

カキ ‘西条’ 早生系統における生理的ならびに 栽培的観点からの系統間比較と 生理障害防止対策に関する研究

持 田 圭 介*

Studies on Comparison of Physiology and Culture among
Early-ripening Strains of ‘Saijo’ Persimmons
and the Method of Prevention in Physiological Disorders

Keisuke Mochida*

I 結 言

カキ ‘西条’ は、中国地方を中心に約660haで栽培されている完全渋カキ (Pollination Constant Astringent) 品種であり、そのドライアイス脱渋果は肉質が緻密で糖度、風味ともに優れ、食味が良く、主に九州北部、瀬戸内、京阪神の各市場に出荷され一定の評価を得ている。

‘西条’ には多くの系統があり、主産県では優良系統の選抜が行われ普及に移されている (磯田, 1983b; 杉本ら, 1999)。島根県では、河野ら (1980) が県内で栽培されている ‘西条’ を現地調査し、多くの系統の存在を確認している。このなかで、‘西条’ に多くの系統が存在する理由として、接ぎ木の技術が発達する前は、‘西条’ の種子を蒔き、その実生を繁殖させたことにより親に類似した色々な系統が出現したものと考えられるとしている。その後、接ぎ木の技術が普及すると、‘西条’ は用途に応じて積極的に選抜されたものと推察しているが、その間にも様々な枝変わりが生じたものと考えられる。ただし、かつて ‘西条’ は主として干し柿に利用されたことから、大果で四条溝が浅く剥皮しやすいうえ、晩熟で空気が乾燥する時期に成熟する特性を備えていることが重要であり、

それらの条件を具備した “出雲型” および “石見型” の各系統がそれぞれ島根県東部および西部で広く栽培されてきた (河野ら, 1980)。

河野ら (1980) は、‘西条’ の優良系統を選抜する目的で、島根県内で栽培されている系統を、果実形状により6系統に分類した。すなわち、早生～中生の “日御碕型” “久手型” “A型” および “B型”，晩生の “出雲型” および “石見型” である。これらの系統のうち、“久手型” および “日御碕型” は分布が局在しており、“石見型” も高接ぎ調査で系統間差がみられないことから、果実型そのものが1つの系統と考えられるとしている。それに対し、“出雲型” および “B型” は、高接ぎ調査において果実の形や熟期が異なるものがみられたことから、母樹の異なる複数の系統があるものと推測されるとしている (河野ら, 1980)。河野ら (1980) は、これら6つの系統型に分類した各系統について、高接ぎにより栽培比較した結果、熟期および果実品質に差を認め、9月下旬以降収穫期となる早生の “B型”，10月中旬以降収穫期となる晩生系の “出雲型” を優良系統として普及してきた。

“B型”，“出雲型” のうち、早生系統である “B型” はより収益性が高いことから、昭和50年代の終わり頃から平成初期を中心として盛ん

に植栽され、島根県内全域に産地が拡大した。現在、島根産の‘西条’ガキは早生“B型”の外観が「打ち出の小槌」を連想することから、「こづち」の愛称で販売されており、早生“B型”が島根‘西条’の代名詞とされるほどの主力系統となっている。

‘西条’“B型”系統の収量は、他の系統と比較して高いものの、主要品種と比較すると低く、島根県で経済栽培されている圃場における10a当たり収量は1～2t程度である。これは、‘西条’の特性として、直立性が強く、着蕾が少ないうえに単為結実性に乏しく、さらに果実が小さいことにより果実生産性が他品種と比較して低いことがあげられ、とくに若齡樹においてその傾向が著しい。しかし、“B型”系統内では明らかに系統間差がみられ、果実収量や樹体生育の異なる系統が存在する。

また、‘西条’“B型”系統は、島根県において10月上～下旬に収穫されるが、年次によっては収穫前40日頃の8月下旬から未熟状態で軟熟、落果する樹上軟化が多発する。この現象は、後期生理落果の一つであり、多発年には数十%の発生率となる樹もみられる。カキの収穫前果実軟化は、ヘタムシや強風による果実への直接傷害や、落葉病などの早期落葉に起因する場合もあるが、果実内エチレン生成量の増加が原因で発生する場合もあり、それらは明確に区別されている。後者の場合、成熟前に果実のエチレン生成が異常に高まることが主な原因とされており(竹下ら, 1996)、『西条』特有の生理障害と考えられる。

そこで、本研究では、この‘西条’“B型”系統における優良系統の選抜を目的とし、樹体生育や収量、樹上軟化や発芽不良症状といった生理障害発生の難易を究明するとともに、その根拠として根群の発達程度や貯蔵養分の蓄積、耐凍性について検討した。さらに、栽培管理による貯蔵養分増加対策として、摘蕾および摘果方法の違いが、果実品質、収量、作業性並びに翌年への影響を明らかにした。また、近年の温暖化傾向により、カキの萌芽期は明らかに前進化傾向にあり、いわゆる「寒の戻り」に遭遇した場合低温害を被る可能性が高く、リスク回避のため低温耐性の高い系統を栽培することが望ま

しいと考えられることから、耐凍性の系統間差について評価し、さらに春季発芽不良症状との関連性について検討を加えた。また、優良系統の早期普及を図るには、旧系統への高接ぎ更新が有効な手段と考えられるものの、従来の順次更新法では更新枝の伸長が悪い例が多くみられ、新品種(系統)の樹冠拡大が遅れ更新に長年月を要していたことから、高接ぎ順次更新方法の改善についても検討を加えた。

第1章 カキ‘西条’の起源と系統変異

第1節 カキ‘西条’の起源

中四国地方の特産であるカキ‘西条’は、栽培の歴史が長く、多くの変異が派生したが、他の主要品種と果実の外観、品質が大きく異なる。したがって、果形が長型で側面に四条溝があり、甘みの強さ、果皮が淡黄色という‘西条’の特性を備えていれば、多少の変異は系統として分類され、大きな変異幅を包含する集団を一つの品種として扱ってきた(河野ら, 1980)。しかし、近年、生育障害や種々の生理障害が栽培上の問題になるに及び、系統の検討、優良系統の選抜が緊急の課題となった。

‘西条’の由来については、広島県庄原市西城(図1-1; ①, 以下同様)、愛媛県西条市(②)、島根県浜田市旭町(③)、石川県能登地方(‘最勝’ガキ, ‘最上’ガキ; ④)などの諸説があるものの、愛媛県西条市の‘西条’は樹齡が若く、‘最勝’ガキはDNA解析により異品種であり、そのほか現地調査を含めて総括すると、広島県東広島市西条町大字寺家(⑤)長福寺の庭先に生じた木がルーツであるとする説が最も信頼度が高い(前重, 2008)。江戸時代初期に書かれたと推定される『長福寺縁起』に、「延応元年(1239年)、長福寺の僧、良信が鎌倉の永福寺から貰い受けたカキの種子を境内に播いた」との記述があり、これが‘西条’ガキの起源と考えられている。しかし、その後長福寺のカキは接ぎ木によっても継承されたとの記録(野坂完山書簡, 1830)はあるが、現在の長福寺址にはその原木はない。枯死直前の寛政13年(1801年)の『賀茂郡寺家村差出帖』によると、長福寺には枯れかかった巨木があり、中は腐りうつろになっており、高さ8.4m、幹周4.8mであった

と記されている。長福寺境内の古木は江戸時代の後期まで存在したが、文政末期（1829年）に枯死し、樹齢590年であったとみられる（野坂完山書簡、1830）。当初、長福寺のカキだけが『西条柿』という固有名詞でよばれ、他の接ぎ木した樹は単に『渋柿』または『つるし柿』と呼ばれていたようである。もしこの‘西条’柿が現存していれば樹齢769年ということになる（磯田、1983a；竹下、2006）。

植物地理学的に見ても、‘西条’ガキには系統変異が多く、これら変異種は広島県の西条を中心に島根、鳥取、岡山、愛媛、山口、広島県北部と広く分布していることから、広島県旧西条町を中心として中四国地方に伝播されていったものと考えられる（磯田、1983b）。

前出の『長福寺縁起』には、鎌倉時代中期、4代將軍頼經の子が疱瘡を患った際に、長福寺から献上された『西条柿』を食したところ、病が完治したため、長福寺に寺領が寄進され、以降代々の將軍に毎年『西条柿』を献上したと伝えられている。『西条柿』の干し柿としての名聲は近隣に広がり、その後繁殖法として接ぎ木が一般化されてからは、中国地方から四国にま

で『西条柿』の接ぎ木樹が広がったと考えられる（前重、2008）。

‘西条’の近隣への伝播経緯の手がかりとなる古木は各地に残っており、磯田（1983a）、前重（2008）の調査が詳しい。それらによると、推定樹齢400～500年の古木は、広島県廿日市市宮内（1972年伐採；⑥）、広島県東広島市八本松町原（1960～70年代伐採；⑤）、同川上（⑤）、広島県庄原市西城町大屋（①）、広島県安芸高田市高宮町佐々部（⑦）、広島県三次市作木町森山中（⑧）、広島県安芸太田町辻ノ河原（⑨）、岡山県鏡野町大町（⑩）、岡山県高梁市落合町（枯死；⑪）、島根県浜田市旭町丸原（1994年枯死；③）、松江市秋鹿町井神（⑫）、松江市本庄町枕木山山腹（⑬）、東出雲町京羅木山山腹（⑭）、鳥取県南部町法勝寺（⑮）などにあり、幹周は2～5mほどである。また、東広島市八本松町川上、島根県東出雲町畑、同松江市本庄町枕木山山麓では100～150年に達する古木が散見され、それら全てが接ぎ木されている（磯田、1983a）。しかし、カキ品種としての‘西条’の名が古文書などに記されるようになるのは、江戸時代に入ってからであり（芸備風土研究会、

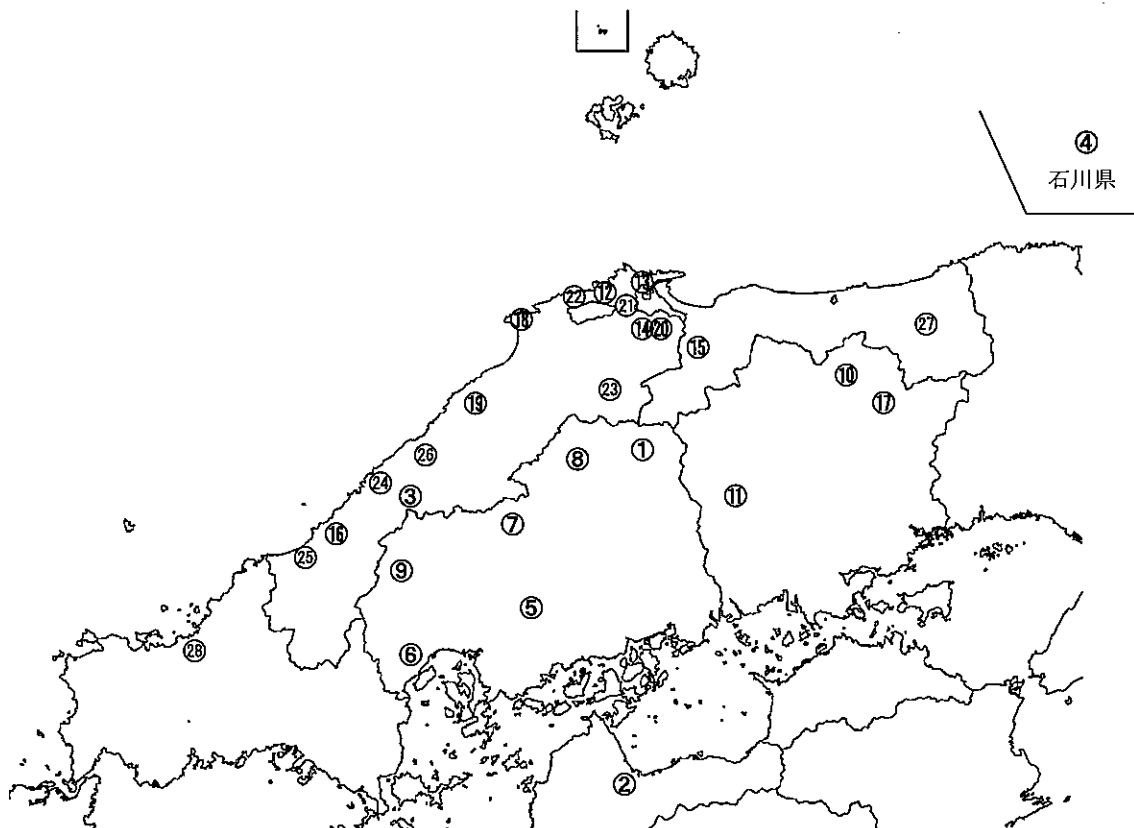


図1-1 ‘西条’の中四国地方における分布図（磯田、1983a,b；河野ら、1980；杉本ら、1999から作成）

1970), 浅野藩が広島に移封されたとき、賀茂郡西条柿奉行を置いている(前重, 2008)。このことは、‘西条’が浅野藩の財政に大きく寄与し、原産地である現在の東広島市を含む安芸国の大きな産業であったことを示している。しかし、‘西条’ガキの原産地とされている東広島市周辺では、これまで‘西条’は農家の庭先などに散見される程度で、まとまった栽培はほとんど行われていなかった(磯田, 1983a)。これは、廃藩置県により西条柿奉行の制度がなくなったことや、従来カキの栽培が山すそ、庭先あるいは畑の周囲(畦部)などを中心に行われていたことから、明治期以降の区画整理や宅地化により伐採されたことが主因と思われる。近年、東広島市を中心として約50haの産地が形成され、「原産西条柿」と銘うち近在の市場を中心に出荷するようになっていく。

島根県内への‘西条’ガキの伝播時期は、前出の島根県内における‘西条’古木が、幹周3~3.5m、樹齢400~500年とみられることから、室町末期の尼子氏、毛利氏の対決の時代と重なる(前重, 2008)。それら古木の残っている地域が合戦地周辺にあることから、尼子氏方の兵糧対策として接がれた可能性もあるが、毛利方の人物が陣中の合間か戦の後で、同僚や縁者の霊を弔うために故郷の‘西条’柿を接いで供養したとも思われる(竹下, 2006)。島根県東出雲町畑地区では、昭和30年代(1955年~1964年)には樹齢400年程度の古木が各所に点在しており、屋敷跡には必ず1~2本の古木があったことや、当時の武士の携行食糧として干し柿が珍重されたことから、尼子攻めに来た毛利軍の人々が‘西条’ガキの苗木や穂木を持ち込んだものではないかと考えられている(安達, 1995a; 前重, 2008)。実際、樹齢400~500年の古木は安来市富田城周辺や各地の古戦場跡、旧街道筋、お寺など特定の場所に集中していることから、50年にわたる合戦による人の動きに伴って伝播したと考えられる(前重, 2008)。

江戸時代、松江藩主が朝日寺(松江市鹿島町)に参拝した際、休憩時の菓子として砂糖餅、甘酒等とともに泡柿(湯抜きした脱渋果)、干し柿、熟柿が献上されたと「古江村誌」(1949年発行)に記載がある。また同誌には、江戸時代の

松江藩には「小物成」と称する雑税として「柿役」というものがあることから、年貢の対象として柿が広く栽培されていたことが伺える(安達, 1995b)。

明治5年(1872年)の上意東村(現東出雲町; ⑭)の「用所へ差出す控」帳によると、柿は米、桐油実に次ぐ代価となる9,500貫の生産高であった。また、明治13年(1880年)の上意東村皇国地誌によれば、物産の項にはただ一つ「乾柿老万五千松江市街ニ輸送ス」と記されており、当地の重要な農産物であったことは確かである(東出雲町, 1978)。県西部においても、岡見村(現浜田市三隅町岡見; ⑯)誌によると、「柿は本村産物の一にして所々に優良品を存し一般に上品を産す、その種類は西条柿が最も多くツリボソ柿がこれに次いでいる。明治38年(1905年)戦役戦勝記念として果樹植栽を奨励したため、西条柿のみならず各種の新規種類が植栽せられ大正6年(1917年)以来漸次収穫を高めつつある。」とあり、三保村(現浜田市三隅町三保)誌には「柿は往昔よりこの地方に栽培せられ石見特産の一なり」とあることから、柿は三隅地方の特産であったようである(三隅町, 1971)。

大正初期には、西条柿のかなりのものが県外出荷され、なかでも那賀郡の西条柿は市場においてその品質の優秀性が認められていたが、全県的な産地形成までには至らなかった(島根県, 1982)。

戦前、戦後を通じて食糧作物の増産のため、果樹類の増殖が阻まれたが、昭和26年(1951年)に県の第1次主要果樹増殖計画が策定され、奨励した結果、柿の栽培面積は昭和21年(1946年)から昭和31年(1956年)の10年間で約4倍の約430haに増加した(島根県農林部, 1957)。昭和39年にドライアイスによる脱渋技術が県下全域に普及され、冷蔵施設の普及、流通の迅速化とあいまって西条柿の商品性を一段と高める結果となった。さらに、昭和55年(1980年)に、西条柿のさらなる育成のため、県が西条柿生産振興計画を策定した。その結果、昭和58年(1983年)に、島根県の柿の栽培面積は616haまで増加し、そのうち西条柿は419haに達した。しかし、本県の西条柿栽培面積のうち、およそ半分は老木散在樹であり、隔年結果等により生産量

が不安定で計画出荷がされ難かった。また、この頃の‘西条’苗木は、主として鳥取県の業者から購入したものが主体であり、雑多な系統が混じった状況であった。これを改善するため、島根県農業試験場（以下島根農試）内に西条柿優良母樹園を設置した（島根県，1982）。また、苗木の品質を揃えるため、島根県経済連は育苗技術に長けた松江市枕木町の月坂高氏に、‘西条’苗木の生産を一元的に委託した。月坂氏は、自身数ha規模のカキ生産農家であったが、台木に適した山柿の古木一樹を有しており、氏の育成した‘西条’苗木の台木はすべてこの山柿樹の実生であった。それにより、昭和61年（1986年）から優良苗木の供給が行われるようになり、平成4年（1992年）にかけて全県下で増殖が図られ、西条柿の栽培面積は昭和60年（1985年）の478ha、生産量1,840tから平成4年（1992年）には同615ha、2,860tまで増加した（島根県農林水産部農蚕園芸課，1988年；島根県農林水産部生産流通課，1995）。しかしながら、その後西条柿価格の低迷により新植はほとんど行われなくなり、逆に栽培放棄園、廃園の増加により栽培面積は漸減傾向にある。平成18年（2006年）度の‘西条’栽培面積は446ha、生産量2,010tであり（島根県統計協会，2008）、今後‘西条’の単価向上、消費量の増加、単位面積当たり収量の向上、日持ち性向上技術の確立などが図られない限り、この状況は回復しないと考えられる。

第2節 ‘西条’系統の分類と分布並びに優良系統選抜

現在の‘西条’主産地は、中国5県および愛媛県であり、栽培面積が広いほど変異の出現、発見の可能性が大きい。各県の主要産地では、地域によって果実の形、熟期の違い、生育などに品種名を変えるほどではないものの、系統と呼べる変異が多く発見され、果実型や熟期の分類がなされている（河野，1980；磯田，1983a,b）。河野ら（1980）は、‘西条’の増殖について、接ぎ木技術が導入されるまでは実生繁殖により多様な系統が生じ、接ぎ木技術が一般化すると用途に応じた系統が積極的に選抜されるようになったのではないかと推論している。

中四国地方における‘西条’の系統については、磯田（1983a,b）が詳しく、島根県内の系統は河野ら（1980）が詳しい。それらをもとに、中四国地方4県他（島根、鳥取、広島、愛媛他）で栽培されている系統の果形および熟期による分類を表1-1および図1-2に示した。果形は丸形、長形およびその中間形、熟期は10月上旬以降収穫期となる系統を早生系、10月中旬以降収穫期となるものを中生系、10月下旬以降収穫期となる系統を晩生系とした。なお、岡山県では具体的な系統名をつけた分類や、優良系統の選抜はなされていないが、森本（1958）は津山を中心とした美作（みまさか）地方（図1-1；⑰，以下同様）で栽培されている系統について、丸形果群（頂部鈍尖形、豊円形、頂部肥大形）、長形果群（頂部細り形、頂部肥大形、円筒形、胴肥大形）、中間形果群（頂部尖り形、頂部肥大形、弾丸形、頂部急尖形）の3群、11形状に分類している。

各県で栽培されている系統の中には、外観、熟期、果実品質の似通った系統が複数認められ、前重（2008）によれば、このうち晩熟で溝の浅い長形円筒型系統については、1400年代末以降の比較的古い時代に、‘西条’原木もしくは実生由来の優良系統の穂木が、他国から移住してきた武士あるいは農民によって接ぎ木繁殖されたものと考えられると推論している。このことは、磯田（1983a）が広島県下に広く分布している前述の長円筒形普通西条型系統について調査した結果、島根県で古木が多く、推定樹齢が最も古いと言われている“出雲型”と外観が酷似していたことからもうかがえる。それに対し、早熟で溝の深い丸形方円型系統は、古木が見あたらないことからその栽培の歴史も新しく、生食用として選抜された実生もしくは枝変わり系統が、近年苗木もしくは穂木の形で、苗木業者あるいは生産者から他県の生産者に導入され普及したものと考えられている。

河野ら（1980）は、1970～1974年に島根県内で栽培されている‘西条’の現地調査を行った。それらを果実型により分類した結果、早生～中生の“B型”“日御碕型”“久手型”および“A型”，晩生の“石見型”および“出雲型”の6系統に分けた（表1-1，図1-2）。このうち、

表1-1 中四国地方で栽培されている‘西条’系統の果形と食味
(磯田, 1983a,b; 河野ら, 1980; 杉本ら, 1999から作成)

生産県	系統および果実型	成熟期	果形	条溝の深さ	食味
島根県	石見型	10月中～11月上旬	砲弾形	無～浅	良
	出雲型	10月中～11月上旬	卵形	浅～中	優
	日御碕型	10月上～中旬	方円形	中～深	優
	久手型	10月上～中旬	短砲弾形	中～深	可
	A型	10月中～下旬	砲弾形	深	良
	B型	10月上～中旬	方円形	深	優
	出雲大玉	10月下旬～11月中旬	ピーマン形	中	優
鳥取県	A型	10月中～下旬	砲弾形	浅	優
	B型	10月上～中旬	円筒形	中～深	良
	D型	10月上～中旬	短円筒形	深	可
	E型	10月上～中旬	丸型	深	良
	小倉西条	10月中～下旬	方形	無	可
	NO.2	10月中旬	方円形	深	優
	NO.7	10月中旬	方円形	深	優
岡山県	G型	11月上～中旬	円筒形	中	優
	西条	10月上～中旬	長方円形	中	優～良
	大西条	10月中～下旬	円筒形	浅	可
	無核西条	10月上～中旬	長方円形	浅	良
広島県	普通西条型	10月中～下旬	卵形～円筒形	浅～中	良
	三原西条型	10月上～中旬	ピーマン形	中～深	優～良
	短円筒型	10月中～下旬	短円筒形	浅～中	良
	方円型	10月上～中旬	方円形	浅～中	優～良
山口県	萩10号	10月上～中旬	方円形	浅	良
愛媛県	西条	10月中旬	卵形	中	優
	晩西条	10月下旬	円筒形	無	可

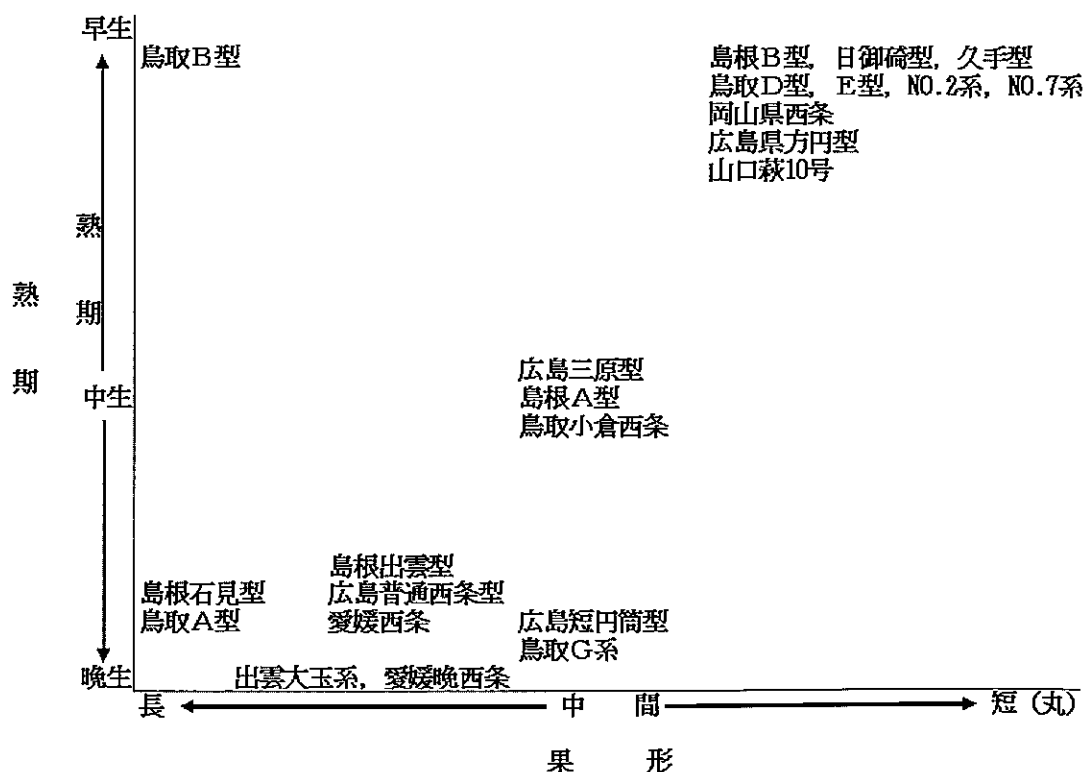


図1-2 中四国地方で栽培されている系統の熟期と果形による分類
(磯田, 1983a,b; 河野ら, 1980; 杉本ら, 1999から作成)

“日御碕型”は出雲市大社町日御碕周辺(18)，“久手型”は大田市久手町(19)に偏在するのみであった。“A型”は、安来市荒島町(20)の旧島根農試荒島分場西条柿園の他は、松江市、三隅町の新植園に点在するにすぎなかった。それらに対し，“出雲型”は県東部の松江市(21)，旧平田市(22)，旧八束郡(24)，旧仁多郡(25)などに主として分布し，そのほか石見部を含む県内各所でみられた。“石見型”は県西部の浜田市(26)，益田市(27)，旧那賀郡(28)などに主として分布し，大田市(19)，江津市(29)でもみられた。“B型”は県西部の旧那賀郡三隅町，県東部の旧平田市などの新植園で多くみられるほか，松江市，大田市，旧八束郡，旧仁多郡などの新植園でもみられ，これらの多くが鳥取県から導入されていた(表1-2)。

尾山ら(2007)は，これら河野ら(1980)が外観的特徴により分類した6果実型系統および中国地方に散在する‘西条’古木15樹についてRFLP分析を行った。その結果，広島県高宮町の個体を除く14個体が島根農試で分類された“日御碕型”“石見型”“出雲型”と同一のバンドパターンを示したことから，均一性が確認され，原型‘西条’からの接ぎ木による栄養繁殖の可能性が高いとしている。また，“日御碕型”“石見型”および“出雲型”が推定樹齢100年以上の古木が多数確認されているのに対し，“A型”および“B型”はその程度の古木が見あたらないことや，制限酵素に*EcoRI*を用いた

RFLP分析では，“日御碕型”“石見型”および“出雲型”で認められた7.0kbpのバンドが欠失していたことから，原型‘西条’からの栄養繁殖ではなく，実生由来の可能性が高いが極めて近縁種としている。さらに，“久手型”は*EcoRI*を用いたRFLP分析により，他の5系統型で認められた4.2kbpのバンドが欠失しているうえ，他の5果実型ではみられず‘西条’以外の品種でみられる9.0kbpのバンドが検出されたことから，実生由来もしくは他品種が‘西条’として栽培された系統である可能性が高いとしている。

従来，‘西条’は干し柿や熟柿としての利用が盛んであったが，近年は脱渋した生果での消費が多くなってきた。このため，河野ら(1980)は，生食用に適した‘西条’を選抜する目的で，県内で栽培されていた優良系統に，鳥取，岡山県から新たに導入した系統を加えた計94系統について，1972～1976年に旧島根農試荒島分場カキ園で高接ぎし，その高接ぎ樹の果実品質調査などを実施して，第一次選抜を行った。その結果，熟期，果実品質および収量性の面から早生は“B型”系統，中晩生は“出雲型”系統を優良系統に選定した。このうち，早生“B型”系統については，県内各産地からその面積拡大を図りたいとの早急な要請があったことから，果実品質や着果の安定性等が比較的優良であった“山坂”系を一旦，島根県の早生系優良母樹に選定(1979年)し，苗木生産用に穂木を供給した。

表1-2 島根県で栽培されている‘西条’果実型系統の由来と分布(河野ら，1980；尾山ら，2007から作成)

果実型	由来と分布
石見型	分布は比較的広範囲であるが石見部中心であり，高接ぎによる調査で系統間差がみられなかったことから，果実型そのものが母樹を同じくする同一系統と考えられる。
出雲型	分布は県東部を中心に，県中央部までの比較的広範囲であり，高接ぎによる調査で果実型や熟期がわずかに異なるものがみられ，母樹の異なる数系統があると考えられる。
日御碕型	分布が局在的で，高接ぎによる調査で系統間差がみられなかったことから，果実型そのものが母樹を同じくする同一系統と考えられる。
久手型	分布が局在的で，高接ぎによる調査で系統間差がみられなかったことから，果実型そのものが母樹を同じくする同一系統と考えられる。RFLP分析により，“西条”の実生由来もしくは，“西条”とは異なる異品種と判定される。
A型	原型‘西条’の実生由来の可能性が高く，“B型”と極めて近縁種と考えられる。分布が旧島根農試荒島分場の他は松江市，三隅町に点在するのみであり，県外から導入されたものと考えられる。
B型	島根県下ほぼ全域で栽培されている早生系統で，“出雲型”同様に果実型や熟期が微妙に異なるものがみられ，母樹の異なる数系統があると考えられるが，“出雲型”よりも変異の幅が大きい。鳥取県，岡山県から導入された系統と考えられる。RFLP分析により，“出雲型”，“石見型”とは遺伝的に異なることが明らかにされている。A型とともに，交雑実生の可能性が大きい。

一方、高接ぎによる一次選抜で“山坂”系と同様に優良であった他の系統については、昭和52年(1977)、島根農試果樹圃場に共台に接ぎ木した苗を植栽し、第二次選抜を行った(表1-3-1, 1-3-2)。それにより、早生“B型”系統については、“遠藤”“安部”“Bわい性”“山坂”“和田”“古藤”“平原”および“福島”の8系統を、また普通“出雲型”系統については、“藤本”“富士本”“石橋”“森広”“能海(章)”“松本(重)”“松本(宗)”および“NO.90”(1986年、島根農試高田氏発見の枝変わり系統)の8系統をそれぞれ選抜した(河野, 1988年)。その後、これらの系統については、同一の山柿から採取した実生台に接木した苗を、1990年に益田市の旧島根農試開発営農科圃場に植栽し、第三次選抜を試みた(河野, 1990～1994年)。

また、最近では‘西条’ガキ主要生産県で、生理障害に強い多収系統の選抜に取り組んでおり、鳥取県では早生の“NO.2”“NO.7”系統(鳥取県農業協同組合連合会, 1993)および中晩生の

“G”系統を選抜している(須崎, 1998, ㉔)。

また、山口県では、杉本ら(1999)が県内で栽培されている37系統について特性を調査した結果、熟期、果形、条溝の深さ、玉揃い、糖度、汚染果の発生程度に大きな変異が認められ、それらの中から、早熟で収量性、果実品質に優れ、樹上軟化の発生が比較的少ない“萩10号”(㉔)を優良系統として選抜している。島根県においても、“出雲型”系統の大果晩生系枝変わりである“出雲大玉”系統(旧系統名NO.90)の島根農試圃場での高接ぎ調査により、樹上軟化の発生や果皮の汚損障害発生が少ないことが確認されたことから現在、現地に導入されつつある(表1-4)。

