

第5章 総合考察

果樹園芸における接ぎ木技術は、遺伝的にヘテロな品種を増殖する技術として非常に重要である。その歴史はきわめて古く紀元前300年頃から技術の記載が認められている（河瀬，1995）。その後，先人達の各種の研究により接ぎ木技術は単なる増殖以外に，たくさんの有益性を持つことが明らかにされてきた。河瀬（1995）は接ぎ木における台木の意義について次のような点を挙げている。

1) 結果作用の促進，2) 果実品質の向上，3) 樹勢・樹形の調節，4) 環境適応性の付与，5) 病害虫の強耐性付与
これらの有益性がどのようなメカニズムで発現してくるのかについては，その機構の全てが解明されたとは言い難い。それを解明する上で穂木と台木間の生理作用を究明することはきわめて重要である。前述した台木の意義の内5)についてはその発現機作が他と趣を異にする面があるが，1)から4)については何らかの類似した発現機作が考えられる。その一つとして穂木，台木間の組織の接着程度に由来する可能性がある。同種間の接ぎ木ではその個体はあたかも一個の個体のように生育するが，異種間での接ぎ木の場合，生育が弱まったり，接ぎ木部の形態が異常になったり，活着さえおぼつかないこともある。通常このことは接ぎ木親和性が弱い，あるいは不親和性があると表現されることが多いが，その意味合いは極めて広義である。Andrews・Marquez（1993）はこの接ぎ木不親和性を次のように定義している。つまり台木，穂木間での代謝系，発育系，解剖学的な違いのため細胞的，生理的な耐性を失うことにより強固な接ぎ木部接合や健全性を失うこととしている。さらに同氏らは接ぎ木不親和性の発現メカニズムについて，仮説の域を出ないとしながらも次のような要因に大きく分類している。第1の要因としてとしては細胞認識が挙げられる。Jeffrey・Yeomar（1983），Yeomar（1978）

は，このことについて次のような機構を示している。接触した異種細胞（穂木vs台木）はお互いに細胞壁分解酵素を出し細胞壁を溶解し，露出した細胞膜が接触した後，原形質連絡が形成される。この後お互いの細胞膜の酵素複合体から不親和性を決定するタンパク分子が放出されるとするものである。さらに細胞内代謝の違いによる毒素の発現（Moore，1986）や接触細胞間でのレクチンなどの物質のエリシター作用による接合阻害要因も考えられているが確証はない。第2の要因として癒傷反応やリグニン化反応の違いを挙げている。接ぎ木においては両組織を物理的に傷つけるわけであり，その後の癒傷反応は必然的に誘発される（Sachs，1981）。その過程の中で両者の細胞代謝の違いによる酵素活性変化は癒傷反応に影響を及ぼし不親和性発現につながるとしている（Feucht・Schmid，1988）。さらに第3の要因として植物生長調節物質の関与が挙げられており，わい化を伴う衰弱症状のホルモンメカニズムの例としてLockhard・Schneider（1981）の仮説が示されている。つまり茎頂で作られたオーキシンは皮部組織を通して地下部へ移動し，根の合成やそこで合成されるサイトカイニンに影響を及ぼすが，この移動の際に皮部，特にわい性台木の皮部において不活化され，活性型ホルモンの供給量が少なくなる。この結果として根でのサイトカイニン合成量も少なくなる。これが繰り返されることでわい化が発現するとするものである。この様なソースとシンクの関係，穂木部と台木部の関係の不調和は不親和症状につながる。また接ぎ木部における細胞分化にホルモン類の不均衡が影響しているとする説もある。第4の要因として毒素の関与が指摘されている。バラ科植物では青酸配糖体の存在が指摘されている。洋ナシではクインス台木に接いだいくつかのナシ品種において，台木部の青酸配糖体が穂木部で加水分解されて生

じるシアン化合物により組織壊死を起こし不親和につながるとしている (Gurら, 1968)。またこれと同様のことが核果類でも報告されている (Heuser, 1983)。さらにポリフェノールやペルオキシターゼの関与も指摘されている。

今回供試した各種モモ品種とユスラウメ台木の不親和性についてもいくつかの要因が重なって発現しているものと考えられる。Salvatierraら (1998) はユスラウメ台木と普通台木モモ樹の接ぎ木部を経時的に観察しているが、接ぎ木後、早い段階で形成される壊死組織は大きく、その後時間が経過しても新生木質部の中に存在しており、物質流動の妨げになる可能性を指摘している。また、組織観察の結果、異種間接ぎ木 (ユスラウメ台木) 部では同種間接ぎ木 (普通台木) 部に比べてフェノール物質が多く局在しており、これが物資移送に影響していること。さらに接ぎ木部の組織化学的調査からフェノール物質の関与が示唆されている (Salvatierraら, 1999)。つまり、台木部におけるカテキンなどによる有害物質吸収能の不足やプルニンなどによる台木細胞代謝系への悪影響が健全な接ぎ木部癒合を阻害している可能性を指摘している。これらの試験では穂木に「勘助白桃」が用いられているが、台木部のユスラウメの系統は明らかではない。中野・山根 (1999) はユスラウメの中にもモモに対する接ぎ木親和性 (接ぎ木面活着性) の良否があることを接ぎ木部の通水抵抗性を利用して調査している。これによると、通水抵抗値は系統の違いにより数十倍の違いがあり抵抗値が低いものほど穂木部の生育がよいことを報告している。さらに山根・中野 (1999) はこれらの供試樹を組織学的に観察し、接ぎ木親和性の乏しいユスラウメ系統はどんな穂品種に対してでも過剰な癒傷反応を示し活着率が低いことや、親和性ユスラウメ系統であっても「秀峰」を穂木として用いた場合はカルスの癒合が不完全で活着率が低いことなどを報告している。藤井ら (1993) はニワウメやユスラウメを台木にしたモモ栽培において、衰弱程度の著し

