

わい性台木ヒリユウを利用した
ウンシュウミカンの安定生産技術に関する研究

大倉 英憲

2 0 1 5

* 鳥取大学 審査学位論文

目 次

第1章 緒言.....	1
第2章 早期樹冠拡大のための結実開始時期	
材料および方法.....	4
結果および考察	
1. 樹高，樹冠容積，葉面積の推移.....	5
2. 収量・果実品質への影響.....	9
第3章 収量確保と安定生産に向けた栽植法	
材料および方法.....	14
結果	
1. 樹高，樹幅，樹冠容積，葉面積および樹冠占有率の推移.....	16
2. 収量・果実品質への影響	20
考察.....	22
第4章 総合考察.....	28
摘要.....	30
謝辞.....	33
引用文献.....	34

第1章 緒言

我が国のカンキツ栽培，特にウンシュウミカン（*Citrus unshiu* Marcow.）の栽培は，急峻な傾斜地を中心に行われてきた．園地が傾斜地であれば，主食となる米麦や蔬菜類の栽培が不利であることに加え，水捌けが良好で，必然的に乾燥ストレスによって糖度が高い果実が生産されることが経験的に明らかとなっていたためであろう．1960年代以降，高度経済成長期には生産量が飛躍的に拡大し，1975年までの15年間で生産量が3.6倍に増えたものの，急激な生産量増加によって生産過剰となるとともに，輸入自由化や円高による海外産果実に対する購買力向上，グレープフルーツの輸入自由化，消費者の嗜好の多様化などの要因によって単価も下落しミカン栽培から手を引く者が多くなり，現在では最盛期の3分の1以下の生産量となっている．

全国的な生産量は低下したものの，近年ウンシュウミカンの単価は比較的安定している．生産者個々の経営を向上させていくためにいくつかの方策が考えられる．品質向上や優良品種の導入によるブランド化と単価向上による経営向上が挙げられる．シートマルチ栽培に代表される水分ストレス付与技術の普及が進み，高糖度なミカンが安定して生産されると同時に，選果場に導入される非破壊糖度センサーによる品質保証によって各地で産地ブランドが構築されている．同時に，在来の品種から熊本県の‘肥のあかり’福岡県の‘早味かん’などに代表される各地の公立試験場が行う品種開発や和歌山県の‘ゆら早生’長崎県の‘させば温州’や福岡県の‘北原早生’に代表される優良品種選抜によって登場した新品種は，産地ブランドの強化に寄与し，生産者の経営向上にも貢献している．同時に，ウンシュウミカンから‘不知火’をはじめとする新たな中晩柑に転換する動きも盛んで，ウンシュウミカンの適正生産量への誘導と，有望品種による所得向上への取り組みが続けられている．

一方，生産現場では高齢化の進行等によって生産者の減少が続いている．産地において販売戦略上必要とされる生産量や選果場をはじめとする付帯施設等を維持していくためには，各産地において一定の生産量を確保する必要がある．生産者の減少に伴う栽培面積及び生産量確保のためには生産者個々の規模拡大が必要であると考えられる．同時に生産者個々の規模拡大による所得向上を目指す動きもある．規模拡大を行う上で，栽培管理の省力化を同時に進める必要がある．園内道の設置や大規模な基盤整備による園地傾斜の緩和によって，乗用防除機や運搬車の積極的な利用が可能となる．栽培管理において，防除や収穫時の運搬が機械化されることによって大幅な省力化が可能となるが，ミカン栽培において特に多くの労力を割く摘果と収穫は，労働時間全体の14%と31%（農水省生産局，2008）で，その多くを手作業に頼っている．摘果は，エチクロゼートに代表される摘果剤の利用が実用化されているが，すべての摘果を摘果剤によって行うことは難しく，仕上げ摘果などは，従来通り生産者自身の手作業によって行われている．また，収穫に至っては，省力化につながる代

用技術はなく、従来通りの手作業によって行われている。特に産地では、樹高 3 m を超える樹上での収穫となり、作業性が悪いだけでなく、安全性の面からも危険が伴う。今後生産者の作業性向上や雇用労力導入に際し、これらの課題の解決が必要である。

国内で栽培されているカンキツの台木の大半は、半わい性とされるカラタチ (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) であり、国内産地の気象、栽培条件に適し、台木として優れた性質を持つ (高原, 1995)。しかし、‘青島温州’や‘大津四号’に代表される普通ウンシュウミカン (*Citrus unshiu* Marcow.) は、成木となれば樹高は 3 m を超える。カラタチの変異種ヒリュウ (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. var. *monstrosa*) をカンキツの台木として利用すると、カラタチよりも樹体がわい化する。8 年生‘青島温州’では樹高が約 70%、樹冠容積が約 30% に小型化し (小林ら, 1995)、摘果や収穫を始めとする作業を脚立なしで行うことが可能であると考えられる。また、カラタチ台よりも根群が浅い (小林ら, 1995; 高原ら, 1994)、樹液の通導性が低い (緒方ら, 1994)、樹液流速が遅い (米本ら, 2003) T-R 率が低い (緒方ら, 1994) などの理由から水分ストレスを受けやすい。そのため、果実糖度や着色 (小林ら, 1995; 矢羽田ら, 2003; 米本ら, 2005)、着花・結実性 (高原, 1997; 松本ら, 2005) が向上することが報告されている。これらの特徴から、普通ウンシュウミカンへのヒリュウ台利用によって低樹高省力栽培と高品質果実の生産が同時に実現できると期待されている。

一方ヒリュウは、期待するわい化程度を示さないものが存在することが知られており、ヒリュウ実生のうち 10% 程度が幼苗期の形態では区別できず台木として不適であり、(若菜ら, 1990)、その均一性が問題視されていた。しかし、培養等による均質な苗の作成が実用化され (堀江ら, 1996; 栗原・梶谷, 2003)、現在、苗木生産を行う上で解決されている。

しかしながら、ヒリュウ台の特徴を活かすことで、カラタチ台よりも低樹高による省力栽培と作業の安全性向上及び高品質果実生産が同時に可能になると期待されているものの、生産現場において従来のカラタチ台に替わって導入される事例は少ない。

その要因として、ヒリュウ台を利用すると、わい化によって樹の初期生育が緩慢で樹冠容積が小型化するため、1 樹当たり収量が著しく減少する (小林ら, 1995; 堀江ら, 2000; 大倉ら, 2012) ことが挙げられる。このため、苗木を定植後、効率的に樹冠拡大を図る方法の確立が必要とされている。また、順調に樹冠拡大が進んだとしても、カラタチ台と同等に樹高が高くなれば、わい性台木であるヒリュウ台樹のメリットが活かされない。必然的に樹冠容積は小さくなるため、効率的な栽植距離を検討し、ヒリュウ台樹がカラタチ台と同等以上の収量確保が可能であることを実証する必要がある。

本研究では、効率的な樹冠拡大を図る方法として、結実開始後に樹冠拡大が著しく劣ることに注目し、結実開始時期の違いがその後の樹高、樹冠容積、収量等に及ぼす影響について調査を行った。また、カラタチ台樹と同等以上の収量を得るために、密植栽培が必要となるが、その際に適した株間の検討を行った。これらの試験から得られた指標をもってヒリュウ

台ウンシュウミカンの安定生産技術を明らかにした.

第2章 早期樹冠拡大のための結実開始時期

カラタチの変異種ヒリュウ (*Poncirus trifoliata* (L.)Raf. var. *monstrosa*) をカンキツの台木として利用すると、カラタチよりも樹体がわい化する。8年生‘青島温州’では樹高が約70%、樹冠容積が約30%に小型化し(小林ら, 1995)、摘果や収穫を始めとする作業を脚立なしで行うことが可能であると考えられる。普通ウンシュウミカンへのヒリュウ台利用によって低樹高省力栽培と高品質果実の生産が同時に実現できると期待されている。

しかしながら、ヒリュウを普通ウンシュウミカンの台木として利用すると、樹冠拡大が緩慢になりやすい。その上、早期に結実を開始させると、樹齢が進んでも十分な樹冠に達せず、1樹当たり収量が低い。そのため生産現場への導入が困難である(堀江ら, 2000)。普及拡大のためには、早期の樹冠拡大と収量確保が必要であり、これまで、幼木期の剪定の切り返し程度(矢羽田ら, 2002)や育苗および定植時の土壌条件(高取ら, 2005; 矢羽田ら, 2002)が検討されてきた。最近では、無結実期間を延長することで幼木期の樹冠拡大が図れることが明らかとなっている(古川ら, 2005; 矢羽田ら, 2005; 大倉ら, 2007)。しかし、樹冠容積や収量への影響は若木期までの事例しかなく、その後の生育および収量、品質に及ぼす影響について検討がなされていない。

そこで、第2章ではこれまでの幼木期の結実開始樹齢の相違が樹の生育、収量ならびに果実品質に及ぼす影響を明らかにし、結実開始の目安を検討した。

材料および方法

1999年3月にヒリュウ台‘大津四号’の1年生苗を、福岡県筑紫野市の福岡県農業総合試験場果樹圃場(花崗岩埴壌土)に常用防除機での利用を前提として、株間2m、列間5mで定植した。結実開始樹齢を1年生苗定植後3, 4, および5年目とする3区を設定した。2001~2003年にかけて3年目結実開始区より毎年順次結実を開始した。なお本試験では、1年生苗定植時の1999年を1年目とし、9年目の2007年まで樹の生育、収量および果実品質の調査を行った。各試験区に3樹を供試し1区3反復とした。試験樹は、結実開始まで毎年6月中旬~7月中旬にかけて全摘果し、結実開始後は、8月上旬に粗摘果を行い、9月下旬までに葉果比30を目安に仕上げ摘果を行った。ただし、主枝および亜主枝先端部は全摘果し、結実量が葉果比30に満たない樹は摘果を行わなかった。剪定は、主枝および亜主枝先端を3葉程度剪除し、上向きの太い果梗枝と充実の悪い夏秋梢を剪除する程度の弱剪定とした。その他の栽培管理は、福岡県の慣行法に準じた。樹冠容積は、毎年10~11月に樹高、樹幅を測定し、7かけ法(カンキツの調査方法編集委員会, 1987)によって算出した。12月上旬に果実を収穫し、収量と果実品質の調査を行った。隔年結果の強度は、Hoblynらの計算式(隔年結果指数 = $| \text{当年収量} - \text{前年収量} | / (\text{当年収量} + \text{前年収量})$)

(Hoblyn et al, 1936) を利用して指数化した。果実品質は樹内の平均的な果実を 1 樹 5 果、各区計 15 果を調査し、果皮色は農林水産省果樹試験場のカンキツ用カラーチャート、果汁の糖度 (Brix)、クエン酸含量は日園連酸糖度分析装置 (NH-1000, HORIBA) を用いて測定した。また、定植後 8 年目より処理区ごとに樹相の違いが見られたため、定植後 8 年目および 9 年目総葉面積、葉面積密度、葉面積指数 (LAI) を算出した。これらの値は、両年の収穫後にプラントキャノピーアナライザー (LAI-2000, LI-COR, 以降 PCA と表記) を用いて樹体の透過光を測定し、土谷、岩谷らの方法 (土谷ら, 2006; 岩谷ら, 2007・葉面積計算用ワークシート (マイクロソフト Excel ワークシート, 山口大学農学部環境生態学研究室提供) を利用) によって算出した。なお、一部のデータは既報 (大倉ら, 2007) と重複する。