第2章 収量、樹体生育の系統間比較

第1節 収量、樹体生育、果実品質および発芽不良症状発生の系統間差

島根県において栽培面積が最も多い早生“B型”系は、鳥取県や岡山県から導入された系統を果実の形状(方円～砲弾形、4条溝が深い)

表1-3-1 ‘西条’の優良系統二次選抜に供試した果実型別系統(河野による分類を整理)

果実型	分布もしくは穂木採取地	系統名	特徴および由来
石見型	浜田市	森A	長砲弾型でほとんど溝のない石見型の典型的な形状を有しており、赤道部から果たい部(へた側)の肥大が良く、1果重が比較的大きい。外観は良好。四条溝が極僅かなことから、はく皮が容易であり加工適性に優れる。1973年まで普通系の島根県優良母樹。
	〃	森B	長砲弾型で溝のない石見型の典型的な形状を有している。
	浜田市三隅町	三賀森	やや出雲型に似る。溝がわずかにあり、先が尖る。1果重は比較的大きい。
	〃	町役場	〃
	〃	〃	〃
出雲型	益田市鎌手町	門田	〃
	安来市荒島町	仲佐	他の出雲型系統とあまりかわらず、特筆すべき特徴はない。
	東出雲町畑	藤本	普通系の島根県優良母樹。果たい部の肥大が良好で、果実肥大が優れる(日御碕型に似る)。果実品質良好。
	〃	富士本	普通系の島根県優良母樹。果たい部の肥大が良好で、果実肥大が優れる。果実品質良好。
	〃	石橋	〃
	〃	森広	〃
	松江市八雲町	熊野	熊野大社周辺で生産されていた系統。早熟性とされたが他の出雲型系統と大差なかった。
	松江市野原町	能海(章)	果たい部(へた側)の肥大が良く、1果重が重い。果実品質良好。外観(果色)良好。
	松江市枕木町	石川	島根県優良母樹の“藤本”系に似る。
	〃	松本(重)	果たい部(へた側)の肥大が良い。果実品質良好。
日御碕型	〃	松本(宗)	〃
	〃	月坂	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	松江市大垣町	小山	1果重が重く、比較的品质優秀。
	大田市温泉津町	嘉戸	他の“出雲型”系統とあまりかわらず、特筆すべき特徴はない。
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
	〃	〃	〃
出雲型	〃	〃	〃

表 1-3-2 「西条」の優良系統二次選抜に供試した果実型別系統
(河野による分類を整理, 一部鳥取県の柿沿革史(鳥取県農業協同組合連合会, 1993)から抜粋)

果実型	分布もしくは穂木採取地	特徴および由来
久手型	大田市久手町	短砲弾型で他の系統型よりずんぐりしている。着色良好であるが、渋が多く、他系統より脱渋に1日多く要する。葉が厚く毛じがあり、形状が他系統と異なる。西条とは異品種と考えられる。
	山崎	
	藤原	
A型	安来市荒島町	分場A 砲弾型で溝が深くB型と外見が似る。岡山県から導入された系統の可能性が高い。旧島根農試荒島分場から島根農試果樹科圃場に導入し、二次選抜に供試した。
	分場B	A型の中では樹冠拡大が優れ、収量の多い系統。
	分場D	分場Aと大差なく特筆すべき系統ではない。
	分場E	種なし系統とされたが、種子が混入した。
	分場F	A型の中ではややわい化性が認められ、豊産性である。
	分場G	分場Aと大差なく特筆すべき系統ではない。
	分場H	
	分場I	
	安来市荒島町	安部 鳥取県船岡の西橋寺の古木から、八頭郡安部村の山田武治氏が穂木を採取して広まったもの。島根県では旧島根農試荒島分場柿圃場に高接ぎし、その後同果樹科圃場に植栽され、そこから穂木を配布し県内産地に広めた。
	分場C	当初A型に分類されたが、果形が丸くB型に分類された。
	松江市美保町	山本 他系統と比較し特筆すべき特徴はない。
	松江市野原町	能海(茂) 果実肥大が良好で溝が深い。
	出雲市芦渡町	遠藤 鳥取県の遠藤農園(八頭郡八束町)から取り寄せた系統の中で、旧島根農試果樹圃場において最も熟期の早かった系統。品質、果実肥大が良好。
	Bわい性	遠藤農園から取り寄せたB型の中で、旧島根農試果樹圃場においてわい化性が認められたもの。
B型	浜田市三隅町	山坂 旧島根農試荒島分場から三隅町に穂木を譲渡して苗木が作られたものの一つと考えられる。旧島根農試荒島分場において1970年代に高接ぎによる系統選抜試験を行った結果、成績優秀であったことから本県早生系の優良母樹に選定し、その穂木を県内生産者に配布した。
	和田	旧島根農試荒島分場から三隅町に穂木を譲渡して苗木が作られたものの一つと考えられる。山坂と同一の穂木の可能性がある。
	平原	
	福島	
	古藤	果頂部が肥大し、1果重が大きい。
	鳥取県鳥取市	渡部 旧鳥取県岩美郡米里村越路の渡部宗太郎氏が栽培していた系統で、八頭郡内では早生の優良な西条柿として「越路の渡部西条」が昭和30年代中頃から注目され、鳥取県経済連で優良系統として苗木が生産され広く普及した。島根県内には、旧島根農試河野氏が直接穂木を貰い受けた。溝が深く早生系の中でもとくに早熟である。
	越路	渡部系と同一と思われる。
	鳥取県高馬	元倉吉短期大学学長故高馬進先生(島根大学名誉教授)より穂木を貰い受けた系統。果実肥大良好で、早熟性がある。
	岡山県津山市	北町 岡山県津山市の旧岡山農試津山分場森本氏から穂木を貰い受けた系統。

表 1-4 島根県内で発見された枝変わり系統

系統型	由来
恩田早生	出雲市東福町恩田忠道氏所有の「西条」「B型」系統の圃場で1995年頃に発見された枝変わり。果形は扁平で「B型」とは極めて異なるが、中程度の深さの4条溝を有する。成熟期は9月下旬と早い。樹上軟化の発生が多い。果皮色は「B型」と比較し優れ、朱色を帯びる。
出雲大玉	島根県農業試験場内植栽の「出雲型」系統の圃場で、高田氏により1986年に発見された芽条変異系統。旧系統名はNO.90。果形は「出雲型」と類似するが、1果重が250g程度と優れ、ヘタが大きい。熟期が島根農試で11月上～中旬であり、「西条」系統の中では極晩生である。果実品質は「出雲型」系統と同様であるが、肉質がやや硬く貯蔵性に優れる。樹上軟化の発生は少ないが、「出雲型」系統と同様に成熟期後期に果頂軟化の発生がみられる。
NO.25	島根県農業試験場内植栽の「出雲型」系統の圃場で、河野氏により1983年に発見された芽条変異系統。果形は「出雲型」と比較し扁平で、4条溝が極めて深く「B型」に類似するが、果頂部が尖形である。果重が250～300g程度と極めて優れ、ヘタが大きい。熟期は出雲大玉系と同様に島根農試で11月上～中旬であり、「西条」系統の中では極晩生である。果実品質は「出雲型」系統と同様である。「出雲型」系統同様に果頂軟化の発生がみられる。4条溝が極めて深い。
三隅変異(神城「こうじろ」系)	浜田市三隅町の「西条」園で発見された系統。県外の業者から購入した苗木に混入していた。1果重は250g以上と極めて大果となり、果皮強度が高く、汚損の発生が少ない。肉質はなめらかであり、他の「西条」系統とは明らかに異なる。糖度(Brix)が16%程度と低い。当初岡山県の「大西条」の苗木が混入していた可能性が高いと思われたが、新居浜高専の牧氏の調査により、「西条」と「禪寺丸」の交雑実生の可能性が示唆されている。品質が「西条」より劣ることから、普及には至っていない。

および成熟期（10月上旬から収穫が可能）から“B型”系統として分類した、いわば系統群であり、由来が異なると考えられる系統が複数存在することから、生育、収量性および生理障害の発生に明らかな系統間差がみられる。そこで、河野ら（1980）が2次選抜により比較的優良とした系統のうちの6系統を用いて、生育、収量、果実品質、生理障害発生程度等について検討した。

材料および方法

1. 供試系統

供試樹は、旧島根農試園芸部開発営農科（島根県益田市遠田町）植栽の早生系“西条”の“B型”6系統、すなわち“安部”“遠藤”“Bわい性”“山坂”“古藤”“和田”系であった。これらの内、“安部”および“遠藤”系は鳥取県から導入された系統と考えられており、“Bわい性”系は“遠藤”系の中でややわい化性が認められた変異系統である。“山坂”“古藤”および“和田”系は岡山県から導入された系統と考えられている。これらの系統は、島根県において果実形状により“B型”に分類されたものであり、果形は丸みがかかった方円形で、4条溝が広く深いのが特徴である（河野ら、1980）。供試樹は、同一の山ガキ樹から採取した種子を播種した実生に各系統の穂木を接ぎ木し、1990年春に各系統をほぼ列単位で植栽して育成された。植え付け当初の植栽間隔は列間3.5m、株間3.0mであり、その後1995年に1次間伐、2000年に2次間伐し、最終的に列間7.0m、株間6.0mとした。

2. 栽培方法

整枝法は、植え付け当初は変則主幹形を意図して整枝されていたが、1次間伐後棚仕立てまたは強制誘引開心形に樹形改造し、ともに樹高を2.5m程度とした。なお、強制誘引開心形はほぼ全ての骨格枝を直径48mmもしくは32mm、長さ約5mの鉄製パイプを用い、樹冠先端部が高さ2.5m程度になるよう誘引したことによって、樹姿は棚仕立てとほぼ同様となり、同一系統で両整枝間に生育、収量、果実品質等の差がみられなかったことから、本実験では整枝法による差はないものとみなして調査を行った。各調査は2001～2003年に行い、樹齢は調査初年度が12年

生であった。各系統の調査期間における反復樹数は、“安部”系3樹、“遠藤”系3樹、“Bわい性”系2樹、“山坂”系9樹、“古藤”系5樹、“和田”系6樹であった。栽培管理について、摘蕾は新梢の長さに応じ、20cm以上で2蕾、10～19cmで1蕾を残し、10cm未満は全摘蕾とした。摘果は母枝単位での葉果比が約15になるよう毎年7月上～中旬に行った。その他の管理は、島根県果樹栽培指針に準じて行った。

3. 新梢生長および葉面積指数（LAI）

樹冠占有面積は、毎年12月に投影法で測定した。新梢数および新梢長は、各供試樹の全ての新梢について毎年12～1月に測定した。各供試樹のLAIを推定するため、2001年9月に供試樹以外の“西条”早生系5樹から、長さの異なる新梢を1樹当たり10本採取し、新梢長と葉面積の測定結果から、相関式 y （葉面積： cm^2 ） $=16.85x$ （新梢長： cm ） $+230.6$ （ $R^2=0.842$ ）を求めた。各供試樹の新梢毎の葉面積は、測定した全ての新梢長をこの相関式に代入することにより求めた。土地面積当たり葉面積指数（LAI_f）は全新梢の葉面積の合計を1樹当たり土地面積（2次間伐後の植栽密度、列間7.0m×株間6.0m $=42\text{m}^2$ ）で除して、樹冠占有面積当たり葉面積指数（LAI_c）は全新梢の葉面積の合計を1樹当たり樹冠占有面積で除して算出した。樹冠占有面積率は、1樹当たり樹冠占有面積/1樹当たり土地面積（ 42m^2 ） $\times 100$ により求めた。主幹断面積は、主幹の横断面を円とみなし、毎年1月に主幹の接ぎ木部から約20cm上部の幹周を測定して求めた。生産効率は、1樹当たりの収量（kg）を主幹断面積（ cm^2 ）で除して求めた。

4. 収量および果実品質

各供試樹の着蕾数の調査は、毎年摘蕾直前の5月上旬に行った。収量、着果数、平均果重は全果について調査を行い求めた。果実中可溶性固形物含量および果肉硬度の調査は、各供試樹30果程度についてドライアイス脱渋後に行った。果実中可溶性固形物含量はデジタル糖度計（PR-101、アタゴ製）を、果肉硬度は果実赤道面について果実硬度計（MT型〔プランジャー径11mm、円柱針〕、藤原製作所製）を用いて測定した。各供試樹の葉果比を算出するため、前出の葉面積を推定した新梢を用い、新梢長と葉数

との相関式 $y(\text{葉数}) = 0.18x(\text{新梢長: cm}) + 2.99 (R^2 = 0.958)$ を求めた。各供試樹の新梢毎の葉数は、測定した全ての新梢長をこの相関式に代入することにより求めた。葉果比は全新梢の葉数の合計を1樹当たり着果数で除して算出した。各調査項目の数値は、各系統における年毎の平均値を算出し、さらに3か年の平均値として表した。

5. 発芽不良症状発生程度と新梢の初期生育

旧島根農試開発営農科（島根県益田市）植栽の早生‘西条’6系統について、中生系統の“出雲型”を対照として、植栽後16年目（2006年）における発芽不良発生の実態および展葉の遅速について調査した。発芽不良発生樹率は全供試樹について、発芽不良発生母枝率、枯死母枝率および新梢展葉枚数は各供試樹とも1主枝について2006年4月28日に調査した。主枝先端部への吸水状況を推定するため、発芽不良が頻発する早生“B型”系統の“安部”系と発芽良好な同系統の“遠藤”系および中生“出雲型”系統の各供試樹から、1年生枝（母枝）に2年生部分を約5cm残して切除した枝5本を、2006年4月28日に採取した。母枝単位での吸水量は、このうちの3本を用い、万年筆用青色インク30倍希釈液10mlを入れた試験管に2年生枝部分の基部が浸かるよう水挿しした後、パラフィルムで密封し、20℃に設定したインキュベーター内に26時間静置して、青色インク希釈液の減水量から測定した。青色インクによる木部染色程度は、2年生枝中間部、1年生枝基部、中間部および先端部について無0～甚5で判定した。採取した枝の残り2本は、2年生枝および1年生枝の中間部分各5g程度を細断し、新鮮重を測定後90℃の通風乾燥器内で恒量になるまで乾燥して乾物率を求めた。

6. 地下部（山ガキ台）の生育

根量の調査は、島根県における‘西条’の苗木生産で多く使用されている山ガキ台に接ぎ木した6系統樹について、平均的な生育を示した3樹ずつ（“Bわい性”系統は2樹）を供試して、以下のように行った。2004年1月（植栽14年後）に主幹から北東方向で1.25m離れた地点を中心に縦、横、深さともに50cmの部分掘り上げ、全ての根を採取した。根は、水洗後直径

20mm以上、10～19.9mm、5.0～9.9mm、2.0～4.9mmおよび1.9mm以下の太さ別にデジタルノギスで測定して分類した。新鮮重を測定後、各分類区分の根を1樹当たりそれぞれ20～30g採取し、90℃で通風乾燥して乾物率を求めた。各供試樹における各分類区分の根の乾物重は、全生重に乾物率を乗じて算出した。

7. 1年生枝および細根中の炭水化物含量

1年生枝は2004年1月に各供試樹から20cm前後の長さのもの（前年の着果枝）を樹冠中間部から5本採取して、細根は前述の1.9mm以下の根の乾物サンプル6～7gを用いて、それぞれ90℃で通風乾燥後、ブレンダーで微粉碎したものを試料として全炭水化物の分析に用いた。なお、分析試料は2等分し1樹当たり2反復とした。可溶性糖類は80%熱エタノールで30分、計3回抽出して上澄液を回収し、濃縮後硫酸亜鉛と水酸化バリウムで除タンパクした。デンプンは、糖抽出残渣を用いて8.14N過塩素酸で計3回抽出し、上澄液を回収した。可溶性糖、デンプンともにフェノール硫酸法で定量した（坂野，1989）。可溶性糖とデンプンの合計を全炭水化物含量とした。

樹冠占有面積10a当たり総炭水化物含量について、1年生枝は‘西条’における新梢長と乾物重との相関式 $y(\text{新梢乾物重}) = 0.003x^2(\text{新梢長: cm}) - 0.004x + 1.24 (R^2 = 0.978)$ ；高橋ら，1998）に、測定した全ての新梢長を代入することにより、各供試樹の1樹当たり1年生枝全乾物重を求め、これに1年生枝中全炭水化物含有率を乗じ、樹冠占有面積で除し、1,000m²を乗じて求めた。樹冠占有面積10a当たり細根中総炭水化物含量は、小豆沢・伊藤（1983）がニホンナシ‘二十世紀’成木で地下部の層別掘上調査を行った試験に準じ、樹冠占有面積と全体の80%程度の根が分布している主要根域の容積との関係式 $y(\text{主要根域容積: m}^3) = 0.29x(\text{樹冠占有面積: m}^2)$ から推定し、さらに各供試樹の1樹当たり主要根域容積に1m³当たり細根乾物重および細根中全炭水化物含有率を乗じ、樹冠占有面積で除し、1,000m²を乗じて求めた。

結 果

1. 果実形状

各系統の果実の形状を図2-1に示した。“安部”、“遠藤”、“Bわい性”系統は方円形でやや丸みを帯びた果形であったのに対し、“山坂”、“古藤”および“和田”系統は砲弾型に近い果形であった。4条溝はいずれの系統とも深く、差異は認められなかった。

2. 新梢生長および葉面積指数 (LAI)

樹体生育の違いについて表2-1に示した。樹冠占有面積は“遠藤”系が最も大きく、樹冠占有面積率は86.6%であり、次いで“Bわい性”系が73.9%と高かった。これに対し、“古藤”系および“安部”系の樹冠占有面積率はそれぞれ53.8%, 38.9%で他系統より有意に劣った。1樹当たり新梢数および総新梢長は“遠藤”系が優れ、“安部”および“古藤”系は劣った。樹冠占有面積1m²当たり新梢数は、“安部”系が45.4本で他系統より有意に少なかったが、その

他の系統間に差はみられなかった。樹冠占有面積1m²当たり新梢長は、“和田”系が9.26mで“古藤”、“安部”および“Bわい性”の各系統より有意に長かった。平均新梢長は“遠藤”、“Bわい性”、“山坂”の各系統が14cm余りであったのに対し、“古藤”系は12.4cmでやや短く、



図2-1 ‘西条’“B型”系統における果実の形状
上段左から“安部”、“遠藤”、“Bわい性”系統
下段左から“山坂”、“古藤”、“和田”系統

表2-1 ‘西条’“B型”における生育の系統間差 (2001~2003の平均値)

系統	樹冠 占有面積 (㎡)	樹冠占有 面積率 (%)	新梢数		新梢長		平均新梢長 (cm)	LAI	f ^w	LAI	c ^v	主幹断面面積 (cm ²)
			(本/樹)	(本/㎡)	^y (m/樹)	(m/㎡) ^x						
“安部”	16.3 c ^z	38.9 c	741 c	45.4 b	119.0 c	7.29 b	16.1 a	0.99 d	2.56 b	213.1 d		
“遠藤”	36.4 a	86.6 a	2,132 a	58.7 a	305.4 a	8.43ab	14.5ab	2.76 a	3.19 a	336.7 a		
“Bわい性”	31.0ab	73.9ab	1,735ab	55.9 a	243.4 b	7.88 b	14.1ab	2.23 b	3.03 a	263.3 c		
“山坂”	28.9 b	68.7 b	1,655ab	57.4 a	237.3 b	8.30ab	14.5ab	2.15 b	3.13 a	250.6 c		
“古籐”	22.6 c	53.8 c	1,331bc	58.7 a	161.3 c	7.19 b	12.4 b	1.61 c	3.00 a	238.5cd		
“和田”	27.0 b	64.3 b	1,491 b	55.2 a	248.3 b	9.26 a	16.8 a	2.07bc	3.23 a	295.2 b		

^z同一列の異符号間はTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

^y樹冠占有面積1m²当たりの新梢数

^x樹冠占有面積1m²当たりの新梢長

^w土地面積当たり葉面積指数

^v樹冠占有面積当たり葉面積指数

表2-2 ‘西条’“B型”における収量及び果実品質の系統間差 (2001~2003年の平均値)

系統	着蕾数		10a当たり		樹冠占有面積 10a当たり 収量 (kg)	生産効率 ^z (kg/m ²)	葉果比	1果重 (g)	果実中可溶性 固形物含量 (Brix)
	(蕾/樹)	(蕾/m ²) ^x	着果数 (果)	収量 (kg)					
“安部”	498 d ^y	29.9 c	4,248 b	861 d	2,216 c	0.17 c	28.2 a	204.4 b	17.7 c
“遠藤”	2,333 a	64.4 a	15,605 a	3,425 a	3,968ab	0.55 a	19.1ab	221.3ab	18.7ab
“Bわい性”	2,188 ab	71.1 a	13,015 a	3,024 ab	4,080 a	0.54 a	18.3 b	233.7 a	19.0 a
“山坂”	1,576abc	56.1abc	11,055ab	2,334abc	3,417ab	0.40 ab	21.8ab	212.6 b	18.1bc
“古藤”	1,366bcd	61.9 ab	9,032ab	1,900bcd	3,553ab	0.36abc	19.5ab	210.3 b	18.0 c
“和田”	1,180 cd	43.3 bc	9,489ab	2,010 cd	3,192bc	0.30 bc	25.4ab	213.7 b	18.1bc

^z主幹断面積1cm²当たりの収量

^y同一列の異符号間はTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

^x樹冠占有面積1m²当たり着蕾数

逆に“和田”，“安部”両系統は徒長枝の発生が多く16cm以上と長かった。LAI_f（土地面積当たり葉面積指数）は“遠藤”系が2.76で他系統より有意にえ高かった。LAI_c（樹冠占有面積当たり葉面積指数）は“安部”系が2.56で他系統より有意に低かったが，その他の系統は3以上で差はみられなかった。主幹断面積は，“遠藤”系が336.7cm²で最も大きく，次いで“和田”系が295.2cm²であったのに対し，“安部”と“古藤”の両系統はそれらより有意に小さかった。

3. 収量，果実品質および成熟期

収量，果実品質の違いについて表2-2に示した。1樹当たり着蕾数は“遠藤”系が2,333蕾で最も多く，次いで“Bわい性”系の2,188蕾であり，この2系統が2,000蕾以上着生した。樹冠占有面積1m²当たり着蕾数は，“Bわい性”系が71.1蕾/m²で最も多く，次いで“遠藤”系の64.4蕾/m²であり，これらと“安部”および“和田”系との間に有意差が認められた。10a当たり収量は樹冠の拡がりが大きく，着蕾数の多い“遠藤”と“Bわい性”の両系統が3t以上で明らかに多かったのに対し，“安部”系は1t以下で劣った。樹冠占有面積10a当たり収量は，“Bわい性”系が4t以上で最も多く，“和田”および“安部”系より有意に優れた。生産効率も同様の傾向がみられ，“遠藤”と“Bわい性”の両系統が0.5kg/cm²以上であり，“和田”系の0.3kg/cm²，“安部”系の0.17kg/cm²との間に有意差が認められた。1果重および果実中可溶性固形物含量は，“Bわい性”系がそれぞれ233.7g，19.0%で他系統より優れたものの，明らかに品質の劣る系統はみられなかった。累積収穫果率の推移について図2-2に示した。“安

部”，“Bわい性”および“古藤”系は比較的早熟であり，10月中旬の累積収穫果率は40%以上に達していた。これに対し，“遠藤”“和田”両系統はやや成熟が遅く，特に“和田”系は10月21日における累積収穫果率が26%と著しく低かった。

4. 発芽不良症状発生程度と新梢の初期生育

“安部”系は供試した3樹すべてで不発芽と発芽遅延が認められ，“山坂”系は11樹のうち7樹（72.7%）で発芽遅延とわずかに不発芽がみられた。“和田”系は6樹中3樹で発芽の遅延が認められた。これに対し，同じ早生“B型”系の“遠藤”“Bわい性”“古藤”系および中生“出雲型”系統では不発芽，発芽遅延は認められなかった。このような不発芽，発芽遅延症状を呈する結果母枝の割合は，“安部”系が47.0%と高く，次いで“山坂”系の28.0%，“和田”系で15.3%であった。結果母枝の枯死は，“安部”系で18.1%に達したが，他の系統では結果母枝が枯死するものは認められなかった（図2-3，表2-3）。

展葉の遅速について，中生の“出雲型”系統は4月28日の時点ですべての新梢が4葉以上に達した。これより発芽，展葉の早い早生系統は，“遠藤”および“Bわい性”の両系統で，それぞれ新梢の23.0～21.8%が7葉以上に達していた（表2-3）。

次に，不発芽，発芽遅延の原因が春季の主枝先端部への吸水不良が原因ではないかと考え，同年4月下旬に1～2年生枝の吸水状況を調査した。早生系統の“安部”，“遠藤”および中生系統の“出雲型”の各供試樹における結果母枝単位での吸水量と乾物率を表2-4に，木部の染色程度を図2-4に示した。結果母枝当たりの吸水量は，“出雲型”系統の175.6μL・hr⁻¹，“遠藤”系の140.4μL・hr⁻¹に対し，発芽遅延が著しい“安部”系は80.1μL・hr⁻¹で，著しい吸水不良がみられた。同様に，染色液の吸水により木部の染色程度をみると，2年生枝と1年生枝基部において，“安部”系の染色が他の2系統より明らかに薄く，吸水が劣っていた。また，2年生枝の含水率は“安部”系が53.0%であったのに対し，“遠藤”系と“出雲型”系統ではそれぞれ53.1%，54.1%であった。1年生枝の含

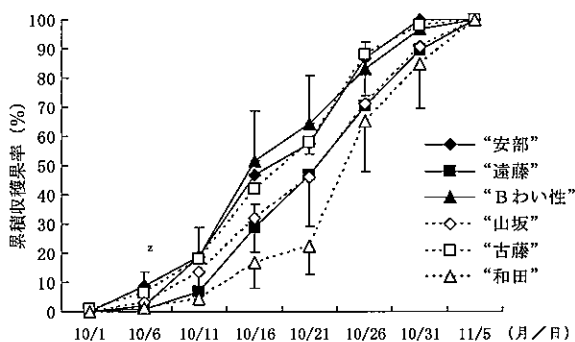


図2-2 ‘西条’“B型”における累積収穫果率の推移の系統間差（2001～2003年の平均値）
縦棒は標準誤差を示す



“遠藤”系

“安部”系

発芽不良劇症樹における初期生育状況

図2-3 ‘西条’早生“遠藤”系（健全系統）および“安部”系（発生系統）における春季発芽不良症状の状況^zと発芽不良劇症樹の初期生育状況^y^z2006年4月28日撮影, ^y2006年5月22日撮影表2-3 ‘西条’早生6系統および中生“出雲型”における発芽不良発生率と展葉程度^z

系統	発芽不良発生率 ^x		枯死母枝率 ^w	新梢展葉枚数(生存母枝)					
	樹率 (%)	率 ^x (%)		不発芽 (%)	発芽 (%)	2葉 (%)	4葉 (%)	6葉 (%)	7葉以上 (%)
“安部”	100.0	47.0 a ^v	18.1 a	1.7	17.4 a	11.8 a	18.4 a	49.6 c	1.2 c
“遠藤”	0.0	0.0 b	0.0 b	0.0	0.0 b	0.0 b	2.4 c	74.6ab	23.0 a
“Bわい性”	0.0	0.0 b	0.0 b	0.0	0.0 b	0.0 b	3.1 c	75.0ab	21.8 a
“山坂”	72.7	28.0ab	0.0 b	0.1	8.2ab	11.5 a	15.5 a	62.7bc	2.0 c
“古藤”	0.0	0.0 b	0.0 b	0.0	0.0 b	0.8 b	10.2ab	85.5 a	3.6 b
“和田”	50.0	15.3ab	0.0 b	0.0	4.6ab	6.5 a	11.4ab	75.9 a	1.6 c
“出雲型”	0.0	0.0 b	0.0 b	0.0	0.0 b	0.0 b	5.9bc	86.8 a	7.3ab
有意性 ^y	—	*	*	n. s.	*	*	*	*	*

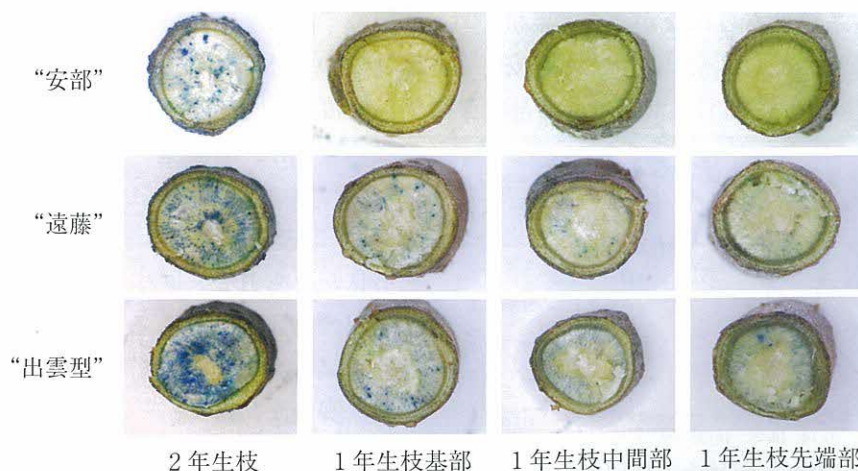
^z2006年4月28日に調査^y分散分析により*, 5%水準で有意差有り, n. s., 有意差有り^x全母枝数に対する発芽不良発生母枝数の割合^w全母枝数に対する枯死した母枝数の割合^vTukeyの多重検定により異符号間に有意差有り図2-4 ‘西条’早生“安部”系, “遠藤”系および中生“出雲型”系統における染色液の分布^z^z2006年4月28日に調査

表 2-4 ‘西条’早生“安部”系，“B型”遠藤系および中生“出雲型”系統における母枝の吸水程度と乾物率^z

系統	吸水量 ^x ($\mu\text{l} \cdot \text{hr}^{-1}$)	木部染色程度 ^w				乾物率	
		2年生枝 ^v	1年生枝 ^u			2年生枝 (%)	1年生枝 (%)
			基部	中間部	先端部		
“安部”	80.1 b	2.08 b	0.25 b	0.25 b	0.08	47.0 a	43.3 a
“遠藤”	140.4 a	3.42 a	1.50 a	0.50ab	0.42	46.9ab	39.4 b
“出雲型”	175.6 a	3.50 a	1.88 a	1.13 a	0.75	45.9 b	38.8 b
有意性 ^y	*	*	*	*	n. s.	*	*

^x 2006年4月28日に調査^y 分散分析により*;5%水準で有意差有り, n.s.;有意差無し^w 母枝1本の1時間当たり吸水量^v 青色インク30倍希釈液に2年生枝部分基部を浸漬し, 20℃で26時間吸水後の染色程度を0～5で判定^u 前年の母枝部分を5cm程度残して切除^z 長さ20cm程度の母枝^z Tukeyの多重検定により異符号間に有意差有り

水率は，“安部”系の56.7%に対し，“遠藤”系と“出雲型”系統はそれぞれ60.6%と61.2%で、発芽遅延の著しい“安部”系結果母枝の含水率が低かった。

5. 地下部（山ガキ台）の発育

6系統樹の主幹から1.25m離れた地点を中心として、縦、横、深さ共に50cmの部分から採取した根（山ガキ台木）の太さ別乾物重およびその割合を図2-5に示した。なお、乾物重は土壌1m³あたりに換算して示した。全乾物重について、“和田”系接ぎ木樹の根重は5,470gで最も多く、次いで“山坂”系の3,702gであった。これらに対し“安部”、“遠藤”、“Bわい性”各系統接ぎ木樹の根量は2,000g以下と明らかに少なく、これは20mm以上の旧根の量が著しく少ないことが原因であった。しかし、1.9mm以下の細根量は“遠藤”系接ぎ木樹が450gで最も多かった。乾物重の太さ別割合について、“安部”、“遠藤”、“Bわい性”の各系統接ぎ木樹は1.9mm以下の割合が27%程度であり、5mm未満の根が約半分を占めていた。逆に“山坂”、“古藤”、“和田”の各系統接ぎ木樹は1.9mm以下の細根の割合が少

なく、20mm以上の太根の割合が高かった。特に“古藤”系接ぎ木樹ではその傾向が顕著であり、20mm以上の根の割合が約64%であった。

6. 1年生枝および細根中炭水化物含量

1年生枝および細根中炭水化物含量について図2-6に示した。1年生枝中全炭水化物含量は、“遠藤”系が10.6%，“山坂”および“古藤”系がともに10.4%と多く、“和田”系は9.7%で、これらに比べて有意に少なかった。細根中全炭水化物含量は、“Bわい性”系が多い傾向であったものの、有意差はみられなかった。