い樹ほど心材化 (中心部の組織変質) した木質部の割合が多いことを報告している。その結果として地下部からの養水分の移送が妨げられているため衰弱が発生しやすいのではないかとしている。このことに関してユスラウメ台木モモ樹の幼木を用いて水溶性色素の吸収経路を見た結果、変質組織は全く染色されず健全組織だけを通っていることが分かった。また、健全組織と変質組織の炭水化物、窒素量を測定したところ変質組織においてはこれらの含量が極めて低かったことから (未発表)、変質組織は通導組織、養分貯蔵組織としては全く機能していないと考えられた。さらに、核果類に含まれる青酸配糖体のPrunasinについてHeuser (1983) は *P. tomentosa* のカルス細胞は *P. persica* よりもシアナイド感受性が高かったとしている。また、水谷 (1980) は *P. persica* の方が *P. tomentosa* よりPrunasin含量が高いことを報告している。ユスラウメ台木モモ樹においても同様に穂木部の方が高く台木部が低い傾向を示した。これは供試した全ての品種で同様の傾向がみられた。そこで、穂木部のPrunasin含量と樹体生育量について比較したが一定の傾向は見られず、衰弱との関係は明らかではなかった (矢野ら, 2001)。ただし、Prunasinについては各種ユスラウメ系統において -グルコシダーゼの活性やシアナイドに対する細胞耐性、 -シアノアラニンシンセターゼなどの解毒系も含めて総合的に検討する必要がある。

このようなことからモモ品種とユスラウメ台木の組み合わせで起こる衰弱発生のメカニズムについて考察すると (図25)、第一の要因として接ぎ木部の物質流動性の良否が挙げられる。これには穂木・台木両者の遺伝的な要因が極めて大きいと考えられる。穂品種で極めて明らかな不親和性を示すものは少なく、「秀峰」が知られているのみである (島村, 1990; 山根・中野1999)。しかし、今回の試験で示したように「秀峰」ほどではないものの不親和性を示す品種はいくつかみられる。その内「川中島白桃」

については、親和性品種の‘千曲’を中間台木に用いることで物質流動性が改善されている。このことは明らかに穂品種の遺伝的要因によってモモ・ユスラウメ間の親和性が異なることを示している。さらに、台木としてのユスラウメ自体の遺伝的形質は大きな要因である。今回の試験ではユスラウメ台木系統の比較は行っていないが、試験期間中に収集したユスラウメ系統の樹体生育差は極めて大きく、モモ実生台木に接ぎ木したときの活着率も様々であった（未発表）。山根・中野（1999）の報告からユスラウメの癒傷、リグニン反応は系統間で大きく違うことが明らかとなっており、穂木に親和性品種を用いた場合でも不親和系のユスラウメの反応に大差はなかったことから、ユスラウメの遺伝的形質は、穂木側の要因よりも接ぎ木不親和性に大きく関わっていると考えられる。また、現在ユスラウメ台木増殖には種子が用いられているが、中野・山根（1999）らの用いた個体は岡山系ユスラウメの自然交雑由来のものであり、Fisher（1971）も報告しているように、ユスラウメの交配による分離は極めて大きいと考えられる。ユスラウメの遺伝的背景は明らかでなくどのような遺伝子が不親和性に関係しているのかについては今後の研究を待ちたい。ただし、前述の試験結果でみられているように癒傷反応に関わる遺伝子群の違いは興味のあるところである。

第二に考えられることとしては接ぎ木部以外の部位での物質流動性である。モモは木質中央部が古い組織から変質しやすい。藤井ら（1993）の観察では、この変質域の導管に樹脂様物質が充満しており、我々の観察結果からも物質流動、養分貯蔵などの通常の機能は果たしていないと考えられる。したがって、健全な物質流動を図る上では常時新しい木質部が更新されていく必要がある。今回の試験では接ぎ木部に近い穂木部の横断面を観察したが、樹体生育の良否や台木の違いと健全木質部面積の関係については明らかな傾向はみられなかった。ただし、極めて衰弱した木は明らかに健全木質

部が少なく、衰弱との関わりは否定できない。

これらに加えて今回の調査結果から、ユスラウメ台木栽培では貯蔵炭水化物が明らかに少ない（矢野ら、2000）。また、結果量の増加は光合成器官量の減少につながるとともに、さらなる貯蔵養分の減少を招く。このような悪循環の繰り返しは当然樹勢衰弱につながると考えられる。また、このことは前述した健全木質部の肥大にも影響を及ぼすことは明らかである。

これらのことからユスラウメ台木を用いたモモわい化栽培に関わる樹勢衰弱回避技術について考えてみると、苗木生産段階で、優良系統の均質なユスラウメ台木を確保することが重要であることは言うまでもない。ただし、第2、3章で供試したユスラウメ優良系統は挿し木繁殖が難しく、大量の苗木供給を行うためにはさらなる検討が必要である。ユスラウメは耐水性が極めて悪く（水谷、1980）、発根後の移植も安定していない。そこで現在パーライトなどの排水性の良い資材を用いたナーサリーシステムを検討中である。また、*Agrobacterium rhizogenes*の感染は一部の木本植物の発根促進に有効であることがわかっており（Hägman・Aronen, 2000; Kaneyoshiら, 1999; Koshitaら, 2002）、ユスラウメについても検討する必要がある。また、種子繁殖による可能性を探るためにはユスラウメの交配による系統の分離程度の解明や、接ぎ木不親和性個体群の早期判別技術が必要であろう。穂木側の問題点としては、基本的にはユスラウメ台木と親和性の良い品種を栽培していくことが重要であるが、経済栽培をしていく上で収益性は高いが、ユスラウメと親和性に問題がある品種を導入する場合、苗木生産時はできるだけ親和性の高い品種を生産し、目的品種へ早期に高接ぎ更新することで対応すべきではないかと考えられる。今回主に調査を行った‘川中島白桃’においてもこの方法が有効であったが（Yanoら, 2002a）、果実への物質分配が多くなる傾向があるため、適正な結果量を把握し、再生産を維持できる貯蔵養分を確保することが大切である。

さらに、この貯蔵養分や、光合成産物を浪費させないために摘蕾、摘花を徹底して行うことが大切で、開花後、結実を確認した後、早期に結果量を調節することが重要である。結果量の指標としては葉面積にもよるが果実1果当たり100から120葉を確保する必要があると考えられるが、ユスラウメと親和性の良い品種については葉果比をそこまで高める必要はないと思われる。さらに新梢生育初期にジベレリンを散布することにより人為的に栄養生長を強くしてやることは、光合成産器官を早期に充実させる。これは‘川中島白桃’などで果実へ偏りがちな養分を他の器官へ分配させていくこと

に有効ではないかと考える。ただし、ジベレリンの利用に際しては植物生育調節剤としての登録を待つ必要があるとともに、費用対効果が重要となる。100ppmの濃度で1樹当たり250ml散布したとすると、1樹当たり約100円の資材費となる。

今回の試験によりユスラウメ台木を用いたモモの安定栽培に関していくつかの知見が得られたが、多くのモモ栽培農家がこの栽培法に取り組むためにはさらなる栽培技術の検討が必要であろう。