結果および考察

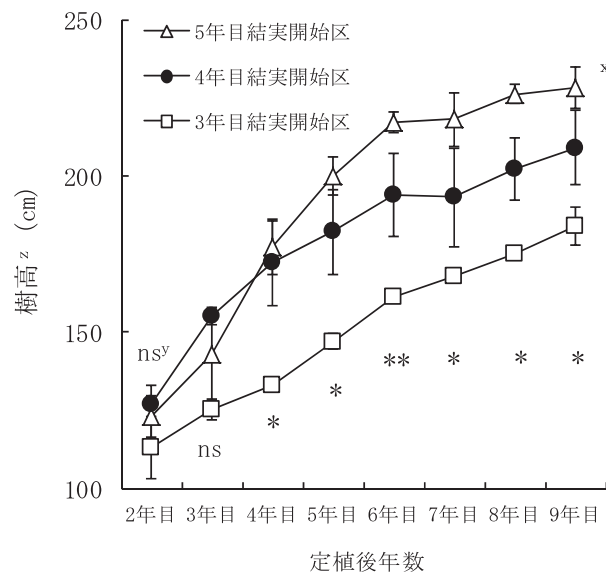
1. 樹高、樹冠容積、葉面積の推移

樹高の推移を第 1 図、樹体の様子を写真 1 に示した。各区の結実開始時の樹高は、3 年目結実開始区 125 cm、4 年目結実開始区 172 cm、5 年目結実開始区 200 cm であった。定植後 4 年目以降の樹高に有意差が生じ、結実開始が遅い区ほど樹高が高く、定植後 9 年目には、3 年目結実開始区 184 cm、4 年目結実開始区 209 cm、5 年目結実開始区 228 cm となった。

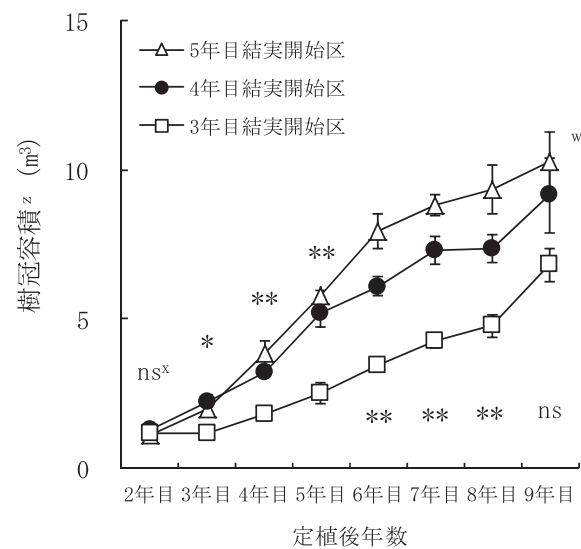
樹幅は、樹高と同様に結実開始が遅いほど早期に拡大し、定植後 3~8 年目に区間差が認められた。このため、結実開始が遅い区ほど早期より隣接樹と枝が混み合う状態が認められた (データ略)。

樹冠容積の推移を第 2 図に示した。各区の結実開始時の樹冠容積は、3 年目結実開始区 1.2 m³、4 年目結実開始区 3.2 m³、5 年目結実開始区 5.8 m³ であった。また、定植後 3 年目以降に樹高と同様、結実開始が遅い区ほど樹冠容積が大きくなる傾向がみられた。すべての区が結実を開始する 5 年目以降は、3 年目結実開始区の樹冠容積が有意に小さく推移したものの、定植後 9 年目に有意差が無くなった。これらの傾向は、これまでの幼木期の報告 (大倉ら, 2007; 矢羽田ら, 2005) に引き続き、生育が進んでも結実開始樹齢や結実開始時の樹冠容積の影響を受け続けていると考えられた。

定植後 8 および 9 年目の総葉面積および LAI に有意差は認められなかった。葉面積密度は、2 か年とも結実開始樹齢が遅い区ほど低くなる傾向がみられた (第 1 表)。結実開始樹齢の相違が葉面積密度に及ぼす影響について今後も調査を続け、どの程度の期間その影響が及ぶか明らかにする必要があると考えられる。



第 1 図 ヒリュウ台‘大津四号’の結実開始時期の違いが樹高に及ぼす影響
^z樹高の測定は毎年10～11月に行った
ただし、2年目の測定は、3年目の3月(発芽前)に行った
^y分散分析の結果、*は5%、**は1%水準の有意差あり、nsは有意差無し
^x垂線は、標準誤差(n=3)を示す



第 2 図 ヒリュウ台‘大津四号’の結実開始時期の違いが樹冠容積に及ぼす影響
^z樹冠容積は7かけ法(樹高×樹幅短径×樹幅長径×0.7)で算出した
^y測定は毎年10～11月に行った
ただし、2年目の測定は、3年目の3月(発芽前)に行った
^x分散分析の結果、*は5%、**は1%水準の有意差あり
^w垂線は、標準誤差(n=3)を示す

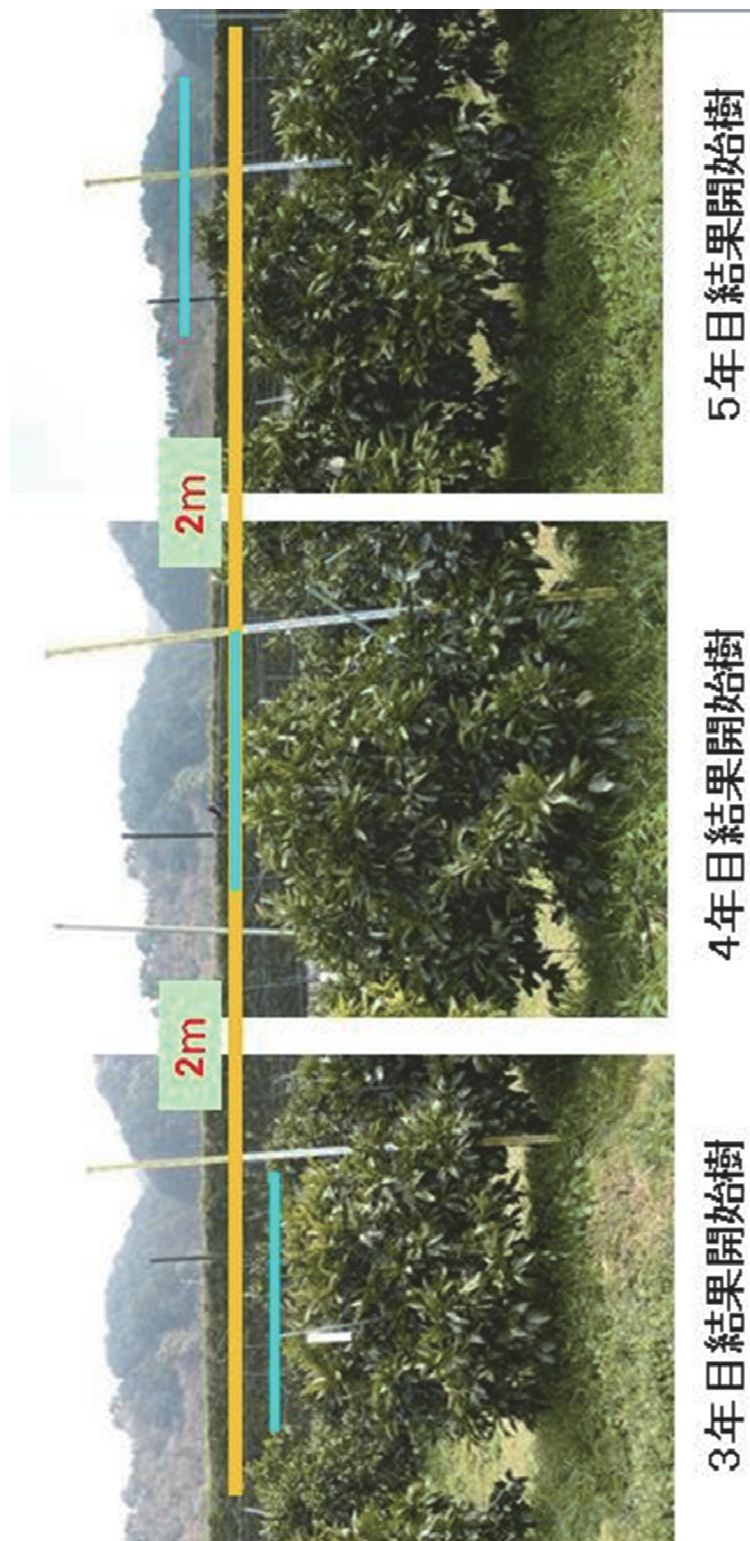


写真 1 結果開始年の違いがヒリュウ台‘大津四号’の樹相に及ぼす影響
 9年生時・平成2007年3月に撮影を行った.
 橙線が 2m、水色線が樹高の先端を示す.

第 1 表 ヒリュウ台‘大津四号’の結実開始時期の違いが樹冠の葉面積等に及ぼす影響

試験区	総葉面積 (m^2)		葉面積密度 ($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$)		LAI ^x		葉面積当たり収量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	
	8年目	9年目	8年目	9年目	8年目	9年目	8年目	9年目
3年目結実開始区	17.9	21.2	4.68a ^z	4.13a	5.42	4.45	1.14ab	1.70
4年目結実開始区	19.1	26.0	3.80ab	3.80a	5.10	5.37	1.70a	1.73
5年目結実開始区	25.1	28.4	3.59b	3.60b	5.47	5.57	0.73b	1.45
	ns ^y	ns	*	*	ns	ns	*	ns

^z Tukeyの多重検定により異なる文字間で5%水準の有意差有り

^y 分散分析の結果, *は5%, **は1%水準の有意差有り, nsは有意差無し

^x LAI (Leaf Area index)= 葉面積指数

ヒリュウ台‘大津四号’において、結実開始年を遅らせることで、樹冠が早期に拡大した。樹高は定植後 4 年目以降から調査期間を通じて、樹冠容積は定植後 3～8 年目に有意な差が生じた。これらのことから定植後 4～5 年目から結実を開始した方が定植後 3 年目からの結実よりも早期樹冠拡大に対して有効で、定植 9 年後においてもその影響が続いていると考えられる。