1年生枝および細根中樹冠占有面積10a当たり推定全炭水化物含量について図2-7に示した。1年生枝中の全炭水化物含量は、“安部”系が8.5kg/10aで、その他の系統よりやや少なかったものの有意差はみられなかった。一方、細根は“遠藤”系が13.0kg/10aで、5.3kg/10aであった“古藤”系に対し有意差が認められたものの、その他の系統間では樹間のばらつきがやや大きく、有意差はみられなかった。

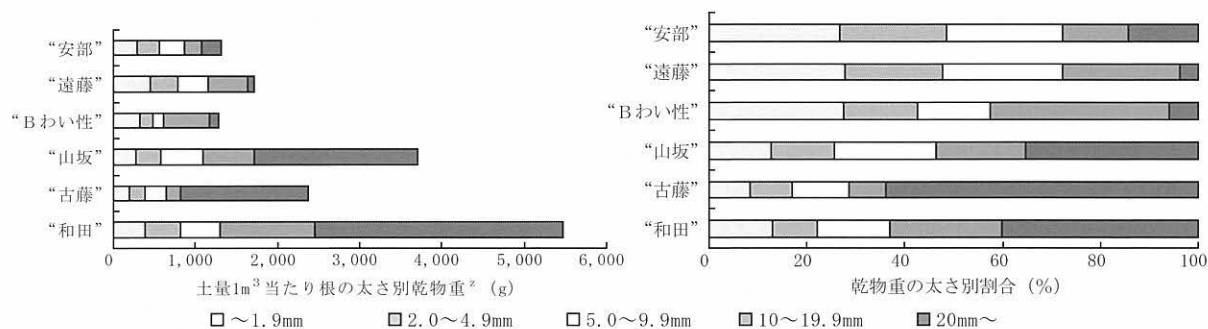


図 2-5 ‘西条’“B型”における根の太さ別乾物重および割合の系統間差

^z 2004年1月、主幹から北東方向で1.25mの部分を中心に、縦0.5m、横0.5m、深さ0.5m内のすべての根を採取

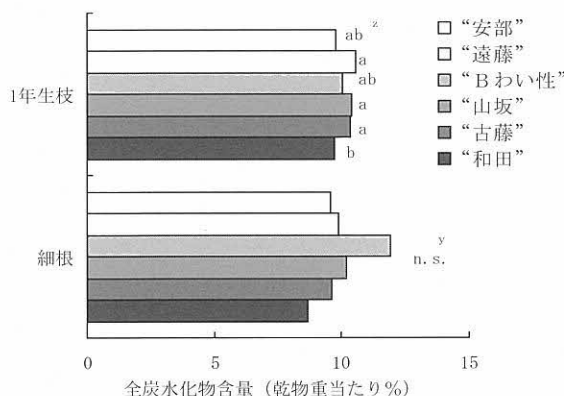


図2-6 ‘西条’“B型”における1年生枝および山ガキ台細根中全炭水化物含量の系統間差

^z異符号間はTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

^y分散分析によりn.s.有意差なし

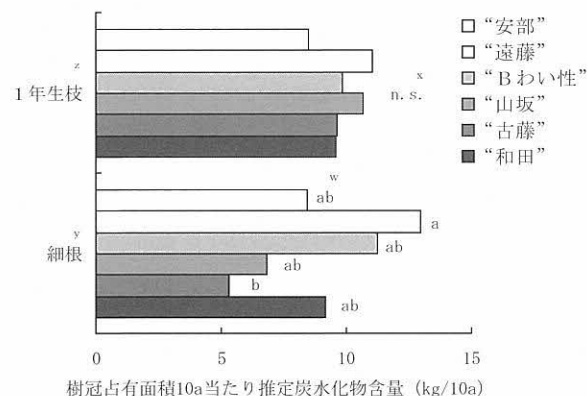


図2-7 ‘西条’“B型”における1年生枝および山ガキ台細根中樹冠占有面積10aあたり推定全炭水化物含量の系統間差

^z1樹当たり推定乾物重×1年生枝中全炭水化物含有率÷1樹当たり樹冠占有面積×1,000で算出

^y1樹当たり推定主要根域容積×1m³当たり細根乾物重×細根中全炭水化物含有率÷1樹当たり樹冠占有面積×1,000で算出

^x分散分析によりn.s.有意差なし

^w異符号間はTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

考 察

島根県で栽培されている‘西条’は、河野ら(1980)が果実形状により“石見型”“出雲型”“久手型”“日御碕型”“A型”“B型”の6系統に分類した。このうち、最も栽培面積の多い“B型”の果形は、磯田(1983b)によれば方円形に分類されるものの、本実験に供試した“B型”系6系統のうち、“安部”“遠藤”“Bわい性”系は方円形から円形の、“山坂”“古藤”“和田”系は方円形から砲弾形の果形を示した。河野ら(1980)は、“B型”の各系統には果実形状に若干の違いや、熟期が異なるものがみられ、遺伝子型の異なる複数の系統があることを指摘している。実際、本実験で供試した系統中“安部”“遠藤”“Bわい性”系は鳥取県から、“山坂”“古藤”“和田”系は岡山県から導入したものと考えられており、果実形状の若干の違いも遺伝子型が違うことによる可能性が考えられる。

成熟期、樹体生育の系統間差

‘西条’の成熟期は9月下旬以降であり、10月下旬が出荷盛期となる。したがって、10月中旬までの累積収穫果率の高い系統ほど高単価となる。“Bわい性”、“安部”および“古藤”系の10月中旬の累積収穫果率は、他系統より高く、

収益性の高い系統と言える。逆に“和田”系は明らかに成熟が遅く、収益性が劣ると考えられた。しかし、熟期の早い系統は年により樹上軟化の発生がみられ、多発年には著しい減収を招く。このような樹上軟化発生の系統間差は、内部エチレン生成量に左右されている可能性が高く(板村ら, 1998)、そのことが熟期にも影響を及ぼしていると考えられ、今後検討を要する。

本実験に供試した“B型”系6系統は、それぞれ樹体生育に明らかな差異がみられた。“安部”系は、春季の萌芽が遅い上、その後の生育も悪く、骨格枝先端から徐々に枯死に至る発芽不良症状の発生が極めて多かった。このため、樹冠の拡大が著しく劣り、新梢発生本数や着蕾も少なく、収量、果実品質が劣った。“遠藤”系は、開張性である上に新梢生育が良好で供試系統中最も樹冠拡大が優れ、収量性、果実品質も良好であった。“Bわい性”系は、“遠藤”系のわい化性変異であり、樹姿は“遠藤”系と類似するものの、やや新梢生育が劣った。しかし、果実品質は“遠藤”系と同等かそれ以上であり、6系統中最も優れ、収量も多かった。“山坂”系は、これまで島根県内で最も多く普及された系統であり、本実験においても供試6系統中平均的な生育および収量性を示したものの、発芽不良症状の発生が認められた。“古藤”系は、

供試6系統中最もわい化性が認められ、平均新梢長が短く、樹冠拡大が劣った。しかし、樹冠占有面積当たり収量は“山坂”系と同等に多かったことや、樹がコンパクトで栽培管理が容易なことから、密植することにより省力多収となる可能性が考えられる。“和田”系は、喬木性で、徒長枝の発生が多く、新梢の二次伸長も多かった。これにより、着蕾数の年次変動が大きい上、生理落果が多く、収量性がやや劣った。このように、果実の形状から同じ“B型”系統に分類されたにもかかわらず、各供試系統の生育には明らかに遺伝的な違いが認められた。

発芽不良症状発生の系統間差

春季発芽不良症状の発生程度を調査した結果、発生した樹の割合は“安部”系が100%、次いで“山坂”系が72.7%、“和田”系で50.0%であった。これに対し、“遠藤”“Bわい性”“古藤”の各系統では不発芽、発芽遅延は認められなかった。2006年4月下旬に各系統の発芽、展葉程度と1～2年生枝の吸水状況を調査した。その結果、“安部”系の結果母枝枯死率は18.1%であったのに対し、他の5系統では結果母枝の枯死はほとんど認められなかった。また、“安部”系の生存母枝における不発芽率は1.7%と低かったものの、4月下旬における展葉枚数は著しく少なかった。さらに、“安部”系の旧枝における吸水量は、“出雲型”系統および“遠藤”系と比較し明らかに劣り、含水率も低かった。この調査は、発芽不良未発生系統の大部分の新梢が6枚以上展葉した4月下旬に行ったものであり(図2-3の状態)、“安部”系では展葉枚数が著しく少ないことから、蒸散流に差が生じた結果であると考えられる。発芽不良系統では、何らかの原因で萌芽展葉が抑制されると、蒸散流が弱くなるため新梢の吸水が悪くなり、ますます新梢の生長が抑制されることになるのであろう。

発芽不良系統である“安部”系、“山坂”系、“和田”系ではなぜ早春の萌芽期に発芽が抑制されるのだろうか。発芽不良系統と健全系統の樹の生育特性を比較すると、健全系統は比較的開張性の性質が強いのにに対し、発芽不良系統は直立性の性質を有するように観察される。したがって、“安部”“山坂”および“和田”の各系

統では、変則主幹形から強制誘引による棚仕立てへの樹形改造により、頂芽優勢性が抑圧され骨格枝先端部の新梢生長が弱まり、骨格枝基部から中間部分での徒長枝の発生が多くなる。これを夏季および冬季にせん除することを繰り返すことにより貯蔵養分の減少、樹勢低下を招き、早春季の晩霜あるいは寒風によって芽の部分的な凍害が生じることにより、発芽不良が引き起こされるものと推察される。

一般に果樹では、主幹(主枝)と側枝の間に頂部優勢関係がみられるものの、側枝の太さが増すにつれ主幹(主枝)による抑制効果が弱まる。これは、側枝上の葉量増加により養分やサイトカイニンの側枝への供給が多くなるためと考えられる(菊池, 1989)。本実験に用いた“安部”系は、母枝の枯死が18.1%みられ、特に骨格枝先端母枝の枯れこみが多く、主枝基部からの徒長枝の発生が多かった。したがって、“安部”系では強制誘引により頂部優勢性が弱まったことにより、根圧が低下し、蒸散流が増加しないことにより、根から骨格枝先端部への養水分やサイトカイニンの転流が抑制され、主枝基部に近い側枝や新梢ほど強勢になり、先端部が衰弱しやすいものと考えられる。さらに、発芽不良症状が一度発症すると回復が困難な理由として、樹勢低下による葉面積や新根の減少に伴う芽や枝の糖含量の低下により凍害を受けやすいことや、枝中縮合型タンニンの異常集積により、樹液流動が低下し続けることが原因と推測される。

一方、松本ら(2006)は、カキ‘西条’の発芽不良症状の発生メカニズムについて、休眠枝中における可溶性タンニン中のブドウ糖含量が減少し、余剰となった没食子酸およびその縮合化合物が金属イオンと結合して、その一部が道管中に沈着・不溶化することにより、新芽への養分の供給が阻害されることが主要因の一つであるとしている。さらに、発芽不良症状は冬季の-5℃程度の低温により症状がさらに進行するとしている。

したがって、発芽不良系統では頂芽優勢性の低下により、樹冠外周部の新梢伸長が抑えられ、それにより光合成産物の生成、蓄積が減少して耐凍性が低下し、凍害や晩霜害を被りやすくな

る。さらに、蒸散流が抑えられ、旧枝中に不溶性タンニンが集積しやすくなる。これらの要因により、発芽不良症状が発生するものと考えられる。また、春季の溢泌液の移動が悪いことは、同時に根からのサイトカイニンの移動の低下も示している。それにより、発芽不良によって頂芽の伸長が抑えられ、腋芽へのオーキシンの供給が少なくなっているにもかかわらず、腋芽の萌芽および新梢伸長がみられないものと考えられる。以上のことから、“安部”系では健全系統である“遠藤”系や“出雲型”系統と比較して萌芽が3日程度遅れるとともに、頂芽、腋芽ともに新梢伸長が極端に抑制されるものと考えられる。そして、生育ステージが進行すると、本実験の結果のように腋芽まで通常に新梢が伸長し展葉した“遠藤”系、“出雲型”系統と腋芽からの新梢伸長がほとんどみられない“安部”系との間に、葉面積の違いによる蒸散流の差が顕著となり、水分や無機成分の吸収の違いから樹の生育、樹勢にさらなる差を生じるものと考えられる。

果実生産性の系統間差

果樹栽培において、果実生産性の高い園とは、LAIが最適な状態で樹冠占有面積率（土地利用）が高いことにより、単位土地面積当たりの同化養分生産量が多く、その果実への分配率が高い状態のものである（高橋ら、1998）。本実験で供試した各系統の樹冠占有面積率は、“遠藤”系が86.6%で明らかに高く、次いで“Bわい性”系が73.9%と高かった。さらに、LAIも“遠藤”系が2.76で最も高かった。葉師寺（1970）は開心自然形整枝のウンシュウミカンで最大収量の得られる樹冠占有面積率は84.3%であり、残りの15.7%は「生産的空間」として多収穫には絶対に必要であるとしている。また、高橋ら（1998）は、‘西条’で果実収量3t/10a以上を得ているY字形棚整枝の高生産園を調査した結果、葉面積指数が3.6、樹冠占有面積率は83%であったとしており、ウンシュウミカンでの数値と類似している。本実験での“遠藤”系はLAIはやや低いものの、樹冠占有面積率はほぼ最適な状態であったことから、本実験供試系統の中では最も好適樹相であったと考えられる。主幹断面積は、LAIの高い“遠藤”が最も大き

く、次いで“和田”系であった。“和田”系は、LAIが2.07とやや低かったものの、LAIcは3.23で最も高く、材積生長が極めて旺盛であった。材積生長と果実生産との関係を表す生産効率（Westwood, 1989）は、“遠藤”と“Bわい性”の両系統が $0.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上で高かったのに対し、“和田”系は $0.30\text{kg}/\text{cm}^2$ と有意に低かった。このように、“遠藤”と“Bわい性”両系統は新梢生長が旺盛な上、開張性でLAIが高かったことにより、純生産量が多く、さらに着果数が多かったことから、果実への分配が多かったものと考えられた。逆に“和田”系は、主幹断面積が“遠藤”系に次いで大きかったものの、生産効率は低かった。“和田”系は、徒長枝や新梢の二次伸長の発生が多いため、平均新梢長が比較的長く、LAIcは高かったものの、着蕾が少ない上に生理的落果が多いことにより着果数が少なく、同化産物の旧枝や新梢茎など材積部分への分配率が高くなり、果実分配率が低かったものと考えられる。

地下部の生育に対する地上部（穂木）系統の影響を明らかにするため、地下部の掘り上げ調査を行った結果、供試した6系統は2通りのパターンに分類された。すなわち、全根量は少ないものの、2mm未満の根の比率が約25%と高く、太根の比率が低いのが“安部”“遠藤”および“Bわい性”系であった。逆に全根量が多く、10mm以上の太根の比率が35~64%と高いのが“山坂”“古藤”および“和田”系であった。倉橋・梅野（1997）は‘西条’高生産樹と低生産樹を掘り上げ、純生産量を比較した結果、高生産樹における細根の全根量に占める乾物割合は、低生産樹と比較し5%高いことを明らかにしている。本実験で収量が明らかに多かった“遠藤”と“Bわい性”の両系統は、この報告と同様に2mm未満の細根の割合が明らかに高く、高生産系統と言える。それに対し、“和田”系は“遠藤”系に次いで細根量が多かったものの、直径10mm以上の根の比率が63%と、“遠藤”系の28%、“Bわい性”系の43%より明らかに高く、地上部と同様に地下部も材積生長が旺盛であり、このことも果実生産力の劣る一因と考えられる。

貯蔵炭水化物含量の系統間差

翌年の再生産がスムーズに行われるためには、初期生育に必要な不可欠な貯蔵養分の多寡が大きく影響する。なかでも、翌年の新生部分に最も近く、初期生育における寄与率が高いと思われる1年生枝と細根について貯蔵炭水化物含量を調査した。その結果、樹冠占有面積10a当たり全炭水化物含量は、1年生枝では系統間差が認められなかったものの、細根では“遠藤”系が明らかに多く、“古藤”系は極めて少なかった。

“遠藤”系は、単位土量当たり細根量が他系統と比較して多かったうえに、単位樹冠占有面積当たり炭水化物含有量が他系統と同程度か多い傾向がみられた。このことから、“遠藤”系は生育初期の新根生長が良好なため、無機成分や水分の吸収が多く、それにより新梢や果実の初期生育が促進されることと、開張性でかつ着蕾が多いことにより、樹冠の拡大と収量性が優れるものと考えられる。

本実験は、‘西条’早生“B型”6系統を同一圃場で植栽し、栽培試験したものであるが、各系統の植栽をほぼ列単位で行ったことから、土壤条件の差異による環境変異がある程度含まれている可能性も否めない。したがって、今後複数の現地圃場での実証栽培により検証する必要がある。

第3章 樹上軟化発生の系統間比較とその防止対策

第1節 樹上軟化発生の系統間差

‘西条’で発生の多い生理障害である樹上軟化症状は、果実肥大第2期以降、土壤の過乾燥後の多雨による過湿状態により多発することが経験上指摘されており、地下部のストレスや日射不足による同化養分生成量の減少が原因と推定される。この樹上軟化発生程度には系統間差が認められ、特に樹勢の弱い系統で発生が顕著に多いことから、細根活性の年次変動とその系統間差の面から検討した。さらに、樹上軟化の発生原因について湛水と遮光処理により検討を加えた。

材料および方法

1. 樹上軟化発生の系統間差異に関する調査

供試樹は、第2章で用いたものと同一の‘西条’早生“B型”系の6系統、すなわち“安部”“遠藤”“Bわい性”“山坂”“古藤”および“和田”系とした。各供試系統の反復樹数は、“安部”系3樹、“遠藤”系3樹、“Bわい性”系2樹、“山坂”系9樹、“古藤”系5樹、“和田”系6樹で、調査は2002～2003年に行い、樹齢は調査初年度が13年生であった。主要栽培管理は、島根県果樹栽培指針に準じて行った。シルバー有孔マルチ（商品名ネオポリシャイン、以下シルバーマルチ）の樹冠下被覆は、毎年8月下旬に土地面積の51.4%に対して行った。かん水は、降水が10日程度なかった場合に30mm程度スプリンクラーで行った。

各供試樹の樹上軟化発生率の推移は、障害発生数を8月20日以降10月10日まで樹単位で調査し、全着果数で除して求めた。果実のエチレン発生量は、各系統とも平均的な生育を示した各3樹（“Bわい性”系は2樹）について、2002年と2003年の8月25日～10月20日に1樹当たり4果を1～2週間ごとに採取して、直ちに本体ソーダガラス製、蓋PP製600ml容器に密封し、20℃で24時間インキュベートした後、ヘッドスペースガスをガスクロマトグラフィー（島津製GC-14A、検出器：FID）で測定した。

細根の活性は二見（1990）の方法に準じ、以下の手順で測定した。2002年9月8日、2003年7月8日および2003年9月4日にエチレン発生量調査と同一樹から細根10g程度を採取し、丁寧に水洗いしてペーパータオルで水分を拭き取り、1gを秤量した後 α -ナフチルアミン40ppmを含む1/10Mリン酸緩衝液（pH7.0）中に浸漬し、時々攪拌しながら30℃で3時間反応させた。反応前後の α -ナフチルアミン濃度を分光光度計（510nm）で測定した。残りの細根は、90℃に設定した通風乾燥器内で恒量になるまで乾燥させ乾物率を求め、細根の活性を乾物1g当たりの α -ナフチルアミン酸化力で表した。

2. 湛水および遮光処理が樹上軟化に及ぼす影響

25Lポット植栽の4年生‘西条’“B型”樹（台木：山柿）を用い、処理区は「湛水＋遮光」

区、湛水区、遮光区および対照区（無処理）とし、各区5樹を用いた。供試ポットは、2003年2月19日に雨よけハウス内へ搬入して管理した。主な生育期は、発芽期3月8日、開花盛期5月15日であった。摘果は、葉果比が15~20になるよう6月11日に行った。湛水処理は、8月18日~9月22日に、水を充填した60Lポットに各供試ポットを入れて行った。遮光処理は、8月18日~10月20日に、遮光率75%の黒色寒冷紗をポット上面及び側面に、樹から50cm程度空間をあけて被覆した。樹上軟化発生率および落葉率は、処理開始後5日間隔で1か月間調査を行った。果実のエチレン発生量は、各供試樹とも樹上に着果した健全果3果を8月28日に採取し、実験1と同様の方法で分析した。

結 果

1. 樹上軟化発生の系統間差異に関する調査

2002, 2003両年の8月上旬から10月下旬までの降水量と果実エチレン発生の関係を図3-1に示した。2002年は、8月中旬に57mmの降水量がみられたものの、その後9月にかけて26日間降雨がなかった。9月13~17日に日降水量10mm以上の降雨が3日みられ、9月24日の“古藤”系におけるエチレン発生量が約 $0.005\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ で他系統より高まったものの、絶対量としては非常に僅かであった。10月には散発的に日降水量10mm以上の降雨がみられたものの、エチレン発生量は低く推移した。そして、樹上軟化も皆無であった（データ省略）。2003年は、8月上旬に日降水量10mm以上の降雨が連続的に6日間あり、この間136mmの降水量に達した。この降雨後8日目の8月25日に果実エチレン発生量を測定した結果、各系統で $0.06 \sim 0.12\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ のかなり高い発生が認められた。特に、“安部”、“和田”、“山坂”の各系統でやや高い傾向であった。次いで、8月下旬から9月中旬にかけて、連続あるいは断続的に約20日間降水があり、この間の降水量は162mmに達した。この長期降雨のほぼ中間の時期に当たる9月8日の果実エチレン発生量は、各系統とも $0.06\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 以下の比較的低いレベルを示した。しかし、9月22日には“古藤”系の果実エチレン発生量が約 $0.15\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 、“Bわい性”系では $0.09\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ で、他の系統より明らかにエチレン発生が高まった。その後、正常果の収穫が始まる10月上旬から収穫末期の10月下旬までは、日降水量10mm以下の降雨が散発的にあったものの、全ての系統で果実のエチレン発生量は低く10月20日には $0.02\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 以下のレベルになった。さらに、樹上軟化の発生に系統間差異が認められた。すなわち、“古藤”系では9月25日をピークに計約6%の樹上軟化が認められたのに対し、その他の系統では目立ったピークはみられず計2%以下と低く推移した（図3-2）。

2002年9月上旬、2003年7月上旬および9月上旬の6系統における細根の α -ナフチルアミン酸化力を図3-3に示した。夏季晴天の続いた2002年9月は、いずれの系統でも細根の生理的活性が高く、夏季高温乾燥による細根の活性低下は認められなかった。一方、長梅雨で多雨寡日照であった2003年には、7月の段階で各系統の細根活性が前年9月に比べ著しく低下し、特に“遠藤”“山坂”“和田”系では1/2近くまで低下した。さらに、同年9月上旬の時点では、“安部”“遠藤”“山坂”3系統の細根活性は7月とほとんど差がみられなかったが、“Bわい性”“古藤”“和田”の3系統では、7月より活性が低下し、特に“和田”および“古藤”系で著しかった。

2. 湛水および遮光処理と樹上軟化発生との関係

極端な湛水、遮光条件が果実の樹上軟化発生と落葉に及ぼす影響について図3-4に示した。樹上軟化および落葉の発生は、ともに湛水区が著しく、処理開始10日後には果実の83%、葉の90%が脱落した。次いで、「湛水+遮光」区で発生が多かったが、樹上軟化、落葉とも湛水区より発生がやや遅延した。しかし、「湛水+遮光」区、湛水区ともに処理30日後には全果実、全葉が脱落した。これに対し、遮光および対照区では樹上軟化、落葉とも成熟期までほとんど発生がみられなかった。

処理開始後10日のエチレン発生量を図3-5に示した。湛水区および「湛水+遮光」区のエチレン発生量は極めて高く、それぞれ $5.37\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ と $4.22\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ であった。遮光、対照両処理区ではエチレンはほとんど発生しなかった。

処理開始後10日のエチレン発生量を図3-5に示した。湛水区および「湛水+遮光」区のエチレン発生量は極めて高く、それぞれ $5.37\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ と $4.22\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ であった。遮光、対照両処理区ではエチレンはほとんど発生しなかった。

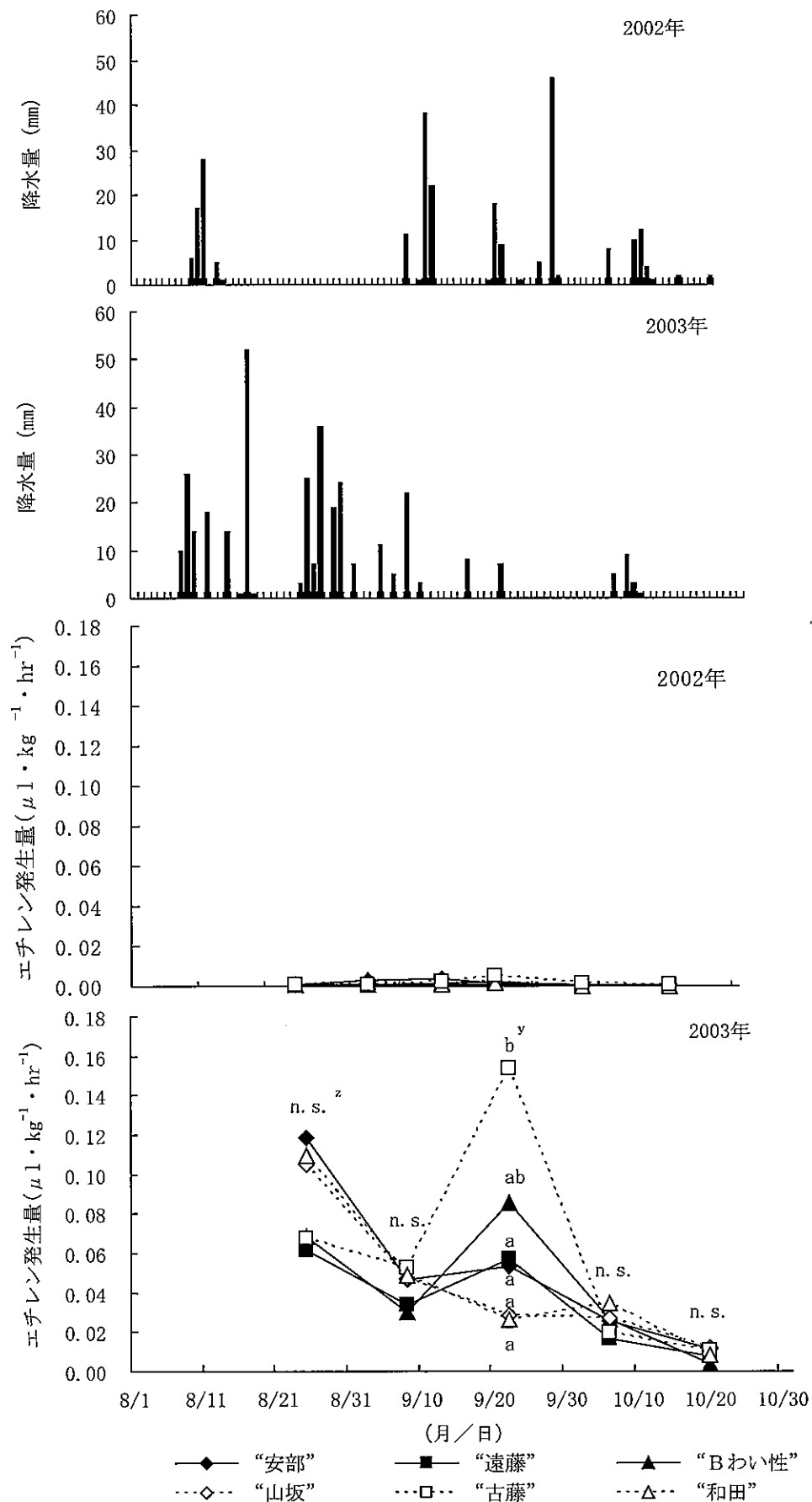


図3-1 カキ‘西条’“B型”6系統樹におけるエチレン発生量と降水量の推移

^z分散分析により有意差なし

^y異符号間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意

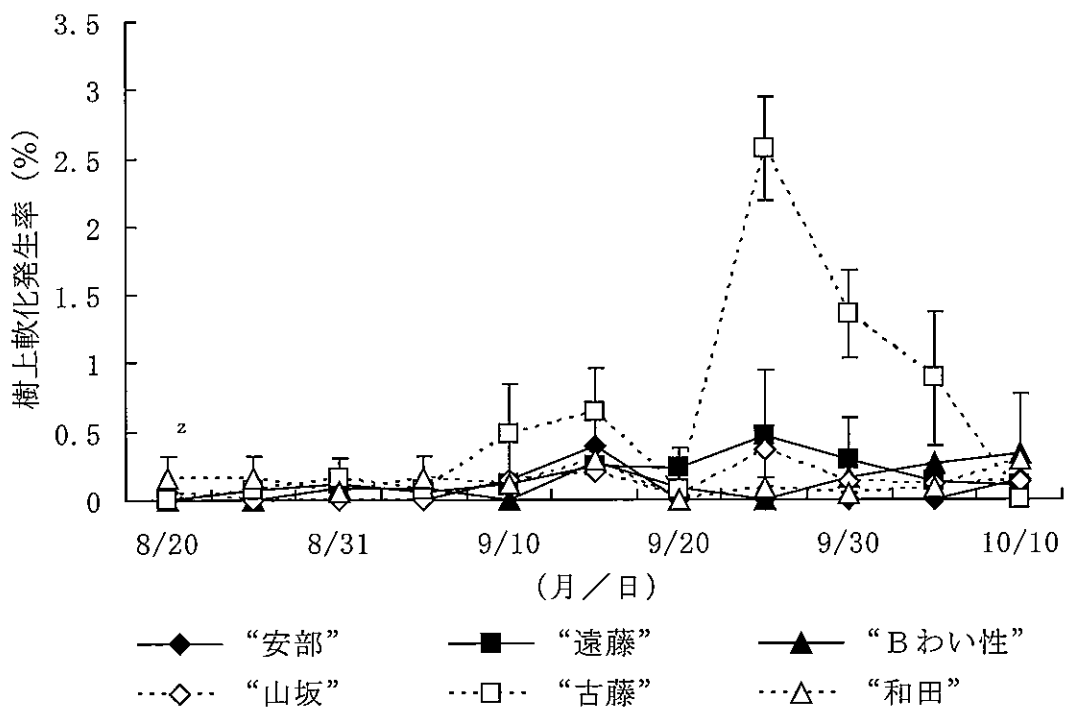


図3-2 カキ‘西条’“B型”6系統樹における樹上軟果発生率推移の系統間差 (2003年)
^z縦棒は標準誤差を示す

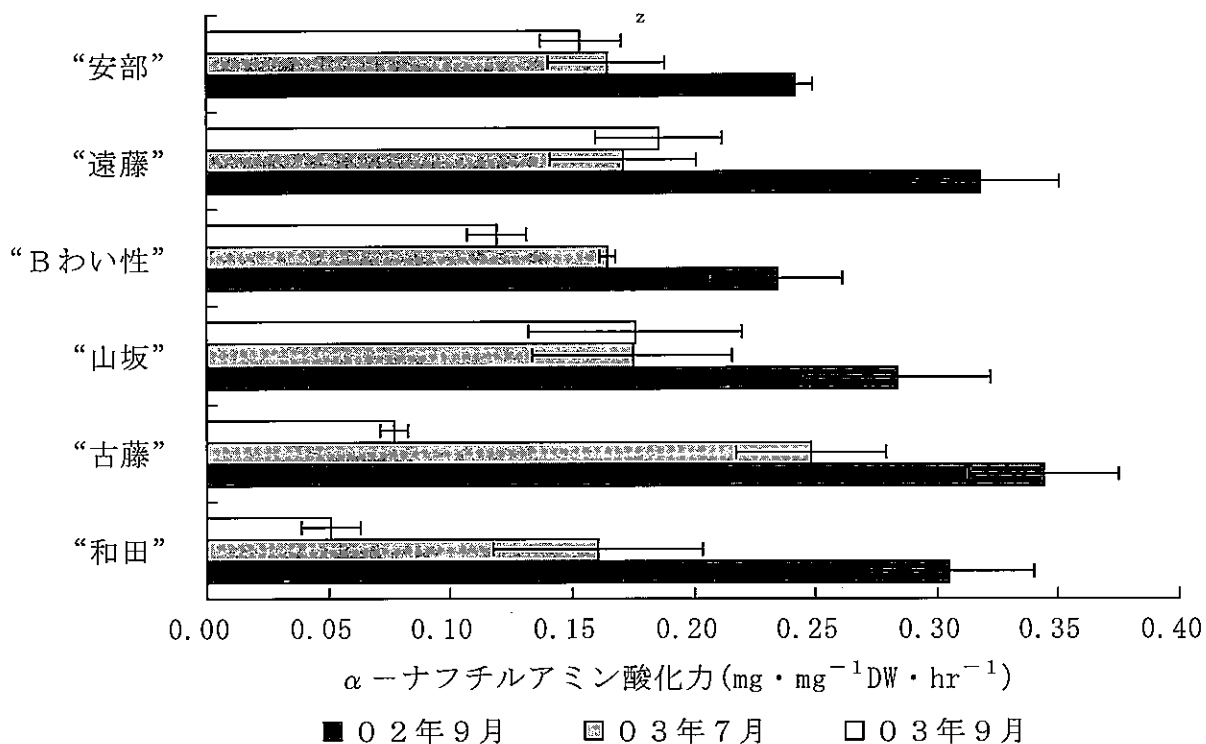


図3-3 カキ‘西条’“B型”6系統樹 (台木：山柿) の細根活性 (2002, 2003年)
^z横棒は標準誤差を示す

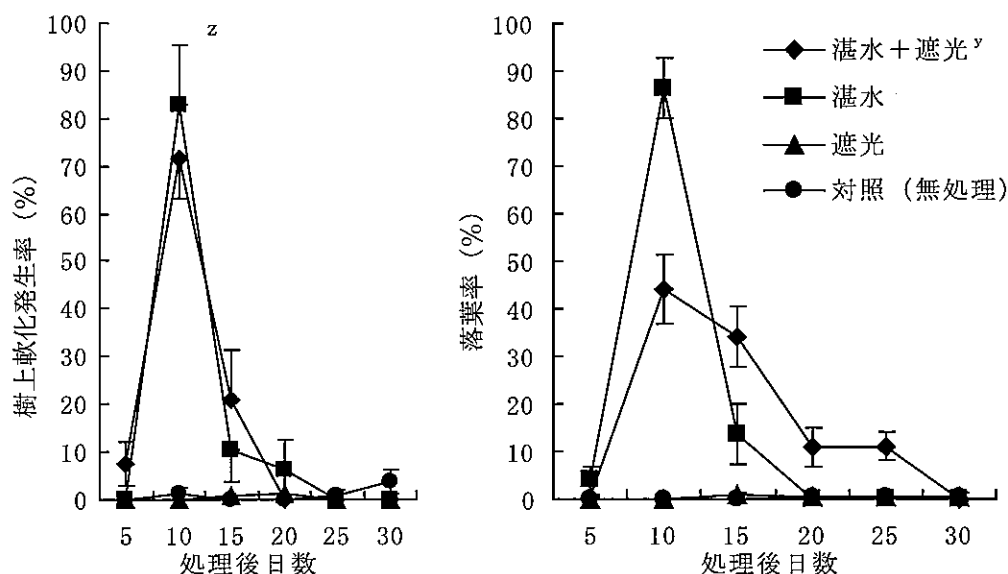


図3-4 遮光および湛水処理がカキ‘西条’“B型”ポット植栽樹の樹上軟化発生と落葉に及ぼす影響(2003年)