本研究がユスラウメ台木モモ栽培農家の生産安定の一助となることを祈って止まない。

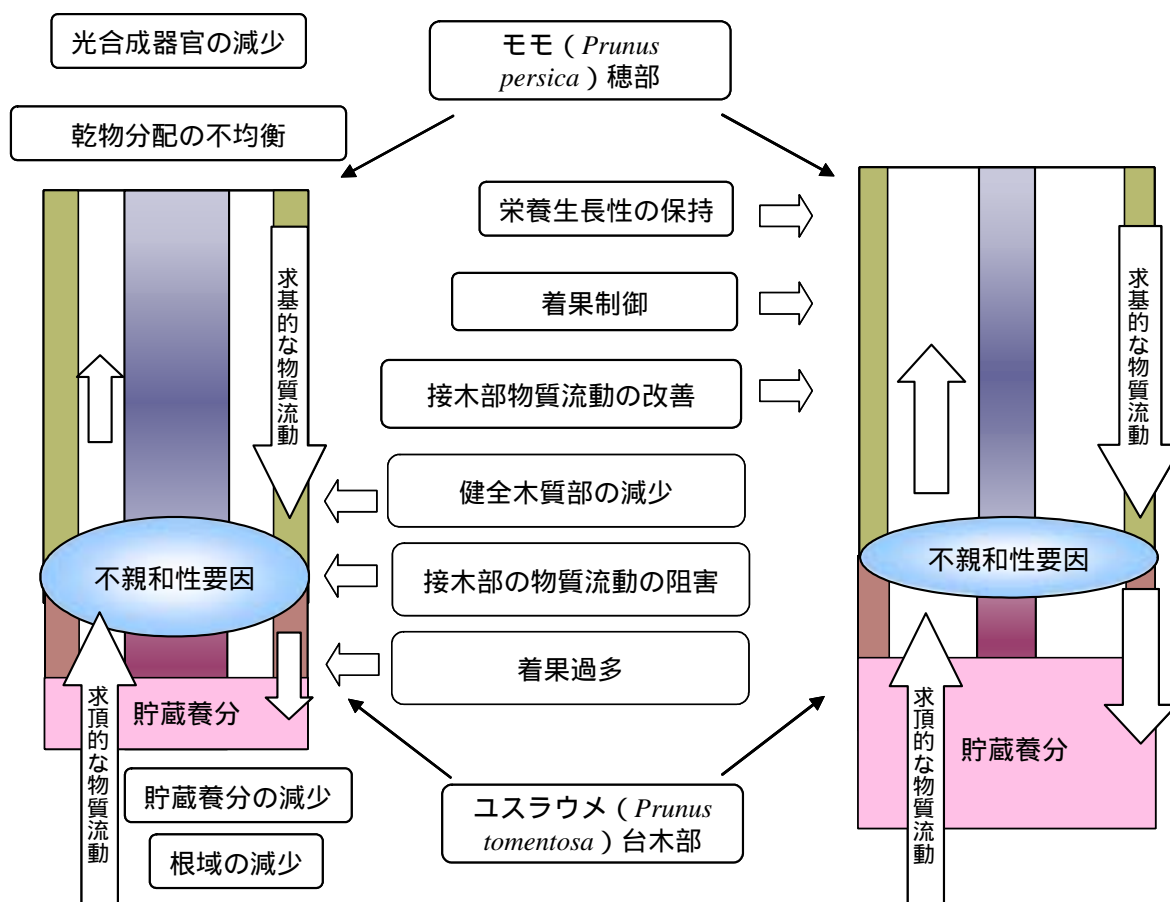


図25 ユスラウメ台木モモ樹における樹勢制御の模式図

総摘要

本研究の目的はモモのユスラウメ台木栽培で発生する樹勢衰弱症状の発現実態を把握し、発生原因を究明することと、この衰弱症状の発生を抑制するために生産現場で取り組むべき技術開発を行うことにある。

愛媛県では、平成元年頃から中予地域を中心にユスラウメ台木を用いたモモ栽培を導入し始め、現在では近隣の地域も含めて約25haで栽培されている。栽培品種は‘あかつき’、‘川中島白桃’が主体で、この内‘川中島白桃’は特に樹勢衰弱が起こりやすい。この樹勢衰弱現象はユスラウメ、ニワウメ台木によるモモのわい化栽培が試みられ始めた頃から大きな問題として取り上げられ、関連が考えられたウイルスや台木の系統、穂品種との組み合わせ等が各種検討されたが問題の完全な回避には至っていない。

そこで、本研究ではユスラウメ台木栽培を安定したものにするためユスラウメ台木に対する穂品種の親和性、親和性品種の中間台木としての利用、栄養生長を維持できる栽培技術等について検討を行った。

1 ユスラウメ台木栽培における親和性品種の探索

ユスラウメ台木栽培に適した品種を探索するため、形質の安定したユスラウメ台木を用いてモモ15品種を試作し、収量、乾物分配および枝幹横断面の性状について調査した。年平均収量は‘千曲’、‘あかつき’、‘よしひめ’、‘川中島白桃’で多く、‘武井白鳳’、‘八幡白鳳’、‘やまなし白鳳’、‘瀬戸内白桃’で少なかった。果実生産性の高い品種は他の部位の乾物重量も多かったのに対して、生産性の低かった‘八幡白鳳’、‘やまなし白鳳’、‘竜鳳’は総乾物重も低く、純生産量が少ないと考えられた。一方、‘武井白鳳’、‘瀬戸内白桃’は果実生産量は少

なかったが穂木部の幹への分配は多く、総乾物重において高生産性品種との有意な差はなかった。穂木部における幹の性状と乾物生産についてみると、皮部の面積割合の高い品種はおおむね穂木部乾物重が少なかった。衰弱しやすいとされる‘川中島白桃’はF/L比が極めて高く、果実への分配が特異的に多くなった。この物質分配の不均衡は、樹勢衰弱を誘発させる一要因と考えられた。

次に、ユスラウメ台木樹における衰弱症状発生に関わる要因を炭水化物栄養の面から明らかにするため前記品種の内、親和性品種と考えられる‘あかつき’と衰弱の発生しやすい‘川中島白桃’のオハツモモ台木樹とユスラウメ台木樹について、根、当年生枝、葉のデンプンと可溶性糖類の季節的消長を比較した。休眠期のデンプン、可溶性糖類の消長は、同じ台木では、品種による明らかな差はみられなかった。ただし、両品種ともにユスラウメ台木樹では開花前の根のデンプン含量がオハツモモ台木樹の半分程度であった。果実生育期のユスラウメ台木の‘川中島白桃’における根、当年生枝のデンプン含量はオハツモモ台木のものより低かった。これに対して、‘あかつき’の根、当年生枝のデンプン含量は両台木間で顕著な差はみられなかった。これと同様な傾向は根の総糖およびソルビトール含量についてもみられた。なお、1年生枝、葉のデンプン、糖含量等については、両品種間で樹勢衰弱につながる顕著な差は認められなかった。これらの結果から、ユスラウメ台木の‘川中島白桃’で衰弱症状が発生しやすい一つの原因は、果実生育期における細根のデンプンおよびソルビトールや、新梢におけるデンプンの欠乏によるものと考えられる。