平野・森岡（1975）は、‘宮川早生’において結実量が多いほど 1 年生枝の生長量が少なくなると報告している。また近泉ら（2000, 2004, 2005）は、‘宮内’イヨにおいて、結実量が多いほど夏秋梢の発生量が減少し、根の生育量が少なくなること、‘不知火’において結実量の多いほど果実へ転流する同化産物の割合が多くなると報告している。中島・堀金（1965）は、‘杉山温州’において無結実樹は、結実樹よりも新梢の伸長量が大きいことを明らかにしている。本報告のヒリュウ台‘大津四号’においても、結実開始が早い場合に着果負担によって樹高および樹冠の拡大が抑制される。逆に無結実期が長くなるほど春枝や夏枝の発生など栄養成長が促され、早期に樹冠拡大が進んだと考えられる。このことは、ヒリュウ台は、結実を開始すると樹の生育が著しく緩慢になるとする高原ら（1994, 2001）、小林ら（1995）の知見と一致した。また、‘大津四号’と同様に樹勢の強い高糖系温州である‘青島温州’（小林ら, 1995）では、8 年生ヒリュウ台の樹高は 141 cm で、対照のカラタチ台の 71.6%であった。本試験の‘大津四号’は、樹高が 202 cm で、カラタチ台の 73%（4 年目結実開始区比）と小林らの事例よりも樹高は高いものの、カラタチ台比はほぼ一致した。小林ら（1995）は、栽培環境によって生育に差は出るものの、同一圃場のカラタチ台との比率はほぼ変わらないと指摘しており、本試験の結果は、その指摘に合致すると考えられる。しかし、結実開始時に樹高が 200 cm であった 5 年目結実開始区は、定植後 9 年目には 230 cm 近くなり、平均的な男性（身長 172 cm）でも踏み台や脚立無しでは管理作業が行き届かなくなった。ワセウンシュウの高うねシートマルチ栽培（松本ら, 2004）やカキの超低樹高一文字整枝（藤島, 2010）において、樹高を 200 cm 以下に維持していくことが省力化の大きな要因となっている。このことから 5 年目結実開始区は樹高が高くなり、作業の省力化が早期に活かせなくなると考えられる。

2. 収量・果実品質への影響

1) 収量

1 樹当たり収量は、結実開始樹齢が異なっても年次ごとの収量に有意な差は認められなかったが、4 年目結実開始区の収量は他区よりも多く、年次による増減も小さい傾向が見られた（第 2 表）。定植後 9 か年の累積収量は、試験区間で有意な差はないが、4 年目結実開始区が 172.7 kg で最も多く、次いで 3 年目結実開始区、5 年目結実開始区の順であった。樹冠容積当たり収量は、4 年目結実開始区が、試験期間を通し、 $4.14 \sim 4.79 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ で推移し、隔年結果指数は 0.09 であったが、他区は年次による変動が大きく、隔年結果指

第2表 ヒリュウ台‘大津四号’の結実開始時期の違いが収量に及ぼす影響

試験区		3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	平均 ^z	累積収量
1樹当たり 収量 (kg)	3年目結果開始区	8.7a ^y	6.2b	17.9	20.9	33.0	21.2	36.0	20.6	143.9
	4年目結果開始区	0.0b	14.6a	22.5	25.2	34.4	32.2	43.8	28.8	172.7
	5年目結果開始区	0.0b ** ^x	0.0b **	20.0 ns	18.2 ns	37.9 ns	18.7 ns	41.4 ns	27.2 ns	136.2 ns
隔年結果指数 ^w										
樹冠容積 当たり収量 ^v (kg・m ⁻³)	3年目結果開始区	7.37a	3.17a	7.19a	6.02a	7.76a	4.44a	5.29	5.83a	0.25ab
	4年目結果開始区	0.00b	4.61a	4.31b	4.14ab	4.71b	4.38a	4.79	4.61ab	0.09b
	5年目結果開始区	0.00b **	0.00b ns	3.45b **	2.29c **	4.31b **	1.97b *	4.04 ns	3.14b **	0.31a **

^z平均は、各区結実開始後の平均値

^yTukeyの多重検定により、異なる文字間で5%水準の有意差あり

^x分散分析の結果、*は5%、**は1%水準の有意差あり、nsは有意差無し

^w隔年結果指数は、結実開始後の|当年収量-前年収量|/(当年収量+前年収量)によって求めた値の平均値

^v樹冠容積は7かけ法(樹高×樹幅短径×樹幅長径×0.7)で算出した。測定は毎年10～11月に行った

数が 0.25, 0.31 となり、4 年目結実開始区の収量が最も連年安定した（第 2 表）。結実開始後の樹冠容積当たり収量の平均値は、結実開始樹齢の早い区が多い傾向があり、3 年目結実開始区と 5 年目結実開始区の間に有意差が認められた。

1 樹当たり収量の累積値に差は認められなかった。収穫回数の最も多い 3 年目結実開始区（樹高 125 cm, 樹冠容積 1.2 m³ 程度で結実開始）は、葉面積密度が高い傾向があり、達観でも葉の着生が密かつ無効容積が少なく、同一葉果比で結実させると、樹冠容積当たり収量が他区よりも多い傾向が見られた。しかし、樹冠容積が小さく総葉面積も小さい傾向があり、収穫年数が最も多いものの、1 樹当たりの累積収量に大きな差は生じなかったと考えられる。また、3 年目結実開始区は、結実開始翌年に大きく収量が減少し、その後、隔年結果を続けたと推察される。本試験では、初結実時から葉果比 30 を目安に結実管理を行ったが、古川ら（2005）は、ヒリュウ台‘青島温州’において初結実時の葉果比を 40～50 とし、その後、葉果比 25～30 とすることで連年結実したことを報告している。初結実時に葉果比 30 を目安に摘果したことは、結果として樹体に対する着果負担が多かった可能性があり、樹体が小さいうちは結実量を制限することで、安定する樹相に誘導できる可能性がある。また、1 年生苗定植後 3 年目（樹高 125 cm, 樹冠容積 1.2 m³ 程度）から着果させる場合、樹冠容積が小さいため、株間を狭くし、栽植本数を多くすることで単位面積当たり収量の確保を図る必要があるが、この点については株間に応じた樹形や剪定法と併せて今後更に検討が必要である。

一方、樹冠拡大が最も進んでから結実を開始した 5 年目結実開始区は、隔年結果の程度が大きく、樹冠容積当たり収量の平均値も 3.14 kg・m⁻³ と他区より少なかった。5 年目結実開始区は、定植後 8 および 9 年目において、3 区の中で総葉面積が大きい傾向があるものの、達観でも葉の着生が疎かつ無効容積が大きく、葉面積密度は最も小さかったため（第 1 表）、葉果比をそろえても樹冠容積当たり収量が少なくなったと考えられる。また 5 年目結実開始区は、同一圃場、同一樹齢のカラタチ台‘大津四号’の樹冠容積当たり収量（3.32 kg・m⁻³）、葉面積密度（8 年目 2.95 m²・m⁻³, 9 年目 2.82 m²・m⁻³）と隔年結果指数（0.29）に差がなく、達観による樹相も 3 試験区の中で最も樹勢が強いとみられた。そのため、5 年目結実開始区（樹高 200 cm, 樹冠容積 5.8 m³）のように、樹冠を過度に拡大してから結実を開始すると、樹冠の早期拡大には有効であるものの、樹相がカラタチ台のようになり年次によって着花減少や生理落果の増加がみられ、隔年結果のため収量性が劣ったと考えられる。今後、隔年結果の是正には、カラタチ台の高糖系温州で行われている枝別群状結実（木原ら、1995）などを積極的に行っていくことが必要である。また、前述したように、高所作業が必要となり前述の省力・軽労化の点が早期に活かせ無くなる。さらに、樹幅も早期に拡大して、隣接樹と枝が混み合うため、早期間伐が必要になる。このため、樹幅の拡大を見越して定植時の栽植距離を本試験の場合よりも広くする必要があると考えられるが、いずれの場合も単位面積当たり収量が少なくなるため、経営上、ヒリュウ台導入

のメリットは小さいと考えられる。

2) 果実品質

果実品質の推移を第3表に示した。果皮色は、3年目結実開始区の定植後4年目および4年目結実開始区の定植後9年目が他区より有意に劣った。調査期間中の果皮色の平均値は、各区間に有意差が認められなかった。Brix、クエン酸含量は、いずれの年次も区間に有意差はなかったが、調査期間中のBrixの平均値は、4年目結実開始区において高かった。果実重は、定植後4～6年目に区間差が生じたが、調査期間中の平均値に有意差は認められなかった。

3年目結実開始区と5年目結実開始区の果実品質は、隔年結果のため、結実開始樹齢の相違による明確な傾向は認められなかった。果実糖度は連年安定して結実した4年目結実開始区の平均糖度が高かった。大庭ら(1990)、木原ら(1995)は、群状結実によって結果部位の結実量を増やすことで果実品質が向上することを報告している。また、宮田・橋本(2002)は、隔年交互結実法による結実年の果実品質は、通常の摘果法による結実樹よりも結実量が多く、果実品質が優れることを報告している。これらの報告では、結実量の増加による果実品質の向上が認められており、隔年結果せず、安定した収量を得た4年目結実開始区の平均糖度が高くなったため、結実開始の時期よりも結実量が影響したものと考えられる。

これらの結果より、早期樹冠拡大に結実開始年を遅くすることは有効であるが、過度に樹冠拡大してからの結実開始は収量性、作業性の点で問題がある。そのため、4年目結実開始区(樹高172 cm、樹冠容積3.2 m³で結実開始)が、連年安定生産による収量確保が同時に図れ、樹冠の早期拡大と作業性の面からも最も優れたことから、1年生苗定植後4年目、樹高170 cm、樹冠容積3 m³程度に達した時がヒリュウ台‘大津四号’の結実開始時期の目安の一つになると考えられた。

第3表 ‘ヒリュウ’ 台‘大津四号’の結実開始樹齢の違いが果実品質に及ぼす影響

試験区	果皮色 ^z								糖度 (Brix)							
	3年目 ^y	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	平均 ^x	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	平均
3年目結実開始区	6.6	3.0b ^v	7.3	7.7	7.5	6.9	7.3ab ^w	6.6	11	9.7b	12	10	11	12	12	11.0b
4年目結実開始区	-	7.4a	7.3	7.7	7.4	7.8	6.9b	7.4	-	11.5a	12	11	12	12	12	11.6a
5年目結実開始区	-	-	7.3	7.2	7.3	7.3	7.5a	7.3	-	-	11	10	12	12	12	11.3ab
試験区	クエン酸含量 (g・100mL ⁻¹)								果実重 (g)							
	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	平均	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	平均
3年目結実開始区	0.79	1.09	0.99	0.80	0.99	1.07	0.92	0.96	161	217a	175ab	194ab	149	172	150	178
4年目結実開始区	-	0.95	0.97	0.79	1.00	0.97	1.17	0.96	-	160b	182a	190b	159	151	152	168
5年目結実開始区	-	-	0.98	0.83	0.98	0.95	1.20	0.99	-	-	159b	233a	148	186	174	182

^z果皮色は、農水省果樹試作成のカンキツカラーチャートによる値

^y定植後年数

^x平均は、各区の結実開始以降の平均値

^wTukeyの多重比較により、同列内の異なる文字間で5%水準の有意差あり

^y定植後4年目の有意性は、t検定の結果である

第3章 収量確保と安定生産に向けた栽植法

国内におけるウンシュウミカンの生産現場では高齢化の進行によって生産者の減少が続いている。産地を維持するとともに生産者所得を向上するために、経営体個々の規模拡大が必要とされており、省力化はその実現に向けた手段の一つである。国内におけるカンキツの台木は、その多くが半わい性（河瀬，1988）～わい性台木であるカラタチである（高原ら，2001）。そのカラタチの変異種ヒリュウを台木とすると、カラタチを台木とするよりもさらにわい化することが明らかとなっており、有望なわい性台木として研究されている（Bitters et al, 1979 ; McCarty and Cole, 1982 ; Roose, 1986）。ヒリュウをウンシュウミカンの台木として利用すると、カラタチを利用した場合よりも樹高が約 70%，樹冠容積が約 30%に小型化する（小林ら，1995），ことが知られている。また，果実糖度（小林ら，1995 ; 矢羽田ら，2003 ; 米本ら，2005），着花・結実性（高原，1999）の向上が報告されている。