^z縦棒は標準誤差を示す

^y遮光処理は8月18日～10月20日、湛水処理は8月18日～9月22日に行い、処理開始後の軟果および落葉について示した

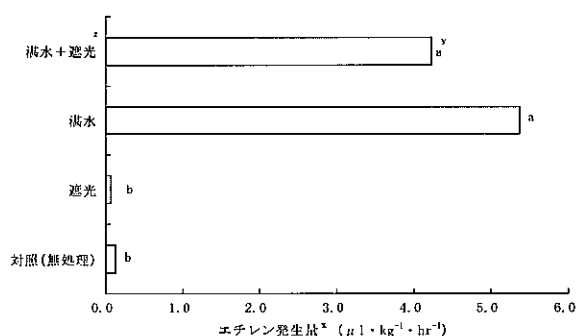


図3-5 湛水および遮光処理がカキ‘西条’“B型”ポット植栽樹果実のエチレン発生量に及ぼす影響(2003年)

^z遮光処理は8月18日～10月20日、湛水処理は8月18日～9月22日に行った

^y異符号間はTukeyの多重検定により5%水準で有意

^x各処理開始後10日目(8月28日)に測定

第2節 樹上軟化の栽培面での防止対策

カキの樹上軟化は、果実中エチレン濃度が異常に高まることにより発生すると考えられており(竹下ら, 1996), エチレン生成の抑制に Ag^+ (高田, 1981), Co^{2+} (Itamuraら, 1997; Yu・Yang, 1979), Ni^{2+} (Zhengら, 2006), Mn^{2+} (Itamuraら, 1997)といった陽イオンが効果的であると報告されている。一方, ‘西条’においては樹上軟化多発樹の果実や葉中のMn含量は, 少発樹と比較し明らかに少なく(梅野ら,

2009), Mn含量とエチレン生成との関連が示唆されている。このことから, 樹上軟化多発園における硫酸マンガン溶液の葉面散布処理とMn肥料の土壌施用による軟化防止効果を検討した。また, Mnの吸収は土壌pHに大きく左右され, 中性に近くなると可吸態Mn含量は著しく減少する(小林, 1967)。そこで, 本試験では土壌pH 4.5～5.0を目標とした土壌へのイオウ華の施用と, Mn肥料の併用による樹上軟化防止効果についても併せて検討した。

さらに, 前節で夏季の過乾燥後に秋季の多雨による過湿条件に遭遇した場合, 細根活性が低下しエチレン生成が促進されることにより樹上軟化が発生したことから, 梅雨明け以降多孔質マルチの樹冠下全面被覆による樹上軟化防止効果についても検討した。

材料および方法

1. 硫酸マンガン葉面散布処理

供試樹は, 樹上軟化多発園である島根県出雲市N園の開心形整枝された早生系カキ‘西条’10樹および松江市Y園の変則主幹形整枝された普通系‘西条’3樹であった。植栽間隔および樹齢は, N園が列間5m, 株間4mの11年生であり, Y園が列間5m, 株間5mの13年生であった。

着果管理について、摘蕾は新梢の長さに応じ1～2蕾を残し、摘果は結果母枝単位での葉果比が約15になるよう7月中に行った。その他の管理は、島根県果樹栽培指針に準じて行った。N園は全供試樹を5本ずつに分け、半数を硫酸マンガン散布区、残りの半数を無処理区とし、Y園は主枝単位で硫酸マンガン散布区と無処理区を設けた。1997年5月22日、6月10日および7月14日に、硫酸マンガン0.5%溶液（展着剤ニーズ1,000倍加用）を、動力噴霧器により果実および葉から溶液がしたたり落ちる程度に散布した。

各供試樹から、25cm程度の新梢の中間葉5枚を7月25日に、果実5個を9月10日に採取し、マンガン分析に供した。葉は葉身部分、果実はヘタと果肉部分のそれぞれを細断後に恒量になるまで90℃で通風乾燥し、ブレンダーで微粉碎したものを試料とした。Mn含量は灰化後0.1N塩酸で抽出し、原子吸光分光光度計（Z6000、日立製作所製）で求めた。なお、分析は各サンプルについて2回行った。

樹上軟化発生率は、N園が8月下旬から10月上旬までの、Y園が9月上旬から10月中旬に発生した軟化果の累積数を、それぞれ8月下旬、9月上旬の着果数（全着果数）で割ることにより求めた。

2. 可溶性マンガンおよびイオウ華の土壌施用試験

供試樹は、樹上軟化多発園である島根県浜田市S園（水田転換圃場）の開心形整枝した早生系カキ‘西条’11年生（1998年）の9樹（列間5m、株間4m）でとした。栽培管理は前出の出雲市N園と同様であった。処理区は、Mnおよびイオウ華多施用区（以下多施用区）、Mnおよびイオウ華少施用区（以下少施用区）、無処理区とし、各3樹を用いた。Mn肥料は可溶性Mn（商品名；菱マンガン、東罐マテリアル製、可溶性Mn35%含有）を用いた。各処理区の試験期間におけるMnの施肥成分量およびイオウ華の施用量は、表3-1に示したとおりである。施用は、各供試樹の主幹を中心とした直径約3mの範囲に行い、表層土と十分に混和した。

なお、試験開始直前のS園における土壌pHは約6.2であった。

各供試樹の土壌pHを1999～2003年の11月に

表3-1 各処理区における年次別Mnおよびイオウ華施用量(kg・10a⁻¹)

年次	多施用区		少施用区	
	Mn	イオウ華	Mn	イオウ華
1998(処理1年目)	450	0	0	0
1999(処理2年目)	0	150	0	150
2000(処理3年目)	250	100	250	0
2001(処理4年目)	150	0	150	0
2002(処理5年目)	100	0	100	0
2003(処理6年目)	0	0	0	0
合計	950	250	500	150

測定した。主幹から約1m離れた部分2か所の、深さ10～20cm部分の土壌を約200g採取し、風乾後の土壌10gに純水25mlを加え、pHメーター（D-21型、堀場製作所製）で測定した。

果肉、ヘタ、葉および1年生枝中Mn含量を2000～2003年に測定した（1年生枝は2001年を除く3か年）。各供試樹から平均的な大きさの果実5果、母枝先端から発生した新梢の中間葉10枚をそれぞれ9月上旬に、約20cmの1年生枝5本を11月に採取した。果実は、ヘタと子房（種子を除いた赤道部分）に分け、葉は葉身部分、1年生枝は中間部分のそれぞれを細断後に恒量になるまで90℃で通風乾燥し、ブレンダーで微粉碎したものを試料として同上的方法で分析した。

樹上軟化発生率は、1999～2003年に前述の出雲市N園と同様の方法で調査した。

果実のエチレン発生量は、樹上軟化の発生が比較的多かった2003年9月24日に、各供試樹から5果を採取して直ちに600ml容器（本体ソーダガラス製、蓋ポリプロピレン製）に密封し、20℃で24時間インキュベートした後、ヘッドスペースガスをガスクロマトグラフ（GC-14A、島津製作所製、検出器：FID）で測定した。

果皮色を2003年10月9日に、果実品質を2003年10月16日に調査した。果皮色の調査は、各樹から選出した約20果について、果実赤道部の色相角度（H°）をカラーリーダー（CR-10、ミノルタ製）で測定し、（独）果樹研究所作成のカキカラーチャート値との相関式（y：果皮色=0.001x²:H°[色相角度]-0.259x:H°+16.89）により果皮色に変換して示した。全供試樹から5果ずつを採取し、1果重を測定後ドライアイス脱渋し、果汁中可溶性固形物含量を屈折糖度計（PR-101、アタゴ製）で測定した。

3. 土壌水分が樹上軟化に及ぼす影響

供試樹は、旧鳥根農試開発営農科圃場植栽の13年生‘西条’“B型”“山坂”系8樹（台木：山柿）を用いた。処理区は、多孔質シート（商品名タイベックハード；以下多孔質マルチ）の樹冠下全面被覆およびシルバーマルチの部分被覆（被覆率51.4%）とし、各4樹を用いた。マルチの被覆は、多孔質マルチが2003年7月29日、シルバーマルチが同8月27日とし、収穫終了時まで被覆状態とした。多孔質マルチ区のかん水は、8月上旬～9月中旬に2回、地下15cmのpF値が2.6に達した時点で約10mmの量を、マルチを巻き上げて行った。シルバーマルチ区のかん水は、降水が10日程度なかった場合に30mm程度スプリンクラーで行った。マルチ被覆期間中の土壌pFの平均値は、多孔質マルチ区がpF2.3、シルバーマルチ区がpF1.8であった。果実のエチレン発生量は、各供試樹から1樹当たり5果を2003年9月29日に採取し、前述と同様の方法で測定した。樹上軟化発生率についても、前述と同様の方法で求めた。

結 果

1. 硫酸マンガン葉面散布処理の効果

硫酸マンガン0.5%溶液の葉面散布処理が、器官別Mn含量と樹上軟化発生率に及ぼす影響について表3-2に示した。葉およびヘタ中のMn含量は、Mn散布区で多い傾向がみられたものの有意差は認められなかった。Mn散布区における果肉中Mn含量はN園が25.0ppm、Y園が15.3ppmで無処理区と差が認められず、樹上軟化防止効果もみられなかった。試験を行った

表3-2 カキ‘西条’における硫酸Mn溶液の葉面散布処理が器官別Mn含量と樹上軟化発生に及ぼす影響(1997年)

園地	処理区	Mn 含量 (ppm)			樹上軟化発生率 (%)
		葉	ヘタ	果肉	
N園 ^z	硫酸Mn 散布 ^x	678.2	348.8	25.0	8.52
	無処理	587.2	232.8	26.4	0
	有意性 ^y	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
Y園 ^y	硫酸Mn 散布	582.0	280.0	15.3	11.57
	無処理	387.3	194.7	12.7	8.63
	有意性	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

^z n=5

^y n=3

^x 0.5%溶液

^y 検定により、n. s.；処理区間に有意差なし

1997年は樹上軟化の発生が比較的少ない年であり、多施用区での効果は明らかでないものの、少なくとも硫酸マンガ散布により果肉中Mn含量を高めることは難しいと考えられた。

2. 土壌pHの年次変化

各処理区における土壌pHの年次変化を図3-6に示した。試験開始後の土壌pHは、少施用区が処理2年目（イオウ華施用初年度）の1999年に4.7まで低下し、その後4.6～5.0で推移した。それに対し、多施用区は処理4年目（イオウ華初施用後3年目）の2001年まで低下し、3.9～4.3と低く推移した。

3. 器官別Mn含量の年次変化

器官別Mn含量の年次変化を図3-7に示した。果肉中Mn含量は、処理2年目の1999年には少施用区が31ppmで無処理区と差がなかったのに対し、多施用区は76ppmと有意に高かった。その後、両処理区とも2002年まで継続して増加した後は、少施用区は100ppm程度で、多施用区は150ppm以上で推移した。ヘタ中のMn含量は、処理3年目の2000年には無処理区の151ppmに対し少施用区が300ppm、多施用区が420ppmと高くなり、多施用区および少施用区と無処理区との間に有意差が認められた。その後、両処理区ともほぼ同様の値で推移し、2001年が約340ppm、2002年以降500ppm前後と無処理区より有意に高く推移した。葉中Mn含量について、少施用区は処理2年目が315ppmで無処理区と差がなかったものの、その後2002年まで継続して増加したため無処理区との差が拡大する傾向がみられた。一方、多施用区では処理2年目には630ppmと無処理区より有意に高くなり、その後も

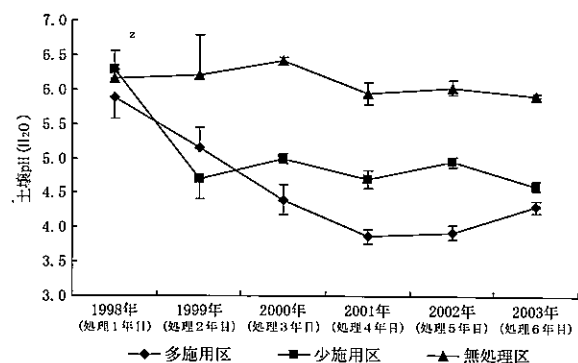


図3-6 カキ‘西条’におけるMnおよびイオウ華の施用が土壌pHに及ぼす影響

^z 縦棒は標準誤差を示す(n=3)

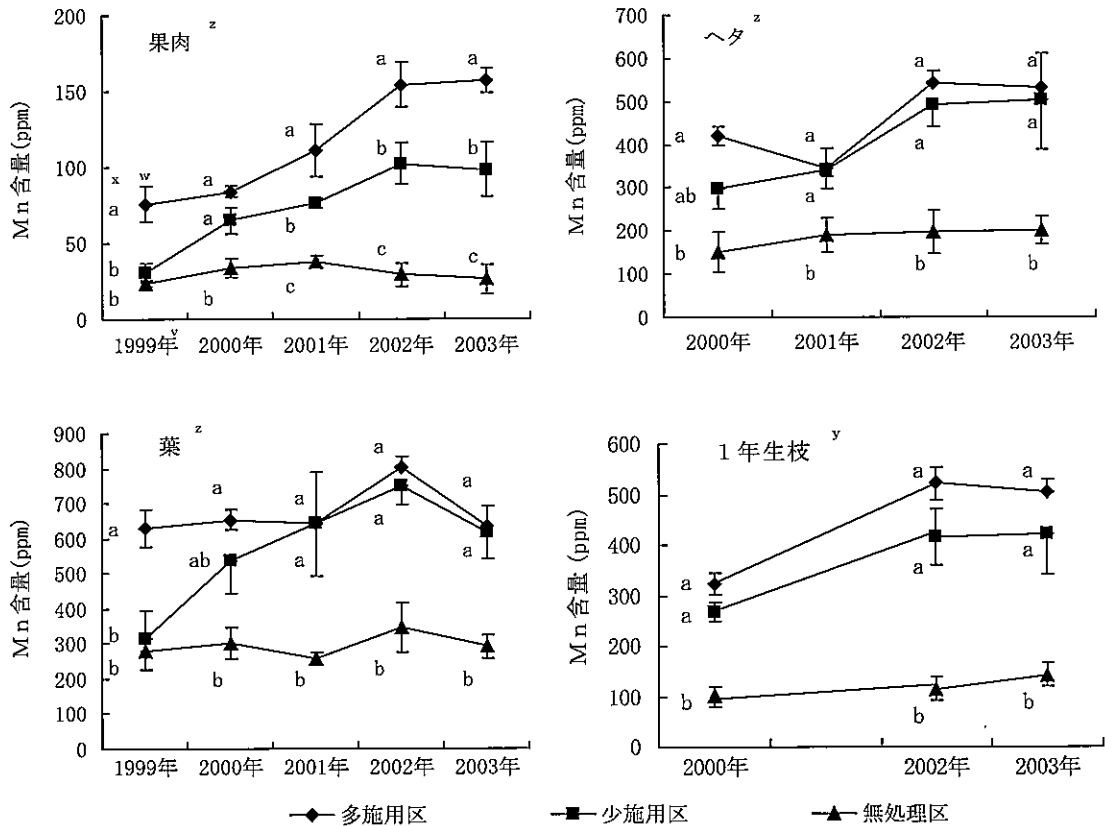


図3-7 カキ‘西条’におけるMnおよび土壌酸性化資材の施用が器官別Mn含量に及ぼす影響

^z毎年9月にサンプリング

^y毎年11月にサンプリング

^x同一年度の異符号間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

^w縦棒は標準誤差を示す(n=3)

^v1999年：処理2年目～2003年：処理6年目

635～802ppmで推移し、常に無処理区より有意に高かった。しかし、少施用区との間に差がみられたのは処理2年目の1999年のみで、2000年以降では差がみられなかった。1年生枝中Mn含量は、処理3年目の2000年には無処理区の101ppmに対し少施用区が268ppm、多施用区が324ppmと有意に高かった。その後も処理5年目の2002年まで増加し、少施用区が420ppm程度、多施用区が500ppm余りに達したものの、処理区間に有意差はみられなかった。以上のように、1年生枝、葉およびへた中のMn含量は、無処理区と処理区との間に有意差が認められたものの、施用区間に差はみられなかった。それに対し、果肉中Mn含量は、各処理間に有意差がみられ、施用量が多いほど含量が多くなる傾向が認められた。

4. 果実のエチレン発生量と樹上軟化発生率

各処理区の2003年における果実のエチレン発生量を図3-8に示した。多施用区のエチレン

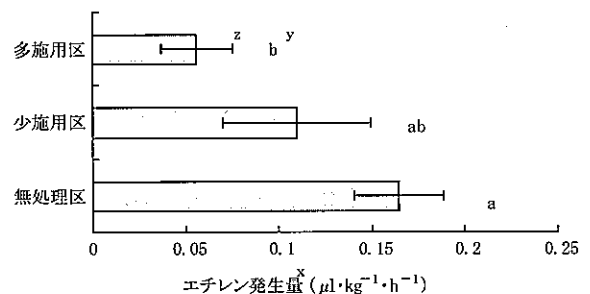


図3-8 カキ‘西条’におけるMnおよび土壌酸性化資材の施用が果実のエチレン発生量に及ぼす影響

^z横棒は標準誤差を示す(n=3)

^y異符号間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

^x2003年9月24日にサンプリング

発生量は、約0.06μL·kg⁻¹·h⁻¹と少なかったのに対し、少施用区が約0.11μL·kg⁻¹·h⁻¹とやや多く、無処理区は0.165μL·kg⁻¹·h⁻¹と多い傾向が認められた。

各処理区における樹上軟化発生率の年次推移を図3-9に示した。なお、樹上軟化の発生時

期には年次間差があるものの、概ね9月10～25日の発生が多かった（データ省略）。樹上軟化発生率は、1999～2000年には処理間差がみられなかったものの、2001～2003年は可溶性Mnおよびイオウ華の施用効果が認められ、特に多施用区で顕著に抑制された。

5. マンガン肥料の施用と果実品質との関係

各処理区の果実品質を表3-3に示した。1果重、果汁中可溶性固形物含量に処理間差はみられなかった。果皮色は多施用区が2.55と低く、無処理区より成熟が遅れる傾向がみられたものの、有意差はなかった。なお、Mn、イオウ華施

用による脱渋遅延（渋残り）は認められなかった。

6. 土壌水分と樹上軟化発生との関係

マルチの種類および被覆方法の違いが樹上軟化発生に及ぼす影響について図3-10に示した。果実のエチレン発生量は、多孔質マルチ区が $0.05 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ でシルバーマルチ区の $0.11 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ に対し明らかに発生が抑制された。樹上軟化発生率は、シルバーマルチ区で多孔質マルチ区よりも多い傾向にあったが、有意差はみられなかった。

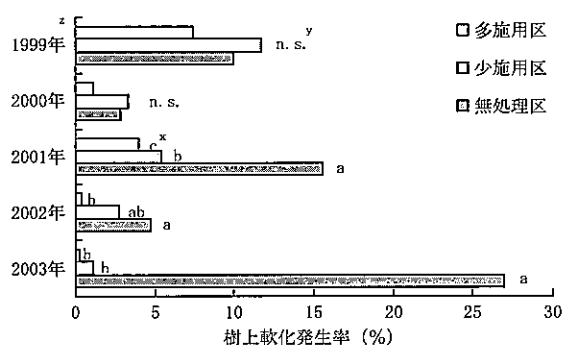


図3-9 カキ‘西条’におけるMnおよび土壌酸性化資材の施用が樹上軟化発生率に及ぼす影響

^z1999年：処理2年目～2003年：処理6年目

^y処理区間に有意差なし

^x同一年度の異符号間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

表3-3 カキ‘西条’におけるMnおよびイオウ華の施用が果実品質に及ぼす影響(2003年)

処理区 ^z	1果重 (g)	果実中可溶性 固形物含量 (Brix)	果皮色 ^y
多施用	154.6	18.6	2.55
少施用	147.1	19.4	2.90
無処理	154.0	19.2	3.15
有意性 ^x	n. s.	n. s.	n. s.

^z各処理区ともn=3

^y(独)果樹研究所作成カキカラーチャート値

^xF検定により、n. s.;処理区間に有意差なし

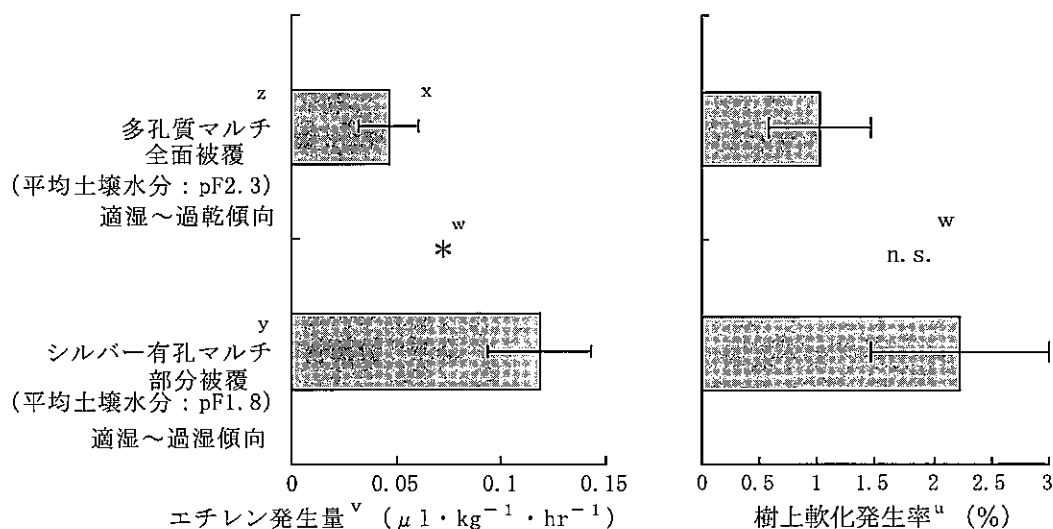


図3-10 土壌の水分状態と13年生カキ‘西条’果実のエチレン発生量、樹上軟化発生の関係(2003)

^z8月上旬～9月中旬にpF2.6で2回かん水（各10mm）を行った

^y8月下旬～10月下旬に無降水10日間後30mmかん水を行った

^x横棒は標準誤差を示す

^wt検定により*; 5%水準で有意差有り, n.s.;有意差無し

^v8月29日に測定した

^u8月20日～10月5日に調査した

考 察

樹上軟化発生の原因とその系統間差

地下部の過湿条件と樹上軟化

これまで、樹上で未熟果が軟化する原因については、果実内のエチレン生成レベルがある値以上に高まること（板村ら，1998）、Mn欠乏（梅野ら，2009）などが報告されている。早生系‘西条’では、特に樹上軟化が発生しやすいが、実際に栽培されている早生系‘西条’には多くの系統があること、栽培圃場の土質、地下水位、排水の良否などの立地条件や土壌管理が異なること、年次による発生の多少があることなどから、栽培過程において軟化発生に至る決定的な要因の特定は困難であった。本実験では同一圃場で栽培した、早生系“B型”6系統を調査対象にしたこと、対照的な降雨条件に恵まれたことから、樹上軟化発生要因についてかなり明らかにすることができた。すなわち、果実発育第2期から第3期の夏季～初秋の高温時に連続的な降雨があり、地下部が通気不足になると樹上軟化が発生することが確認できた。このことは、鉢植え個体の地下部を湛水処理すると、10日後にはほとんどの果実が軟化、落果することからも確認された。植物体の地下部が湛水状態におかれ、通気不足になるとエチレンが生成しやすくなるという報告は多い（Englishら，1995；Mckersie，1996；Tamuraら，1996；Voesenekら，1991）。野生種トマトでは、湛水処理により根から新梢への道管流によるACC（1-アミノシクロプロパン-1-カルボン酸）の転流が促進され、湛水後6～12時間で葉柄内のACC酸化酵素活性が高まり、エチレン生成が促進される（Englishら，1995）。また、木本類でも耐水性が異なる台木を用いたナシ樹を湛水処理すると、耐水性の低い台木ほど細根中のACCやエチレン生成量が多く、湛水処理3日目には最高になり、その後徐々に低下するが、葉中のACCやエチレン生成は湛水処理5日目以降になって増加することが報告されている（Tamuraら，1996）。本実験における早生系‘西条’の地下部湛水処理では、果実のエチレン生成の高まりはこれらの報告より遅く、処理開始後10日目であった。また、湛水処理個体を遮光すると、果実のエチ

レン生成は若干抑えられる傾向がみられた。圃場栽培条件では、連続的な降雨中は果実からのエチレン生成が比較的少なく、大雨後晴天が10日間程度続いた場合に果実のエチレン生成が著しく多くなり樹上軟化が発生した。このような果実のエチレン生成、軟化発生には系統間差があり、“古藤”系は他の系統よりエチレン生成量が多く、樹上軟化が発生しやすいことが認められた。

本実験では、第1節のポット試験で行った湛水処理区のエチレン生成量に比べ、地植えの‘西条’“B型”各系統および第2節のマルチ試験での対照区におけるエチレン生成量は著しく少なかった。これは、地植え樹での試験およびマルチ試験が、土壌改良を徹底し暗きょ排水も埋設しており、例年樹上軟化の発生が比較的少ない鳥根農試圃場植栽の成本を用いた試験であり、長期降雨期間中においてもポット植栽樹のような完全な湛水状態にならなかったことによるものと考えられる。現地の栽培圃場では、土壌改良や排水対策をほとんど行っていない例が多く、そのような圃場では排水不良やそれに伴う樹勢低下がみられ、毎年樹上軟化が発生しやすくなっているものと考えられる。板村ら（1998）は、樹上軟化多発圃場における収穫期直前のエチレン生成量は1 ppm程度まで高まり、収穫初期の10月上旬までに20～30%の果実が樹上で軟化することを確認している。したがって、エチレン生成量が約 $0.15 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ と多く、樹上軟化発生率が6.2%で他系統より有意に高かった“古藤”系においては、土壌改良や排水対策を施さない場合、現地の樹上軟化多発樹同様にエチレン発生量および樹上軟化発生率が著しく高まる可能性がある。

一方、梅野ら（2009）は、‘西条’の樹上軟化について、夏季の少降雨による土壌の過乾燥により多発することを指摘している。本研究で用いた旧鳥根農試開発営農科試験圃場は、かん水施設が完備されており、定期的なかん水を行うことが可能であった。実際、梅野ら（2009）が夏季の少降雨が原因と考えられる樹上軟化の発生を指摘した1998年は、鳥根農試圃場での樹上軟化の発生は少なかった。これは、適度なかん水により土壌の過乾燥による根のストレスが抑

制されたことが原因と考えられる。したがって、本研究で指摘した夏秋季の土壌の過湿対策だけでなく、夏季の過乾燥を防止するかん水対策も樹上軟化発生防止に重要であると考えられる。

細根活性の系統間差と樹上軟化

多雨年の2003年7月上中旬には、連続6日間を含め断続的に12日間の降水があり、7月の降水量は約350mmに達し、平年より55%多かった。この段階で、少雨の前年9月より各系統の細根活性は大きく低下したが、中でも“遠藤”、“和田”系は前年9月の1/2近くまで低下した。“Bわい性”、“安部”の両系統は、前年9月の段階ですでに他系統よりやや細根活性が低かったが、2003年7月には“古藤”系でやや高いのを除けば、各系統間に大きな差は認められなかった。その後、8月上中旬と8月下旬～9月中旬に2回の連続的な降雨があり、9月上旬には“和田”、“古藤”系でさらに著しい細根の活性低下がみられた。本実験に用いた‘西条’早生“B型”6系統はすべて同一台木を用いているにも関わらず、細根の障害程度には系統間で大きな差がみられた。特に、7月以降の長雨後、細根活性の低下が著しい“古藤”系では、果実のエチレン生成が高まり、軟化が多発した。このことは、長雨による細根活性の低下が果実のエチレン生成量の増加、さらには樹上軟化発生を誘発することを裏付けており、特にわい化性がみられ根域が浅いと思われる“古藤”系のような樹で、このような現象が生じやすいと考えられる。しかし、細根の活性が最も低下した“和田”系では、8月下旬以降の長雨後に果実のエチレン生成は高まらず、軟化発生率も低かった。このような矛盾が生じた原因としては、地上部と地下部の生育が相互に影響しているためと考えられた。本実験で用いた山柿台の各系統は、植栽後10年以上経過し、地上部、地下部とも生育に差を生じている。中でも、“和田”系は樹勢が極めて強く、新梢の2次伸長、徒長枝の発生が8月まで続いた。このことから、樹勢の強さは地下部にまで及んでいたと推測され、根域の深さや根の太さ別分布割合も他の系統と異なっていたものと推察される。文室ら(1989)は、‘西村早生’の強勢系統はわい性系統と比較し、1か月程度長く葉のジベレリン様活性を高く維持

