

(千葉大学学位申請論文)

リンゴわい性台木の繁殖と
苗木育成に関する研究

2005 年 7 月

小野 剛史

目 次

序	1
第 1 章 リンゴわい性台木の取り木繁殖	
1. 緒言	6
2. 取り木繁殖における数系統のリンゴわい性台木 M.9 の繁殖性の比較	9
3. 取り木繁殖における発根促進法	11
4. 接ぎ木盛り土法における穂木採取用母樹の遮光と台木の発根	24
5. 考察	25
第 2 章 リンゴわい性台木を利用した苗木の育成	
1. 緒言	33
2. 取り木繁殖によって育成した M.9 ナガノ台木の根量, 台木直径が 1 年生 ‘ふじ’苗木の生育におよぼす影響	34
3. 取り木繁殖によって育成した M.9 台木数系統が 1~2 年生 ‘ふじ’苗木の 生育におよぼす影響	38
4. 台芽の切除および摘心処理が M.9 ナガノ台木を用いた 1 年生 ‘ふじ’苗 木の生育におよぼす影響	44
5. 考察	53
第 3 章 フェザーの発生したリンゴわい性台木苗木の育成	
1. 緒言	66
2. 1 年生リンゴわい性台木苗木の切り戻し, 芽かき処理とフェザー発生	67
3. 1 年生リンゴわい性台木苗木の切り戻し, 芽かき, BA 散布および摘葉処 理とフェザー発生	74
4. 1 年生リンゴわい性台木苗木の切り戻し, 芽かき, BA の繰り返し散布処 理とフェザー発生	91
5. 考察	106

第4章 リンゴわい性台木を利用した2年生苗木の定植後の生育特性

1. 緒言・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 118
2. M.9 ナガノ台木を用いた‘ふじ’における“Knipboom”と切り戻しのみ
によって育成した2年生苗木の定植後の収量，樹体生育の比較・・・・ 119
3. M.9 ナガノ台木を用いた2年生‘ふじ’苗木の樹冠構造と定植後の収量，
樹体生育・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 120
4. 考察・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 126

第5章 総合考察・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 128

摘 要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 135

Summary・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 140

引用文献・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 146

序

明治初期に欧米からリンゴが導入された当初、台木には実生やミツバカイドウが用いられていた。後に、関東地方の種苗業者らにより、挿し木発根性の優れる枝垂れ性のマルバカイドウ台木が選抜され（今・神戸，1969），1935 年以降，リンゴ台木の 80 %以上で利用されるまでに増加した（土屋，1998）。マルバカイドウ台木は，ミツバカイドウ台木に比べて早期結実効果が高く，土壌適応性が優れ，接ぎ木親和性も良い（土屋，1998）ことから，広く種苗業者およびリンゴ生産者に受け入れられた。また，休眠枝挿しで容易に増殖が可能であることは，マルバカイドウ台木の特筆すべき特徴の一つであり，国内において，挿し木繁殖によるリンゴの台木生産および苗木育成が定着する主要因ともなった。マルバカイドウ台木は，わが国において，リンゴ台木としてこれまでに最も多く利用されてきており，現在でもリンゴ生産において重要な役割を果たしている。

一方，わが国において，リンゴのわい化栽培が普及し始めたのは 1960 年代頃からで，導入からおおよそ 40 年近くが経過しようとしている。これまでに，わい性台木としては，M.9, M.26, M.27, C.G. 10 等が利用されてきた（別所，1998）。これらのわい性台木の多くは，実用的な休眠枝挿しによる繁殖が難しいため，挿し木繁殖を行ったマルバカイドウ台木に接ぎ木することによって繁殖が行われてきている。これにともない，国内におけるリンゴわい性台木苗木のほとんどは，マルバカイドウを下部台木とする中間台木苗木として育成されている。

しかしながら，わい性台木を中間台木として利用した場合，土壌適応性が向上する等の利点はあるものの，本来のわい化効果が十分に生かされないため，樹齢の経過に伴って，最終的に強樹勢化による作業性の悪化，果実品質および果実生産効率の低下等が顕在化し，近年，これらは栽培上の大きな問題となっている。このような経験をふまえて，作業性，果実品質，果実生産効率の優れる，小型の樹冠を有するわい化栽培を実現するために，マルバカイドウを用いない通常の台木法としてのわい性台木利用が見直されつつある（玉井ら，2002b）。

欧米では，取り木によるわい性台木の繁殖が定着している（Wertheim・Webster，2003）。最近では，リンゴのわい化栽培向けに世界的に利用の多い M.9 台木の

中から、取り木において繁殖性の優れる系統 (“sub-clone”) が、数多く見出され (Gilles et al., 1986; Wertheim, 1988; Baumann, 1980; Masseron・Roche, 1993), わい化効果等の特性の違いについても解明されつつある (Masseron, 1989; van Oosten, 1986; Wertheim, 1997; Webster・Hollands, 1999).

しかし、日本国内におけるわい性台木の繁殖は、前述したように挿し木したマルバカイドウ台木に接ぎ木を行う方法が一般的であり、盛り土、掘り取りといった取り木繁殖特有の作業は種苗業者に敬遠され、わい性台木の取り木繁殖はほとんど取り組まれていない。また、取り木繁殖以外の方法として、黄化処理を併用した休眠枝挿しおよび緑枝挿し等の手法も検討されてきてはいるものの、処理がやや煩雑なためもあって、やはり実用的には行われていない。取り木繁殖の効率化に関する研究についても、過去に欧米を中心に多く取り組まれてきている (Howard, 1987) が、国内においては、幾つかの試験例を除いて関連の報告は少ない。

マルバカイドウ台木の挿し木繁殖性の優れる点は重要な長所であり、果樹生産に恩恵をもたらしたが、反面、それに依存するあまり、取り木繁殖等の比較的労力を要する繁殖法に関して、機械化も含めた効率化の技術開発が十分に取られてこなかったことは、わが国におけるわい性台木の利用と実用化にとって、ある意味でマイナスであったと言えるかもしれない。

そこで、本研究においては、現在、国内で利用可能なウイルスフリー系 M.9 台木の取り木における繁殖性について、欧米を中心に新たに見出されている主要な M.9 台木系統と比較するとともに、黄化処理を応用した取り木繁殖の効率化技術を明らかにしようと試みた。また、最近、挿し木繁殖が可能なわい性台木として新しく育成された JM1, JM7 台木 (吉田ら, 1997) についても、挿し木繁殖が安定しない事例が多いことから、これらの検討に加えた。

果樹栽培においては、苗木の定植後、結実が始まるまでには数年を要し、成木に達するまでにはさらに年数がかかる。初期収量の増加を早めることは果樹経営上重要な課題であり、それは、わい性台木を用いた密植栽培の主要なねらいの一つでもある。結実開始の前進、ならびに早期成園化に関しては、2~3 年生以上の大苗の利用について幾つかの報告があり (久米ら, 1996; 堀込・太刀川, 1996; 石川ら, 1997), リンゴのわい化栽培においても、一部の篤農家では、

自家育苗した2年生以上の大苗を用いて早期成園化に取り組み、成果を上げている事例がある（原，2000）。

しかし、種苗業者で生産されている苗木のほとんどは1本棒状の1年生苗木であり、一般的な農家が2年生以上の大苗をすぐに利用できる苗木の生産および流通体制は構築されていない。果樹園の開園に際する大苗の利用の有利性は十分認識されているものの、現状において、実践的な大苗の利用はごく一部に限られている。

一方、欧米におけるリンゴのわい化栽培では、近年、“Knipboom”と呼ばれる、長めのフェザーが多発した2年生苗木の利用が急速に広まっており、大きな成果を上げている（Barritt, 1990）。南チロル地方とも呼ばれるイタリアの北部地域は、従来型の大樹粗植栽培が、早期多収性の優れる“Knipboom”を主に用いた小型樹密植栽培に短期間に転換された成功事例として世界的に注目されており、わい化栽培向けに特性を改善した優良な大苗の生産と利用が成功の重要な鍵であったとされている（Werth, 2003）。

リンゴの苗木に発生する副梢（以下、フェザーとする）は角度が広いために、定植後、わい性台木樹の側枝として利用しやすいことが知られている。リンゴ苗木のフェザー発生促進を目的として、ベンジルアデニン（以下、BAとする）等の植物生長調節物質の効果が数多く報告されている（Williams・Stahly, 1968; Kender・Carpenter, 1972; Quinlan, 1978; Larsen, 1979; Forshey, 1982; Wertheim・Estabrooks, 1994）。わが国においても、接ぎ木当年の苗木新梢に対するフェザー発生促進効果、2年生以上の苗木や定植後の若木の腋芽発生促進および花芽着生促進効果等について報告されている（横田，1981；小池ら，1983；外崎・斎藤，1986）。しかしながら、主に種苗業者での取り組みを想定した、わい化栽培向けの諸特性（多数のフェザーを有する等）の優れる大苗の生産技術については、国内の主要品種を用いて、これまでにほとんど研究が取り組まれていない。

このような背景をふまえて、本研究では、わい化栽培向けの大苗の育成法に関して技術開発を試みた。加えて、このような苗木の早期多収性、苗木におけるフェザー等の側枝の発生状態が、定植後の苗木の樹形におよぼす影響についても検討を加えた。

国内の果樹栽培においては、高齢化、低価格、消費の低迷といった状況の中、年々、経営環境は厳しいものとなってきた。導入後 30 年以上を経過したリンゴのわい化栽培においても、高樹高化、受光態勢の悪化による生産効率の低下が顕在化している。また、最近では、農薬の安全使用に対する消費者の関心や要望の高まりから、減農薬栽培への取り組みが重要な課題となっている。これらの課題を克服しつつ、安定的な果樹経営の進展を図るためには、作業性、受光環境、薬剤の到達性の優れる小型樹を用いた密植栽培を実現することが、一つの重要な解決策となり得ると考えられる。

本研究は、このようなわい化栽培の実現に向けて、わい性台木の生産を含めて、早期多収性ならびに生産効率の優れる大苗の育成技術の開発について、国内の主要品種を用いて取り組んだものである。

謝 辞

本論文の作成にあたり、終始ご親切なご助言、ご示唆をいただき、かつご高
闊賜った千葉大学園芸学部教授 松井弘之博士、同助教授 小原均博士、東京農
工大学講師（前長野県果樹試験場長）小池洋男博士に、衷心より感謝の念を表
する。また、終始ご教示、ご激励をいただいた千葉大学名誉教授 平田尚美博士、
同名誉教授 高橋英吉博士に、謹んで感謝の意を表する。

実験期間中、数々のご配慮、ならびに御激励を頂いた、長野県果樹試験場長 和
田健夫氏、同栽培部長 白田彰氏、長野県中信農業試験場畑作栽培部長 茂原泉
氏、長野県果樹試験場育種部長 塚原一幸博士の各位に、感謝の意を表する。ま
た、調査および実験の遂行に際して貴重なご意見をいただき、かつご協力いた
だいた長野県果樹試験場 玉井浩 研究員、同 前島勤 研究員、長野県南信農業
試験場 船橋徹郎 研究員、長野県農業技術課 加藤秀一 副主任専門技術員、並
びに関係研究職員各位に、衷心より感謝の意を表する。さらに、実験ほ場の運
営、管理においては、落合進一氏（前長野県果樹試験場 主任農林技師）、長野
県果樹試験場 飯島貞次 主任農林技師、同 返町章 農林技師、同 馬場孝幸 農
林技師の各位には、数多くのご協力をいただいた。また、現地調査においては、
長野県農業大学校果樹実科、研究科の学生諸君、長野県果樹試験場 研修生諸氏
のお力をお借りした。ここに記し、心より感謝の意を表する次第である。

第1章 リンゴわい性台木の取り木繁殖

1. 緒言

Hatton (1917) によって世界で初めてリンゴのわい性台木の収集、分類の報告がなされて以来、世界の多くの国々でわい性台木の探索、育種が行われてきている。現在、リンゴのわい性台木には、わい化効果、繁殖性、耐病虫性、環境適応性等が異なる多くの種類があり、リンゴ樹の増殖、樹勢のコントロール、耐病虫性の付与、高品質果実生産および早期多収等の目的のために、広く利用されている (Webster, 2002)。中でも M.9 台木は、優れたわい化効果と果実生産効率の高さから、リンゴの小型樹密植栽培向けに世界で最も普及している (Ferree・Carlson, 1986; Webster・Wertheim, 2003)。

M.9 台木は、イギリスの East Malling 試験場 (以下、EM 試) において、フランス起源の “Paradise” から選抜された台木であり、ローマ数字で IX の系統番号が最初に与えられる以前には “Jaune de Metz” とも呼ばれた (Hatton, 1917; Ferree・Carlson, 1986)。オリジナルの M.9 台木は取り木における繁殖性が劣る (Howard, 1977, Quamme・Brownlee, 1990) とされているが、繁殖性の優れる系統 (“sub-clone”) が、ヨーロッパを中心に多数見出されている (Gilles et al., 1986; Wertheim, 1988; Baumann, 1980; Masseron・Roche, 1993)。これらの M.9 台木系統は、取り木繁殖を行う過程で選抜されたか、ウイルスフリー化されたクローンの中から選ばれた (Webster・Hollands, 1999) ものである。新たに見出された M.9 台木系統には、形態的な差異 (とげの発生、花芽の着生、葉のきょ歯の深さ等) のあることが報告されており (Masseron, 1989; van Oosten, 1986)、最近ではわい化効果や生産性の違いについても解明されつつある (Wertheim, 1997; Webster・Hollands, 1999)。

M.9 台木系統の繁殖性やわい化効果、収量性の違いには、遺伝的な要因 (Baumann, 1980; Parry, 1980; van Oosten, 1977) やウイルスの有無 (Campbell, 1965) が関与している可能性が指摘されているが、van Oosten (1986) は幾つかの M.9 台木系統を形態的に観察することにより、系統間差異は主に植物の栄養生長段階の違い (“ontogenetic variation” (Hackett, 1985)) によると考察し、それらを幼若相 (juvenile phase)、成熟層 (adult phase) および両者の中間であ

る過渡相 (intermediate phase) の特徴を示す系統に分類している。

長野県果樹試験場 (以下、長野果試) では、EM 試から導入したオリジナルの M.9 台木を温熱処理 (Cutting・Montgomery, 1973) して ACLSV をフリー化した M.9- (マイナス) を育成し (小池ら, 1993b), 1998 年に M.9 ナガノと命名した (Koike et al., 1999). M.9 ナガノ台木は、わい化効果、果実生産効率が優れ (小池ら, 1993a), 小型樹密植栽培向けに長野県内で普及が進みつつある。玉井ら (2002a) は、M.9 ナガノ台木と M.9 NVF157 台木の外部的な形態を、van Oosten (1986) が幼若相の特徴を有する系統 (M.9 FL56), および過渡相の特徴を有する系統 (M.9 T337) と報告している M.9 台木 2 系統と比較し、いずれも形態的に成熟相の特徴を持つことを明らかにした。

しかし、M.9 ナガノ、M.9 NVF157 台木の取り木における繁殖性について、他の M.9 台木系統と比較した試験は未実施である。そこで本研究では、第一の課題として、M.9 ナガノおよび M.9 NVF157 台木を含む幾つかの M.9 台木系統について、取り木 (横伏せ法) における繁殖性の違いを比較した。

M.9 ナガノ台木の取り木繁殖について、長野県内の種苗業者の間では、発根量の多い台木が安定して生産しにくいとの指摘がある。特に、取り木を開始して最初の 2, 3 年は、新梢発生数、発根量が少ないためにその傾向が強いことが観察される。オリジナルの M.9 台木は他の M 系、および MM 系台木に比べて取り木による繁殖生が劣る (Howard, 1977) とされているが、M.9 ナガノ台木はこの特性を受け継いでいる可能性があり、取り木繁殖を効率的に行うためには、発根率を向上するための何らかの技術開発が必要と考えられる。

挿し木繁殖における発根促進技術の一つとして、穂木採取用の母樹に対する黄化処理、遮光および “blanching (一度緑化した新梢を遮光する処理)” 処理の有効性が知られている (Bassuk・Maynard, 1987). Gardner (1936) は、リンゴの休眠枝挿しにおいて、黒い粘着テープを用いた “blanching” が、発根しにくい ‘MacIntosh’ の発根を著しく促進することを示した。Doud・Carlson (1977) は、取り木繁殖の際に盛り土されたリンゴ台木の新梢について、外見上発根が認められないものでも、それを挿し木した時に、盛り土されていない新梢に比べて発根の優れることを報告している。また、菊地・川原田 (1991) は、黒ビニルと脱脂綿、またはアルミホイルを用いて黄化処理を行い、M.27 台木の緑枝

挿し、および半熟枝挿しにおいて高い発根率を得ている。

発根促進のために黄化处理または遮光処理を行う場合、遮光強度、遮光期間等を適切に制御することが課題と考えられる。黄化处理における遮光条件について、Frolich (1961) は、インゲンマメを用いて、光を受ける期間と発根の抑制に連続的な関係があることを示し、発根を促すためには完全な遮光条件が必ずしも必要でないことを明らかにした。一方、リンゴ台木において、Christensen ら (1980) は、オーキシンが外生的に与えられていない条件では、リンゴ台木母樹に対する $8 \sim 54 \text{ W/m}^2$ の範囲の光線強度は挿し木の発根に影響しないが、低光量条件下で母樹が育成された場合においてのみオーキシンの挿し木発根促進効果が認められることを示した。また、Howard (1977~1984) は、M.9 台木を用いて、黄化处理と“banding (黄化处理に続く、部分的な遮光処理)”が挿し木における発根台木率を 14 % から 84 % に増加し、この時光線透過量が 20 % までであれば発根の低下が有意とならないことを示した。これらの知見をふまえると、発根しにくいリンゴ台木においては、挿し木繁殖を前提とした発根促進のためには、母樹（または、母株上の挿し穂にする予定の新梢）に対して比較的強い遮光条件が必要と考えられる。

挿し木繁殖において発根促進効果の高い黄化处理は、そもそも取り木繁殖から発想されたものとされている（猪崎・丸橋，1989）が、取り木繁殖における発根促進にも十分応用が可能であると考えられる。実際に、リンゴのわい性台木の取り木繁殖の効率化をねらいとした黄化处理の方法についても幾つかの報告がある。Tukey (1964) は、リンゴわい性台木の取り木繁殖法の一つであるトレンチレイヤー法 (“Trench Layering”) において、横に伏せた母株が発芽する前に 2.5 cm 程度の軽い覆土を行うと、新梢が土を突き抜けて伸びる際に黄化され、発根が促進されるとしている。藤根 (1971) も同様に母株に対する 3~4 cm の覆土処理の発根促進効果を示しているが、発芽前の覆土が厚すぎると新梢の発芽が抑制されると指摘している。しかし、遮光の時期や強度等について複数の台木系統について詳しく検討した報告は見あたらない。

挿し木発根性の劣るわい性台木を効率的に繁殖するための一手段として、黄化处理を併用した挿し木繁殖も有望であるが、実際には、黄化处理、遮光処理、それに続く“banding”，および“blanching”等の処理には比較的多くの労力を

要し、国内において実用的に取り組まれていない。

そこで本研究では、欧米で既に定着している取り木繁殖にも目を向ける必要があると考え、第二の課題として、M.9 ナガノ台木を含む M.9 台木数系統を用いた取り木繁殖における黄化処理の条件と繁殖性について検討し、M.9 台木系統の取り木繁殖の効率化をはかろうと試みた。

2. 取り木繁殖における数系統のリンゴわい性台木 M.9 の繁殖性の比較

1) 目的

EM 試より導入した M.9 台木を長野果試において温熱処理によりウイルスフリー化した M.9 ナガノおよび M.9 NVF157 台木について、オランダ、フランスから導入した M.9 台木系統との取り木における繁殖性の違いを検討し、繁殖特性を明らかにしようとした。

2) 材料および方法

M.9 ナガノ、M.9 NVF157、M.9 FL56、M.9 T337、Pajam 1、Pajam 2、M.9 KL19 台木（各台木系統 10～29 株）を供試した。