2 親和性中間台木利用による‘川中島白桃’の樹勢維持

ユスラウメ台木と親和性の良くない‘川中島白桃’等の品種でも親和性の高い品種を中間台木として挿入すると樹勢が維持される可能性があり、‘千曲’を中間台木としたユスラウメ台木‘川中島白桃’の幼木を供試して開花前の樹体各部位の乾物量と炭水化物量に及ぼす影響を検討した。無結果の3年生樹における1樹当たりの全乾物重は、PT樹がPP樹の約半分、IS樹はPT樹より多かった。しかしながら、乾物重の地下部に対する地上部の割合(T/R比)は全ての区で同程度であった(0.57-0.59)。また、主要な炭水化物であるデンプンは、地上部よりも地下部に多く含まれ、特にPP樹の根で高かった。1樹当たりの全炭水化物量(デンプン+可溶性糖)はIS樹がPP樹の約半分、PT樹はPP樹の1/3程度であった。部位別にみると、直径2mm未満の根で、どの区においても全炭水化物量が多かった。全炭水化物量のT/R比はPP樹が0.18、IS樹が0.31、PT樹が0.30であった。結果させた4年生樹では、全乾物重のT/R比がPP樹では0.47と、無結果樹のものに比べて低くなったのに対して、IS樹(0.63)とPT樹(0.66)では高くなった。一方、全炭水化物量のT/R比はPP樹が0.16、IS樹が0.65、PT樹が0.80であった。以上のことから、ユスラウメ台木との親和性が低い品種では、開花前の炭水化物量が少ないことが衰弱症状の発生を助長していると考えられるが、親和性品種を中間台木として用いることにより、地下部における乾物分配、炭水化物量が増加し、衰弱症状の発生を軽減できる可能性が示唆された。

さらに同様の供試樹において元肥として施用した窒素の吸収および分配を¹⁵Nトレーサー法を用いて検討したところ、地上部の全ての部位での¹⁵N atom%excess、および地上部の¹⁵N吸収量はPP樹、IS樹がPT樹より有意に高かった。部位別では葉への分配が特に多く、全吸収量の55.7~61.3%であった。以上のことから、親和性の良い‘千曲’を中間台木として利用することで窒素吸収が改善される可能性が示唆された。

3 樹勢維持のための適正結果量とジベレリン散布の効果

親和性の良くない実生のユスラウメを台木とした‘川中島白桃’6年生樹を供試し、結果量(葉果比30, 60, 120, 無結果)の影響を調べた。果実の乾物重は30葉, 60葉区がそれぞれ120葉区の約3.5倍, 2倍であったが、1果重は葉果比に関わりなく400g程度であった。果実以外の全ての部位で、結果量が多い処理区ほど乾物重が低くなる傾向が見られた。全炭水化物含量では、6月の葉において30葉区が最も高く、8月では根において無結果区が最も高くなった。炭水化物量においても結果負担との間に負の相関がみられた。以上のことから、このような台木-穂木組合せでは葉果比の多少に関わりなく果実への物質分配が起こりやすく、当年生枝、葉の生育に大きな影響を及ぼすため、普通台木栽培に比べて高い葉果比の設定が必要と考えられた。

さらに実生ユスラウメ台木‘川中島白桃’を供試して、栄養生長を維持するためのジベレリンの利用技術を検討した。‘川中島白桃’などの経済栽培品種では花芽形成期が果実成熟期と重なるため新梢生育初期の利用の可能性を試験した結果、この時期のジベレリン散布でも花芽の着生が抑制され、当年生枝の伸長が促進される等、栄養生長が強くなることが確認された。また、処理濃度は200ppmまで、高いほど効果が大きいと考えられた。その際、果実品質に対しては処理による影響は少ないと考えられた。従って、他の栽培改善技術とあわせてジベレリン処理を行うことによりユスラウメ台木を用いたモモ栽培の安定化が図れる。

以上の試験結果を元に樹勢衰弱症状の発生原因の究明や、衰弱症状の発生を抑制するために生産現場で取り組むべき技術について考察した。

謝 辞

本研究の遂行と取りまとめにあたって、終始ご懇篤なご指導を賜った愛媛大学農学部教授水谷房雄博士に心より深謝の意を表す。

本論文の取りまとめにあたって、貴重なご助言を賜った高知大学農学部教授長谷川耕二郎博士、同助教授北島 宣博士、香川大学農学部教授片岡郁雄博士、愛媛大学農学部助教授山田寿博士に心より厚く御礼申し上げます。

本研究を行うに当たり有益なご助言及び試験の一部を共同で実施していただいた農業技術研究機構果樹研究所室長梅宮善章博士、愛媛県立果樹試験場主任研究員井上久雄氏、森口一志氏、清水康雄氏、新開志帆氏（現今治中央地域農業改良普及センター）、越智政勝氏（現松山中央地域農業改良普及センター）に対して心から感謝の意を表す。愛媛県立果樹試験場長世良親臣氏、前場長別府英治氏（現農業試験場長）には本論文の取りまとめにご指導とご便宜をいただき、栽培育種室長西山富久氏、前生産環境室長荻原洋晶博士（現農業試験場生産環境

室長）にはご指導と激励をいただいた。心から厚く御礼申し上げます。

農業技術研究機構果樹研究所主任研究官薬師寺 博博士には各種のご便宜、激励をいただいた。京都府立大学助教授中野幹夫博士にはユスラウメの系統を分譲いただくとともに各種のご指導をいただいた。また、愛媛大学名誉教授門屋一臣博士、三重大学教授久能 均博士には論文作成に当たり強い動機付けをいただいた。さらに、三重大学助教授小林一成博士には各種の有益なご助言やご指導をいただいた。ここに記して衷心より御礼申し上げます。

本研究では供試樹の調整、分析試料の作成に当たって多大の労力を必要とし、愛媛県立果樹試験場主任業務員松岡孝雄氏には一方ならぬご協力をいただいた。さらに、松澤澄栄氏、好光玲子氏、植田 卓氏や愛媛県立農業大学校の多くの卒業生諸氏のご協力なくしては本研究を遂行することができなかった。ここに記して深謝の意を表す。

The tree decline of peach grafted on *Prunus tomentosa* and its countermeasures

Takashi Yano

Summary

Much interest has recently been shown in compact-sized fruit trees. In Ehime Prefecture, a compact fruit tree training system by using peach trees grafted on *Prunus tomentosa* has been in use from about 15 years ago. The area under such orchards is now 25 ha, with 'Akatsuki' and 'Kawanakajima Hakuto' as the main cultivars. However, frequent cases of decline in tree vigor have been found especially in 'Kawanakajima Hakuto' grafted on *P. tomentosa* and commercial production has suffered a setback from this tree decline. Tree decline problems had been observed in peach trees grafted on *P. tomentosa* and *P. japonica* in earlier attempts to develop small-sized trees by using these dwarfing rootstocks. Virus infection and graft-incompatibility are likely causes of the decline.

