

BULLETIN
OF
THE HIROSHIMA PREFECTURAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE
AGRICULTURAL TECHNOLOGY RESEARCH CENTER

December 2025

広島県立総合技術研究所 農業技術センター研究報告

モモの樹体ジョイント仕立てによる早期成園化，作業の
省力化および果実形質と樹勢の均質化効果に関する研究

第 102 号
令和 7 年 12 月

広島県立総合技術研究所
農業技術センター

(広島県東広島市八本松町原)

モモの樹体ジョイント仕立てによる早期成園化，
作業の省力化および果実形質と樹勢の均質化効果に関する研究

キーワード：育苗法，作業時間，せん定，心拍数増加率，収量

浜名 洋司

博 士 論 文

モモの樹体ジョイント仕立てによる早期成園化，作業の
省力化および果実形質と樹勢の均質化効果に関する研究

平成 2 9 年 3 月

広島大学大学院生物圏科学研究科

浜 名 洋 司

博 士 論 文

モモの樹体ジョイント仕立てによる早期成園化，作業の
省力化および果実形質と樹勢の均質化効果に関する研究

平成 2 9 年 3 月

広島大学大学院生物圏科学研究科

環境循環系制御学専攻

浜 名 洋 司

目次

第 1 章 緒論	1
第 2 章 モモの樹体ジョイント仕立てに適した育苗方法	10
緒言	10
材料および方法	12
結果	17
考察	19
要約	23
第 3 章 モモの樹体ジョイント仕立てと一文字形整枝における樹体 生育，果実生産および作業の省力性の比較	30
緒言	30
材料および方法	31
結果	37
考察	41
要約	50
第 4 章 モモの樹体ジョイント仕立てと開心自然形整枝における樹体 生育，果実生産および作業の省力性の比較	63
緒言	63
材料および方法	65
結果	68
考察	70
要約	74
第 5 章 総合考察	80
要旨	90
引用文献	95
謝辞	101

第1章 緒論

モモの仕立て法における課題

モモの栽培においては、産地および生産者により多種多様な仕立て法が採用されている。広島県内のモモ産地でも、中部産地では開心自然形整枝、南部産地では双幹形仕立てをそれぞれ主体としており、産地ごと、生産者ごとに採用している仕立て法は異なっている。開心自然形などの従来から一般的に採用されている立木仕立て（第1図）は、樹高が5 m以上と高く、大きな脚立を必要とし、非効率で、危険性が高く、かつ樹内での新梢の勢力や日照条件の違いなどに配慮して管理しなければならない。そのため、習得するには長い栽培経験が必要となり、新規参入、雇用労力による規模拡大の障壁となってきた。特に各仕立て法の樹形を形成するためのせん定を中心としたモモの栽培管理の技術継承の困難さは、後継者確保の障害ともなっており、生産者の高齢化が進む中で、産地の生産面積が縮小してきている大きな要因ともなっている。

広島県におけるモモ産地の課題

広島県内においても、モモ産地では生産者の高齢化が進む中で技術継承の困難さにより後継者が確保できず、栽培面積は年々減少してきている。一方で、県内市場では県内産のモモに一定の需要があるが、それを充足できておらず、産地には生産の拡大が期待されている。従って、県内におけるモモ生産の維持および拡大のためには、高齢の生産者でも管理が容易で栽培を継続することが可能で、新規の生産者でも技術習得が容易な単純かつ省力な栽培技術の確立が必要となっている。

既存のモモの仕立て法について

これまでも国内外の研究機関や生産者などが作業の省力化や栽培管理作業の単純化を目指して多様な仕立て法を開発してきた（第1表）。国外では、大きく分けて開心形仕立て、パルメット仕立て、主幹形仕立て、Y字形などの棚仕立てがあり、地域ごとに育成方法と仕立て法の呼称が異なる。

国内における立木仕立てとしては、2本主枝平行並列植が提案され、3本主枝の開心自然形と比較して省力的であることが報告されている（佐藤ら，1983；佐藤・八巻，1985）。垣根仕立ての一つである主幹形仕立ては、島村ら（2000）が、ユスラウメ台および共台で、その有効性を明らかにしている。長野県では、低樹高化と果実の均質化を目的に傾斜させた主幹からなる斜立主幹形仕立てが導入されている。香川県では、傾斜地における斜立主幹形仕立てでは、果実品質のばらつきが小さく、作業効率が向上することが報告されている（山下ら，1998）。生産者等により開発された仕立て法もあり、大草流と呼ばれる開帳形や大藤流と呼ばれる自然形などの導入も進んでいる。福島県では、志村ら（2007）が国内の代表的な仕立て法である開心自然形，自然形，開帳形，二本主枝形，Y字形の5種類の樹形について早期多収性，省力化の観点から特徴を比較しており，果実形質，省力性の点から開帳形の優位性が示されている。

棚仕立てについては、愛知県において木村ら（1987）が杯状棚仕立てと垣根状棚仕立てを開心自然形と比較し，杯状棚仕立ては果実品質面のばらつきが少ない点で優れ，垣根状仕立ては新梢管理方法を確立しなければ実用性が低いと報告している。山梨県では，猪股ら（1996）がY字形の棚に2本の主枝を配置したY字形仕立てについて検討しており，開心自然形と比較し，作業能率，生産力および果実形質の点から優れていることを報告している。熊本県では，岡田ら（1996）がH字形整枝の平棚仕立てについて，開心自然形整枝と比較して早期成園化や果実品質の点で優れることを報告している。

広島県におけるモモの仕立て法の研究

生産者が高齢化したモモ産地での管理作業の安全性を高めることを目的に、広島県においても一文字形整枝という棚仕立ての研究が取り組まれてきた（赤阪，2009，第2図）。一文字形整枝では，結果枝が自然な立ち姿で楽に管理できるような棚構造に配置されており，脚立を全く必要としないため，開心自然形などの従来の立木仕立てと比較して，すべての栽培管理が厳しい作業を伴わず安全に行うことができる。

既存の仕立て法の課題

モモの栽培では，これまで多様な仕立て方法が検討されてきている．その中でも，一文字形整枝などの棚仕立ては，開心自然形やその他の立木仕立てと比較し，棚構造が必要なため，コストはかかるものの，栽培管理作業のすべてが自然な立ち姿で行え，より省力性が高いと言える．一方で，立木仕立てでは主枝に角度をつけ，先端部ほど高い位置に配置されることで，モモの特性である基部優勢性を制御し，先端の樹勢を強く維持しているが，棚仕立てとして樹冠を平面的に配置した場合，先端部を上げることにより主枝上の樹勢を制御することができない．そのため，岡田ら（1996）は平棚仕立てにおいては，枝管理を誤ると樹勢を乱し，収量や品質が立木仕立て以上に不安定になることを報告している．また，一文字形整枝においても主枝基部と主枝先端部における新梢の生育差などの樹勢の違いを制御するためには，生育期間中の摘心の徹底が必須であり，それを怠ると樹形が乱れて果実形質と収量の低下を招く恐れがある（赤阪，2009）と報告している．従って，モモの棚仕立てでは，より効率的に樹勢を制御できる技術が必要である．

樹体ジョイント仕立て

樹体ジョイント仕立ては、ナシを対象とした仕立て技術として神奈川県農業技術センターの柴田らが開発し、特許となっている（柴田，2011；柴田・川嶋，2005；Shibata ら，2008）。樹体ジョイント仕立ては、複数樹を2 m 程度の間隔で列状に密植して、隣接する樹体の主枝先端部と主枝基部を連続的に接ぎ木で連結することで、直線状の主枝を形成させることを特徴とする。その主な効果は、1）骨格枝を早期に確立できるため、早くから多収となる早期成園化，2）樹勢に差が付きやすい主枝先端部および主枝基部が無くなることによる樹冠全体の構造と樹勢の均質化，3）直線状の主枝と主枝に対して直角方向に平行に配置された樹勢の揃った側枝により樹冠が構成され，作業動線の直線化と作業が単純化することによる省力・効率化である。さらに，高度な技術や大きなコストがかからないことから，実用性の高い仕立て法として，全国的に注目されており，ナシだけでなくスモモやカキなど他の樹種における取り組みも広がっている（平井ら，2014；片野ら，2014；朝隈ら，2016）。近年では，栽培管理作業の機械化を目指し，その目的に合わせてさらに改良が加えられ，より低主枝高のジョイント V 字トレリス仕立てへと研究が展開している（柴田，2015）。

モモにおける樹体ジョイント仕立ての取り組みの経緯

広島県において赤阪ら（2009）が開発したモモの一字形整枝の樹形は，主枝の配置などがナシの樹体ジョイント仕立ての樹形に似た構造であり，樹体ジョイント仕立ての考え方を応用し易く，栽培管理作業の単純化・省力化・低コスト化が実現できると考えられた。また，一字形整枝では，前述のとおり主枝の先端部と基部における樹勢の制御には課題があったことから，主枝に先端部と基部がない樹体ジョイント仕立てとすることにより効率的に樹勢を制御できる可能性があると考えられた。そこで，本研究では一字形整枝の樹形を基

本に，樹体ジョイント仕立て技術のモモへの適用に取り組んだ（第 3 図，第 4 図）．

モモの樹体ジョイント仕立てにおける育苗方法

モモは，経済樹齢が短い（石田，2000）ことから，これまでも改植時の未収益期間の短縮を目指して，移植が容易で，育苗した翌年に着果を可能とする大苗を育成する技術が検討されてきた（木村ら，2003；柴山・赤阪，2006a および 2006b）．

樹種に関わらず樹体ジョイント仕立てにおいて，樹形を早期に確立するためには，苗木の主幹の長さを確保することが特に重要である．樹体ジョイント仕立てでは，定植時に隣接樹同士で接ぎ木により連結させなければ樹形が形成できない．接ぎ木に際しては，育苗期間を一年間で終了し，同じ一年生の枝同士で接ぎ木する方が枝の太さの差異も小さく，若い時期で柔軟性が高い枝同士で接ぎ木が行えるため，ゆ合性も良い．従って，基本的には一年で育成可能な苗木の主幹長が定植間隔の制限要因になる．つまり，一年間でより長い主幹長の苗木を育成できれば，栽植間隔を広くとることが可能となり，開園時の苗木必要本数を削減して導入コストを抑制できる．さらに，樹体ジョイント仕立ての大苗の条件としては，ほ場定植時に苗木の主幹を直角に引き倒して水平方向に誘引しなければならないため，その際の折れにくさも考慮する必要がある．また，将来の側枝確保および更新のための主枝上の葉芽の着生，育苗翌年から着果させるための結果枝候補となる副梢および副々梢が確保されていることも求められる．従って，モモの樹体ジョイント仕立ての開発に合わせて，仕立て法に適した苗木の育成方法の確立が必要である．

本研究におけるモモの樹体ジョイント仕立ての開発

前述のとおり，モモ栽培における早期成園化は，栽植密度の高い仕立て法および大苗育成法の開発により一定の効果が確認されてきた．また，モモ栽培における管理作業の単純・省力化については，低樹高の立木仕立ておよび平棚仕立てや一文字形整枝などの棚仕立てとすることで一定の効果が確認されてきた．

一方で，モモの樹体ジョイント仕立てに適した育苗法およびモモにおける樹体ジョイント仕立てとすることによるさらなる早期成園効果が未解明であった．また，モモ栽培における果実形質および樹勢の均質化の課題も残されてきた．さらに，棚仕立てにおいては，栽培管理作業についても一定の単純・省力化効果が示されてきたが，主枝に先端部と基部が存在し，新梢の勢力に違いがあるため，さらなる改善技術が必要と考えられており，立木仕立てと比較して主枝基部における新梢勢力の制御が課題であった．そのため，これらの課題を効果的に解決するためにモモの樹体ジョイント仕立ての開発が必要と考えられた．そこで，本研究では，モモの樹体ジョイント仕立てを開発するとともに，その効果として早期成園化だけでなく，樹内での果実形質の均質化，既存の棚仕立てを上回る栽培管理作業の単純・省力化および棚仕立ての課題であった樹勢の均質化の効果について評価し，有効性を明らかにした．

第2章では，モモにおける樹体ジョイント仕立てにおいて，安定的に樹形を確立し，早期成園化を確実に実現することと，苗木コストを抑制することを目標に，モモの樹体ジョイント仕立てに適した苗木の育成方法について検討した．第3章では，これまで開心自然形整枝と比較して早期成園化と作業の省力化の面で優れると考えられてきた一文字形整枝を対照として，モモにおける樹体ジョイント仕立てについて二つの主枝高の樹形を作成し，早期成園効果および作業の省力化効果を明らかにするとともに，モモの樹体ジョイント仕立てに適した樹形を明らかにした．あわせて，一文字形整枝を対照として，モモの樹体ジ

ジョイント仕立ての成園後の果実形質および樹勢の均質化効果を検討した。第 4 章では，栽培現場において最も一般的な仕立て法である開心自然形整枝を対照として，モモの樹体ジョイント仕立ての作業姿勢も含めて省力化効果を詳細に検討するとともに，果実形質および樹勢の均質化効果を検討した。



第1図 現地で一般的な立木仕立てのモモ樹

第1表 国内において検討されてきたモモの主な仕立て法

分類	仕立て法名称	高所作業（脚立使用）	棚（初期投資）
立木仕立て	開心自然形	有	不要
	自然形（大草流）	有	不要
	開帳形（大藤流）	有	不要
	二本主枝形	有	不要
	斜立主幹形	有	不要
垣根仕立て	主幹形整枝	有	不要
	垣根棚仕立て	有	要
棚仕立て	杯状棚仕立て	有	要
	Y字形仕立て	有	要
	平棚仕立て（H字形整枝）	無	要
	一文字形整枝	無	要



第2図 一文字形整枝のモモ‘あかつき’



第3図 樹体ジョイント仕立てのモモ‘あかつき’



第4図 樹体ジョイント仕立てのモモ‘あかつき’における接ぎ木部

第2章 モモの樹体ジョイント仕立てに適した育苗方法

緒言

樹体ジョイント仕立ては、隣接する樹の主枝先端と主枝基部を接ぎ木することにより初めて樹形が確立でき、樹勢均質化などの効果が発揮される。しかし、隣接樹まで主枝が到達しない場合は、接ぎ木が行えないため樹形を確立できず、複数年かけて主枝を育成し、接ぎ木することになる。主枝同士の接ぎ木は枝齢が若い方が活着しやすく、モモにおける樹体ジョイント仕立ての接ぎ木は寄せ接ぎの方法で実施するため、枝の太さにも差がない方が接ぎ木の作業性がよく活着しやすい。そのため、主枝の育成は1年間とし、その1年間のうちに想定する定植後の樹間隔とした場合に確実に隣接樹との接ぎ木が行えることが求められる。また、樹体ジョイント仕立てによる樹勢均質化の効果は、主枝の先端と基部の接ぎ木によって発揮されるため、各樹は1本の主枝で、主枝先端が同一の方向に向いた形に接ぎ木する必要がある。従って、モモの樹体ジョイント仕立てでは、栽植間隔を広くとり、開園時の苗木必要本数を削減して初期投資を抑制できるように、一年間でより長い主幹長の苗木の育成が求められる。育苗法では、これが最も重要な目的となるが、樹体ジョイント仕立ての苗木には、その仕立て法の特殊性から、その他にも具備すべき条件がある。第一に、主幹が長いだけでなく、ほ場定植後に主幹を主枝誘引線の高さで90度に曲げ、水平方向に誘引する必要があるため、その際の折れにくさも必要である。第二には定植1年目から結実させたり、早期に側枝を育成して収量を上げていくために、結果枝や側枝の候補となりうる副梢や副々梢が確保できている点も重要である。第三には、地上部と地下部のバランスを保つ必要がある。長い主幹長を実現するために、地上部の生育を促すが、地下部の充実が伴わなければ樹勢のバランスが崩れ、定植後の生育に問題をきたしたり、枯死などの心配もある。そのた

め、これらの条件にも配慮した育苗方法が求められる。そこで、本章ではモモの樹体ジョイント仕立てに用いることを想定した育苗方法について検討した。

モモは経済樹齢が短く、他の樹種と比較して短期間に改植を行わなければならないため、改植時における未収益期間の短縮が重要な課題と考えられ、不織布ポットの使用や摘心方法などの育苗法の研究が実施されてきた（木村ら，2003；柴山・赤阪，2006a および 2006b）。本章では、それらの知見を参考にしながら、樹体ジョイント仕立てに適した育苗技術の確立を目標として、次に示す 4 項目の管理方法について検討した。

前年枝を途中から切る切り返しせん定を行うと枝に残される葉芽数が減り、養分の競合が少なくなり、発生する新梢が長くなることが知られている（土田ら，2011）。そこで、はじめに前年枝の切り返しが苗木の生育に及ぼす影響を検討した。

モモは頂部優勢が弱いため、基部の枝が優勢になりがちであり（島村，2000），育苗時に 5 葉で摘心し副梢を管理することで、苗木の主幹長が長くなることが報告されている（柴山・赤阪，2006b）。そこで、次に苗木の新梢先端の伸長を促進するために、柴山・赤阪（2006b）が報告した副梢の 5 葉摘心よりも早い段階の 2 葉を残して摘心し、その処理がその後の苗木の生育にどのような影響を及ぼすかを調査した。

広島県内では、ブドウの根域制限栽培（今井，1991）に代表されるように、安価で大量に入手しやすく排水性が優れている真砂土が多様な樹種の培養土として用いられている。モモの育苗用の培養土としても、広島県内では真砂土が用いられてきた（柴山・赤阪，2006a および 2006b）。一方、和歌山県では山土がモモの育苗用に用いられる（木村ら，2003）など、育苗用の培養土としては各産地で入手しやすい排水良好な砂壤土または壤土が使用されている（中元ら，2009）。しかし、真砂土および山土は全国的に流通している培養土ではなく、入

手が難しい地域が多い。一方で、赤玉土は全国的に流通している園芸用培養土であり、団粒構造を持つため、通気性、透水性に優れ、その団粒内間隙により保水性にも優れた資材であると評価されている（早野ら，1999）。そのため、赤玉土は産出地である関東を中心として、ナシの根圏制御栽培（大谷・八巻，2010）で用いられるなど、果樹の培養土として使用されている。そこで、次に真砂土が安価に入手できない地域における育苗用培養土の代用資材として想定される赤玉土について、樹体ジョイント仕立てに用いる苗木の培養土としての適性を真砂土と比較した。

ジベレリンペースト剤は、ナシにおいて短果枝の基部に塗布することで新梢伸長が促進されることから、ナシで実用化されている（藤井ら，2006）。また、モモにおけるジベレリンの散布処理は、花芽着生の抑制による果実肥大の促進と摘果労力の削減（Southwick ら，1995）および落果の抑制（福田ら，2011）の効果を示すことが知られている。また、当年枝の伸長が促進されることが確認されている（Mizutani ら，1997；矢野，2004）。そこで、最後に樹体ジョイント仕立てに適した主幹長の長い苗木を生産するために、ナシの事例に基づき、ジベレリンペースト剤を頂芽基部に塗布処理し、新梢伸長に及ぼす影響を調査した。

材料および方法

1 苗木の切り返しの有無が生育に及ぼす影響

（1）供試樹と定植方法および管理方法

2009年2月22日に、広島県東広島市安芸津町にある広島県立総合技術研究所農業技術センター果樹研究部の露地ほ場において、不織布製のポット（口径35 cm，深さ30 cm，底面は貫根型の不織布，側面は透水性遮根型の不織布，グンゼ（株）製）に‘おはつもも’台木で2年生のモモ‘あかつき’を植え付け

た．培養土は，中粗粒質の花こう岩風化土壌に対し，体積比で 2 : 1 となるようにバーク堆肥を混和し，培養土 1 m³ に対し，CaCO₃ を 89.3 % 含む石灰質肥料 1 kg および P₂O₅ を 20 % 含む熔成リン肥 500 g を混和した．培養土の量は各ポット 17 L とした．ポットは水ストレスを受けにくいように一部の根が底面を貫通するタイプであるため，設置前に育苗ほ場（土質は細粒黄色土）の地表面を約 10 cm 耕起した．かん水は，テンシオメーターを用いてポット内の地表下 15 cm の pF 値を計測し，2.0 に達した時点で自動で降水量 20 mm 相当の 1 樹当たり 1.9 L を灌水するように設定した．

実験区は，購入した 1 年生苗木を切り返さずに植え付ける無処理区と地上 1 m 付近の葉芽で切り返しを行う切り返し区の 2 区を設け，各区の反復数は 5 ~ 6 樹とした．

両処理区とも，各樹の先端の芽から発生した新梢を主幹として育成し，2 週間間隔で垂直方向に誘引した．樹体ジョイント仕立ての樹形確立後に主幹および接ぎ木部に該当する地上 170 cm 未満の苗木の主幹部分は，2 週間間隔で副梢，副々梢，副々々梢等の発生状況を確認し，各 2 葉を残して摘心する管理を繰り返した．2 年後に樹体ジョイント仕立ての樹形が確立した後に主枝に該当する地上 170 cm 以上の部分については，副梢の発生状況を 2 週間間隔で確認し，5 葉を残して摘心し，後に副々梢が発生した場合には，翌年の結果枝として利用するために，そのまま放任した．4 月 27 日から 9 月 16 日まで 2 週間間隔でリン硝安カリ（N : P₂O₅ : K₂O = 16 : 10 : 14）を窒素成分量で樹当たり 2 g 施用した．

（２）調査方法

2009 年 4 月 15 日 ~ 11 月 5 日まで，約 1 か月間隔で新梢長を測定し，落葉後の 2009 年 11 月 15 日にその節数，節間長，前年枝長および主幹長を調査した．

統計分析は、新城（2001）を参考として、t 検定により行った。

2 副梢の摘心方法が苗木の生育に及ぼす影響

（1）供試樹と定植方法および管理方法

2010 年 3 月 4 日に前述と同様な方法により、‘おはつもも’ 台木の 2 年生モモ ‘あかつき’，‘清水白桃’，および ‘日川白鳳’ の 3 品種を不織布ポットに植え付けた。すべての供試樹について、植え付け直後に地上 1 m 付近の葉芽で切り返しを行った。

樹体ジョイント仕立ての樹形確立後に主枝に該当する地上 170 cm 以上の苗木の主幹部分は、2010 年 4 月 27 日から副梢の発生状況を 2 週間間隔で確認し、発生確認を行った時点で 5 葉または 2 葉以上展葉していた副梢について、それぞれ 5 葉を残して摘心する 5 葉摘心区および 2 葉を残して摘心する 2 葉摘心区の 2 区を設定した。品種も 3 品種使用していることから、品種と摘心方法の 2 つの要因を組み合わせると合計 6 区となり、1 区当たり 3 樹とした。処理を行った部分に副々梢が発生した場合は、翌年の結果枝として活用するため、再摘心は行わず放任とした。将来樹体ジョイント仕立ての樹形確立後に主幹および接ぎ木部分に該当する地上 170 cm 未満の苗木の主幹部分の副梢等については、前述の供試樹と同様に管理を行った。

（2）調査方法

2010 年 4 月 6 日～11 月 6 日まで約 1 か月間隔で新梢長を調査し、2010 年 11 月 6 日に新梢の節数、節間長、前年枝長、主幹長、副梢および副々梢の総枝長、結果枝候補枝数（葉芽および花芽が着生した 15 cm 以上の枝）および花芽率（結果枝候補枝の節数当たりの花芽が着生した節数の比率）を調査した。