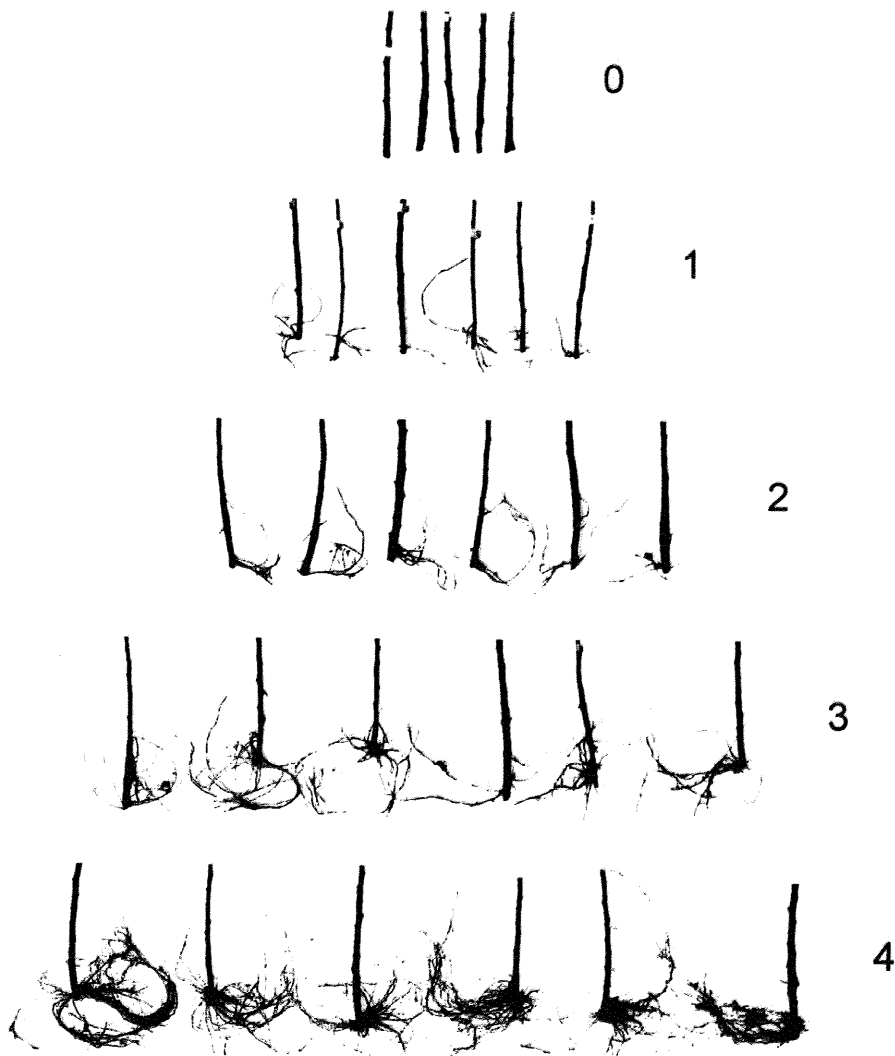
2000 年 4 月に、各台木系統の取り木用母株（1 年生）を、株間 0.4 m、列間 4.0 m として、約 45 度の角度で斜めに定植した。台木地上部は発芽前に約 30 cm で切り戻し、発芽後、U 字型の針金を用いてほぼ水平となるように横に伏せた。定植当年は盛り土せずにそのまま育成し、翌 2001 年から 2003 年にかけて取り木繁殖を行った。

取り木繁殖における盛り土は、母株新梢が 30 cm 程度に伸長した 6 月上旬に 1 回目を行い、以後 7 月中旬にかけて 1～2 回追加した。台木の掘り取りは 11～12 月に行った。

掘り取り後、台木長、台木直径、発根量を調査した。台木直径については、台木基部から 20～25 cm の節間部分を測定した。発根量は、第 1 図に示す指標により、0～4 の数値にて評価を行った。値の中間については 0.5 とした。このようにして求めた発根指数で 0.5 以上を発根台木とし、発根台木本数、発根台木率を求めた。台木本数は、取り木床 1 m 当たりの本数で示した。

3) 結果

M.9 FL56、Pajam 2 台木は、いずれの年も、他の台木系統に比べて取り木床 1



第 1 図 取り木繁殖によって育成したリングわい性台木の発根程度の判定指標

図中の数値は発根指数を示す．0：発根無し，1：秋根が 4～5 本程度発生，2：秋根が多いが，春根も 2～3 本程度発生，3：秋根，春根ともに多数発生，4：太い春根が多数発生．なお，分岐が認められ，黄褐色で木質化した根を春根とし，分岐しておらず，十分に木質化していない根を秋根とした．写真は M.9 ナガノ台木．

m 当たりの発根台木本数が多く、繁殖性が優れる傾向が認められた（第 1 表，第 2 図）。これに対して，M.9 ナガノ，M.9 NVF157，Pajam 1，M.9 KL19 台木は発根した台木数が少なく，繁殖性が劣る傾向であった。M.9 T337 台木は，両グループのほぼ中間であった。

どの台木系統も，取り木開始後，年数の経過にともない発根台木の本数が増加する傾向が認められ，取り木開始 3 年目には，いずれも発根台木率が 90 % 以上となった（第 1 表，第 2 図）。同様に，平均発根指数についても，年々高まる傾向が認められた（第 1 表，第 2 図）。

平均台木長は，Pajam 2 台木が最も長く，次いで M.9 FL56 台木が長かった（第 1 表）。M.9 ナガノ，M.9 NVF157，M.9 KL19，Pajam 1 はこれらに比べて短い傾向であり，M.9 T337 台木は両グループのほぼ中間であった。

台木長に対する台木直径の比は，M.9 FL56，Pajam 2 台木が大きく，形態的に細長い特徴が認められた（第 1 表）。M.9 ナガノ，M.9 NVF157，M.9 KL19，Pajam 1 台木はこれらに比べて値が小さく，形態的には太めで短い傾向が認められた。M.9 T337 台木は両グループのほぼ中間であった。

3. 取り木繁殖における発根促進法

1) 目的

2 の調査により，M.9 ナガノ台木は取り木における繁殖性が劣る傾向であることが明かとなった。そこで M.9 ナガノ台木の取り木繁殖効率の向上をねらいとして，黄化处理の発根促進効果を検討した。また，繁殖性が異なるとされる幾つかの M.9 台木系統を用いて，黄化处理の開始時期が発根におよぼす影響を検討し，より効果的な黄化处理の方法を明らかにしようと試みた。この時，挿し木繁殖性の優れる台木として最近育成された JM1 および JM7 台木（吉田ら，1997）についても，挿し木繁殖の安定しない事例が認められることから，取り木による増殖法を検討するために，同時に検討した。

2) 材料および方法

(1) 取り木繁殖における黄化处理と M.9 ナガノ台木の発根

実験は，1997～1998 年に M.9 ナガノ／マルバカイドウを母株に用いた取り木床（1997 年の時点で 2 年生，28 株）を用いて行った。1997 年に，黄化处理の

第1表 取り木繁殖における数系統のリンゴわい性台木M.9の繁殖性の比較

台木系統	台木数 (本/m) ^z	発根台木 ^z 数 (本/m) ^z	発根台木 ^z 率 (%)	発根指数 ^y 別割合 (%) ^w					台木長 (cm)	台木直径 ^v (mm)	台木長 /直径	発根指数 ^x
				発根指数 ^y 別割合 (%) ^w								
				0	1	2	3	4				
2001年												
M.9 ナガノ	13.3	4.6	34.4	65.6	28.1	3.1	3.1	0.0	50.5	7.3	6.9	0.3
M.9 NVF157	12.5	8.9	71.4	28.6	51.4	11.4	8.6	0.0	52.0	7.7	6.8	0.8
M.9 FL56	29.6	23.6	79.5	20.5	33.7	19.3	24.1	2.4	74.8	7.1	10.6	1.3
M.9 T337	20.7	15.4	74.1	25.9	34.5	20.7	15.5	3.4	67.8	7.4	9.2	1.1
Pajam 1	12.5	5.8	46.0	54.0	20.0	20.0	6.0	0.0	49.5	7.2	6.9	0.6
Pajam 2	25.0	19.8	79.2	20.8	28.3	21.7	25.0	4.2	79.2	7.8	10.1	1.5
M.9 KL19	13.5	6.5	48.1	51.9	38.9	7.4	1.9	0.0	53.6	7.5	7.2	0.4
2002年												
M.9 ナガノ	11.8	10.4	87.9	12.1	33.3	12.1	15.2	27.3	65.0	8.7	7.5	1.9
M.9 NVF157	10.4	9.6	92.4	7.6	17.7	22.8	22.8	29.1	67.2	8.9	7.5	2.2
M.9 FL56	32.9	30.0	91.3	8.7	17.4	18.5	29.3	26.1	87.8	8.0	11.0	2.3
M.9 T337	20.6	18.4	89.4	10.6	21.2	19.7	24.2	24.2	76.0	7.8	9.8	2.1
Pajam 1	13.3	11.7	87.5	12.5	46.9	15.6	12.5	12.5	64.8	8.8	7.4	1.4
Pajam 2	24.2	21.3	87.9	12.1	27.6	32.8	17.2	10.3	95.5	9.3	10.2	1.6
M.9 KL19	15.4	9.6	62.2	37.8	27.0	21.6	5.4	8.1	60.7	8.1	7.5	1.0
2003年												
M.9 ナガノ	16.6	15.4	93.1	6.9	10.3	17.2	31.0	34.5	64.6	8.3	7.7	2.5
M.9 NVF157	7.1	7.1	100.0	0.0	18.2	18.2	31.8	31.8	63.5	8.6	7.4	2.5
M.9 FL56	32.7	32.1	98.2	1.8	2.6	20.2	33.3	42.1	93.4	8.1	11.5	3.0
M.9 T337	24.3	24.3	100.0	0.0	2.5	18.5	32.1	46.9	82.8	8.2	10.0	3.1
Pajam 1	16.1	16.1	100.0	0.0	3.3	13.3	30.0	53.3	61.5	8.0	7.7	3.2
Pajam 2	29.7	29.2	98.1	1.9	5.7	26.4	35.8	30.2	95.8	8.7	11.0	2.6
M.9 KL19	19.5	18.0	92.3	7.7	20.5	28.2	23.1	20.5	61.5	7.8	7.9	2.1
有意性 ^u	**	**	ns						**	**	**	*
系統 年次	ns	**	**						**	**	**	**

^z取り木床1m当たりの台木本数、および発根台木本数を示した。

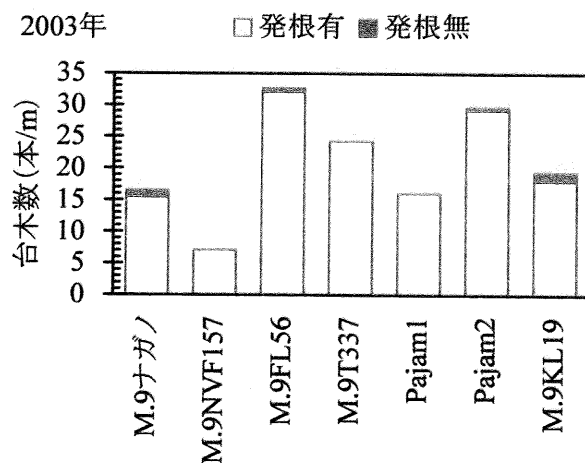
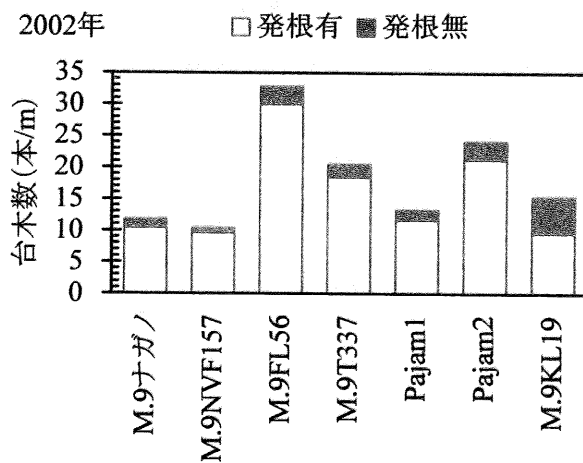
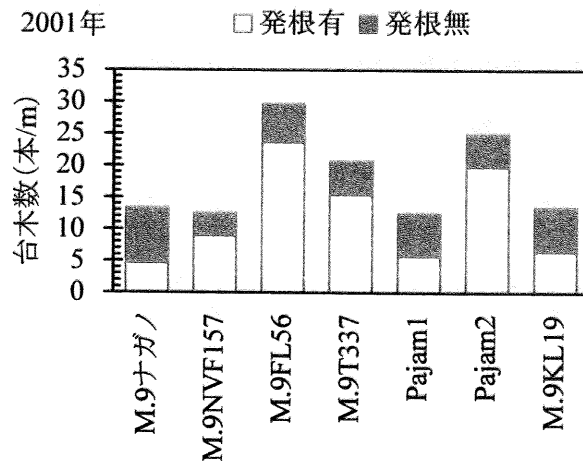
^y第1図に示す発根指数が0.5以上の台木を発根台木とした。

^x第1図に示す指標により、0：無～4：多にて判定した。

^w発根指数の端数は四捨五入し、割合を示した。

^v台木基部から20～25cmの節間部分の台木直径を測定した。

^u二元配置分散分析により、ns：有意でない、*：0.05、**：0.01水準でそれぞれ有意。



第2図 取り木繁殖における数系統のリンゴ
わい性台木 M.9 の繁殖性の比較
発根指数で 0.5 以上の台木を発根有
とし、台木数は取り木床 1 m 当たりの
本数で示した。

有無により次の試験区を設けた。黄化处理区：母株から発生した新梢が 3 cm 程度となった 5 月 9 日に、新梢がほぼ隠れる程度にピートモスで母株を覆い、新梢を遮光した。対照区：無処理とした。1 区につき 1 株、14 反復とした。同年 6 月 9 日に、5~10 cm 程度の高さで 1 回目の盛り土を行い、以後夏にかけて約 2 週間間隔で 2 回盛り土を行った。黄化处理区については、ピートモスを取り除かずに盛り土を行った。12 月に台木を掘り取り、台木本数、台木長、発根指数、発根台木本数、発根台木率を調査した。発根指数は第 1 図の基準により 0~4 の指数にて判定し、指数の中間については 0.5 とした。

1998 年 5 月 1 日に母株からの新梢発生数および新梢長を調査した。1998 年においても、前年（1997 年）とほぼ同様の時期、回数の盛り土を行い、12 月に台木を掘り取り、台木本数、台木品質（台木長、発根指数）、発根台木本数、発根台木率を同様に調査した。台木本数は 1 株当たりの本数で示した。

(2) 取り木繁殖における黄化处理のための被覆方法と M.9 ナガノ台木の発根

1998 年に実験を行った。M.9 ナガノ／マルバカイドウを母株に用いた 3 年生取り木床（14 株）を供試し、次の試験区を設けた。もみがら区：母株から発生した最も長い新梢が 10 cm 程度となった 5 月 1 日に、新梢がほぼ隠れる程度にもみがらを寄せた。細土区：5 月 1 日に、ふるい（1.25 mm メッシュ）でふるった土を寄せた。無処理区：無処理とした。1 区 1 株 4~6 反復とした。5 月末に、10 cm 程度の 1 回目の盛り土を行った。この時、もみがら区、細土区においては、母株の新梢に寄せたもみがら、または細土を取り除かなかった。以後、約 2 週間間隔で 2 回盛り土を行い、11 月末に台木を掘り取り、台木本数、台木品質（台木長、台木直径、発根指数）、発根台木本数、発根台木率を調査した。台木本数は 1 株当たりの本数で示した。発根指数は実験(1)と同様に調査した。

(3) M.9 台木数系統と JM 系台木の接ぎ木盛り土法における黄化处理の開始時期と発根

2001 年 2 月に、マルバカイドウ台木に M.9 FL56, Pajam 2, M.9 T337, JM1, JM7, M.9 ナガノ台木をそれぞれ揚げ接ぎした。マルバカイドウ台木部分の長さは約 10 cm とした。揚げ接ぎした台木はポリ袋に密封し、約 2℃の冷蔵庫に貯蔵した。同年 4 月 20 日に、リンゴ用収穫コンテナ（内寸：縦×横×高さ=28×60×31 cm）にクロボク土を半分程度入れ、穂木頂端の 1~2 芽が地上部に出

るように揚げ接ぎした台木を植え付けた。1箱あたりの台木本数は8本とした。植え付け後、穂木から伸長した新梢に黄化处理を行った。黄化处理は、12×12 cmに切断した不織布（ユニチカ（株）製 20507BKD、遮光率 90 %（メーカー値））で新梢を包み（第3図）、一定期間遮光することにより行った。各台木系統について、黄化处理開始時の新梢長により、早区（処理開始時の新梢長が3～4 cm）、中区（同 11～13 cm）、晩区（同 19～22 cm）を設けた（なお、各区の黄化处理開始日および開始時の新梢長を第2表に示した）。また、黄化处理を行わない区を対照区とした。各台木系統1処理区につき1本、8～11反復とした。同年6月28日～7月2日に不織布を取り外し、遮光された部分が隠れる高さまで、クロボク土ともみがらを1:2の容積比で混和した用土を入れ、新梢基部からの発根を促した。同年11月19～21日に台木を掘り取った後、マルバカイドウを切除し、台木長、台木直径、発根指数を調査した。台木長は、穂木を含まない新梢部分の長さとした。台木直径は、台木基部から20～25 cmの節間部分の直径とした。発根指数は第1図により実験（1）と同様に指数判定した。

3) 結果

（1）取り木繁殖における黄化处理と M.9 ナガノ 台木の発根

第3表に結果を示した。一株当たりの台木本数には両処理区で有意な差異が認められなかった。黄化处理区の平均発根台木本数は6.3本/株で、無処理区の4.8本/株に比べて多かったが、統計的には有意でなかった。黄化处理区の発根台木率は98.8%で、無処理区の75.8%に比べて有意に高かった。発根指数別の割合については、黄化处理区において発根の多い台木の占める割合が有意に高かった。台木直径、台木長には両処理区で有意な差が認められなかった。平均発根指数は、無処理区が1.1であったのに対し、黄化处理区が2.5で有意に高かった。

黄化处理が翌年の取り木繁殖におよぼす影響について第4表に示した。黄化处理区は、翌年の5月1日における発芽数が少なく、新梢長も短い傾向が認められた。しかし、その後新梢が遅れて発生し、掘り取り時の台木本数、発根台木本数、発根台木率、台木長、平均発根指数には、両処理区で有意な差が認められなかった。

（2）取り木繁殖における黄化处理のための被覆方法と M.9 ナガノ 台木の発根



第 3 図 接ぎ木盛り土法における黄化処理の方法
12×12 cm に切断した不織布（ユニチカ
（株）製 20507BKD）を用いて，一定期間
新梢を包んだ。

第2表 3-実験(3)における黄化処理開始時の
新梢長

試験区	台木系統	処理開始日 (月/日)	処理開始時の 新梢長 (cm)
早	M.9 FL56	5/18	4.4±1.2 ^z
	Pajam 2	5/18	3.4±0.6
	M.9 T337	5/18	4.6±1.1
	JM1	5/22	3.2±0.9
	JM7	5/22	2.3±1.0
	M.9ナガノ	5/18	3.2±1.1
中	M.9 FL56	5/28	13.0±1.5
	Pajam 2	5/27	12.3±1.7
	M.9 T337	5/23	10.6±1.4
	JM1	5/23	10.2±2.6
	JM7	5/31	12.2±2.1
	M.9ナガノ	5/27	12.7±1.0
晩	M.9 FL56	6/5	21.4±1.4
	Pajam 2	6/5	22.4±1.2
	M.9 T337	6/2	19.5±1.8
	JM1	6/2	23.1±2.6
	JM7	6/6	23.8±3.0
	M.9ナガノ	6/5	19.7±0.5
有意性 ^y	試験区 台木		** ns

^z数値は平均値±標本標準偏差.