しているとしている。ジベレリンは、着生果実のエチレン生成そのものに対しては抑制効果を示さないものの、若い葉の着生は果実の熟度の進行を抑制する効果が認められている(板村ら, 1994)。したがって、強勢系統の“和田”系で、8～9月の長雨後に細根の活性が著しく低下したにも関わらず、果実のエチレン生成が少なく、軟化発生が抑制された原因は、葉の衰弱、老化および果実の成熟が他系統より遅れたために、同時期の他系統と比較してACC酸化酵素活性が低かったためと推察される。さらに、“和田”系で地下部が障害を受けても果実のエチレン生成が高まらない最大の要因は、系統間の遺伝的な相異にあると思われる。本実験で供試した‘西条’早生“B型”6系統は、それぞれ熟期や樹勢に違いがみられ、中でも“和田”系は、地下部の湛水環境に続く地上部のストレス(風や高温による葉やヘタからの蒸散)が加わっても果実のエチレン生成が高まらなかった。このことから、樹上軟化の防止には、系統間の軟化発生の難易や台木をさらに検討し、選抜することが重要である。

炭水化物含量と樹上軟化

樹上軟化の発生には湛水の他、寡日照条件が引き金になっている可能性も否めない。しかし、後期落果と日射量との関係については、発生する品種が希なこともありこれまで報告がみられない。本実験において、着色始期以降の遮光処理は、対照とほぼ同様に樹上軟化はほとんどみられず、エチレン生成量もわずかであった。成熟期の日射量不足は、湛水のように直接的に根にストレスを与えるものではなく、日射不足による体内炭水化物含量の低下による器官間競合が大きな問題となる。本実験の遮光区では、無処理区に比べ同化養分のsinkとして大きなウエートを占める果実の可溶性固形物含量不足が顕著であり、新梢および細根中炭水化物含量も著しく少なかった(データ省略)。したがって、‘西条’における成熟期の日射量不足は、樹体内に蓄積した炭水化物を消費するものの、エチレン生成を促すようなストレスにはなり得ないと考えられた。それよりはむしろ、湛水樹への遮光は樹体周辺温度を下げ、果実の水分蒸散を軽減したことが果実のエチレン生成および樹上

軟化を抑制する効果があったと考えられる。

樹上軟化の栽培面での防止対策

樹体内Mn含量と樹上軟化

カキ果実のエチレン生成は、 Ag^+ (高田, 1981) で果実肥大第1～3期全ステージで、 Co^{2+} (Itamuraら, 1997), Ni^{2+} (Zhengら, 2006), Mn^{2+} (Itamuraら, 1997) では果実肥大第2～3期の成熟直前から成熟期の果実で、いずれも阻害されることが明らかになっている。これらの陽イオンは、ACC酸化酵素活性を低下させることによって、エチレン生成を抑制することにより、カキの収穫後の軟化防止に有効である (Itamuraら, 1997)。さらに、Zhengら (2006) は塩化ニッケル0.1%溶液の9月および10月上旬の葉面散布処理により、‘西条’の樹上軟化発生が半減したとしている。

一方、竹下ら (1996) と梅野ら (2009) は樹上軟化発生樹の果実、ヘタおよび葉中のMn含量が少発生樹と比較し著しく少ないことを明らかにし、各器官のMn含量を高めることが樹上軟化防止対策になりうることを示唆している。そこで、5～7月に硫酸マンガン0.5%溶液の葉面散布による樹体内Mn含量の増加効果を検討したところ、葉およびヘタ中Mn含量はやや増加する傾向がみられたものの無処理との間に有意差はみられず、果肉中Mn含量は全く増加しなかった。この原因として、葉面から吸収されたMnは新葉へは移動するものの、Mnの篩管内での移動性は中程度であることから (Bukovac・Wittwer, 1957)、葉から果実への移行が速やかに行われなかったためと考えられる。このことは、Mn欠乏症状の典型であるブドウ‘デラウェア’のゴマシオ型着色障害の予防において、硫酸マンガン溶液の葉面散布処理が効果的であるものの、果房に袋をかけて散布すると効果がみられず、果房、とりわけ果梗に直接Mn溶液が付着する必要があることからもうかがえる (竹下ら, 1984)。本実験では、果実にも十分薬液が付着するように葉面散布を行ったことにより、ヘタ中のMn含量は増加する傾向が認められたものの、果肉中Mn含量の増加はみられなかった。このことは、ブドウでは果梗から吸収されたMnが果粒内に速やかに移行するのに対し、カキでは果梗やヘタからの吸収が少ないうえ、果

実への移行がほとんど行われなことを示している。従って、果実内Mn含量を高めるためには、Mnを肥料成分として土壤に施用し、根から吸収する方法でないと実用的効果が得られにくいと判断された。

Mnの吸収は土壤pHに大きく左右され、酸性側で可吸態が増加することから、pH 5～6が適当とされている (小林, 1967)。実際、‘西条’現地圃場では小林 (1967) の指摘するpHより若干低いものの、土壤pH5.5以上の園において成熟期の果肉中Mn含量が少なく、樹上軟化の発生が多い傾向が認められている (データ省略)。

本実験の結果から、土壤pH 6程度の圃場では、樹冠下を中心に $150\text{kg} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 程度のイオウ華を分施することにより、土壤pHを4.5～5.0に矯正できた。しかし、土壤の種類により緩衝能が異なることから、圃場毎に土壤を採取し添加試験を行ってから施用することが望ましい。本試験では、土壤pHの低下によるMnの可吸態化に加えて、Mn資材の投入により樹体内のMn含量の増加を図ったが、土壤pHの低下のみでも十分な場合もあると考えられた。

本実験では、無処理区の樹上軟化発生率が10%以上の多発年には、9月下旬の果肉中Mn含量が概ね50～100ppmの場合、軟化防止効果が認められたものの、樹上軟化の発生が比較的少ない年にはその程度の含量では防止効果が明確でなかった。この理由の推測として、樹上軟化多発年はACC酸化酵素活性が高く、果肉中Mn含量が50～100ppm程度でもACC酸化酵素の活性を抑制する効果がみられるものの、樹上軟化少発年は土壤の過乾燥あるいは過湿といったストレスが少なく、ACC酸化酵素活性も比較的低いものと考えられ、それをさらに低下させるためには果肉中Mn含量が50～100ppmでは少ないためと思われる。このことから、毎年樹上軟化の発生を抑制するための果肉中Mn含量の値は100ppm程度と考えられ、その他の器官ではヘタが300ppm、葉が500ppm程度と考えられる。これらの値は梅野ら (2009) の報告と比較し、果実が80ppm、ヘタおよび葉が100ppm高かったが、樹上軟化多発園において毎年一定の軟化防止効果を得るには、この程度以上にまで器官別Mn含量を高める必要があると考えられた。

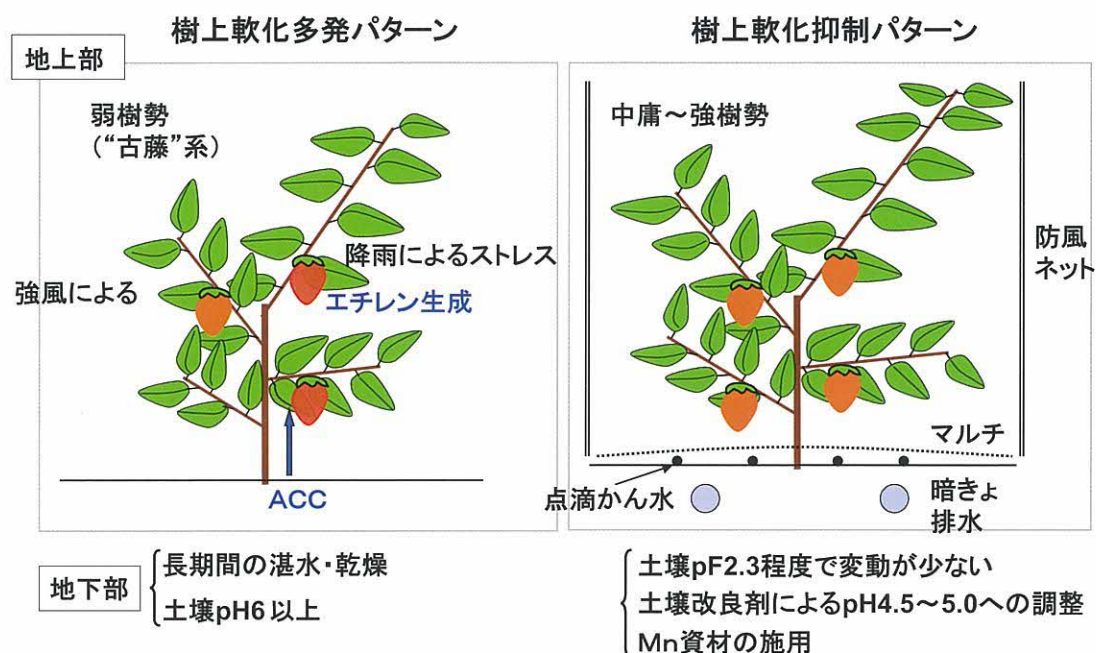


図3-11 ‘西条’における樹上軟化多発パターンと抑制パターンの模式図

また、本実験ではMnをカキ樹体内に確実に取り込ませた時の、樹上軟化抑制効果を明らかにすることを主眼に行ったため、Mn施用量が過剰であった可能性が考えられる。本実験の調査期間には、Mnの多量施用による生育障害や、土壌pHの低下によるCaやMgなどの欠乏症状、Feの過剰症状など生理障害は確認されなかったものの、実際に現地圃場で施用する場合、事前に土壌分析を行って施用量を決定する必要がある。

本実験の多施用区では、明らかに樹上軟化は抑制されたものの、成熟がやや抑制される傾向がみられた。着色期前の果実中内生エチレンの生成は、着色を始めとする成熟の引き金になっていることが推察されることから（板村ら、1998）、果実内Mnの増加がエチレン生成系を阻害し、熟期遅延を招く可能性は否定できない。以上のことから、土壌pH低下による無機成分の過剰吸収および吸収阻害による生理障害の発生に注意しながら、果肉中Mn含量が100ppm以上になるように、pH調整資材やMn肥料の施用を行う必要がある。

多孔質マルチの長期全面被覆による

樹上軟化防止効果

樹上軟化の発生は、土壌の長期の過乾燥、過湿状態により促進されると考えられる。これまで、カキ‘西条’の現地圃場での樹上軟化防止

対策として、土壌改良による樹勢強化、明暗きよによる滞水防止、定期的なかん水やマルチによる乾燥防止など耕種の対策がとられてきたが、有効な防止対策になりえていない。そこで、多孔質シートマルチを樹冠下に全面被覆し、降雨による表面水を強制的に排除するとともに、pF値が2.6に上昇した段階でかん水することによる防止効果を検討した。

現地の‘西条’栽培園では、一般に着色促進や汚損果防止を目的としてシルバーマルチを土地面積の1/2～2/3に被覆するが、反射光による日焼けのおそれがあるため、平均気温が30℃を下回る9月上旬以降に行っている。これに対し、多孔質マルチは反射光が散乱し、果面温度が上昇する恐れがなく夏季の敷設が可能である。そこで、梅雨明け直後の7月下旬から成熟期まで長期全面被覆を行い、その樹上軟化発生抑制効果について検討した。多孔質マルチ区の土壌水分は平均pF値2.3で推移し、乾湿の変化が小さかったことから、根のストレスが少なかったと推察され、果実のエチレン発生量が明らかに抑制され、樹上軟化の発生も少ない傾向にあった。このように、樹上軟化の防止対策としては、7～9月の高温期における長雨時に細根の活性を低下させないため、耕土を深くし地下水位を下げ、排水を良くすることや、本実験で効果が認められた多孔質マルチの長期全面被覆が有効な

手段になりうると考えられる。さらに、長雨後に晴天が続いたり、台風等強風により、急激に葉の蒸散量が増加することによるストレスにより、エチレン生成が増加しないよう、防風ネットの設置や間歇的な枝葉への散水等の対策を講ずることが重要である(図3-11)。

第4章 芽と枝の耐凍性の系統間差

第1節 耐凍性の系統間評価

カキ‘西条’における生育を阻害する気象災害として、春季の晩霜害があげられる。現地栽培圃場では、窪地や谷間地形に立地している園、防霜ファンなどの防霜対策の講じられていない園などで、晩霜による新芽の褐変障害が生じることがある。カキの発芽期における低温障害を被る温度は、 $-1.5 \sim -2.0^{\circ}\text{C}$ とされている(菊池, 1991)。島根県のカキ産地では3月にこの程度の低温に遭遇することがあり、低温耐性の程度が初期生育に大きく影響する。

そこで、本報では炭水化物含量と耐凍性の関係の系統間差について検討した。さらに、カキやリンゴ、モモでは低温順化の過程で枝梢のアントシアニン(非タンニン性フラバン)含量を高めることにより耐凍性を高めていると考えられることから(冷ら, 1993; Leng et al, 1997; Leng et al, 2000), その系統間差についても明らかにした。

材料および方法

1. 供試樹

供試樹は、旧島根農試園芸部開発営農科植栽‘西条’“B型”系統の“安部”系および“遠藤”系, ‘西条’“出雲型”系統の“藤本”系であり、各系統とも3樹を用いた。“安部”系は樹冠拡大が劣る生育不良系統であるのに対し、“遠藤”系および“出雲型”系統は生育が良好な系統である。各系統における試験初年度(2003年)の樹齢は14年生であった。各系統の発芽期は、2003年が“遠藤”系および“出雲型”系統が3月23日, “安部”系が3月26日であり、2006年は“遠藤”系および“出雲型”系統が3月17日, “安部”系が3月19日であり、両年とも“安部”系の発芽期がやや遅れた。また、“安部”系では発芽不良の発生が認められ、約

20%の芽は不発芽であった。

2. 気象観測

供試圃場における2003年および2006年の1月から4月の気温の測定は、地上1.5mの位置についてT型熱電対で行い、データロガー(ADVANTEST製R7326B)に保存した。2002年および2005年の8月から11月の降水量および日照時間は、益田市のAMEDASデータを使用した。

3. 3月の1年生枝および芽中炭水化物の測定

“B型”系統の“安部”系, “遠藤”系および“出雲型”系統における1年生枝および芽の炭水化物含量を測定するため、2003年3月26日に、各供試樹の樹冠中間部から充実した1年生枝(前年の結果枝)を1樹当たり5本採取した。採取した1年生枝は、枝部分と芽に分け、枝は中間部分5cm程度を5mm程度に細断して、芽はそのままの状態ですぐ90℃の通風乾燥器内で定量になるまで乾燥させた。可溶性糖は、乾燥試料をブレンダーで微粉碎したものを80%熱エタノールで抽出して上澄みを回収し、減圧濃縮後一定濃度に希釈後、45 μm メンブレンフィルターでろ過しHPLC(Waters製、検出器; RI, カラム; Sugar-Pak, 溶離液; H_2O , カラム温度; 80°C , 流量1 ml/min)でショ糖, 果糖, ブドウ糖およびソルビトールを定量した。デンプンは、糖抽出残渣を用いて8.14N過塩素酸で3回抽出し、上澄液を回収して定容後フェノール硫酸法で定量した(坂野, 1989)。可溶性糖とデンプンの合計を全炭水化物含量とした。

4. 2月の1年生枝および芽中非タンニンフラバンの測定

各系統の1年生枝および芽中非タンニンフラバン含量を明らかにするため、各供試樹から2006年2月3日に1年生枝(前年の結果枝)5本を採取し、1年生枝の中間部分と芽に分類した。1年生枝は、さらに皮層部および木部に分類した。新鮮組織(皮層部および木部; 1.0g, 芽; 0.5g)を微粉碎後、80%MeOHとよく混ぜ、4℃条件下で24時間静置した。上澄みを回収後さらに25mlの80%メタノールで抽出した。抽出液は、40℃のロータリーエバポレーターで水相まで減圧濃縮し、同量の石油エーテルで水相とエーテル相に分離した。水相について、木部と芽は50mlに、皮層部は100mlに純水で定容した。

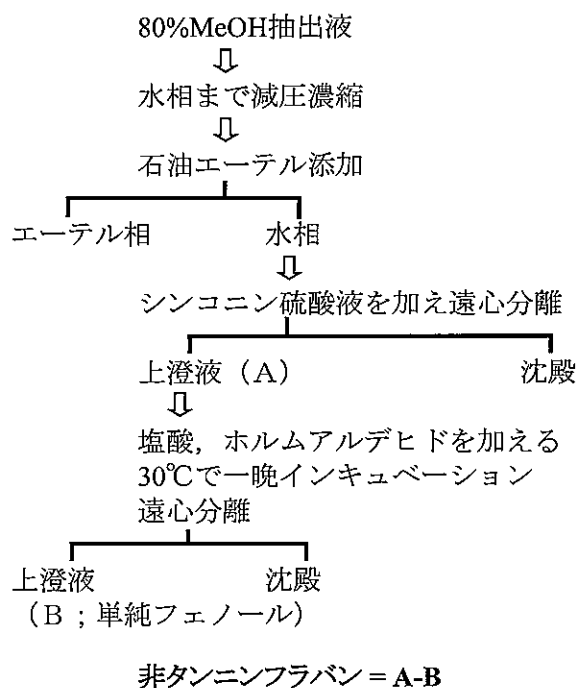


図4-1 非タンニンフラバンの抽出方法

これらの抽出物から非タンニンフラバン（主としてアントシアニン）の分別定量をPeriとPompei (1971)の方法で行った（伊藤ら, 1987；図4-1）。なお、抽出は3反復とした。

粗抽出液にシンコニン硫酸塩を加えて得られた上澄み（A）に、ホルムアルデヒドを酸性条件下で加え、上澄みと沈殿物を得た。沈殿物は非タンニンフラバン（主としてアントシアニン）の残渣で、上澄みを単純フェノール抽出画分（B）とした。非タンニンフラバン（主としてアントシアニン）はA-Bにより算出した。AおよびB液のポリフェノール含量の分析は、フォーリン・デニス法（Swain・Hillis, 1959）で行った。標準物質として、D-カテキンを用いた。

5. 3月の1年生枝および芽中タンニンの測定

各系統の1年生枝および芽中タンニン含量を明らかにするため、2003年および2004年の3月中旬に1年生枝（前年の結果枝）5本を採取し、1年生枝の中間部分と芽に分類した。両部位を微粉碎し、80%アセトン25mlで1時間室温で静置抽出した後、3,000回転で遠心分離して上澄みを回収した。アセトン抽出残渣に10%塩酸性メタノール25mlを加え、80℃温浴中で30分抽出し、上澄みを回収後さらに2回同濃度の塩酸性メタノールで抽出した。アセトン抽出画分、塩酸性メタノール抽出画分ともに、定容後フォー

リン・デニス法（Swain・Hillis, 1959）でタンニン含量を定量し、アセトン抽出画分を可溶性タンニン、塩酸性メタノール抽出画分を不溶性タンニンとした（平ら, 1999）。

6. 2月および3月の1年生枝と芽の耐凍性の測定

“安部”系，“遠藤”系および“出雲型”系統における早春季の耐凍性は、電解質漏出率で評価した。各供試樹から2006年2月21日および3月19日に1年生枝5本（前年の結果枝，約20cm）を採取し、5処理区供試用として区分した。1年生枝はプラスチック製容器に入れ、プログラムフリーザーで氷点下に遭遇させた。設定温度は、2月21日採取分が対照（低温処理無し）、-5，-10，-15および-20℃，3月19日採取分が対照（低温処理無し）、-3，-6，-9および-12℃とし、各処理温度に5時間で降下させた。各処理温度に5時間遭遇させた後、+5℃までそれぞれ5時間かけて昇温させた（冷ら, 1993）。低温処理後、1年生枝は中間部分5cmを細断した後、樹単位で5gを秤量して、芽は樹単位で0.5gを秤量し、40mlの水に20℃で10時間浸した。浸出液の電気伝導度を電気伝導度計（堀場製作所製、C-173型）で測定した（C₁）。その後、30分間煮沸して組織を殺し、室温で12時間放置して再度電気伝導度を測定した（C₂）。電解質漏出率（E）は、以下の式で算出した；E=C₁/C₂×100。さらに、3月19日試験分について、各供試樹から3芽および1年生枝3本ずつを各低温処理後にカミソリで縦に切断し、実態顕微鏡を用いて芽、形成層、木部および髓の褐変程度を無：0，少：1，甚：2の3段階に判定した。

結 果

1. 気象観測

8月～11月の益田市における総降水量は、平年値が545mmであるのに対し、2002年が348mm，2005年が382mmであった。同時期の益田市における日照時間は、平年値が620時間であるのに対し、2002年が697時間，2005年が622時間であった。供試圃場における2003年および2006年1月～3月の5日毎の最低気温の推移を図4-2に示した。この期間に、供試圃場では数回氷点下を記録した。

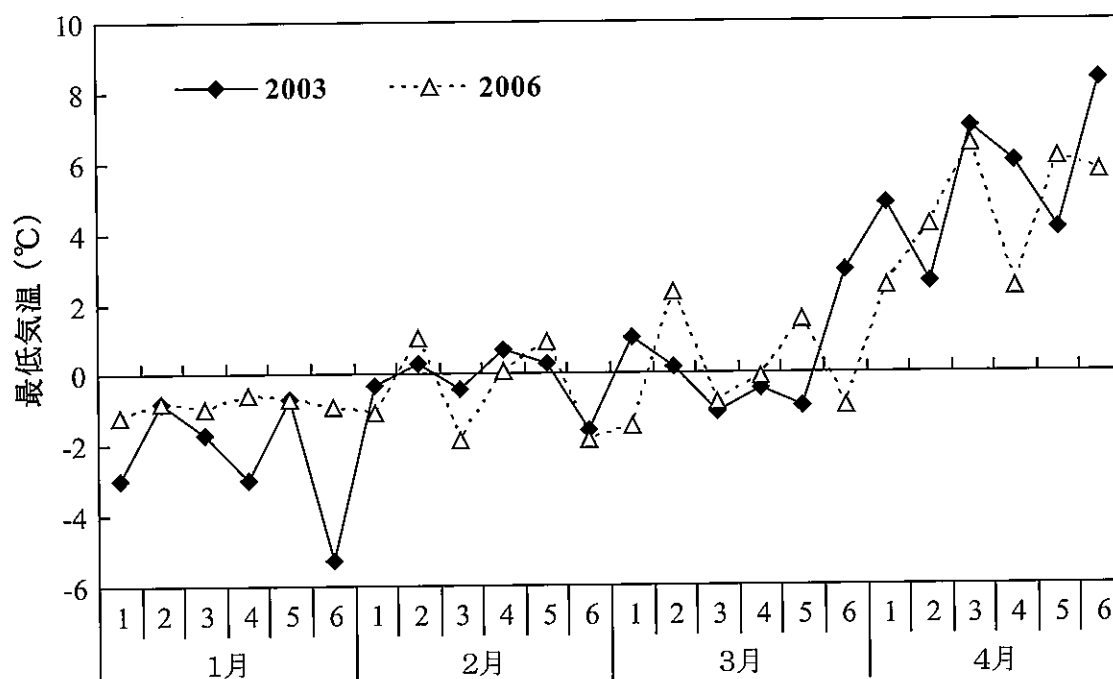


図4-2 1～4月における5日ごとの最低気温の推移 (2003年, 2006年)

2. 2月および3月の1年生枝および芽中炭水化物含量

2003年の各供試系統における、発芽直前期の1年生枝と芽中デンプン、組成別糖含量、および含水率を表4-1に示した。含水率は、各系統とも1年生枝が51～52%、芽が59～60%であり、芽が1年生枝より有意に高かったものの、系統間差はみられなかった。1年生枝中のデンプン含量は、3系統で大差がないものの、全糖含量は“安部”系が他の2系統より有意に少なかった。1年生枝中の糖の種類としては、3系

統ともショ糖が最も多く、次いで果糖、ブドウ糖、ソルビトールの順であった。“安部”系の1年生枝では、他の2系統と比較しショ糖とソルビトール含量が有意に少なかった。発芽期の芽中全糖含量は、系統間に有意差はみられなかったものの、“安部”系で他の2系統より少ない傾向にあった。これは、“安部”系のブドウ糖含量が他の2系統より有意に少なかったことが原因であった。1年生枝と芽の部位間差をみると、含水率は各系統とも芽が1年生枝より有意に高かった。デンプン含量は、各系統とも1年

表4-1 ‘西条’“B型”“安部”系，“遠藤”系および“出雲型”系統における1年生枝および芽中の貯蔵炭水化物含量 (2003年3月26日)

部位	系統	含水率 (%)	デンプン (%FW)	全糖 (%FW)	糖組成			
					ショ糖 (%FW)	ブドウ糖 (%FW)	果糖 (%FW)	ソルビトール (%FW)
1年生枝	“安部”	51.1	7.46	2.82 b ^z	1.79 b	0.40	0.56	0.07 b
	“遠藤”	51.2	7.18	3.63 a	2.44 a	0.50	0.59	0.10 a
	“出雲型”	51.7	7.00	3.24 a	2.18 a	0.34	0.57	0.15 a
有意性 ^y		n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	*
芽	“安部”	59.1	5.15	4.64	3.33	0.69 b	0.61	0.01
	“遠藤”	59.4	4.95	5.20	3.67	1.07 a	0.46	0.00
	“出雲型”	59.7	5.38	4.94	3.39	1.14 a	0.39	0.02
有意性		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.
部位間の 有意性	“安部”	*** ^x	**	**	**	n.s.	n.s.	*
	“遠藤”	**	*	**	*	n.s.	n.s.	*
	“出雲型”	*	*	*	*	n.s.	n.s.	*

^z 異符号間にTukeyの多重検定により5%水準で有意差有り

^y *分散分析により5%水準で有意差有り, n.s.有意差無し

^x t検定により**;1%水準で, *;5%水準で有意差有り.

n.s.;有意差無し

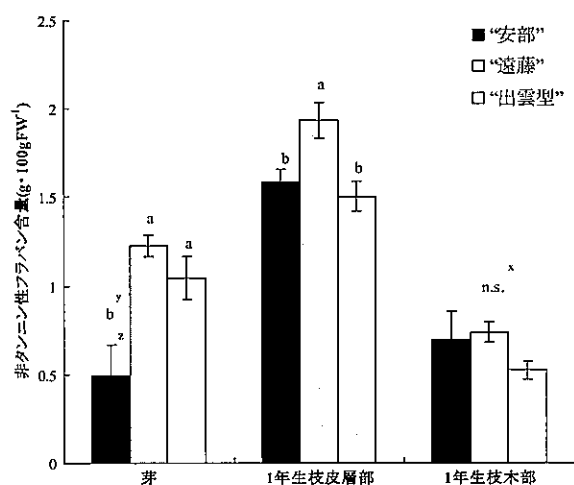


図4-3 ‘西条’“B型”“安部”系，“遠藤”系および“出雲型”系統における1年生枝木部，皮層部および芽中非タンニン性フラバン（主としてアントシアニン）含量（2006年2月3日）

^z縦棒は標準誤差を示す(n=3)

^yTukeyの多重検定により異符号間に5%水準で有意差有り

^x分散分析によりn.s.；3系統間に有意差無し

生枝が多く，逆に全糖含量は各系統とも芽が有意に多かった。糖の組成別含量の部位間差について，ショ糖では芽が，ソルビトールでは1年生枝がそれぞれ各系統とも有意に多く，ブドウ糖，果糖については，部位間差はみられなかった。

3. 3月の1年生枝および芽中非タンニンフラバン含量

2006年の厳冬季（2月3日）に，生育不良系統の“安部”系と，生育が良好な“遠藤”系および“出雲型”系統の1年生枝木部，皮層部および芽におけるポリフェノールのうち，非タンニンフラバン（主としてアントシアニン）を定量した結果を図4-3に示した。非タンニンフラバン含量は，1年生枝皮層部が最も多く，次いで芽であり，1年生枝木部が最も少なかった。“遠藤”系の芽および1年生枝皮層部における非タンニン性フラバン含量は，他の2系統より高かった。“安部”系では，芽中非タンニンフラバン含量が他の2系統と比較し有意に少なかった。

4. 3月の1年生枝および芽中タンニン含量

2003年および2004年の3月中旬における1年生枝および芽中タンニン含量を表4-2に示した。1年生枝中タンニン含量について，可溶性タンニンは，各系統で両年とも2%台で有意差はみられなかった。不溶性タンニンは，2003年は“安部”系が4.51%で他の2系統に対し有意に多かった。2004年は全系統とも2003年より明らかに少なく，系統間に有意差はみられなかった。芽中タンニン含量について，可溶性タンニ

表4-2 ‘西条’“B型”“安部”系，“遠藤”系および“出雲型”系統における1年生枝および芽中のタンニン含量

部位	系統	2003年3月		2004年3月	
		可溶性 タンニン (%FW)	不溶性 タンニン (%FW)	可溶性 タンニン (%FW)	不溶性 タンニン (%FW)
1年生枝	“安部”	2.50	4.51a ^z	2.40	2.44
	“遠藤”	2.33	3.94b	2.16	2.14
	“出雲型”	2.16	3.92b	2.06	1.87
有意性 ^y		n.s.	*	n.s.	n.s.
芽	“安部”	3.71a	4.30a	5.19	2.19a
	“遠藤”	2.76b	3.48b	5.75	1.96ab
	“出雲型”	2.61b	3.61b	4.14	1.39b
有意性		*	*	n.s.	*
部位間の 有意性	“安部”	** ^x	n.s.	**	n.s.
	“遠藤”	n.s.	*	*	n.s.
	“出雲型”	n.s.	**	**	n.s.