統計分析は、新城（2001）を参考として、Tukey 法による多重検定により行

った．花芽率は，統計解析の前に逆正弦変換を実施した．

3 培養土の違いが生育に及ぼす影響

(1) 供試樹と定植方法および管理方法

2012 年 2 月 22 日に前述と同様な方法により，‘おはつもも’ 台木の 2 年生モモ ‘あかつき’ を不織布ポットに植え付けた．

真砂土を主体とした培養土を用いた真砂土区および小粒の赤玉土を主体とした培養土を用いた赤玉土区の 2 つの処理区を設け，各処理区 6 樹反復とした．各処理区の培養土は，それぞれ真砂土または赤玉土とバーク堆肥を体積比で 2 : 1 となるように混和して作成し，培養土 1 m³ に対し，CaCO₃ を 89.3% 含む石灰質肥料 1 kg および P₂O₅ を 20% を含む熔成リン肥 500 g を混和した．その他の供試樹の管理方法については，前述の 2 葉摘心区の管理方法に準じて行った．

(2) 調査方法

2012 年 4 月 11 日～11 月 11 日まで約 1 か月間隔で新梢長を調査し，落葉期の 2012 年 11 月 11 日に新梢の節数，新梢の節間長，新梢における葉芽の着生間隔，前年枝長，主幹長，副梢および副々梢の総枝長，結果枝候補枝数，花芽率および枝発生間隔を調査した．

落葉が終了した 2012 年 11 月 30 日に各処理区当たり 3 樹ずつ解体し，地上部と地下部に大別し，地下部については，さらに直径 1 mm 以下の細根とそれより太い根の 2 種類に分別し，通風乾燥機を用いて 60℃ で 14 日間乾燥させた後，乾物重を秤量した．地上部乾物重と地下部乾物重の比率は T-R 率として算出した．地下部乾物重のうち細根乾物重が占める比率については，特に細根率として算出して比較した．

統計分析は，新城（2001）を参考として， t 検定により行った．花芽率および細根率は逆正弦変換後に統計処理を実施した．

4 ジベレリンペースト塗布処理が生育に及ぼす影響

（1）供試樹と定植方法および管理方法

2012 年 2 月 22 日に，前述の赤玉土区と同様な方法により‘おはつもも’台木の 2 年生モモ‘あかつき’を不織布ポットに植え付けた．

無処理区は，ジベレリンペースト剤の処理を行わなかった．1 回塗布区は，発芽期の 2012 年 4 月 11 日に苗木の頂芽基部にジベレリンペースト剤（ジベレリン協和ペースト，ジベレリン 2.7%，協和発酵バイオ製）を 100 mg 塗布する処理とした．2 回塗布区は 1 回塗布区で行った処理に加えて，1 回目の塗布から 2 か月経過した 6 月 11 日に苗木の主幹の新梢先端の頂芽基部にジベレリンペースト剤 100 mg を再度塗布処理した．3 回塗布区は 2 回塗布区で行った処理に加えて 2 回目の塗布からさらに 2 か月経過した 8 月 11 日に苗木の主幹の新梢先端の頂芽基部にジベレリンペースト剤 100 mg を再々度塗布処理した．その他の供試樹の管理方法については，前述の赤玉土区の管理方法に準じて行った．

（2）調査方法

2012 年 4 月 11 日～11 月 11 日まで約 1 か月の間隔で新梢長を調査し，その結果を基に 1 か月当たりの新梢伸長量を算出した．落葉期の 2012 年 11 月 11 日に新梢の節数，新梢の節間長，新梢における葉芽の着生間隔，前年枝長，主幹長，副梢および副々梢の総枝長，結果枝候補枝数，花芽率および枝発生間隔について調査した．落葉が完全に終了した 2012 年 11 月 30 日に各処理区当たり 3 樹を解体し，地上部および地下部に大別し，地下部については，直径 1 mm 以下の細根と，それより太い根の 2 種類に分別し，通風乾燥機を用いて 60℃で 14 日間

乾燥させ、乾物重を秤量した。地上部乾物重と地下部乾物重の比率は T-R 率として算出した。地下部乾物重のうち細根乾物重が占める比率については、特に細根率として算出した。

統計分析は、新城（2001）を参考として、Tukey 法による多重検定により行った。花芽率および細根率は逆正弦変換後に統計処理を実施した。

結果

1 苗木の切り返しの有無が生育に及ぼす影響

切り返し区の新梢長は、無処理区と比較して 41 cm 長く、節数は 13 節多かった（第 2 表）。節間長は処理区間で有意な差が認められなかった。一方で、切り返し区は育苗開始前に切り返しを行っているため、無処理区と比較して前年枝長が 43 cm 短かったが、育苗終了後にほ場定植を行った際の樹体ジョイント仕立ての樹形を形成するための地上 155 cm の苗木主幹の折り曲げ位置は一年枝の部分となった。なお、前年枝長と新梢長を合計した主幹長は処理区間に有意な差が認められなかった。

2 副梢の摘心方法が生育に及ぼす影響

2 葉摘心区の新梢長は、5 葉摘心区と比較して 20 cm 長く（第 3 表）。前年枝長に処理区間で有意な差がないことから、結果的に主幹長も 20 cm 長くなった。新梢の節数と節間長、副梢および副々梢の総枝長および花芽率には処理区間で有意な差が認められなかった。結果枝候補枝数は、5 葉摘心区と比較して 2 葉摘心区で 3 本少なくなった。また、品種間では、主幹長および総枝長は‘日川白鳳’で大きく、新梢の節数および結果枝候補枝数は、‘清水白桃’で少なく、新梢節間長は、‘清水白桃’で‘あかつき’と比較して長かった。その他の調査項目では、処理区間および品種間で有意な差が認められなかった。

3 培養土の違いが生育に及ぼす影響

赤玉土区の新梢長は，真砂土と比較して 22 cm 長く，主幹長も 21 cm 長くなった（第 4 表）．新梢の節数，前年枝長および副梢および副々梢の総枝長には，処理区間で有意な差が認められなかった．赤玉土区の新梢節間長は，真砂土区と比較して 0.3 cm 短かった．また，器官別乾物重を調査した結果，処理区間で有意な差は認められなかった（第 5 表）．

4 ジベレリンペースト塗布処理が生育に及ぼす影響

ジベレリンペースト塗布処理を行った処理区の翌月の新梢伸長量は，7 月における 2 回塗布区と無処理区間では有意な差が認められなかった（第 5 図，第 6 表）．しかし，その他の場合は，無処理区と比較して有意に長くなった．一方，塗布処理の 2 か月後の新梢伸長量については全ての場合において有意な差が認められなかった．最終的には，3 回塗布区の新梢長が最も長く，他の全ての処理区と比較して有意な差が認められた（第 7 表）．2 回塗布区の新梢長は，無処理区と比較して有意に長かった．1 回塗布区の新梢長は，2 回塗布区および無処理区のいずれとも有意な差が認められなかった．また，前年枝の切り返し程度が同じであり，前年枝長には処理区間で有意な差がなかったため，主幹長についても 3 回塗布区が最も長かった．2 回塗布区の主幹長は，3 回塗布区と比較して有意に短く，無処理区と比較して有意に長かった．1 回塗布区の主幹長は，3 回塗布区と比較して有意に短く，2 回塗布区および無処理区のいずれとも有意差が認められなかった．新梢の節数は処理区間で有意な差が認められなかった．節間長は 3 回塗布区で最も長く，次いで 2 回塗布区が長く，両処理区とも無処理区と比較して有意に長かった．1 回塗布区の節間長は 3 回塗布区と比較して有意に短く，2 回塗布区および無処理区のいずれとも有意な差が認められな

った．また，新梢上の葉芽の着生間隔は，3 回塗布区が無処理区と比較して長く，その他の処理区間には有意な差が認められなかった．副梢および副々梢の生育については，総枝長，結果枝候補枝数および花芽率では処理区間で有意な差が認められず，枝発生間隔では 3 回塗布区が無処理区と比較して有意に長かった．器官別乾物重については，細根率で 3 回塗布区が無処理区と比較して有意に低くなり，その他の項目では，処理区間で有意な差が認められなかった（第 8 表）．

考察

モモにおける樹体ジョイント仕立ての樹形を早期に確立するためには，主幹のより長い大苗を育成することが求められる．苗木の主幹長が長ければ，栽植間隔を広くすることが可能であり，栽植する樹数を削減することができ，開園時の初期コスト抑制につながる．そこで，本章では，モモの樹体ジョイント仕立てに適した育苗法を明らかにした．また，樹体ジョイント仕立てでは，寄せ接ぎの方法で接ぎ木を行うため，接ぎ木部の長さも必要である．従って，モモの樹体ジョイント仕立ての大苗には，これらの長さを確保できる 3.3 m 以上の主幹長が求められる．さらに，樹体ジョイント仕立てでは，樹形を形成する際に，水平方向に直角に屈曲させ，誘引する必要がある，その際の折れにくさ，側枝更新を想定した主枝上における葉芽の確保，定植当年から果実生産を行うための結果枝候補枝の確保も求められる．これらの観点も含めて最適な育苗法を検討した．

育苗法の検討に際して，基本的な苗木の管理条件については，柴山・赤阪（2006a および 2006b）の手法を参考に，不織布ポットの利用やかん水を行い，本章の実験で新たに切り返しの有無，副梢の摘心方法，培養土の違いおよびジベレリンペースト塗布について検討した．

切り返し区で新梢長が長くなったが、切り返しにより無処理区より前年枝長が短くなるため、苗木の主幹長では有意な差が認められなかった。しかし、本章では、樹体ジョイント仕立てに用いる苗木育成を目的としており、定植後に水平方向に苗木の主幹を屈曲させて誘引して樹形を形成する際の折損しにくさが求められる。ナシの樹体ジョイント仕立ての専用苗の育成についても、柴田（2011）は地上 1.2 m より高い位置で切り返すと定植時に大苗の主幹が曲げにくく、水平に誘引する際に折れやすくなり、作業性が低下し、直線状主枝の確立が難しくなることを指摘している。従って、本章の実験結果では主幹長に差が認められなかったが、樹体ジョイント仕立ての苗木として考えた場合には、屈曲部が柔軟な一年生の部分であり、枝齡の境目を避けることができる切り返し区が優れると考えられた。

2 葉摘心区は 5 葉摘心区と比較して、新梢長および主幹長が長くなり、副梢および副々梢の総枝長および樹体の器官別乾物重にも有意な差が認められなかった。結果枝候補枝数は、2 葉摘心区で少ない傾向であったが、定植時の主枝長から推定すると、残せる結果枝数は最大で 15 本程度と考えられ、2 葉摘心区の着生数はそれより多いことから、十分な着生本数が確保できていると考えられた。また、3 品種を供試して検討した結果、‘日川白鳳’の 2 葉摘心区において、副梢および副々梢の総枝長および結果枝候補枝数が多くなるなど、他の品種と比較して旺盛な生育となったが、いずれの品種においても、2 葉摘心区において新梢長および主幹長が長くなる傾向は同様であった。5 葉摘心では、副梢の基部にある 2 芽は育苗年には全く発芽しないため、側枝の更新のための芽を側枝の基部に確保できるという利点もある（柴山・赤阪，2006b）。一方、2 葉摘心では、副梢の基部にある芽が再発芽するため、最も主枝に近い副梢の基部にある葉芽が 5 葉摘心より少なくなるという欠点はある。しかし、2 葉摘心は 5 葉摘心と比較して再発芽時期が遅くなるため、摘心回数が少なく済み、

特に下部の副々梢が長大となりにくいという利点を重視し、副梢の2葉摘心を採用している主幹形仕立ての事例もある（島村，2000）。また，本章の実験では2葉摘心区の副梢および副々梢のうち95%で葉芽が着生していたことから，葉芽の着生位置は5葉摘心の場合よりも主幹からの距離が遠くなるが，葉芽は十分に確保できていると考えられた。従って，樹体ジョイント仕立てに用いる苗木の副梢管理方法としては2葉摘心が優れると考えられた。

赤玉土区では，真砂土区と比較して新梢長および主幹長が長く，新梢の節間長は短く充実した苗木が生産された。また，副梢および副々梢の枝発生間隔，T-R 率，細根率において処理区間の有意差が認められず，赤玉土区で生産された苗木に軟弱徒長傾向などの問題点は観察されなかった。これには，赤玉土の団粒構造による通気性および透水性と団粒内間隙による保水性などの物理的特徴が影響したものと考えられる。従って，モモの樹体ジョイント仕立ての培養土として，赤玉土は，真砂土と比較して生育の優れた苗木を生産できることが明らかとなった。

ジベレリンペースト剤の塗布処理後1か月後の新梢伸長量は，一部の処理区を除いて塗布処理を実施していない場合と比較して有意に長くなった。しかし，処理1か月後から2か月後の間の新梢伸長量には有意な差が認められなかった。このことから，ジベレリンペースト塗布処理による新梢伸長の促進効果は，塗布処理後1か月程度であると考えられた。新梢長は，無処理区と比較して塗布回数が多い3回塗布区において最も長く，次いで2回塗布区において長くなった。6月にジベレリンペーストの塗布処理を行った2回塗布区において，無処理区との間に有意な差が認められず，最終的な新梢長についても，1回塗布区と2回塗布区の間で有意な差が認められなかった。従って，6月の塗布処理は他の塗布時期と比較して新梢伸長促進効果が小さかった。実験を行った広島県は例年6月の降雨が多い傾向であり，実験を行った2012年の6月も，30 mm以

上の降水が3回あり、塗布処理後の降雨により薬剤の一部が洗い落とされ、効果が減少した可能性も考えられた。また、モモにおける新梢先端の内生ジベレリンは、5月下旬に高くなるが、6月および7月には新梢伸長は継続しているにもかかわらず遊離型ジベレリンレベルは低くなることが報告されている（尾方ら、1990）。そして、その要因としては、活性型ジベレリンの消費あるいは不活性型ジベレリンへの代謝、体内での希釈などが挙げられている。このことから、本章の実験においても6月に塗布したジベレリンが樹体内で消費、代謝および希釈などが行われ、結果として新梢伸長促進効果が他の時期より小さくなることにつながったものと考えられた。なお、3回塗布については、他の処理区において8月以降に新梢伸長が停滞していく中で、新梢伸長が促進されたため、2回塗布区との新梢長の差が大きくなったと考えられた。

一方で、モモは不定芽が発生しにくく、骨格枝や側枝の基部が禿げ上がりやすい性質があり、側枝更新のためには、主枝上の葉芽の確保が重要となる。苗木の新梢は将来主枝となるため、新梢上の葉芽の着生間隔が長い3回塗布区の苗木は、無処理区と比較して将来の側枝の確保と更新が難しくなると考えられた。また、副梢および副々梢の総枝長、結果枝候補枝数および花芽率では処理区間で有意な差が認められなかったが、3回塗布区の結果枝候補枝の着生間隔は他の処理区と比較して14 cmと長かった。苗木の副梢および副々梢は、翌年に結果枝として利用することとなる。そのため、10 cm程度の間隔で翌年に結果枝として使える副梢および副々梢を確保することが望ましいと考えられたが、3回塗布区の結果枝候補枝の着生間隔はこれより長く、翌年における主枝長当たりに着果できる果実数が少なくなるため、樹体ジョイント仕立て用の苗木としては品質が劣ると考えられた。さらに、器官別乾物重は地上部重、地下部重、細根重、T-R率では、処理区間で有意差が認められなかったが、3回塗布区の細根率は無処理区と比較して有意に低くなった。3回塗布区は、8月以降に他の処

理区で新梢伸長が停滞している中で、新梢が大きく伸長しており、新梢が 8 月以降においても光合成産物の主な転流先となり、根の第二次伸長の時期の細根の発生量が少なくなったと考えられた。石田（2000）は、モモの根群が、収穫後に第二次伸長をはじめ、養水分の吸収範囲を拡大し、翌年の養分を蓄積することを報告している。従って、細根率の低い 3 回塗布区は他の処理区と比較して養分の蓄積が少なく、無処理区と比較して苗木の充実度が劣ると考えられた。従って、3 回塗布区に次いで新梢長が長く、枝および葉芽の着生間隔が短く、細根率の高い充実した苗木を生産できる 2 回塗布区がモモの樹体ジョイント仕立てに用いる苗木の育成に最適な処理であると考えられた。なお、ジベレリンペースト剤の 2 回塗布処理は、従来の苗木管理方法にはない手法であるため、経済性について試算した。その結果、塗布処理に際しては、ジベレリンペースト剤の費用と塗布作業にかかる労賃のコストが従来法と比較して新たに増加することになるが、苗木などの育成資材費のコスト削減効果の方が大きくなることから、実用性はあると判断できた。

要約

本章では、モモの樹体ジョイント仕立てに適した苗木の育成法を明らかにした。苗木の切り返しの有無により、育苗後の苗木の主幹長に有意な差は認められなかった。しかし、苗木の主幹を水平に引き倒して誘引し、樹体ジョイント仕立ての樹形を形成する際に、屈曲する部分の枝折れを防ぐためには、地上 1 m の高さでの苗木の切り返しを行うことが望ましいと考えられた。副梢の摘心方法については、2 葉摘心は 5 葉摘心と比較して育苗後の苗木の主幹長が有意に長くなったことから、2 葉摘心が適すると考えられた。また、バーク堆肥を体積比で 1 / 3 混合して使用する培養土について、赤玉土と真砂土を比較すると、赤玉土を利用した場合は、真砂土を利用した場合より苗木の主幹長が有意に長

なくなったことから，赤玉土が培養土として適すると考えられた．また，新梢の伸長を促すためのジベレリンペースト剤の苗木の頂芽基部への塗布については，3 回塗布では最も主幹長が長くなったが，無処理区と比較して細根率が有意に低く，枝および葉芽の着生間隔が有意に長く苗木の充実度が劣った．一方，2 回塗布は，3 回塗布に次いで主幹長が長く，枝および葉芽の着生間隔が短く，細根率の高い充実した苗木が生産されたことから，最適な処理と考えられた．

以上の結果から，モモの樹体ジョイント仕立てに適した苗木育成方法として，苗木の切り返しを地上 1 m とし，将来主枝となる部分の副梢は 2 葉摘心で管理し，培養土は赤玉土を用い，発芽期とその 2 か月後に苗木の頂芽基部にジベレリンペースト剤を塗布処理する管理を採用することが最適と考えられた．

第2表 モモ‘あかつき’苗木における切り返しが枝梢の生育に及ぼす影響

処理区	新梢長 (cm)	新梢節数 (節)	新梢節間長 (cm)	前年枝長 (cm)	主幹長 (cm)
無処理	146	56	2.6	143	289
切り返し	187	69	2.7	100	287
t検定 ^y	**	**	n. s.	**	n. s.

^y t検定により，**は1%，*は5%水準で有意差あり，n. s. は有意差無し（n=5～6）．

第3表 モモ ‘あかつき’，‘清水白桃’ および ‘日川白鳳’ 苗木における副梢摘心方法の違いが枝梢の生育に及ぼす影響

処理区			主幹の生育				副梢および副々梢の生育		
品種	副梢摘心方法	新梢長 (cm)	新梢節数 (節)	新梢節間長 (cm)	前年枝長 (cm)	主幹長 (cm)	総枝長 (cm)	結果枝候補 枝数 ^y (本)	花芽率 ^z (%)
あかつき	5葉摘心	217	75	2.9	93	310	933	24	82
	2葉摘心	229	79	2.9	94	324	910	20	81
清水白桃	5葉摘心	219	71	3.1	91	311	953	23	63
	2葉摘心	226	71	3.2	94	320	733	15	78
日川白鳳	5葉摘心	217	76	2.9	98	314	946	24	81
	2葉摘心	257	85	3.0	96	354	1214	27	73
品種(A)	あかつき	223	77 a	2.9 b	94	317 b	921 b	22 a	81
	清水白桃	223	71 b	3.1 a	93	315 b	843 b	19 b	70
	日川白鳳	237	80 a	3.0 ab	97	334 a	1080 a	25 a	77
副梢摘心(B)	5葉摘心	217 b ^w	74	2.9	94	312 b	944	24 a	75
	2葉摘心	237 a	78	3.0	95	332 a	952	21 b	77
分散分析 ^x	品種(A)	n. s.	*	**	n. s.	*	*	**	n. s.
	副梢摘心(B)	**	n. s.	n. s.	n. s.	**	n. s.	*	n. s.
	交互作用(A×B)	*	n. s.	n. s.	n. s.	*	*	**	n. s.

^w 同一項目のaおよびbで示した同符号間に有意差なし(n=3).

^x 二元配置分散分析による効果差異の有意性を示す. **および*は、それぞれ1および5%水準で有意差あり, n. s. は有意差無し.

^y 葉芽および花芽が着生した15cm以上の枝（中果枝および長果枝に相当）を結果枝候補枝とした.

^z 結果枝候補枝の節数当たりの花芽が着生した節数の比率.

第4表 モモ ‘あかつき’ 苗木における培養土の違いが枝梢の生育に及ぼす影響

処理区	主幹の生育				副梢および副々梢の生育				
	新梢長 (cm)	新梢節数 (節)	新梢節間長 (cm)	前年枝長 (cm)	主幹長 (cm)	総枝長 (cm)	結果枝候補 枝数 ^x (本)	花芽率 ^y (%)	枝発生間隔 ^z (cm)
真砂土	251	70	3.7	102	352	1259	23.0	62	12
赤玉土	273	81	3.4	102	373	1378	25.0	64	11
t検定	* ^w	n. S.	*	n. S.	*	n. S.	n. S.	n. S.	n. S.

^w t検定により, **は1%, *は5%水準で有意差有り, n. s. は有意差無し (n=6) .

^x 葉芽および花芽が着生した15cm以上の枝 (中果枝および長果枝に相当) を結果枝候補枝とした.

^y 結果枝候補の枝の節数当たりの花芽が着生した節数の比率.

^z 主幹の新梢長を結果枝候補枝数で除した値.

第5表 モモ‘あかつき’苗木における培養土の違いが樹体の器官別乾物重に及ぼす影響

処理区	器官別乾物重 ^x (g)			細根率 ^z (%)	T-R率
	地上部	地下部	細根		
真砂土	758	437	118	27	1.7
赤玉土	854	486	141	29	1.8
t検定 ^y	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

^x 細根は直径1mm以下の根とした。

^y t検定により、**は1%、*は5%水準で有意差有り、n. s. は有意差無し (n=3)。

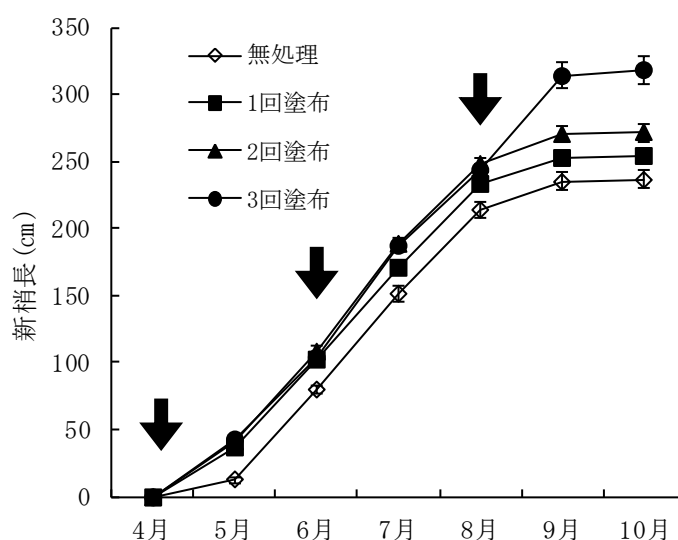
^z 地下部乾物重のうち細根乾物重が占める比率。

第6表 モモ‘あかつき’苗木におけるジベレリンペースト塗布処理が1か月当たりの新梢伸長量に及ぼす影響

処理区	新梢伸長量(cm) ^y					
	5月	6月	7月	8月	9月	10月
無処理	12.2 b ^z	68.1 a	70.3 bc	62.8 a	21.3 b	1.9 a
1回塗布	37.0 a	65.7 a	68.4 c	61.9 a	19.7 b	1.6 a
2回塗布	41.3 a	67.3 a	79.1 ab	60.8 a	21.5 b	1.4 a
3回塗布	41.8 a	62.3 a	83.3 a	56.3 a	70.0 a	3.8 a

^y 新梢長を調査し、調査前1か月当たりの新梢伸長量を算出した。

^z 同一項目のa, bおよびcで示した同符号間に有意差無し (Tukey法, n=6, p<0.05)。



第5図 モモ‘あかつき’苗木におけるジベレリンペースト塗付が新梢長に及ぼす影響

縦棒は標準誤差 (n=6)。

図中の矢印はジベレリンペーストの塗布時期を示す。

第7表 モモ ‘あかつき’ 苗木におけるジベレリンペースト塗布処理が枝梢の生育に及ぼす影響

処理区	主幹の生育						副梢および副々梢の生育			
	新梢長 (cm)	新梢節数 (節)	新梢節間長 (cm)	葉芽の着生 間隔 ^w (cm)	前年枝長 (cm)	主幹長 (cm)	総枝長 (cm)	結果枝候補 枝数 ^x (本)	花芽率 ^y (%)	枝発生間隔 ^z (cm)
無処理	238 c ^v	78 a	3.1 c	3.6 b	101 a	339 c	1296 a	24 a	60 a	10 b
1回塗布	255 bc	80 a	3.2 bc	4.0 ab	101 a	356 bc	1360 a	23 a	64 a	11 b
2回塗布	273 b	81 a	3.4 b	4.0 ab	102 a	375 b	1378 a	25 a	64 a	11 b
3回塗布	319 a	85 a	3.8 a	4.5 a	103 a	422 a	1363 a	24 a	64 a	14 a

^v 同一項目のa, bおよびcで示した同符号間に有意差無し (Tukey法, n=6, p<0.05) .