一方ヒリュウは，その実生のうち 10%程度が幼苗期の形態では区別できないが，期待するわい化程度を示さないものが存在することが知られており（若菜ら，1990），台木としての均一性が問題視されていたものの，培養等による均質な苗の作成が実用化され（堀江ら，1996 ; 栗原・梶谷，2003），現在，苗木生産を行う上で解決されている。

しかしながら，ヒリュウ台の特徴を活かすことで，カラタチ台よりも低樹高による省力栽培と作業の安全性向上及び高品質果実生産が同時に可能になると期待されているものの，生産現場において従来のカラタチ台に替わって導入される事例は少ない。

その要因として，ヒリュウ台を利用すると，わい化によって樹の初期生育が緩慢で樹冠容積が小型化するため，1 樹当たり収量が著しく減少する（小林ら，1995 ; 堀江ら，2000 ; 大倉ら，2012）ことが挙げられる。そのため，カラタチ台よりも栽植本数を増やし，収量を確保する必要があると考えられる。これまでヒリュウ台カンキツにおける密植栽培の事例は，タヒチライム（Stuchi et al, 2003; François et al, 2012），があるものの，国内におけるウンシュウミカンで株間の違いが長期にヒリュウ台樹の樹体の生育や収量，果実品質へ及ぼす影響は明らかではなく，最適な株間は不明であることが，生産現場における導入指導や経営評価が難しく，普及が遅れている一因であると考えられる。そこで，本研究では，ヒリュウ台ウンシュウミカン‘大津四号’を用いて定植時の株間の違いが樹体の生育および収量，果実品質に及ぼす影響を調査し，ヒリュウ台樹に適した株間の検討を行った。

材料および方法

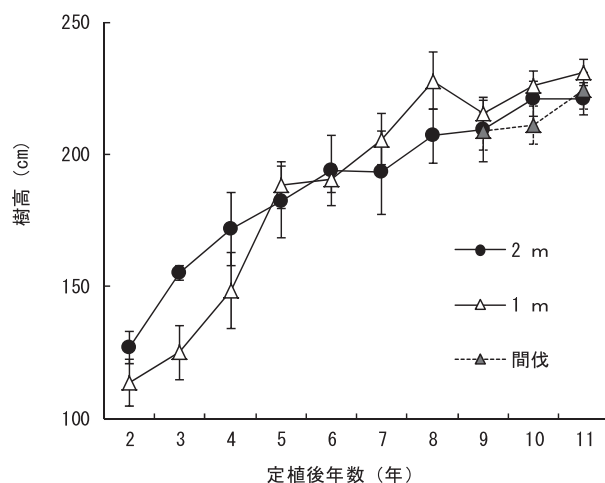
1999 年 3 月にヒリュウ台の‘大津四号’の 1 年生苗を，福岡県筑紫野市の福岡県農業総合試験場果樹圃場（花崗岩埴壌土）に株間を 1 m 区 18 樹および 2 m 区 15 樹とし，生産現場で導入が進んでいるスピードスプレーヤーでの管理を前提に列間を 5 m として定植した。なお本試験では，1 年生苗定植時の 1999 年を 1 年目とし，11 年目の 2009 年まで調査を行

った。調査には各区 3 樹を供し、1 区 1 樹 3 反復とした。試験樹は、定植 3 年目までは全摘果し、樹冠拡大を促し、ヒリュウ台の結実開始の目安となる樹高、樹冠容積（大倉ら,2012）に達した定植後 4 年目から結実を開始した。結実開始後の試験樹は、毎年 8 月上旬に荒摘果を行い、9 月下旬までに葉果比 30 を目安に仕上げ摘果を行った。ただし、毎年主枝、亜主枝先端部は全摘果し、結実量が葉果比 30 に満たない樹は摘果を行わなかった。剪定は、主枝、亜主枝先端を 3 葉程度剪除し、上向きの太い果梗枝と充実の悪い夏秋梢を剪除する程度の弱剪定とした。ヒリュウ台 1 m 区は、定植後 8 年目の収穫後に隣接樹同士の樹冠が重なり、枝が混み合ったため、1 m 区の一部を 1 樹おきに間伐し、株間が 2 m となった 3 樹を間伐区として調査に追加した。また、1 m 区の一部および 2 m 区は間伐しないままの状態で各区 3 樹を調査した。その他の栽培管理は、福岡県の慣行法に準じた。樹冠容積は、毎年 10～11 月に樹高、樹幅を測定し、7 かけ法（カンキツの調査法編集委員会,1987）によって算出した。また、この時に測定した各区の樹幅の平均値を利用し、マイクロソフト Excel で縮尺 100 分 1 の樹冠投影図を作成した。10 樹単位の投影図から面積を算出し、各区の 10a 当たり樹数を乗じた樹冠占有面積から樹冠占有率を算出した。結実を開始した定植後 4 年目より果実収量を、収量の安定した定植後 6 年目より果実品質の調査を始めた。隔年結果の強度は、Hoblyn らの計算式（隔年結果指数＝| 当年収量－前年収量 | / (当年収量＋前年収量)）（Hoblyn et al,1936）を利用して指数化した。果実品質は毎年 12 月上旬に収穫し、樹内の平均的な果実を 1 樹 5 果、各区計 15 果調査し、果皮色は農林水産省果樹試験場のカンキツ用カラーチャート、果汁の糖度（° Brix）、クエン酸含量は日園連酸糖度分析装置（NH-1000, HORIBA）を用いて測定した。また、定植後 8 年目より処理区ごとに樹相の違いが見られたため、定植後 8～11 年目の収穫後に総葉面積、葉面積密度および葉面積指数（LAI）を算出し樹相の指標とした。これらの値は、各年の収穫後にプラントキャノピーアナライザー（以下 PCA）（LAI-2000, LI-COR）を用いて樹体の透過光を測定し、土谷ら（2006）および岩谷ら（2007）の方法により、葉面積計算用ワークシート（マイクロソフト Excel ワークシート、山口大学農学部環境生態学研究室提供）を利用して算出した。

結果

1. 樹高，樹幅，樹冠容積，葉面積および樹冠占有率の推移

樹高の推移を第3図に示した．各区の樹高は，株間の違いによって差は認められなかった．また，定植後8年目の間伐による樹高への影響は認められず，各区の樹高は，定植後11年目で220 cm程度であった．

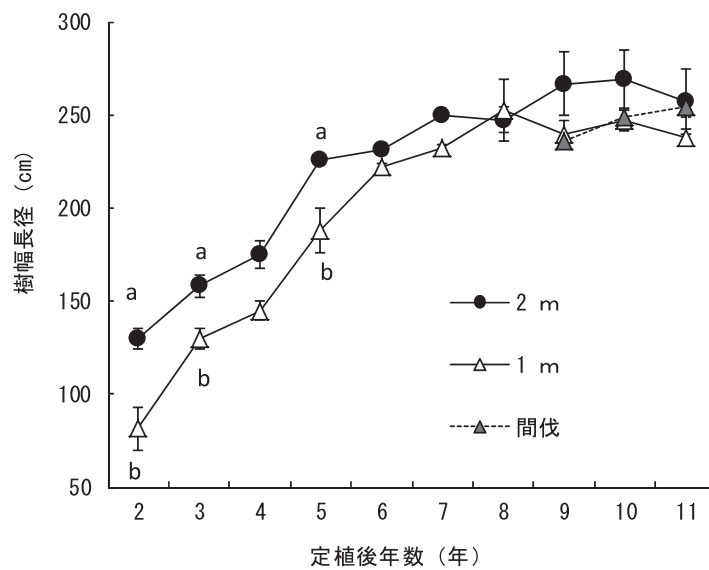


第3図 ヒリュウ台ウンシュウミカン‘大津四号’の株間の違いが樹高に及ぼす影響
樹高の測定は毎年10～11月に行った．ただし，2年目の測定は，3年目の3月（発芽前）に行った．
Tukeyの多重検定により，同年の試験区間に有意差なし．
垂線は，標準誤差 (n=3) を示す．

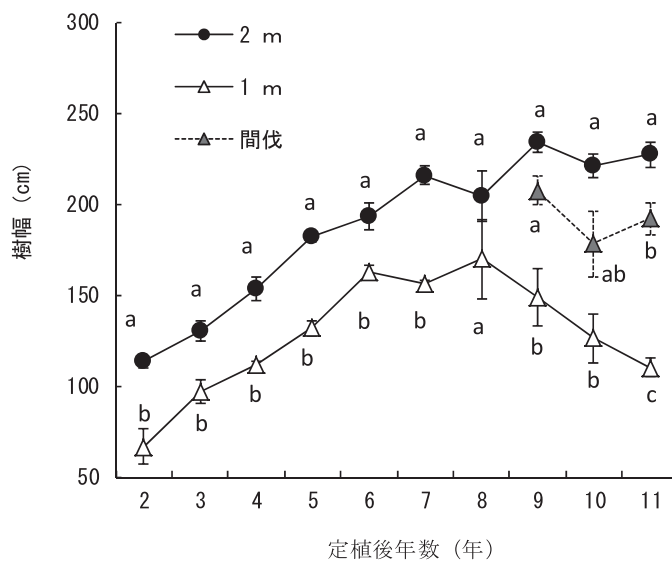
樹幅長径の推移を第4図に示した．各区の株間2 m区が定植後2,3および5年目は，1 m区よりも大きかった．定植後6年目以降，1 m区と2 m区の違いは認められなかった．また，定植後8年目の間伐の影響も認められず，定植後11年目の各区の樹幅長径はいずれも250 cm程度であった．

樹幅短径の推移を第5図に示した．2 m区は，1 m区よりも大きく推移した．1 m区は，定植後8年目以降，隣接樹と作業性に支障が生じる程度に枝梢が混み合うとともに，樹冠の短径が縮小し続けた．間伐区は，間伐後1 m区よりも大きく推移した．2 m区と間伐区は，隣接樹との余裕もあり，定植後8年目以降も樹冠短径の大きな減少は認められなかった．

