Y = 36.778 \exp[0.111t - 0.00660t^2]$,

$R^2 = 0.109$ (NS),

10,000 本区; $Y = 43.864 \exp[0.119t - 0.00964t^2]$,

$R^2 = 0.207$ (NS).

本式は、1,250 及び 2,500 本/ha の低密度区において、高い重相関係数の値 ($P < 0.01$) が示すように実測値によく適合した。しかし 5,000 及び 10,000 本/ha の高密度区においては、収量の著しい年次変動によって適合度は劣り有意性は認められなかった。本式から推定した最高収量を示す樹齢、及びその時の収量及び樹冠占有面積率 (第2図) は、それぞれ次のとおりである。

1,250 本区; 16年生, 72 t/ha, 88%,

2,500 本区; 14年生, 78 t/ha, 100%,

5,000 本区; 8年生, 58 t/ha, 100%,

10,000 本区; 6年生, 63 t/ha, 98%.

ただし 5,000 及び 10,000 本区は有意性を示さなかった

が、実測値 (23) でそれぞれ 8 年生時及び 6 年生時に最高収量 (60 t/ha 前後) を示している。

各栽植密度において、収量が最高に達する時期の樹冠占有面積率は、2,500~10,000 本区ではほぼ 100% であり、樹冠がほぼ完全にうっ閉してまもない状態であった。この傾向は圃場が葉でうっ閉され、入射光のほとんど総てを受光する生産性の高い作物 (例えばムギ、トウモロコシ) の場合 (24) と近似していた。その時の最高収量は各栽植密度を全体でみると 58~78 t/ha であり、平均すると 68 t/ha であった。

薬師寺 (26) は計画密植栽培において、間伐の時期が来ているのに密植のままになりがちなることを指摘している。しかしこうした傾向がみられるのは、前述のように樹冠占有面積率が 80% に達した後、その増加の程度が緩慢になるとともに、最高収量の得られる時期が樹冠がほぼ完全にうっ閉した状態の時と一致するためと思われる。

1,250 本区において、最高収量を示す時の樹冠占有面積率は 88% と推定され、他の栽植密度より低い値を示した。この区における樹勢は良好であるので、実測収量 (23) は本実験の調査後の 22 年生以降、急激には減少しないものと思われる。従ってそれ以降も調査を続けた場合、実験式から推定した収量は、16 年生以降に最高を示し、その時の樹冠占有面積率は 88% より高くなると推察される。

4. 品質、管理作業を考慮した場合の間伐樹齢

ウンシュウミカンの成園における樹冠占有面積率は、平坦地の計画密植においては 80~90% が妥当と考えられている (13)。すなわちこの状態においては、樹冠占有

面積率が100%の場合に比較して、品質一特に光の遮へいの影響を受けやすい果皮の着色、及び果汁の糖含量などが優り(12)、一方管理作業も容易となるため、樹冠占有面積率の減少にともなう収量の減少(20)を考慮しても、経済栽培は有利と考えられる。この値はリンゴにおける60~80%(4, 16, 17), 及びクリにおける60~75%(1, 2, 3, 27)より高いものである。

計画密植栽培において、樹冠占有面積率を80~90%に維持するため、樹の生育期における枝の伸長量を考慮して、間伐の開始時期を樹冠占有面積率がおよそ80%に達した時(22)とすると、各栽植密度におけるその時の樹齢、樹冠占有面積率(第2図)、及び収量(第3図)は次のようになる。

- 1, 250 本区; 14 年生, 79%, 67 t/ha,
- 2, 500 本区; 8 年生, 77%, 51 t/ha,
- 5, 000 本区; 5 年生, 87%, 54 t/ha,
- 10, 000 本区; 4 年生, 88%, 61 t/ha.

これらの結果から、2, 500 本/ha の栽植密度においては8年生時から間伐を始め、14年生時にその密度を1, 250 本/ha に下げ、また5, 000 及び10, 000 本/ha の高密度においては、それぞれ5~8 及び4~5 年生生の間に間伐を進め、密度を半減することによって樹冠占有面積率を80~90%に維持することが可能と考えられる。なお1, 250 本/ha の場合は、樹冠占有面積率を80~90%に維持するためには、14年生から間伐を始めるのが適切と思われる。樹冠占有面積率80~90%の時点では、収量はなお増加の傾向にあるので、間伐を進めている期間の品質を重視した収量は約60 t/ha 得られるものと考えられる。この値は前述の樹冠がほぼうっ閉した時に示された最高収量より10%程度低いものと推測される。

摘 要

ワセウシユウ「宮川早生」を無深耕少肥(深耕少肥の1/2量施肥)、及び深耕施肥(0.6mの深耕、窒素、リン酸、カリ: 270, 240, 220 kg/ha)条件下と、無せん定無摘果(自然状態に放任)、及びせん定摘果(やや弱いせん定、開心自然形、葉果比35)条件下で、ha 当たり1, 250, 2, 500, 5, 000 及び10, 000 本の4つの栽植密度に区別し、1967年に植栽した。その後、間伐せずに栽培を続け、2~21年生(1967~1986年)のデータをもとに、樹冠占有面積率に及ぼす栽植密度及び栽培条件の影響を明らかにするとともに、各栽植密度が最高収量を示した時の樹冠占有面積率などを比較検討した。