^w 新梢長を葉芽の着生した節数で除した値.

^x 葉芽および花芽が着生した15cm以上の枝 (中果枝および長果枝に相当) を結果枝候補枝とした.

^y 結果枝候補の枝の節数当たりの花芽が着生した節数の比率.

^z 主幹の新梢長を結果枝候補枝数で除した値.

第8表 モモ‘あかつき’苗木におけるジベレリンペースト塗付処理が樹体の器官別乾物重に及ぼす影響

処理区	器官別乾物重 (g)			細根率 ^z (%)	T-R率
	地上部	地下部	細根		
無処理	705 a ^y	465 a	141 a	30 a	1.5 a
1回塗布	817 a	526 a	150 a	28 ab	1.6 a
2回塗布	854 a	486 a	141 a	29 ab	1.8 a
3回塗布	823 a	470 a	103 a	22 b	1.8 a

^y 同一項目のa, bおよびcで示した同符号間に有意差無し (Tukey法, n=3, p<0.05) .

^z 地下部乾物重のうち細根乾物重が占める比率を細根率とした.

第3章 モモの樹体ジョイント仕立てと一文字形整枝における樹体生育，果実生産および作業の省力性の比較

緒言

一文字形整枝（赤阪，2009）は，モモにおける作業の省力化を主な目的とした仕立て法の一つであり，生産者が高齢化した広島県内のモモ産地を対象に栽培管理作業の安全性の改善を目的として開発されてきた．一文字形整枝の特徴として，自然な立ち姿で作業者が楽に管理できるように枝が配置されており，脚立を全く必要としない．そのため，従来の仕立て法と比較して，作業者にとってきつい作業を伴わず安全に栽培管理を行うことができる．

一文字形整枝は，これまでに報告があるモモの仕立て法の中でも，棚仕立てを基本とし，栽植間隔や主枝の配置，樹冠構造などがナシの樹体ジョイント仕立ての樹形に最も近いと考えられた．そのため，一文字形整枝の技術を基に，樹体ジョイント仕立ての接ぎ木による連結の考え方を応用すれば，さらなる早期成園化効果や樹勢制御が可能となり，より実用性の高い仕立て法が開発できると考えられた．

モモにおいては，従来から樹内で果実形質にばらつきがあることが知られており（阿部ら，1993；福田ら，2012；井上，2001；加藤，2000；岡本・賈，2006），栽培管理においてはそのばらつきを少なくすることが課題となっている．また，モモの一文字形整枝では，主枝の先端部と基部における新梢の生育差などの樹勢の制御には，摘心の徹底が必須であり，それを怠ると樹形が乱れて果実形質と収量の低下を招く恐れがある（赤阪，2009）．その上，平棚仕立て（岡田ら，1996）でもこうしたことは指摘されており，主枝を水平誘引した場合の課題となっている．一方で，樹体ジョイント仕立てでは，樹勢の低下する主枝先端部と樹勢の強い主枝基部が接ぎ木で連結されることで，各部位の樹勢が平均化の

方向へ進み（柴田，2011），樹齢を経るほど着果部位による品質差が減少し，均一化することが報告されている（Shibata ら，2008）．従って，モモにおいても，樹体ジョイント仕立てとすることで，通常の棚仕立てと比較して樹勢および果実形質が均質化することが期待された．

そこで，本章では，樹体ジョイント仕立てのは場定植後から成園までの樹体生育，果実生産および栽培管理作業の省力性を，これまでの仕立て法の中でも省力化効果の高い仕立て法として知られる一文字形整枝と比較した．また，異なる主枝高の樹体ジョイント仕立てを比較し，モモの樹体ジョイント仕立てに適した樹形を明らかにした．さらに，対照の一文字形整枝についても予定した主枝長に到達した時点の定植 5 年目および 6 年目の樹体を用いて，モモの樹体ジョイント仕立てにおける主枝上の位置別の新梢生育および果実形質を比較することで，樹内での新梢の勢力および果実形質のばらつきを調査した．

材料および方法

（１）供試樹と定植方法および管理方法

広島県東広島市安芸津町の広島県立総合技術研究所農業技術センター果樹研究部ほ場において実験を行った．供試樹は，不織布ポット（側面：透水性遮根型不織布，底面：貫根型不織布，円筒形，口径 35 cm×深さ 30 cm，グンゼ（株））に 2009 年 2 月に植えつけて，地上 1 m で切り返しを行い 1 年間育苗したモモ‘あかつき’（台木：‘おはつもも’）33 樹を用いた．露地ほ場への定植は，3 年生となる 2010 年 3 月に行い，8 年生となる 2015 年まで調査を実施した．一文字形整枝区，ジョイント仕立てⅠ区およびジョイント仕立てⅡ区の 3 処理区を設け，各区 3 反復とし，一文字形整枝区は 1 樹を 1 反復，樹体ジョイント仕立ての両区は 5 樹を連結して 1 反復とした．すべての処理区の栽植列間は 3 m，栽植列は南北方向とし，樹間距離は一文字形整枝区で 6 m，ジョイント仕立てⅠ区で

1.6 m, ジョイント仕立てⅡ区で 1.3 m とした。一文字形整枝区, ジョイント仕立てⅠ区およびジョイント仕立てⅡ区の単位面積当たり栽植本数は, それぞれ 1 ha 当たり 550, 2060 および 2540 樹とした。一文字形整枝区およびジョイント仕立てⅠ区は主枝高を地上 1.55 m, ジョイント仕立てⅡ区は主枝高を地上 1.85 m とし, 定植後すぐに苗木新梢を栽植列方向の主枝誘引線の北側方向に誘引し, 主枝を形成した。なお, ほ場および棚構造は南向きの勾配約 3% の緩い傾斜条件となっていたことから, 主枝も同様な緩い傾斜で先端側が若干高い位置となるような配置となった。2010 年 3 月末にジョイント仕立てⅠ区およびⅡ区については, 隣接する 5 樹の主枝の先端部と基部を寄せ接ぎにより連結させ, 1 ユニットの樹体ジョイント仕立てを作成した (第 6 図)。早期成園化効果, 作業の省力化効果および最適な樹形に関する調査は, 定植 4 年目 (2013 年) まですべての処理区を用いて行った。樹勢および果実形質の均質化効果に関する調査は, 成園並みの収量に到達した同じ主枝高の条件で比較するため, 定植 5 年目および 6 年目において, 一文字形整枝区およびジョイント仕立てⅠ区の 2 区を用いて行った。苗木の接ぎ木前の主枝長は, 一文字形整枝区およびジョイント仕立てⅠ区が平均 165 cm, ジョイント仕立てⅡ区が平均 137 cm であった。一文字整枝区は, 定植 4 年目まで毎年 80~90 cm ずつ主枝を延長した。いずれの区においても, 枝管理などは赤阪 (2009) を参考に行い, 120~150 cm の長さの側枝を 80~100 cm の間隔で配置した。主枝の直径に対して $1/3$ を超える大きさとなっている側枝については, 周囲の枝を育成し, 4~5 年を目安になるべく早期に更新することとし, 定植 4 年目のせん定の時点で全体の $1/2$ の側枝が更新されていた。また, いずれの処理区においても, 主枝および側枝基部 (主枝からの距離 60 cm 以内の部分) から発生した背面部の新梢および長さが 80 cm 程度を超え伸長が停止していない新梢については, 5 葉を残して摘心する管理を定植 4 年目までは 5 月~7 月に 3 回, 定植 5 年目および 6 年目は 6 月~7

月に 1 回実施した。施肥は、年度ごとに樹冠占有面積の調査結果に応じて、窒素成分量で $48 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ となるようにリン硝安カリ ($\text{N} : \text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O} = 16 : 10 : 14$) で施用した。すべての処理区において、着果数は、毎年 6 月上旬の樹当たり着葉数を調査し、その結果に基づき葉果比 60 となるように袋かけ時に摘果を行い調整した。

（２）早期成園化効果および作業の省力化効果に関する調査方法

収量は、定植 1 年目（2010 年）から定植 4 年目（2013 年）まで全果実を収穫し、樹当たり収量を測定し、ほ場面積当たりおよび樹冠占有面積当たりの収量を算出した。果実形質は、定植 3 年目（2012 年）7 月 13 日～30 日および定植 4 年目（2013 年）7 月 13 日～8 月 5 日に収穫した果実のうち各年の収穫期間通算で 1 樹当たりそれぞれ約 20 果を無作為に採取し、果実重および糖度を測定した。ジョイント仕立てⅠ区およびⅡ区の収量および果実形質は、5 樹で 1 ユニットとなるため、ジョイント仕立ての特徴を最も示すと考えられた各ユニット中央の 3 樹の平均値を用いた。

幹径は、地上 15 cm の主幹部の東西方向について、定植 1 年目（2010 年）から定植 4 年目（2013 年）まで、毎年 3 月に樹別に調査した。樹当たり樹冠占有面積およびほ場面積当たり樹冠占有面積は、毎年 9 月に樹ごとに、定植 1 年目（2010 年）から定植 4 年目（2013 年）まで、佐藤・竹澤（2014）に準じて樹冠投影法を用いて調査した。すなわち、各樹冠の形状に合わせて樹冠の水平面に対する投影図を三角形の集合体として作図し、各頂点間の距離を計測し、ヘロンの公式を用いて面積を算出した。総新梢長、平均新梢長、新梢本数および徒長枝比率は、定植 4 年目（2013 年）10 月 10 日に樹別に調査した。新梢長を計測する際に摘心処理が行われている新梢から複数の副梢が発生している場合には、最も長い副梢を含めた長さを計測してその枝の新梢長とし、それ以外の副

梢については調査から除外した。また、本章の実験においては、せん定を 9 月下旬の秋季せん定のみで完了させ、落葉後の冬季のせん定は実施しないこととし、秋季に切除した枝と樹に残した枝を調査することで、せん定枝割合を樹別に調査した。樹勢の違いを把握するため、総新梢長および新梢本数については、樹当たりの値だけでなく、樹冠占有面積当たりの値にも換算し比較した。なお、すべての新梢のうち長さ 60 cm 以上の新梢の比率を徒長枝比率とし、総新梢長のうちせん定時に切除した新梢長の合計の比率をせん定枝割合とした。ジョイント仕立てⅠ区およびⅡ区については、5 樹で 1 ユニットとなるため、幹径、樹冠占有面積、総新梢長などの樹体生育およびせん定枝割合については、樹体ジョイント仕立ての特徴を最も示すと考えられたユニット中央の 3 樹の平均値を用いた。

作業労力については、定植 4 年目に当たる 2013 年の収穫およびせん定作業について、それぞれ樹単位で作業時間および作業時の心拍数増加率を測定した。なお、心拍数の測定は、1 樹につき 1 回測定し、時間は 10 分～1 時間程度であった。各作業について 3 反復測定を行い、その平均値で比較した。被験者は、モモの栽培管理作業経験が 6 年目となる 50 歳代、身長 162 cm の女性 1 名とした。収穫作業は、果実の熟度を外観で確認して、収穫適期の果実を選んで収穫し、収穫した果実を作業補助者に手渡す一連の作業とした。せん定作業は、目視で枝の発生状況を確認し、切除する枝を判断して切除し、残した枝の誘引を行うまでの一連の作業とした。作業時間は、収量の違いによる影響を排除するため、Dejong ら（1999）などの報告に基づき、収量 1 t 当たりに換算して比較した。心拍数は、一連の作業時間を通して心拍計（RS800CX、ポラール・エレクトロ・ジャパン（株））を用いて計測し、石川・菊池（2002）の方法に準じて評価を行った。この心拍計は、心拍変動（RR 間隔）を計測し、それを移動平均法により 1 分間の心拍数に換算して記録する方式である。その記録を基に、各作

業時間中の平均値を算出したものを、作業時の心拍数とした。測定日時による差を少なくするために、安静時の心拍数は5分間以上安静にした後に計測し、その心拍数に対する各区の所定作業時の心拍数増加割合を心拍数増加率 $((\text{作業時の心拍数} - \text{安静時の心拍数}) / \text{安静時の心拍数} \times 100)$ として算出した。

統計分析は、新城（2001）を参考として、Tukey 法による多重検定により行った。徒長枝比率、せん定枝割合、および心拍数増加率は、逆正弦変換を実施した後に統計解析を行った。

（3）樹勢および果実形質の均質化効果に関する調査方法

主枝上の着果位置の違いが果実形質に及ぼす影響を明らかにするために、果実糖度は、主枝の長さを主枝の基部側から80 cm間隔で区分し、定植5年目（2014年）および6年目（2015年）の収穫盛期に各区分から発生した枝に着果していた収穫果実の中から無作為に3～9果採取し調査し、各区分の平均果実糖度を算出した。なお、各区分は主枝の基部側から順番に、一文字形整枝区は、A（主枝基部からの距離：1～80 cm）、B（81～160 cm）、C（161～240 cm）、D（241～320 cm）、E（321～400 cm）、F（401～480 cm）およびG（481 cm～主枝先端）の6区分、ジョイント仕立てI区は各ユニットの基部側の樹体から、1-A（主枝基部からの距離：1～80 cm）、1-B（81～160 cm）、2-A（161～240 cm）、2-B（241～320 cm）、3-A（321～400 cm）、3-B（401～480 cm）、4-A（481～560 cm）、4-B（561～640 cm）、5-A（641～720 cm）および5-B（721～800 cm）の10区分とした（第9図）。また、各区分ごとの収量および収穫果実数を調査し、それを基に各区分ごとの平均果実重を算出した。さらに、各区分ごとの収量および収穫果実数を集計し、各処理区の樹当たりおよびほ場面積当たり収量および樹平均果実重を算出した。各処理区の樹平均果実糖度については、各区分ごとに算出した平均果実糖度を基に、樹全体の収穫果実数に対する各区分の収穫果実数の

割合をかけて算出した。

樹当たり樹冠占有面積およびほ場面積当たり樹冠占有面積は、定植 5 年目（2014 年）および定植 6 年目（2015 年）の 9 月に樹ごとに、樹冠投影法を用いて調査した。新梢生育については、総新梢長、平均新梢長および新梢本数について定植 5 年目（2014 年）および定植 6 年目（2015 年）の 10 月に調査した。夏季に摘心した新梢において複数の副梢が発生している場合には、最も長い副梢を含めた長さを計測し、それ以外の副梢については調査から除外した。また、すべてのせん定は 9 月下旬の秋季せん定のみで完了させるようにし、切除した枝と樹に残した枝を調査することで、樹体生育と同時に、せん定枝割合を樹別に調査した。総新梢長および新梢本数についても、枝の発生密度などから樹勢の違いを把握するため、樹当たりの値だけでなく、樹冠占有面積当たりの値にも換算し比較した。なお、全ての新梢のうち長さ 60 cm 以上の新梢の比率を徒長枝比率、総新梢長のうちせん定時に切除した新梢長の合計の比率をせん定枝割合として算出した。主枝上の位置の違いが新梢生育に及ぼす影響を明らかにするために、果実形質と同様に主枝を 80 cm 間隔で区分し、各区分から発生した新梢を分類し、区分ごとの総新梢長、新梢本数、新梢長を算出した。さらに、摘心の影響を評価するため、2015 年については主枝上の区分ごとに摘心時に除去した摘心総新梢長、摘心新梢本数および摘心新梢長を調査し、前年の樹冠占有面積当たりの値も算出し、比較した。

統計分析は、新城（2001）を参考として、t 検定または Tukey 法による多重検定により行った。徒長枝比率およびせん定枝割合は、統計解析の前に逆正弦変換を実施した。

結果

1 定植初期の樹体生育

定植 1 年目（2010 年）の幹径は，処理区間で差が認められなかった（第 7 図 A）．定植 2 年目（2011 年）の幹径は，ジョイント仕立てⅡ区および一文字形整枝区と比較してジョイント仕立てⅠ区で大きく，定植 3 年目（2012 年）以降は，一文字形整枝区で最も大きく，次いでジョイント仕立てⅠ区，ジョイント仕立てⅡ区の順であった．定植 1 年目（2010 年）の樹当たり樹冠占有面積は，処理区間で有意な差が認められなかったが，定植 2 年目（2011 年）以降は，一文字形整枝区で最も大きく，次いでジョイント仕立てⅠ区，ジョイント仕立てⅡ区の順であった（第 7 図 B）．定植 1 年目（2010 年）のほ場面積当たりの樹冠占有面積は，ジョイント仕立てⅡ区で最も大きく，次いでジョイント仕立てⅠ区，一文字形整枝区の順であった（第 7 図 C）．定植 2 年目（2011 年）以降のほ場面積当たりの樹冠占有面積は，ジョイント仕立てⅠ区およびⅡ区は同等であったが，一文字形整枝区で有意に小さかった．なお，ジョイント仕立てⅠ区およびⅡ区は，定植 3 年目（2012 年）にほ場面積当たりの樹冠占有面積が概ねほ場面積に到達し，ほぼ 100% の樹冠占有率となった．

ジョイント仕立てⅠ区およびⅡ区は，一文字形整枝区と比較して，樹当たり総新梢長が短く，樹当たり新梢本数が少なく，徒長枝比率が低くなっており，ジョイント仕立てⅠ区およびⅡ区には差が認められなかった（第 9 表）．平均新梢長は，ジョイント仕立てⅠ区で有意に短かった．樹冠占有面積当たり総新梢長，樹冠占有面積当たり新梢本数およびせん定枝割合はいずれの処理区間にも有意な差が認められなかった．

2 定植初期の果実生産

定植 2 年目（2011 年）までの樹当たり収量は，処理区間で差が認められなか

ったが、定植 3 年目（2012 年）以降は、ジョイント仕立て I 区および II 区と比較して一文字形整枝区で有意に多くなった（第 8 図 A）. いずれの処理区においてもほ場面積当たりの単年度収量は年々増加し、定植 4 年目まで連続してジョイント仕立て I 区および II 区が一文字形整枝区と比較して有意に多かった（第 8 図 B）. ジョイント仕立て I 区および II 区では、定植 3 年目に収量が $24 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ となり、一文字形整枝区では、定植 4 年目に $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ となり、それぞれ初めて $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ を超えた. なお、定植後 4 年間の調査期間を通して樹冠占有面積当たり収量は、処理区間に有意な差が認められなかった（第 8 図 C）. 定植後 4 年間のほ場面積当たりの累積収量は、ジョイント仕立て I 区で最も多く、次いでジョイント仕立て II 区となり、一文字形整枝区で最も少なく、有意な差が認められた（第 10 表）.

果実重および果実糖度は、定植 3 年目（2012 年）、定植 4 年目（2013 年）に調査を行ったが、両年とも処理区間に有意な差は認められなかった（第 10 表）.

3 栽培管理労力

収穫作業時間には処理区間に有意な差が認められなかったが、せん定作業時間は、ジョイント仕立て I 区で一文字形整枝区およびジョイント仕立て II 区と比較して有意に短かった（第 11 表）. 収穫作業時の心拍数増加率は、一文字形整枝区と比較し、ジョイント仕立て I 区および II 区で有意に低く、せん定作業時の心拍数増加率には有意な差が認められなかった.