^y二元配置分散分析により, ns : 有意でない, * : 0.05、** : 0.01水準で有意

第3表 黄化処理による, M.9ナガノ台木の取り木繁殖の発根促進

試験区	台木数 (本/株)	発根台木 ^z 数 (本/株)	発根台木 ^z 率 (%)	発根指数 ^y 別割合(%)					台木長 (cm)	台木直径 ^x (mm)	発根指数 ^y
				0	1	2	3	4			
黄化処理区	6.4±2.8 ^w	6.3±2.9	98.8±4.5	1.2	13.9	23.9	39.2	21.8	72.0±7.1	8.7±0.9	2.5±0.4
対照区	6.1±2.8	4.8±2.7	75.8±23.8	24.2	37.5	26.2	8.6	3.6	65.9±10.8	8.2±1.7	1.1±0.4
有意性 ^u	ns	ns	**	**	*	ns	**	**	ns	ns	**

^z第1図に示す発根指数が0.5以上の台木を発根台木とした。

^y第1図に示す指標により0：無～4：多にて判定した。

^x台木基部から20～25cmの節間部分の直径を測定した。

^w平均値±標本標準偏差。

^ut-test, またはWilcoxonの順位和検定により, ns：有意でない, *：0.05, **：0.01水準でそれぞれ有意。

第4表 取り木繁殖における黄化処理²が処理翌年のM.9ナガノ台木の繁殖におよぼす影響

試験区	1998年5月1日		掘り取り時 (1998年12月)			
	発芽数 (芽/株)	新梢長 (cm)	台木数 (本/株)	発根台木 ³ 数 (本/株)	発根台木 ³ 率 (%)	台木長 (cm)
黄化処理区	7.3±4.5	4.9±2.9	8.8±2.9	8.5±2.8	95.9±5.8	66.0±7.7
対照区	15.3±5.1	10.0±1.5	9.5±2.9	9.0±3.0	95.0±12.2	64.1±5.3
有意性 ^w	**	**	ns	ns	ns	ns

²黄化処理は1997年に行った。

³第1図に示す発根指数が0.5以上の台木を発根台木とした。

^x第1図の指標により発根指数0：無～4：多にて判定した。

^wt-test, または Wilcoxonの順位検定により, ns：有意でない, *：0.05, **：0.01水準でそれぞれ有意。

各処理区の台木本数，発根台木本数，発根台木率，台木長および台木直径には有意な差が認められなかった（第5表）。発根指数別の割合を見ると，もみがら区および細土区の発根指数4の台木の割合が，それぞれ30.4%，29.2%であり，無処理区に比べて有意に高かった。一方，無処理区の発根指数1の台木の割合は，他の2区に比べて有意に高かった。平均発根指数については，もみがら区が2.5，細土区が2.7で，対照区の1.6に比べて有意に高かった。

もみがらを用いた黄化処理作業は，細土を用いた場合に比べて軽労働であった。

（3）M.9 台木数系統と JM 系台木の接ぎ木盛り土法における黄化処理の開始時期と発根

供試したどの台木系統も黄化処理による発根促進効果が認められ，処理開始時の新梢長が短いほど発根が優れた。M.9 ナガノおよび JM7 台木の発根指数は，M.9 FL56，Pajam 2，M.9 T337 および JM1 台木に比べてやや低い傾向であった（第6表）。

M.9 ナガノ台木の平均台木長は，他の台木系統に比べて短い傾向が認められた（第6表）。JM1，JM7 台木は，黄化処理の開始時期が早いと平均台木長が短い傾向であったが，他の台木系統においてこの傾向は認められなかった。平均台木直径について見ると，JM1 台木の対照区が他の台木系統および処理区に比べて太い傾向であった（第6表）。

黄化処理開始時の新梢長と発根指数の関係を第4図に示した。なお，第4図においては，供試した台木系統毎に，対照区を除く3処理区について黄化処理開始時の新梢長と発根指数の関係を散布図にプロットし，直線および2次曲線のあてはめを行った。どの台木系統も黄化処理開始時の新梢長が短いほど発根指数が高い傾向が認められたが，黄化処理開始時期に対する反応は台木によってやや異なった。すなわち，M.9 FL56，Pajam 2，M.9 T337 台木においては，他の台木系統に比べて回帰直線の傾きが小さく，黄化処理開始時の新梢長が長い場合でも発根指数の高い傾向が認められた。一方，M.9 ナガノ，JM7 台木は回帰直線の傾きが大きく，黄化処理の開始時期が遅いと，発根指数の低い傾向が認められた。特に，JM7 台木においてその傾向が強かった。

第5表 取り木繁殖における黄化処理のための被覆資材とM.9ナガノ台木の発根

試験区	台木数 (本/株)	発根台木 ^z 数 (本/株)	発根台木 ^z 率 (%)	発根指数 ^y 別割合 (%)					台木長 (cm)	台木直径 ^x (mm)	発根指数 ^y	
				0	1	2	3	4				
黄化処理	もみがら 細土	9.8±1.7 ^w	9.3±1.7	94.8±6.3	5.2	9.4a ^v	26.4	28.5	30.4b	69.2±1.0	8.4±0.4	2.5±0.2b
		7.5±2.9	7.3±2.5	97.7±4.5	2.3	5.4a	30.3	33.2	29.2b	72.9±8.5	8.6±1.0	2.7±0.3b
		9.5±2.9	9.0±3.0	95.0±12.2	5.0	41.8b	33.1	14.4	5.6a	64.1±5.3	7.8±1.2	1.6±0.5a
有意性 ^v		ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	*	ns	ns	**

^z第1図に示す発根指数が0.5以上の台木を発根台木とした。

^y第1図の指標により0：無～4：多にて判定した。

^x台木基部から20～25cmの節間部分の直径を測定した。

^w平均値±標準偏差。

^v異なるアルファベットはTukey法による多重比較、またはWilcoxonの順位と検定による繰り返し比較により、0.05水準で有意（有意水準はBonferroniの式により補正）。

^u分散分析またはKruskal-Wallis検定により、ns：有意でない、*：0.05、**：0.01水準でそれぞれ有意。

第6表 取り木繁殖（接ぎ木盛り土法）における，リングわい性台木M.9数系統およびJM1，JM7台木の繁殖性の違いと，黄化処理の開始時期が発根におよぼす影響

台木系統	処理開始時期	台木長 (cm)	台木直径 ^z (mm)	発根指数 ^y
M.9 FL56	早	83.6± 5.4 ^x ns/b ^w	8.1±0.9 ns/ns	3.9±0.2 c/ns
	中	80.3± 7.5 /b	7.8±1.0 /ns	3.8±0.5 c/bc
	晩	80.6± 4.5 /bc	7.5±0.8 /ns	2.9±0.8 b/b
	対照	78.4± 8.0 /b	7.2±1.2 /a	1.5±0.8 a/b
Pajam 2	早	72.8± 7.8 ns/ab	7.0±0.9 ns/	4.0±0.2 c/
	中	71.6± 6.4 /ab	6.9±0.7	3.5±0.6 b/bc
	晩	78.8± 7.7 /bc	7.5±1.1	3.1±0.6 b/b
	対照	75.9±11.1 /b	7.0±1.2 /a	1.3±0.8 a/b
M.9 T337	早	73.2± 9.2 ns/ab	7.2±1.2 ns/	3.9±0.3 b/
	中	74.8± 7.3 /ab	7.4±1.0	3.9±0.4 b/c
	晩	78.2± 7.4 /b	7.6±0.9	2.7±1.1 a/b
	対照	75.1±11.4 /b	7.5±1.3 /a	1.5±1.3 a/b
JM1	早	77.6±10.7 a/b	7.2±1.5 a/	3.6±0.5 b/
	中	79.9±10.3 a/b	7.6±1.1 a/	3.6±0.6 b/bc
	晩	87.0± 8.0 ab/c	8.3±1.3 ab/	1.9±1.7 a/ab
	対照	96.6± 7.5 b/c	9.7±1.3 b/b	0.8±1.2 a/ab
JM7	早	73.2±12.9 a/ab	7.1±1. ns/	3.3±0.8 c/
	中	74.2± 6.8 ab/ab	7.2±1.0	1.6±1.0 b/a
	晩	78.5± 4.9 ab/bc	7.6±1.2	0.3±0.5 a/a
	対照	83.1± 7.3 b/b	8.4±1.3 /ab	0.0±0.2 a/a
M.9ナガノ	早	66.1± 4.8 ns/a	7.5±0.7 ns/	3.8±0.5 d/
	中	64.7± 7.9 /a	7.4±1.2	2.5±1.1 c/ab
	晩	66.3± 7.7 /a	7.6±1.0	1.2±0.8 b/a
	対照	63.8± 4.3 /a	7.4±0.8 /a	0.3±0.3 a/a
有意性 ^w	台木	**	**	
	処理	**	*	
	台木×処理	**	**	

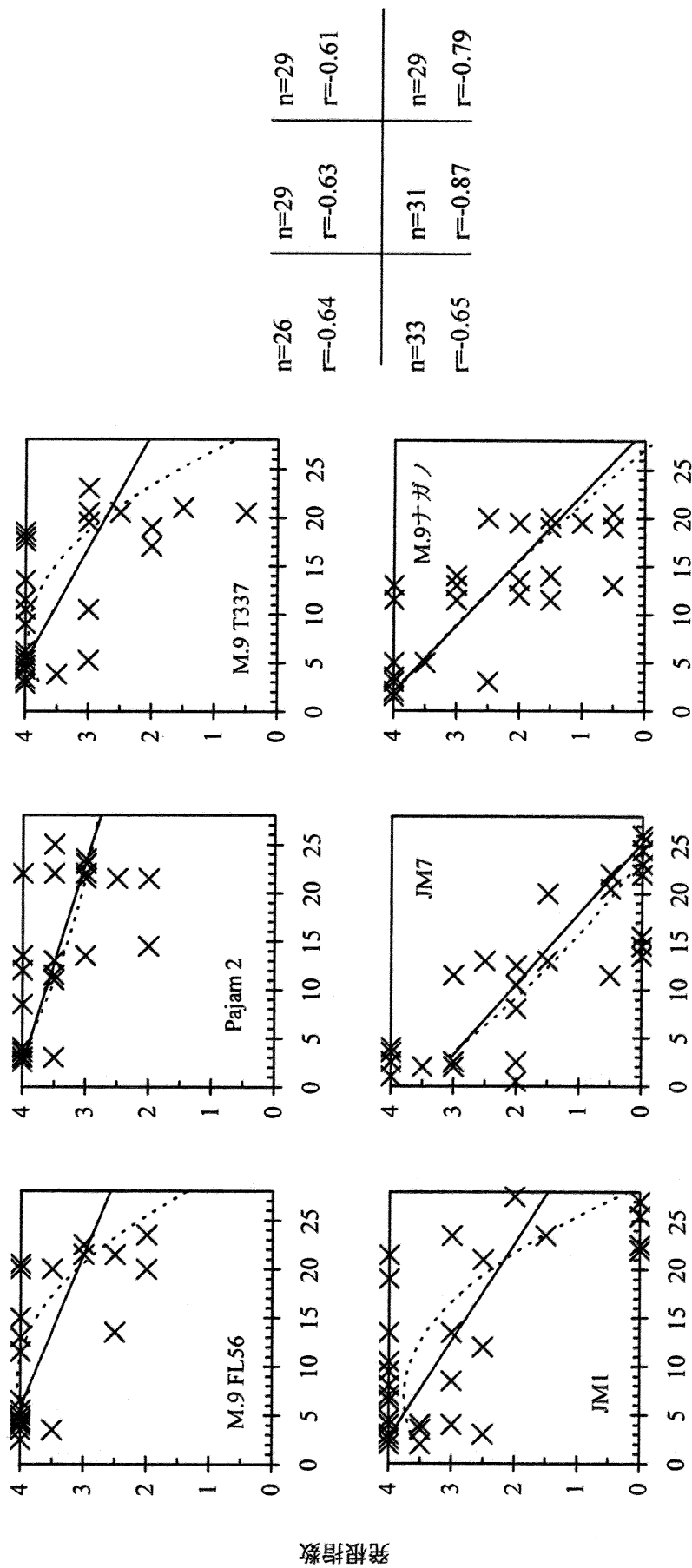
^z台木基部から20～25cmの節間部分の直径を測定した。

^y第1図の指標により0：無～4：多にて判定した。

^x平均値±標本標準偏差

^w異なるアルファベットは，Tukey法による多重比較，またはWilcoxon順位和検定による繰り返し比較で，0.05水準で有意差あり(有意水準はBonferroni式で補正) 左：台木内処理区間比較／右：処理区内台木系統間比較。

^y二元配置分散分析により，ns：有意でない，*：0.05，**：0.01水準で有意。



黄化処理開始時の新梢長 (cm)

第4図 リンゴわい性台木 M.9 数系統, および JM1, JM7 台木の取り木繁殖 (接ぎ木盛り土法) における黄化処理開始時の新梢長と発根指数の関係. 右欄の数値は n: サンプル数, r: 相関係数を示す.

4. 接ぎ木盛り土法における穂木採取用母樹の遮光と台木の発根

1) 目的

取り木繁殖の一種に、接ぎ木盛り土法（猪崎・丸橋，1989）がある。接ぎ木盛り土法は、繁殖したいわい性台木等をマルバカイドウ台木等に接ぎ木し、接ぎ穂からの新梢に盛り土を行って取り木繁殖を行う方法で、通常に取り木床を設けないため、継続的な母株の維持管理を要しないのが特徴である。接ぎ木盛り土法においては、穂木新梢からの発根を促すのが普通であるが、長めの穂木を用いることにより、穂木部分からの発根を期待することも可能と考えられる。この時、遮光処理を行った母樹から採取した穂木を利用すれば、穂木部部分からの発根が促されると予想される。しかし、そのような効果を検討した報告は見あたらない。

そこで、本実験では、穂木採取用の母樹を比較的低い遮光度で遮光し、採取した穂木を用いて接ぎ木盛り土法を行って、穂木部部分からの発根促進効果を検討した。

2) 材料および方法

穂木採取用母樹として M.9 ナガノ（5 年生）4 樹を供試した。うち 2 樹については、1996 年に、発芽前から落葉期まで遮光シート（ユニチカ（株）製 20307BKD、遮光率 75 %（メーカー値））で樹全体を覆い、遮光した。残りの 2 樹については対照とし、遮光処理を行わなかった。翌 1997 年 2 月に穂木を採取し、マルバカイドウ台木に揚げ接ぎした。穂木の長さは 15 cm とした。同年 3 月に株間 0.2 m、列間 1 m にて定植した。植え付け直後、穂木先端の 1～2 芽が地上部に出るように土寄せを行った。新梢が 10～15 cm に伸長した 5 月下旬に 1 回目の盛り土を行い、以後夏にかけて 2 回盛り土を行った。

12 月に台木を掘り取り、台木長、台木直径、発根数、発根指数を調査した。台木長は、接ぎ木部から穂木新梢先端までの長さとし、台木直径は接ぎ木部から 20～25 cm の節間部分を調査した。発根数は穂木部分と新梢部分に分けて、根の本数を調査した。その時、分岐が認められ黄褐色で木質化した根を“春根”とし、分岐がなく十分に木質化していない根を“秋根”として、分けて数えた。発根指数については、第 1 図の指標により評価した。

3) 結果

遮光処理区の穂木は、対照区の穂木に比べてやや細く、表皮は緑がかった色調であった（第5図）。

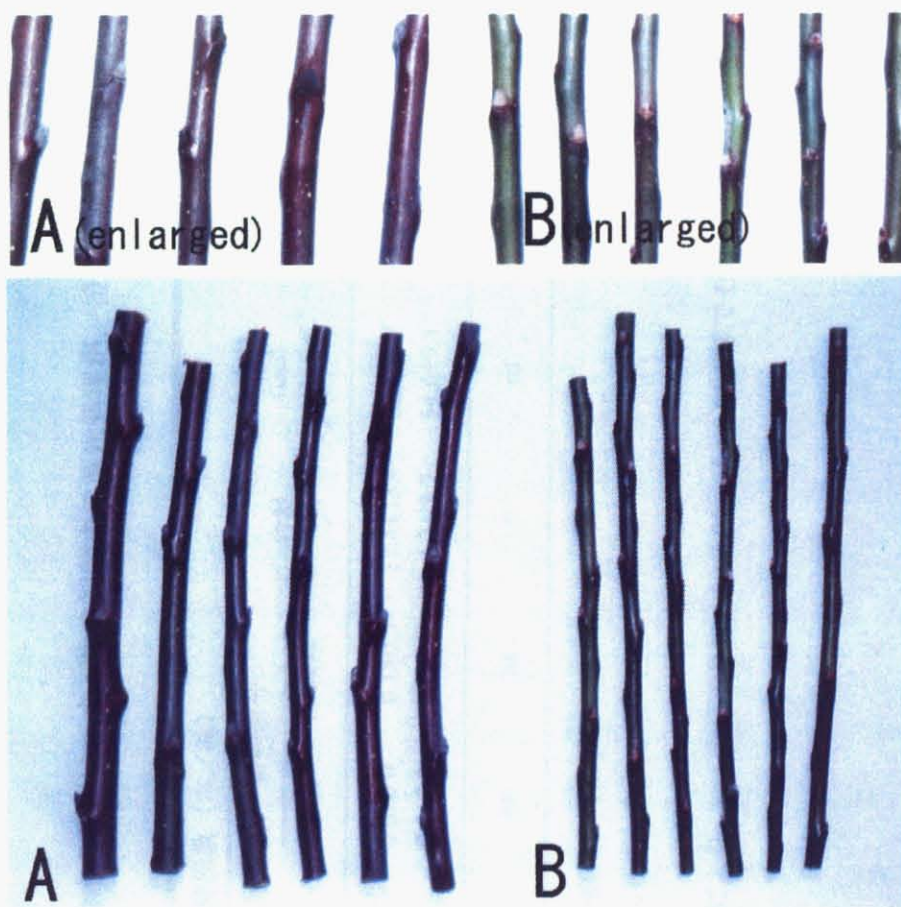
取り木繁殖を行った結果を第7表に示した。両処理区の台木長および台木直径には有意な差が認められなかった。発根数については、遮光処理区が対照区に比べて有意に多かった。遮光処理区における発根は、ほとんどが穂木由来であった。平均発根指数については、遮光処理区が無処理区に比べて有意に高かった。

5. 考察

本実験では、第一の課題として、M.9 ナガノ台木等を含む数系統のM.9台木の取り木（横伏せ法）における繁殖性を比較した。その結果、供試した台木系統の繁殖性に差異が認められ、Pajam 2 と M.9 FL56 台木は繁殖性が優れ、Pajam 1, M.9 KL19, M.9 ナガノ, ならびに M.9 NVF157 台木は劣ることが明かとなった。また、M.9 T337 台木はこれらの中間であった。

van Oosten (1986) は、幾つかの M.9 台木系統について、栄養生長段階の差異（“ontogenetic variation” (Hackett, 1985)）に特有の形態的特徴から、Pajam 2, M.9 FL56 台木は幼若相、Pajam 1 台木は成熟相、M.9 T337 台木は過渡相の特徴を示すと分類している。生育相が若いほど1年枝の発根性が優れる（Kester, 1976）ことを考慮すると、上述した本実験の結果は、van Oosten (1986) の記載した分類と整合すると考えられた。また、M.9 ナガノ, M.9 NVF157 台木については、玉井ら(2002a)により形態的に成熟相を示すことが報告されているが、本実験の結果から、繁殖性が劣るという点においても成熟相としての特性を有していることが明かとなった。オリジナルの M.9 台木は他の M 系、および MM 系台木に比べて取り木繁殖性が劣る（Howard, 1977）とされているが、本実験で供試した M.9 ナガノ, M.9 NVF157 台木は EM 試から導入した M.9 台木をウイルスフリー化して育成した系統であり、繁殖性に関してオリジナルの特徴を受け継いでいるものと考えられた。

一方、Masseron (1983) は Pajam 1, Pajam 2 台木を、どちらもオリジナルの M.9 台木に比べて繁殖性の優れる系統として報告しており、Pajam 1 台木については、van Oosten (1986) が幼若相の特徴を示すとした M.9 N29 台木と同じ



第 5 図 対照区 (A)，および遮光処理区 (B) より採取した穂木 (M.9 ナガノ) の外観

遮光処理区においては，発芽前から落葉期まで遮光シート（ユニチカ（株）製 20307BKD，遮光率 75 %（メーカー値））で採穂用の母樹全体を覆い，翌 2 月に穂木を採取した．対照区については，遮光処理を行わなかった．

第7表 穂木採取用のM.9ナガノ台木の母樹に対する生育期間中の遮光処理が、接ぎ木盛り土法における発根におよぼす影響

試験区	発根数 (本/株)						発根指数 ^γ
	穂木部分		新梢部分		合計	台木長 (cm)	台木直径 ^z (mm)
	春根	秋根	春根	秋根			
遮光処理	9.4±7.9 ^x	7.9±6.8	0.0±0.0	0.1±0.3	17.4±13.4	62.7±8.7	8.7±1.6
無処理	2.0±1.6	1.0±1.4	0.0±0.0	1.2±2.7	4.2±3.7	54.6±9.1	8.5±1.1
							2.1±1.1
							1.0±0.8
有意性 ^w	*	**	ns	ns	*	ns	ns
							*

^z台木基部から20～25cmの節間部分の直径を測定した

^γ第1図の指標により0：無～4：多にて判定した

^x平均値±標本標準偏差

^wt-検定, またはWilcoxon順位和検定により, ns：有意でない, *：0.05, **：0.01水準でそれぞれ有意.