The object of this research was to clarify the varietal differences in tree decline, effectiveness of a compatible interstock in overcoming the graft-incompatibility and to determine the optimum crop load and the effect of GA application on vigor in peach trees grafted on *P. tomentosa*.

1. Comparison of compatibility in 15 peach cultivars grafted on *Prunus tomentosa* rootstock

To find peach scion cultivars that are productive and compatible with *P. tomentosa* rootstocks, yield, dry matter distribution and trunk cross sectional area were examined using 15 cultivars of seven-year-old trees. The annual average yield per tree was high in 'Chikuma', 'Akatsuki', 'Yoshihime' and 'Kawanakajima Hakuto', and low in 'Takei Hakuho', 'Yawata Hakuho', 'Yamanashi Hakuho' and 'Setouchi Hakuto'. The cultivars with a high yield also showed a large overall accumulation of dry matter in each tree. The cultivars with a low yield such as 'Yawata Hakuho', 'Yamanashi Hakuho' and 'Ryuhō' accumulated little dry matter indicating a low net production. However in 'Takei Hakuho' and 'Setouchi Hakuto', much dry matter was distributed to the trunk and shoots although the overall yield was low. Their total dry matter production was similar to that of high-yielding cultivars. A high bark/trunk cross-sectional area was associated with a low dry matter distribution in the above-ground parts. 'Kawanakajima Hakuto' had an especially high fruit/leaf dry matter ratio, indicating that an excess of dry matter was distributed to the fruit, which leads to a shortage of dry matter in the other parts of the tree. This may explain the cause of decline in this cultivar when grafted on *P. tomentosa*.

'Kawanakajima Hakuto' peach trees often show a greater incidence of tree decline than do 'Akatsuki' trees when grafted on *P. tomentosa* rootstock. To study the cause of the decline, seasonal changes in carbohydrate status of roots, shoots, and leaves of the two cultivars grafted on *P. tomentosa* and *P. persica* were analyzed. There were no significant differences in the starch and soluble sugar contents between 'Akatsuki' and 'Kawanakajima Hakuto' grafted on either rootstock during the dormant period but at the

pre-bloom period, the root starch content in both cultivars grafted on *P. tomentosa* was only half that of trees grafted on *P. persica*. The starch content in roots and shoots of 'Kawanakajima Hakuto' on *P. tomentosa* continued to be lower than that on *P. persica* during the growing period, whereas it differed little in 'Akatsuki' on the two rootstocks. Similar trends were found in total sugar and sorbitol contents of the roots. No conspicuous differences between the cultivars were found in other parameters, such as sugar content of shoots and leaves, in relation to tree decline. Therefore, the cause of decline in 'Kawanakajima Hakuto' trees grafted on *P. tomentosa* is attributed partly to the depletion of starch and sorbitol in the roots and starch in the shoots during the growing season.

2. Improvement of vigorous vegetative growth in 'Kawanakajima Hakuto' grafted on *P. tomentosa* by using compatible interstock

'Kawanakajima Hakuto' peach trees grafted on *P. tomentosa* often show graft-incompatibility symptoms. In relation to the tree decline, dry matter partitioning and carbohydrate status of various tree parts at pre-bloom period were investigated in 'Kawanakajima Hakuto' grafted on *P. persica* (PP), *P. tomentosa* (PT), and a compatible interstock/*P. tomentosa* (IS). Under non-bearing conditions in three-year-old trees, the total whole tree dry matter amount of PT was only half that of PP, whereas that of IS was greater than that of PT. However, the dry matter scion to rootstock (T/R ratio) was similar (0.57-0.59) in all combinations. Starch content in various parts, was higher in the rootstock than in the scion, with that in the roots being highest in PP among all the combinations. The total amount of non-structural carbohydrate (starch + simple sugars) per tree in IS and PT was half and one-third of PP, respectively. The greatest amount of non-structural carbohydrate was found in < 2 mm roots, regardless of combination. The T/R ratio in non-structural carbohydrate levels was 0.18 for PP, 0.31 for IS, and 0.30 for PT. On bearing four-year-old trees, the dry matter T/R ratio was lower in PP (0.47) but higher IS (0.63) and PT (0.66). The T/R ratio in non-structural carbohydrate levels was 0.16, 0.65, and 0.80 for PP, IS, and PT, respectively. These results suggest that the tree decline in PT is partially promoted by the depletion of non-structural carbohydrate reserve at the pre-bloom period. Furthermore, the use of compatible interstock improves dry matter and non-structural carbohydrate status especially in the rootstock.

The absorption and distribution of applied nitrogen were determined in 4-year-old 'Kawanakajima Hakuto' peach trees grafted on *P. persica* (L.) Batsch and *P. tomentosa* Thunb. rootstocks and a compatible interstock ('Chikuma')/*P. tomentosa* by using a ¹⁵N tracer in the pot experiments. At fruit harvest, the absorbed nitrogen was mainly distributed in the leaves (55.7-61.3%). The ¹⁵N atom%excess in every scion part and the total amount of absorbed ¹⁵N were significantly higher in PP and IS than in PT. These results suggest that the use of a compatible interstock, 'Chikuma', improves absorption of applied nitrogen in case of incompatible hetero graft, 'Kawanakajima Hakuto' - *P. tomentosa*.