4 成園後の果実生産

各仕立て法の収量を検討した結果、樹当たりでは樹当たり樹冠占有面積の大きい一文字形整枝において有意に多かった. また、ほ場面積当たり収量は、定植 5 年目（2014 年）において、両区で有意な差が認められなかったが、定植 6

年目（2015 年）は一文字形整枝区において有意に多かった（第 12 表）。果実重は，定植 5 年目（2014 年）および 6 年目（2015 年）の両年とも一文字形整枝区において有意に大きかった。果実糖度は，定植 5 年目（2014 年）および 6 年目（2015 年）の両年ともジョイント仕立て I 区で有意に高かった。

5 樹内における果実形質のばらつき

主枝上の位置と果実形質の関係を検討した結果，果実糖度は，いずれの処理区についても定植 5 年目（2014 年）および 6 年目（2015 年）の両年とも主枝上の各区分で有意な差が認められなかった（第 13 表）。一文字形整枝区の定植 5 年目（2014 年）の果実重は，主枝先端部に近い D および E 区分と比較し，主枝基部に近い A, B および C 区分において有意に小さい傾向が認められた。一文字形整枝区の定植 6 年目（2015 年）の果実重は，主枝先端に近い F 区分で最も大きく，次いで E 区分，D 区分，C 区分，B 区分の順に大きく，A 区分で最も小さかった。これに対し，ジョイント仕立て I 区では，ユニット内のすべての主枝上の区分において果実重に有意な差が認められなかった。加えて，樹体ジョイント仕立て I 区における主枝上の区分間の果実重および糖度の変動係数は，両年とも一文字形整枝区と比較して小さかった。

6 成園後の樹体生育

各仕立て法の樹体生育を調査した結果，定植 5 年目（2014 年）および 6 年目（2015 年）の両年とも樹冠占有面積は樹当たりでは一文字形整枝区が有意に大きく，ほ場面積当たりではジョイント仕立て I 区が有意に大きかった（第 14 表および第 15 表）。総新梢長は，定植 5 年目（2014 年）および 6 年目（2015 年）の両年とも，樹当たりでは一文字形整枝区で有意に長かったが，樹冠占有面積当たりでは定植 5 年目（2014 年）は処理区間で有意な差が認められず，定

植 6 年目（2015 年）はジョイント仕立て I 区で有意に長かった．新梢長は，定植 5 年目（2014 年）においては処理区間に有意な差が認められなかったが，定植 6 年目（2015 年）においてはジョイント仕立て I 区において有意に長かった．新梢数は，定植 5 年目（2014 年）は樹当たり，樹冠占有面積当たりともに有意な差が認められなかったが，定植 6 年目（2015 年）は樹当たりでは一文字形整枝区において有意に多く，樹冠占有面積当たりでは有意な差が認められなかった．徒長枝比率およびせん定枝割合については，定植 5 年目（2014 年）および 6 年目（2015 年）の両年とも処理区間に有意な差が認められなかった．定植 6 年目（2015 年）については，摘心量についても検討した結果，樹当たり摘心総新梢長および摘心新梢数，樹冠占有面積当たりの摘心総新梢長および摘心新梢数，および摘心新梢長のいずれも処理区間で有意な差が認められなかった（第 16 表）．

7 樹内における新梢の勢力のばらつき

主枝上の位置と新梢の勢力の関係を検討した結果，一文字形整枝区においては，総新梢長は定植 5 年目（2014 年）および 6 年目（2015 年）の両年とも，A 区分で最も長く，主枝基部に近い区分ほど長い傾向であり，G 区分で最も短かった（第 17 表）．一文字形整枝区の総新梢数についても，A 区分で最も多く，主枝基部に近い区分ほど多い傾向であり，G 区分で最も少なかった．一文字形整枝区における主枝上の区分ごとの新梢長は，定植 5 年目（2014 年）においては，主枝先端に近い G 区分が C, D, E および F 区分と比較して有意に長かった．定植 6 年目（2015 年）の一文字形整枝区における主枝上の区分ごとの平均新梢長は，主枝基部に近い A 区分において最も長く，B および C 区分がそれに次いで長く，主枝先端部に近い D, E, F および G 区分において最も短かった．定植 6 年目（2015 年）においては摘心総新梢長は主枝基部に近い A 区分が他の区分

と比較して有意に長く、摘心総新梢数はA区分がD区分と比較して有意に多く、摘心新梢長はA区分がD区分と比較して有意に長かった。ジョイント仕立てⅠ区における定植5年目（2014年）の主枝上の区分ごとの総新梢長は、1-Aおよび3-A区分が1-B、2-B、3-Bおよび5-B区分と比較して有意に長かった。ジョイント仕立てⅠ区における2015年の主枝上の区分ごとの総新梢長は、3-A区分が2-B区分と比較して有意に長かった。ジョイント仕立てⅠ区における定植5年目（2014年）の主枝上の区分ごとの総新梢数は、1-Aおよび3-A区分が5-B区分と比較して有意に多かった。ジョイント仕立てⅠ区における定植6年目（2015年）の主枝上の区分ごとの総新梢数は、3-A区分が2-B区分と比較して有意に多かった。ジョイント仕立てⅠ区における定植5年目（2014年）および6年目（2015年）の両年とも主枝上の区分ごとの新梢長には、有意な差が認められなかった。ジョイント仕立てⅠ区における定植6年目（2015年）の主枝上の区分ごとの摘心総新梢長は、1-A区分は1-B、2-B、4-Bおよび5-B区分と比較して有意に長く、2-B区分は5-A区分と比較しても有意に短かった。ジョイント仕立てⅠ区における定植6年目（2015年）の区分ごとの摘心総新梢数は、1-A区分は1-B、2-B、4-Bおよび5-B区分と比較して有意に多く、2-Bおよび4-B区分は5-A区分と比較しても有意に少なかった。ジョイント仕立てⅠ区における区分ごとの摘心新梢長には有意な差が認められなかった。加えて、樹体ジョイント仕立てにおける主枝上の区分間の新梢生育に関するすべての調査項目の変動係数は、両年とも一文字形整枝と比較して小さかった。

考察

幹径および樹当たりの樹冠占有面積は、一文字形整枝区で最も大きく、次いでジョイント仕立てⅠ区、ジョイント仕立てⅡ区の順となっており、栽植間隔の違いに伴う生育差（Marini・Sowers, 2000）がこれらの樹体生育の差異に影

響していると考えられた。定植 5 年目（2014 年）および定植 6 年目（2015 年）においても、樹当たりの樹冠占有面積は、栽植間隔が狭い密植のジョイント仕立てⅠ区で有意に小さく、定植 4 年目までと同様の傾向であった。一方、ほ場面積当たりの樹冠占有面積は、ジョイント仕立てⅠ区およびⅡ区で一文字形整枝区と比較し、早く拡大し、定植 3 年目（2012 年）には棚面がほぼ埋まる状況となり、早期に成園並みの樹冠占有面積に到達することが示された。

樹当たり収量は一文字形整枝区で最も多く、次いでジョイント仕立てⅠ区、ジョイント仕立てⅡ区の順に大きかった。一方で、密植栽培の効果により、ほ場面積当たり収量では、ジョイント仕立てⅡ区およびⅠ区で早期に増加し、定植 3 年目（2012 年）に、広島県中北部産地の成園の平均収量 $18 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ （岡本・賈，2006）および広島県南部産地の成園の平均収量 $22 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ （広島県農林水産部，2006）を超え、定植 4 年目もそれを越える収量となった。従って、ジョイント仕立てⅠ区およびⅡ区はほ場定植後 3 年目となる樹齢 5 年生で成園並収量に到達し、成園化するといえることが示され、ほ場定植後 4 年目に成園並収量に到達した一文字形整枝区より 1 年早期に成園となると判断できた。一方で、定植 5 年目（2014 年）のほ場面積当たりの収量は、処理区間で有意な差が認められず、定植 6 年目（2015 年）はジョイント仕立てⅠ区が一文字形整枝区と比較して有意に少なく、収量が逆転した。ジョイント仕立てⅠ区のほ場面積当たり収量が一文字形整枝区より少なかった要因については、定植 5 年目以降の平均果実重の違いが影響したものと考えられた。

なお、定植 4 年目までの樹冠占有面積当たり収量では、処理区間に有意な差が認められず、ジョイント仕立てⅠ区およびジョイント仕立てⅡ区と一文字形整枝区のほ場面積当たり収量の差は、樹冠占有率および栽植密度の違いに起因するものと考えられた。また、定植 4 年目までのほ場面積当たり累積収量は、ジョイント仕立てⅠ区で最も多く、ジョイント仕立てⅡ区および一文字形整枝

区と比較し、早期の収量性という点で、優れることが明らかとなった。ジョイント仕立てⅠ区がジョイント仕立てⅡ区より累積収量が多くなった要因としては、樹形の構造の違いが影響したものと考えられた。本章の実験では、着果数を6月上旬時点の着葉数に基づいて決定しており、処理区間で平均新梢長、樹冠占有面積当たり新梢本数およびせん定枝割合にも有意な差が認められず、果実重にも有意な差が認められていない。そのため、樹形の構造の違いにより6月上旬時点の着葉数に差が生じ、着果数に影響したものと考えられた。ナシのY字仕立てでは、結実面の面積の拡大が図られ、早期に葉数が増加しやすいため、平棚仕立てより収量が多くなると報告されている（大谷・八巻，2011）。従って、本章の実験においても、ジョイント仕立てⅠ区は、ジョイント仕立てⅡ区の樹冠構造と比較して側枝が棚面に斜向するなど立体的な構造を一部含んでおり、結実面の面積が大きくなる。このことが、ほ場面積当たりの着葉数にも影響したと考えられ、単年度の樹冠占有面積当たり収量では差が認められなかったが、定植4年目までの累積収量で見た場合に差が認められた要因と推察された。

このように定植4年目の果実形質には処理区間で有意な差が認められなかったのに対し、定植5年目（2014年）および6年目（2015年）の両年ともジョイント仕立てⅠ区では果実重が有意に小さく、糖度が有意に高かった。この傾向については、栽植密度が高い場合に果実重が小さくなることも報告されている（Marini・Sowers，2000）ことから、密植の影響が考えられた。また、モモ栽培においては、水ストレスの違いが果実肥大および糖度に影響することが知られている（浜名ら，2009）。従って、果実重が小さく糖度が高いジョイント仕立てⅠ区は、樹齢を経た場合に一文字形整枝区と比較し水ストレスを受けやすくなると考えられた。モモでは、密植の場合に根からの分泌物により根および樹体の生育が抑制され、その傾向は長期に栽培した場合に認められ（平野・中井，

1966), 密植の場合は, 隣り合った樹の根が互いにさけあう性質があるため, 根の成長が抑えられる (菊池, 1986). 従って, 樹齢を重ねるにつれ密植に伴う根量の差が拡大したことにより, 水ストレスを受けやすい条件になっていると推察された. このことが, ジョイント仕立て区において樹齢を経た場合に果実重が小さく糖度が高くなった要因と思われる. そのため, ジョイント仕立てでは, このような特性を踏まえた上で, Marini・Sowers (2000) の指摘に基づき, ウンシュウミカンでの事例 (浜名ら, 2013a) のように, 目標とする品質の果実生産に合わせてかん水または施肥などの栽培管理技術を検討する必要があると考えられた.

定植 4 年目までの新梢生育を検討した結果, 樹冠占有面積当たりの総新梢長および新梢本数は, 処理区間に有意な差が認められなかった. 一方で, 樹当たり樹冠占有面積の違いが影響し, ジョイント仕立て I 区および II 区において, 樹当たりの総新梢長は, 一文字形整枝区と比較して有意に短く, 樹当たりの新梢本数が有意に少なかった. さらに, ジョイント仕立て I 区および II 区は, 一文字形整枝区と比較して徒長枝比率が有意に低く, ジョイント仕立て I 区では平均新梢長も有意に短く, 樹勢は落ち着いており, 定植 4 年目までは密植による弊害は生じないものと考えられた. 本章の実験ではすべての処理区について, 月 1 回の頻度で徒長枝について 5 葉摘心による新梢管理を行っており, 同様な管理を行った場合に, ジョイント仕立て I 区は一文字形整枝区より樹勢が制御しやすい傾向にあった. 本章の実験と同様に, Grossman・Dejong (1998) は, 高密度の仕立て法であっても, 栄養生長性が高まらず, 収量が多くなったことを報告しており, 光利用効率が高くなっていることをこの要因として論じている. また, 徒長枝比率には処理区間に差が認められたものの, 樹冠占有面積当たりの新梢長には処理区間で有意な差が認められなかったことから, せん定枝率にも有意な差は認められず, いずれの処理区も同等なせん定強度で管理が行

われたと考えられた。

定植 5 年目（2014 年）は樹冠占有面積当たり総新梢長，新梢長，樹冠占有面積当たり総新梢数，徒長枝比率およびせん定枝割合に有意な差が認められず，両処理区の樹勢は樹単位でみると同程度であった。また，定植 6 年目（2015 年）については，樹冠占有面積当たり総新梢数，徒長枝比率，摘心新梢長，摘心総新梢長などの樹体生育調査の結果は，処理区間に有意な差が認められておらず，前年同様に両処理区の樹勢に違いはなかった。一方で，樹平均新梢長は一文字形整枝区と比較し，ジョイント仕立てⅠ区においてやや強い樹勢を示した。この点については，一文字形整枝区においては，後述のとおり主枝先端部付近の新梢長が特に短くなっており，樹平均とした場合にそれが影響したと考えられた。しかし，井上（2000）は，成木期の新梢長は 20～25 cm 程度が望ましく，30 cm 以上の場合は強樹勢，10～15 cm で弱樹勢としており，これに当てはめた場合，いずれの処理区についても，樹全体では問題となる状況ではなかった。また，密植栽培では，樹勢が弱りやすいことが示唆されているが（菊池，1986），ジョイント仕立てにおいては，その点は問題となっていなかった。

せん定作業時間は，ジョイント仕立てⅠ区において，一文字形整枝区およびジョイント仕立てⅡ区と比較して，有意に短かった。ジョイント仕立てⅠ区は他の処理区と比較して新梢長が有意に短く，一文字形整枝区と比較すると徒長枝比率も有意に低かった。このことから，ジョイント仕立てⅠ区の樹勢は他の処理区と比較して落ち着いており，せん定作業時に管理が必要な枝が少なかったことが作業時間を短くし省力化できた要因の一つと考えられた。また，佐藤ら（1983）は，せん定時間が長く効率が低い 3 本主枝樹では，どの枝を切るべきか眺めて考える時間およびその回数が多いことを指摘している。従って，ジョイント仕立てⅠ区においては，徒長枝比率が少なく，結果枝として使いやすい新梢が多かったことから，切るべき枝を選ぶ時間が短くなり，結果としてせ

ん定作業を省力化できると考えられた。

収穫時の心拍数増加率は、一文字形整枝区と比較して、ジョイント仕立てⅠ区およびⅡ区で有意に低かった。志村ら（2006）は、地上部からの作業でも中腰などの体を湾曲させる姿勢は心拍数の増加率が高くなることを報告している。本章の実験においてジョイント仕立てⅠ区およびⅡ区では、徒長枝比率が有意に低く、管理作業時の障害となるような長い枝が少ないため、収穫作業を行う際にそれらの枝を避けて中腰で果実を見上げる姿勢などが少なくなり、結果として収穫時の心拍数増加率が低くなったと考えられた。一方、収穫のように近接位置から果実を見上げる姿勢を取らないせん定作業においては、心拍数増加率で処理区間の差が認められず、作業時間のみに差が認められた。これらのことから、ジョイント仕立ては、比較的軽労な仕立て法である一文字形整枝と比較しても、より軽労化が可能な仕立て法であると判断できた。ただし、樹形維持のために重要な夏季の新梢摘心作業については、本章の実験ではすべての処理区を同じ基準で管理しているものの、作業時間などについては調査を行っていないため、今後摘心作業も含めた作業時間の比較が必要と考えられた。

ジョイント仕立てⅠ区およびⅡ区の作業時間を比較すると、ジョイント仕立てⅠ区において、せん定時間が有意に短かった。ジョイント仕立てⅡ区と同じく平面的に枝が配置されたモモの平棚仕立てでは、脚立作業が不要となる長所がある一方で、斜め上を向いた姿勢で作業を継続しなければならないため、首と肩への負担が大きいという短所があると報告されている（岡田・益田, 2000）。一方で、主枝位置を棚面より 30 cm 下げたブドウの一文字広島仕立てでは、従来の平棚仕立てよりも身体への負担が軽減され、作業能率が 5～20% 高くなることが報告されている（加藤・今井, 2000）。従って、一文字形整枝（赤阪, 2009）と同様に、主枝位置が平棚面より 30 cm 低く、すべてが斜め上向きの作業ばかりにならないジョイント仕立てⅠ区の樹形において、ジョイント仕立てⅡ区と

比較して作業姿勢が改善され、結果として作業時間が短くなったものと考えられた。

なお、参考として経済性についても実験結果に基づき試算を行った。その結果、一文字形整枝と比較して、ジョイント仕立てⅠ区は、面積当たりに必要な苗木本数が多くなることから初期投資は1 ha 当たり約 230 万円多くなると考えられた。しかし、広島県内のモモの平均単価 $477 \text{ 円} \cdot \text{kg}^{-1}$ を基に粗収益を試算すると、初期収量の増加に伴い定植 4 年目までの粗収益が一文字形整枝と比較しジョイント仕立てⅠ区は 1 ha 当たり約 1500 万円多くなると考えられたことから、収益性は高いと言える。一方、ジョイント仕立てⅡ区と比較すると、ジョイント仕立てⅠ区は、面積当たりの必要な苗木の本数が少なく、育苗資材および接ぎ木か所数が少ないことから、初期投資も抑制できる。さらに、定植 4 年目までの初期収量もジョイント仕立てⅠ区の方が多いことから、ジョイント仕立てⅡ区と比較しても経済性は優れると考えられた。

主枝上の位置と果実形質の関係を検討した結果、一文字形整枝区では、糖度に主枝上の区分間での有意な差が認められなかったが、主枝先端部に近いほど果実が大きい傾向であり、その傾向は、樹齢の進んだ定植 6 年目（2015 年）においてより顕著であった。これに対して、ジョイント仕立てⅠ区では主枝上の区分により果実形質に有意な差が認められなかった。加えて、ジョイント仕立てⅠ区における主枝上の区分間の果実重および糖度の変動係数は、両年とも一文字形整枝と比較して小さかった。水平的な樹冠の仕立て法は受光量が多いことが報告されている（Grossman・Dejong, 1998）。また、木村ら（1987）は、モモの杯状棚仕立ては樹冠が平面的であるため受光態勢が開心自然形整枝よりも良く、着果層を下部まで均一に配置でき、着色や糖度などの果実形質のばらつきが少なくなることを報告している。さらに、Shibata ら（2008）は、ナシにおいて 2 本主枝仕立て樹では着果部位別の果実糖度に差が認められるのに対し、

ジョイント仕立てでは着果部位別の果実糖度の差が認められないことを報告している。モモの樹内の果実形質のばらつきには、光条件と着果位置が影響し、相対照度と果実重ならびに果実糖度の間に正の相関関係がある（末澤・若林，1991）ことが報告されている。そして、果実品質には光条件よりも樹内における着果位置の方が重要で（Dann・Jerie，1988），果実糖度には光条件と着果位置が影響し、果実重には着果位置が強く影響することが報告されている（木村ら，1996）。近年では、果実重には着果位置が大きく影響し、糖度には着果位置だけでなく開花日や果実発育日数が影響することも示されている（福田ら，2012）。本章の実験において、より光条件の影響が大きいと考えられてきた果実糖度にはいずれの処理区でも、主枝上の区分ごとで有意な差が認められていない。この要因は、一文字形整枝区とジョイント仕立てⅠ区は類似した構造の棚仕立てとなっており、収穫前までに行われる新梢管理により徒長枝は切除されていることから、いずれの処理区もほぼ同様の受光態勢に揃っていたためと考えられた。一方で、果実重は、ジョイント仕立てⅠ区のみで区分間に有意な差が認められなかったのは、着果位置つまり根からの距離の違いが小さいことが大きく影響していると考えられた。この結果は、ジョイント仕立ては、果実糖度のばらつきが小さいだけでなく、果実重についてもばらつきが小さく、一文字形整枝と比較して果実形質の均質性が高いことを示すものである。Dann・Jerie（1988）は根からの距離を果実品質のばらつきにとって最も重要な要因としており、ジョイント仕立て区における主枝上の位置による果実形質の均質化は、根からの距離の違いの小ささが影響していると考えられた。

主枝上の位置と新梢生育の関係を検討した結果、一文字形整枝区では、定植5年目（2014年）および定植6年目（2015年）とも新梢の発生状況は、主枝の基部に近い位置ほど長く多い傾向であり、先端部に近い位置ほど短く少ない傾向にあった。これらの調査結果はいずれも新梢の勢力は主枝基部側で強く、主

枝先端部側で弱いことを示す結果といえる．唯一傾向の異なるのが，定植 5 年目（2014 年）の新梢長であり，主枝の先端部が最も長いという結果であるが，これは主枝最先端部の区分の総新梢数が 6 本と少なく，主枝延長枝の新梢を含む影響が大きく出ているためと推察される．

一方，ジョイント仕立て I 区では，主枝の位置による新梢生育の違いを検討した結果，定植 5 年目（2014 年）および 6 年目（2015 年）とも，一部の樹における主枝基部側の区分が主枝先端側の区分より総新梢長が長いまたは新梢数が多い傾向が認められた．しかし，新梢長および摘心新梢長には区分間で有意な差が認められていない．加えて，ジョイント仕立て I 区における主枝上の区分間の新梢生育に関するすべての調査項目の変動係数は，両年とも一文字形整枝と比較して小さかった．これらの結果は，ジョイント仕立てにおいても，定植 6 年目までの時点では，完全に樹勢が均質化しているとは言い切れない部分もあるが，新梢長はいずれの区分でも揃っており，一文字形整枝区と比較して一定の樹勢均質化効果があることを示しているといえる．定植 6 年目の一文字形整枝区における主枝上の位置ごとの新梢長について，前述の井上（2000）の樹勢の分類に照らした場合，主枝中央の D 区分より先は弱樹勢の分類に該当し，最も先端に近い G 区分は特に弱い樹勢であるといえる．このような新梢生育の違いは，前述の一文字形整枝における先端部の果実肥大とも密接に関係していると思われる．一方で，ジョイント仕立て I 区では，すべての区分の新梢長が強樹勢および弱樹勢のいずれにも該当しない．一般的な立ち木の仕立て法では，枝を水平ではなく先端を高くすることにより，頂部優勢を働かせて枝の背面から強い新梢が発生するのを抑える（菊池，1986）が，一文字形整枝などの主枝が水平誘引となっている仕立て法では，樹勢のばらつきが生じやすい．それに対して，同じく主枝を水平に誘引する樹体ジョイント仕立てでは，ナシの事例（柴田，2011）と同様に樹勢の低下する主枝先端部と樹勢の強い主枝基部が接

ぎ木で連結されることで、各部位の樹勢が平均化の方向へ進むと考えられた。つまり、赤阪（2009）、Dejong ら（1999）および岡田ら（1996）の報告で指摘されているような主枝を水平誘引する仕立て法の課題である主枝先端部と主枝基部の樹勢の違いが、ジョイント仕立てにおいては、解消される傾向があることが明らかとなった。

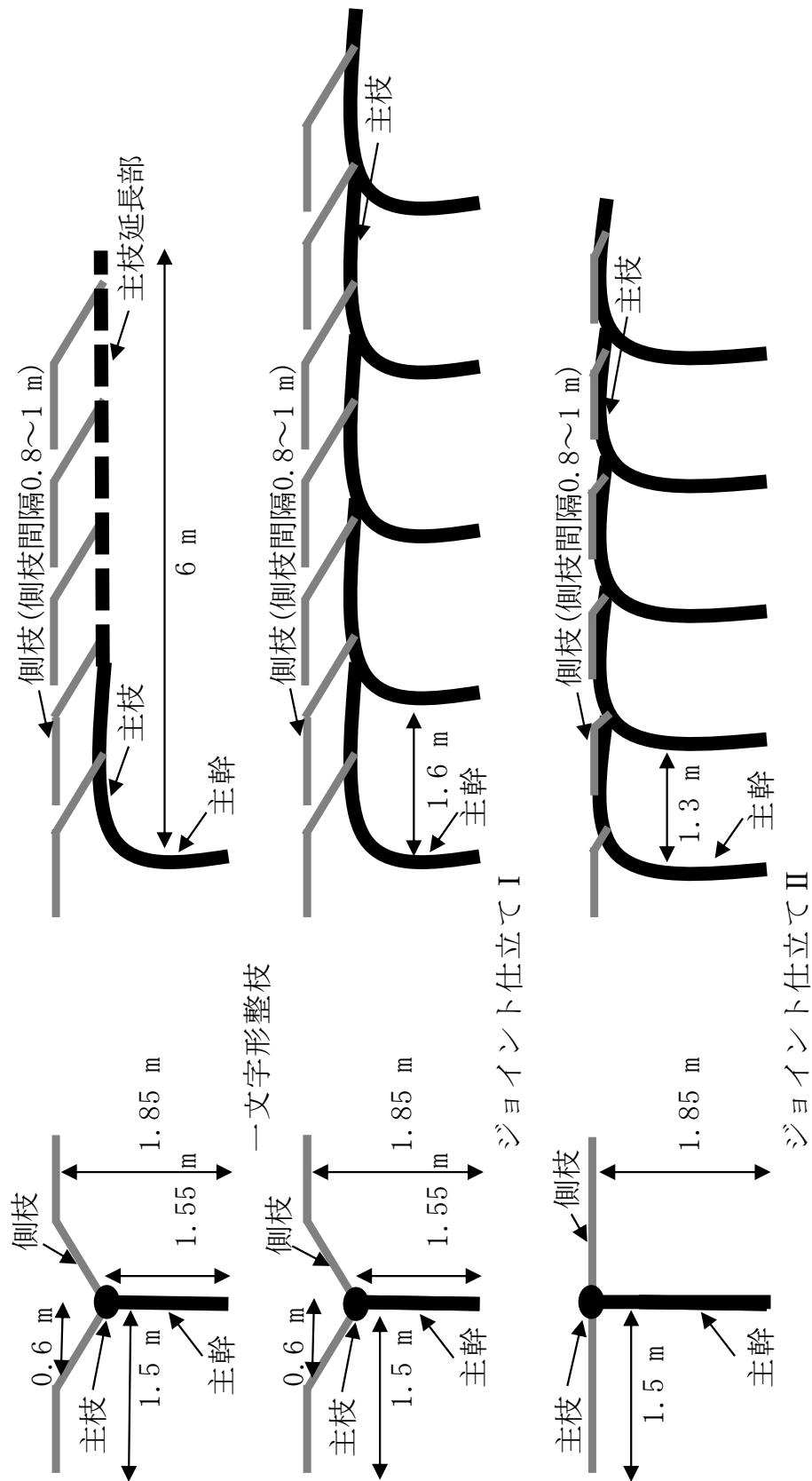
要約

本章では、モモの樹体ジョイント仕立てのほ場定植後から成園までの樹体生育、果実生産および栽培管理作業の省力性について、一文字形整枝を対照として比較した。また、2種類の主枝高（1.55 mおよび1.85 m）の樹体ジョイント仕立て（ジョイント仕立てⅠ区およびⅡ区）を比較し、樹体ジョイント仕立てに適した樹形を明らかにした。さらに、定植5年目および6年目のモモの樹体ジョイント仕立てについて、一文字形整枝を対照として、樹勢および果実形質の均質性を比較した。その結果、定植4年目までの果実形質には処理区間で有意な差がなく、ジョイント仕立てⅠ区は、定植4年目までのほ場面積当たりの累積収量が最も多く、収量性が最も高かった。定植5年目以降は、ジョイント仕立てⅠ区において一文字形整枝区と比較して果実重が有意に小さく糖度が有意に高く、果実形質に差が認められた。せん定の作業時間は、一文字形整枝と比較し、ジョイント仕立てⅠ区において有意に短く、収穫作業時の心拍数増加率は、ジョイント仕立てⅠ区およびⅡ区で有意に低かった。