グループに分類している。しかし、本実験の結果では Pajam 1 と Pajam 2 台木には、取り木における繁殖性に明確な違いが認められ、前述したように、Pajam 1 台木は繁殖性が劣った。van Oosten (1986) は、幼若相を示す幾つかの台木系統を継続して栽培すると、徐々に成熟相の特徴を示すように変化することを観察しており、Pajam 1 台木に関する Masseron (1983) の報告との不一致についても、その点を要因の一つとして指摘している。本実験で供試した Pajam 1 台木についても、栄養生長段階の変化した個体であった可能性が考えられる。

M.9 台木系統の繁殖性や、品種を接ぎ木した後のわい化効果および収量性の違いには、遺伝的な要因が関与しているとの指摘がある (Baumann, 1980; Parry, 1980; van Oosten, 1977)。また、“Paradise Jaune de Metz” は遺伝的に異なる台木の集団名であり、M.9 台木はそこから選ばれた台木の一つと見なされている (Masseron, 1989) ことを考慮すると、M.9 台木系統間に遺伝的な差異があるとの仮説は否定しきれない。しかし、最近では、M.9 台木系統間の諸特性の差異については、栄養生長段階の違いが主たる要因とする考えが受け入れられており (Webster・Hollands, 1999; Webster・Wertheim, 2003)、本実験の結果もその説と整合するものであった。

いずれにしても、以上の結果から、国内で利用可能な M.9 ナガノ、M.9 NVF 157 台木は、取り木繁殖性についてオリジナルの M.9 台木に近い特性を有し、幾つかある系統 (“sub-clone”) の中では繁殖性の劣るグループに属することが明かとなった。Webster・Jones ら (1992) は、継代培養を行った M.9 台木の挿し木繁殖、および取り木繁殖における発根性の向上を報告している。また、Tetsumura et al. (2001) は、ひこばえ由来の挿し穂を用いることにより、カキ台木の挿し木繁殖性が改善されることを明らかにした。今後は、取り木床やひこばえ由来の幼若化個体の探索、継代培養による幼若化個体の作出に取り組むことにより、繁殖性の改善された台木系統の育成が可能と考えられる。また、このような台木系統の繁殖性の維持については、van Oosten (1986) が考察しているように、取り木繁殖等によって毎年強く切り戻す等、不定芽の発芽を促すことにより可能と考えられる。

次に、第二の課題として M.9 ナガノ台木の取り木繁殖における黄化処理の発根促進効果を検討した。その結果、取り木母株から発生する新梢の長さが約 3

cm となった頃に新梢全体がほぼ隠れる程度にピートモスを寄せ、後に通常の盛り土を行うことにより台木の発根が著しく促進され、発根台木率、発根量が増加することが明らかとなった。このようにして得られた台木の長さ、直径、および取り木床単位長当たりの本数は、黄化处理を伴わない通常に取り木の場合とほぼ同等で、黄化处理による台木新梢の発生抑制および伸長抑制は認められなかった。また、黄化处理を行った母株は、翌年の発芽がやや遅れたものの、掘り取り時の台木数、台木長、台木直径については、前年に無処理とした母株と同等であり、翌年の取り木生産には黄化处理の影響が実質的に認められないことも明かとなった。藤根（1971）は、母株に対する発芽前の覆土処理の発根促進効果を示し、その際、覆土が厚すぎると新梢の発芽が抑制されるとしたが、本実験において新梢発生抑制がほとんど認められなかったことは、黄化处理を発芽後としたために母株からの発芽抑制が少なかったこと、さらに、軽いピートモスを用いて黄化处理を行ったために処理後の新梢伸長抑制が軽減されたことによると推察された。

また、黄化处理のための資材について検討した結果、もみがら、篩った細土のいずれにおいても発根促進効果が認められ、新梢発生、新梢伸長に対する抑制も少なく、実用的に利用可能と考えられた。作業性等を考慮すると、手に入りやすく、篩う等の前処理が不用で、実際の作業も容易なもみがらを用いた方法が有効と考えられた。リンゴやナシの台木の取り木繁殖において、母株から発生した新梢が 7.6~12.7 cm に達した頃に、軟らかな土、おがくず、またはこれらの混合物を新梢の半分程度に寄せ、その後盛り土を行う方法が記載されている（Hartmann・Kester, 1983）が、繁殖性が劣る傾向の M.9 ナガノ台木についても、ほぼ同様な手法で取り木繁殖の発根促進が可能であった。

さらに、黄化处理の処理適期について把握するため、幾つかの台木系統を用いて黄化处理の開始時期と発根の関係について、接ぎ木盛り土法において検討した。その結果、どの台木系統においても、黄化处理の開始が早いほど台木の発根が優れる傾向が認められた。より詳しく見ると、黄化处理の開始時期に対する反応は台木系統によって若干異なり、M.9 FL56, Pajam 2 および M.9 T337 台木については、黄化处理開始が遅くても比較的発根が優れたのに対し、M.9 ナガノ台木については、黄化处理開始が遅いと発根促進効果の低下が顕著であ

った。概して、取り木繁殖において繁殖性が劣る台木系統については、黄化处理開始が遅い場合に発根促進効果が低下しやすい傾向が認められた。実用的に M.9 ナガノ台木において十分な発根を得るためには、台木新梢が 10 cm 未満の時期に黄化处理を開始する必要があると考えられた。

黄化处理を行った新梢は木質化の遅れる (Reid, 1922) ことが知られている。Maynard・Bassuk (1996) は、黄化处理と“banding (黄化处理に続く、部分的な遮光処理)”が、シデの新梢生育におよぼす影響を組織学的に研究し、新梢の生育ステージが進むほど、内皮に厚膜細胞 (“sclereid”) が発達するとともに挿し木の発根が困難となるが、遮光によって厚膜細胞の発達が抑制され発根が改善されることを観察している。Doud・Carlson (1977) も、リンゴにおいて、厚膜細胞によって遮られた師部の割合と発根には負の相関があり、黄化处理はその割合を低下させ発根を促進するとしている。これらの知見をふまえると、発根性が劣る M.9 ナガノ台木については、受光条件下に置かれた新梢において、厚膜細胞の発達による発根能力の低下 (または、発根抑制の増大) が比較的短期間に進行しやすいと推測されるのに対し、発根の優れる M.9 FL56, Pajam 2 台木についてはその逆であることが予想された。なお、同時に試験を行った JM 7 台木については、黄化处理の開始時期が遅れると発根促進効果の低下しやすいことが明らかとなり、JM7 台木の取り木繁殖を行う場合には黄化处理や盛り土処理が遅れると発根が劣る点に留意する必要があると考えられた。JM7 台木については、休眠枝挿しによる繁殖が可能とされる (吉田ら, 1997) が、取り木繁殖における発根の難易は、休眠枝挿しにおけるそれと必ずしも一致しないことが示された。

他方、台木における発根の難易の差異は、上述した厚膜組織 (sclerenchyma) の発達に関連した仮説の他に、皮層における根原体の形成の有無が関係しているとの指摘がある。菊地・尾形 (1983) は、根原体の分化の早晩、分化の程度には、品種間差異のあることを指摘している。また、Fukuda et al. (1988) は、M.7, M.27, MM.106, マルバカイドウ台木等の挿し木前の休眠枝においては根原体の形成が認められるが、M.9, M.26 台木には認められないことを明らかにし、この点を発根の難易に関連する要因の一つとして指摘している。菊地・川原田 (1991) が、黄化处理による M.27 台木の挿し木発根促進について行った

実験で考察しているように、黄化处理が、発根の困難な台木の皮層における根原体の形成を促している可能性も考えられる。M.9 台木系統間においても、根原体形成、あるいは黄化处理による根原体形成促進効果に違いが認められることが考えられ、組織学的な究明が必要と考えられる。

取り木繁殖の一種である接ぎ木盛り土法（猪崎・丸橋，1989）の作業手順は、種苗業者において一般的となっている中間台木苗木の育成手順と部分的に重なるため、種苗業者が比較的採用しやすい取り木繁殖法であると考えられる。また、生産者が自家苗生産を行う場合も、母株育成や維持に継続的に手を掛ける必要がないため、短期的に台木を生産したい場合などに有効と考えられる。そこで、穂木採取用の母樹に対する生育期間中の遮光が、接ぎ木盛り土法における穂木部分からの発根におよぼす影響を検討した。その結果、母樹に対する光線透過率 25 %程度の遮光によって、接ぎ木盛り土法における穂木部分からの発根が有意に促進されることが明かとなった。Howard ら（1977～1984）は、黄化处理と“banding”によって、M.9 台木の挿し木繁殖における発根台木率が 14 %から 84 %に増大し、光線透過率が 20 %までならば発根の低下が有意とならないことを示したが、穂木を取り木繁殖の一種である接ぎ木盛り土法において用いることで、若干遮光率の低い条件であっても、発根促進が可能であることが明かとなった。このような方法で採取された穂木は、遮光条件下に置かれなかった穂木に比べて、表皮がやや緑がかっており、新梢が細めであった。遮光により、厚膜組織の発達等の発根抑制要因が排除されたか、もしくは根原体の形成が促進された可能性が推察された。

一方、Campen et al. (1990) は、ポリエチレントンネルの中で育成した MM.106 台木の母樹から採取した穂木の挿し木繁殖における発根性の向上を報告しており、母樹を取り巻く環境条件については、光のみならず湿度や温度も発根に対して影響をおよぼすと考えられる。今後は、母樹の生育に影響が少なく、高い発根促進効果の得られる母樹の管理方法について検討することにより、接ぎ木盛り土法を用いた取り木繁殖の効率化が可能と考えられる。

これまでの結果から、M.9 ナガノ台木の取り木における繁殖性が示され、繁殖効率の向上をねらいとした黄化处理の方法、ならびに採穂母樹の遮光による接ぎ木盛り土法の発根促進法が明かとなった。

リングのわい性台木の多くは休眠枝挿しによる繁殖が困難なため、欧米では取り木による繁殖が主流である (Wertheim・Webster, 2003)。取り木繁殖における盛り土、掘り取りといった作業には労力を要するが、欧米ではこれらの作業の機械化の努力がなされ (Howard, 1987)、一般的に取り木繁殖が定着している。一方、国内においては、わい性台木の取り木繁殖はほとんど行われておらず、主にマルバカイドウ台木に接ぎ木する方法で台木繁殖が行われている。これにともない、ほとんど全てのわい性台木苗木は、中間台木苗木として育成されている。しかし、わい性台木を中間台木法で利用した場合、通常の台木法に比べてわい化効果が劣ることが明らかとなっており (玉井ら, 2002a)、品種によっては十分なわい化効果が得られず、強樹勢化して果実品質低下、作業性の悪化等が問題となっている。このような経験から、わい性台木のわい化効果を十分発揮させるために、通常の台木法としてのわい性台木利用が望ましいと指摘されている (玉井ら, 2002b)。台木法のわい性台木苗木を育成しようとする場合、中間台木法として育成した苗木の台木部分を後に切除する方法 (小野ら, 2000) も考案されているが、そのための苗木の育成期間が必要となり、台木切除後の苗木生育のアンバランスから、生育不良となりやすい欠点も認められる。したがって、台木法のわい性台木苗木を育成するためには、取り木によって繁殖した優良な台木を用いる必要があると考えられ、本研究によって得られた知見は、効率的な取り木繁殖に取り組もうとする際に役立つものと考えられる。

第2章 リンゴわい性台木を利用した苗木の育成

1. 緒言

国内においてリンゴのわい化栽培向けに用いられているわい性台木苗木のほとんどは、マルバカイドウ台木を下部台木に用いた中間台木苗木である。しかし、これまでも述べたように、わい性台木を中間台木法で用いた場合、通常の台木法での利用に比べてわい化効果が劣ることが明らかにされている（玉井ら，2002b）。また，中間台木法の苗木を定植すると，数年の後に，マルバカイドウ台木由来のひこばえが多発し始め，病虫害の発生源となるなど管理上の問題も生じている。このような問題を回避するためには，わい性台木を通常の台木法として利用するのが望ましく，そのために取り木繁殖による台木生産が見直されつつある。

挿し木繁殖が困難なリンゴのわい性台木を取り木繁殖した場合，様々な根量，サイズ（長さ，直径）の台木が生産される。渡辺ら（1982）は，ナシ，カキ，クリについて，接ぎ木時の台木直径が太いほど，苗木の新梢伸長量が多いことを示している。リンゴにおいてもわい性台木の根量，太さ等の形質は，1年生苗木の生育に影響をおよぼすことが予想される。取り木繁殖した台木を有効に活用するためには，接ぎ木して1年生苗木の育成に用いることが可能な台木の品質基準が必要であるが，リンゴの場合，前述のように中間台木苗木としての利用が多い背景もあって，そのような品質基準については，国内の主要品種を用いて十分な検討がなされていない。

一般的に，挿し木や実生で育てた喬性台木に穂品種を接ぎ木してリンゴの1年生苗木を育成する場合，接ぎ木当年に台木部から発生する新梢（以下，台芽とする）は，随時，基部から切除する方法が指導されてきた（猪崎・丸橋，1989）。これは，台木部からの貯蔵養分の浪費をできるだけ削減して，穂品種の新梢の生育を促進することを目的にしたものと考えられる。わい性台木を用いた苗木の育成においても，穂品種の新梢に生長の勢いを集中させるために，台芽のかき取り処理が推奨されてきた（Tukey, 1964）。

国内においては，最近，JM系台木やウィルスフリー系 M.9 台木の育成とその特性の解明に伴い，前述したように，台木法で用いた苗木育成法が推奨され

てきている（玉井ら，2002b）．しかしながら，取り木によって繁殖した M.9 ナガノ台木を用いた場合，早い時期に台芽のかき取りを行うと逆に苗木の生育が劣り，極端な場合枯死することも観察され，問題となっている．特に，台木の根量が少ない場合には，このような傾向が顕著である．

Kim ら（1984）は，品種を接ぎ木したわい性台木苗の台芽を，30 cm 程度の長さに伸長した後に切除することによって，1 年生苗木の生育量が増加し，穂品種の新梢から発生するフェザーの最低地上高が高くなることを示した．また，Howard・Oakley（1993）は，芽接ぎによる苗木の育成において一般的に行われている芽接ぎ当年の台芽の切除処理（“clean leg”）により，翌年の接ぎ芽からの新梢発生および伸長が抑制されることを明らかにし，台芽の切除を芽接ぎ部位に限定することで接ぎ芽からの新梢発生，伸長が促進されることを報告している．しかしながら，台木の根量の多少と台芽の切除処理との関係を検討した報告は見あたらない．

他方，取り木法で繁殖したわい性台木の定植や，穂品種を接ぎ木した苗木の定植にあたっては，新根の発生を促す目的で根のせん定（長めの根を 15 cm 程度の長さに切り戻す）が推奨されている（Waterman et al., 1993; Sanders, 1994）．

以上に述べたように，取り木床で発根したわい性台木に穂品種を接ぎ木した苗木の生育においては，台木の形質（根量，太さ等）や，台木の根のせん定方法，台芽の取り扱い方法のおよぼす影響は大きいものと考えられるが，関連の報告は少ない．そこで，本研究においては，取り木によって繁殖した M.9 台木数系統を用い，台木の形質，および根のせん定法や穂品種を接ぎ木した後の台芽の切除法等の管理法が，‘ふじ’ 1 年生苗木の生育におよぼす影響を検討し，優良な苗木の生産のために必要な台木の品質基準，ならびに利用方法を明らかにしようと試みた．

2. 取り木繁殖によって育成した M.9 ナガノ台木の根量，台木直径が 1 年生 ‘ふじ’ 苗木の生育におよぼす影響

1) 目的

本調査は，取り木繁殖を行った M.9 ナガノ台木の直径，根量等の形質が，品種を接ぎ木した 1 年生苗木の生育におよぼす影響を明らかにし，苗木生産に利

用可能な台木の品質基準を明らかにするために行った。

2) 材料および方法

調査は 1998 年, 1999 年および 2003 年に行った。いずれも, 前年に取り木繁殖した M.9 ナガノ台木を実験材料とした。1998 年は 140 本, 1999 年は 112 本, 2003 年は 60 本の台木を供試した。秋に掘り上げた台木は, 水で根部を良く洗浄した後ポリ袋に密封し, 翌年に揚げ接ぎを行うまで, 約 3~5 °C の冷蔵庫にて貯蔵した。

翌年, 揚げ接ぎ前に, 台木直径および発根指数を調査した。台木直径は, 基部から 20~25 cm の節間を測定した。発根指数は第 1 図の判定指標により, 0 : 発根無し~4 : 発根多の指数にて判定し, 指数の間は 0.5 とした。各調査年に供試した台木の形質について第 8 表に示した。台木直径は, 年次別の平均が 8.8 ~8.9 mm で, その差は有意でなかったが, 発根指数には年次による有意な違いが認められ, 2003 年の試験に用いた台木の発根指数は平均 2.5 で最も根量が多く, 次いで 1998 年の平均 2.0, 1999 年の 1.4 の順であった。

いずれの年も, 揚げ接ぎは 2 月に行った。台木長を 45~50 cm とし, ‘ふじ’ を切り接ぎした。接ぎ木後の苗木は, 定植時までポリ袋に密封し, 揚げ接ぎ前と同様に冷蔵庫にて貯蔵した。

3 月下旬~4 月上旬に株間約 0.4 m, 列間約 1 m で植え付けた。この時, 台木の地上部の長さを 20~25 cm とした。定植後の苗木には適時かん水を行った。台芽は 6 月上旬に新梢先端を摘心（新梢先端から展葉 3 枚程度までの部分を切除）し, 秋に鋏で基部から切除した。いずれの年も 12 月上旬に苗木新梢長を測定した。

3) 結果

育成された 1 年生 ‘ふじ’ 苗木の平均新梢長については, 1998 年が 116 cm, 1999 年が 84 cm, 2003 年が 122 cm であり, 1999 年の平均新梢長は他の 2 年に比べて有意に短かった。

各調査年における, 台木直径および発根指数と苗木新梢長の関係を第 6 図に示した。1998 年の調査においては, 発根指数と苗木新梢長に有意な正の相関 ($r=0.36^{**}$ (* : 0.05, ** : 0.01 水準でそれぞれ有意)) が認められた (第 6 図, 上段)。しかし, 他の項目間の相関は有意でなかった。1999 年の調査において

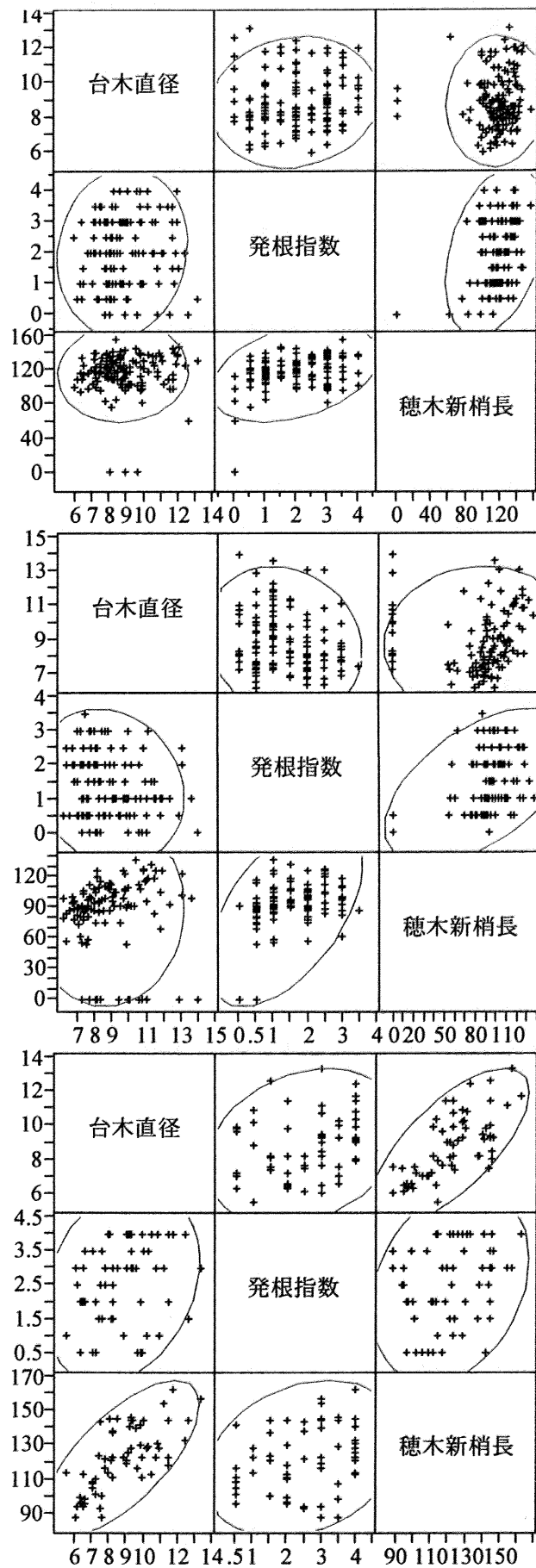
第8表 供試したM.9ナガノ台木の形質

年次	台木形質	
	台木直径 ^z (mm)	発根指数 ^y
1998	8.9±1.6	2.0±1.1b
1999	8.9±1.8	1.4±0.9a
2003	8.8±1.9	2.5±1.2c
有意性 ^x	ns	**

^z台木基部から20～25cmの節間を測定した.