^z異符号間にTukeyの多重検定により5%水準で有意差有り

^y*分散分析により5%水準で有意差有り，n.s.有意差無し

^xt検定により**；1%水準で，*；5%水準で有意差有り。

n.s.；有意差無し

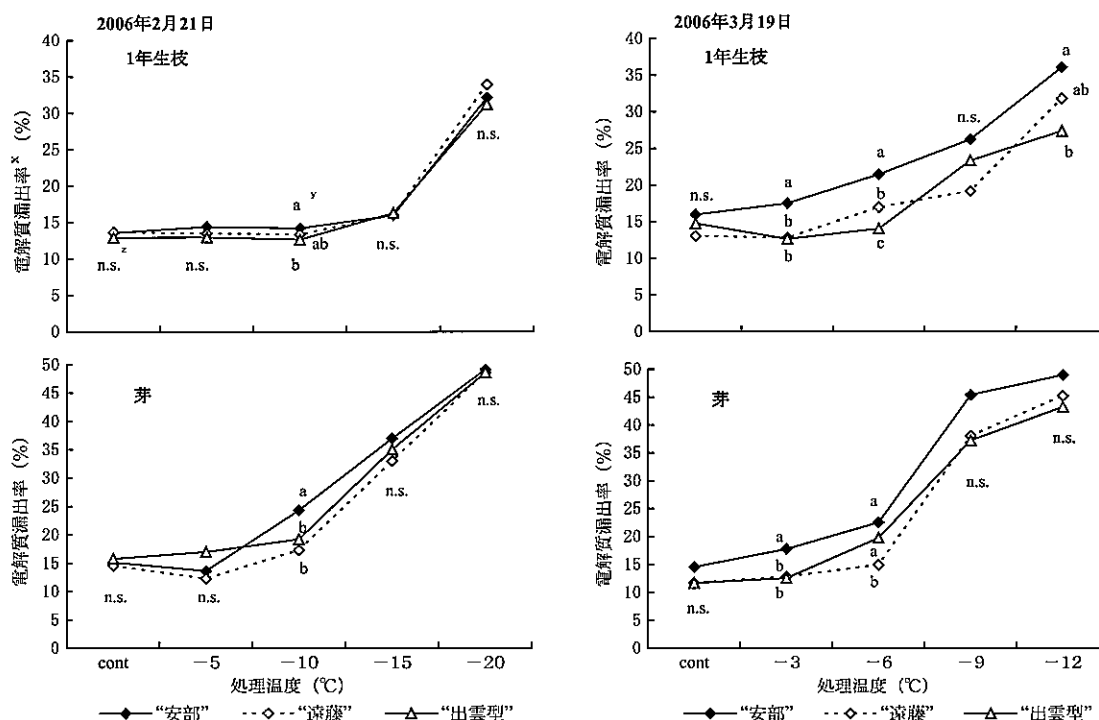


図4-4 ‘西条’“B型”“安部”系，“遠藤”系および“出雲型”系統における1年生枝および芽における低温処理後の電解質漏出率（2006年2月21日，3月19日）

^z分散分析によりn.s.；3系統間に有意差無し

^yTukeyの多重検定により異符号間に5％水準で有意差有り

^x室温放置後の1年生枝茎および芽における電解質漏出率

ンは，2003年は“安部”系が3.71%で他の2系統より有意に多かった．2004年は全系統とも2003年より明らかに多く，系統間に有意差はみられなかった．不溶性タンニンは，両年とも“安部”系が他の2系統より多く，とくに2003年は4.3%と有意差が認められた．1年生枝と芽中タンニン含量の部位間差についてみると，2003年の可溶性タンニンは，“安部”系で芽が有意に多く，不溶性タンニンは“遠藤”および“出雲型”系で1年生枝が有意に多かった．2004年は，可溶性タンニンは各系統とも芽が1年生枝の2倍以上有意に多かったのに対し，不溶性タンニンは部位間に有意差がみられなかった．

5. 2月および3月の1年生枝と芽の耐凍性

“安部”，“遠藤”および“出雲型”の各供試系統において，早春季に氷点下の低温処理を受けさせた後の電解質漏出率を図4-4に示した．耐凍性の時期別変化について，2月の-10℃処理と3月の-9℃処理をほぼ同じ温度での処理として比較すると，3系統とも，1年生枝，芽にかかわらず2月から3月にかけて電解質漏出率

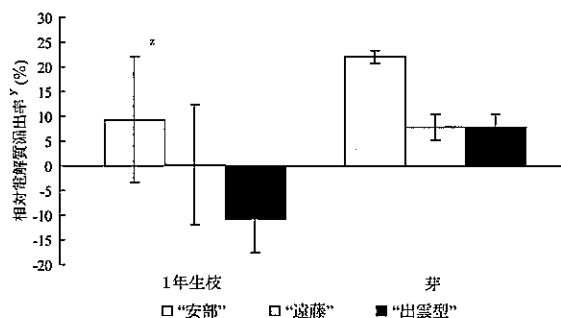


図4-5 ‘西条’3系統の1年生枝および芽における室温処理に対する-3℃処理の相対電解質漏出率（2006年3月19日）

^z縦棒は標準誤差を示す(n=3)

^y(-3℃処理後の電解質漏出率/室温処理後の電解質漏出率-1)×100で算出

は増加し，耐凍性が低下した．1年生枝と芽と比較すると，2月の-10℃処理後の電解質漏出率は，1年生枝が13.0～14.4%であったのに対し，芽は17.2～24.3%と高かった．同様に3月の-9℃処理後の電解質漏出率は，1年生枝が19.2～26.2%であったのに対し，芽は37.2～45.4%と著しく高く，芽の耐凍性は1年生枝より劣った．3月19日の“安部”系における1年生枝および芽の電解質漏出率は，-3℃処理でそれぞ

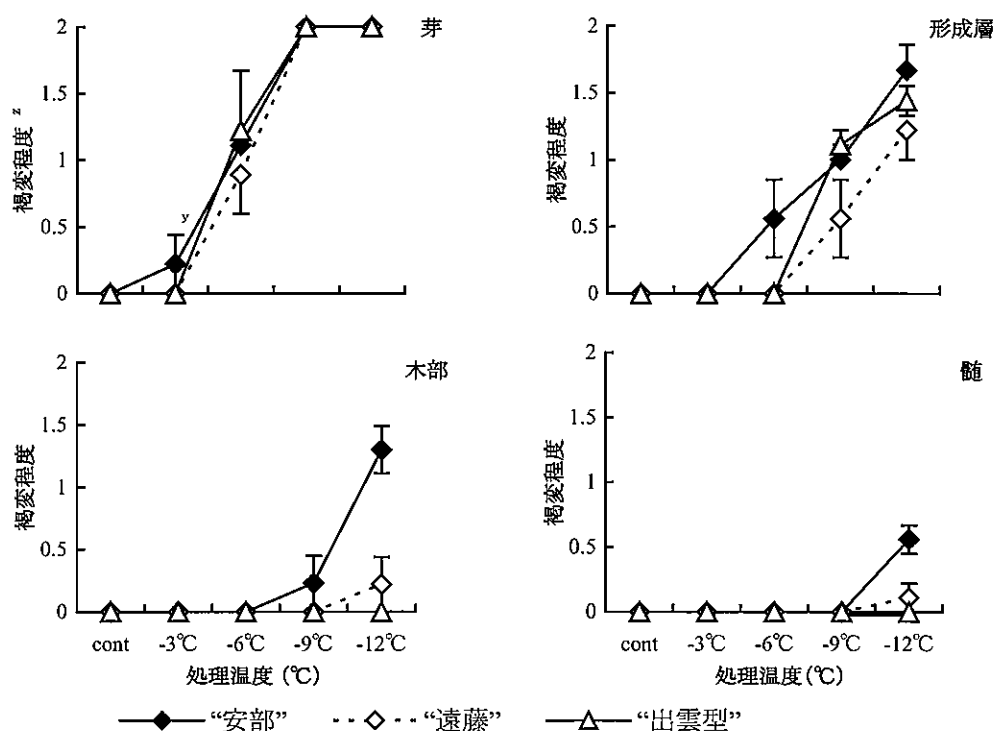


図4-6 ‘西条’“B型”“安部”系，“遠藤”系および“出雲型”系統における1年生枝および芽における-3，-6，-9および-12℃処理後の褐変程度(2006年3月19日)
²褐変程度は，目視により0；障害無し，1；やや褐変，2；甚大な褐変で判定した
³縦棒は標準誤差を示す(n=3)

れ17.5%，17.8%であり，他系統より有意に高くなった。この時の低温無処理に対する-3℃処理後の相対電解質漏出率を図4-5に示した。1年生枝は“安部”系が9.4%が高かったものの，各系統ともばらつきがあり差が明らかでなかった。それに対し，芽は“安部”系が22.0%で他の2系統に対し明らかに高かった。

1年生枝および芽の各低温処理後の内部褐変程度を図4-6に示した。芽は，“安部”系が-3℃で僅かに褐変するものがみられたものの，-6℃では各系統とも1程度，-9℃以下では全ての個体が2となり，系統間差はみられなかった。1年生枝の形成層は，-6℃で“遠藤”および“出雲型”系統が褐変がみられないのに対し“安部”系は約0.6と明らかに障害を受けていた。さらに，-9℃では“出雲型”系統が“安部”系と同様に1程度まで高まったのに対し，“遠藤”系は約0.6とやや低く推移した。1年生枝木部は，-9℃で“安部”系で僅かに障害がみられ，-12℃では他の2系統が僅かに褐変しているのに対し，“安部”系は1.3と著しい障害を受けていた。1年生枝髓は，-12℃で

“安部”系が約0.6と他系統より明らかに高かった。

第3節 着果管理法改善による貯蔵養分増加対策

‘西条’の着果管理について，摘蕾は新梢の長さにより0～2蕾残すように行って目標着果数の1.5～2倍程度に制限し，摘果は生理落果終了後（7月中旬頃）に母枝単位での葉果比が15程度（ほぼ母枝10cm当たり1果）になるように行うよう指導されている。しかし，生産者の高齢化等による労力の不足や，生理落果を恐れるあまり摘蕾が十分に行われない上に，適正な摘果が行われていない場合が多く，小玉果や低糖度果多発の原因になっている。また，過度な着果負担は，貯蔵養分減少による樹勢低下や耐凍性の低下による低温障害，さらには発芽不良を招く恐れがあり，毎年生産を安定させるためには摘蕾，摘果方法の改善が急務である。

そこで，本実験では，摘蕾でほぼ目標着果数まで一挙に制限する方法と，摘蕾または摘果を省略した方法および慣行法について，貯蔵養分増加の観点から比較検討した。

材料および方法

1. 供試樹

実験には、旧島根農試園芸部開発営農科植栽の‘西条’早生系統を供試した。整枝法は、強制誘引開心形で、樹高は3m程度であった。実験は2000～2002年に行い、樹齢は試験初年度が11年生であった。供試樹数は12本としたが、毎年花蕾が十分着生し、生育が良好な樹を選出して用いた。

2. 処理方法

処理区は、強摘蕾弱摘果（以下強摘蕾、葉果比23.7）、普通摘蕾中摘果（以下慣行、葉果比20.3）、普通摘蕾弱摘果（以下弱摘果、葉果比15.6）および弱摘蕾強摘果（以下弱摘蕾、葉果比20.8）を樹単位で設定し、各処理区3反復とした。各処理区の詳細は表4-3に示した通りであった。毎年、摘蕾は5月上～下旬、摘果は7月中旬に行った。交配は自然交配とし、その他の管理は島根県栽培指導指針に準じて行った。

3. 生育、果実品質調査

果実横径の測定は、各区から平均的な大きさの果実30果を選出し、7月上旬以降収穫期まで約10日間隔で行った。着果数、収量、平均果重、奇形果率、秀品率は全果について、果実中可溶性固形物含量および果肉硬度は各区90果についてドライアイス脱渋後に調査した。果実中可溶性固形物含量はデジタル糖度計（アタゴ製PR-101）を、果肉硬度は果実赤道部について果実硬度計（藤原製作所製、プランジャー11mm）を用いて測定した。各区の翌年の着蕾数は、処理翌年の5月に樹単位で調査した。葉数は、供試樹以外の‘西条’早生系5樹から、長さの異なる新梢を1樹当たり10本採取し、新梢長と葉数との関係式 $y(\text{葉数}) = 0.18x(\text{新梢長, cm}) + 2.99$ を求め、落葉後に各区の全新梢長を測定して葉数を推定した。葉果比は、推定した葉数を全収穫果数で除して求めた。

4. 作業能率調査

作業能率は、1名の被験者（身長179cm）が約2mの脚立を用いて摘蕾および摘果を行い、処理数および処理時間を調査して求めた。

5. 貯蔵炭水化物含量の測定

新梢および細根中の貯蔵炭水化物含量の分析は、2003年1月24日に各区から20cm前後の新梢（前年の着果枝）を樹冠中間部から12本採取し、細根は2002年12月20日に各区から300g程度を採取して行った。採取したサンプルは、細かく刻んだ後90℃の通風乾燥機で乾燥させ、微粉碎して試料とした。可溶性糖類の抽出は80%熱エタノールで、デンプンの抽出は可溶性糖類抽出残渣を用い8.14N過塩素酸とともに計3回繰り返し行った。除タンパクは硫酸亜鉛と水酸化バリウムで行い、可溶性糖類、デンプンともにフェノール硫酸法で定量した（坂野, 1989）。全炭水化物含量は、全糖とデンプンの合計値で表した。

結 果

1. 果実肥大の推移

果実横径は、強摘蕾が最も大きく推移し、次いで慣行が優れた。これに対し、弱摘蕾は7月の幼果期から小さく、7月中旬の摘果後も肥大が劣った。弱摘果は、7月の摘果時には大きかったものの、8月以降徐々に肥大が緩慢となり、弱摘蕾とほぼ同様に推移した（図4-7）。

2. 収量および果実品質

収量は、着果数の多かった弱摘果が約3.1t/10aで最も多く、着果数の少なかった強摘蕾および果実肥大が劣った弱摘蕾はやや少なかったものの、有意差は認められなかった。平均果重は、強摘蕾および慣行が210g以上であったのに対し、弱摘果および弱摘蕾は200g未満でこれらの処理間に有意差が認められた。果実品質をみると、可溶性固形物含量は強摘蕾が17.9%で最も高く、着果数の多かった弱摘果が16.7%で最も低く、両処理区間に有意差が認められた。

表4-3 処理区の設定条件

処理区	摘蕾・摘果方法
強摘蕾弱摘果	摘蕾時に母枝10cm当たり1蕾に制限し、摘果は小果、奇形果等の見直し程度
普通摘蕾中摘果	摘蕾時に新梢の長さにより0～2蕾に制限し、摘果時に母枝10cm当たり1果に制限する
普通摘蕾弱摘果	摘蕾時に新梢の長さにより0～2蕾に制限し、摘果は見直し程度
弱摘蕾強摘果	摘蕾時に新梢の長さにより1～3蕾に制限し、摘果時に母枝10cm当たり1果に制限する

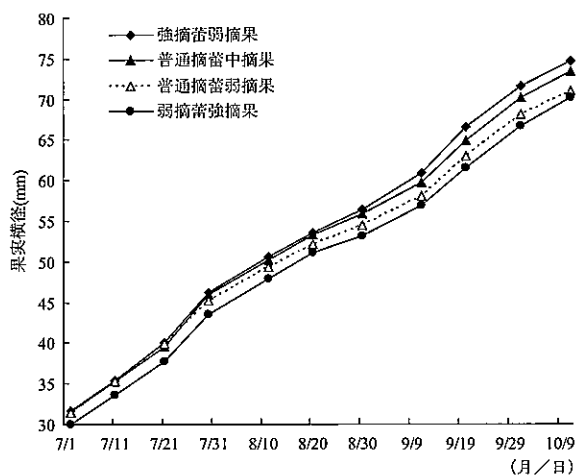


図4-7 ‘西条’における摘蕾・摘果方法の違いが果実横径の推移に及ぼす影響

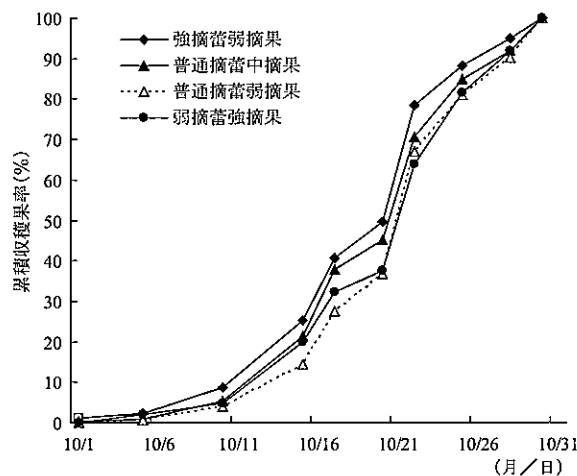


図4-8 ‘西条’における摘蕾摘果方法の違いが累積収穫果率の推移に及ぼす影響

表4-4 ‘西条’における摘蕾・摘果方法の違いが収量、果実品質に及ぼす影響

処理区	10a当たり		平均果重 (g)	果実中可 溶性固形 物含量 (Brix)	生理落果 発生率 (%)	葉果比	奇形果率 (%)	秀品率 (%)
	着果数	収量 (kg)						
強摘蕾弱摘果	11,469 b ^y	2,453	214.9 a	17.9 a	7.1 a	23.7 a	1.1	66.5
普通摘蕾中摘果	13,752 ab	2,928	213.9 a	17.2ab	8.1 a	20.3 ab	0.6	70.9
普通摘蕾弱摘果	16,007 a	3,141	198.2 b	16.7 b	5.4 a	15.6 b	1.0	67.4
弱摘蕾強摘果	13,219 ab	2,597	196.2 b	17.3ab	11.8 b	20.8 ab	0.6	69.2
有意性(P<0.05) ^z	*	n.s.	*	*	*	*	n.s.	n.s.

^z分散分析によりn.s.;有意差なし,*;5%水準で有意差あり

^y処理区間の比較はTukeyの多重検定により,異なる英小文字間に有意差あり

表4-5 ‘西条’における摘蕾・摘果方法の違いが作業能率に及ぼす影響

処理区	摘蕾		摘果		合計	
	1分当たり 作業数 (蕾)	樹冠1000m ² 当 り作業時間 (hr)	1分当たり 作業数 (果)	樹冠1000m ² 当 り作業時間 (hr)	1分当たり 作業数 (蕾・果)	樹冠1000m ² 当 り作業時間 (hr)
強摘蕾弱摘果	19.6 a ^y	42.9 a	1.6 c	5.4 b	17.7 a	48.3 b
普通摘蕾中摘果	19.3 ab	39.5 ab	5.2 b	16.7 b	14.7 ab	56.2 a
普通摘蕾弱摘果	17.0 ab	41.5 a	3.4 ab	8.1 b	15.0 ab	49.6 ab
弱摘蕾強摘果	12.9 b	29.8 b	9.6 a	35.0 a	11.2 b	64.8 a
有意性(P<0.05) ^z	*	*	*	*	*	*

^z分散分析により,*;5%水準で有意差あり

^y処理区間の比較はTukeyの多重検定により,異なる英小文字間に有意差あり

秀品率及び奇形果率に処理間差はみられなかった。生理落果発生率は、弱摘蕾が11.8%で他の処理区より有意に高かった(表4-4)。

累積収穫果率は、強摘蕾が高く推移したのに対し、着果数の多かった弱摘果はやや低く推移した(図4-8)。

3. 作業能率

摘蕾、摘果の作業能率を比較すると、強摘蕾で1分当たり作業数が約18蕾・果、10a当たり作業時間が48.3時間で最も優れた。次いで、弱

摘果が、摘果に要する時間が少なかったため、10a当たり作業時間が強摘蕾とほぼ同程度で優れた。慣行は、1分当たり作業数は比較的多かったものの、10a当たり作業時間は56.2時間で、強摘蕾より約16%有意に多かった。弱摘蕾は、摘果に要する時間が著しく多かったことにより、作業能率は最も劣った(表4-5)。

4. 貯蔵炭水化物含量と翌年の着蕾

貯蔵炭水化物含量をみると、新梢は慣行が15.6%で最も多く、弱摘果及び弱摘蕾は14%に

表4-6 ‘西条’における摘蕾・摘果方法の違いが新梢および細根中炭水化物含量と翌年の着蕾数に及ぼす影響

処理区	新 梢			細 根			翌年の 着蕾数 (蕾/樹)
	デンプン (%.DW)	全糖 (%.DW)	全炭水化物 (%.DW)	デンプン (%.DW)	全糖 (%.DW)	全炭水化物 (%.DW)	
強摘蕾弱摘果	8.76	5.70	14.45	4.02	5.27 a ^y	9.29 ab	1,937 a
普通摘蕾中摘果	9.06	6.19	15.55	4.45	5.32 ab	9.77 ab	1,613ab
普通摘蕾弱摘果	7.94	5.92	13.85	4.12	5.77 a	9.89 a	1,149bc
弱摘蕾強摘果	7.67	5.91	13.57	3.88	3.83 b	7.70 b	1,048 c
有意性(P<0.05) ^z	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	*

^z分散分析によりn.s.;有意差なし, *;5%水準で有意差あり^y処理区間の比較はTukeyの多重検定により,異なる英小文字間に有意差あり

満たなかったものの,有意差は認められなかった.細根は,弱摘蕾が7.7%で,他処理区より2%前後少なかった.これは,弱摘蕾の全糖含量が3.8%で,他処理区より著しく少なかったことによる.翌年の1樹当たり着蕾数は,強摘蕾が1,937蕾で最も多く,弱摘果および弱摘蕾はそれぞれ1,149蕾,1,048蕾と少なかった(表4-6).

考 察

耐凍性の系統間評価

耐凍性の系統間差異

2002年および2005年の8~11月は,日照時間は平年並みであったものの,降水量は平年と比較し少なかった.しかし,両年ともに各系統とも着果過多ぎみであり,2002年冬季の母枝および芽の乾物率は,適正着果であった2003年と比較しそれぞれ約4%および約13%低かった.このことから,2003年および2006年における生育前の芽および1年生枝(母枝)中貯蔵養分含量はともに少なかったものと考えられる.各供試系統で貯蔵養分含量が少ない状態であったことは,晩霜害をより受けやすい状態であったと思われる.両年ともに耐凍性の系統間差を比較するのには適当な年であったと考えられる.

カキ‘西条’における,低温耐性程度の系統間差を明らかにするため,“B型”系統の“安部”系,“遠藤”系および“出雲型”系統の“藤本”系を用いて,発芽前の早春に低温処理後の枝および芽の電解質漏出率と褐変程度を調査した.その結果,3月の実験では-3℃で“安部”系の電解質漏出率が他系統に対し有意に高くなった.特に,芽の-3℃処理における

相対電解質漏出率は“安部”系で明らかに高く,内部観察でも軽度の障害を被っている個体がみられた.

自然状態では,この時期の-3℃の低温は明らかに障害を被る温度であり(菊池,1991),目視では褐変を確認できなかったものの,電解質漏出率が高まっていたことから,細胞膜の部分的損傷を受けていた可能性は高い.しかし,本実験における室内実験では,-3℃の処理においても低温害はみられなかった.本実験では,枝および芽の低温処理の際に霧吹き等で枝を湿らせる加湿処理を行わなかったことから,過冷却により低温障害を被る温度が自然条件より低下した可能性が考えられる.これらの制限はあるものの,本実験では‘西条’系統間の耐凍性に明らかな差異が認められた.

冷ら(1995)によると,生存率が50%となる低温(LT₅₀)は電解質漏出率25%と一致する.各供試系統の2月下旬におけるLT₅₀値は,1年生枝が-17~-18℃,芽が-10~-13℃であった.一方,3月中旬の1年生枝におけるLT₅₀値は,“遠藤”系および“出雲型”系統が-12.5℃であったのに対し,“安部”系は約-8℃であった.また,同時期の芽におけるLT₅₀値は,“遠藤”系および“出雲型”系統が約-6.5℃であったのに対し,“安部”系は約-6.0℃であった.このように,3月中旬の低温耐性は,2月下旬と比較して著しく低下した.また,2月下旬,3月中旬ともに芽の耐凍性が1年生枝より劣った.なお,3月中旬においても枝のLT₅₀値が-8℃~-12.5℃と極めて低かったのは,前述したように加湿処理を行っていないことが原因であり,実際の圃場では-3℃程度で低

温障害を被るものと思われる。

島根県におけるカキ産地の圃場では、3月中にしばしば気温が氷点下まで低下する。軽度の晩霜害は、供試圃場近くのカキ園においても時々発生する。実際、2001年4月1日に島根県益田市の谷部分に立地した‘西条’園で芽の枯死が認められたケースがある。2006年には、本実験供試圃場においても4回氷点下に遭遇した。さらに、本県の‘西条’主産地である出雲市では、とくに内陸部の窪地に立地し、防霜対策が行われていない園地において、しばしば軽度の霜害にみまわれる。したがって、このような氷点下の低温により、耐凍性の低い“安部”系で特に障害を被りやすく、芽の生長点の障害による枯死や萌芽の遅れ、新梢伸長の抑制やそれに伴う葉面積の減少により、炭水化物の生成が少なく、樹勢が低下し、収量の減少を招くと考えられる。さらに、貯蔵養分の不足により耐凍性が益々低下し、悪循環に陥る可能性が考えられる。

芽、1年生枝の細胞中溶質濃度と耐凍性との関係

1. 炭水化物濃度と耐凍性

樹体内貯蔵炭水化物含量は、翌年の初期生育や耐凍性に大きく影響する。Sakai・Yoshida (1968) は、糖と糖アルコールで高い凍害防御効果を認め、冬季の植物体内におけるこれらの含量が多いほど耐凍性が高いとしている。これは、糖含量と細胞の浸透濃度が平行して増加することにより、耐凍性が高まるためであり、耐凍性の増大に糖が重要な役割を果たしている(酒井, 1957)。一般に、細胞内部の溶液の浸透圧は、溶質のモル濃度(分子量g)に比例し、分子量の小さいものが多く含まれるほど浸透圧は高まることから、本実験においても細胞中の溶質濃度を示す目的で、炭水化物含量を対生体重当たりで算出した。本実験では、生育が良好な“遠藤”系や“出雲型”系統は、生育が不良な“安部”系に対し、萌芽前早春の1年生枝中糖含量が有意に高かった。これは、これらの系統でショ糖およびソルビトール含量が高かったことが原因であった。芽の炭水化物含量は、1年生枝と同様に“安部”系で全糖含量が少ない傾向がみられたものの、有意な差ではなかった。しかし、分子量が少なく、溶質として高い凍害防御効果のあるブドウ糖(モル質量180.16

g/mol) 含量は(Sakai・Yoshida, 1968)、“安部”系が他の2系統より有意に少なく、ショ糖(モル質量342.30g/mol)も少ない傾向がみられた(表4-1)。“安部”系の1年生枝中全糖含量、芽中ブドウ糖含量が少なかったことは、萌芽直前の低温により障害を受けやすい原因になるものと考えられる。

2. 非タンニンフラバン濃度と耐凍性

非タンニンフラバン(主としてアントシアニン; フラバン骨格を有する化合物の中でタンニンでないもの)の1年生枝や芽への蓄積の系統間差を明らかにするため、2006年2月に分析を行った。その結果、“安部”系の芽中フラバン含量は“遠藤”系および“出雲型”系統と比較し明らかに少なかった(図4-3)。落葉植物の新梢は、表皮および亜表皮細胞の液胞内にアントシアニジンの配糖体であるアントシアニン(図4-9)を生成させることにより、赤色に変化し、低温に対する防御態勢を整える。液胞内にアントシアニンを生成するのは、液胞膜を低温障害から防御するためと考えられる(Leng et al, 2000)。実際、ヘデラの葉やリンゴ、モモおよびカキにおける耐凍性は11月から12月にかけて著しく増大するが、これはアントシアニン含量の急速な増加が大きく関与している(Parker, 1962; 冷ら, 1993; Leng et al; 2000)。植物体内では、アントシアニジンは常にグルコシドとしてアントシアニンの形で存在している(Van Buren, 1970)。このことから、アントシアニンを主とする配糖体の生成には、糖含量が大きく影響するものと考えられる。三浦・岩田(1985)はベニタデ芽生えのアントシアニン生成の促進には、炭水化物とりわけ糖の蓄積と関連があるとしている。したがって、“安部”系では、芽中ブドウ糖含量が他の2系統と比較し

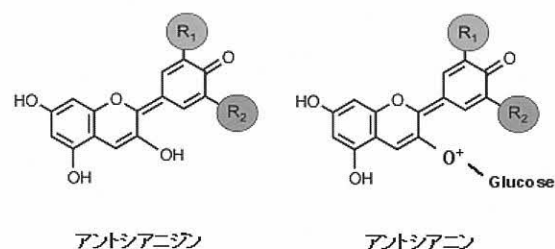


図4-9 アントシアニジンおよび
アントシアニンの構造式

少なかったことにより、アントシアニンが配糖体になれないまま分解され、アントシアニンの生成が抑制されたものと考えられる。また、アントシアニンの分子量（アントシアニジンの分子量；271～345+ブドウ糖の分子量；180.16）は451～525と比較的小さく、細胞の浸透圧を高める重要な溶質であることから、この含量の多寡が耐凍性を大きく左右するものと考えられる。

“安部”系では芽中の糖およびフラバン配糖体（アントシアニン）含量が他系統より少ないため、発芽直前に氷点下に遭遇することにより、芽が枯死しやすいものと考えられた。

3. タンニン濃度と耐凍性

1年生枝および芽中タンニン含量の系統間差を明らかにするため、2003年および2004年の3月中旬に分析を行った。可溶性タンニン濃度は、2004年は系統間差がみられなかったが、2003年は芽で“安部”系が他の2系統と比較し有意に高かった。しかし、タンニンの分子量は、6,400～13,800と極めて大きく（松尾・伊藤, 1977）、細胞溶液中のタンニンのモル濃度は糖やアントシアニンと比較すると著しく低いことから、耐凍性への影響はほとんどないものと考えられる。

4. まとめ

冬季の植物細胞の耐凍性は、含水量が少なく、糖、糖アルコール、アミノ酸などの溶質が多いことにより、細胞の浸透圧が高くなることによって向上することから（酒井, 1982）、栽培上はこれらの溶質を高めるような管理が重要になる。また、これら溶質の高まりやすい系統を栽培することが、凍害による障害の回避につながり、生産が安定する要因になると考えられる。本実験では、耐凍性に影響していると考えられる糖、糖アルコール（ソルビトール）、非タンニンフラバン（アントシアニン）の各溶質含量について調査した結果、“安部”系の1年生枝では全糖含量が、芽では非タンニンフラバン含量が“遠藤”および“出雲型”系と比較して特に少なく、これにより耐凍性が劣り障害を被りやすいものと考えられた。

芽と1年生枝を比較すると、芽の電解質漏出率が比較的高い温度で高まり、耐凍性が劣った。これは、芽では全糖含量は多かったものの、含水率が高く、さらに非タンニンフラバン含量が

少なかったことが原因と考えられる。さらに、物理的な要因として、1年生枝表面はコルク層とパラフィン層で覆われ、枝表面からの水分の蒸発が抑えられている（酒井, 1982）のに対し、芽は鱗片で幾重にも覆われているものの、一つの層にはなっていないことも要因として考えられる。本実験では、アミノ酸の分析は行わなかったが、この含量も芽と枝の耐凍性に影響しているものと考えられ、今後検討を要する。

芽や、枝中のタンニン含量は、その分子量が極めて大きいことから、耐凍性への影響はほとんどないものと考えられる。一方、本実験の結果で注目したいのは、“安部”系の1年生枝および芽中の不溶性タンニン含量が明らかに“遠藤”系および“出雲型”系統より多かったことであり、これは不溶性タンニンの過度な集積が発芽不良症状の発生原因とする松本ら（2006）の報告と符合する。

発芽不良発生に至る過程

松本ら（2006）は、‘西条’における発芽不良症状の発生が、冬季氷点下の低温に遭遇することにより助長されるとしている。第2章で示したように、‘西条’早生“B型”系統中、“安部”系で発芽不良症状の発生が著しい。酒井（1982）は、落葉果樹では樹勢の低下した樹では凍害を受けやすく、樹勢を高める栽培管理が凍害を防除する上で有効であるとしている。本実験の結果から、“安部”系で芽、1年生枝ともに耐凍性が低いことが明らかとなった。本実験における“安部”“山坂”“和田”系をはじめ県下カキ産地で栽培されている早生“B型”系統のうち比較的直立性の強い系統では、変則主幹形から強制誘引による開心形への樹形改造や、幼木時からの添え竹による強制誘引により、頂部優勢性が弱まったことによって新梢伸長が抑制され、展葉数が減少したことで樹勢低下を招いたものと考えられる。それにより、芽や枝中の糖や非タンニンフラバンといった溶質濃度が低下することにより、冬季から発芽期前後の氷点下の低温によって軽度の凍害を被った結果、発芽不良症状が引き起こされるものと推察された。“安部”“山坂”“和田”系は島根県内の‘西条’産地で広く栽培されている可能性があり、発芽不良症状の発生がさらに増加すること

も懸念される。

発芽不良症状は、一度発症すると回復が難しい。これは、発芽不良症状の発生によって新梢生長が抑制され葉面積が減少することにより、蒸散流の流動が緩慢となる。それによって、木部中の不溶性タンニンの集積が進行し、道管液の流動が悪くなることにより水分や無機成分およびサイトカイニンが、タンニン集積部から先に移行しにくくなることにより、さらなる樹勢低下を招き、骨格枝先端から枯死が進行するものと考えられる。また、葉面積の減少は、本研究で指摘したように貯蔵炭水化物含量の低下を招き、このことが松本ら（2006）が指摘しているように、タンニンの不溶化を助長している可能性がある。さらに、葉面積の減少により、芽や母枝中の炭水化物含量や、芽中のアントシアニン含量が減少し、冬季から早春季の低温障害を招いていることも一因と考えられる。著者らは、発芽不良激発樹の旧枝木部部分にしばしば黒変部を確認しているが、この部分と健全部の組織を分析した結果、黒変部はタンニン、Ca、MgおよびMn含量が明らかに多く、含水率が低かった。このことから、道管流の阻害により旧枝木部に無機成分が過度に集積していることは明らかであった（データ省略）。実際、本実験で供試した“安部”系では新梢の初期伸長が抑制され、葉縁に細かい切れ込みの入るCa欠乏と考えられる症状が多く認められた（森次・河崎、1985）。

本実験により、枝や芽中の炭水化物含量やアントシアニン含量が少ないことにより、低温耐性が低下して発芽不良を招いている可能性が示唆されたことから、耐凍性の優れる“遠藤”系を栽培することが、晩霜害等低温障害の発生を防ぎ、発芽不良の予防にも有効であると考えられる。

着果管理法改善による耐凍性強化と作業性の向上

着果管理法改善による貯蔵炭水化物含量増加効果

‘西条’早生系統において、貯蔵炭水化物含量を高めて耐凍性を強化し、晩霜害の発生を予防するとともに、安定して大玉果率を高めかつ省力化を図るための摘蕾、摘果方法として、強摘蕾区を慣行区と比較検討した。また、弱摘蕾区は、摘蕾後の着蕾数を1新梢当たり1～3蕾