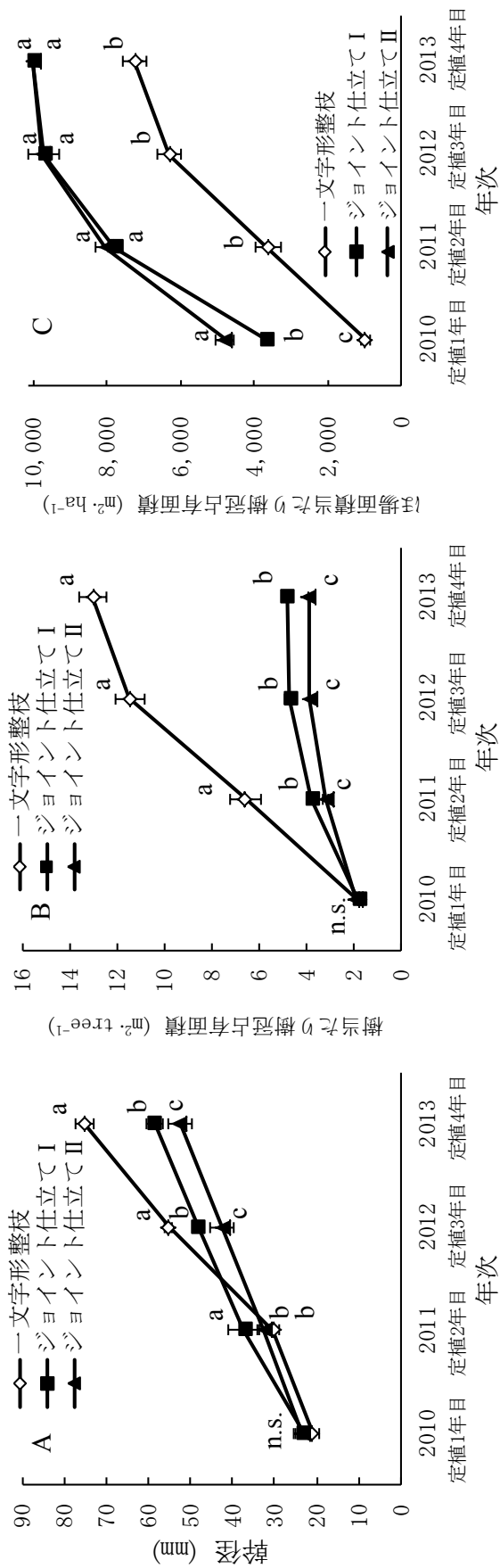
果実形質の均質性については、一文字形整枝区では、果実糖度には主枝上の区分間で有意な差が認められなかったが、果実重は主枝基部に近い主枝上の区分ほど小さく、主枝先端部に近い主枝上の区分ほど大きい傾向であった。これに対し、ジョイント仕立てⅠ区では、主枝上の区分間での果実糖度および果実重に差が認められなかった。新梢の勢力の均質性については、一文字形整枝区

では、主枝先端部に近い区分ほど新梢長が短い傾向が認められた。これに対し、ジョイント仕立てⅠ区では、主枝上の区分間で新梢長に有意な差が認められなかった。

以上の結果から、モモの樹体ジョイント仕立ては、定植４年目までの初期収量および作業の省力性の点で、これまで省力的な仕立て法と考えられてきた一文字形整枝と比較しても優れることが確認された。また、ジョイント仕立ての樹形については、主枝高を平棚面より 30 cm 低い 1.55 m とし、側枝の基部を斜めに誘引するジョイント仕立てⅠ区の樹形が最も適していると考えられた。さらに、モモの樹体ジョイント仕立ては、同様な棚仕立ての一文字形整枝と比較して、樹勢および果実形質が均質化することが明らかとなった。



第6図 供試したモモ‘あかつき’における各仕立て法の模式図

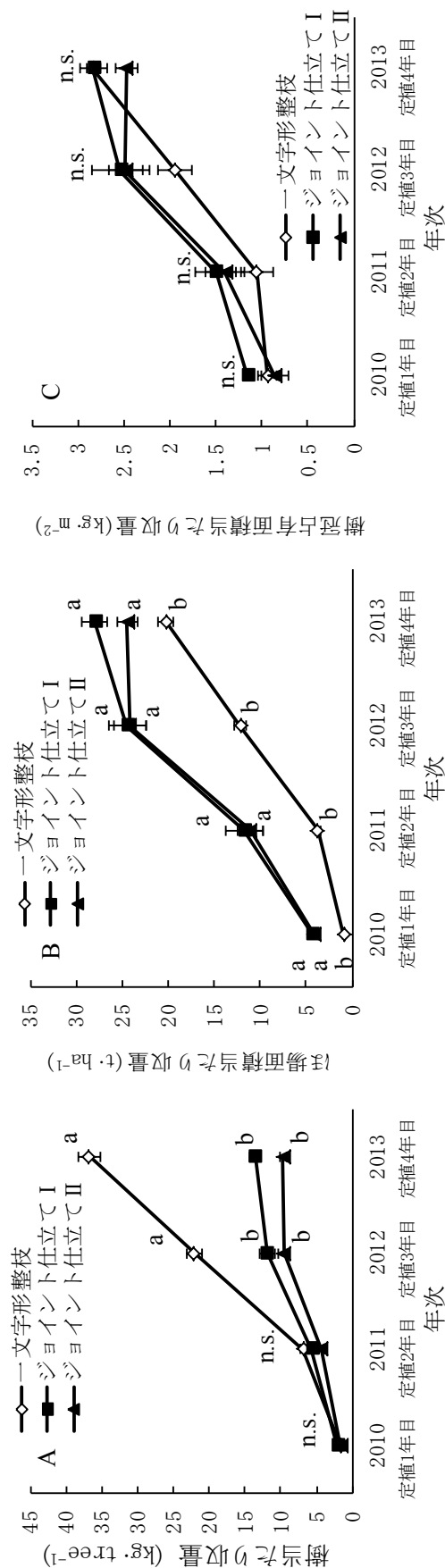


第7図 仕立て法がモモ ‘あかつき’ における定植1年目（2010年）から4年目（2013年）までの幹径および樹冠占有面積に及ぼす影響

A, BおよびCは、それぞれ幹径、樹当たり樹冠占有面積およびほ場面積当たり樹冠占有面積の推移を示す。

図中の縦線は標準誤差を示す (n=3)。

同一年次のa, bおよびcで示した同符号間に5% 水準で有意差無し (Tukey法) . n. s. は有意差無し。



第8図 仕立て法がモモ ‘あかつき’ における定植3年目（2010年）から4年目（2013年）までの収量に及ぼす影響

A, BおよびCは、それぞれ樹当たり、ほ場面積当たり（2010年）および樹冠占有面積当たり収量の推移を示す。
 図中の縦線は標準誤差を示す（n=3）。

同一年次のaおよびbで示した同符号間に5%水準で有意差無し（Tukey法）。n.s. は有意差無し。

第9表 仕立て法がモモ ‘あかつき’ における定植4年目（2013年）の樹体生育に及ぼす影響

仕立て法	総新梢長		新梢長 (cm)	新梢数		徒長枝比率 (%)	せん定枝 割合 (%)
	(m・tree ⁻¹)	(m・canopy area m ⁻²)		(No.・tree ⁻¹)	(No.・canopy area m ⁻²)		
一文字形整枝	222.4 a ^z	19.3 a	22.1 a	1005 a	87.4 a	8.1 a	76.6 a
ジョイント仕立てⅠ	81.5 b	17.0 a	17.2 b	472 b	98.4 a	3.0 b	74.5 a
ジョイント仕立てⅡ	65.4 b	16.8 a	20.5 a	323 b	82.9 a	5.1 b	74.7 a

^z 同一項目のaおよびbで示した同符号間に5%水準で有意差無し（Tukey法）。

第10表 仕立て法がモモ‘あかつき’における定植4年目までの累積収量および定植3年目（2012年）および4年目（2013年）の果実形質に及ぼす影響

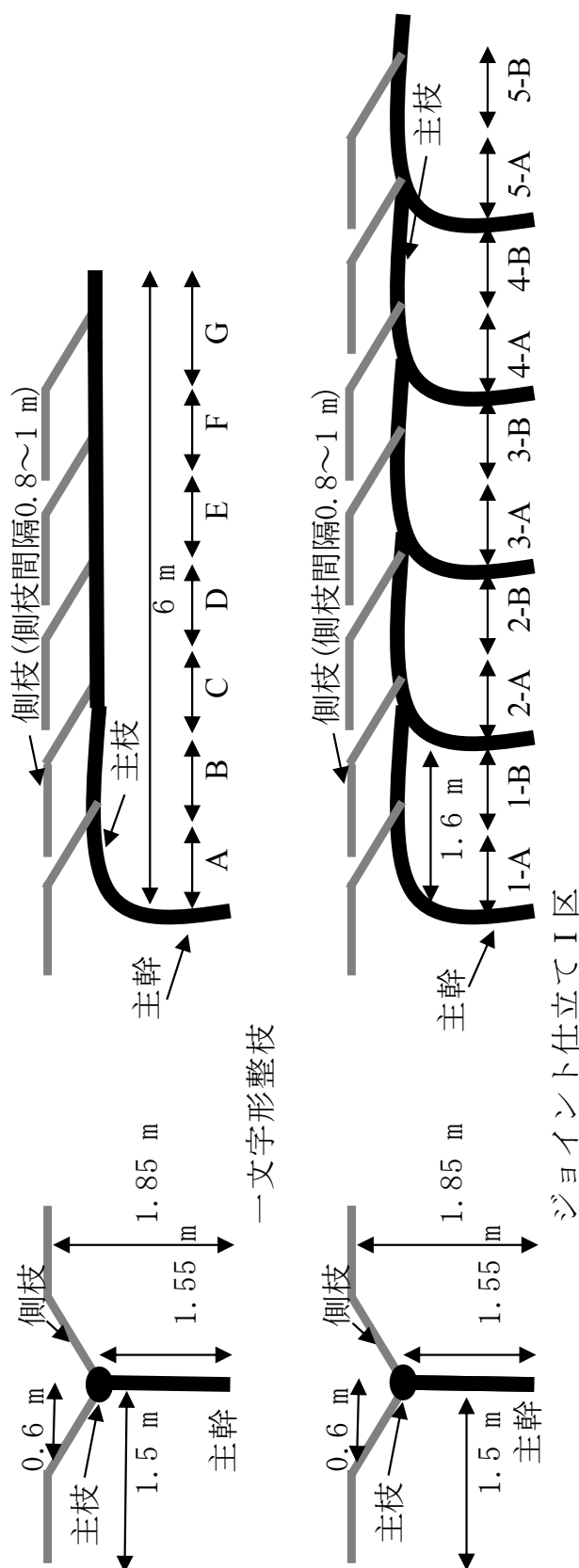
仕立て法	ほ場面積当たり 累積収量 (t・ha ⁻¹)	定植3年目（2012年）		定植4年目（2013年）	
		果実重 (g)	果実糖度 (° Brix)	果実重 (g)	果実糖度 (° Brix)
一文字形整枝	37.1 c ^z	226 a	13.0 a	251 a	13.8 a
ジョイント仕立てⅠ	68.5 a	221 a	13.0 a	241 a	14.1 a
ジョイント仕立てⅡ	63.9 b	222 a	13.5 a	252 a	13.7 a

^z 同一項目のa, bおよびcで示した同符号間に5%水準で有意差無し（Tukey法）。

第11表 仕立て法がモモ‘あかつき’における定植4年目（2013年）の収穫およびせん定の収量当たり作業時間および心拍数増加率に及ぼす影響

仕立て法	収量当たり作業時間 (hours・t ⁻¹)		心拍数増加率 (%)	
	収穫	せん定	収穫	せん定
一文字形整枝	16.3 a ^z	68.0 a	13.0 a	19.2 a
ジョイント仕立てⅠ	12.6 a	45.4 b	6.3 b	14.1 a
ジョイント仕立てⅡ	14.4 a	59.8 a	6.1 b	13.7 a

^z 同一項目のaおよびbで示した同符号間に5%水準で有意差無し（Tukey法）。



第9図 樹勢および果実形質を比較したモモ‘あかつき’における各仕立て法の主枝上の区分
 A, B, C, D, E, F, G, 1-A, 1-B, 2-A, 2-B, 3-A, 3-B, 4-A, 4-B, 5-Aおよび 5-Bは、地表面からの
 距離を指標とした主枝上の区分を示す (A:1~80 cm, B:81~160 cm, C:161~240 cm, D:241~320
 cm, E:321~400 cm, F:401~480 cm, G:481 cm~主枝先端, 1-A:1~80 cm, 1-B:81~160 cm, 2-
 A:161~240 cm, 2-B:241~320 cm, 3-A:321~400 cm, 3-B:401~480 cm, 4-A:481~560 cm, 4-
 B:561~640 cm, 5-A:641~720 cm, 5-B:721~800 cm) .

第12表 仕立て法が定植5年目（2014年）および6年目（2015年）のモモ‘あかつき’における収量および果実形質に及ぼす影響

仕立て法	定植5年目（2014年）				定植6年目（2015年）			
	樹当たり収量 (kg·tree ⁻¹)	ほ場面積当たり収量 (t·ha ⁻¹)	果実重 (g)	糖度 (° Brix)	樹当たり収量 (kg·tree ⁻¹)	ほ場面積当たり収量 (t·ha ⁻¹)	果実重 (g)	糖度 (° Brix)
一文字形整枝	53.2	29.5	283	12.2	49.7	27.6	253	11.4
ジョイント	15.4	32.3	258	12.9	11.4	23.8	219	12.4
仕立て I								
t-test ^z	**	n. s.	*	*	**	*	*	*

^z **および*は、それぞれ1および5%水準で有意差有り，n. s. は有意差無しを示す．

第13表 仕立て法が定植5年目（2014年）および6年目（2015年）のモモ‘あかつき’における主枝上の区分ごとの果実形質のばらつきに及ぼす影響

仕立て法	主枝上の区分	定植5年目（2014年）		定植6年目（2015年）	
		果実重 (g)	糖度 (° Brix)	果実重 (g)	糖度 (° Brix)
一文字形整枝	A	250 b ^z	12.2 a	205 e	12.2 a
	B	243 b	11.8 a	215 de	11.5 a
	C	277 b	12.1 a	233 cd	11.6 a
	D	315 a	12.2 a	251 bc	11.8 a
	E	332 a	12.6 a	270 b	11.9 a
	F	—	—	301 a	11.2 a
	Significance ^y	**	n. s.	**	n. s.
	変動係数 (%)	13.8	2.4	14.6	3.0
ジョイント 仕立て I	1-A	259 a	12.7 a	203 a	12.8 a
	1-B	253 a	12.6 a	212 a	12.3 a
	2-A	253 a	12.6 a	214 a	12.1 a
	2-B	252 a	12.5 a	212 a	12.5 a
	3-A	250 a	13.3 a	220 a	12.4 a
	3-B	265 a	12.6 a	226 a	12.4 a
	4-A	257 a	13.0 a	228 a	12.4 a
	4-B	269 a	12.7 a	221 a	12.0 a
	5-A	247 a	13.0 a	228 a	12.5 a
	5-B	282 a	13.1 a	229 a	12.3 a
	Significance	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
	変動係数 (%)	3.7	2.1	1.7	1.6

^y **は、1%水準で有意差有り、n. s. は有意差無しを示す。

^z 同一項目のa, b, c, dおよびeで示した同一符号間に有意差無し（Tukey法）。

第14表 仕立て法が定植5年目（2014年）のモモ‘あかつき’における樹体生育に及ぼす影響

仕立て法	樹当たり 樹冠占有面積 ($\text{m}^2 \cdot \text{tree}^{-1}$)	ほ場面積当たり 樹冠占有面積 ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)	総新梢長		新梢長 (cm)	新梢数		徒長枝比率 (%)	せん定枝 割合 (%)
			($\text{m} \cdot \text{tree}^{-1}$)	($\text{m} \cdot \text{canopy area m}^{-2}$)		($\text{No.} \cdot \text{tree}^{-1}$)	($\text{No.} \cdot \text{canopy area m}^{-2}$)		
一文字形整枝	12.8	7108	195.8	15.7	18.3	1075	85.8	5.9	75.2
ジョイント 仕立てI	4.7	9840	79.6	16.8	19.1	417	88.3	4.9	78.7
t-test ^z	**	*	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

^z **および*は、それぞれ1および5%水準で有意差有り，n. s. は有意差無しを示す．

第15表 仕立て法が定植6年目（2015年）のモモ‘あかつき’における樹体生育に及ぼす影響

仕立て法	樹当たり 樹冠占有面積 ($\text{m}^2 \cdot \text{tree}^{-1}$)	ほ場面積当たり 樹冠占有面積 ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)	総新梢長		新梢長 (cm)	新梢数		徒長枝比率 (%)	せん定枝 割合 (%)
			($\text{m} \cdot \text{tree}^{-1}$)	($\text{m} \cdot \text{canopy area m}^{-2}$)		($\text{No.} \cdot \text{tree}^{-1}$)	($\text{No.} \cdot \text{canopy area m}^{-2}$)		
一文字形整枝	15.6	8642	218	14.0	18.4	1185	76.1	5.3	78.3
ジョイント 仕立てI	4.7	9706	82	17.6	22.2	370	79.4	5.8	78.3
t-test ^z	**	*	**	**	**	**	n. s.	n. s.	n. s.

^z **および*は、それぞれ1および5%水準で有意差有り，n. s. は有意差無しを示す．

第16表 仕立て法が定植6年目(2015年) のモモ ‘あかつき’ における摘心新梢長および摘心新梢数に及ぼす影響

仕立て法	摘心総新梢長		摘心新梢長 (cm)	摘心新梢数	
	(m·tree ⁻¹)	(m·canopy area m ⁻²)		(No.·tree ⁻¹)	(No.·canopy area m ⁻²)
一文字形整枝	36.8	3.0	121	30.3	2.4
ジョイント 仕立てI	21.4	4.5	113	19.0	4.0
t-test ^z	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

^z n. s. は有意差無しを示す.

第17表 仕立て法がモモ ‘あかつき’ の主枝上の区分ごとの新梢生育に及ぼす影響

仕立て法	主枝上の区分	定植5年目 (2014年) の新梢生育			定植6年目 (2015年) の摘心新梢			定植6年目 (2015年) の新梢生育		
		総新梢長 (m)	新梢数 (No.)	新梢長 (cm)	摘心総新梢長 (m)	摘心新梢数 (No.)	摘心新梢長 (cm)	総新梢長 (m)	新梢数 (No.)	新梢長 (cm)
一文字形整枝	A	76.1 a ^z	289 a	26.4 ab	23.4 a	18.0 a	129 a	72.8 a	266 a	27.5 a
	B	34.7 ab	183 ab	19.3 ab	7.5 b	6.3 ab	118 ab	45.5 b	215 ab	21.2 b
	C	37.9 b	235 ab	16.6 b	4.9 b	4.7 ab	101 ab	38.6 bc	212 ab	18.1 b
	D	19.9 bcd	153 abc	12.3 b	1.1 b	1.3 b	76 b	24.7 cd	185 abc	13.3 c
	E	17.4 bcd	145 abc	11.9 b	-	-	-	20.7 d	153 bc	13.6 c
	F	8.2 cd	63 bc	13.6 b	-	-	-	11.5 de	108 cd	10.6 c
	G	1.5 d	6 c	38.9 a	-	-	-	4.2 e	46 d	9.4 c
Significance ^y		**	**	**	**	**	**	**	**	**
変動係数 (%)		89.2	62.9	49.3	106.3	95.8	21.8	74.8	43.6	39.7
ジョイント 仕立て I	1-A	56.7 a	270 a	21.3 a	19.3 a	16.0 a	119 a	50.4 ab	208 ab	23.6 a
	1-B	30.4 b	188 ab	16.0 a	5.3 bc	5.3 bc	100 a	33.8 ab	164 ab	20.7 a
	2-A	43.1 ab	220 ab	19.8 a	15.9 abc	13.7 abc	116 a	47.7 ab	204 ab	23.2 a
	2-B	28.8 b	181 ab	15.9 a	4.3 c	4.0 c	108 a	25.0 b	126 b	20.0 a
	3-A	58.2 a	279 a	21.0 a	14.7 abc	13.3 abc	110 a	58.1 a	235 a	25.0 a
	3-B	24.9 b	163 ab	15.4 a	6.7 abc	6.7 abc	101 a	29.4 ab	168 ab	17.7 a
	4-A	46.5 ab	228 ab	20.4 a	14.7 abc	12.7 abc	115 a	44.9 ab	202 ab	22.1 a
	4-B	33.4 ab	189 ab	17.7 a	4.5 bc	4.3 c	103 a	41.9 ab	196 ab	21.3 a
	5-A	45.1 ab	227 ab	19.8 a	17.1 ab	14.3 ab	118 a	40.5 ab	179 ab	22.6 a
	5-B	30.6 b	142 b	20.4 a	4.7 bc	4.7 bc	100 a	39.3 ab	167 ab	23.3 a
Significance		**	**	n. s.	**	**	n. s.	*	*	n. s.
変動係数 (%)		29.8	21.2	12.2	56.9	51.3	7.0	24.2	16.5	9.6