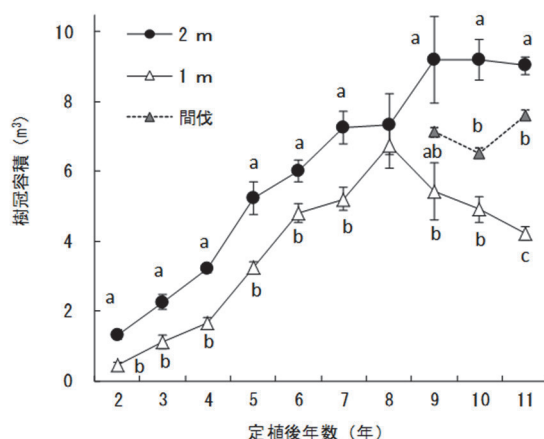
樹冠容積の推移を第6図に示した．2 m区は定植後2～7年目および10～12年目は1 m区より大きくなった．間伐区の樹冠容積は，間伐実施後，2 m区よりも小さく，1 m区よりも大きく推移した．定植後11年目の樹冠容積は，2 m区が9.0 m³，間伐区が7.6 m³，1 m区が4.2 m³となった．



第 4図 ヒリュウ台ウンシュウミカン‘大津四号’の株間の違いが樹幅長径に及ぼす影響
 樹幅の測定は毎年10～11月に行った。ただし、2年目の測定は、3年目の3月（発芽前）に行った。
 Tukeyの多重検定により、同年の異符号間で5%水準の有意差あり。
 符号なしは有意差なし。
 垂線は、標準誤差(n=3)を示す。



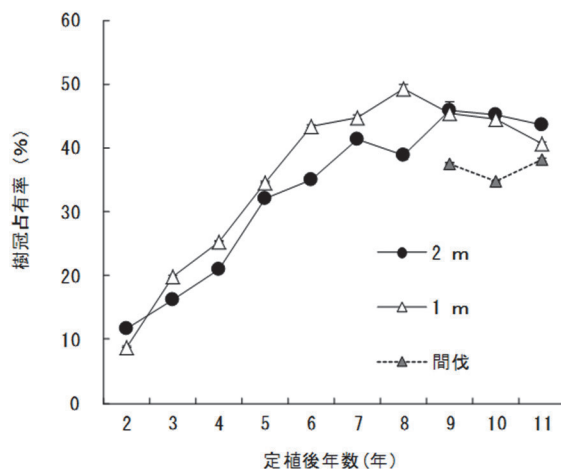
第 5図 ヒリュウ台ウンシュウミカン‘大津四号’の株間の違いが樹幅短径に及ぼす影響
 樹幅の測定は毎年10～11月に行った。ただし、2年目の測定は、3年目の3月（発芽前）に行った。
 Tukeyの多重検定により、同年の異符号間で5%水準の有意差あり。
 同符号間は無意差なし。
 垂線は、標準誤差(n=3)を示す。



第 6図 ヒリュウ台「大津四号」の株間の違いが樹冠容積に及ぼす影響
 樹冠容積の測定は毎年10～11月に行った。ただし、2年目の測定は、3年目の3月（発芽前）に行った。
 Tukeyの多重検定により、同年の異符号間で5%水準の有意差あり。
 同符号間及び符号なしは有意差なし。
 垂線は、標準誤差(n=3)を示す。

樹冠占有率の推移を第 7 図に示した。樹冠占有率は、各区とも樹の生育に従って上昇した。最大値は、2 m 区が定植後 9 年目の 53.5%，1 m 区が定植後 8 年目の 57.3%となった。間伐区の樹冠占有率は、定植後 9 年目（間伐直後）は、43.7%，最大で定植後 11 年目（間伐後 3 年目）の 44.4%となった。最も栽植本数の多い、1 m 区の樹冠占有率が他区よりも早く最大値となり、他区よりも値が高くなった。また、樹冠が混み合い、間伐を実施した間伐区の樹冠占有率は、間伐後に大きく占有率が下がり、各区の最大値より 10%程度低い値となった。

樹相の指標として定植後 8～11 年目における樹冠の総葉面積、葉面積密度および LAI の推移について第 4 表に示した。総葉面積は、定植後 11 年目に 2 m 区が他区よりも大きかった。葉面積密度、LAI に区間差は認められなかった。



第 7図 ヒリュウ台「大津四号」の株間の違いが樹冠占有率に及ぼす影響
 樹冠占有面積の測定は毎年10～11月に行った。

第 4表 ヒリュウ台‘大津四号’の株間の違いが樹冠の葉面積等に及ぼす影響

試験区	総葉面積 (m^2)				葉面積密度 ($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$)				LAI ^y			
	8年目	9年目	10年目	11年目	8年目	9年目	10年目	11年目	8年目	9年目	10年目	11年目
2 m	19.1a	26.0a	25.6a	27.6a ^z	3.80a	3.80a	3.76a	3.63a	5.1a	5.4a	5.6a	5.1a
1 m	19.1a	14.8a	24.8a	20.3b	3.67a	3.44a	3.94a	3.89a	5.2a	5.0a	5.9a	6.0a
間伐	-	-	18.9a	23.4b	-	-	3.38a	3.16a	-	-	4.8a	4.7a

^z Tukeyの多重範囲検定により、同年の異符号間で5%水準の有意差あり.

^y LAI (Leaf Area index) = 葉面積指数.

2. 収量・果実品質への影響

1 樹当たり収量の推移を第 5 表に示した。2 m 区が定植後 5, 7 および 9 年目に他区よりも多かった。1 m 区は定植後 5 年目（結実 2 年目）の収量が大きく減少した。定植後 4 年目以降の 1 樹当たり累積収量は、2 m 区および間伐区が 1 m 区よりも多くなった。

樹冠容積当たり収量の推移を第 6 表に示した。定植後 5 年目に 2m 区が 1m 区よりも多かったが、株間の違いによる明確な傾向は認められなかった。隔年結果指数は、ヒリュウ台 2 m 区が最も小さくなった。

果実品質の推移を第 7 表に示した。定植後 7 年目の果実重、定植後 8 年目の甘味比に差が認められたものの、試験期間を通して株間および間伐による果実品質への影響は認められなかった。

第 5 表 ヒリュウ台‘大津四号’の株間の違いが 1 樹当たり収量に及ぼす影響

試験区	1 樹当たり収量 (kg)								累計 ^z (kg)
	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	11年目	
2 m	14.6a	22.5a ^y	25.2a	34.4a	31.6a	43.8a	35.6a	43.1a	250.8a
1 m	8.4a	0.3b	19.6a	15.5b	23.8a	22.0b	19.4a	25.8a	134.9b
間伐	—	—	—	—	—	20.8b	44.4a	38.4a	171.3a

^z ‘ヒリュウ’ 台間伐区の累計には‘ヒリュウ’ 台 1 m 区の 6～8 年目を含む。

^y Tukey の多重検定により、同年の異符号間で 5% 水準の有意差あり。

第 6 表 ヒリュウ台‘大津四号’の株間の違いが樹冠容積当たり収量に及ぼす影響

試験区	樹冠容積当たり収量 (kg・m ⁻³)								隔年結果 指数 ^y
	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	11年目	
2 m	4.1a ^x	4.4a	4.1a	4.6a	4.6a	4.8a	3.9a	4.8a	0.12b
1 m	4.1a	0.2b	4.1a	3.0a	3.5a	4.1a	3.9a	6.1a	0.40a
間伐 ^z	—	—	—	—	—	2.9a	6.8a	5.0a	0.43a

^z ‘ヒリュウ’ 台間伐区の平均には‘ヒリュウ’ 台 1 m 区の 6～8 年目を含む。

^y 隔年結果指数は, Hoblyn et al. (1936) の下記式によって求めた値の平均値を示す。

$$\text{隔年結果指数} = \frac{|\text{当年収量} - \text{前年収量}|}{(\text{当年収量} + \text{前年収量})}$$

^x Tukey の多重検定により、同年の異符号間で文字間で 5% 水準の有意差あり。

第7表 ヒリユウ台 ‘大津四号’ の株間の違いと間伐の有無が果実品質に及ぼす影響

試験区	果皮色 ^z							果実重 (g)							甘味比										
	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	11年目	平均	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	11年目	平均											
2 m	7.7a ^x	7.4a	8.1a	6.9a	7.0a	7.7a	7.6a	190a	159b	127a	128a	152a	134a	140a											
1 m	7.4a	6.7a	7.3a	6.9a	6.5a	7.1a	7.3a	168a	193a	130a	141a	161a	122a	127a											
間伐	-	-	-	6.7a	7.3a	7.4a	7.2a	-	-	-	147a	143a	140a	143a											
試験区	糖度 (° Brix)							クエン酸含量 (g・100mL ⁻¹)							甘味比										
	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	11年目	平均	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	11年目	平均											
2 m	10.5a	11.6a	11.9a	11.7a	10.8a	12.7a	11.7a	0.79a	1.00a	0.89a	1.12a	0.99a	1.08a	0.97a	15.2a	13.6a	15.7a	12.6a	12.8a	14.7a	14.4a				
1 m	10.1a	11.5a	11.7a	12.0a	10.8a	12.3a	11.4a	0.79a	0.97a	1.03a	1.01a	1.00a	1.15a	0.95a	13.7a	13.6a	13.5b	13.6a	13.0a	12.3a	14.0a				
間伐	-	-	-	11.3a	11.0a	12.4a	11.6a	-	-	-	0.87a	0.83a	1.00a	0.90a	-	-	-	15.1a	15.4a	13.1a	14.5a				

^z 果皮色は、農水省果樹試験研究センターによる値を示す。

^y 平均は、各区の結実開始以降の平均値を示す。

^x Tukeyの多重検定により、同年の異符号間で文字間で5%水準の有意差あり。

考察

カンキツの密植栽培について、わい性台木のヒリュウの有効性がこれまでの研究で指摘されてきた。ブラジルにおいて 12 種類の台木を ‘Okitsu’ に接ぎ調査した結果、ヒリュウは、樹冠容積や樹高が小さくなるものの、果実品質が優れ、単位面積当たり収量が最も優れていた (Cantuarias-Avilés et al,2010) . ‘Tahiti lime’ においても同様に 12 種類の台木の中でヒリュウが高密度栽培に適していることを報告している (Espinoza-Núñez. et al,2011) . しかし、ヒリュウ台カンキツの栽植密度について調査した事例はブラジル (Stuchi et al, 2003) やニューカレドニア (François et al,2012) における ‘Tahiti lime’, ウンシュウ, ポンカン, Clementine および Page (Gheshlaghi et al,2012) の事例があるものの、国内におけるウンシュウミカンの事例は乏しかった。