3. Effects of crop load and gibberellin application on tree vigor in 'Kawanakajima Hakuto' grafted on *P. tomentosa* rootstock

Effects of crop load (leaf/fruit ratio; 30L/F, 60L/F 120L/F, no bearing) on dry matter partitioning and carbohydrate status were studied in 'Kawanakajima Hakuto' peach trees grafted on *P. tomentosa* seedling

rootstocks. The total dry weight of fruit in 30L/F and 60L/F were approximately 3.5 and 2 times of those in 120L/F, respectively. The individual fresh fruit weight was about 400g regardless of leaf/fruit ratios. There was an inverse relationship between crop load and dry weight of each tree part other than fruit. Total carbohydrate content of leaves in 30L/F in June and that of roots in the no bearing plot in August were higher than those of the other L/F ratio plots. These results show that fruit functions as a strong sink for photosynthates so that the dry matter distribution to leaves and current shoots are reduced by heavy crop load. Therefore, L/F ratio in 'Kawanakajima Hakuto' peach trees grafted on *P. tomentosa* should be maintained higher than that of peach grafted on *P. persica*.

Furthermore, effects of GA application on keeping of tree vigor were investigated by using 'Kawanakajima Hakuto' peach trees grafted on *P. tomentosa* seedling rootstocks. As the flower bud differentiation and fruit maturation are coincident in 'Kawanakajima Hakuto', it is difficult to apply GA at this stage because GA may affect fruit quality. Therefore, GA was applied in the early shoot elongation stage. GA application promoted shoot elongation and vegetative bud formation. The higher the GA concentration, the greater the effectiveness. No effects on quality of harvested fruit were found. Thus, GA application in early shoot elongation stages is effective in improving tree vigor.

引用文献

- Andrews, P. K. and C. S. Marquez. 1993. Grafted incompatibility. Hort. Rev. 15: 183-232.
- Breen, P. J. and T. Muraoka. 1975. Seasonal nutrient levels and peach/plum graft incompatibility. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100: 339-342.
- Brown, C. S., E. Young and D. M. Pharr. 1985. Rootstock and scion effects on the seasonal distribution of dry weight and scion effects on the seasonal distribution of dry weight and carbohydrates in young apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110: 696-701.
- Caruso, T., P. Inglese, M. Sidari and F. Sottile. 1997. Rootstock influences seasonal dry matter and carbohydrate content and partitioning in above-ground components of 'Flordaprince' peach tree. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122 : 673-679.
- Corgan, J. N. and F. B. Widmoyer. 1971. The effects of gibberellic acid on flower differentiation, date of bloom, and flower hardiness of peach. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96: 54-57.
- Dennis, F. G. and L. J. Edgerton. 1970. Effects of gibberellins and ringing upon apple fruit development and flower bud formation. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88: 14-24.
- Dowler, W. M. and F. D. King. 1966. Seasonal changes in starch and soluble sugar content of dormant peach tissues. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 89: 80-84.
- Edgerton, L. J. 1970. Some effects of gibberellin and growth retardants on bud development and cold hardiness of peach. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88: 197-203.
- Feucht, W. and P. P. S. Schmid. 1988. Incompatibility of grafted cherry trees (*P. avium* / *P. cerasus*): loss of metabolic tolerance as a consequence of environmental stress. Acta Hort. 227: 87-89.
- Fisher, V. D. 1971. Why not a small peach tree? Part . Amer. Fruit Grower. 3: 14-15.
- 藤井雄一郎・見尾貞治・高木伸友 . 1993 . わい性台木に接いだモモ樹の接ぎ木部に見られる形態的異常 . 園学要旨 . 昭62秋 : 136-137.
- 福田博之・瀧下文孝・工藤和典・櫻村芳記 . 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 .
- 福田博之 . 1995 . わい性台木の生理生態と生育の特徴 . p.59-76 . 河瀬憲次編著 . 果樹台木の特性と利用 . 農文協 . 東京 .
- 福田博之・瀧下文孝 . 1998 . M9わい性台木 'ふじ' リンゴ樹における果実肥大及び品質に対する着果程度の影響 . 果樹試報 . 30 : 63-73 .
- 文室政彦 . 2000 . 被覆条件下のニホンナシ '幸水' 樹の生長 , 乾物生産と分配に及ぼす着果程度の影響 . 園学雑 . 69 : 724-731 .
- Gaudillère, J. P., A. Moing and F. Carbonne. 1992. Vigour and non-structural carbohydrates in young prune trees. Sci. Hort. 51: 197-211.
- Gur, A., R. M. Samish and E. Lifshitz. 1968. The role of the cyanogenic glycoside of the quince in the incompatibility between pear cultivars and quince rootstocks. Hort. Res. 8: 113-134.
- Gur, A. and A. Blum. 1973. The role of cyanogenic glycosides in incompatibility between peach scions and almond rootstocks. Hort. Res. 13: 1-10.
- Häggman, H. M., and T. S. Aronen. 2000. p.48-78. *Agrobacterium rhizogenes* for rooting recalcitrant woody plants. Jain, S. M. eds. Molecular biology of woody plants. Vol. 2. Kluwer Academic Publishers. U.K.
- 林 真二・田辺賢二 . 1991 . 樹体 , 果実の生長