^y **および*は、それぞれ1および5%水準で有意差有り、n. s. は有意差無しを示す。

^z 同一項目のa, b, c, dおよびeで示した同一符号間に有意差無し (Tukey法) 。

第4章 モモの樹体ジョイント仕立てと開心自然形整枝における樹体生育，果 実生産および作業の省力性の比較

緒言

本研究では，一文字形整枝の樹形を基本に，樹体ジョイント技術のモモへの適用方法の検討を進めている．第2章では，モモの樹体ジョイント仕立てに適した苗木の育成方法（浜名ら，2013b），第3章では，樹体ジョイント仕立てと一文字形整枝を比較した場合の樹体生育，果実生産，栽培管理作業の省力性（浜名ら，2016）および樹勢と果実形質の均質性について検討してきた．しかし，一文字形整枝は，従来の立木の仕立て法と比較すると作業の省力性では優れる仕立て法であるが，現状として栽培現場への一文字形整枝などの棚仕立ての導入事例はまだ少なく，開心自然形などの立木の仕立て法が一般的となっている．そのため，仕立て法としての有効性を明らかにするためには，一般的な仕立て法との比較も重要となる．また，これまでのモモの仕立て法の報告では，開心自然形を比較対照としている事例が最も多い（赤阪，2009；猪俣ら，1996；木村ら，1987；岡田・益田，2000；岡田ら，1996；志村ら，2007；志村・永山，2009；山下ら，1998）．そこで，本章では，樹体ジョイント仕立てで成園並みの収量となる5年生時における樹体生育，果実生産および栽培管理作業の省力性について，開心自然形整枝と比較した．

まず，樹体ジョイント仕立ての果実形質および樹勢の均質化効果を開心自然形整枝と比較した．モモにおいては，従来から樹内で果実形質にばらつきがあることが知られており（阿部ら，1993；福田ら，2012；井上，2001；加藤，2000；岡本・賈，2006），栽培管理においてはそのばらつきを少なくすることが課題となってきたことから，第3章では一文字形整枝を対照として，樹体ジョイント仕立ての果実形質均質化効果を明らかにした．樹体ジョイント仕立ては，従来

の開心自然形整枝と比較した場合においても、樹冠が平面的であり、各部位の光条件が均一となるだけでなく、主幹からの距離の違いも小さいことから、果実形質が均質化する可能性が高い。また、赤阪（2009）は、一文字形整枝では、主枝の先端部と基部における新梢の生育差などの樹勢の制御には、摘心の徹底が必須であり、それを怠ると樹形が乱れて果実形質と収量の低下を招く恐れがあることを報告している。しかし、樹体ジョイント仕立てでは、接ぎ木により主枝が連結されるため、主枝に先端部と基部が存在しなくなり、樹勢が平準化する効果が期待される。そこで、本章では、樹体ジョイント仕立てによる果実形質および樹勢の均質化効果を明らかにするために、開心自然形整枝を対照として、主枝上の区分ごとの果実形質および新梢生育のばらつきを比較した。

さらに、樹体ジョイント仕立てと同様な棚仕立ての一文字形整枝では、開心自然形整枝と比較し、摘果、袋かけおよび収穫の作業時間が短くなり（赤阪，2009）、平棚仕立てにおいても摘蕾、袋かけおよび収穫の作業時間が短くなることが明らかになっている（岡田・益田，2000）。従って、樹体ジョイント仕立てにした場合、それらと同様な作業時間の短縮効果と作業動線の単純化による効果（柴田ら，2011）が得られると考えられた。一方、脚立上段の作業では、作業者の心拍数が増加する傾向があることが示されている（志村ら，2006）。また、脚立作業の含まれる開心自然形整枝では、樹冠の拡大に伴って脚立の使用回数が増加し、脚立の運搬、昇り降りなどの動作に時間をとられ、作業能率が低下することが示唆されている（佐藤ら，1983）。さらに、樹体ジョイント仕立てと同様な棚仕立ての一文字形整枝では、開心自然形整枝と比較し、摘果、袋かけ、収穫およびせん定作業の心拍数増加率が低くなることが明らかとなっている（赤阪，2009）。従って、脚立作業が含まれる開心自然形整枝に対し、モモの樹体ジョイント仕立てでは、夏季の作業時間が短縮したり、心拍数増加率が低くなる可能性があると考えられた。そこで、本章では、樹体ジョイント仕立ての

作業の省力性を明らかにするために、作業者の作業時間、心拍数増加率および作業姿勢を、開心自然形整枝と比較した。

材料および方法

(1) 供試樹と定植方法および管理方法

広島県三原市大和町の現地生産者ほ場において、2010年に2年生苗木を直接ほ場に植えて2013年に5年生となるモモ‘白鳳’（台木：‘おはつもも’）60樹を用いた。処理区はジョイント仕立て区および開心自然形整枝区の2区を設け、ジョイント仕立て区は19樹を連結した1ユニットを1反復とし、開心自然形整枝区は1樹を1反復とし、各区3反復とした。ジョイント仕立て区の栽植列は南北方向、栽植列間は3.5 mとし、樹間距離は1.2 mとした。一方、開心自然形整枝区の栽植列間および樹間距離は7 mとした。単位面積当たり栽植本数はジョイント仕立て区および開心自然形整枝区で、それぞれ1 ha 当たり2380および200樹とした。ジョイント仕立て区における主枝誘引線への苗木の新梢誘引は1年間育苗した翌年の2011年3月に行い、主枝高を地上1.2 mとなるように栽植列方向の北側に誘引して主枝を形成した。その後の樹と樹の連結は、同年3月末に主枝の先端部を隣接樹の主枝基部へ寄せ接ぎすることにより行い、樹体ジョイント仕立てとした（第10図）。なお、栽植した苗木の接ぎ木前の主枝長は、平均132 cmであった。一方、開心自然形整枝区は、5年生まで毎年80～90 cm ずつ主枝を延長し樹冠拡大した。なお、2013年時点の樹高はジョイント仕立て区では棚があるため高さ180 cmに制限され、開心自然形整枝区では平均289 cmであった。ジョイント仕立て区における枝管理方法は120～150 cmの長さの側枝を80 cm程度の間隔で配置することを基本とした。また、両処理区とも、主枝および側枝基部（主枝からの距離60 cm以内の側枝）などから発生した背面部の新梢および長さ80 cm以上の伸長中の新梢は、5葉を残して

摘心する管理を袋かけ時に同時に実施した．

施肥は，有機配合ペレット肥料（N：P₂O₅：K₂O＝6：6：5）を用い，現地慣行の施用量 60 g・m⁻²を基に，樹冠占有面積に応じて施用量を設定した．

（２）調査方法

果実調査は，５年生となる 2013 年において収穫最盛期の 7 月 26 日に収穫適期の果実を採取し実施した．主枝上の着果位置の違いが果実形質に及ぼす影響を明らかにするために，主枝の長さを地表から 60 cm 間隔で区分し，各区分から発生した枝に着果していた収穫果実の中から無作為に 3～5 果を取り出し，果実重および糖度を調査し，区分ごとに集計した．なお，各区分は主枝の基部側から順番に，開心自然形整枝区は，A（地表からの距離：61～120 cm），B（121～180 cm），C（181～240 cm）および D（241 cm～主枝先端）の 4 区分，ジョイント仕立て区は各ユニットの中央樹について，B（地表からの距離：121～180 cm）および C（181～240 cm）の 2 区分とし，糖度および果実重を比較した（第 10 図）．

樹当たり樹冠占有面積およびほ場面積当たり樹冠占有面積は，2014 年 1 月のせん定終了後に佐藤・竹澤（2014）に準じて樹冠投影法を用いて調査した．すなわち，樹冠の水平面に対する投影図を各樹冠の形状に合わせて三角形の集合体として作図し，各頂点間の距離を計測し，ヘロンの公式を用いることにより面積を算出した．樹体生育は，2014 年 1 月に，総新梢長，新梢長，新梢本数および徒長枝比率を樹別に調査した．摘心した新梢において複数の副梢が発生している場合には，最も長い副梢を含めた長さを新梢長として計測し，それ以外の副梢については調査から除外した．また，せん定で切除した新梢と樹に残した新梢の長さを調査する方法により，樹体生育と同時に，せん定枝割合を樹別に調査した．総新梢長および新梢本数は，枝の発生密度などから樹勢の違いを

明らかにするため、樹当たりの値だけでなく、樹冠占有面積当たりの値にも換算し比較した。なお、徒長枝比率は、すべての新梢本数に占める長さ 60 cm 以上の新梢本数の比率とし、せん定枝割合は、総新梢長のうちせん定時に切除した新梢長の合計値の比率とした。ジョイント仕立て区は、樹冠占有面積、樹体生育およびせん定枝割合についても、ジョイント仕立ての特徴を最も示すと考えられた中央樹の平均値を用いることとした。また、主枝上の位置の違いが新梢生育に及ぼす影響を明らかにするために、果実形質と同様に主枝を 60 cm 間隔で区分し、各区分から発生した新梢を分類し、区分ごとの新梢長を算出した。

栽培管理に要する作業労力は、5 年生となる 2013 年の摘蕾、摘果・袋かけ・新梢摘心、収穫およびせん定の作業について、それぞれ作業時間および作業時の心拍数増加率を樹単位で、3 反復調査した。摘蕾作業は、結果枝の上面に着生した花蕾を摘除し、開心自然形整枝区については加えて主枝延長枝上のすべての花蕾を摘除する作業とした。摘果・袋かけ・新梢摘心の作業は、摘果をしながら袋かけを実施し、同時に新梢摘心を行うまでの作業とした。収穫作業は、外観から目視で果実の熟度を確認して、適熟な果実のみ選んで収穫し、収穫した果実をコンテナに入れるまでの作業とした。せん定作業は、枝の発生状況を目視で確認し、切る枝を判断して切除し、残した枝の誘引を行うまでの作業とした。作業時間は、収量の違いによる差を排除するため、Dejong ら (1999) などの報告に基づき、収量 1 t 当たりに換算して比較した。脚立を利用する開心自然形整枝区については、その利用時間についても計測し、作業時間中に占める脚立利用時間の割合を算出した。また、せん定における誘引作業が多いジョイント仕立て区については、その作業時間を計測し、作業時間に占める誘引作業時間の割合を算出した。心拍数は、心拍計 (RS800CX, ポラール・エレクトロ・ジャパン (株)) を用いて、一連の作業時間を通して計測し、石川・菊池 (2002) の方法に準じて評価した。この心拍計では、心拍変動 (RR 間隔) を計測し、そ

れを移動平均法により 1 分間の心拍数に換算して記録する．その記録を基に，各作業時間中の平均値を算出し，作業時の心拍数とした．また，安静時の心拍数は 5 分間以上安静にした後に計測し，その心拍数に対する各区の所定作業時の心拍数増加割合を心拍数増加率（（作業時の心拍数－安静時の心拍数）／安静時の心拍数×100）として算出し，測定日時による差を少なくした．摘蕾，摘果・袋かけ・新梢摘心およびせん定の各作業は，モモの栽培管理作業経験が 40 年以上の身長 162 cm，60 歳代の男性 1 名を被験者とした．収穫作業だけは栽培管理作業経験 5 年，身長 168 cm，20 歳代の男性 1 名を被験者とした．作業姿勢の評価は，摘蕾作業について Karhu ら（1977）が開発した Ovako 式作業姿勢分析システム（OWAS 法）を用いて，アクションカテゴリー（以下 AC）による評価を行った．すべての作業について，撮影した動画を基に，5 秒ごとの作業姿勢を抽出し，体幹，上肢，下肢および荷重の 4 項目の OWAS 姿勢コード表に基づき，AC1：改善不要，AC2：近いうちに改善すべき，AC3：できるだけ早期に改善すべき，AC4：ただちに改善すべきの 4 段階に分類した．

統計分析は，新城（2001）を参考として，t 検定および Tukey 法による多重検定により行った．徒長枝比率，せん定枝割合，心拍数増加率およびアクションカテゴリー出現率は，統計解析の前に逆正弦変換を実施した．

結果

1 樹体生育

樹体生育を検討した結果，樹冠占有面積は，樹当たりでは開心自然形整枝区が有意に大きく（第 18 表），ほ場面積当たりでは，ジョイント仕立て区が有意に大きかった．樹当たりおよび樹冠占有面積当たりの総新梢長および新梢長は処理区間で有意な差が認められなかった．一方，新梢数は樹当たりでは開心自然形整枝区で有意に多かったが，樹冠占有面積当たりでは処理区間で有意な差

は認められなかった．徒長枝比率およびせん定枝割合はジョイント仕立て区で有意に高かった．

2 樹内における果実形質および新梢の勢力のばらつき

主枝上の位置と果実形質の関係を検討した結果，開心自然形整枝区は，果実重で各区分の有意な差が認められなかったが，糖度では主枝基部の A 区分（61～120 cm）および B 区分（121～180 cm）に比べ，主枝先端部の D 区分（241 cm～主枝先端）で有意に高く，C 区分（181～240 cm）の主枝中央部の果実は他の区分に対して有意な差が認められなかった（第 19 表）．一方，ジョイント仕立て区は，A 区分に相当する主枝部分は主幹となるため着果させておらず，D 区分に相当する主枝部分はないため，B 区分（121～180 cm）および C 区分（181～240 cm）の 2 つの区分で比較したが，果実重および糖度ともに有意な差は認められなかった．また，いずれの仕立て法においても新梢長には主枝上の区分による有意な差は認められなかった（第 19 表）．

3 栽培管理労力

作業時間を検討した結果，摘蕾，摘果・袋かけ・新梢摘心については処理区間で有意な差がなかったが，収穫ではジョイント仕立て区で有意に短く，せん定ではジョイント仕立て区で有意に長かった（第 20 表）．一方，調査したこれらの主な栽培管理作業 4 項目の合計作業時間では，処理区間に有意な差は認められなかった．心拍数増加率は，摘蕾および摘果・袋かけ・新梢摘心の作業において，ジョイント仕立て区で有意に低かったが，収穫およびせん定では処理区間で有意な差は認められなかった．

摘蕾時の作業姿勢を検討した結果，開心自然形整枝区で，AC3 および AC4 に分類される作業姿勢が見られたが，ジョイント仕立て区では AC3 および AC4 に

分類されるきつい作業姿勢は観察されなかった（第 21 表）。なお、ジョイント仕立て区では、改善不要と考えられた AC1 の作業姿勢の出現率が有意に高く、改善すべきと考えられた AC2～AC4 の作業姿勢の出現率が有意に低かった。

考察

樹体生育を比較した結果、樹冠占有面積は、樹当たりでは開心自然形整枝区において大きい傾向があるものの、ほ場面積当たりでは、ジョイント仕立て区で大きい傾向にあった。両仕立てでの収量の違いは、栽植間隔の違いに伴う生育差が要因と考えられた（Marini・Sowers, 2000）。樹当たりおよび樹冠占有面積当たりの総新梢長、新梢長、樹冠占有面積当たりの新梢本数は、処理区間で有意な差は認められなかったが、徒長枝比率およびせん定枝割合についてはジョイント仕立て区で有意に大きく、開心自然形整枝区と比較するとジョイント仕立て区の樹勢が強いことが示唆された。この樹勢の違いは、ほぼ成園並の樹冠占有面積に到達しているジョイント仕立て区に対し、開心自然形整枝区は、まだ樹冠拡大中であり、周囲の空間が広く、立体的な樹冠構造であるため、結果的に残す枝の量が多くなり、せん定量が少なくなることも影響していると考えられた。また、水平方向の主枝は直立した強勢な新梢を増加させる（De Jong ら, 1999）ことから、同様な水平方向の主枝を持つ樹体ジョイント仕立てにもその傾向があると考えられた。一方で、木村ら（1987）は、棚仕立て導入の目的の一つとして樹勢の改善を挙げ、従来の仕立て法において収量性の低下や果実品質の悪化の要因となっていた樹勢の衰弱の解消を目的に、棚仕立ての実験を行っている。その結果、樹高を制限しない開心自然形整枝樹と比較し、棚仕立ての場合は平均結果枝長が長く、強い樹勢が維持されることを報告している。また、井上（2000）は若木では栄養成長が旺盛であるため、画一的な診断はできないとしつつも、成木期の新梢長は 20～25 cm 程度が望ましく、30 cm 以上

におよぶ場合は強樹勢，10～15 cm で弱樹勢としている．これらのことから，本実験のジョイント仕立て区の新梢長は概ね適正範囲の樹勢と考えられた．ただし，本実験の供試樹は若木であるため，今後の樹勢および果実形質の変化を確認する必要があると考えられた．

開心自然形整枝区の果実重には主枝上の区分による有意な差が認められなかったが，糖度には主枝先端部の区分と比較して主枝基部の区分が有意に低い傾向が確認された．これに対して，ジョイント仕立て区の果実形質には区分による有意な差が認められず，第3章での一文字形整枝との比較結果と同様な傾向の結果となった．樹体ジョイント仕立てでは，棚仕立てとなることで樹冠が平面的になり，各部位の光条件が開心自然形と比較して均一になることで，果実重の樹内でのばらつきが小さくなると考えられた．さらに，樹体ジョイント仕立てでは，隣接樹の主枝先端部と基部が接ぎ木により連結されているため，主幹からの距離の違いも小さくなることで，果実糖度のばらつきが小さくなるものと考えられた．すなわち，樹体ジョイント仕立ては開心自然形と比較して，果実形質が均質化することが明らかとなった．

主枝上の位置による新梢長のばらつきについては，本実験の両処理区では確認されなかった．開心自然形のような一般的な立木の仕立て法では，枝を水平ではなく先端を高くすることにより，頂部優勢を働かせて枝の背面から強い新梢が発生するのを抑える（菊池，1986）のに対し，主枝が水平誘引となっている仕立て法では，樹勢のばらつきが生じやすいと考えられた．しかし，樹体ジョイント仕立てでは，主枝が水平誘引されているものの，強い新梢が発生しやすい主枝基部が隣接樹の主枝先端部と接ぎ木により連結されているため，新梢長のばらつきが発生しにくいと考えられた．

摘蕾，摘果・袋かけ・新梢摘心作業の時間は，処理区間で有意な差が認められなかったが，収穫作業ではジョイント仕立て区で有意に短かった．ジョイン

ト仕立てと同様な棚仕立ての一文字形整枝では、開心自然形整枝と比較し、摘果、袋かけおよび収穫の作業時間が短くなる（赤阪，2009）。平棚仕立てでも摘蕾、袋かけおよび収穫の作業時間が短くなる（岡田・益田，2000）ことから、それらと似た構造の棚仕立てによる効果とジョイント仕立てによる作業動線の単純化による効果（柴田ら，2011）が収穫の作業時間短縮に影響したものと考えられた。一方で、一文字形整枝や平棚仕立ての事例のように摘蕾、袋かけの作業時間には短縮効果が確認されなかった要因としては、対照樹が若木であり、樹高がまだ低く、脚立の利用が少ないことも影響しているものと考えられた。

一方、せん定の作業時間はジョイント仕立て区で有意に長かった。せん定の習熟者は長年の経験による素早い判断が可能となっているため、未習熟者と比べ眺め考える時間が少なく、無駄な時間が少なくなる（佐藤・八巻，1985）。本実験の被験者は40年以上の長い作業経験のある生産者であったため、開心自然形整枝のせん定技術に習熟しており、脚立作業が含まれていても、眺めながら熟考するなど作業を中断する時間はほとんどなく、枝の発生状況を見ながら手早く枝を間引いて樹形を整え、誘引作業も必要としなかった。一方、ジョイント仕立てのせん定でも眺めながら熟考することもなく、作業を中断することはなかった。しかし、棚面への枝の誘引作業に手間がかかり作業時間の34%を費やし、結果的に作業時間が長くなった。誘引作業の増加に伴うせん定作業時間の増加傾向は、ジョイント仕立てと同様な棚仕立ての仕立て法である一文字形整枝（赤阪，2009）や平棚仕立て（岡田・益田，2000）でも認められており、同じ傾向と考えられた。このように、ジョイント仕立て区ではモモ栽培において繁忙期ではない冬季に行われるせん定の作業時間が開心自然形整枝と比較し、有意に長くなった。それに対して、モモ栽培における繁忙期に当たる収穫の作業時間はジョイント仕立て区において有意に短くなっている。さらに、摘蕾、摘果・袋かけ・新梢管理および調査した主要な4項目の作業時間の合計では処

理区間に有意な差が認められていない。この結果は、せん定作業時間の増加は、年間を通しての作業時間には影響せず、繁忙期ではないせん定の作業時に手間をかけて樹形が形成されることで、夏季の繁忙期に当たる収穫作業時間の短縮につながったと考えられた。つまり、ジョイント仕立てには年間を通してみた場合に、労力分散の効果が期待できると考えられた。本実験と同様に岡田・益田（2000）も、平棚仕立てのせん定作業時間が開心自然形より長くかかることについて、冬季のせん定期間は3～4か月間あり、労力分散が可能なため、管理作業上問題はないと論じている。

心拍数増加率は、摘蕾、摘果・袋かけ・新梢摘心の作業において、ジョイント仕立て区で低い傾向が認められた。これは、せん定時に時間をかけて丁寧に枝を棚に誘引したことで、すべての枝が自然な立ち姿で管理できるようになり、夏季の繁忙期の作業を軽労化する効果として現れたものと考えられた。しかし、収穫およびせん定作業は、処理区間に心拍数増加率の有意な差が認められていない。ジョイント仕立てと似た構造の棚仕立ての一文字形整枝では、開心自然形整枝と比較し、摘果、袋かけ、収穫およびせん定作業の心拍数増加率が低くなる（赤阪，2009）と報告されている。従って、ジョイント仕立て区における低い心拍数増加率は棚仕立てとしたことによる効果と考えられた。一方で、一文字形整枝や平棚仕立ての事例のように収穫およびせん定では心拍数増加率の違いが確認されなかった要因としては、対照樹が若木であり、樹高がまだ低いことも影響しているものと考えられた。

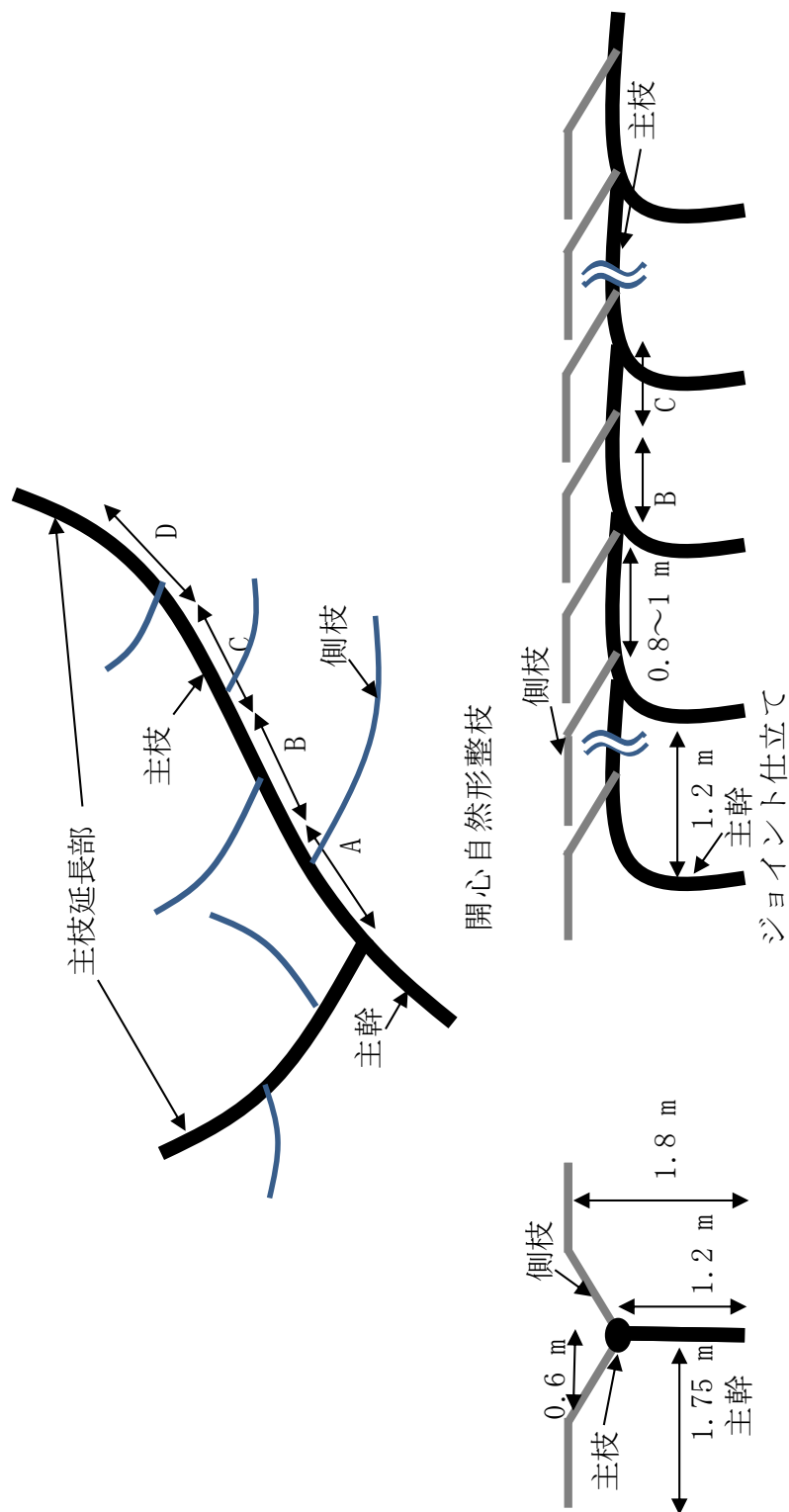
作業姿勢は、心拍数増加率で最も処理区間の差が大きく、作業方法上多様な姿勢が発生しやすいと考えられた摘蕾作業でOWAS法を用いた評価を行った。その結果、AC3（早期に改善すべき）およびAC4（ただちに改善すべき）に分類される作業は開心自然形整枝区のみを観察され、ジョイント仕立て区には全く観察されなかった。そのため、AC1の出現率はジョイント仕立て区で有意に高く、