残す摘蕾不足を、弱摘果区は、仕上げ摘果が間に合わず着果過多のまま成熟期を迎える摘果不足を想定し、これら栽培現場で問題になっている状況についても併せて検討した。

カキの貯蔵炭水化物は、着蕾から開花、着果、果実肥大初期の細胞分裂に至るまでの生長に用いられ、その含量の多寡がその年の着果量、果実肥大、収量を大きく左右する（平田ら、1974）。本実験の新梢および細根中全炭水化物含量は、弱摘蕾区の細根中全糖含量が明らかに少なかった以外は、大きな差はみられなかった。弱摘果区における着果数は、他処理区より16～40%多かったにもかかわらず、全炭水化物含量は比較的多かった。リンゴでは、着果量が増加するほど葉の乾物生産能および樹当たり全乾物生産量が増加することから（福田ら、1991）、本実験の弱摘果区程度の着果負担であれば、全乾物生産量の増加により、果実への乾物分配量が増加しても貯蔵養分の減少はわずかで抑えられるものと考えられた。また、弱摘果区では、摘蕾を適正に行ったことにより、初期の養分浪費が少なかったことも貯蔵炭水化物含量が比較的多かった一因と思われる。逆に、葉果比が高かった強摘蕾区で貯蔵炭水化物含量がさほど多くなかったのは、強摘蕾により着果数が早期から少なくなることで、樹全体での果実のsink力が弱くなったことにより、乾物生産量が抑えられたうえ、果実中可溶性固形物含量が高かったことから、生産された乾物が果実へ多く分配されたことによると考えられる。弱摘蕾区は、成熟期の葉果比が高かったにもかかわらず、細根中炭水化物が他処理区より約2%少なく、翌年への影響が大きかった。清水ら（1975）は、温州ミカンを用いて、葉果比と貯蔵炭水化物含量との関係を調査した結果、葉果比が減少するにつれて根中のデンプンが直線的に減少し、葉果比と最も緊密な関係を示したとしている。本実験においても、弱摘蕾により葉果比が低下すると、新梢より細根中の炭水化物含量の低下が著しく、同様の傾向がみられた。また、適正摘蕾後摘果をほとんど行わなかったため、葉果比が低く着果負担の大きかった弱摘果区より、摘蕾が不十分で7月中旬に適正着果とした弱摘蕾区で顕著に細根中の炭水化物含量が低下したことは特筆すべ

き点であろう。この要因として、弱摘蕾区は、着果負担の軽減が遅れたことにより果実の細胞分裂が抑制され小果となるため、残された果実のsink力が低下し、光合成産物の転流が制限されたことが考えられる。それにより、葉で生産された光合成産物が転流できずに葉に蓄積することによって光合成能力が低下し、細根中の同化産物の蓄積量が減少したものと考えられる(児島, 2004)。

着果管理法改善による果実品質向上効果

収量および果実品質は、強摘蕾区と慣行区との間に有意差がみられなかった。松本・黒田(1982)はカキ‘富有’を用いた実験で、収穫果重の増加は、無摘蕾から1結果枝当たり1蕾までの範囲では着果調整程度に比例したが、それ以上に強く摘蕾しても変化はなかったとしている。本実験においても、平均果重は1結果枝当たり1蕾以下に制限した強摘蕾区と、1結果枝当たり1蕾近くまで制限した慣行区との間に差はみられず、‘富有’での報告と同様の結果であった。このことから、強摘蕾による飛躍的な果実肥大効果や収量の増加は期待できないと考えられる。また、強摘蕾区は摘蕾時にはほぼ目標着果数まで制限することから、その後の生理落果により着果数がやや減少する問題が発生する。しかし、北川(1970)は摘蕾により着果数が少なくなった場合、その上激しく落果することはないとしており、本実験においても、強摘蕾区の着果数は慣行と有意差がなかったことから、成木での摘蕾はその後の生理落果を気にせずに行った方が良い結果につながるように思われる。一方で、強摘蕾区の果実中可溶性固形物含量は最も優れ、成熟も早まり比較的斉一になったことから、早期の着果制限は糖の蓄積や熟期前進に効果的であった。弱摘蕾区は着果直後から、弱摘果区は8月以降果実肥大が劣り、ともに平均果重が有意に小さかった。特に、最終着果数の多かった弱摘果区は果実中可溶性固形物含量が明らかに低く、熟期もやや遅れた。これは、葉果比が低く1果当たりの同化養分の分配量が少ないことと、果実どうしの重なりにより着色が抑制されたことが原因と考えられる。‘富有’では、満開29日前から満開12日後までの摘蕾摘果では、いずれの時期でも果実肥大に

差はみられないが、満開38日以後の摘果では1果重が著しく小さくなり(松本・黒田, 1982)、最終収量の2倍より多い花を残すことは大果生産上望ましくないと報告されている(清水ら, 1975)。このことから、本実験の弱摘蕾区は、無摘蕾ではないものの、着果負担の多い状態で満開後45日頃まで経過したことにより、仕上げ摘果で適正な葉果比にしても平均果重が劣ったものと考えられる。しかし、果実中可溶性固形物含量は慣行と同程度であったことから、仕上げ摘果を適正に行えば糖度の面では問題がないようである。葉果比が母枝単位で10程度、樹単位で15.6であった弱摘果区は、平均果重、果実中可溶性固形物含量、着色ともに劣ったことから、母枝単位での葉果比は従来から指導されていた15程度は必要であると考えられた。

着果管理法改善による作業能率向上効果

摘蕾、摘果の作業能率は、摘蕾主体の強摘蕾区が1分当たり作業数および10a当たり作業時間ともに最も優れた。それに対し、摘果主体の慣行区および弱摘蕾区の10a当たり作業時間は、強摘蕾区に対しそれぞれ16%および34%多く、特に弱摘蕾区は1分当たり作業数も強摘蕾区の約63%であり、作業能率が劣った。これは、1分当たりの作業数が、摘蕾は13~20蕾であるのに対し、摘果は摘果時の着果密度により異なるものの5~10果であり、2倍程度の開きがあることが主な理由であった。すなわち、摘蕾が素手で容易に行えるのに対し、摘果はハサミを用いなければならないことが大きな要因であり、省力化の面から摘蕾は極めて有効である。また、カキは6月上旬まで前年の貯蔵養分で生育することから(平田ら, 1974)、摘蕾により早期に着果数を制限することは、開花から結実、初期肥大にかけての多大な養分消費を抑制するのに有効であると考えられる。しかし、摘蕾の適期は20日程度の短い期間に限られ、経営規模が大きい場合や稲作等との複合経営の場合には、着果調節をこの期間内に全て摘蕾で行うことは極めて困難である(松本・黒田, 1982)。「富有」では、満開後20日頃までに摘果すると摘蕾と同程度の果実肥大が期待できることから(松本・黒田, 1982)、「西条」でも摘蕾が開花期以降まで遅れても積極的に実施すべきである。しかし、

開花期以降は花（果）梗が硬化するため作業能率は著しく劣り、さらに‘西条’の早生系統は‘富有’より1か月以上早い10月上旬に成熟することから、‘富有’以上に摘蕾による着果調節が重要である。

着果管理法改善による翌年の着蕾増加効果

翌年の着蕾は、強摘蕾区が最も多く、次いで慣行の普通摘蕾中摘果区であった。‘西条’の花芽分化期は7月上旬であり（西田・池田，1961），この時期の新梢中の糖含量が多いほど花芽分化が促進されることから（千々和ら，1997），着蕾数を最も少なく制限した強摘蕾区では他処理区より開花，結実に使用される炭水化物が少なく，新梢中の糖含量が多かったと推定され，それにより花芽分化が促進されたものと考えられる。これに対し，摘蕾不足の弱摘蕾区は，花芽分化期までに他処理区より2～3倍多く開花，結実させたことにより，貯蔵炭水化物の消費が著しく多く，花芽分化が抑制されたものと考えられ，翌年の着蕾数は極めて少なかった。摘果不足の弱摘果区は，摘蕾を適正に行っていたにもかかわらず，翌年の着蕾数が少なかった。これは，7月以降の着果過多状態により，種子で生成されるジベレリンが多く，花芽形成を阻害したことが一因ではないかと推察される（長谷川，1998；Luckwill，1970）。

以上のように，強摘蕾区は，慣行以上の飛躍的な収量や果実肥大の向上はみられなかったものの，貯蔵炭水化物含量が増加し，果実品質が良好で作業能率も優れた。また，摘蕾を適正に行わなかった場合，7月に仕上げ摘果を行っても，貯蔵養分含量および果実品質の低下や翌年の着蕾の減少が著しかった。このことから，摘蕾が開花期までに終わらなかった場合でも，引き続き6月中に摘花（果）すべきであり，無摘蕾状態で7月の摘果時まで経過させることが，その後の果実肥大や貯蔵養分含量に悪影響を及ぼすものと考えられる。したがって，耐凍性向上および発芽不良症状の予防のためには，摘蕾による着果制限が極めて重要である。

第5章 早生優良系統への効率的更新法

第1節 腹接ぎ直上部へのはく皮処理による樹冠早期拡大

カキ‘西条’は，樹勢が極めて強く，経済樹齢に達するのに長年月を要するため，樹齢4～5年生時に主幹部に対し環状はく皮処理を施し，花芽着生促進および着果安定を図っている（内藤ら，1981）。果樹栽培における環状はく皮処理は，新梢の徒長抑制，幼若性打破による花芽着生促進，果実肥大や着色促進および糖度向上に対して有効であり（文室，1998；内藤ら，1981；大城ら，1998；山本ら，1992），一般的な技術として広く普及している。また，はく皮逆接ぎ処理は，環状はく皮による効果を長期的に維持する効果が認められている（荒川ら，1998）。

一方，‘西条’では第2章および第3章で述べたように，とくに早生“B型”系統において樹上軟化や発芽不良などの生理障害が多発していることから，“遠藤”系等の優良系統への高接ぎ更新が徐々に進みつつある。しかし，従来から行われている更新方法には一長一短がある。すなわち，一挙更新法は新品種への移行は速やかなものの，数年の未結果期間ができる。一方，漸次更新法は収量の落ち込みを少なく抑えるのに良い方法であるが，骨格枝単位の更新では新品種の樹冠拡大が遅れ，更新に長年月を要する。そこで，本実験では，‘西条’の主枝漸次更新の際，腹接ぎ直上部の旧主枝に対し環状はく皮もしくは，はく皮逆接ぎ処理（はく皮した皮層部を上下逆向きにして，はく皮部分に再度はめ込む方法）を施すことによる，新主枝の樹冠拡大の促進効果と，併せて旧系統主枝の収量および果実品質向上効果について検討した。

材料および方法

1. 供試樹および処理方法

供試樹として，2000年に旧島根農試園芸部開発営農科試験圃場植栽の11年生‘西条’9樹，2001年に隣接したS氏圃場植栽の15年生‘西条’12樹を使用した。各供試樹とも整枝法は4本主枝変則主幹形であった。なお，各供試樹とも軽度の発芽不良症状が認められた。主幹分岐部か



図5-1 高接ぎとはく皮処理の部位と方法
 腹接ぎ：主幹分岐部より約50cm先端の主枝上2か所、1樹当たり計8か所に、2000年5月2日および2001年4月20日に実施した。
 はく皮処理：腹接ぎか所より5cm先端部に、2000年は接ぎ木後60日、2001年は接ぎ木後45日に実施した。

ら50cm程度先端部の主枝側面に、2芽に調製した‘西条’“B型”系統の“遠藤”系の穂木を、1樹につき4本の主枝に高接ぎした。2000年は5月2日、2001年は4月20日に1主枝当たり左右2か所、1樹8か所に、腹接ぎ法で接ぎ木を行った。環状はく皮、はく皮逆接ぎおよび無処理は1樹1処理区として、2000年は各処理区3反復（3樹）、2001年は各処理区4反復（4樹）とした。腹接ぎ後、はく皮処理を行うまでの日数が生育に及ぼす影響を明らかにするため、はく皮処理の時期は2000年では接ぎ木後60日、2001年では同45日に行った。はく皮の処理部位は、主枝の腹接ぎ部から約5cm先端の部分とした（図5-1）。はく皮の処理幅は、主枝径14～17cmに対し0.8～1.0cmとした。環状はく皮およびはく皮逆接ぎ処理部には、処理後直ちにビニルテープを巻いて癒合を促した。接ぎ穂からの新梢伸長を促すため、樹冠内部への返し枝はせん除し、接ぎ木部付近の受光体勢を良好に保った。

2. 穂木からの新梢生長

穂木の先端から発生した新梢について、その長さをはく皮処理直後と新梢伸長停止後に測定し、新梢伸長率を求めた。さらに高接ぎ、はく皮処理後2年間、新梢長と接ぎ木部分からの延長を測定し、主枝拡大率を求めた。なお、試験の概略図を図5-2に示した。

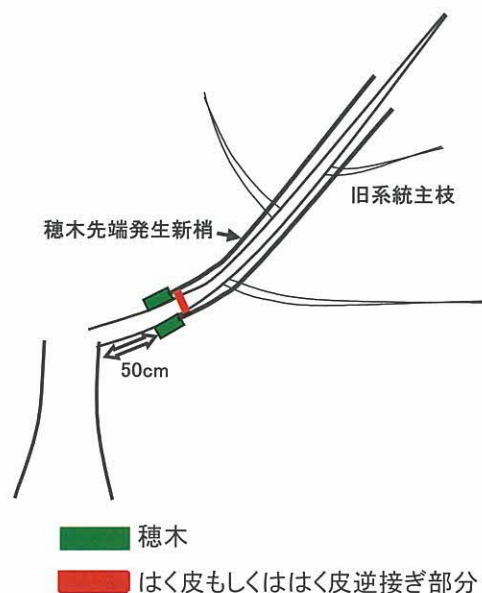


図5-2 試験概略図

3. 収量および果実品質

腹接ぎ当年の収量および果実品質は、旧系統の適熟果を収穫後、収量および果数は全果について、果汁中可溶性固形物含量および果肉硬度は各処理区とも1樹当たり15果についてドライアイス脱渋後調査した。果実中可溶性固形物含量はデジタル糖度計（アタゴ製PR-101）を、果肉硬度は果実赤道面について果実硬度計（藤原製作所製、円柱プランジャー、直径11mm）を用いて測定した。

4. 葉および新梢中炭水化物含量

2001年処理については、穂木の先端から発生した新梢の第5葉を9月27日に採取し、葉色値を携帯型葉緑素計（ミノルタ製SPAD502）で測定後、通風乾燥させ乾物率を求めた。穂木の先端から発生した新梢は、12月19日に先端から20～30%を切り返しせん定し、せん除部分を細かく刻み、葉と同様にして乾物率を求めた。乾燥後、微粉碎し80%熱エタノールで抽出して可溶性糖の定量に、糖抽出残渣を8.14N過塩素酸で抽出してデンプンの定量に用いた。除タンパクは硫酸亜鉛と水酸化バリウムで行い、糖、デンプンともにフェノール硫酸法で測定した（坂野，1989）。

表5-1 カキ‘西条’の主枝における腹接ぎ直上部の環状はく皮およびはく皮逆接ぎ処理が接ぎ穂からの新梢生長に及ぼす影響

年次	処理区 ^z	新梢長		新梢伸長率 ^y (%)
		処理時 (cm)	伸長停止期 (cm)	
2000	環状はく皮	11.8	31.5	166.9
	はく皮逆接ぎ	10.6	34.2	222.6
	無処理	11.9	19.5	63.9
	有意性(P<0.05) ^x	n.s.	n.s.	n.s.
2001	環状はく皮	7.3	44.0 a ^w	502.7ab
	はく皮逆接ぎ	6.5	46.4 a	613.8 a
	無処理	6.4	24.4 b	281.3 b
	有意性(P<0.05)	n.s.	*	*

^z処理日：2000年6月30日（接ぎ木後60日），2001年6月5日（接ぎ木後45日）^y[(新梢伸長停止後新梢長－処理時新梢長)/処理時新梢長]×100^x分散分析によりn.s.；有意差なし，*；5%水準で有意差あり^w処理区間の比較はTukeyの多重検定により異なる英小文字間に有意差あり

結 果

1. 腹接ぎ直上部へのはく皮処理による新主枝候補の延長拡大

はく皮処理時および新梢伸長停止期新梢長と新梢伸長率を表5-1に示した。新梢伸長停止期の新梢長，新梢伸長率ともに，両年とも環状はく皮およびはく皮逆接ぎ区が無処理区に対し長くなる傾向がみられ，2001年ははく皮逆接ぎ区と無処理区との間に有意差が認められた。しかし，はく皮処理間の差は明らかでなかった。

各処理区の接ぎ木以降3年間の，穂木の先端から発生した新梢の伸長量と，主枝延長拡大率について図5-3に示した。穂木の先端から発生した新梢の伸長量は，はく皮両区が無処理区より優れた。その結果，接ぎ木2年後の主枝延長拡大率は，はく皮両区が70～80%であり，無処理区の48%より著しく優れた。

2. はく皮処理と収量，果実品質

はく皮処理と併存旧主枝の収量，果実品質との関係を表5-2に示した。収量は，はく皮処理により多くなる傾向がみられ，2000年のはく皮逆接ぎ区が1樹当たり約63kgで，無処理区より有意に多かった。平均果重は，はく皮両区が明らかに優れ，両年とも無処理区との間に有意差が認められた。果汁中可溶性固形物含量および果肉硬度は処理区間に差がみられなかった。

3. 腹接ぎ後のはく皮処理と穂木先端発生新梢中炭水化物含量

穂木先端から発生した新梢の葉色，葉および

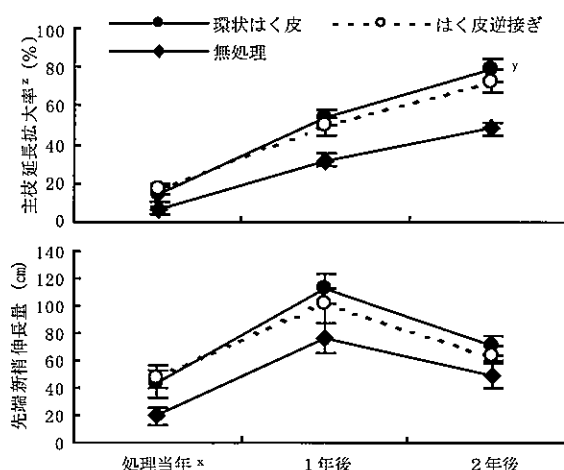


図5-3 カキ‘西条’の主枝における腹接ぎ直上部の環状はく皮およびはく皮逆接ぎ処理が接ぎ木当年以降3年間の接ぎ穂からの新梢生長に及ぼす影響

^z(高接ぎした新系統の主枝総延長/旧系統の主枝全長)×100

^y縦棒は標準誤差を示す

^x2001年高接ぎおよびはく皮処理

新梢乾物率，新梢中炭水化物含量を表5-3に示した。葉色値は，処理による差が明らかでなかった。葉の乾物率は，環状はく皮およびはく皮逆接ぎ区が39%前後で無処理区より有意に高かった。新梢の乾物率は明らかな差がみられなかった。新梢中炭水化物含有率について，糖，デンプンとも処理間に有意差がなかったものの，全炭水化物含量ははく皮両区が無処理区より有意に高かった。全ての調査項目において環状はく皮区とはく皮逆接ぎ区間に差は認められなかった。

表5-2 カキ‘西条’の主枝における環状はく皮およびはく皮逆接ぎ処理が旧系統の収量と果実品質に及ぼす影響

年次	処理区 ^z	1樹当たり 収量 (kg)	平均果重 (g)	果実中可溶性固 形物含量 (Brix)	果肉硬度 (kg)
2000	環状はく皮	41.4ab [*]	213.8 a	19.0	1.82
	はく皮逆接ぎ	63.4 a	225.0 a	19.3	1.80
	無処理	33.4 b	185.8 b	19.7	2.18
	有意性(P<0.05) ^y	*	*	n.s.	n.s.
2001	環状はく皮	26.7	161.3 a	18.0	2.68
	はく皮逆接ぎ	31.5	174.0 a	17.9	2.53
	無処理	19.0	124.5 b	18.6	2.15
	有意性(P<0.05)	n.s.	*	n.s.	n.s.

^z処理日：2000年6月30日（接ぎ木後60日），2001年6月5日（接ぎ木後45日）^y分散分析によりn.s.；有意差なし，*；5%水準で有意差あり^x処理区間の比較はTukeyの多重検定により異なる英小文字間に有意差あり

表5-3 カキ‘西条’の主枝における腹接ぎ直上部の環状はく皮およびはく皮逆接ぎ処理が穂木先端新梢および葉の乾物率ならびに新梢中炭水化物含量に及ぼす影響

処理区 ^z	葉色 ^y	乾物率(%)		新梢中炭水化物含有率(%/DW)		
		葉	新梢	糖	デンプン	全炭水化物
環状はく皮	48.5	38.7 a ^w	52.3	3.58	3.79	7.37 a
はく皮逆接ぎ	47.4	39.4 a	52.0	3.42	3.56	6.98 a
無処理	48.1	33.0 b	51.9	3.04	3.37	6.41 b
有意性(P<0.05) ^x	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	*

^zはく皮処理：2001年6月5日（接ぎ木後45日），新梢第5葉採取：9月27日，新梢炭水化物分析試料採取：12月19日^ySPAD502測定値^x分散分析によりn.s.；有意差なし，*；5%水準で有意差あり^w処理区間の比較はTukeyの多重検定により異なる英小文字間に有意差あり

考 察

本報告では、主枝基部への腹接ぎによる主枝漸次更新で、接ぎ木2年後の主枝延長枝は、元の長さの70～80%まで回復した。これまで、更新品種の迅速な樹冠拡大を図るには、旧品種の骨組みを大きく残し、高接ぎ箇所を多くすることが有利な更新法であるとされているが（青木ら，1983；佐藤ら，1975），限られた接ぎ木適期内に数百本の接ぎ木作業をすることは容易ではない（佐藤ら，1975）。また、大城ら（1989）はナシ‘長十郎’に‘幸水’‘豊水’の穂木を高接ぎする方法として、亜主枝一挙更新と亜主枝および主枝漸次更新を比較検討している。それによると、優良品種への更新を短期間に完了するのに最も適した方法は亜主枝一挙更新であったが、穂木品種と併存旧品種を合わせた新旧合計収量は、接ぎ木4年目まで主枝漸次更新法が他の更新法に比べ多かったとしている。このこ

とから、旧品種と更新品種が同等の商品価値を有し、生理障害や耐病性等栽培上の問題で更新する場合は、漸次更新法が収量の落ち込みが少なく、収益の変動が抑えられると思われる。したがって、本報告で行った漸次更新時の腹接ぎ直上部へのはく皮処理は、ナシの報告と同様に収量低下抑制に有効であり、さらに更新品種の早期樹冠拡大に対し、より有効な方法と考えられる。

環状はく皮、はく皮逆接ぎ処理が穂木からの新梢伸長に及ぼす影響

本報告での穂木の先端から発生した新梢の処理1年後の伸長は、はく皮逆接ぎ区が無処理区より有意に優れ、環状はく皮区も優れる傾向が認められた。これは、処理当年における穂木からの新梢伸長が優れ、葉面積が多かったことにより、そこで生産される同化養分量が多かったことと、はく皮部より上部への転流が少なく、結果的に穂木から発生した新梢中の貯蔵炭水化

物含量が増加したことが大きな要因と考えられる。さらに、処理当年における接ぎ穂からの新梢伸長が優れたことにより、無処理と比較し穂木基部径が太くなり、根からの水分や無機成分の流入量が多くなったと推察され、このことが処理1年後以降、穂木の先端から発生した新梢の生長をより促したと思われる。

環状はく皮、はく皮逆接ぎ処理が旧系統主枝の果実品質に及ぼす影響

収量および果実品質についてみると、果実肥大ははく皮処理により明らかに促進され、それにより収量も増加する傾向が認められた。しかし、果汁中可溶性固形物含量は、はく皮処理の効果がみられなかった。環状はく皮およびはく皮逆接ぎ処理が収量や果実品質に及ぼす影響については多くの報告があり、着果数増加や果実肥大促進による収量の増加が認められたもの(文室, 1998)、果実糖度向上や熟期促進効果が認められたもの(山本ら, 1992)、果実肥大促進と果実糖度向上の両方で効果が認められたもの(荒川ら, 1998)がある。本報告では、幼果期のはく皮処理により、貯蔵炭水化物および当年の同化養分が果実へ多く転流され、細胞分裂を促したことにより、果実肥大が促進されたと考えられる。しかし、果実への糖蓄積が増加する果実肥大第Ⅱ期には、すでにはく皮部は癒合し無処理と同様な状態であったことにより、果実中可溶性固形物含量に処理間差がみられなかったものと考えられる。

環状はく皮処理とはく皮逆接ぎ処理との比較

環状はく皮とはく皮逆接ぎ処理の効果を比較すると、はく皮逆接ぎ処理が2000年の収量で環状はく皮処理より有意に優れたものの、平均果重、果実品質に有意差はみられなかった。はく皮逆接ぎについては、Sax (1957) がリンゴ若齡樹で行った実験によると、処理下部に速やかに正常な師部組織が形成されることにより、同化養分が処理部より上部から下部へ転流するため、永続的にはく皮の効果が維持されるわけではないとしているが、少なくとも同じ処理幅であれば、はく皮逆接ぎが環状はく皮より効果が高いと考えられる。しかし、本報告の主目的である穂木からの新梢伸長促進効果は、環状はく皮とはく皮逆接ぎの処理間に差が認められなかった。

また、内藤ら(1981)が指摘しているように、はく皮逆接ぎは環状はく皮と比較し、手順が面倒な上、成木で樹皮が粗い場合はやりにくいことから、成木の漸次更新時における接ぎ木直上部への処理は、環状はく皮が適当と考えられる。環状はく皮およびはく皮逆接ぎ処理時期の検討

はく皮処理時期が接ぎ穂からの新梢伸長に及ぼす影響について、2000年は接ぎ木後60日の6月30日、2001年は同45日の6月5日に処理を行い比較した。その結果、両年とも、はく皮処理区が新梢伸長停止期の新梢長、新梢伸長率とも無処理区より優れる傾向がみられ、2001年は有意差が認められた。はく皮の処理時期について、カキ‘平核無’では最大葉面積に達してから2週間後の葉肉組織が完成する6月中旬頃が適期であるとしている(藤本・前坂, 1998)。本報告では、はく皮処理を6月5日と6月30日に行った結果、ともに接ぎ穂からの新梢伸長を促進する傾向がみられ、年次が異なるため断定は難しいものの、特に6月5日処理が有意に優れる結果となった。本報告で接ぎ穂からの新梢伸長や葉の乾物蓄積が促進されたのは、はく皮処理により根や主幹部の貯蔵養分が、接ぎ穂から伸長した新梢に集中的に転流したことによると考えられることから、穂木からの新梢伸長促進効果を期待する場合、はく皮処理は貯蔵養分が十分残っている時期が適期であり、開花期頃(6月上旬)までの処理が適当と思われる。

総合考察

1. ‘西条’の起源と系統分布

島根県の特産果樹であるカキ‘西条’は、多くの系統を有する系統群であり、果実形質の大きな違い、あるいは遺伝子解析により、明らかに‘西条’と異なるものが1系統として扱われている“久手型”系統のような場合もあるものの、同じ母樹からの栄養繁殖と考えられる系統や、同じ母樹の実生由来と考えられる近縁系統が中四国地方に広く分布している(磯田, 1983 a, b; 河野ら, 1980; 前重, 2008; 尾山ら, 2007)。それらは、果実形状および熟期によって大きく3グループに分類される。すなわち、果形が丸形あるいは短方円形で4条溝が深く成熟期が10月上中旬と早いグループ、果形が長形

あるいは卵形で溝が浅いかほとんどないもので、成熟期が10月中旬から11月上旬と遅いグループ、そして果形、熟期ともにそれらの中間的なグループである。島根県では、県内で栽培されている系統を主に果形の違いにより、“A型”“B型”“日御碕型”“久手型”“出雲型”“石見型”に分類した。それらの系統を高接ぎにより栽培比較した結果、早生“B型”および中晩生“出雲型”が果実品質、収量性ともに優れており、優良系統として普及してきた（河野ら，1980）。しかし、これら2系統ともそれぞれの系統中に、果実品質や形状、成熟期、樹体生育の異なる複数の系統が存在する系統群であり、特に“B型”は果実生産性や生理障害発生程度の大きく異なる複数の系統が存在する。本研究は、この早生“B型”系統中の優良系統を選抜する目的で行ったものである。

2. 樹体生育、果実品質の早生系等間差

‘西条’早生“B型”系統中、母樹が異なると考えられ、二次選抜で有望と思われた6系統（“安部”“遠藤”“Bわい性”（“遠藤”系の枝変わり系統），“山坂”“古藤”“和田”）を供試し、樹体生育や果実品質および収量を調査して果実生産性の優れる系統を選抜した。なお、“安部”“遠藤”“Bわい性”系は鳥取県から、“山坂”“和田”“古藤”系は岡山県から導入された系統と考えられている。“古藤”系はわい性傾向が認められ、“安部”系は春季の発芽不良の発生により生育および収量が劣った。“和田”系は新梢が徒長し、主幹の材積生長が旺盛であり、生産効率が劣り熟期も遅れた。“山坂”系は、全供試系統の中で平均的な樹の生育を示した。“遠藤”系および“Bわい性”系は、樹冠占有面積率がそれぞれ86.6%、73.9%と高かった。さらに、葉面積指数（LAIF；単位土地面積当たり葉面積指数）は“遠藤”系が2.76で最も高かった。葉師寺（1970）は開心自然形整枝のウンシュウミカンで最大収量の得られる樹冠占有面積率は84.3%であり、残りの15.7%は「生産的空間」として多収穫には絶対に必要であるとしている。また、高橋ら（1998）は、‘西条’で果実収量3 t/10a以上を得ているY字形棚整枝の高生産園を調査した結果、葉面積指数が3.6、樹冠占有面積率は83%であったとしている。本実験での

“遠藤”系は葉面積指数はやや低いものの、樹冠占有面積率はほぼ最適な状態であったことから、本実験供試系統の中では最も好適樹相であったと考えられる。

“Bわい性”および“古藤”系は、熟期が比較的早かったのに対し、“遠藤”系はやや遅く、“和田”系は著しく遅かった。“遠藤”系は同化産物の蓄積量が多く、果実および細根への分配率が高いことにより、高品質果実が連年10a当たり3 t程度生産できるものと推定された。“Bわい性”系は豊産性なうえ、早熟で着色始期が早いものの、年により樹上軟化の発生が多かったことから、‘西条’“B型”系統では“遠藤”系が最も優れると考えられた。

3. 樹上軟化発生の系統間差と防止対策

カキ‘西条’の最も重要な生理障害は樹上軟化である。これは、8月下旬以降の果実着色期に果実が樹上で軟熟し、落下するものであり、後期生理落果と考えられる。樹上軟化は、果実内のエチレン生成レベルがある値以上に高まることにより発生するとされている（板村ら，1998）。梅雨期の降雨量が多く、その後夏季も急激な高温乾燥と降雨を繰り返すような気象条件の年に多くみられる。これは、長期間の湛水状態により細根や葉中のACCやエチレン生成量が多くなることが原因と考えられる（Tamuraら，1996）。早生“B型”系統の中でも、樹上軟化の発生に系統間差がみられることから、6系統における樹上軟化発生の程度とその原因、および防止方法について検討した。7～9月の降雨が多い年においても、“遠藤”“山坂”および“安部”の各系統は細根活性の低下がみられず、果実のエチレン発生量が低く推移し、樹上軟化の発生が少なかった。これに対し、“古藤”および“Bわい性”系はエチレン発生が多く、特に“古藤”系で顕著であり、樹上軟化の発生が多かった。

本実験における早生系‘西条’の地下部湛水処理では、湛水処理開始後10日頃に、果実のエチレン発生量が極めて多くなり、その後著しい落葉と落果がみられた。これに対して、樹全体の遮光処理では、果実のエチレン発生量が少なく、落葉および落果は対照区と同程度に少なかった。したがって、樹上軟化発生は土壌の過湿に