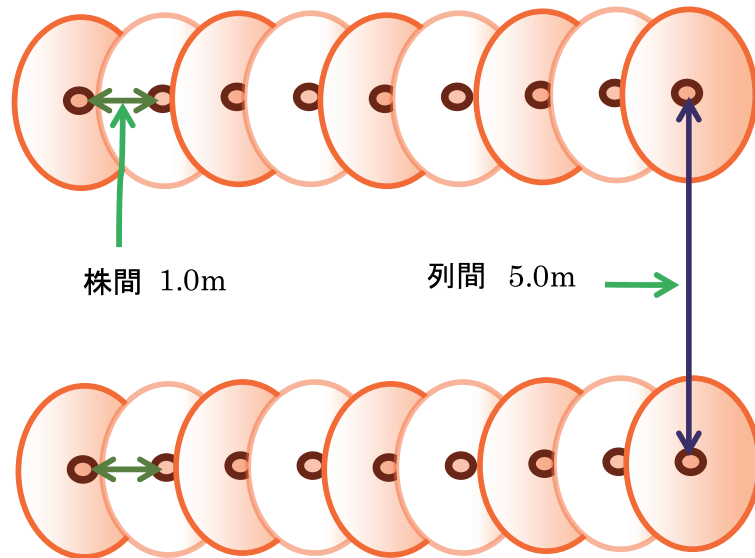
本試験において、ヒリュウ台 ‘大津四号’ の樹体の生育は、株間の違いや間伐の有無によって樹高と樹幅長径に明確な差は生じなかった。一方、Gheshlaghi et al (2012) は、4×4 m, 4×3 m, 4×2m で栽植したウンシュウ, ポンカン, Clementine および Page において、栽植密度は、栄養成長に影響しなかったことを報告している。本試験では、樹幅短径は、1 m 区が定植後 3 年目から小さく、定植後 8 年目を境に減少した。2 m 区および間伐区は、定植後 9 年目以降も樹幅短径の大きな変化は認められなかった。橘・中井 (1989) は、カラタチ台 ‘宮川早生’ において、10a 当たり 250 本 (2.0×2.0 m) 植えの場合、10～16 年生で樹冠拡大が抑制されるが、125 本 (2.8×2.8 m) 植えでは、20 年生を超えても樹冠拡大が進んだことを報告している。このことから、本試験では、1 m 区のように、隣接樹との株間が近い場合、樹冠が早期に隣接樹と相互に干渉し、樹冠拡大が抑制されたと考えられる。また間伐区は、間伐実施後、隣接樹との接触がなくなったため、無間伐の 1 m 区よりも樹冠拡大が進んだことから、カラタチ台よりも樹冠拡大が緩慢とされるヒリュウ台ウンシュウミカンにおいても間伐による樹冠拡大の促進が有効であることが示された。また樹高と樹冠長径は、列間が 5 m でそれぞれの方向に樹冠拡大を阻害する要因 (接触など) がなかったため、株間の違いによる影響は受けなかったものと考えられる。そのため、樹冠容積は 2 m 区>間伐区>1 m 区の順となった。なお樹高は、いずれも定植後 11 年目においても 約 220 cm であり、同一園で同樹齢のカラタチ台樹が樹高 300 cm, 樹幅 400 cm を超すことから、省力栽培に適した状態を維持していると判断できる。

1 樹当たり収量は、調査した 8 か年の累計値と比較すると、樹冠容積の順と同様になった。1 樹当たりの累計は、ヒリュウ台 1 m 区および間伐区が 2 m 区よりも少なく、樹冠容積の差が収量に影響したと考えられる。

ウンシュウミカンにおいて、成園時の樹冠占有率は、80～90%が品質、生産性および作業性の面で妥当と考えられている (岩垣, 1981) . また樹冠占有率は、栽植密度が高いほど早期に増加することが明らかとなっている (橘・中井, 1989) . 本試験においても、最も栽植

密度が高い 1 m 区が最も早く樹間占有率 50%に達した。本試験では、スピードスプレーヤーでの管理のための作業道を確保したため、樹冠占有率は 50%前後にとどまっているものの、株間を縮め栽植本数を多くすることで、樹冠占有率を早期に高めることができたと考えられる。また、樹冠占有率が高いほど単位面積当たり収量が増加する（平野ら,1979）ため、早期に樹冠占有率を高められる 1 m 区が、収量の早期確保にとっても有利であったと考えられる。しかし、1 m 区では定植後 10 年目を境に樹冠占有率が減少した。また、間伐区は、間伐後樹ごとの樹冠は大きくなるものの、樹冠占有率は 50%に達しない状況であった。定植後 11 年目の 1 樹当たり収量から試算すると、いずれの試験区も 10a 当たり 3.8t ～5.1t の収量となり、従来のカラタチ台樹と同等の収量を得られることとなり、経営面でも十分成り立つものと考えられる。

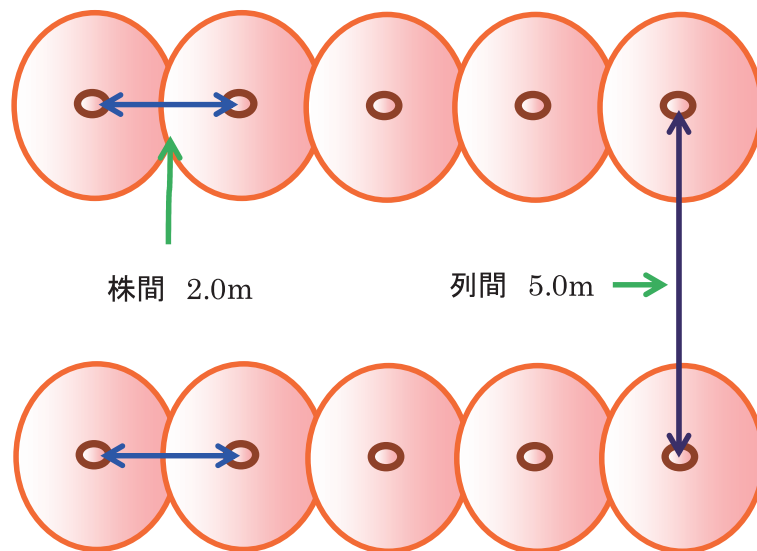
また、筆者らは本試験と平行して、10 年生時の平均的な樹において収穫の作業時間を調査した。ヒリュウ台樹（樹高 225 cm,樹冠容積 7.7 m³）の収穫時間は、カラタチ台樹（樹高 290 cm,樹冠容積 27.7 m³）の 1 樹当たり 26.1%,10 a 当たり 74.6%,1 t 当たり 70.1%であった（データ略）。これらの結果ウンシュウミカン‘大津四号’にヒリュウ台を利用することで、カラタチ台よりも低樹高で省力化に有効とされる樹高 200 cm 程度を維持しつつ、早期収量確保およびカラタチ台と同等以上の単位面積当たりの収量を得られることが明らかになった。ただし、ヒリュウ台を 1 m で定植すると、早期に樹冠が混み合い作業性に困難を来し、その解決のための早期間伐にも余分な労力が必要となる（第 8 図～第 10 図）。平野ら（1979）は、栽植密度を高めるほど葉層が上昇し、樹高が高まることを報告している。今後、株間 1 m で維持する場合、葉層が上昇するに伴い、着果部位が上昇し作業性がさらに悪化する恐れがあり、縮間伐を実施する必要性が生じるものと考えられる。また、隔年結果は 2 m 区で小さいことからヒリュウ台樹における株間は、収量や作業性の点では株間 2 m が望ましいと考えられた。ただし、植栽地の土壌の違いによって樹体の生育が異なることも報告されており（古川・山下, 2003）、実際の定植時には土壌条件を加味して株間を増減させる必要も考えられる。



(間伐未実施樹)

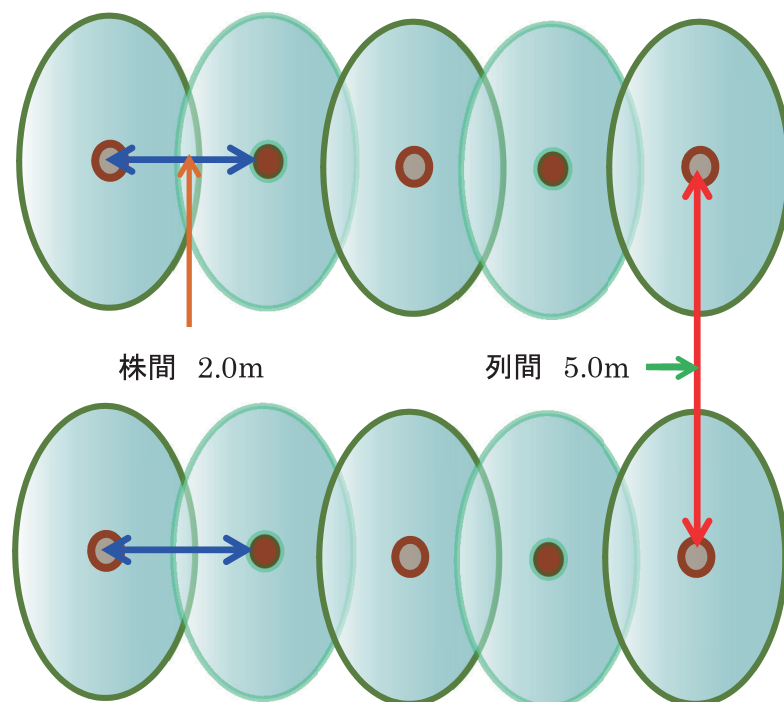
第 8 図 ヒリュウ台 1m 区の定植後 10 年目における樹冠の広がりと収穫の様子

楕円の大きさは各区の樹幅の平均値より算出した樹冠を示す。また、半透明の樹冠は間伐樹を示す。



第9図 ヒリュウ台 2m 区の定植後 10 年目における樹冠の広がりと収穫の様子

楕円の大きさは各区の樹幅の平均値より算出した樹冠を示す。また、半透明の樹冠は間伐樹を示す。



第 10 図 カラタチ台 2m 区の定植後 10 年目における樹冠の広がりと収穫の様子

楕円の大きさは各区の樹幅の平均値より算出した樹冠を示す。また、半透明の樹冠は間伐樹を示す。

果実品質は、株間の違いによる果実品質の相違は認められなかった。下大迫ら（1977）は‘興津早生’において 10a 当たり 250 本植栽し、無間伐で栽培すると果実品質が低下したことを報告した。一方、オウトウ‘佐藤錦’の垣根仕立てにおいて、密植することで単位面積当たり収量を増加させながらも果実品質に影響がなかったことを報告している（富田ら、2008）。前者は、密植による受光態勢の悪化が果実品質低下の要因の一つとしている。しかし、本試験で用いた試験園は、いずれも列間 5 m であり、オウトウの垣根仕立ての事例と同様に列方向の樹間が異なっても大きく受光態勢に悪化しなかったため、ヒリュウ台の株間の違いによる果実品質に差が現れなかったと推察される。薬師寺（1970）は、愛媛県下の調査で樹冠径は 40～50 年生、樹高は 30 年生（15 年生まで特に生育旺盛）、収量は 30～40 年生でピークを迎えることを報告している。今後、ヒリュウ台がさらに樹齢を重ねた場合の樹冠・樹相の変化、収量性、果実品質の推移を調査し、長期にわたるヒリュウ台利用の効果について明らかになることが期待される。

以上の結果から、‘大津四号’などの高糖系ウンシュウミカンにヒリュウ台を利用する場合、株間を 1 m とするよりも 2 m で栽植することで早期に間伐実施する必要がなく、省力栽培に適した低樹高を維持したまま、連年安定した収量が得られることが示された。