AC2～AC4 の出現率は有意に低くなった．開心自然形整枝区で，AC3 および AC4 に分類された姿勢は，主枝基部の結果枝を管理するための中腰姿勢であった．一方，心拍数増加率は，中腰で大きい（志村ら，2010）ことが報告されており，このことが開心自然形整枝で心拍数増加率が高くなった要因として考えられた．それに対し，ジョイント仕立て区では，すべての作業が自然な立ち姿で行えるため，中腰などの姿勢が発生しにくい．なお，開心自然形整枝区の摘蕾作業中で脚立利用時間は 22% を占めたが，その作業は脚立上で安定した姿勢を取っていたため，AC3 および AC4 には分類されなかった．脚立作業の場合，上段では心拍数が増加する傾向があるが，脚立中～下段の作業では作業負担は小さいことが報告されている（志村ら，2006）．若木で評価した本実験では，開心自然形整枝区でも脚立上段の作業が発生しなかったため，作業姿勢の調査結果でも脚立作業による有害な姿勢が発生しなかったと考えられた．そのため，脚立作業の影響については，開心自然形整枝の脚立上段での作業が想定される成木期における評価が改めて必要と考えられた．また，樹冠の拡大に伴って脚立の使用回数が増加し，脚立の運搬，昇り降りなどの動作に時間をとられ，能率が低下することが指摘されている（佐藤ら，1983）．従って，開心自然形整枝が成木期となり，脚立作業が作業性に大きく影響を及ぼす樹齢になると，前述の作業時間や心拍数増加率にも影響が出てくることが想定される．

要約

本章では，モモの樹体ジョイント仕立ての樹勢および果実形質の均質性および栽培管理作業の省力性について開心自然形整枝を対照として比較した．着果位置による果実形質のばらつきは，開心自然形整枝区で認められたのに対し，ジョイント仕立て区では認められず果実形質が比較的均質であると考えられた．せん定の作業時間は枝の誘引作業が必要なジョイント仕立て区において有意に

長かったが、収穫の作業時間はジョイント仕立て区において有意に短く、主な作業時間の合計では有意な差が認められず、労力分散の効果が見込めると考えられた。心拍数増加率は摘蕾および摘果・袋かけ・新梢摘心作業においてジョイント仕立て区で有意に低かった。OWAS 法による摘蕾作業姿勢の評価では、ジョイント仕立て区において、AC2～AC4 の出現率が有意に低かった。これらの結果から、開心自然形整枝と比較した場合において、モモの樹体ジョイント仕立てによる果実形質の均質化および作業の省力化効果が明らかとなった。



第10図 供試したモモ‘白鳳’における各仕立て法の模式図

A, B, CおよびDは，地表面からの距離で区分した主枝上の区分を示す（A:61～120 cm, B:121～180 cm, C:181～240 cm, D:241 cm～主枝先端）．

第18表 仕立て法がモモ‘白鳳’における樹体生育に及ぼす影響

仕立て法	樹冠占有面積		総新梢長		新梢長 (cm)	新梢数		徒長枝比率 (%)	せん定枝 割合 (%)
	(m ² ・tree ⁻¹)	(m ² ・ha ⁻¹)	(m・tree ⁻¹)	(m・canopy area m ⁻²)		(No.・tree ⁻¹)	(No.・canopy area m ⁻²)		
開心自然形	8.0	161	151.5	18.1	17.9	835	102	2.2	64.1
ジョイント仕立て	3.1	732	88.4	28.7	23.4	383	126	4.2	73.1
t-test ^z	*	**	n. s.	n. s.	n. s.	*	n. s.	*	*

^z **および*は、それぞれ1および5%水準で有意差有り、n. s. は有意差無しを示す。

第19表 仕立て法がモモ‘白鳳’の主枝上の区分における果実形質および新梢長に及ぼす影響

仕立て法	主枝の区分 (地表からの距離)	果実重 (g)	果実糖度 (° Brix)	新梢長 (cm)
開心自然形	A (61~120cm)	192	9.5 b ^z	16.3
	B (121~180cm)	212	9.6 b	18.2
	C (181~240cm)	212	10.4 ab	17.7
	D (241~主枝先端)	233	11.7 a	19.3
	F-test ^y	n. s.	*	n. s.
ジョイント仕立て	B (121~180cm)	211	12.8	26.4
	C (181~240cm)	226	12.3	20.9
	t-test	n. s.	n. s.	n. s.

^y *は、5%水準で有意差あり，n. s. は有意差無しを示す．

^z 同一項目のaおよびbで示した同一符号間に有意差無し（Tukey法）．

第20表 仕立て法がモモ‘白鳳’における各栽培管理作業時の収量当たりの作業時間および心拍数増加率に及ぼす影響

仕立て法	収量当たり作業時間 (hours・t ⁻¹)					心拍数増加率 (%)			
	摘蕾	摘果・袋かけ・摘心	収穫	せん定	合計	摘蕾	摘果・袋かけ・摘心	収穫	せん定
開心自然形	8.9	13.2	11.7	6.9	40.5	12.8	17.3	28.7	26.1
ジョイント仕立て	8.4	11.3	7.5	11.1	38.4	6.8	11.3	24.8	12.6
t-test ^z	n. s.	n. s.	*	*	n. s.	*	*	n. s.	n. s.

^z *は、5%水準で有意差有り，n. s.は有意差無しを示す．

第21表 仕立て法がモモ‘白鳳’における摘蕾作業時における作業姿勢に及ぼす影響

仕立て法	アクションカテゴリー出現率 (%)				
	AC1	AC2	AC3	AC4	AC2～4
開心自然形	84.4	11.3	1.5	2.8	15.6
ジョイント仕立て	96.7	3.3	0	0	3.3
t-test ^z	**	n. s.	-	-	**

^z **は、1%水準で有意差あり，n. s.は有意差無しを示す．

総合考察

本研究では、ナシの樹体ジョイント仕立ておよびモモの一文字形整枝の考え方を基に、モモにおける樹体ジョイント仕立ての開発に取り組んだ。合わせて従来の仕立て法と比較した場合の有効性を明らかにすることを目的に実験を行った。樹体ジョイント仕立てに適した育苗方法については第2章で検討した。一文字形整枝を対照とした場合の樹体ジョイント仕立ての早期成園化効果、作業の省力化効果および樹体ジョイント仕立てに適した樹形については第3章で検討した。あわせて、第3章では一文字形整枝を対照とした場合の成園後の果実形質および樹勢の均質化効果についても検討した。開心自然形と比較した場合の樹体ジョイント仕立ての果実形質と樹勢の均質化効果および作業姿勢も含めた省力化効果については第4章で検討した。本章では、本研究で明らかになった点について全体を通して振り返るとともに、残された課題について総合的に考察する。

モモの樹体ジョイント仕立てに適した育苗法

樹体ジョイント仕立てでは、栽植間隔を広くとり、開園時の苗木必要本数を削減して初期投資を抑制するために、一年間でより長い主幹長の苗木の育成が求められる。また、主幹長が長いだけでなく、ほ場定植後に主幹を誘引し、樹形を形成する際の折れにくさ、結果枝や側枝の候補となりうる副梢や副々梢の確保、地上部と地下部のバランスも重要となる。そこで、樹体ジョイント仕立てに適した育苗法を明らかにすることを目的に実験を行った。本研究の第2章において、モモの樹体ジョイント仕立ての苗木の育成時の管理方法として、切り返しの有無、培養土、副梢の摘心およびジベレリンペーストの塗布について検討した。購入した1年生苗木における切り返しの有無を検討した結果、育苗

後の主幹長に有意差は認められなかった。しかし、樹体ジョイント仕立てに整枝する際に、主幹を棚面に水平に引き倒した時の屈曲部の枝折れを未然に防ぐには、地上 1 m の高さで苗木の切り返しを行うことが望ましいと考えられた。副梢の摘心方法については、2 葉摘心は、5 葉摘心と比較して主幹長が長くなることが明らかになった。培養土にバーク堆肥を体積比で 1/3 混合する場合において、赤玉土を利用した培養土は、真砂土を利用した培養土より苗木の主幹長が長くなることから、赤玉土の利用が適すると考えられた。さらに、ジベレリンペースト剤を 3 回塗布すると主幹長が最も長くなったが、細根率が低く、翌年に結果枝となりうる枝および葉芽の着生間隔が長く苗木としての充実度が低くなった。従って、ジベレリンペースト剤塗布処理は、主幹長が長く、細根率が低下せず、枝および葉芽の着生間隔が短く充実度が高い苗木が育成できる 2 回塗布が最適と判断した。

以上の結果から、育苗法としては、切り返しの実施、副梢の 2 葉摘心、赤玉土利用およびジベレリンペースト剤の 2 回塗布処理が、主幹長が長いなど樹体ジョイント仕立てに適した苗木を育成する上で有効な管理方法であることが明らかとなった。樹体ジョイント仕立ての樹形については、第 3 章で検討し、主枝高 1.55 m、栽植間隔 1.6 m のジョイント仕立て I 区の樹形が適していると判断された。このジョイント仕立て I 区の樹形を形成する場合、接ぎ木部の長さも含めて苗木には 3.3 m の長さの主幹長が求められる。第 2 章で開発した育苗法では、主幹長 3.3 m の条件を十分に満たし、かつ根の生育にも影響がなく節間の詰まった充実した苗木が生産できることから、ジョイント仕立て I 区の樹形に仕立てる場合に有効な育苗法と考えられた。

樹体ジョイント仕立てでは、育成した苗木の主幹長が足りない場合には、育苗した翌年には場に定植して樹体ジョイント仕立ての樹形を確立しようとしても、誘引した主枝先端が隣接樹の主枝基部に到達せず、樹形が確立できない。

その場合、もう一年新梢育成を行うか、長い穂木を継ぎ足して樹体ジョイント仕立ての主枝を確立する方法が検討されている。しかし、複数年育苗した場合には接ぎ木部の枝齢に違いが生じるため、接ぎ木部の活着率が低下する。また、穂木を継ぎ足して主枝を確立する場合は、通常の樹体ジョイント仕立ての接ぎ木に比べ活着率は低くなる上に作業は煩雑となり、継ぎ足した主枝部分の生育は他の部位と比較して著しく遅れる。従って、樹体ジョイント仕立てにおいては、一年で確実に隣接樹に主枝が到達する十分な主幹長の大苗を育成することが重要である。第2章で開発した育苗法では、目標とする主幹長の大苗の育成が確実にできることから、前述のような措置が必要なくなり、より安定的に樹体ジョイント仕立ての樹形を確立できると考えられた。

本研究で開発した育苗法は、従来の育苗法と比較し、1本の苗木単位では労力的に大きな違いはない。しかし、第3章で選定したジョイント仕立てⅠ区の樹形を想定した場合には、1 ha 当たり 2060 本の苗木が必要となり、モモの樹体ジョイント仕立てにおいては従来の仕立て方法と比較して育成に必要な苗木本数が多くなり、管理労力は大きくなることが推察される。本研究で採用した管理方法のうち、切り返しおよび培養土の処理は、農閑期の作業であり、ジベレリンペースト剤塗布処理も2回で済むため、大きな労力増とはならないと考えられた。一方で、副梢の摘心は2週間間隔で作業が必要であり、3.5 m を越える長さの苗木を管理するためには、脚立を用いた作業が必須となる。そのため、今後は、育苗の省力化に関する検討が必要と考えられた。

モモの樹体ジョイント仕立てにおける早期成園化効果と果実生産および樹体生育

樹体ジョイント仕立てでは、従来の仕立て法と比較して密植となるため、早期に樹冠が拡大し、成園並みの収量に到達すると考えられた。そこで、モモの

樹体ジョイント仕立てによる早期成園化効果と果実生産および樹体生育における特性を明らかにすることを目的に研究を行った。一文字形整枝を対照として、第3章では定植後1～6年目の果実生産および樹体生育を比較した。その結果、定植4年目までの果実形質には処理区間で有意な差が認められなかった。ジョイント仕立てとした区の収量は、一文字形整枝より早く定植3年目に成園並みの収量に到達した。また、ジョイント仕立てI区の定植4年目までの累積収量は最も多くなることが明らかとなり、樹体ジョイント仕立ての早期成園化の効果が示された。一方で、定植5年目以降は、ジョイント仕立て区は一文字形整枝区と比較して、果実重が有意に小さく糖度が有意に高く、果実形質に差が認められた。なお、樹勢については、一文字形整枝とジョイント仕立て区における新梢の生育に有意な差が認められた調査年次もあったが、その差は小さく、両処理区とも中庸な樹勢と考えられた。

成園後のジョイント仕立てI区と一文字形整枝の果実形質について第3章で検討した結果、果実重は、ジョイント仕立てI区で小さくなった。この原因として、果実重は低い栽植密度で大きいことが報告されており(Marini・Sowers, 2000)、密植に伴う影響が考えられた。また、モモ栽培においては、水ストレスの違いが果実肥大および糖度に影響することが知られていることから(浜名ら, 2010)、果実重が小さく糖度が高いジョイント仕立てI区は、一文字形整枝と比較し水ストレスを受けやすい可能性がある。モモでは、密植の場合に根からの分泌物により根量および樹体の生育が抑制され、その傾向は長期に栽培した場合に認められることが報告されている(平野・中井, 1966)。従って、一文字形整枝区とそれより密植となるジョイント仕立てI区を比較した場合、樹齢を重ねるにつれ栽植密度の違いに伴って根量の差が生じ、樹体ジョイント仕立てI区では水ストレスを受けやすい条件になった可能性がある。結果として、ジョイント仕立てI区の果実糖度が高く、果実重が小さくなり、果実品質に差が生

じたことが推察される．そのため，樹体ジョイント仕立てでは，このような特性を踏まえた上で，Marini・Sowers（2000）の指摘に基づき，ウンシュウミカンでの事例（浜名ら，2013a）のような形で，目標とする品質の果実生産に合わせてかん水または施肥などの栽培管理技術を設定することが望ましいと考えられた．

また，モモの経済樹齢は15年から20年程度と一般的に考えられているが，樹体ジョイント仕立てについては，本研究が初めての取り組みであり，9年生以降の調査事例はなく，経済樹齢を把握する観点からも，生産安定性や樹勢の年次変化についても継続的に調査が必要と考えられた．

モモの樹体ジョイント仕立てによる栽培管理作業の省力化効果

開心自然形などの立木仕立てと比較して，一文字形整枝などの棚仕立てでは，脚立作業がなく，自然な立ち姿で作業が行えることから，栽培管理作業が省力化することが知られている．一方，樹体ジョイント仕立ては，一文字形整枝と同様に棚仕立てであるため，脚立作業がなく，自然な立ち姿で作業が行えるため，一文字形整枝と同様な省力化効果が期待できる．それに加えて，樹体ジョイント仕立てでは，作業動線が直線状となり，第3章および第4章で示された通り，樹勢が均質化すると考えられた．そのため，従来の仕立て法よりも一様で単純な管理が行え，作業がより省力化できると考えられた．そこで，樹体ジョイント仕立てによる栽培管理作業の省力化効果を明らかにすることを目的に研究を行った．第3章では，一文字形整枝を対照として，樹体ジョイント仕立ての栽培管理作業の省力性を検討し，第4章では開心自然形整枝を対照として，作業姿勢も含めて栽培管理作業の省力性を検討した．その結果，第3章ではせん定の作業時間は，一文字形整枝区と比較し，ジョイント仕立てⅠ区において短く，収穫作業の心拍数増加率は，ジョイント仕立てⅠ区およびⅡ区で低いこ

とが明らかとなった。また、第4章では主な作業時間の合計では処理区間で有意な差は認められなかったが、心拍数増加率は摘蕾および摘果・袋かけ・新梢摘心作業において、開心自然形整枝区と比較して、ジョイント仕立て区で低かった。さらに、OWAS法による摘蕾作業姿勢の評価では、ジョイント仕立て区において、改善が必要とされるAC2～AC4の作業姿勢の出現率が低かった。これらの結果から、モモの樹体ジョイント仕立ては、一文字形整枝および開心自然形整枝と比較した場合に、栽培管理作業が省力、軽労となると考えられた。

このように、第3章および第4章で樹体ジョイント仕立てが、これまでの仕立て方法と比較して自然な立ち姿で管理しやすい樹冠構造で、作業動線も直線状になり、樹勢も均質化することから、栽培管理作業が省力化できることが明らかとなった。

本研究において従来の仕立て法と比較した場合の樹体ジョイント仕立ての作業の省力化効果が明らかとなったが、陰芽が発生しにくいモモにおいて主枝近くに葉芽を確保して側枝更新を確実に実施する方法や、モモにおいて重要視される優良な結果枝を配した側枝を単純な管理方法で維持する方法などの技術が確立されれば、さらなる栽培管理作業の単純化・省力化の可能性もある。また、第3章の調査結果では、樹勢の均質化効果が樹齢を経るたびに顕著になる傾向が確認されており、樹齢が進むほど管理作業も単純化や省力化の効果がより一層あらわれることが期待される。

モモの樹体ジョイント仕立てによる果実形質および樹勢の均質化効果

樹体ジョイント仕立てでは、主枝基部と主枝先端部が接ぎ木によって連結されることで、従来の仕立て法と比較して果実形質や樹勢が均質化することが期待される。そこで、本研究では、モモにおける樹体ジョイント仕立てによる果実形質および樹勢の均質化効果を明らかにすることを目的に研究を行った。モ

モモの樹体ジョイント仕立ての樹勢および果実形質の均質化効果を、第3章において一文字形整枝を対照として、第4章において開心自然形を対照として検討した。その結果、第3章で、一文字形整枝区では、果実糖度には主枝上の区分間で有意な差が認められなかったが、果実重は主枝基部に近い区分ほど小さく、主枝先端部に近い区分ほど大きかったのに対し、ジョイント仕立てⅠ区では、区分間での果実糖度および果実重に差が認められなかった。さらに、一文字形整枝区では、主枝先端部に近いほど新梢長が短く、樹内での新梢の勢力にばらつきが認められたのに対し、ジョイント仕立てⅠ区では、主枝上の区分間で新梢長に有意な差が認められなかった。この結果から、モモの樹体ジョイント仕立ては、同様な棚仕立ての一文字形整枝と比較して、樹内での新梢の勢力および果実形質のばらつきが小さくなり、均質化する傾向があることが明らかとなった。また、第4章で開心自然形整枝においては、着果位置による果実形質のばらつきが認められたのに対し、ジョイント仕立てⅠ区では認められず、果実形質がより均質であると考えられた。つまり、従来の仕立て法では生産者の経験と勘に頼った管理により、果実形質や樹勢が制御されてきたのに対し、樹体ジョイント仕立ては、従来の仕立て法では成しえなかった栽培経験の少ない生産者でも効果的にそれらを制御できる可能性が示唆された。

樹体ジョイント仕立てによる樹勢および果実形質の均質化効果については、第3章の調査結果から、年を経るごとに安定化する傾向が認められている。ナシの樹体ジョイント仕立てにおいても、樹齢が進むほどジョイント仕立ての均質化効果が発揮されやすいと考えられていることから、モモにおいても、樹齢が進むほどさらに樹勢および果実形質が均質化することが期待される。

また、樹体ジョイント仕立てでは、樹勢制御の方法として主幹を間引く方法がナシで報告されており、ジョイント樹形を活かした技術の一つである（Sekiら, 2008）。モモでは事例はないが、定植6年目までのモモの樹体ジョイント仕

立ての樹勢については、主幹を間引くことによる樹勢制御が必要な状況は認められず、主幹を間引くことによって、主枝の部位ごとの根からの距離の差が大きくなってしまい、樹勢の均質化の効果が逆に小さくなる可能性もあるので、基本的には主幹の切断は必要ないと考えられた。

モモの樹体ジョイント仕立てに適した樹形

モモの樹体ジョイント仕立てに適した樹形が未解明であったため、果実生産および作業の省力性の点から適した樹形を明らかにすることを目的に研究を行った。本研究の第3章において、定植後4年目までの主枝高1.55 mおよび1.85 mの2種類の主枝高を有する樹体ジョイント仕立てと一文字形整枝について、樹体生育、果実生産および栽培管理作業の省力性を比較し、樹体ジョイント仕立てに適した樹形を明らかにした。その結果、主枝高1.55 mのジョイント仕立てⅠ区は、主枝高1.85 mのジョイント仕立てⅡ区と比較し、定植4年目までのほ場面積当たり累積収量が多く、収量性が高かった。また、心拍数増加率には有意な差は認められなかったが、せん定の作業時間は、ジョイント仕立てⅡ区と比較し、ジョイント仕立てⅠ区において短かった。これらの結果から、樹形については、一文字形整枝と同様に主枝高を1.55 mに設定し、側枝の基部を斜めに誘引するジョイント仕立てⅠ区の樹形が、主枝高を平棚と同じ高さの1.85 mに設定したジョイント仕立てⅡ区の樹形と比較し、定植4年目までの累積収量が多く、せん定作業時間が短くなることから、ジョイント仕立てに適した樹形として選定した。

本研究では、モモの栽培現場で一般的な人の手作業を中心とした栽培管理方式を想定し、自然な立ち姿で管理しやすい樹形を選定した。しかし、まだ一般的ではないが、機械の利用を想定した場合には、本研究で選定したような結実面が屈曲した樹形よりも、結実面が平面的な樹形の方が適用しやすい可能性が

ある。ナシでは、機械化や更なる早期の樹形確立を想定し、主枝高を従来の樹体ジョイント仕立てよりも低い位置に設定し、側枝をV字型に配置するジョイントV字トレリス仕立てが提案され、有効性が示されてきている(柴田, 2015)。従って、モモの樹体ジョイント仕立てについても、将来機械化の作業体系が確立された場合には、その栽培管理方式に合わせて、更なる樹形の改良も必要となることが想定される。