^y第1図の指標により, 0: 発根無～4: 発根多にて判定した.

^xns: 有意でない, *: 0.05, **: 0.01水準でそれぞれ有意.



第 6 図 1998 年(上段),
1999 年(中段)お
よび 2003 年(下
段)における, M.9
ナガノ台木の直径
および発根指数と
接ぎ木後の 1 年生
苗木の新梢長(12
月上旬)の関係.
図中の楕円は 95%
確率楕円を示す.

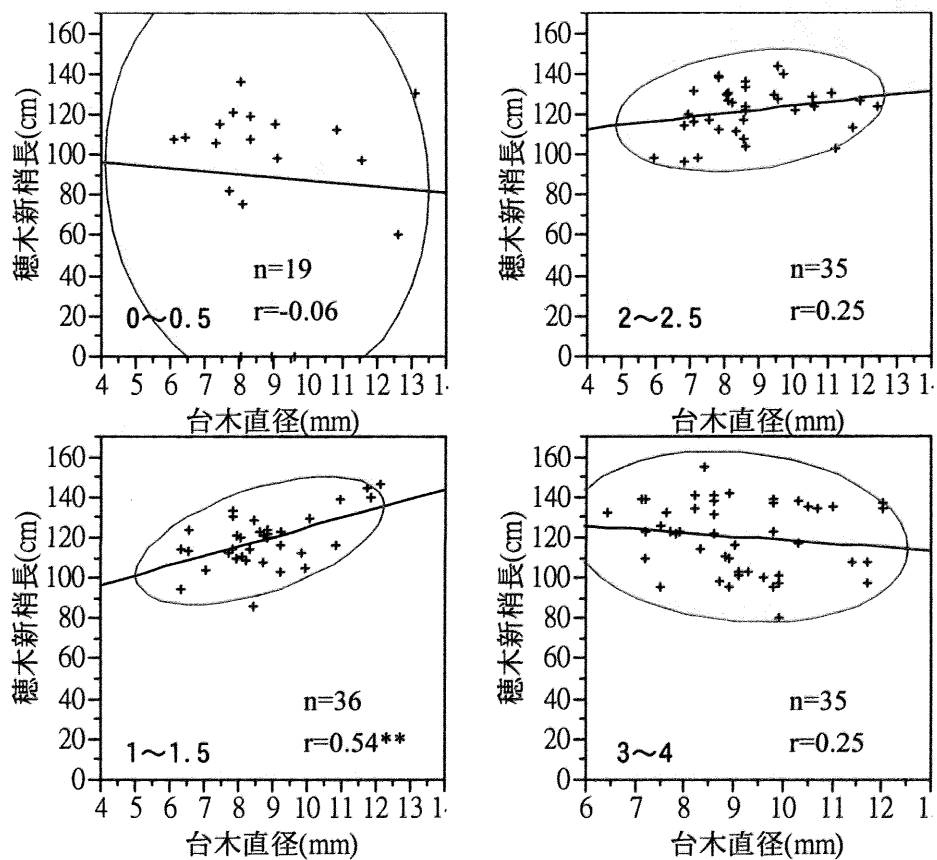
は、前年と同様に、発根指数と苗木新梢長に有意な正の相関 ($r=0.55^{**}$) が認められた (第 6 図, 中段). 一方, 2003 年の調査においては, 1998 年および 1999 年の調査結果と異なり, 台木直径と苗木新梢長に有意な正の相関 ($r=0.70^{**}$) が認められ, 他の項目間の相関は有意でなかった (第 6 図, 下段).

次に, 1998 年および 1999 年の調査について, 台木直径と苗木新梢長の関係を, 発根指数によって 0~0.5, 1~1.5, 2~2.5 および 3~4 の 4 つのグループに層別して確認した. その結果, 1998 年の調査においては, 発根指数 1.0~1.5 のグループ ($n=36$, $r=0.54^{**}$) で台木直径と苗木新梢長に有意な正の相関が認められた (第 7 図). 発根指数によって層別した各グループの平均新梢長については, 発根指数 1.0 未満のグループが 89.5 cm, 同 1.0~1.5 が 119.0 cm, 同 2.0~2.5 が 122.1 cm, 同 3.0~4.0 が 120.8 cm であった. また, 1999 年の調査においては, 発根指数 1.0~1.5 ($n=36$, $r=0.51^{**}$), 2.0~2.5 ($n=30$, $r=0.56^{**}$) および 3.0~4.0 ($n=11$, $r=0.70^{*}$) の各グループにおいて, 台木直径と苗木新梢長に有意な正の相関が認められた (第 8 図). 発根指数によって層別した各グループの平均新梢長については, 発根指数 1.0 未満のグループが 48.5 cm, 同 1.0~1.5 が 100.7 cm, 同 2.0~2.5 が 101.1 cm, 同 3.0~4.0 が 95.2 cm であった. なお, 2003 年の調査についても同様に層別して確認した結果, 1.0 未満 ($n=7$, $r=0.75^{*}$), 1.0~1.5 ($n=9$, $r=0.68^{*}$), 2.0~2.5 ($n=14$, $r=0.63^{*}$), 3.0~4.0 ($n=30$, $r=0.68^{**}$) の各グループにおいて, 台木直径と苗木新梢長に有意な正の相関が認められた (第 9 図). 発根指数によって層別した各グループの平均新梢長については, 発根指数 1.0 未満のグループが 111.3 cm, 同 1.0~1.5 が 124.3 cm, 同 2.0~2.5 が 114.9 cm, 同 3.0~4.0 が 127.3 cm であった. なお, 2003 年の調査については, 発根指数と苗木新梢長の関係についても台木直径によって層別して確認したが, どのグループにも有意な相関は認められなかった (データ略).

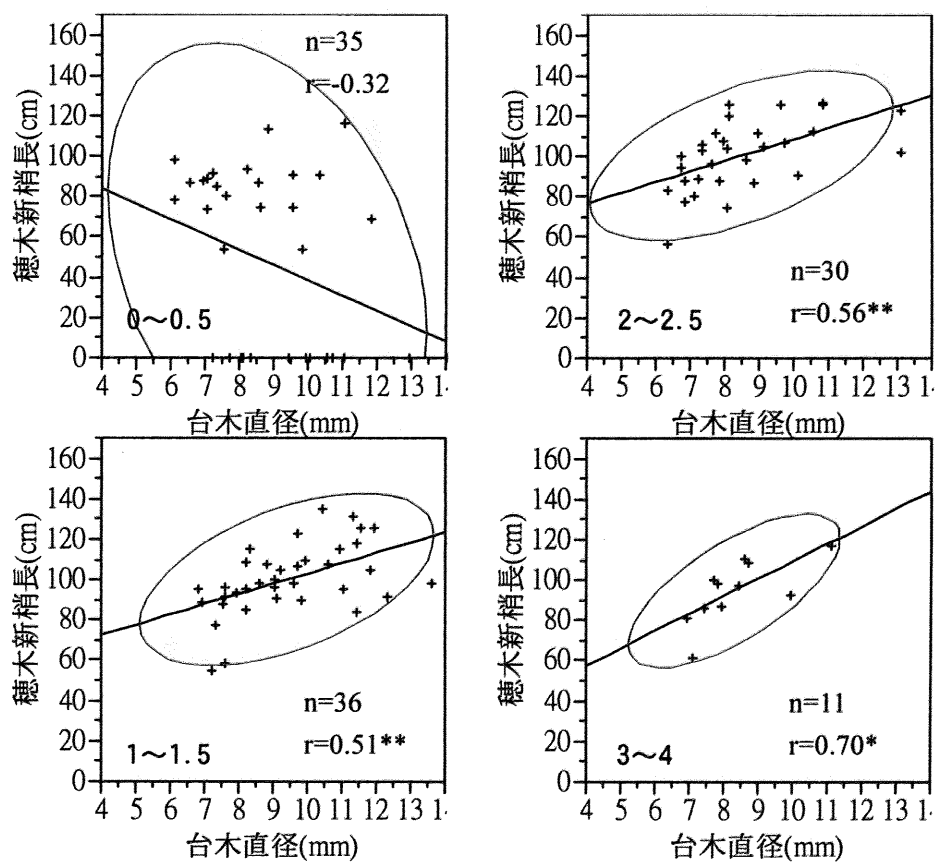
3. 取り木繁殖によって育成した M.9 台木数系統が 1~2 年生 ‘ふじ’ 苗木の生育におよぼす影響

1) 目的

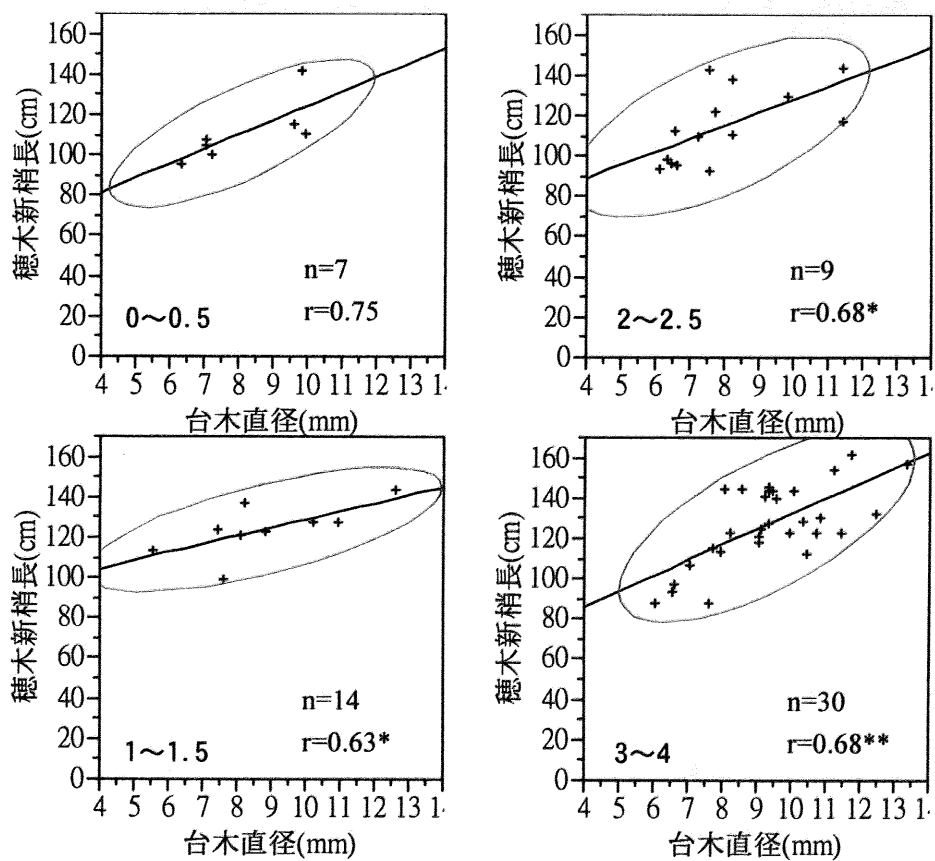
取り木によって繁殖した数系統の M.9 台木が, ‘ふじ’ (1~2 年生苗木) の生育におよぼす影響を検討した. 特に, 国内で利用可能な M.9 ナガノ, M.9 NVF157



第 7 図 1998 年における, M.9 ナガノ台木の直径と接ぎ木後の 1 年生苗木の新梢長の関係 図中の楕円は, 95%確率楕円を示し, 数値は発根指数別の区分を示す. n: サンプル数, r: 相関係数.



第 8 図 1999 年における, M.9 ナガノ台木の直径と接ぎ木後の 1 年生苗木の新梢長の関係 図中の楕円は, 95%確率楕円を示し, 数値は発根指数別の区分を示す. n: サンプル数, r: 相関係数.



第 9 図 2003 年における, M.9 ナガノ台木の直径と接ぎ木後の 1 年生苗木の新梢長の関係 図中の楕円は, 95%確率楕円を示し, 数値は発根指数別の区分を示す. n : サンプル数, r : 相関係数.

台木について、他の幾つかの M.9 台木系統と比較し、どのような苗木の生育を示すか明らかにしようと試みた。

Baumann (1980) は、発根性の劣る M.9 台木系統は、育成中に枯死するか芽接ぎが可能となるまでに至らない台木の多いことを示し、苗木の 1 年目の生育は台木の根の発達に強く影響されるとした。本研究でも、第 2 章-2 において、台木の根量が多いほど概して接ぎ木当年の穂木新梢の生育が優れることが示された。さらに、本研究の第 1 章-2 で明かとなったように M.9 台木の系統間において発根性の違いが認められることは、それが台木の根量の多少に直接影響し、苗木の生育や品質に異なる影響をおよぼすことが考えられる。そこで、本実験では、供試する台木の根量がほぼ同一となるよう実験材料を選定し、台木系統が苗木の生育およぼす影響を検討することとした。

2) 材料および方法

2002 年に、樹齢の同じ取り木母株より取り木繁殖した M.9 ナガノ、M.9 NVF157、M.9 FL56、M.9 T337、Pajam 1、Pajam 2、M.9 KL19 台木を供試した。各台木系統につき 11~15 苗を用い、2003 年 2 月に台木長約 50 cm で‘ふじ’を揚げ接ぎした。揚げ接ぎ前に発根指数、台木直径、台木長を調査した。発根指数は第 1 図の基準により判定し、台木直径は基部から 20~25 cm の節間部分の直径を測定した。

供試した台木の形質を第 9 表に示した。発根指数については、台木系統間に有意な差は認められなかった。台木直径、台木長については、一部の台木系統間に有意な差異が認められたが、玉井ら (2002a) が示しているように、台木系統によって特有な形態的な差異と判断し、揃えることは行わずにそのまま供試した。

揚げ接ぎした台木は、2003 年 4 月上旬に列間約 1 m、株間約 0.3 m で定植した。定植時の地上部台木長は約 25 cm とした。穂木から伸長した新梢は展葉後に 1 芽に整理し、台芽は 8 月に全て基部から切除した。苗木は、秋に掘り上げず、同じ場所でもう 1 年育成し、2 年生苗木とした。

翌 2004 年 3 月 30 日に穂木新梢長（前年に穂木から伸長した 1 年枝長）を調査した。同年 4 月初旬、発芽直前に接ぎ木部から 30~40 cm の高さで 1 年枝を切り戻し、展葉を過ぎた頃に、頂端付近の最も旺盛な 1 新梢を残して他を基部

第9表 試験に供試した台木の形質

台木系統	供試した台木の形質 ^z			
	直径 ^y (mm)	長さ(cm)	長さ／直径	発根指数 ^x
M.9ナガノ	8.7±2.1ab ^w	70±13a	82±10a	2.5±1.3
M.9 NVF157	9.4±2.1ab	73±10a	79± 9a	2.4±1.2
M.9 FL56	7.4±1.8a	84±16ab	114±10c	2.8±1.2
M.9 T337	8.1±2.4ab	78±20a	97±10b	2.9±1.2
Pajam 1	8.6±1.6ab	71± 8a	84±11a	2.0±1.4
Pajam 2	10.4±2.9b	103±21b	100± 9b	1.9±1.1
M.9 KL19	8.3±2.1ab	68±12a	84± 9a	2.2±1.2
有意性 ^v	*	**	**	ns

^z2003年2月、揚げ接ぎ時に調査した

^y台木基部から20～25cmの節間部分の台木直径

^x0：無～4：多

^w異なるアルファベットは、Tukey法による多重比較、またはWilcoxon順位和検定による繰り返し比較で、0.05水準で有意差あり(有意水準はBonferroni式で補正)

^vns：有意でない，*：0.05，**：0.01水準で有意

から切除した。残した1新梢が約25 cm伸長するたびに、新梢先端から約25 cmまでの部位にBA (500 ppm) を散布する処理を3回行った。

2004年12月に苗木幹周、主幹延長枝長、フェザー長、フェザー発生高を調査した。幹周は接ぎ木部の上15 cmの位置を測定し、主幹延長枝は、切り戻して芽かきを行い一本に整理した新梢の長さを測定した。フェザーは1 cm以上の長さのものを調査し、平均長は5 cm以上のフェザーについて算出した。

3) 結果

第10表に結果を示した。1年生‘ふじ’苗木の平均新梢長については、M.9 FL56 台木苗が最も短く、M.9 NVF157, M.9 KL19 台木苗は長かった。M.9 ナガノ, M.9 T337, Pajam 1, Pajam 2 台木はこれらの中間であった。供試した台木系統毎に、台木直径と1年生苗木の平均新梢長との関係を見ると、M.9 KL19 台木を除く他の台木系統については、いずれも両者に高い正の相関が認められた(第10図)。

M.9 台木系統による2年生苗木の生育の違いについて、第11表に結果を示した。M.9 FL56 台木苗の苗木長、苗木直径は、M.9 KL19 台木苗に比べて有意に小さかった。平均フェザー本数(1 cm以上)については、供試した台木系統間に大きな差異は認められなかったが、M.9 ナガノ台木苗についてはM.9 KL19 台木苗に比べて有意に少なかった。50 cm以上の長めのフェザー本数についてはM.9 FL56 台木苗が少なく、一方、30 cm以上~50 cm未満のフェザー本数については同台木苗が多い傾向であった。また、M.9 FL56 台木苗のフェザーの平均長は、他の台木系統苗に比べて短い傾向であった。総フェザー長については、M.9 FL56 台木苗が644 cmで最も短く、M.9 KL19 台木苗は1014 cmで最も長かった。

4. 台芽の切除および摘心処理がM.9 ナガノ台木を用いた1年生‘ふじ’苗木の生育におよぼす影響

1) 目的

取り木によって繁殖したM.9 ナガノ台木を用いて、台木の根のせん定法ならびに穂品種を接ぎ木した後の台芽の切除法が、‘ふじ’1年生苗木の生育におよぼす影響を調査し、1年生苗木育成における、これらの適切な管理方法を明ら