第4章 総合考察

ヒリュウの台木としての有用性は樹高の小型化による省力化や、品質向上の面で期待されてきたもの、早期の樹冠拡大と収量確保が普及上の大きな課題となっていた。またヒリュウ台樹の栽培ポイントが明らかとされておらず、これまで導入された栽培現場の多くで、従来のカラタチ台と同様の栽培管理（特に結実管理）、を行ったため、ヒリュウ台樹は、樹冠容積が小さく、収量がいつまでも増えないものとして認識されている。これまで樹冠拡大に関して、定植時に空隙率の高いバーク堆肥の施用（高取ら，2007）や粒状培土の利用（矢羽田ら，2001）で樹冠拡大が有利になることが報告されている。また、近年ヒリュウ台樹の大苗（2年生苗）の供給も行われており、1年生苗を圃場に定植するよりも短期間での樹冠拡大が期待される。さらに、点滴灌水などを利用することによって適度な土壤水分状態を維持することで根の生育を促進する（浜名ら，2009）とされており、基盤整備やマルドリ栽培などの灌水施設と同時にヒリュウ台樹を導入することで早期の樹冠拡大が期待される。

樹冠拡大期には、全摘果が有効である。しかし、園地全体の苗木を摘果するのは多大な労力を必要とする。筆者らは、カラタチ台樹で有効とされているヒリュウ台樹においてもジベレリンの冬期散布による着花抑制と新梢確保が有効であることを確認している。また、幼木期には、エチクロゼートやナフタレン酢酸による摘果剤の利用も有効であり、効率よく摘果および新梢を確保し、樹冠拡大を促す必要がある。また、結実樹齢に達したものの、園地内には樹冠拡大が遅れる樹も発生することがある。この場合は、生理落果終了後の6月下旬から7月上旬に樹冠上部摘果を実施し、夏枝を発生させることで全面結実よりも樹冠拡大を図りつつ果実生産が可能であることを確認している。

定植後十分な樹冠容積を確保し、結実を開始してからは省力栽培に適した樹体を維持しつつ、安定した生産量確保が課題となる。ヒリュウ台の特徴として、着花・結実性が良い（高原，1997・松本ら，2005）ことが知られている。そのため、ヒリュウ台樹で、結実過多になり樹冠拡大が鈍化するだけでなく、樹勢低下や隔年結果を引き起こす原因となっている。省力化と、生産安定を目的に樹別や園地別で計画的に2年に一度結実させる隔年交互結実法（宮田・岡崎，2004）が知られている。ヒリュウ台丹生系で隔年交互結実法を行った場合、遊休年の新梢伸長が劣り、樹冠拡大が進まなくなる場合があることが報告されている（森口ら，2005）。また、筆者らは、ヒリュウ台青島温州において40果・ m^{-3} 以上の着果となると翌年の着花が減少し、着果不足になることを明らかにしている（大倉ら，2009）。このことは、いかに着花性が良いとされるヒリュウ台樹においても、着果過多による隔年結果と結実開始後の樹勢低下を起こすことを示している。筆者らは、先の調査から、ヒリュウ台青島温州では、着果量が25～30果・ m^{-3} （葉果比25～30）とすることで連年結実することを明らかとした。樹冠拡大後の結実管理として重要である。着果管理は、先にも述べたエチクロゼートやナフタレン酢酸による摘果剤の利用が一般化されており、着果過多である場合、ヒ

リュウ台樹でも積極的な利用が必要であろう。

また、連年安定生産を進めるうえで、ヒリュウ台樹に適した母枝確保、樹相の誘導は重要である。樹冠が十分に拡大してからは、カラタチ台樹と同様に枝別摘果による郡状結実で、結実枝と予備枝の設定が基本となる。また、4枚以上の葉を持つ有葉花や強い徒長枝の摘葉処理による弱枝梢確保は、ヒリュウ台樹でも有効であることを確認している。これらの処理で発生する枝梢は、10 cm 程度のものが多く、着花性が高いことが明らかとなっており、安定生産には欠かせないものである。さらに、高品質化のためシートマルチ栽培も不可欠である。ヒリュウ台‘青島温州’の幼木期より4か年連続でシートマルチ栽培行ったが、無処理のヒリュウ台樹よりも高糖度かつ翌年の着花が安定する傾向が見られた。これらの技術は、カラタチ台樹で培われたものであるが、ヒリュウ台樹においてもある程度樹冠拡大が進んだ後であれば、台木が異なっても活用可能な技術であると考えられ、積極的な利用が必要であろう。

収量の確保は、単位面積当たりの栽植本数を多くすることで担保できるものの、過度の密植は早期の間伐や作業性の悪化から不適であることが明らかとなった。本研究では、株間 1 m 植えが、2 m 植えよりも単位面積当たりの収量は多くなることが明らかとなった。しかし 2.0×3.5m 植（143 本/10a）とした場合の試算では、1年生苗定植後7年目以降 4.5～6.2t/10a とカラタチ台の場合よりも早く 4t/10a 以上の収量が得られた（大倉ら、2009）。2 m 植えであってもカラタチ台樹より早期の収量確保が可能であり、これまで課題とされていた収量性についても問題の解決は可能である。

ヒリュウ台の利用は、現時点では限定的である。しかし、一部の生産者が成果を上げており、今後利用拡大に期待がかかる。福岡県内では、12月収穫のウンシュウミカンが青島温州が主力である。樹勢が強く、高木化しやすいものの、貯蔵性に優れるため、栽植が進んでいる。しかし、近年の温暖化、収穫前の降雨等によって、浮皮が発生し、問題となっている。これを解決する品種として今村温州の導入が検討されている。今村温州は、浮皮しにくく食味が非常に優れるものの、樹勢が強く青島温州よりも隔年結果の激しい品種として知られている。この今村温州にヒリュウ台を利用することで、低樹高で隔年結果の少ない栽培が可能になるため、今後導入が進むものと考えられる。また、各地の試験場では、中晩柑への利用が検討されている。河内晩柑や清見（神山ら、2009）、天草、あまか（米本ら、2005）、レモン（赤坂ら、2008）などウンシュウミカン以外のカンキツでの試験事例も報告されている。ウンシュウミカン同様、低樹高化による省力化が期待されるとともに、清見など樹勢が強く隔年結果の著しい品種では、樹勢が落ち着くことで安定生産に寄与できると期待されおり、今後ヒリュウ台の利用場面は増えるであろう。その際、穂木品種によって程度は異なるものの、本研究で得られた知見のように十分な樹冠拡大の後に結実を開始すること、カラタチ台樹よりも密植にすることでヒリュウ台の特性を生かした各種カンキツの低樹高省力栽培が可能にあると期待される。

摘 要

国内におけるウンシュウミカン (*Citrus unshiu* Marcow) の生産現場では、高齢化の進行によって生産者の減少が続いている。産地を維持するとともに生産者所得を向上するために、経営体個々の規模拡大が必要とされており、省力化はその実現に向けた手段の一つである。国内で栽培されているカンキツ (*Citrus* L.) の台木の大半は、半わい性とされるカラタチ (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) であり、国内産地の気象、栽培条件に適し、台木として優れた性質を持つ。しかし、‘青島温州’や‘大津四号’に代表される普通ウンシュウミカンは、成木となれば樹高は 3 m を超え、栽培管理には高所作業を伴い、時間と労力を要するとともに落下事故などの危険が伴う。カラタチの変種であるヒリュウをウンシュウミカンの台木として利用すると、カラタチを利用した場合よりも樹高が約 70 %, 樹冠容積が約 30 % に小型化することが知られている。また、果実糖度、着花・結実性の向上が報告されており、ヒリュウ台の特徴を活かすことで、カラタチ台よりも低樹高による省力栽培と、作業の安全性向上及び高品質果実生産が同時に可能になると期待されている。

しかし、生産現場において従来のカラタチ台に替わって導入される事例は少なく、その要因として、ヒリュウ台を利用すると、わい化によって樹の初期生育が緩慢で樹冠容積が小型化するため、1 樹当たり収量が著しく減少することが挙げられる。そのため、いかにして初期の樹冠拡大を図り、1 樹当たりの収量を確保するとともに、カラタチ台よりも栽植本数を増やし、単位面積当たりの収量を増やす必要があると考えられた。

まず、結実開始後の樹冠拡大が緩慢になることから、樹冠拡大を図るために、ヒリュウ台‘大津四号’の結実開始時期を遅らせ、樹冠拡大、収量、および果実品質に及ぼす影響について検討した。結実開始樹齢を 1 年生苗定植後 3, 4 および 5 年目とする 3 区を設置し、樹高、樹冠容積、樹ならびに樹冠容積当たり収量、果実品質について各区分で比較した。試験の結果、果実品質と結実開始樹齢との間には明らかな傾向は認められなかった。次に、樹体の生育、収量性および作業性の面から結実開始樹齢を検討したところ、早期に結実を開始した 3 年目結実開始区は、樹冠容積が小さく 1 樹当たり収量も少なかった。結実開始時の樹冠容積が最も大きかった 5 年目結実開始区は、既報の通り早期に樹冠拡大が図れたが、最も樹高が高く、作業性が劣るとともに隔年結果が大きいため、収量性が劣った。4 年目結実開始区は、適度に樹冠が拡大し、隔年結果が最も少なく、定植後 9 年間の累積収量が最も多かった。本試験では、1 年生苗定植後 4 年目 (樹高 172 cm, 樹冠容積 3.2 m³) より結実を開始したものが樹冠の早期拡大が図れ、収量性と作業性の両面から最も優れたため、‘ヒリュウ’台‘大津四号’の結実開始樹齢の目安の一つになると考えられた。

次に、単位面積当たり収量を確保するために、栽植本数を増やす際の株間の違いが樹体生育、収量および果実品質に及ぼす影響について調査を行い、ヒリュウ台栽培に適した株間について検討を行った。定植時の株間が 1 m (一部定植後 8 年目に間伐)、2 m として調査を

行った。その結果、株間の違いや間伐の有無によって樹冠短径以外の樹体生育および果実品質に大きな影響は無く、低樹高を維持した。収量は、株間を 2 m としたものが多く、隔年結果指数も小さかった。以上のことから株間を 2 m とすることで、省力栽培に適した低樹高を維持したまま、連年安定した収量を得られることから、ヒリュウ台‘大津四号’の定植時の株間の目安として適していると考えられた。

これらの研究の結果から、ヒリュウ台ウンシュウミカンを栽培する際に、栽植時の株間は 2 m を基準とし、苗木を定植後 4 年間程度、目安となる樹高 170 cm、樹冠容積 3m³程度に生育するまで無結実とし、十分に樹冠拡大を図ってから着果させることで、ヒリュウ台の特徴である低樹高を維持しつつ、収量が連年安定し、同樹齢のカラタチ台樹と同等の単位面積当たり収量を得られることが明らかとなった。

Abstract

There are few examples that a satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marcow. cv. 'Otsu-No.4') trees grafted on Hiryu(*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. var. *monstrosa*) rootstock is introduced, and the yield per 1 tree is remarkable, and the factors include that they decrease because the initial growth of the tree is slow, and the canopy downsizes it by dwarfing when I use a Hiryu rootstock. Therefore I planned how early canopy expansion and secured the yield per tree and increased the number of the trees than a trifoliolate orange rootstock, and it was thought that it was necessary to increase the yields per unit area.

For canopy expansion effects of different first bearing years (3, 4, or 5 years after planting) on the tree growth, yield and fruit quality of satsuma mandarin trees grafted on dwarf rootstock Hiryu were investigated. No relationship was found between the first bearing age and fruit quality. The later the first bearing, the larger the canopy volume became, however, trees that began to bear from 5 years after planting were large and higher alternate bearers. On the other hand, trees that began to bear from at 3 years after planting showed less growth and production. In consequence, trees that began to bear from 4 years after planting (tree height 172 cm, canopy volume 3.2 m³) had the best productivity and work efficiency.