また、栽培現場においては、傾斜条件の園地が多い。これまでの立木の仕立て法では、樹勢の制御と管理作業の省力化のために、山下ら(1998)の事例のように山側に主枝の先端部が配置されることが多かった。樹体ジョイント仕立てにおいても、ユニットの両末端樹においては、主枝先端部と主枝基部が存在する。第3章の調査では、実験ほ場が緩い傾斜条件であったこともあり、ユニット末端樹の主枝先端部または主枝基部で特徴的な結果は見られなかったが、傾斜条件によっては、その影響が出る可能性もある。そのため、傾斜地における主枝の傾斜方向と樹体ジョイント仕立ての果実形質および樹勢のばらつきの関係についても今後の検討が必要と考えられた。

研究結果に基づくモモの樹体ジョイント仕立ての経営上の実用性

このように、本研究はモモの樹体ジョイント仕立ての苗木育成からほ場に定植し成園後に3年間を経過するまでの過程について、一文字形整枝と比較した調査結果を中心に検討したものである。あわせて、生産者に最も普及している開心自然形との比較結果も含めてとりまとめた。本研究によりモモへの樹体ジョイント仕立ての適用が可能であり、一文字形整枝および開心自然形整枝と比較し、早期成園化、栽培管理作業の省力化、樹勢および果実形質の均質化などの効果があることが明らかとなった。

モモの樹体ジョイント仕立てはこのような利点がある一方で、従来の仕立て

法と比較して苗木コスト，棚コストが増加する．そこで，樹体ジョイント仕立ての実用性を評価するために，本研究の結果を基に，広島県の経営指標（広島県農林水産部，2006）を用いて生産者の所得を試算し，従来の仕立て法と比較した．なお，棚については，須川ら（2013）がモモの樹体ジョイント仕立てを対象に開発した従来の棚と比較して20％程度の資材費の抑制が見込めるT字連結型の棚を用いることとした．その結果，樹体ジョイント仕立ては，従来の仕立て法と比較して10％程度生産者の所得が多くなることが明らかとなり，経営上の実用性も見込めると考えられた．

要旨

モモの栽培において従来から一般的に普及している立木仕立ての開心自然形などは、樹高が5 m以上と高く、大きな脚立を必要とし、非効率で、危険性が高く、かつ樹内での新梢の勢力や日照条件の違いなどに配慮して管理しなければならない。そのため、栽培技術を習得するには長い経験が必要となり、新規参入や雇用労力を活用した規模拡大の障壁となってきた。立木仕立てにおけるせん定等の技術継承の困難さは、後継者確保の障害ともなっており、生産者の高齢化が進む中で、産地の生産面積が縮小してきている大きな要因ともなっている。従って、高齢の生産者でも管理が容易で長く栽培を継続でき、新規の生産者でも技術習得が容易な単純かつ省力な栽培技術の確立が必要となっている。

これまでに、栽植密度の高い仕立て法および大苗育成法により早期成園化の効果が確認されてきた。また、低樹高の立木仕立ておよび平棚仕立てや一文字形整枝などの棚仕立てにより、栽培管理作業の省力化の効果も確認されてきた。一方で、棚仕立てにおいては、主枝の基部と先端部の新梢の勢力に違いがあるため、立木仕立てと比較して樹勢均質化が課題となっている。さらに、従来の仕立て法では、樹内での果実形質にばらつきがあり、単純な方法により果実形質を均質化する技術が求められてきた。

そこで、本研究では、ナシにおいて早期成園化、栽培管理作業の単純・省力化および果実形質の均質化効果が認められている樹体ジョイント仕立ての技術を基に、モモの樹体ジョイント仕立てを開発した。その効果として、早期成園化および栽培管理作業の単純・省力化だけでなく、棚仕立てにおいても課題として残されてきた樹勢および果実形質の均質化の効果についても評価し、樹体ジョイント仕立ての有効性を明らかにした。

モモの樹体ジョイント仕立てに適した育苗方法

はじめに、苗木の切り返し、栽培用の培養土、副梢の摘心方法および枝の伸長促進効果のあるジベレリンペースト剤の塗布処理が、苗木の生育に及ぼす影響を調査し、樹体ジョイント仕立てに適した育苗方法を検討した。その結果、一年生苗木の切り返しの有無により、育苗後の苗木の主幹長に有意な差は認められなかった。しかし、苗木の主幹を水平に引き倒して誘引し、樹体ジョイント仕立ての樹形を形成する際に、屈曲する部分の枝折れを防ぐためには、地上 1 m の高さでの苗木の切り返し実施が望ましいと考えられた。副梢の摘心方法については、2 葉摘心は 5 葉摘心と比較して育苗後の苗木の主幹長が有意に長くなることから、2 葉摘心が適すると考えられた。また、バーク堆肥を体積比で 1/3 混合して使用する培養土について、赤玉土と真砂土を比較した結果、赤玉土は真砂土を利用した場合より苗木の主幹長が有意に長くなることから、赤玉土が培養土として適すると考えられた。また、伸長を促すためのジベレリンペースト剤の苗木の頂芽基部への塗布については、3 回塗布で最も主幹長が長くなった。しかし、無処理区と比較して細根率が有意に低く、翌年に結果枝となる枝および葉芽の着生間隔も有意に長くなり、苗木としての品質が低下すると考えられた。このため、3 回塗布に次いで主幹長が長く、苗木の充実度にも問題が見られない 2 回塗布が最適と考えられた。

モモの樹体ジョイント仕立てと一文字形整枝における樹体生育、果実生産および作業の省力性の比較

次に、モモの樹体ジョイント仕立てのほ場定植後から成園までの樹体生育、果実生産および栽培管理作業の省力性について、一文字形整枝を対照として比較した。また、2 種類の主枝高（1.55 m および 1.85 m）の樹体ジョイント仕立て（ジョイント仕立てⅠ区およびⅡ区）を比較し、樹体ジョイント仕立てに適

した樹形を明らかにした．さらに，定植 5 年目および 6 年目のモモの樹体ジョイント仕立てについて，一文字形整枝を対照として，樹勢および果実形質の均質性を比較した．

定植 4 年目までの定植初期の調査結果においては，果実形質は処理区間で有意な差がなく，主枝高 1.55m のジョイント仕立て I 区は，定植 3 年目に成園並み収量に到達し，定植 4 年目までのほ場面積当たりの累積収量が最も多く，収量性が最も高かった．

せん定の作業時間は，一文字形整枝と比較し，ジョイント仕立て I 区において有意に短く，収穫作業の心拍数増加率は，ジョイント仕立て I 区および II 区で有意に低かった．これらの結果から，一文字形整枝と比較し，樹体ジョイント仕立てによる早期成園化および作業の省力化効果が明らかとなった．また，ジョイント仕立ての樹形としては，主枝高は 1.55 m の樹形が適していると考えられた．

定植 5 年目および 6 年目の調査結果においては，ジョイント仕立て I 区は，一文字形整枝区と比較して，果実重が有意に小さくなるとともに，果実糖度が有意に高くなり，果実形質に差が認められた．一文字形整枝区では，果実糖度には主枝上の区分間で有意な差が認められなかったが，果実重は主枝基部に近い主枝上の区分ほど有意に小さく，主枝先端部に近い主枝上の区分ほど有意に大きかった．これに対し，ジョイント仕立て I 区では，主枝上の区分間での果実糖度および果実重に有意な差が認められなかった．一文字形整枝区では，主枝先端部に近いほど新梢長が有意に短い傾向があり，樹内での新梢の勢力にばらつきが認められた．これに対し，ジョイント仕立て I 区では，主枝上の区分間で新梢長に有意な差が認められなかった．これらの結果から，モモの樹体ジョイント仕立ては，同じ棚仕立ての一文字形整枝と比較して，樹内での新梢の勢力および果実形質のばらつきが小さくなり，均質化することが明らかとなっ

た．

モモの樹体ジョイント仕立てと開心自然形整枝における樹体生育，果実生産および作業の省力性の比較

また，モモの樹体ジョイント仕立ての樹勢および果実形質の均質性および栽培管理作業の省力性について開心自然形整枝を対照として比較した．その結果，ジョイント仕立て区の着果位置による果実形質のばらつきは，開心自然形整枝区で認められたのに対し，ジョイント仕立て区では認められず，果実形質が比較的均質であると考えられた．せん定の作業時間は枝の誘引作業が必要なジョイント仕立て区において有意に長かったが，収穫の作業時間はジョイント仕立て区において有意に短く，総作業時間では有意な差は認められなかった．作業者の心拍数増加率は摘蕾および摘果・袋かけ・新梢摘心作業においてジョイント仕立て区で有意に低かった．OWAS 法による摘蕾作業姿勢の評価では，ジョイント仕立て区において，改善が必要とされる AC2～AC4 の作業姿勢の出現率が有意に低かった．これらの結果から，開心自然形整枝と比較し，モモの樹体ジョイント仕立ては果実形質の均質化および作業の省力化効果が認められることが明らかとなった．

このように，本研究ではモモの樹体ジョイント仕立ての開発のため，本仕立て法について苗木の育成からほ場に定植し成園後に 3 年間を経過するまでの過程を一文字形整枝と比較した．また，最も一般的な開心自然形とも比較し，それらの調査結果をとりまとめた．

本研究により，モモの樹体ジョイント仕立ての育苗法については地上 1 m での切り返し，副梢の 2 葉摘心，赤玉土を利用した培養土および苗木の頂芽基部へのジベレリンペースト剤の 2 回塗布が適していることが明らかとなった．ま

た,樹形については主枝高 1.55m が適していることが明らかとなった.さらに,モモにおける樹体ジョイント仕立ては,従来の省力的な仕立て法である一文字形整枝および最も一般的な仕立て法である開心自然形整枝と比較し,早期成園化,作業の省力化,樹勢および果実形質の均質化効果があることが示され,有効な仕立て法であることが明らかとなった.

引用文献

- 阿部 薫・井上重雄・増子俊明. 1993. モモ主幹形仕立て樹の収量及び果実品質. 東北農業研究. 46: 229-230.
- 赤阪信二. 2009. モモの一文字形整枝. p. 327-332. 農山漁村文化協会編. 最新農業技術 果樹. 2. 農山漁村文化協会. 東京.
- 朝隈英昭・千々和浩幸・栗原 実・石坂 晃. 2016. ジョイント V 字トレリスにおけるカキ‘太秋’の初期生育, 初期収量および果実品質. 園学研. 15. 171-177.
- Dann, I. R. and P. H. Jerie. 1988. Gradients in maturity and sugar levels of fruit within peach trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113: 27-31.
- Dejong, T. M., W. Tsuji, J. F. Doyle and Y. L. Grossman. 1999. Comparative economic efficiency of four peach production systems in California. HortScience 34: 73-78.
- 藤井雄一郎・小泉和明・小野俊朗・佐藤龍太郎. 2006. ナシの短果枝へのジベレリンペースト処理による側枝候補枝の形成. 園学雑. 75 (別冊 2) : 461.
- 福田文夫・今任公象・久保田尚浩. 2011. モモ‘清水白桃’の生理的落果に及ぼす果実へのジベレリン処理の影響. 園学研. 10: 209-215.
- 福田文夫・山崎朋子・津谷健太・久保田尚浩. モモ‘紅清水’における着果位置と開花時期, 発育日数が果実重と糖度に及ぼす影響 2012. 園学研. 11: 497-503.
- Grossman, Y. L. and T. M. Dejong. 1998. Training and pruning system effects on vegetative growth potential, light interception, and cropping efficiency in peach trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123: 1058-1064.
- 浜名洋司・塩田勝紀・川崎陽一郎・中元勝彦. 2013a. 5月から9月の土壌水分

- 管理がウンシュウミカン‘石地’の根の成育および果実形質に及ぼす影響．園学研．12：35-41.
- 浜名洋司・須川 瞬・平尾 晃・中元勝彦．2013b．苗木の切り返し，副梢の摘心，培養土の違いおよびジベレリンペースト塗布処理がモモの樹体ジョイント仕立て用苗木の生育に及ぼす影響．園学研．12：373-380.
- 浜名洋司・須川 瞬・平尾 晃・中元勝彦・柴田健一郎・実岡寛文．2016．モモの樹体ジョイント仕立てと一文字形整枝における定植4年目までの樹体生育，果実生産および栽培管理省力性の比較．園学研．15：153-159.
- 浜名洋司・山根崇嘉・塩田勝紀・中野幹夫．2009．ポット栽培のモモ樹における生育ステージに応じた樹液流速に基づくかん水判断指標の解明．園学研．8（別冊1）：77.
- 早野美智子・一宮一彦・矢橋晨吾．1999．「赤玉土」の風乾過程に伴う土壌構造変化の評価．千葉大園学報．53：93-97.
- 平井一幸・吉岡正明・柚木秀雄．2014．スモモ「貴陽」の樹体ジョイント仕立て栽培における育苗技術および収量，作業性の検討．群馬農技セ研報．11：79-84.
- 平野 暁・中井滋郎．1966．果樹を密植した場合における根分泌物の影響．園学研．35：1-7.
- 広島県農林水産部．2006．農業経営指標．p．334-345．広島県農林水産部．広島．
- 今井俊治．1991．密植・根域制限栽培による4倍体ブドウの早期成園化の実証．広島果試特報．3：1-94.
- 猪俣雅人・富田 晃・遠藤 久・鶴田富雄・手塚誉裕・今井由理．1996．モモのY字形仕立てによる低樹高栽培の研究．山梨果試研報．9：27-33.
- 井上重雄．2000．新梢身長と樹勢診断．p．121-124．農山漁村文化協会編．果

- 樹園芸大百科 5 モモ. 農山漁村文化協会. 東京.
- 井上重雄. 2001. 果実肥大成熟期の作業. p. 59-74. 阿部 薫・井上重雄・志村浩雄・加藤公道・山西久夫・富田 晃・岡田眞治著. モモの作業便利帳. 農山漁村文化協会. 東京.
- 石田雅士. 2000. モモ樹の成育特性. p. 21-26. 農山漁村文化協会編. 果樹園芸大百科 5 モモ. 農山漁村文化協会. 東京.
- 石川文武・菊池 豊. 2002. 第2編 計測と評価 4. 心拍の計測・評価. p. 42-46. 生物系特定産業技術研究推進機構編. 農業労働の計測・評価ガイドー1.
- Karhu, O., P. Kansil and I. Kurorinka. 1977. Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. Appl. Ergon. 8: 199-201.
- 片野敏夫・島田智人・須賀昭雄. 2014. ナシジョイント仕立てにおける主枝高の違いが収量・果実品質・作業性に及ぼす影響. 埼玉農総研研報. 13: 52-55.
- 加藤淳子・今井俊治. 2000. ブドウの栽培管理作業の軽減をはかる改良棚‘一文字広島仕立て’の開発. J. ASEV Jpn. 11: 15-21.
- 加藤公道. 2000. 果実品質を左右する条件. p. 143-148. 農山漁村文化協会編. 果樹園芸大百科 5 モモ. 農山漁村文化協会. 東京.
- 菊池卓郎. 1986. せん定を科学する. p. 7-62. 農山漁村文化協会. 東京.
- 木村 学・守本裕美子・米本仁巳・和中 学・山内 勸. 2003. モモの大苗育成法における育苗時の作業性と樹体生育. 和歌山農林水技セ研報. 5: 59-65.
- 木村伸人・金原敏治・岡田詔男・青木松信. 1987. 棚利用によるモモの整枝法試験. 愛知農総試研報. 19: 262-268.
- 木村 剛・依田征四・高木伸友. 1996. モモの果実糖度及び果実重に及ぼす着果位置, 受光量などの樹内要因の影響. 近畿中国農研. 91: 75-79.
- Marini, R.P. and D.S. Sowers. 2000. Peach tree growth, yield, and profitability as influenced by tree form and tree density. HortScience

35: 837-842.

Mizutani, F., A. B. M. G. Rabbany, S. Amano, A. Hino, H. Akiyoshi and K. Kadoya. 1997. Effects of summer pruning and gibberellin application on reduction of flower bud formation in ‘Saotome’ peach (*Prunus persica* Batsch.) trees grafted on *P. japonica* root-stocks. Bull. Exp. Farm Coll. Agr., Ehime Univ. 18: 1-8.

中元勝彦・宮脇尚久・長谷川美穂子. 2009. 有機質培地の利用がウンシュウミカン‘石地’の苗木生産および作業性に及ぼす影響. 広島総研農技セ研報. 84: 19-33.

尾方凡生・奥村亨央・堀内昭作. 1990. ヤセイモモ及びユスラウメ台に接いだモモ樹の内生 GA について. 園学雑. 59 (別冊 2) : 104-105.

岡田眞治・益田信篤. 2000. 露地モモの平棚仕立て栽培における整枝法と作業効率. 熊本農研セ研報. 9: 110-118.

岡田眞治・土田通彦・益田信篤・坂井健輔. 1996. ハウスモモの平棚仕立て栽培における枝梢管理法と適正着果量. 熊本農研セ研報. 5: 141-152.

岡本五郎・賈 惠娟. 2006. 岡山のモモ, 日本のモモ. p. 184-193. 全国農業協同組合連合会 岡山県本部. 岡山.

大谷義夫・八巻良和. 2010. 根圏制御栽培における仕立て方の違いがニホンナシ‘幸水’の樹体生育, 収量および物質生産に及ぼす影響. 園学研. 9: 467-475.

大谷義夫・八巻良和. 2011. 密植・盛土式根圏制御栽培によるニホンナシ‘幸水’の早期多収. 園学研. 10: 233-240.

佐藤 守・竹澤邦雄. 2014. 発育予測による四倍体無核ブドウ‘あづましずく’の成熟特性の解明. 園学研. 13: 203-211.

佐藤幹夫・浅野生三郎・林 光夫. 1983. 省力栽培を前提とした果樹の樹形 第

- 4 報 モモにおける 3 本主枝慣行仕立樹および 2 本主枝樹に対するせん定の作業研究. 農作業研究. 47: 1-6.
- 佐藤幹夫・八巻良和. 1985. 省力栽培を前提とした果樹の樹形 第 5 報 せん定技術の習熟に伴う作業時間の減少. 農作業研究. 54: 13-18.
- Seki, T., K. Kawashima, K. Shibata, H. Inoue, and Y. Umemiya. 2008. Translocation of nutrients in Japanese Pear 'Kosui' grafted by the 'Tree Joint' method. Acta Hort. 800: 273-279.
- 柴田健一郎. 2011. ナシの樹体ジョイント栽培. p. 153-167. 農山漁村文化協会編. 最新農業技術 果樹. 4. 農山漁村文化協会. 東京.
- 柴田健一郎. 2015. 果樹のジョイント栽培における省力・軽労型生産技術. 農業食料工学会誌: 77. 402-406.
- 柴田健一郎・川嶋幸喜. 2005. 樹木の樹体ジョイント仕立て法. 特許公開 2005-304495.
- Shibata, K., K. Koizumi, T. Seki, I. Kitao and K. Matsushita. 2008. A "Joint Tree" training system enables early returns on Japanese pear orchards. Acta Hort. 800: 769-775.
- 柴山勝利・赤阪信二. 2006a. 育苗容器および土壌水分管理の違いがモモ 1 年生苗木の生育および定植後の収量に及ぼす影響. 園学研. 5: 375-379.
- 柴山勝利・赤阪信二. 2006b. 摘心方法の違いがモモ 1 年生苗木の生育に及ぼす影響. 広島農技セ研報. 80: 45-48.
- 島村和夫. 2000. ユスラウメ台によるわい化栽培. p. 345-358. 果樹園芸大百科 5 モモ. 農山漁村文化協会. 東京.
- 志村浩雄・阿部和博・佐久間宣昭. 2010. モモの樹形改良による省力軽労化生産技術の開発. 農作業研究. 45 (別冊 1): 159-162.
- 志村浩雄・木幡栄子・小林 恭. 2006. モモ栽培における側枝の高さと作業負

- 担. 東北農研. 59: 175-176.
- 志村浩雄・木幡栄子・高野靖洋・相原隆志・増子敏明・畠 良七・永山宏一. 2007. モモの早期多収・省力化のための各種樹形の特徴. 園学研. 6 (別冊 2): 150.
- 志村浩雄・永山宏一. 2009. モモの樹形の違いが薬剤到達性に及ぼす影響. 園学研. 8 (別冊 2): 158.
- 新城明久. 2001. 新版生物統計学入門. P. 35-83. 朝倉書店. 東京.
- Southwick, S. M., K. G. Weis, J. T. Yeager and H. Zhou. 1995. Controlling cropping in 'Loadel' cling peach using gibberellin: Effects on flower density, fruit distribution, fruit firmness, fruit thinning, and yield. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120: 1087-1095.
- 末澤克彦・若林義則. 1991. モモの果実品質に及ぼす光条件の影響. 香川農試研報. 42: 33-39.
- 須川 瞬・佐々木憲吾・岩谷 稔・浜名洋司・平尾 晃. 2013. 構造解析によるモモの樹体ジョイント仕立て棚の開発. 園学研. 12 (別冊 2): 123.
- 土田靖久・薬師寺 博・根来圭一・菱池政志. 2011. ウメ「南高」の果実および新梢の同化養分競合特性と着果負担が同化養分の転流と樹体生育に及ぼす影響. 園学研. 10: 551-558.
- 山下泰生・丸尾勇治郎・片桐孝樹. 1998. 傾斜地モモ園における省力化技術に関する研究. 香川農試研報. 50: 27-31.
- 矢野 隆. 2004. ユスラウメ台木モモ樹における樹勢衰弱とその回避技術. 愛媛果試研報. 18: 1-56.

謝 辞

本研究の遂行および本論文の作成にあたり，終始懇切な御指導と御校閲を賜った広島大学大学院生物圏科学研究科 実岡寛文教授に謹んで感謝申し上げます．

また，本論文の作成にあたり有益なご助言を頂きました江坂宗春教授，中坪孝之教授，上田晃弘准教授の審査員の先生方に対し，心より感謝申し上げます．

本研究の遂行にあたり，樹体ジョイント仕立ての開発者である神奈川県農業技術センター 柴田健一郎氏，共同研究者である広島県立総合技術研究所農業技術センター 平尾晃次長，中元勝彦部長，広島県立総合技術研究所企画部 須川瞬氏には，研究にご協力頂くとともに有益なご助言を頂きました．また，広島県指導農業士 阿部雅昭氏には，現地実験に協力いただき有益なご助言を頂きました．深く感謝を申し上げます．実験処理，調査および供試樹管理などの実験ほ場での作業について，尽力していただいた広島県立総合技術研究所農業技術センターの落葉果樹担当嘱託員各位にも深く感謝申し上げます．

さらに，本研究の遂行にあたり，広島県立総合技術研究所農業技術センター 新田浩通センター長，長久逸次長，赤阪信二副部長を始め，多くの上司ならびに同僚各位より格段のご配慮と多大なご協力を頂き，大変お世話になりました．記して深く感謝の意を表します．

なお，本研究の一部は農林水産省の「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業：21001」の助成を受けて行われました．

広島県立総合技術研究所農業技術センター研究報告 第102号

令和7年12月 発行

編集 広島県立総合技術研究所農業技術センター
発行
〒739-0151 広島県東広島市八本松町町原 6869
Tel (082) 429-0522

BULLETIN
OF
THE HIROSHIMA PREFECTURAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE
AGRICULTURAL TECHNOLOGY RESEARCH CENTER
NO. 102

CONTENTS

Studies on the uniformity of fruit characteristics and tree vigor, labor-saving, early achievement of
mature orchard in the tree joint training system for peach (*Prunus persica* (L.) Batsch)

Yoji HAMANA

Hiroshima Prefectural Technology Research Institute
Agricultural Technology Research Center
(Higashihiroshima, Hiroshima Prefecture, 739-0151 Japan)
December 2025