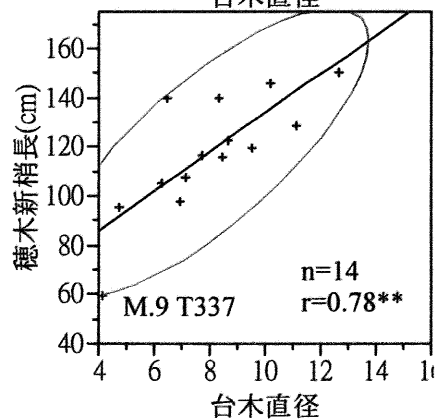
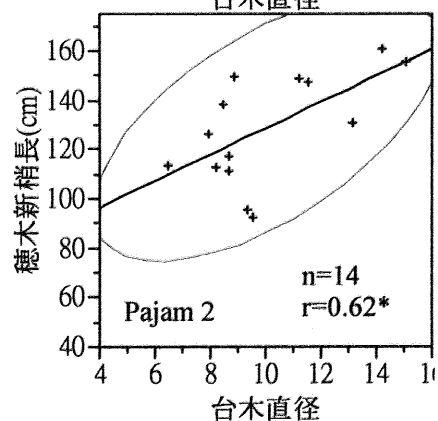
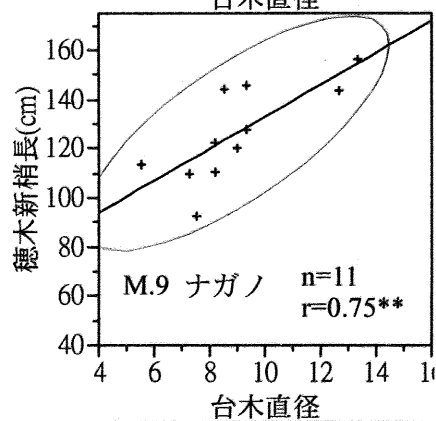
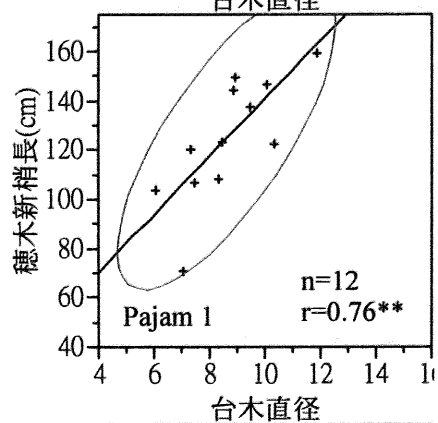
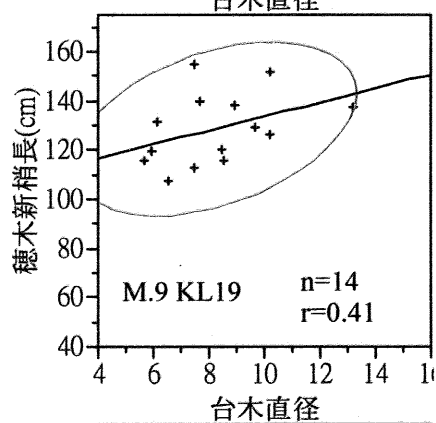
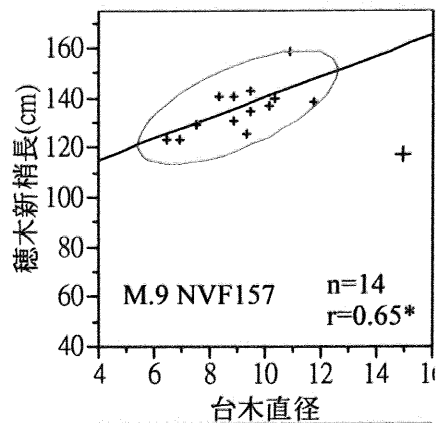
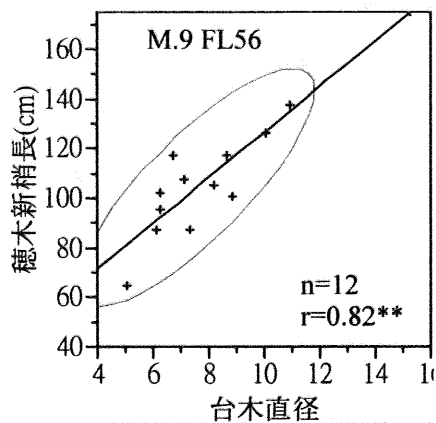
第10表 数系統のM.9台木系統がリ
ンゴ‘ふじ’1年生苗木の生育におよ
ぼす影響

台木系統	苗木新梢長 (cm)
M.9ナガノ	122±19 ² ab ^y
M.9 NVF157	135±10b
M.9 FL56	105±20a
M.9 T337	118±24ab
Pajam 1	125±25ab
Pajam 2	129±22ab
M.9 KL19	129±14b
有意性 ^x	**

²平均値±標本標準偏差

^y異なるアルファベットは、0.05水
準で有意差あり

^xns : 有意差なし, * : 0.05, ** :
0.01水準でそれぞれ有意.



第 10 図 取り木繁殖した M.9 台木数系統の台木直径と接ぎ木後の穂木新梢長（3 月調査）の関係．穂品種は‘ふじ’．図中の楕円は 95 % 確率楕円，直線は回帰直線， n ：件数， r ：相関係数．

第11表 幾つかのM.9台木系統が、切り戻し、芽かき、BA散布処理を行って育成した2年生‘ふじ’苗木の生育、フェザー発生におよぼす影響

台木系統	苗木生育			フェザー ^x 発生						
	長さ ^z (cm)	重量 (kg)	幹周 ^y (cm)	長さ別本数(本／苗)					平均長 ^w (cm)	合計長 (cm)
				以上		未満				
				5	30	50cm	計			
M.9 ナガノ	190ab ^y	0.86ab	5.6ab	5.6	5.1	4.3a	7.2ab	22.2a	40.3ab	704ab
M.9 NVF157	195ab	1.05b	6.2bc	6.1	6.2	5.9ab	8.4b	26.7ab	42.0b	897abc
M.9 FL56	185a	0.70a	5.0a	5.0	7.4	8.5b	2.7a	24.9ab	32.5a	644a
M.9 T337	196ab	0.89ab	5.6ab	5.1	6.9	5.1ab	7.6b	24.7ab	39.6ab	796abc
Pajam 1	200ab	1.05b	6.0bc	5.0	6.2	7.1ab	8.8b	27.0ab	42.8b	955bc
Pajam 2	199ab	0.99b	5.9bc	4.5	4.9	6.8ab	8.8b	25.9ab	42.8b	904bc
M.9 KL-19	204b	1.10b	6.3c	4.6	5.6	7.4ab	9.5b	27.2b	44.7b	1014c
有意性 ^u	*	**	**	ns	ns	*	**	*	**	**

^z接ぎ木部から苗木先端までの長さ

^y接ぎ木部の上15cmの幹周

^x長さ1cm以上のフェザーについて調査した

^w長さ5cm以上のフェザーについてのみ算出した

^y異なるアルファベットは、Tukey法による多重比較、またはWilcoxon順位検定による繰り返し比較で、0.05水準で有意差あり(有意水準はBonferroni式で補正)

^uns：有意でない、*：0.05、**：0.01水準でそれぞれ有意

かにしようと試みた。

2) 材料および方法

(1) ‘ふじ’を揚げ接ぎした M.9 ナガノ 台木の根のせん定および台芽の切除が 1 年生苗木の生育におよぼす影響

取り木によって繁殖し、第 1 図に示す発根指数が 2.5 以上（平均 3.5）で、基部から 20～25 cm の位置の台木直径が 7.3～10.2 mm（平均 8.8 mm）の M.9 ナガノ 台木を 20 本供試し、1998 年 2 月に台木長約 50 cm で‘ふじ’を揚げ接ぎした。接ぎ木した苗木はポリ袋に密封して植え付け時まで 2～5℃の冷蔵庫で貯蔵し、同年 3 月 26 日に株間 0.4 m、条間 1 m、列間 4 m の 2 条 1 列植えで、地上部の台木長が 30 cm 程度となるようには場に定植した。接ぎ穂から発生した新梢は、展葉後、最も旺盛に伸長している 1 本を残して他を切除した。

供試した揚げ接ぎ苗木の半数は、植え付け直前に台木の根を基部から 1.0～1.5 cm で切り戻してせん定有区とし、残りの半数は、長めの根についてのみ基部から 15～20 cm 程度の長さに切り戻し、せん定無区とした。さらに、台芽の展葉後、4 月 28 日（定植後 33 日）に全ての台芽を切除する切除早区、最も長い台芽が 20～25 cm に伸長した 6 月 2 日（定植後 68 日）に全ての台芽を基部から切除する切除晩区を組み合わせた。1 区 1 樹 5 反復とし、二元配置分散分析により処理効果を検討した。

接ぎ木した穂品種‘ふじ’の新梢長を、4 月 28 日、5 月 20 日、5 月 28 日、6 月 17 日、6 月 30 日、7 月 13 日、8 月 7 日ならびに 12 月 9 日に調査した。台芽の切除処理時に、台芽の発生本数と台芽長を調査した。展葉した後に伸長しなかった台芽は 0 cm として発生本数に加えた。

(2) ‘ふじ’を揚げ接ぎした M.9 ナガノ 台木の台芽の切除時期および摘心処理が 1 年生苗木の生育におよぼす影響

取り木によって繁殖し、第 1 図に示す発根指数が 2.5 以上（平均 3.8）で、基部から 20～25 cm の位置の台木直径が 7.1～10.6 mm（平均 9.1 mm）の M.9 ナガノ 台木 28 本を用い、2000 年 2 月に台木長約 50 cm で‘ふじ’を揚げ接ぎした。揚げ接ぎ後の苗木の貯蔵方法は実験（1）と同様とし、同年 4 月 18 日に株間 0.3 m、条間 1 m、列間 4 m の 2 条 1 列植えで、台木の地上部を 30 cm 程度としてほ場に植え付けた。植え付け直前に全ての台木の根について、基部から 1.0～

1.5 cm を残して切り戻した。接ぎ穂から発生した新梢は、展葉後、最も旺盛に伸長している 1 芽を残して芽かきした。

台芽の切除時期の早晩により、以下の 4 処理区を設けた。切除早区：展葉期の 5 月 18 日（定植後 30 日）に全ての台芽をかき取った。切除中区：最も長い台芽長が 10 cm 程度に達した 6 月 2 日（定植後 45 日）に全ての台芽を基部から切除した。切除晩区：最も長い台芽長が 15 cm 程度に達した 6 月 19 日（定植後 62 日）に全ての台芽を基部から切除した。摘心区：最も長い台芽長が 15 cm 程度に達した 6 月 19 日（定植後 62 日）に台芽の先端を 3~4 cm 摘心した。1 区 1 樹 7 反復とした。

穂品種‘ふじ’の新梢長を、6 月 1 日、6 月 8 日、6 月 19 日、6 月 30 日、7 月 11 日、7 月 24 日、8 月 28 日ならびに 12 月 7 日に調査した。展葉した後に伸長しなかった台芽は 0 cm として発生本数に加えた。

（3）‘ふじ’を居接ぎした M.9 ナガノ台木の根量および台芽の切除時期が 1 年生苗木の生育におよぼす影響

取り木によって繁殖し、第 1 図に示す発根指数が 1.0 以上（平均 2.7）で、基部から 20~25 cm の位置の台木直径が 8.1~13.4 cm（平均 10.0 mm）の M.9 ナガノ台木 48 本を用いた。2000 年 4 月 18 日に株間 0.3 m、条間 1 m、列間 4 m の 2 条 1 列植えて、植え付け直前に台木を約 55 cm で切り戻し、地上部台木長が 35 cm 程度となるよう植え付けた。同年 5 月 8 日に台木の先端を約 5 cm 切り戻して、‘ふじ’を居接ぎした。接ぎ穂から発生した新梢は、展葉後、最も旺盛に伸長している 1 芽を残して芽かきした。

台木は第 1 図に示す発根指数でおおむね 2.5 を境に根量の多いグループ（平均発根指数 3.2）と少ないグループ（同 2.1）に 2 分し、各々に以下の 3 つの処理区を設けた。切除早区：展葉期の 6 月 1 日（定植後 44 日）に、全ての台芽をかき取った。切除中区：最も長い台芽長が 10 cm 程度に達した 6 月 19 日（定植後 62 日）に、全ての台芽を基部から切除した。切除晩区：最も長い台芽長が 15 cm 程度に達した 6 月 30 日（定植後 73 日）に、全ての台芽を基部から切除した。1 区 1 樹 8 反復とし、二元配置分散分析により処理効果を検討した。

調査項目ならびに調査方法は実験（2）と同様とした。なお、台芽の切除または摘心処理時には台芽発生本数および長さを調査した。

(4) ‘ふじ’を居接ぎした M.9 ナガノ台木の台芽の摘心、放任が 1 年生苗木の生育におよぼす影響

取り木によって繁殖し、第 1 図に示す発根指数が 1.0 以上（平均 2.8）で、基部から 20～25 cm の位置の台木直径が 5.6～12.9 cm（平均 9.1 mm）の M.9 ナガノ台木 36 本を用いた。2004 年 4 月 21～23 日に、株間 0.3 m、列間 1 m の栽植距離で、地上部台木長が 25 cm 程度となるよう植え付けた。植え付け直前に台木を約 45 cm で切り戻した。同年 4 月 29 日に台木の先端を約 3 cm 切り戻して、‘ふじ’を居接ぎした。接ぎ穂から発生した新梢は、展葉後、最も旺盛に伸長している 1 芽を残して芽かきした。

台芽の管理方法により、以下の 3 つの処理区を設けた。切除区：7 月 20 日（定植後 89 日）に全ての台芽を基部から切除した。摘心区：7 月 20 日（定植後 89 日）に伸長中の台芽のみ先端から 5 cm までを摘心した。放任区：台芽を切除せず放置した。1 区 1 樹 12 反復とした。

穂品種の新梢長を 6 月 15 日、6 月 23 日、7 月 4 日、7 月 16 日、8 月 5 日、8 月 24 日、9 月 3 日および 12 月 3 日に調査した。7 月 16 日および 11 月 5 日に台芽長を調査した。展葉した後に伸長しなかった台芽は 0 cm として発生本数に加えた。

3) 結果

(1) ‘ふじ’を揚げ接ぎした M.9 ナガノ台木の根のせん定および台芽の切除が 1 年生苗木の生育におよぼす影響

台芽の切除処理時における台芽の発生状況を第 12 表に示した。せん定有区は、せん定無区に比べて台芽の発生本数が有意に少なく、最も長い台芽の平均長が有意に短かった。

調査日毎の穂品種‘ふじ’の新梢長を第 11 図に示した。根のせん定の有無が穂品種の新梢長におよぼす影響は、5 月 28 日、6 月 17 日、6 月 30 日の新梢長においては 0.01 水準で、4 月 28 日、5 月 20 日、7 月 13 日の新梢長においては 0.05 水準で有意となり、いずれも、せん定無区の新梢長が長かった。台芽の切除処理の早晚が穂品種の新梢長におよぼす影響については、5 月 28 日、6 月 17 日、6 月 30 日、7 月 14 日および 8 月 7 日の新梢長においては 0.01 水準で、5 月 20 日の新梢長においては 0.05 水準で有意となり、いずれも切除晩区の新梢

第12表 4-実験 (1) における台芽の切除処理時における台芽の発生状況

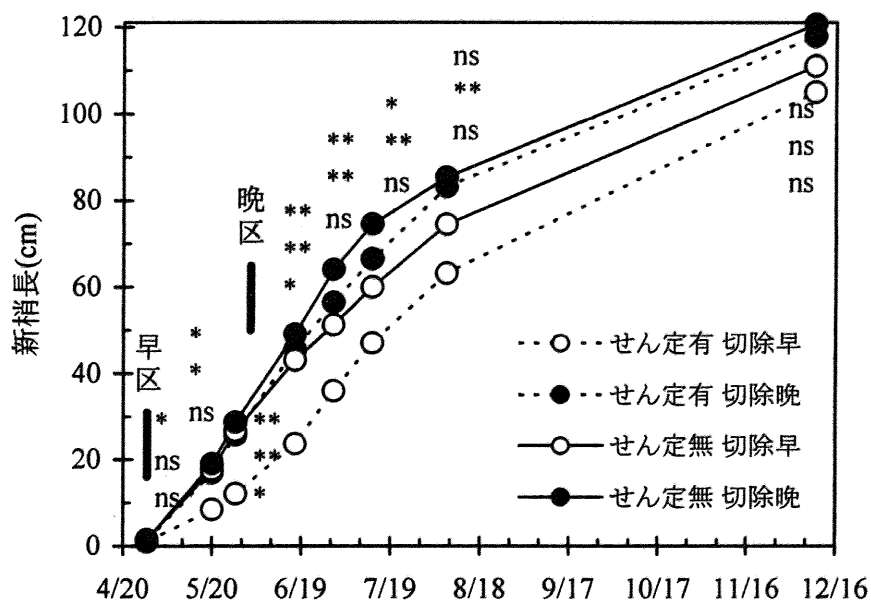
試験区		台芽の切除時の台芽発生状況 ^z					
根のせん定	台芽の切除	本数(本/苗)		平均長(cm)		最も長い台芽の長さ(cm)	
		早(4/28)	晩(6/2)	早(4/28)	晩(6/2)	早(4/28)	晩(6/2)
		有	無	有	無	有	無
有	早(4/28)	8.0±3.2 ^y		0.9±0.3		2.9±1.0	
有	晩(6/2)	7.2±1.9	5.0±1.2ns ^x	1.1±0.5	9.1±3.1ns ^x	2.8±0.5	19.0±4.2 ^x
無	早(4/28)	11.0±2.2		0.9±0.2		3.9±0.5	
無	晩(6/2)	9.6±3.4	6.0±1.4	1.1±0.2	11.8±2.8	3.2±0.6	24.5±1.3
有意性 ^w		根の切除		台芽の切除		根せん定×台芽切除	
		4.86 ^{**}		0.01ns		5.41*	
		0.81ns		1.71ns		1.59ns	
		0.06ns		0.00ns		0.75ns	

^z展葉したものの伸長しなかった台芽は0cmとして発生本数に加えた。

^y平均値±標準偏差。

^xt-testによりns：有意差無し，*：0.05，**：0.01水準でそれぞれ有意。

^w二元配置分散分析によりns：有意差無し，*：0.05，**：0.01水準でそれぞれ有意。数値はF値。



第 11 図 M.9 ナガノ台木の根のせん定と定植後の台芽の切除が，ふじ／M.9 ナガノ（1 年生苗木）の生育におよぼす影響

図中の* およびアルファベットは，二元配置分散分析の結果を示す．それぞれ上から，根の切り戻し有無の効果，台芽の切除早晚の効果，交互作用．*: 0.05, **: 0.01 水準で有意，ns: 有意でない．図中のバーは，早区，晩区における台芽の切除日を示す．

長が長かった。交互作用は、5月28日、6月17日の新梢長において0.05水準で有意となった。12月9日の新梢長においてはいずれの処理効果も有意とならなかった。

なお、根のせん定無区において、台芽の切除早区と切除晩区の穂品種の新梢長を比較すると、6月30日、7月13日の新梢長に0.05水準で有意な差が認められ、どちらも切除晩区の新梢長が長かった。

(2) ‘ふじ’を揚げ接ぎしたM.9ナガノ台木の台芽の切除時期および摘心処理が1年生苗木の生育におよぼす影響

どの調査日においても、台芽の切除時期が遅いほど、苗木の平均新梢長が長い傾向が認められ、一部処理区間には有意な差が認められた(第12図)。なお、摘心区と切除晩区の穂品種の平均新梢長については、摘心区がわずかながら長かったが、統計的に有意な差ではなかった。12月7日の早区の平均新梢長は70.6 cmであり、晩区の100.1 cmおよび摘心区の108.4 cmに比べて有意に短かった。