- と貯蔵養分 . p. 105-116 . くだものつくりの基礎 . 鳥取県果実連 . 鳥取 .
- Heuser, C. W. 1983. Graft incompatibilities in woody plants. Proc. Int. Plant Prop. Soc. 33: 407-412.
- 平野 暁 . 1989 . 果樹栽培における物質生産の重要性とその研究の意義 . p.15-24 . 平野暁・菊池卓郎著 . 果樹の物質生産と収量 . 農文協 . 東京 .
- 平田尚美・林 真二・黒岡 浩 . 1974 . カキ果実の発育ならびに成熟に関する生理学的研究 . 第2報 . 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及ぼす秋季摘葉の影響 . 鳥取大農学研報 . 26 : 15-27 .
- Hull, J., Jr. and L. N. Lewis. 1960. Response of one-year-old cherry and mature bearing cherry, peach and apple trees to gibberellin. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 74: 93-100.
- Inglese, P., T. Carso, G. Gugliuzza and L. S. Pace. 2002. Crop load and rootstock influence on dry matter partitioning in trees of early and late ripening peach cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127: 825-830.
- 井上 宏 . 1990 . ウンシュウミカンの新梢発生と花芽分化に及ぼす夏秋季のジベレリン散布と温度の影響 . 園学雑 . 58 : 913-917 .
- 石田雅士 . 1984 . モモ樹の生育特性 . p.19-52 . 農業技術体系 . 果樹編 (モモ, ウメ, スモモ, アンズ) . 農文協 . 東京 .
- Isoda, R. 1981. Effect of GA and CCC on flower bud differentiation on lateral shoot of Muscat of Alexandria grapes. Bull. Hiroshima Agr. Coll. 6: 405-408.
- 伊藤明治・藤根勝栄・小原 繁・小野田和夫・佐々木仁・田村博明・鈴木 哲・三浦晃弘・久米正明・佐々木真人 . 1994 . クインス台を用いたセイヨウナシの生育と植栽様式 . 岩手園試研報 . 7: 99-110 .
- Jeffree, C. E. and M. M. Yeoman. 1983. Development of intercellular connections between opposing cells in a graft union. New Phytol. 93: 491-509.
- Jones, O. P. 1971. Effects of rootstock and interstock on the xylem sap composition in apple trees: effects on nitrogen, phosphorus and potassium content. Ann. Bot. 35: 825-836.
- Kaneyoshi, J. and S. Kobayashi. 1999. Characteristics of transgenic trifoliate orange (*Poncirus trifoliata* Raf.) possessing the *rolC* gene of *Agrobacterium rhizogenes* Ri plas- mid. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 68: 734-738.
- Katsumi, M. and M. Fukuhara. 1969. The activity of α -amylase in the shoot and its relation to gibberellin-induced elongation. Physiol. Plant. 22: 68-75.
- 河瀬憲次 . 1995 . 台木と穂木の生理作用 . p.15-29 . 河瀬憲次 編著 . 果樹台木の特性と利用 . 農文協 .
- Keller, J. D. and W. H. Loeschner. 1989. Nonstructural carbohydrate partitioning in perennial parts of sweet cherry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 969-975.
- 小池洋男・吉沢しおり・塚原一幸 . 1990 . リンゴわい性台樹の適正着果量と乾物生産の分配 . 園学雑 . 58 : 827-834 .
- 児下佳子・森永邦久・土田靖久 . 2000 . GA₃散布がカキの花芽分化に及ぼす影響 . 園学雑 . 69 (別1) : 80 .
- Koshita, Y., Y. Nakamura, S. Kobayashi and K. Morinaga. 2002. Introduction of the *rolC* gene into the genome of the Japanese persimmon causes dwarfism. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 71: 529-531.
- 久保田尚浩・三村博美・島村和夫 . 1988 . 土壌の乾燥と湛水がモモ果実のフェノール含量に及ぼす影響 . 岡山大農学報 . 71: 17-21 .
- 久保田尚浩・河野 章・島村和夫 . 1990 . 台木の異なるモモ '山陽水蜜' 樹における¹³C 光合成産物の転流と分配 . 園学雑 . 59 : 319-324 .
- Kubota, N., H. Yakushiji, N. Nishiyama, H. Miura

- and K. Shimamura. 2001. Phenolic contents and L-phenylalanine ammonia lyase activity in peach fruit as affected by rootstocks. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 70: 151-156.
- Lockhard, R. G. and G. W. Schneider. 1981. Stock and scion growth relationships and the dwarfing mechanism in apple. Hort. Rev. 3: 315-375.
- Lockwood, D. W. and D. Sparks. 1978. Translocation of ^{14}C from tops and roots of pecan in the spring following assimilation of $^{14}\text{CO}_2$ during the previous growing season. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103: 45-49.
- Loescher, W. H., T. McCamant and J. D. Keller. 1990. Carbohydrate reserves, translocation, and storage in woody plant roots. HortSci. 25: 274-281.
- 松井弘之. 1989. 光合成産物の生産と分配. p. 25-74. 平野 暁・菊池卓郎編著. 果樹の物質生産と収量. 農文協. 東京.
- Moing, A. and G. Salesses. 1988. Peach/plum graft incompatibility: structural, physiological and genetic aspects. Acta Hort. 227: 57-62.
- Moing, A., F. Carbonne and J. P. Gaudillère. 1990. Growth and carbon partitioning in compatible and incompatible peach/plum grafts. Physiol. Plant. 79: 540-546.
- Moing, A. and J. P. Gaudillère. 1992. Carbon and nitrogen partitioning in peach/plum grafts. Tree Physiol. 10: 81-92.
- Moore, R. 1986. Graft incompatibility between pear and quince: the influence of metabolites of *Cydonia oblonga* on suspension cultures of *Pyrus communis*. Am. J. Bot. 73: 1-4.
- 水谷房雄. 1980. モモのいや地及び耐水性に関する研究. 愛媛大農学部紀要. 24. 1-16.
- 水谷房雄・山田昌彦・谷口俊哉・小泉京子・杉浦 明・苫名 孝・門屋一臣. 1985. ニワウメ及びユスラウメ台がモモ '大久保' の矮化に及ぼす効果. 園学雑. 54: 327-335.
- Mizutani, F., H. Tanji, S. Amano, A. Hino, K. Kadoya, J. Watanabe and H. Akiyoshi. 1996. Mineral nutrient elements of peach trees as affected by dwarfing rootstocks. Bull. Exp. Farm Coll. Agr., Ehime Univ. 17: 1-11.
- Mizutani, F., A. B. M. G. Rabbany, S. Amano, A. Hino, H. Akiyoshi and K. Kadoya. 1997. Effects of summer pruning and gibberellin application on reduction of flower bud formation in 'Saotome' peach (*Prunus persica* Batsch.) trees grafted on *P. japonica* rootstocks. Bull. Exp. Farm Coll. Agr., Ehime Univ. 18: 1-8.
- 村瀬昭治・鈴木勝征・山崎利彦. 1986. モモのわい性台木に関する研究(第1報)白鳳及び白桃の若木の生長及び果実の収量, 品質に及ぼす *Prunus japonica* Thunb., *Prunus tomentosa* Thunb. 及び *Prunus persica* Batsch. 台木の影響. 果樹試報A. 13: 31-49.
- 中川昌一. 1982. 果樹園芸原論. p.22-49. 養賢堂. 東京.
- 中野幹夫・島村和夫. 1983. ユスラウメ台及び共台のモモの生育と収量. 岡山大農学報. 61: 67-75.
- 中野幹夫・山根崇嘉. 1999. ユスラウメ系統台木に接いだモモ苗木における接ぎ木部の通水性の測定. 園学雑. 68(別2): 205.
- Nii, N., K. Yamaguchi and M. Nishimura. 1995. Effects of fruiting on amylase activity and ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase content in peach leaves. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 64: 267-273.
- 尾形凡生・片岡郁雄・杉浦 明・苫名 孝. 1989. モモ, ネクタリン, 及びスモモの無機養分吸収に及ぼす各種台木の影響. 園学雑. 57: 608-614.
- 尾形凡生・奥村亨央・堀内昭作. 1990. ヤセイモモ及びユスラウメ台に接いだモモ樹の内生GAについて. 園学雑. 59(別2): 104-105.
- 岡本五郎. 1979. ブドウ樹が秋に同化した ^{14}C -物質の翌春における体内分布と移行. 園芸