より促進されるものの、日射不足による同化養分生成の抑制はほとんど影響を及ぼさないばかりか、逆に軟化の発生を遅延させた。

カキ‘西条’の樹上軟化多発生樹では、葉および果実内のMn含量が少なく、このことが軟化発生を助長していると考えられることから(梶野ら, 2009)、硫酸マンガンの葉面散布、Mn肥料の土壤施用および土壤pHの酸性化の効果について検討した。さらに、土壤の過湿および過乾燥を抑制することによる樹上軟化防止効果を明らかにするため、多孔質マルチの樹冠下全面被覆について検討した。硫酸マンガンの葉面散布処理による、葉、ヘタおよび果肉中Mn含量向上効果はみられなかった。しかしながら、イオウ華の土壤施用により土壤pHを4.5程度に矯正し、さらにMn資材を施用することにより、pHが5.5以上では不可吸態化していたMnが可吸態化して葉、ヘタ、果肉および1年生枝中Mn含量が著しく増加した。それにより、果実のエチレン生成が抑制される傾向が認められ、樹上軟化の発生が減少した。樹上軟化多発園において、成熟期の果肉中Mn含量が100ppm以上になるように、土壤pHの矯正とMn資材を施用することにより、樹上軟化発生を抑制できる可能性があると考えられた。

7月下旬以降の多孔質マルチの土壤全面被覆は、土壤の水分変動を抑え、pF値2.3程度で推移した。それにより、果実のエチレン発生が抑えられ、樹上軟化発生が抑制される傾向がみられた。

4. 耐凍性の系統間比較と着果管理法の改善による耐凍性向上

Sakai・Yoshida (1968) は、糖と糖アルコールで高い凍害防御効果を認め、冬季の植物体内におけるこれらの含量が多いほど耐凍性が高いとしている。また、カキやリンゴ、モモでは低温順化の過程で枝梢のアントシアニン含量を高めることにより耐凍性を高めていると考えられることから(冷ら, 1993; Leng et al, 1997; Leng et al, 2000)、『西条』『B型』および『出雲型』における耐凍性と炭水化物および非タンニンフラバン(主としてアントシアニン)含量との関係を明らかにした。さらに、樹勢強化対策としての着果管理法について検討した。生育が良好

な『遠藤』系や『出雲型』系統は、生育が不良な『安部』系に対し、萌芽前早春の1年生枝中糖含量が有意に高かった。これは、これらの系統でショ糖およびソルビトール含量が高かったことが原因であった。また、『遠藤』系や『出雲型』系統の芽中ブドウ糖含量は『安部』系に対し有意に多かった。芽および1年生枝皮層部における非タンニンフラバン(主としてアントシアニン)含量は、『安部』系が他の2系統に対し少ない傾向が認められた。3月中旬に芽および1年生枝を -3°C および -6°C に遭遇させたときの電解質漏出率は、『安部』系が他の2系統より有意に高かった。『安部』系では -3°C および -6°C の低温処理後に、芽および1年生枝維管束で褐変障害が認められ、他の2系統に対し耐凍性が劣った。したがって、『安部』系では早春季に氷点下の低温に遭遇することにより、晩霜害を被ったり、それに起因する発芽不良症状の発生を助長する可能性が示唆された。

貯蔵養分減少による樹勢低下や、耐凍性の低下による低温障害、さらには発芽不良の発生を防止するため、摘蕾、摘果の改善方法について検討した。母枝10cm当たり1蕾の基準で摘蕾する強摘蕾弱摘果(葉果比23.7)と、摘蕾不足を想定した弱摘蕾強摘果(葉果比20.8)および摘果不足を想定した普通摘蕾弱摘果(葉果比15.6)並びに普通摘蕾中摘果(慣行、葉果比20.3)を比較検討した。その結果、貯蔵炭水化物含量は、新梢は処理間差が少なかったものの、細根は弱摘蕾強摘果が著しく劣り、翌年への影響が大きかった。着果数は強摘蕾弱摘果がやや少なかったが、収量は全処理間に有意差は認められなかった。平均果重および果実中可溶性固形物含量は強摘蕾弱摘果が最も優れたが、普通摘蕾中摘果と有意差はなく、普通摘蕾弱摘果および弱摘蕾強摘果はともに劣った。成熟期は、強摘蕾弱摘果が促進され、普通摘蕾弱摘果はやや遅れた。摘蕾、摘果の作業能率は、強摘蕾弱摘果が最も優れ、弱摘蕾強摘果は著しく劣った。翌年の着蕾は、強摘蕾弱摘果が極めて多く、普通摘蕾弱摘果および弱摘蕾強摘果はともに少なかった。以上のことから、カキ‘西条’において、母枝10cm当たり1蕾とする強摘蕾を行うことは、貯蔵炭水化物含量を増加させる効果が高く、樹勢

強化を図ることができ、さらに毎年安定した果実収量および品質を確保でき、作業能率も優れる方法であると考えられた。さらに、早春季の低温害に起因する発芽不良の回避のためにも、強摘蓄は有効であると考えられる。

5. 優良系統への効率的な高接ぎ更新法

既存の系統を優良系統へ速やかに更新する方法を明らかにするため、変則主幹形整枝の早生系「西条」を供試し、優良な「B型」「遠藤」系への腹接ぎ更新法を検討した。大城ら(1989)はナシの高接ぎ更新法として、亜主枝一挙更新と亜主枝および主枝漸次更新を比較検討した結果、優良品種への更新を短期間に完了するのに最も適した方法は亜主枝一挙更新であったが、収量は接ぎ木4年目まで主枝漸次更新法が多かったとしている。しかし、一般に主枝漸次更新法は、更新枝の伸長が劣るうえ、旧品種の陰になりやすく更新に長年月を要する場合が多い。そこで、本試験では変則主幹形整枝の各主枝主幹分岐部から約50cm上部2か所に穂木を腹接ぎし、新系統主枝の早期拡張と旧系統主枝の収量および果実品質向上を目的として、腹接ぎ直上部の主枝へ0.8~1.0cm幅で環状はく皮またははく皮逆接ぎ(さかつぎ)を行った。穂木からの新梢伸長は、環状はく皮とはく皮逆接ぎ処理により促進した。また、腹接ぎ初年度における穂木新梢中の全炭水化物含量は、環状はく皮とはく皮逆接ぎ処理により有意に高まった。接ぎ木2年後の主枝延長拡大率は、環状はく皮とはく皮逆接ぎ処理区では70~80%であり、無処理区より20~30%優れた。環状はく皮とはく皮逆接ぎを比較すると、穂木からの新梢伸長促進効果に有意な差は認められなかったが、はく皮逆接ぎ処理により旧主枝の果実肥大が有意に優れた。穂木からの新梢伸長促進効果を目的とする場合、はく皮処理時期は開花期頃(6月上旬)までが適当と考えられた。

摘 要

島根県で栽培されているカキ「西条」は、早生の「B型」系統と中晩生の「出雲型」系統が主要系統であるが、これらは多くの系統を有する系統群である。特に「B型」系統は樹体生育、果実品質、収量さらには樹上軟化や春季発芽不

良といった生理障害発生程度の異なる系統が存在する。そこで、早生「B型」系統中の多収系統の選抜、生理障害防止対策および早期更新技術について検討した。

1. 樹体生育、果実品質の早生系等間比較による優良系統選抜

「西条」「B型」系統中、起源が異なると考えられる「安部」、「遠藤」、「Bわい性」、「山坂」、「古藤」および「和田」の6系統を供試し、果実生産性の優れた系統の選抜を試みた。これらの系統の中で、「古藤」系はわい化する傾向がみられ、「安部」系は春季の発芽不良症状の発生が多く、ともに生育が他系統より劣った。「和田」系は新梢生長や主幹の肥大が旺盛で、収量が他系統より少なく、熟期が遅かった。「山坂」系は全系統中平均的な生育を示した。「遠藤」および「Bわい性」両系統は、樹冠拡大が優れ、土地面積当たり葉面積指数(LAI)が他系統と比較して高かった。両系統は、炭水化物生産量が優れ、炭水化物の果実および細根への分配率が高いことにより、果実品質を落とすことなく10a当たり収量が毎年3t程度得られると思われた。「B型」系統の中では、「遠藤」系が最も優れる系統であると考えられた。

2. 樹上軟化発生の系統間差と防止対策

カキ「西条」の早生6系統における樹上軟化発生の系統間差とその原因および防止方法について検討した。

7~9月の降雨が多い年においても、「遠藤」、「山坂」および「安部」の各系統は細根活性の低下がみられず、果実のエチレン発生量が低く推移し、樹上軟化の発生が少なかった。それに対し、「古藤」系では果実のエチレン発生量が多く、樹上軟化の発生が多かった。樹上軟化の発生は、土壌の過湿により促進されるものの、日射不足はほとんど影響を及ぼさなかった。

樹上軟化防止を目的に、Mn肥料の土壌施用および土壌pHの酸性化の効果、多孔質マルチの樹冠下全面被覆の効果について検討した。イオウ華の土壌施用により土壌pHを4.5程度に矯正し、さらにMn資材を施用することにより、樹体内のMn含量が増加した。それにより、果実のエチレン生成が抑制され樹上軟化の発生が減少

した。7月下旬以降の多孔質マルチの土壌全面被覆により、土壌水分の変化が少なくなり、果実のエチレン発生が抑えられ、樹上軟化発生が抑制される傾向がみられた。

3. 耐凍性の系統間評価と貯蔵養分増加対策

‘西条’の1年生枝と芽における耐凍性と炭水化物および非タンニンフラバン（主としてアントシアニン）含量との関係を調査するとともに、樹勢強化対策としての着果管理法について検討した。生育が良好な“遠藤”系や“出雲型”系統は、生育が不良な“安部”系に対し、萌芽前の1年生枝中全糖含量や芽中ブドウ糖含量が有意に高かった。また、芽および1年生枝皮層部における非タンニンフラバン（主としてアントシアニン）含量は、“安部”系が“遠藤”系に対し少ない傾向が認められた。3月中旬に芽および1年生枝を -3°C および -6°C に遭遇させたときの電解質漏出率は、“安部”系が他の2系統より有意に高く、他の2系統に対し耐凍性が劣った。“安部”系の発芽不良症状は、芽や枝の耐凍性が低いことによって、早春季に低温害を被ることで発生するものと考えられた。したがって、発芽不良症状の予防には、強摘蕾によって着果制限を徹底することにより、貯蔵炭水化物や非タンニンフラバン（アントシアニン）含量を増やし、耐凍性を高めることが有効であると考えられた。

貯蔵炭水化物含量を増加させることによる、樹体の耐凍性向上を主目的として、摘蕾摘果方法の違いが、貯蔵炭水化物含量、果実品質および収量に及ぼす影響について検討した。母枝10cm当たり1蕾の基準で摘蕾する強摘蕾弱摘果と、摘蕾不足を想定した弱摘蕾強摘果および摘果不足を想定した普通摘蕾弱摘果並びに普通摘蕾中摘果（慣行）を比較した。細根中貯蔵炭水化物含量は、弱摘蕾強摘果が著しく劣り、翌年への影響が大きかった。平均果重および果実中可溶性固形物含量は、強摘蕾弱摘果が最も優れた。以上のことから、強摘蕾による着果制限は貯蔵炭水化物含量増加、果実品質向上に効果的であると考えられた。

4. 優良系統への効率的な高接ぎ更新方法

既存系統から優良系統への更新期間を短縮する方法について検討した。早生系‘西条’を供

試し、各主枝の主幹分岐部から約50cm上部2か所に、更新系統の穂木を腹接ぎした。新系統主枝の早期拡張と旧系統主枝の収量および果実品質向上を目的として、腹接ぎ直上部へ0.8~1.0cm幅で環状はく皮またははく皮逆接ぎを行った。穂木からの新梢伸長は、環状はく皮とはく皮逆接ぎ処理により促進した。接ぎ木2年後の主枝延長拡大率は、環状はく皮とはく皮逆接ぎ処理区では70~80%であり、無処理区より20~30%優れた。穂木からの新梢伸長促進効果を目的とする場合、はく皮処理時期は開花期頃（6月上旬）までが適当と考えられた。

引用文献

- 安達浩美. 1995a. 特集名木シリーズ 古戦場に残る西条柿. 島根の果樹. p14. 島根県経済農業協同組合連合会.
- 安達浩美. 1995b. 特集名木シリーズ 大蛇のように地を這う西条柿. 島根の果樹. p5-6. 島根県経済農業協同組合連合会.
- 青木松信・高瀬輔久・木村伸人・河瀬明夫. 1983. カキの高接ぎ更新法に関する研究 更新方法と中間台木の違いが‘西村早生’の生育と収量に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 15: 268-275.
- 荒川 修・金塚朱美・菅野晃市・塩崎雄之輔. 1998. 環状剥皮および剥皮逆接ぎの処理方法の違いが、リンゴ‘恵’樹の生長と果実品質に及ぼす影響. 園学雑. 67: 721-727.
- 小豆沢 斉・伊藤武義. 1983. 二十世紀ナシの乾物生産と養分吸収. 島根農試研報. 18: 31-47.
- Bukovac, M. J. and S. H. Wittwer. 1957. Absorption and mobility of foliar applied nutrients. Plant Physiol. 32: 428-435.
- 千々和浩幸・林 公彦・牛島孝策. 1997. カキの平棚仕立て栽培に関する研究（第3報）新梢および葉中の炭水化物、窒素含量の経時的变化. 園学雑. 66(別2): 200-201.
- English, P. J., G. W. Lycett, J. A. Roberts and M. B. Jackson. 1995. Increased 1-Aminocyclopropane-1-Carboxylic Acid Oxidase Activity in Shoots of Flooded Tomato Plants Raises Ethylene Production to Physiologically

- Active Levels. *Plant Physiol.* 109: 1435-1440.
- 藤本欣司・前坂和夫. 1998. 環状はく皮がカキ‘平核無’の果実肥大及び品質に及ぼす影響. *和歌山果試研報.* 10: 11-24.
- 福田博之・瀧下文孝・工藤和典・樫村芳記. 1991. M.9わい性台木利用リンゴ樹における乾物生産とその樹体内分配に対する着果程度の影響. *園学雑.* 60: 495-503.
- 文室政彦. 1998. カキ‘西村早生’樹の生長, 養分吸収, 水分ストレスおよび根の呼吸活性に及ぼす新梢伸長初期の環状はく皮の影響. *園学雑.* 67: 219-227.
- 文室政彦・村田隆一. 1989. カキ‘西村早生’わい性系統の生理生態的特性 (第2報) 生長特性と内生生長調節物質の関係. *滋賀農試研報.* 30: 57-65.
- 二見敬三. 1990. 根活性診断法. 植物栄養実験法. p49-59. 博友社. 東京.
- 芸備風土研究会. 1970. 芸藩輯要. p10.
- 長谷川耕二郎. 1998. 花器の発達と結実. 農業技術大系果樹編 4 (カキ). p41-54. 農山漁村文化協会. 東京.
- 東出雲町役場総務課. 1978. 東出雲町誌. p414.
- 平田尚美・林 真二・黒岡 浩. 1974. カキ果実の發育ならびに成熟に関する生理学的研究 (第2報) 翌年の果肉細胞の分裂と肥大および成熟果実の大きさと品質におよぼす秋季摘葉の影響. *鳥取大農研報.* 26: 15-27.
- 磯田竜三. 1983a. 西条ガキのルーツについての一考察. *広島農業の研究.* 19: 67-81.
- 磯田竜三. 1983b. 中国・四国地方における西条ガキの系統について. *広島農短大報.* 7: 165-180.
- 板村裕之・足立朋子・山村 宏. 1998. カキ‘西条’果実の樹上軟化とエチレン生成および細胞壁分解酵素活性の変化. *園学雑.* 67 (別2): 475.
- Itamura, H., Y. Ohno and H. Yamamura. 1997. Characteristics of fruit softening in Japanese persimmon ‘Saijo’. *Acta Hort.* 436: 179-188.
- 板村裕之・福嶋忠昭・北村利夫・原田 久・平智・高橋芳浩. 1994. 摘葉およびジベレリン処理がカキ‘平核無’果実のアルコール脱渋後の軟果に及ぼす影響. *園学雑.* 62: 867-875.
- 伊藤三郎・松尾友明・飯伏雄二・玉利信人. 1987. グアバに含まれるポリフェノールの消長とその特性. *園学雑.* 56: 107-113.
- 菊池卓郎. 1991. 春季の温度と晩霜害. *果樹園芸ハンドブック.* p15-16. 養賢堂. 東京.
- 菊池卓郎. 1989. 樹勢調節からみた整枝・剪定. 農業技術大系果樹編 8 共通技術. p101-118. 農文協. 東京.
- 北川博敏. 1970. カキ栽培における摘蕾の重要性. *農業および園芸.* 45: 919-922.
- 小林 章. 1967. 果樹の栄養生理. p109-113. 朝倉書店. 東京.
- 児島清秀. 2004. 果実のホルモン. p20-22. 新潟日報事業社. 新潟.
- 河野良洋・伊藤武義・小豆澤 斉. 1980. 西条柿の系統選抜に関する研究 (第1報) 島根県産西条柿の果実型について. *島根農試研報.* 16: 56-68.
- 倉橋孝夫・梅野康行. 1997. カキ‘西条’園の多収要因の解析. *園学雑.* 66 (別2): 204-205.
- 冷 平. 1995. カキにおける耐凍性発達とフェノール代謝. 鳥取大学学位論文. p3-19.
- 冷 平・板村裕之・山村 宏. 1993. 数種のカキ属植物とカキ品種における耐凍性とアントシアニン形成との関係. *園学雑.* 61: 795-804.
- Leng, P., H. Itamura, H. Yamamura and Deng, X. M. 2000. Anthocyanin accumulation in apple and peach shoots during cold acclimation. *Sci. Hort.* 83: 43-50.
- Leng, P., T. Okamori, H. Itamura and H. Yamamura. 1997. Development of frost hardiness in Japanese persimmons. *Acta Hort.* 436: 109-118.
- Luckwill, L. C. 1970. The control of growth and fruitfulness of apple trees. *Physiology of tree crops.* p237-254. Academic Press, London.
- 前重道雅. 2008. 街道を往った西条柿 遺伝資源西条柿の古木調査研究. p1-94. 中国電力株式会社 エネルギー総合研究所.
- 松尾友明・伊藤三郎. 1977. カキタンニンをめぐって. *化学と生物.* 15: 732-736.
- 松本敏一・倉橋孝夫・柳川敏治・尾山圭二・牧慎也・松本真悟. 2006. カキ‘西条’の発芽不良とその発生機構. *園学研.* 5: 129-133.

- 松本善守・黒田喜佐雄. 1982. カキの着果調整に関する研究（第1報）富有の着果調整基準の設定. 奈良農試研報. 13: 9-20.
- Mckersie, B. D. 1996. Anaerobic Stress: Flooding and Ice- Encasement. p1-28. University of Guelph, Ontario.
- 三隅町. 1971. 三隅町誌. p833.
- 三浦周行・岩田正利. 1985. ベニタデ芽生えのアントシアニン濃度と炭水化物濃度との関係. 園学雑. 54: 393-400.
- 森本正康. 1958. 西条柿の果実型の調査. 岡山農試臨時報告. 56: 131-142.
- 森次益三・河崎利夫. 1985. トウモロコシやソルガムなどに出現するカルシウム欠乏症状（第3報）トウモロコシにおける特異なカルシウム欠乏症状の発現要因について. 農学研究. 60: 187-200.
- 内藤隆次・植田尚文・山村 宏. 1981. カキ「西条」若木の結実促進に関する研究（第1報）環状はく皮, はく皮逆接, SADH散布の効果. 島根大農研報. 15: 12-21.
- 西田光夫・池田 勇. 1961. カキの花芽分化に関する研究. 東海近畿農試研報（園芸部）. 6: 15-32.
- 大城 晃・福代和久・村上隆啓. 1998. 黒ボク土壌におけるカキ「前川次郎」の若令樹の環状はく皮処理が着花・結実ならびに葉中成分含有率に及ぼす影響. 静岡柑試研報. 27: 31-40.
- 大城宗文・新山敏昭・西元直行・澤辺治之・河崎 進. 1989. ニホンナシにおける高接ぎ更新技術に関する研究 第1報 更新方法が樹体の生育・収量に及ぼす影響. 富山農技セ研報. 5: 43-48.
- 尾山圭二・吉崎 司・前重道雅・倉橋孝夫・吉原利一・猪谷富雄. 2007. 古木の形態形質およびRFLP分析によるカキ品種「西条」の均一性の検証. 育種学研究. 9: 47-53.
- Parker, J. 1962. Relationships among cold hardiness, water-soluble protein, anthocyanins, and free sugars in *Hedera helix* L. Plant Physiol. 37: 809-813.
- Peri, C and C. Pompei. 1971. Estimation of different phenolic groups in vegetable extracts. Phytochemistry. 10: 2187-2189.
- 酒井 昭. 1957. 木本類の耐凍性増大と糖類及び水溶性蛋白質との関係(1). 低温科学. 生物編. 15: 17-29.
- 酒井 昭. 1982. 植物の耐凍性. 植物の耐凍性と寒冷適応. p81-126. 学会出版センター. 東京.
- Sakai, A. and S. Yoshida. 1968. The role of sugar and related compounds in variations of freezing resistance. Cryobiology. 5: 160-174.
- 坂野好幸. 1989. 糖の酸処理を基本とする方法. 澱粉・関連糖質実験法. p44-45. 学会出版センター. 東京.
- 佐藤三郎・中条忠久・上村勇美. 1975. リンゴの急速高接ぎ更新法に関する研究. 群馬園試研報. 4: 79-102.
- Sax, K. 1957. The control of vegetative growth and the induction of early fruiting of apple trees. J. Amer. Soc. Hor. Sci. 69: 68-74.
- 島根県. 1982. 農業の動き. p59-60.
- 島根県農林部. 1957. 昭和31年度農業の動き. p75-77.
- 島根県農林水産部農蚕園芸課. 1988. 農蚕園芸もの知り帳. p119.
- 島根県農林水産部生産流通課. 1995. 農産園芸まるごとデータブック. p52-53.
- 島根県農林統計協会. 2008. 第54次島根県農林水産統計年報. 平成18年～19年, 2006～2007. p64.
- 清水達夫・鳥潟博高・鳥居鎮男. 1975. 温州ミカンの着果負担に関する研究（第3報）葉果比が収穫期の樹体内炭水化物含量ならびに翌春の着花数・新葉数に及ぼす影響. 園学雑. 43(4): 423-429.
- 杉本健治・中村光夫・田村泰志・原川和彦・村上哲一・唐津達彦. 1999. カキ「西条」の優良系統の探索及び選抜と「萩10号」の特性. 山口農試研報. 50: 38-49.
- 須崎俊一. 1998. カキ「西条」の中晩生優良系統Gの特性. 農林水産研究情報. 農林水産技術会議事務局筑波事務所.
- Swain, T. and W. E. Hillis. 1959. The phenolic constituents of *Prunus Domestica* I. The quantitative analysis of phenolic constituents.

- J. Sci. Food Agric. 10: 63-68.
- 平 智・松本尚子・小野未来. 1999. 数種の脱渋処理によって不溶化した渋ガキタンニンの可溶化の難易. 園学雑. 68: 83-88.
- 高田峰雄. 1981. カキ果実の成熟に対する銀イオンの影響. 園学雑. 50: 372-378.
- 高橋国昭・小豆澤 斉・倉橋孝夫. 1998. 物質生産理論による落葉果樹の高生産技術. p1-388. 農文協. 東京.
- 竹下 修. 2006. 島根県下の西条柿古木. 果樹棚の下で考える. p46-48. 今井出版. 鳥取.
- 竹下 修・倉橋孝夫・梅野康行・小豆沢 斉・板村裕之. 1996. カキ‘西条’の果実軟化発生樹の特性. 園学雑. 65(別2): 146-147.
- 竹下 修・澤田真之輔・高橋國昭・村上英行・多久田達雄・梅野利雄・上野良一・石井卓爾・河野良洋. 1984. ジベレリン処理デラウエアの着色障害に関する研究 主として混在型障害の発生原因と防止対策について. 島根農試研報. 19: 1-71.
- Tamura, H., K. Tanabe, M. Katayama and A. Itai. 1996. Effects of Flooding on Ethanol and Ethylene Production by Pear Rootstocks. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 65: 261-266.
- 梅野康行・持田圭介・倉橋孝夫・竹下 修・板村裕之. 2009. カキ‘西条’における樹上軟化発生率の年次変動とマンガン含量の関係. 園学研. 8: 297-302.
- 鳥取県農業協同組合連合会. 1993. 鳥取県の柿沿革史. 西条優良系統の選抜と普及. p207-211.
- Van Buren, J. 1970. The biochemistry of fruits and their products. 11. Fruit phenolics. p.276-280. Academic Press London and New York.
- Westwood, N. M. (中川昌一・湯田英二・堀内昭作・松井弘之共訳). 1989. 温帯果樹園芸. p265-267. 養賢堂. 東京.
- 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. 愛媛果試研報. 6: 1-86.
- 山本孝司・高橋国昭・高田 光. 1992. 環状はく皮によるブドウの品質向上技術. 近畿中国農研. 83: 38-42.
- 山崎利彦・鈴木勝征. 1980. 果実の成熟度判定のためのカラーチャートの作成とその利用に関する研究(第1報) カラーチャートの色特性. 果樹試報A. 7: 19-44.
- Yu, Y. B., and S. F. Yang. 1979. Auxin-induced ethylene production and its inhibition by aminoethoxyvinylglycine and cobalt ion. Plant Physiol. 64: 1074-1077.
- Voesenek, L. A. C. J., A. J. M. vanderSman, F. J. M. Harren, and C. W. P. M. Blom. 1991. エチレンと湛水耐性—植物ホルモン生理学と植物生態学の融合—(豊増知伸・鈴木義人訳). 植物の化学調節. 26: 156-171.
- Zheng, Q. L., A. Nakatsuka, T. Matsumoto and H. Itamura. 2006. Pre-harvest nickel application to the calyx of ‘Saijo’ persimmon fruit prolongs postharvest shelf-life. Postharvest Biol. Technol. 42: 98-103.

Summary

The main strains of the Japanese persimmon (*Diospyros, kaki*, Thunb.) ‘Saijo’ cultivated in Shimane prefecture are the early fruit ripening “B-type” and the middle ripening “Izumo-type”. These strains include some genetically different “sub-strain”. “B-type” includes some sub-strains based on tree growth, fruit yield and traits, tree fruit softening, and sprouting disorders in spring. To investigate an early renewal method by grafting on main scaffold limbs, we selected a “B-type” sub-strain that has high yield and quality and is highly resistance to physiological disorders.

1. Selection of excellent strain in early-ripening typed ‘Saijo’ persimmon by comparison of tree growth, fruit production and fruit quality

Among six strains of the early fruit ripening “B-type” from different origins: “Abe”, “Endo”, “B dwarf”, “Yamasaka”, “Koto” and “Wada” strains, and selected the strain with excellent the fruit production. A tendency toward dwarfing was observed in the “Koto” strain. Also, as a physiological disorder of bud sprouting often occurred in the “Abe” strain, tree growth of the “Koto” and “Abe” strains were inferior to the others. The “Wada” strain showed succulent shoot growth and vigorous growth of the trunk, while the yield was inferior to that of other strains and its fruit had a late ripening period. The “Yamasaka” strain showed a mean value in tree growth of all strains. The area percentage of tree canopy and leaf area index per field area (LAIf) were high in the “Endo” and “B dwarf” strains. Carbohydrate production in these strains was superior, and the distribution rate of carbohydrates was high in fruit and rootlet. It is thought that the fruit yield of about 3t per 10a every year with high quality can be expected in each strain of the “Endo” and “B dwarf”. It is thought that the “Endo” strain is the most excellent in “B-type” strains of ‘Saijo’.

2. Occurrence of pre-harvest fruit softening among early-ripening strains of ‘Saijo’ persimmon and its prevention methods

Pre-harvest fruit softening so-called ‘On-tree early softened fruit’, in which maturation is abruptly accelerated and over-ripened prior to harvest for certain physiological reasons, was compared among 6 strains of the “Early B” types of Japanese persimmon ‘Saijo’. We also examined the cause and methods of preventing this phenomenon. Pre-harvest fruit softening was less frequently observed in the “Endo”, “Yamasaka”, and “Abe” strains than in “Koto” strain, even in years with heavy rain during July to September. In these strains, relatively higher activities were found in the fine roots, and except in “Koto”, there were lower levels of ethylene evolution in the fruit during early September to late October. The disorder might be promoted not by shortage of sunshine, but by high moisture in the soil.

In order to prevent on-tree fruit softening in ‘Saijo’ persimmon, soil application of manganese manure along with soil pH adjustment to acidity, a “White porous water proof sheet” covering the soil under the tree crown were investigated. Soil application of manganese after pH adjustment to approximately 4.5 by sulfur powder application remarkably increased in the Mn concentration in the leaves, calyx, flesh and one-year-old shoots. In accordance with this increase, ethylene production in the fruit was decreased and the occurrence of fruit softening reduced. Soil moisture in late July to October was little changed by a “White porous water proof sheet” covering the soil under the tree crown, thus ethylene release from fruit, and the occurrence of pre-harvest fruit softening were considerably reduced.

3. Evaluation of cold tolerance among early-ripening strains of 'Saijo' persimmon and the measures to increase of reserve nutrients

The relationships between cold tolerance, carbohydrates and non-tannin flavans (mainly anthocyanins) contents of 1-year-old woods and buds in 'Saijo' persimmon were investigated, and the methods of disbudding and fruit thinning for reinforcement of tree vigor were examined. Total sugar content of 1-year-old woods and the glucose content of buds in early spring just before the bud sprouting periods in the "Endo" and "Izumo" strains which tree growth were excellent, were significantly higher than that of the "Abe" strain which growth was inferior. Non-tannin flavans (mainly anthocyanins) contents of buds and cortical tissues of 1-year-old woods in the "Abe" strain tended to be low as compared to the "Endo" strain. In mid-March the electrolyte leakage of 1-year-old woods and buds of the "Abe" strain in -3°C and -6°C treatments was significantly higher than in the other two strains, indicating the cold tolerance in the "Abe" was inferior to the other two strains. Sprouting disorders in the "Abe" strain were thought to have occurred from frost injury in early spring because of the lower cold tolerance of buds and the 1-year-old wood. Therefore, controlling fruit setting by 'heavy-disbudding' is an effective method to prevent sprouting disorders. This is because cold tolerance is improved in buds and wood by an increased content of reserve carbohydrates and non-tannin flavans (mainly anthocyanins).

Methods of adequate fruit setting were examined to improve the cold tolerance of trees by increasing reserve carbohydrate content. The effects of disbudding and fruit thinning on reserve carbohydrate content, fruit quality and yields were investigated. Four methods, each in a different plot, were investigated and compared: 'heavy-disbudding and light-fruit thinning' where one flower remained per every 10 cm of fruiting mother shoot, 'light-disbudding and heavy-fruit thinning' with insufficient disbudding, 'normal-disbudding and light-fruit thinning' with insufficient fruit thinning, and 'normal-disbudding and normal-fruit thinning', the control plot. The reserve carbohydrate content in rootlets was visibly inferior in the 'light-disbudding and heavy-fruit thinning' plot, and had a large influence on growth the following year. No significant differences were found regarding fruit yields among all four plots, although the number of fruit in the 'heavy-disbudding and light-fruit thinning' plot was a little less than the others. The average fruit weight and the soluble solids content of fruit were greatest in the 'heavy-disbudding and light-fruit thinning' plot. The number of flowers produced the following year in the 'heavy-disbudding and light-fruit thinning' plot was also the greatest. The results showed that controlling fruit setting by heavy-disbudding was an effective method to improve fruit quality and increase reserve carbohydrate contents.

4. An efficient renewal method for the elite strain by side-grafting on the basal portions of main limbs

Renewal of the trees suffering slightly from a sprouting disorder to a new healthy "B-type" "Endo" strain was attempted by side-grafting on each main scaffold limbs. Two scions were grafted about 50cm above the trunk on each limb. In order to enlarge the shoots from scions as early as possible, and improve of the yields and fruit quality on the main scaffold limbs of old strain, girdling or bark inversion were applied to each limb with a 0.8~1.0cm width, just above the grafting portion. Scion shoot growth was promoted by girdling or bark inversion treatment. In the first year of grafting, total contents of carbohydrate in the scion shoot were significantly increased by girdling or bark inversion treatment. The rate of scion shoot enlargement, compared to the old limbs at 2 years after grafting, reached 70~80% with girdling or bark inversion treatment, which was higher in 20~30% to control. No significant difference was observed in scion shoot growth between girdling and bark inversion treatments, however, fruit growth on the old limbs to which bark inversion was applied was superior to that on the limbs to which girdling was applied. For promotion of scion shoot growth, before the flowering period (early June) seemed to be suitable for the girdling treatment.