(3) ‘ふじ’を居接ぎしたM.9ナガノ台木の根量および台芽の切除時期が1年生苗木の生育におよぼす影響

台芽切除時の台芽の平均発生本数、および平均長には、処理区間で有意な差異が認められなかった(データ略)。

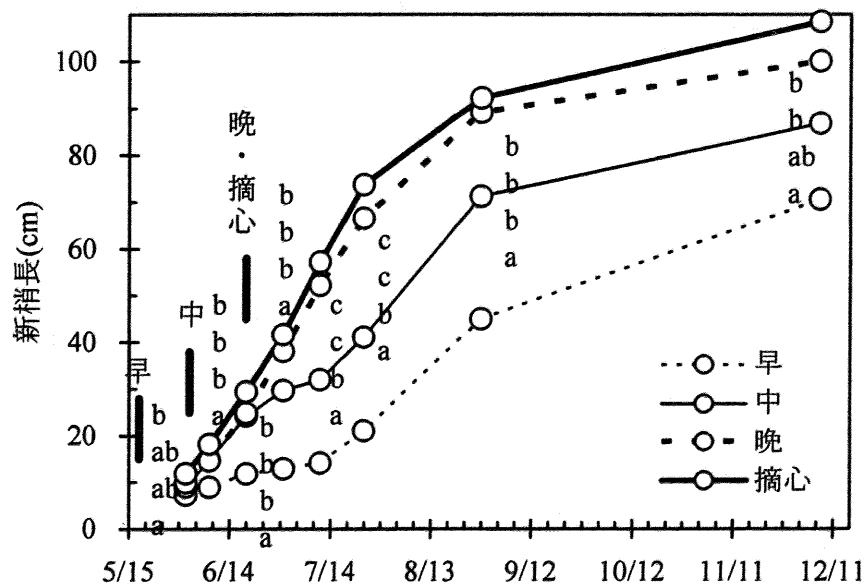
台芽の切除処理が穂品種の新梢長におよぼす影響については、7月11日、7月24日および8月28日の新梢長において0.01水準で有意となり(第13表)、切除早区は切除中区、切除晩区に比べて平均新梢長の短い傾向が認められた(第13図、第13表)。なお、台木根量の影響、交互作用はどの調査日においても有意でなく、12月10日における新梢長についても処理区間に有意な差が認められなかった(第13表)。

(4) ‘ふじ’を居接ぎしたM.9ナガノ台木の台芽の摘心、放任が1年生苗木の生育におよぼす影響

8月5日以降の新梢長において、処理区間の差が有意となり、摘心区および放任区は切除区に比べて苗木新梢長が劣った(第14図)。

5. 考察

本章では、最初に2の調査において、取り木繁殖によって育成したM.9ナガ



第 12 図 台芽の切除時期，および台芽の摘心がふじ／M.9 ナガノ（1 年生苗木）の生育におよぼす影響

図中のアルファベットは，Tukey 法による多重比較．ns：有意でない，*：0.05，**：0.01 水準でそれぞれ有意．図中のバーは，早区，中区，晩区および摘心区における台芽の切除等の処理日を示す．

第13表 台木の根量, および台芽の切除時期が, 居接ぎしたふじ/M.9ナガノ (1年生苗木) の生育におよぼす影響

試験区		穂木新梢長(cm)							
根量 ^z	台芽の切除時期 ^y	6月1日	6月8日	6月19日	6月30日	7月11日	7月24日	8月28日	12月7日
少	切除早	0.3±0.4 ^x	1.8±0.9ns ^w	6.6±3.4ns	10.9±5.6ns	15.8±9.8a	26.0±14.5a	55.9±23.1a	90.3±24.5ns
	切除中	0.4±0.4	1.8±1.1	8.8±4.6	20.2±6.6	32.9±8.0b	46.3±11.0b	76.7±11.0ab	93.7±17.0
	切除晩	0.4±0.5	1.9±1.1	8.5±5.2	19.4±8.7	34.3±10.1b	51.5±14.8b	85.1±18.5b	104.8±12.2
多	切除早	0.6±0.8	2.4±2.4ns	8.3±6.3ns	14.0±8.1ns	18.6±10.8a	28.9±13.1a	59.1±15.9ns	86.8±13.7ns
	切除中	0.5±0.5	1.9±2.0	7.6±5.2	17.1±6.9	29.8±8.8ab	43.2±12.4ab	75.1±16.0	92.4±11.3
	切除晩	1.0±1.0	3.1±3.2	10.1±7.3	19.1±10.0	33.1±12.5b	51.7±12.4b	77.6±17.0	98.7±12.9
有意性 ^v	根量	2.25ns	1.24ns	0.12ns	0.07ns	0.37ns	0.22ns	0.56ns	0.70ns
	切除時期	0.76ns	0.34ns	0.35ns	3.05ns	11.19**	12.89**	7.77**	3.27ns
	交互作用	0.60ns	0.35ns	0.36ns	0.52ns	0.16ns	0.08ns	0.16ns	0.10ns

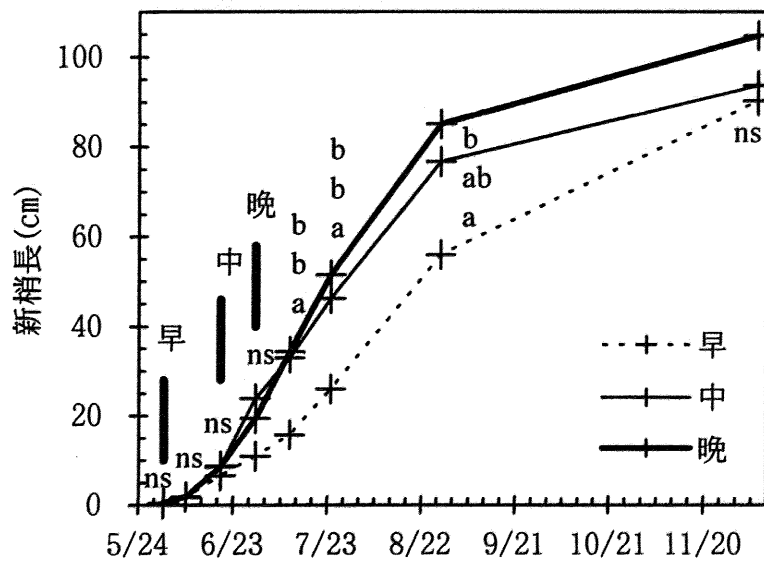
^z発根少区の平均発根指数は2.1, 発根多区は同3.2.

^y切除早区の台芽の切除時期は6/1 (定植後44日), 切除中区は同6/19 (62日), 切除晩区は同6/30 (73日). 4/18に定植し, 5/8に居接ぎを行った.

^x平均値±標本標準偏差

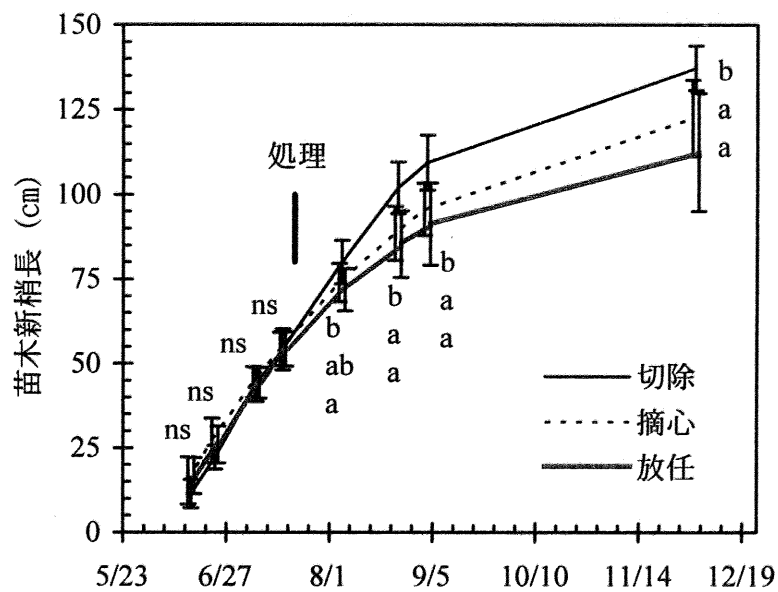
^wTukey法による多重比較で, 異なるアルファベット間には, 0.05水準で有意な差異が認められる.

^v二元配置分散分析により, ns有意でない, *: 0.05, **: 0.01水準でそれぞれ有意. 値はF値.



第 13 図 台木の台芽の切除時期が，居接ぎした
ふじ／M.9 ナガノ（1 年生苗木）の生育
におよぼす影響

図中のアルファベットは，Tukey 法によ
る多重比較で，0.05 水準で有意．図中
のバーは，早区，中区，晩区における
台芽の切除処理日を示す．



第 14 図 台芽の切除，摘心，および放任が，居接ぎしたふじ／M.9 ナガノ（1 年生苗木）の生育におよぼす影響

図中の異なるアルファベット間には，Tukey 法による多重比較（0.05 水準）．折れ線グラフ上のバーは±標本標準偏差．太いバーは，切除，摘心処理の実施日を示す．

ノ台木の根量，台木直径が1年生‘ふじ’苗木の生育におよぼす影響について検討した．その結果，調査年次によって若干傾向が異なったものの，概して台木の根量が多いほど，また台木直径が太いほど，苗木新梢の伸長が優れる傾向が認められた．

1999年の調査においては，他の調査年に比べて苗木の新梢長が短かった．これは，1999年における供試台木の平均発根指数が，他の調査年に比べて小さかったためと推察される．また，1999年は，4～5月の降雨が少なく，気象条件が苗木の初期成育に影響したことも考えられる．観察では，実際に苗木の初期生育はやや劣った．しかし，このような条件においても，発根指数が2.0程度以上で，台木直径が9 mm程度以上の台木を用いた苗木の新梢は，おおむね100 cmを超え，比較的生育が良好であった．一方，2003年の調査では，他の調査年に比べて苗木の新梢長が長かった．これは，主に，用いた台木の根量が他の調査年に比べて多かったことによると推察された．2003年の調査においては，台木直径が太いほど苗木新梢長が優れる傾向が明確に認められた．したがって，苗木の根量が多い条件においては，台木直径の影響が現れやすい可能性が示唆された．しかし，この点に関して，1998年の調査では，根量の少ない場合にも台木直径と苗木新梢長に有意な正の相関が認められており，今回の試験結果からのみでは明確な結論を得るのは困難であった．

2の調査における，3年間の結果を総合すると，第1図に示す発根指数が2程度以上で，かつ台木直径が9 mm程度以上の台木であれば，切り接ぎしておおむね良好な苗木生育が得られるものと考えられた．

欧米において，リンゴのわい性台木苗木の育成は，主に芽接ぎによって行われている．van Oosten・de Groene (1980) は，芽接ぎに用いる M.9 台木について，台木の直径によって育成される苗木の質が異なることから，基部直径が5～7 mm と7～9 mm の2階級に分けて用いると良いとし，これより太い台木については切り接ぎに向くとしている．本調査の結果における台木直径の計測部位は，彼らの場合とやや異なるものの，切り接ぎして良好な苗木生育を得るための台木の品質基準としては，ほぼ同様な結論が得られた．Waterman et al.

(1993) は，芽接ぎ用にわい性台木を利用する場合，6～10 mm 程度の直径の台木が適切であり，それより太いものは接ぎ木作業の際に大きすぎるとしてい

る。芽接ぎの場合は、接ぎ木当年の新梢から接ぎ穂の芽を採取し、台木 1 年枝、または台木新梢基部に接ぎ木するため、太すぎる台木については形成層を露出させた時のサイズが穂木と合わずに接ぎ木しにくいためと考えられる。また、台木を芽接ぎに用いる場合には、台木の直径は発根量ほどには重要でない (Tukey, 1964) との指摘もあり、切り接ぎに用いる場合に比べて細めの台木であっても利用価値が高いものと予想される。わが国において、リンゴの苗木育成は切り接ぎによる場合が多く、芽接ぎはほとんど行われていないが、切り接ぎに適さない台木でも、掘り上げの翌シーズンの秋に行う芽接ぎにおいてはむしろ適切なサイズであると考えられ、2 の結果から得られた切り接ぎ用の条件に満たない台木についても、芽接ぎ用に有効利用が可能と考えられた。

つぎに、3 の調査では、取り木によって繁殖した幾つかの M.9 台木系統を用い、台木系統の違いが、1 年生および 2 年生 ‘ふじ’ 苗木の生育におよぼす影響を調査した。その結果、M.9 FL56 台木苗は、M.9 KL19 台木苗に比べて 1 年生苗木の平均新梢長が短く、2 年生苗木のサイズ（平均苗木長、平均幹周、平均重量、平均総フェザー長）が小さい傾向であることが明かとなった。

M.9 台木系統の違いが、品種を接ぎ木した苗木の生育におよぼす影響については、これまでも幾つかの報告があるが、結論については一致していない。Webster・Hollands (1999) は、24 系統の M.9 台木を用い、‘Cox’s Orange Pippin’ の生育、収量、果実品質等におよぼす影響を検討している。その中で、M.9 台木系統が 1 年生苗木の生育におよぼす影響については、複数の実験で結果が一致せず、苗木は場の条件以上には苗木の生育に影響しないと述べている。一方、van Oosten (1986) は、幼若相の特徴を有する台木系統と成熟相の特徴を有する台木系統では、1 年生苗木の生育におよぼす影響に相違があり、幼若相の特徴を有する M.9 N29 台木は苗木の生育を促進し、フェザーを多く有する優良な苗木を生産するとしている。

3 の調査結果では、前述したように、M.9 FL56 台木を用いた ‘ふじ’ 1 年生苗木の新梢長は、M.9 KL19 および M.9 NVF157 台木を用いたそれに比べて有意に短く、1 年生苗木の生育は弱かった。また、2 年生苗木においても、同様に M.9 FL56 台木苗の生長はやや弱かった。M.9 FL56 台木については、van Oosten (1986) が幼若相の特徴を示すことを報告しており、また、本研究においても

第1章-2の調査で繁殖性が優れることが確認され、この点で幼若相としての特長を示すことが明かとなっている。他方、M.9 NVF157 台木については、玉井ら（2002a）により成熟相の特徴を示すことが報告されており、また、第1章-2の調査においても、M.9 NVF157 および M.9 KL19 台木の繁殖性が劣ったことから、この点でも成熟相としての特徴を示すことが明かとなった。したがって、3の調査結果から、M.9 N29 台木等に関する van Oosten（1986）の観察結果と異なり、台木系統が幼若相としての特長を有していても、必ずしも苗木生育が旺盛とならない場合のあることが示された。

M.9 FL56 台木の1年枝は、細い形態を有することが報告されている（van Oosten, 1986; 玉井ら, 2002a）。本章の調査においても2の結果において同様な傾向が認められた。また、3の調査において用いた同台木の形態についても、同様に直径が細く台木長が長い傾向であった。2で示したように、取り木繁殖した M.9 ナガノ台木を用いた1年生‘ふじ’苗木においては、概して台木の根量が多く台木直径が太いほど、苗木の新梢伸長の優れる傾向が認められている。さらに、台木の大きさが1年生苗木の生育に影響をおよぼす（van Oosten, 1979）ことを考慮しても、M.9 FL56 台木苗の生育が他の台木系統苗に比べて弱かったことは、供試した台木のサイズ（直径、台木長）の小さかったことの影響が大きいと推察される。

台木系統による接ぎ木後の苗木生育の違いについては、その台木系統の発根性の難易に由来する台木の根量、および台木系統の1年枝に固有のサイズ（長さ、直径等）による影響が、それぞれおよぼと推察され、この点が台木系統による苗木生育の差異の評価を難しくし、幾つかある関連報告の結果が一様でないことの要因となっている可能性も考えられる。

他方、M.9 FL56 台木については、他の M.9 台木系統に比べてわい化効果の高いことを示す（Wertheim, 1997）報告があり、本実験の結果についても、台木のわい化効果によるものである可能性は否定できない。M.9 FL56 台木における、細長く発根の多い特徴が、品種を接ぎ木した後の1～2年生苗木の生育、さらには若木の結実ならびに生育に与える影響については、詳細に検討する必要があると考えられる。

いずれにしても、苗木の総フェザー長が長いほど定植後の初期収量の多い

(Shepherd, 1978) ことを考慮すると、苗木の良好な生育は、苗木品質を決定づける重要な要因と考えられ、これまでの実験によって得られた結果は、取り木繁殖した台木を用いた優良な苗木生産において役立つものと考えられる。

つぎに、4-実験(1)～(4)では、取り木によって繁殖した M.9 ナガノ台木を用いて、台木の根量、根のせん定ならびに品種を接ぎ木した後の台芽の切除および摘心処理等が、1 年生‘ふじ’苗木の生育におよぼす影響について検討した。

最初に、4-実験(1)では、M.9 ナガノ台木の根の切り戻しせん定処理の有無、および台芽の切除処理の早晚が、揚げ接ぎした穂品種‘ふじ’の新梢長におよぼす影響を調査した。その結果、定植時(3月26日)に根のせん定を行い、かつ台芽を早期(4月28日(定植後33日))に切除した場合に、生育期間前半の新梢伸長が著しく抑制されることが明らかとなった。根のせん定を行わないか、台芽の切除を遅らせる(晩期:6月2日(定植後68日))ことによって、このような抑制が回避されたことから、長めの根、または6月初旬頃までの台芽の存在は、台芽の早期切除または根の切り戻しせん定の影響を互いに相殺する効果があるものと考えられた。また、台芽の切除を遅らせた場合には、根のせん定の有無によらず新梢伸長が優れ、従来考えられていたような“台芽かき”作業の遅れによる新梢伸長の低下は認められないことが明かとなった。

一方、根のせん定を行わず台芽の切除を遅らせた区においては、根のせん定を行わず早期に台芽を切除した区に比べて、台芽を切除した後の新梢伸長が優れる傾向が認められた。Kim ら(1984)は、品種を接ぎ木したわい性台木苗の台芽を、30 cm 程度の長さには伸長するまで切除せずに残すことによって、その間の穂品種の新梢からのフェザー発生が抑制され、台芽が切除された後に新梢先端部分からフェザーが発生することを示している。今回の実験では、苗木の新梢からのフェザー発生はほとんど認められなかったが、根のせん定を行わず台芽の切除を遅らせた区において台芽の切除後の新梢伸長が優れたことは、台芽の切除後にフェザーの発生が促された Kim ら(1984)の結果と類似したものと考えられる。

4-実験(2)では、M.9 ナガノ台木の根の切り戻しせん定を行った‘ふじ’の揚げ接ぎ苗木を用いて、定植(4月18日)後の台芽の切除時期の影響につい

て詳しく検討するとともに、摘心処理が穂木新梢の伸長におよぼす影響を調査した。その結果、6月2日（定植後45日）以前の台芽の切除により、生育初期の新梢伸長抑制が認められたが、6月19日（定植後62日）の切除および摘心処理では同様な抑制が認められなかった。したがって、根の切り戻しせん定を行った‘ふじ’の揚げ接ぎ苗木においては、定植後2か月頃に台芽を切除、または摘心することによって、良好な苗木生育が得られるものと考えられた。

さらに、4－実験（3）では、発根量の異なる M.9 ナガノ台木を用いて‘ふじ’を居接ぎした条件で、同様な実験を行った。その結果、根量の多少に関係なく、6月1日（定植後44日）に台芽の切除を行った区は、6月19日（定植後62日）以降に台芽の切除を行った区に比べて生育期間前半の穂品種の新梢伸長が劣る結果であった。居接ぎを行った場合においても、4－実験（1）および（2）の結果と同様に、早期の台芽の切除は穂木新梢の初期伸長に抑制的な影響をおよぼし、台芽の切除を定植後2ヶ月以降とすることで、その抑制が回避できることが示された。

なお、4－実験（3）において、根量の多少が苗木新梢長におよぼす影響は明確に認められなかったことから、本実験で供試した台木の根量の違いでは、穂木新梢の伸長に大きな差異を生じないことが示された。4－実験（3）における根量の少ない区の平均発根指数は2.1であったが、この程度の根量以上であれば十分な苗木の生育が得られるものと考えられた。この結果は、第2章－2の調査における、発根指数が2程度以上で台木直径が9 mm 程度以上の台木であれば切り接ぎして良好な苗木生育が得られるとする結論とも、整合するものであった。

一方、4－実験（4）において、7月20日（定植後89日）の台芽の切除、摘心ならびに放任処理が苗木の新梢伸長におよぼす影響を検討したところ、台芽の摘心および放任処理において、処理以降の苗木新梢長が劣ることが明かとなった。4－実験（2）において、6月19日（定植後62日）に台芽の摘心処理を行った苗木の新梢伸長は、同時期に切除処理を行った苗木とほぼ同等であり、4－実験（4）の結果はそれと異なった。4－実験（4）を実施した2004年は秋期に降雨が多く、生育期間後半の苗木の伸長量が通常の年に比べて多い傾向が観察され、そのため調査した苗木については、定植ならびに居接ぎ時期が慣行に