To make dense planting, in an experiment, conducted the tree growth (tree height, canopy width, canopy volume), yield and fruit quality of Satsuma mandarin trees grafted on dwarf rootstock Hiryu were evaluated at three planting spaces; The planting spaces distance between trees was 2 m and 1 m (8 years after planting, the distance changed from 1 m to 2 m by tree thinning.). Planting spaces distance and thinning did not affect fruit quality and tree growth, except canopy width of short trees. The use of a 2 m-planting spaces distance, however, resulted in the smallest biennial bearing index and a stable yield. These results suggest that a 2 m-planting spaces distance suitable for 'Otsu-No.4' trees grafted on Hiryu rootstock to facilitate stable annual fruit production and appropriate tree height for labor-effective cultivation.

謝辞

本論文を取りまとめるにあたり，山口大学農学部教授山本晴彦博士には懇切なご指導，有益なご教授と校閲を賜った．また，福岡県農林業総合試験場副場長矢羽田二郎博士には，本研究を進めるにあたり，ご指導，ご助言，論文のご校閲を賜った．同試験場苗木・花き部苗木・花きチーム長松本和紀氏には，かんきつ研究に関する幅広いご助言とご指導をいただいた．また元果樹部果樹栽培チーム職員松生茂久氏，同職員勝田英樹氏，同臨時職員，小田切孝子氏，田中みゆき氏，日永田泉氏，伊藤陽子氏，下村善恵氏，吉田由美氏，高原木綿子氏には，試験に利用した試験圃場の管理から各種調査，実験の補助をしていただいた．ここに本研究の遂行に際し多大なご協力とご援助をいただいたすべての関係者に感謝の意を表す．

引用文献

- 赤坂信二・池田裕朗・塩田 俊, 2010, 台木の違いがレモンの樹体生育, 収量, および果実形質に及ぼす影響, 広島農技セ研報. 87:45-50.
- Bitters, W.P. D.A.Cole and C.D.McCarty. 1979. Facts about dwarf citrus trees. Citrograph. 64:54-56.
- Cantuarias-Avilés, T., F.M.Filho, E.S.Stuchi, S.R.Silva and E.E-Núñez. 2010. Tree performance and fruit yield and quality of 'Okitsu' Satsuma mandarin grafted on 12 rootstocks. Scientia Hort. 123:318-322.
- 近泉惣次郎・日野 昭・水谷房雄. 2004. 着果数の違いが'宮内' イヨの樹体生長に及ぼす影響. 愛媛大農場報. 26:9-16.
- 近泉惣次郎・日野 昭・水谷房雄. 2005. 3年生樹の'宮内' イヨの着果数の違いが樹体生長と果実品質に及ぼす影響. 愛媛大農場報. 27:19-25.
- 近泉惣次郎・日野 昭・山下直樹. 2000. '不知火'の結実が樹体生長及び光合成産物の分配に及ぼす影響. 園学雑. 69 (別2):275.
- Erick Espinoza-Núñez, F.M.Filho, E.S.Stuchi, T.C-Avilés and C. T. S.Dias. 2011. Performance of 'Tahiti' lime on twelve rootstocks under irrigated and non-irrigated conditions. Scientia Hort. 129; 227-231.
- François Mademba-S, Z.L-Desprez, and S.Lebegin. 2012. Use of flying dragon trifoliate orange as dwarfing rootstock for citrus under tropical climatic conditions. HortSci. 47:11-17.
- 古川 忠・山下義明. 2003. 土壌別ヒリュウ台「青島温州」のわい性効果. ながさき普及技術情報. 23:107-108.
- Gheshlaghi, E., A. Fifaei, R. Majaddad and D. J. Farzam, E. 2012. Study of planting density of four mandarin cultivars on 'Flying Dragon' rootstock. International J. AgriSci. 12:1093-1102.
- 浜名洋司・塩田勝紀・川崎陽一郎. 2013. 5月から9月の土壌水分管理がウンシュウミカン'石地'の根の生育および果実形質に及ぼす影響. 園学研. 12. 35-41.
- 平野 暁・森岡節夫・橘 温. 1979. ウンシュウミカンの栽植密度に関する研究(第3報) 密度および樹令とほ場面積あたり収量との関係. 園学要旨. 昭54年春:22-24.
- 平野 暁・森岡節夫. 1975. カンキツの着果程度と樹の生長および収量との関係(第1報). 園学雑. 44:99-106.
- Hoblyn, T.N., A.C.Grubb, A.C.Painter and B.L.Wates. 1936. Studies in biennial bearing I. J. Pom. Hort. Sci. 14:39-76.
- 堀江裕一郎・鶴 丈和・草野成夫. 1996. 組織培養カラタチの発根法とヒリュウ台木への

- 利用. 福岡農総試研報 15:64 - 67.
- 堀江裕一郎・大庭義材・松本和紀・栞原 実. 2000. ウンシュウミカン‘今村温州’の生育, 収量および果実品質に及ぼす‘ヒリュウ’台木の効果. 九州農業研究. 62: 228.
- 岩垣 功. 1981. 温州ミカン各種樹形の合理性と問題点. 農業および園芸. 56: 894-898.
- 岩谷 潔・山本晴彦・土谷安司. 2007. プラントキャノピーアナライザーによる樹冠葉面積の計測. 農業技術体系追録第 22 号 第 1-1 巻 技術編 22 の 20-23. 農文協. 東京.
- カンキツの調査方法編集委員会. 1987. カンキツの調査方法. p. 1. 農林水産省果樹試験場興津支場. 静岡.
- 河瀬憲次. 果樹のわい化栽培-11-カンキツのわい化栽培. 1988. 農業および園芸. 63:657-662, 養賢堂.
- 神山光子・古川珠子・奥田良幸・猪原健一. 2009. ‘ヒリュウ’台カンキツ‘清見’, カワチバンカンおよび高しょう系ボンカンの特性並びに省力化. 熊本農技セ研究報告. 17; 47-52
- 小林康志・大野文征・岡田正道・鹿野英士・牧田好高・加々美 裕・井口 功・原 節夫・黒柳栄一・佐々木俊之. 1995. ‘ヒリュウ’台木が‘青島温州’の生育・収量・果実品質に及ぼす影響. 静岡果試研報. 26: 23-30.
- 栞原 実・梶谷裕二. 2003. 組織培養で増殖したカンキツ台木‘ヒリュウ’の早期育苗法. 園芸学会九州支部研究集録. 11:13.
- McCarty, D. and A Cole. 1982. Flying dragon: a potential dwarfing rootstock. Citograph. 67:71-72.
- 中島芳和・堀金正巳. 1965. 結実が温州ミカン幼樹の生育及び養水分吸収に及ぼす影響. 高知大学報自然科学Ⅱ. 14: 7-15.
- 農林水産省生産局. 2008. 品目別生産コスト縮減戦略. 6-1; 110-124.
- 緒方達志・高原利雄・村松 昇. 1994. カンキツにおける根の Hydraulic Conductivity と TR 率との関係. 園学雑. 63 (別 1): 154.
- 大倉英憲・牛島孝策・矢羽田第二郎・松本和紀・村本晃司・井樋昭宏・巢山拓郎. 2007. ‘ヒリュウ’台ウンシュウミカン若齡樹の結果開始時期が果実収量および品質に及ぼす影響. 園学研. 6 (別 1): 46.
- 大倉英憲・牛島孝策・矢羽田第二郎・松本和紀・村本晃司・井樋昭宏・巢山拓郎. 2012. ‘ヒリュウ’台ウンシュウミカン‘大津四号’の結果開始樹齡の違いが樹体の生育と収量, 果実品質に及ぼす影響. 園学研. 11:69-74.
- 大倉英憲, 牛島孝策, 矢羽田第二郎, 松本和紀, 村本晃司, 井樋昭宏. 2009. カンキツ連年安定生産のための技術マニュアル 5-1. 近中四農研セ. 香川.
- Roose, M L. 1986. The potential for dwarfing rootstocks for citrus Calif. Citrograph. 71. 225-229.

- 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）密植園の間伐方法と日射量、品質の関係について. 九州農業研究. 39:185-186.
- Stuchi, E. S. L. C. Donadioal and O. R. Sempionatoal. 2003. Performance of Tahiti lime on *Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* Flying Dragon in four densities. *Fruits*. 58:3-17
- 橘 温・中井滋郎. 1989. 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.
- 高原利雄. 1999. 農林水産研究文献解題 No. 22 果樹栽培の低コスト・省力技術. 第3章1(2) 台木. p. 99-105. 農林水産技術会議事務局編. 農林統計協会. 東京.
- 高原利雄・緒方達志・藤沢弘幸・村松 昇. 2001. ウンシュウミカン‘白川’の生育・収量と果実品質に及ぼす各種台木の影響. 果樹試報. 35: 99-107.
- 高原利雄・緒方達志・河瀬憲次・岩垣 功・村松 昇・小野祐幸・吉永勝一・廣瀬和榮・山田彬雄・高
- 富田 晃・新谷勝広・渡辺晃樹・猪俣雅人. 2008. オウトウ垣根仕立ての収量に及ぼす栽植密度と結果枝構成の影響. 園学研. 7:97-101.
- 辻豊二・内田 誠. 1994. 大谷伊予柑の生育と果実品質に及ぼす各種台木の影響. 果樹試報. 26: 36-60.
- 土谷安司・岩谷 潔・山本晴彦. 2006. PCA（プラントキャノピーアナライザー）とデジタル魚眼画像を用いたカンキツ樹における総葉面積の推定. 中国・四国の農業気象. 19: 82-85.
- 若菜 章・一色司郎・白石真一・花田伸章・安河内幸一. 1990. ヒリュウに出現する極矮性実生の起源と特性. 園学雑. 59（別2）:12 - 13.
- 薬師寺清司. 1970. 温州ミカンの栽植密度に関する研究—計画密植の基礎理論—. 愛媛果試報. 6:1-86.
- 矢羽田第二郎・松本和紀・堀江裕一郎. 2002. ‘ヒリュウ’台ウンシュウミカンの大苗育苗と切り返しせん定程度が幼木の樹冠拡大に及ぼす影響. 九州農業研究. 64: 199.
- 矢羽田第二郎・牛島孝策・松本和紀. 2003. ‘ヒリュウ’台ウンシュウミカン果実の発育・成熟過程における果汁の糖集積の特徴. 園学研. 2: 39-44.
- 米本仁巳・松本和紀・古川 忠・浅川将暁・奥田 均・高原利雄. 2003. 台木および着果負担が‘白川温州’（*Citrus unshiu* Marc.）の樹液流動速度に及ぼす影響. 園学雑. 72（別2）: 105.
- 米本仁巳・高原利雄・奥田 均・緒方達志. 2005 ‘カラタチ’と‘ヒリュウ’台木がカンキツ新品種‘天草’と‘せとか’の若齡樹の生育、収量および果実品質に及ぼす影響. 園学研. 4: 81-84.