1. 各栽植密度における樹冠占有面積率は、栽植密度が高くなるにしたがって急速に増加し、早く100%に達した。

2. 1, 250 及び2, 500 本/ha 区における樹冠占有面積率は、無深耕少肥条件より深耕施肥条件において、またせん定摘果条件より無せん定無摘果条件において、急速な増加を示し、早く100%に達した。5, 000 及び10, 000 本/ha 区においては各栽培条件による影響はほとんど認められなかった。

3. 各栽植密度において収量が最高に達した時の樹冠占有面積率は、ほぼ100%であり、その時の収量は平均68 t/ha であった。

4. 計画密植栽培において、間伐の開始時期を樹冠占有面積率がおよそ80%に達した時とすると、品質を考慮した収量は60 t/ha 前後あげられる可能性が示された。

謝 辞 本論文を草するに際し、実験を企画され、かつご指導ご助言を賜った平野 暁東京農業大学教授及び森岡節夫前千葉県暖地園芸試験場長に謝意を表します。なお有益なご助言をいただいた石崎政彦前和歌山県果樹園芸試験場長に敬意を表します。

引用文献

1. 安藤吉寿・青木秋広. 1979. クリの計画密植栽培における縮伐の程度と間伐の時期について. 栃木農試研報. 25: 33—38.
2. 青木秋広. 1971. クリの計画密植栽培における若木時代の生育と収量との関係. 栃木農試研報. 15: 89—94.
3. 荒木 齊. 1981. クリの結実に関する生理生態的研究. 兵庫総合農試特別研報. p. 50—57.
4. CAIN, J.C. 1970. Optimum tree density for apple orchards. HortScience 5: 232—234.
5. CASTLE, W.S. 1980. Citrus rootstocks for tree size control and higher density plantings in Florida. Proc. Fla. State Hort. Soc. 93: 24—27.
6. CRIPPS, J.E.L., F. MELVILLE and H.I. NICOL. 1975. The relationship of 'Granny Smith' apple tree growth and early cropping to planting density and rectangularity. J. Hort. Sci. 50: 291—299.
7. DUDNEY, P.J. 1974. An analysis of growth rates in the early life of apple trees. Ann. Bot. 38: 647—656.
8. FERREE, D.C. 1978. Cultural factors influencing net photosynthesis of apple trees. HortScience 13: 650—652.
9. FORSHEY, C.G. and M.W. McKEE. 1970. Production efficiency of a large and a small 'McIntosh' apple tree. HortScience 5: 164—165.
10. 平野 暁・森岡節夫. 1973. 温州ミカンの栽植密度に関する研究. 第1報. 初期収量. 園学要旨. 昭48春: 22—23.

11. 穂積和夫. 1973. 生態学講座 10. 植物の相互作用. p. 69. 共立出版. 東京.
12. 岩垣 功. 1976. ウンシュウミカンのせん定技術と果実の品質 (2). 農及園. 51: 999—1005.
13. 岩垣 功. 1981. 温州ミカンの各種樹形の合理性と問題点. 農及園. 56: 894—898.
14. JACKSON, J.E. 1971. Effects of light climate in apple orchards. A.D.A.S. Quart. Rev. 3: 109—120.
15. 岸本 修. 1979. クリ ‘銀寄’の更新せん定. とくに新しょうの生長に対する縮伐の影響. 園学要旨. 昭54秋: 66—67.
16. 今喜代治・神戸和猛登・久米靖穂. 1971. リンゴ園の栽植密度に関する研究. 第2報. ゴールデンデリシャスの栽植本数. 秋田果試報. 4: 15—31.
17. 久米靖穂・今喜代治・田口辰雄・鈴木 宏・神戸和猛登. 1978. 既成リンゴ園のヘッジロー化に関する研究. 第1報. 樹形改造が生産力, 果実品質, 受光量, その他要因におよぼす影響. 秋田果試報. 10: 1—26.
18. 西澤勇男. 1980. ブドウ「巨峰」の栽植密度と収量・品質. 農業技術. 35: 77—79.
19. 小野祐幸・工藤和典. 1983. 温州ミカンの光合成作用および生産構造に関する研究. 第7報. 密植条件と樹体の生産構造. 四国農試報. 41: 101—113.
20. 小野祐幸・岩垣 功・高原利雄. 1987. カンキツ園の収量構成要因に関する研究. 果樹試報. D9: 51—62.
21. PARRY, M.S. 1978. Integrated effects of planting density on growth and cropping. Acta Hort. 65: 91—100.
22. 下大 迫三徳・栗山 隆明・和田 洋之・中村 新一. 1977. カンキツ園の採光条件と生産性に関する研究. 第1報. 密植樹の間伐方法と日射量, 品質との関係について. 九州農業研究. 39: 185—186.
23. 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.
24. WHEATON, T.A., W.S. CASTLE, D.P.H. TUCKER and J.D. WHITNEY. 1978. Higher density plantings for Florida citrus-concepts. Proc. Fla. State Hort. Soc. 91: 27—33.
25. 薬師寺清司. 1970. 温州ミカンの栽植密度に関する研究. 愛媛果試研報. 6. p. 17—23.
26. 薬師寺清司. 1985. 回想録. ミカンと共に四十年. p. 157—163.
27. 安延義弘・渡辺照夫・小林宏中・水野信義・永山 功. 1972. クリの計画密植栽培試験. 神奈川園試報. 20: 20—27.
28. 依田恭二. 1974. うっ閉度. 沼田 真編著. 生態学辞典. p. 21. 築地書館. 東京.