- 学研究集録. 9: 6-12.
- Quinlan, J. D. 1969. Mobilization of ^{14}C in the spring following autumn assimilation of $^{14}\text{CO}_2$ by an apple rootstock. *J. Hort. Sci.* 44: 107-110.
- Sachs, T. 1981. The control of patterned differential of vascular tissues. *Adv. Bot. Res.* 9: 151-262.
- Salvatierra, G. A., H. Gemma and S. Iwahori. 1998. Partitioning of carbohydrates and development of tissues in the graft union of peaches grafted on *Prunus tomentosa* Thunb. rootstock. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 67: 475-482.
- Salvatierra, G. M. A., H. Gemma and S. Iwahori. 1999. Histochemical observation and HPLC analysis of phenolic compounds at the graft union of dwarf peach trees grafted onto *Prunus tomentosa*. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 68: 724-733.
- 佐々木生雄・佐藤雄夫. 1978. ^{15}N 利用によるモモに対するチッソの施肥時期と吸収状況. 福島園試研報. 8: 17-23.
- 佐藤通浩・大窪恵美子・佐保 学・板井 隆・上曾山 茂・植山昌人・福田賢二・藤田義明・信貴竜人・中尾茂夫. 2002. わい化栽培モモ台木ユスラウメの増殖法および苗木栽植後の管理法. 大分県農技センター研報. 32: 33-49.
- 島村和夫・三善正道・平川利幸・岡本五郎. 1987. 主幹形モモ樹の生育と果実生産. 園学雑. 55: 422-428.
- 島村和夫. 1990. モモのわい化栽培-その考え方と実際. 島村和夫教授定年退官記念事業会(岡山大学農学部). 岡山.
- 副島淳一. 1995. 台木と穂木の生理作用. p.45-55. 河瀬憲次 編著. 果樹台木の特性と利用. 農文協.
- 鈴木勝征・村瀬昭治・山崎利彦. 1986. モモ及びオウトウのわい性台木の検索. 果樹試報 A. 13: 21-29.
- 高原利雄・広瀬和栄・岩垣 功・小野祐幸. 1990. ジベレリンによるカンキツの着花抑制増強のためのマシン油乳剤の混用. 果樹試報. 18: 77-89.
- 高橋国昭・倉橋孝夫. 1983. ブドウ個葉の光合成特性. 園学雑. 52(別1): 120-121.
- 田中敬一. 1992. デンプン, 糖, 有機酸, アミノ酸の測定法. p.31-32. 間苧谷 徹編著. カンキツの分析調査法. 農林水産省 果樹試験場口之津支場. 長崎.
- 谷口 肇. 1986. 澱粉及びグリコーゲンの分離, 定量, 調整. p. 1-24. 生物化学実験法19. 澱粉・関連糖質実験法. 学会出版センター. 東京.
- Teng, Y., K. Tanabe, F. Tamura and A. Itai. 1999. Translocation of ^{13}C -assimilates in the spring following fall assimilation of $^{13}\text{CO}_2$ by 'Nijisseiki' pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai). *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 68: 248-255.
- 時本 巽. 1991. モモ園の土壤管理と施肥技術. p. 381-404. 千葉 勉編著. 果樹園の土壤管理と施肥技術. 博友社. 東京.
- 遠山正瑛・林 真二. 1957. 和梨果実の発育に関する研究(第2報). 摘葉処理と果肉細胞の分裂及び肥大について. 園学雑. 25: 279-282.
- Tsujikawa, T., T. Ichii, T. Nakanishi, T. Ozaki and Y. Kawai. 1990. *In vitro* flowering of Japanese pear and the effect of GA_{4+7} . *Sci. Hort.* 41: 233-245.
- 鶴田富雄・山田喜和・小柳津和佐久・足立元三. 1985a. モモの低木化台木に関する研究(第1報) 各種台木と穂木品種との親和性. 山梨果樹試研報. 6: 51-56.
- 鶴田富雄・山田喜和・小柳津和佐久・遠藤 久・窪田 久・足立元三. 1985b. モモの低木化台木に関する研究(第2報) 各種台木が穂品種の生育に及ぼす影響. 山梨果樹試研報. 6: 57-81.
- West, S. and E. Yang. 1988. Effects of rootstock and interstock on seasonal changes in foliar nutrient (N, P, K, Ca) composition of 'Deli-

- cious' and 'Golden Delicious' apple. *Fruit Varieties J.* 42:9-14.
- Westwood, M. N. and A. N. Roberts. 1970. The relationship between trunk cross-sectional area and weight of apple trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95: 28-30.
- Yamamura, H., K. Matsui and T. Matsumoto. 1989. Effects of gibberellins on fruit set and flower-bud formation in unpollinated persimmons (*Diospyros kaki*). *Sci. Hort.* 38: 77-86.
- 山根崇嘉・中野幹夫 . 1999 . ユスラウメ系統台木におけるモモ芽接ぎ初期の接ぎ木部の組織化学的観察 . 園学雑 . 68 (別2) : 206 .
- 矢野 隆・新開志帆・井上久雄・森口一志 . 2000 . 衰弱発生程度の異なるユスラウメ台木モモ樹2品種のデンプン , 可溶性糖含量の季節的变化 . 園学雑 . 69 : 711-717 .
- 矢野 隆・清水康雄・新開志帆 . 2001 . ユスラウメを台木としたモモ樹における青酸配糖体の分布 . 園学雑 . 70 (2) : 107 .
- Yano, T., H. Inoue, Y. Shimizu and S. Shinkai. 2002a. Dry matter partitioning and carbohydrate status of 'Kawanakajima Hakuto' peach trees grafted onto different rootstocks or with an interstock at pre-bloom period. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 71: 164-170.
- 矢野 隆・新開志帆・井上久雄・森口一志 . 2002b . ユスラウメ台木に接ぎ木したモモ樹15品種の収量 , 乾物分配および主幹断面積の比較 . 園学研 . 1 : 53-58 .
- Yano, T., H. Inoue, Y. Shimizu, S. Shinkai and M. Ochi. 2002c. Effects of *Prunus tomentosa* and *P. persica* rootstocks on yield, fruit quality, dry matter partitioning and trunk cross-sectional areas of six peach cultivars. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 71: 730-737.
- Yeoman, M. M., D. C. Kilpatrick, M. B. Miedzybrodzka and A. R. Gould. 1978. Cellular interactions during graft formation in plants, a recognition phenomenon? *Symp. Soc. Exp. Biol.* 32: 139-160.