比べて遅かったにも関わらず、最終的な苗木の伸長長は比較的長かった。この点を考慮すると、4-実験(4)の結果は、2004年に顕著であった生育期後半の新梢伸長が、摘心または放任によって残された台芽の存在によって抑制されたことによるものである可能性が考えられる。

4-実験(2)と実験(4)では、気象条件や接ぎ木方法が異なり、統一して比較はできないものの、4-実験(4)の結果により、台芽を摘心して残すか、放任して残すと苗木の新梢伸長が劣る場合のあることが示された。結論的には、適切な時期に切除する方法が望ましいと考えられた。

4-実験(1)～(4)の結果を総合すると、台木の定植後60～90日頃(3月末の定植であれば、おおむね6月中)の台芽の切除によって苗木の新梢伸長が優れることが示された。

Howard・Oakley(1993)は、わい性台木に芽接ぎしたリング苗木において、芽接ぎ当年に台木の地際から35 cmまでの台芽を切除する(“clean leg”)と翌年の接ぎ芽からの新梢発生および新梢伸長が劣ることを明らかにし、芽接ぎ当年の台芽の切除を芽接ぎ部分に限定するとともに、さらに翌年に芽接ぎ部分より下の台芽から発生する新梢についても発生後2ヶ月間ほど放置した後に切除することで、接ぎ芽からの新梢発生、伸長が改善されることを示した。切り接ぎを行った苗木について、接ぎ木当年に行った本実験についても、これと類似した結果であり、台芽の切除を定植後60～90日頃まで遅らせることは穂木新梢の生育を促すために有効であることが明かとなった。

本実験では、M.9 ナガノ台木に品種を接ぎ木した苗木における台芽の切除処理等が苗木生育におよぼす影響を検討したが、これは、接ぎ木の有無を度外視すれば、果樹類の休眠枝挿しにおける発根の生理と類似していると予想される。挿し木繁殖における挿し穂上の芽の切除が発根におよぼす影響については、いくつか報告がなされている。Fadl・Hartmann(1967)は、セイヨウナシ‘オールドホーム’の休眠枝挿しの発根率は、晩夏から秋にかけて高いが、その後翌2月までの間は低く、穂木の芽かきを行うとこれらの期間を通して低いレベルで一定となることを示した。さらに、穂木上に残された芽の数と発根、また穂木上の芽の発芽能力と発根には相関関係が認められるとし、発根が優れる期間中において穂木の芽からの抽出物に高い発根促進活性を認めたとしている。ま

た、Young・Westwood (1975) は、ナシの休眠枝挿しについて、摘芽処理と休眠の関係を調査し、低温積算の足りた穂木において摘芽処理は発根を抑制するとしている。Smith・Wareing (1972) は、発根しにくいリンゴ M.2 台木について、低温状態にある穂木はオーキシンの濃度を増大し、これは発根の準備を強く促すが、この効果は穂木の芽かきによって抑制されるとしている。その他、アラビアバルサムの春期における休眠枝挿し (van der Lek, 1934)、茶の挿し木繁殖 (Harada・Nakayama, 1958) において、穂木の芽かき処理によって発根の抑制されることが報告されている。また、ブドウの挿し木での不定根形成においては、挿し穂にほう芽中の芽があると発根が促され、挿し穂の摘芽は発根を著しく抑制すること (Fujii・Nakano, 1974; 河合ら, 1991)、また最近では、その抑制効果は摘芽によって発根部位での抽出性の IAA レベルが低下することによる (Kawai, 1996) と報告されている。これらの報告の多くは、挿し穂の芽かき処理が発根を抑制したとする事例であり、特に春期の挿し木においては、ほとんどの報告において芽かき処理が発根を抑制したとしている。

4-実験 (1) ~ (4) では、台芽の切除が接ぎ木当年の穂木新梢の伸長におよぼす影響を検討した。芽かき処理の挿し木発根に対する抑制的な影響を考慮すると、早い時期の台芽のかき取りは台木の発根を抑制し、結果、穂木新梢の伸長が弱まった可能性が考えられる。大石ら (1980) は、 $^{14}\text{CO}_2$ を用いたブドウの休眠枝挿しにおける芽の光合成産物の転流の実験から、挿し木 62 日後には同化産物の新根への転流が高まって根の生育に関与するとしている。また、Kawai (1996) が指摘しているように、摘芽処理が芽に由来する内生植物生長調節物質等の発根刺激を制限するとすれば、接ぎ木苗木の台芽の切除を遅らせることは、台木の発根、さらに穂木新梢の伸長に促進的な影響をおよぼしている可能性が考えられる。

一方、Howard (1968) は、スモモ台木 Myrobalan B について、11 月から翌 3 月に採取した穂木に対する、乾燥防止処理を併用した摘芽処理は、どの時期においても挿し穂の発根を促すことを示している。ただし、2~3 月にかけてはその効果が劣り、Myrobalan B 台木の挿し木時期による発根率の変化パターンそのものは摘芽の有無により影響されないとしている。さらに、同じ論文の中で、M.26 台木の休眠枝挿しについて、休眠状態の違いにより発芽の多少が認められ

る穂木を用いて挿し木を行っても、それらの発根はほぼ同等であることを指摘し、挿し穂上の芽が挿し穂の発根に影響するとの仮説に対して疑問を投げかけている。さらに、Howard (1980) は、リンゴ、スモモ等の休眠枝挿し繁殖における穂木の芽の切除が発根におよぼす影響を検討し、乾燥抑制処理を伴わない穂木の芽かきは挿し木後の発根を抑制する一方、芽かき後の穂木の保湿処理はその効果を相殺するという観察から、芽かきの発根抑制効果は主に傷害部からの穂木中の水分の減少による影響が大きいと結論づけている。また、Bassuk・Howard (1981) は、M.26 台木の挿し穂の発根は、挿し穂樹液中の発根補助要因 (“root-inducing cofactor”) との関係が深いものの、芽かき処理の有無は発根補助要因の活性に影響を与えないことを示している。

これらの知見をふまえると、4-実験 (1) ~ (4) における台芽の切除の効果については、芽由来の何らかの刺激が台木の発根、ならびに穂木新梢の伸長に影響した可能性が考えられる一方で、早期の台芽の切除処理後の傷害部分からの乾燥が、穂木新梢の伸長を一時的に抑制した可能性も考えられる。

他方、前述の挿し木繁殖に関する報告の多くは3月頃までの芽かき処理の影響を検討したものであり、4-実験 (1) ~ (4) における台芽の切除はこれよりも遅いため、挿し木繁殖に関する知見がそのまま当てはまらない可能性も考えられ、今後は乾燥防止処理を併用した台芽の切除処理の影響を検討する等、追加の実験を行うことで、台芽の切除の影響が明らかにできると考えられる。

いずれにしても、4-実験 (1) ~ (4) の結果から、穂品種を接ぎ木した苗木の接ぎ木当年の台芽については、早い時期に切除すると、生育期間前半における穂木新梢の伸長が劣り、その影響は台芽の切除時期が早いほど、また台木の根を短く切り戻した場合に大きいことが明かとなった。結論的に、接ぎ木当年の苗木における台芽の適切な管理方法については、従来の一般的な認識と異なり、台木の根量や根のせん定の有無によらず、定植後 60~90 日 (3 月末頃の定植であれば、おおむね 6 月中) に切除すると、穂木新梢の生育が良好となることが明かとなった。

第3章 フェザーの発生したリンゴわい性台木苗木の育成

1. 緒言

わが国において、リンゴのわい化栽培で一般的に利用されている1本棒状の1年生苗木は、側枝として利用する枝の発生を促すため、定植時に地上85～100 cm程度で切り戻しが行われる（長野県，2001）。しかし、品種特性（側枝発生の難易）、苗木の良否、定植方法等によって、定植後の苗木の生育は必ずしも揃わず、望ましい高さに側枝を多数確保するのは難しいことが多い。このような場合、苗木育成の段階で一定量の側枝を発生させ、定植時に側枝の発生状態が良好な苗木を揃えることができれば、結実開始が安定的に前進し、果樹経営において非常に有利と考えられる。

側枝を有する大苗の育成技術に関しては、国内において、これまでも不織布コンテナを用いた大苗の育成法（久米ら，1996；堀込・太刀川，1996；石川ら，1997）が検討されている。実際に、大苗の自家生産を行い、良好な成果を上げている事例もある（原，2000）。また、ナシ（吉岡・石田，1982；石田ら，1987）、カキ（小川ら，1994）においては、3年生程度の大苗を用いた早期成園化法について報告されている。しかし、一般的に流通しているリンゴのわい性台木苗木は、ほとんどが1本棒状の1年生苗木であり、大苗の利用は未だ一般的なものとはなっていない。

リンゴのわい性台木を用いた苗木の育成過程で、主幹となる新梢の葉腋から発生するフェザーは、定植後の樹形形成上の初期骨格枝として利用しやすく（Preston, 1966）、フェザーの発生した苗木は1本棒状に育った苗木に比較して初期収量の多いことが明らかにされている（van Oosten, 1978；小池ら，1983）。また、リンゴの多くの品種は自然の状態ではフェザーが発生しにくく（Preston, 1966）、品種によってフェザー発生の難易が異なる（Elfving, 1984；Ouellette・Young, 1995）ことが知られている。例えば、国内の栽培品種では‘つがる’、‘陸奥’等はフェザーの発生が少ないタイプである（小池ら，1983）。リンゴ苗木のフェザー発生を促すために、これまでに、サイトカイニンの一種であるBA等の有効性について多数報告されている（Williams・Stahly, 1968；Kender・Carpenter, 1972；Quinlan・Preston, 1978；Larsen, 1979；Quinlan, 1978；Forshey, 1982；小池ら，

1983; Wertheim・Estabrooks, 1994). 現在, わが国においては, BA に農薬登録があり, 苗木生産において利用可能である.

ところで, 近年, 欧米を中心に諸外国のリンゴわい化栽培において, “Knipboom” と呼ばれる, 比較的長めのフェザーが多発した樹冠を有する 2 年生苗木の利用が急速に普及している (Barritt, 1990; Waldner, 1995; Wilton, 2001).

“Knipboom” は, リンゴのわい化栽培向けに育成された 2 年生苗木であり, 1 本棒状の 1 年生苗木を地上 50~60 cm の高さで切り戻し, 芽かきを行って残した新梢からフェザーを発生させて育成する (Barritt, 1990). “Knipboom” はオランダ語で, “knip” は「切る」, “boom” は「木」の意味であり, 英語では “Cut-tree” または “Snip-tree” とも呼ばれる.

一方, 国内におけるわい性台木苗木の主流は, 前述のように, いまだに 1 本棒状の 1 年生苗木であり, 苗木生産技術の開発に関しても, 接ぎ木当年の苗木新梢に対する BA の利用法については研究蓄積が豊富であるが, “Knipboom” に代表されるような, わい化栽培向けに特性を改良した 2 年生以上の大苗の育成法はほとんど検討されていない.

そこで本研究では, 国内で主要なリンゴの栽培品種を用い, 苗木育成中の切り戻し, 芽かき, 摘葉および BA 散布等の諸管理が苗木生育 (新梢伸長, フェザー発生等) におよぼす影響を調査し, わい化栽培向けの望ましい苗木育成法について明らかにしようとした.

2. 1 年生リンゴわい性台木苗木の切り戻し, 芽かき処理とフェザー発生

1) 目的

‘ふじ’等の数種類の主要な国内品種を用いて, 1 本棒状に育った 1 年生苗木に対する切り戻し, 芽かき, および BA 散布の各処理と, それらの組み合わせによる側枝 (フェザーまたは新梢) の発生促進効果, ならびに側枝発生の品種間差異等を検討し, 密植栽培向けの大苗の育成方法について明らかにしようと試みた.

2) 材料および方法

(1) 1 年生リンゴわい性台木苗木の切り戻し, 芽かき処理とフェザー発生の品種間差異

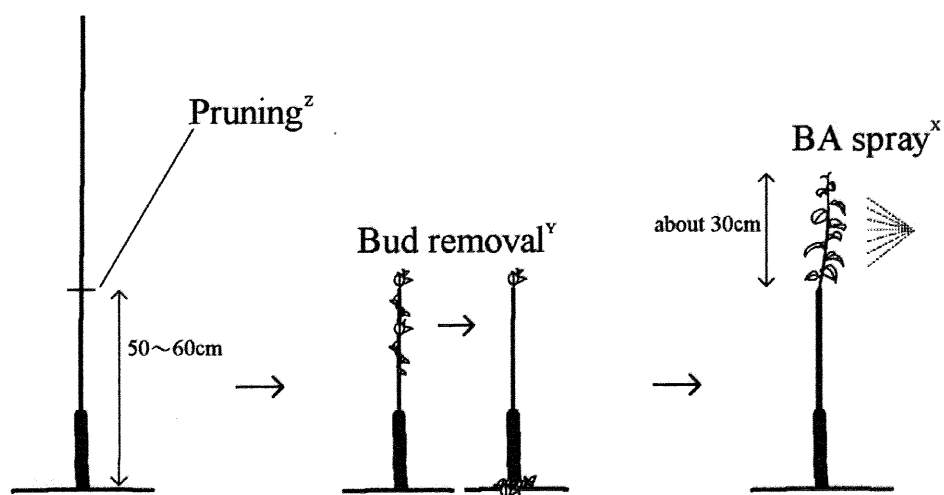
1 本棒状に生育した 1 年生‘シナノスイート’，‘芳明’，‘らくらくふじ’，‘シナノゴールド’，‘シナノレッド’ および ‘秋映’ 苗木を供試した。台木には，マルバカイドウに M.9 ナガノを 50 cm の長さで中間台木として用いた。1997 年 2 月に品種を揚げ接ぎし，同年 3 月に中間台木部の地上部を 20 cm として，列間 0.7 m，樹間 0.5 m で植え付けた。苗木はそのまま 1 年間 1 本棒状に育成し，翌年試験に供試した。1998 年春に地上 50～60 cm の位置で切り戻し，休眠芽の展葉後に頂端の 1 芽を残して他の全ての展葉した芽を摘みとる処理を行った（第 15 図）。供試苗数は，1 品種につき 6～8 本とした。処理当年の 12 月に，主幹延長枝長，フェザー発生本数，フェザー長等を測定した。フェザーは長さ 1 cm 以上のものを全て測定した。

（2）M.9 ナガノ台木を用いた 1 年生 ‘ふじ’ 苗木の切り戻し，芽かき，BA 散布と側枝（フェザーまたは新梢）発生

1 本棒状に生育した 1 年生の ‘ふじ’ 苗木を供試した。台木には，M.9 ナガノを約 40 cm の長さで用いて台木の地上部を約 20 cm とし，列間 0.7 m，樹間 0.5 m で植え付けた。苗木はそのまま 1 年間 1 本棒状に育成し，翌 1998 年に供試した。供試樹は，同年春に地上 50～60 cm の位置で切り戻し，休眠芽の展葉後に頂端の 1 芽を残して他の全ての芽を摘みとる区と，それらの処理に加えて 1 芽から伸びた新梢が 30 cm 程度に伸長した日に BA（300 ppm）を散布した区を設けた（第 15 図）。BA の散布時期，散布濃度は小池ら（1983）の結果を参考に設定した。BA はクミアイ化学工業（株）社製を用い，水で 100 倍に希釈して所定の濃度とした。対照には，従来から棒状の苗木の側枝発生法として慣行的に用いられている，地上 90～95 cm で切り戻して定芽から発生する新梢を放置する区を設けた。供試樹数は，1 区 1 樹 7～8 反復とした。

処理当年の 12 月に苗木全長，幹周，側枝（フェザーまたは新梢）本数，側枝長，側枝発生角度，発生方位，発生方向の偏り，側枝基部直径，側枝発生位置における主幹直径を測定した。側枝の発生方位については，東（a），南（b），西（c），北（d）の 4 方位に分けて調査した。発生方向の偏りについては，4 つの各方位に位置する側枝について，長さを方位毎に積算し，次式により求めた。

$$\text{発生方向の偏り} = \frac{(|a+b-(c+d)| + |b+c-(d+a)|)}{((a+b+c+d) \times 2)}$$



第 15 図 切り戻し，芽かき，BA 散布の方法

^z1 年生苗木に対して，地上 50~60 cm の高さで切り戻しを行った．^y先端付近の最も旺盛な 1 新梢を残して，他を芽かきした．^x残した 1 新梢に対して BA を散布した．

ただし、
 a : 東側の側枝の合計長
 b : 南側の側枝の合計長
 c : 西側の側枝の合計長
 d : 北側の側枝の合計長

側枝の発生基部角度は、側枝の中心線と垂線がなす側枝先端上側の角度を測定して示した（第 16 図）。

なお、対照区は、切り戻し後定芽から発生する新梢を側枝として調査した。ただし、頂端の 1 新梢は主幹延長枝とみなし、側枝に加えなかった。他の 2 処理区は、切り戻し、芽かき後、1 本に整理した新梢の葉腋から発生したフェザーを側枝として調査した。

3) 結果

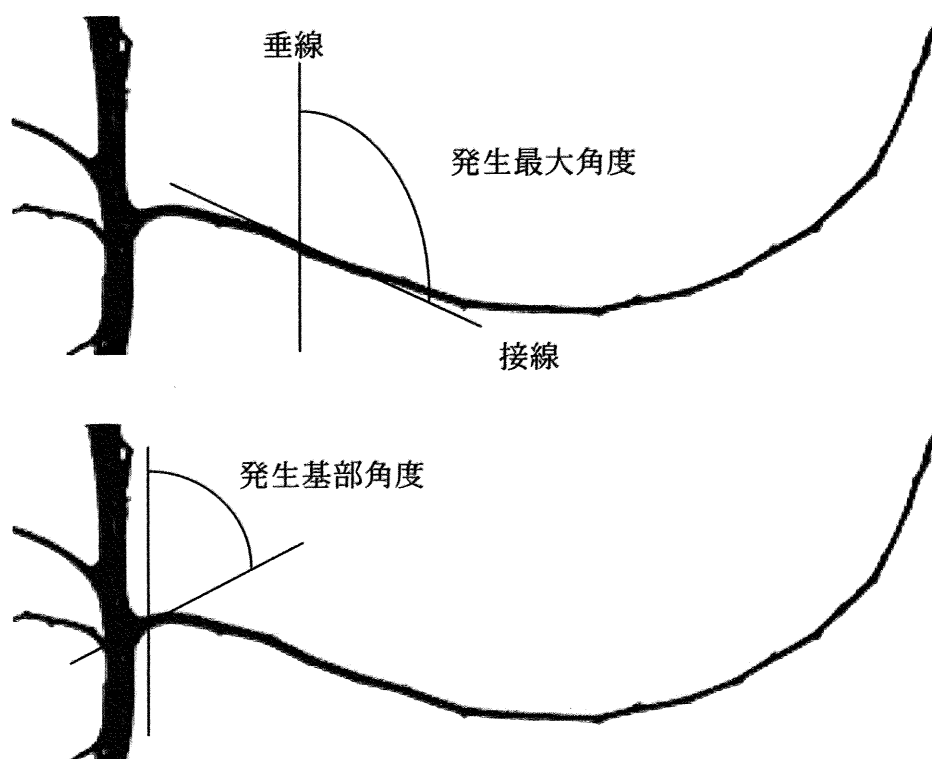
(1) 1 年生リンゴわい性台木苗木の切り戻し、芽かき処理とフェザー発生の品種間差異

結果を第 14 表に示した。本処理では、苗木上の全ての側枝は 1 本に整理した新梢からフェザーとして発生した。品種別の平均フェザー発生本数は‘芳明’が 8.0 本／苗で最も多く、次いで‘らくらくふじ’が 5.6 本／苗、‘シナノスイート’が 3.6 本／苗、‘シナノゴールド’が 2.5 本／苗、‘秋映’が 1.3 本／苗、‘シナノレッド’が 0.3 本／苗であった。‘芳明’、‘らくらくふじ’と‘秋映’、‘シナノレッド’には有意な差が認められた。平均フェザー長は、発生本数の少ない‘シナノレッド’が他の品種に比較して有意に長かった。総フェザー長は‘芳明’が 439.5cm で最も長く、次いで‘らくらくふじ’が 297.6cm、‘シナノスイート’が 188.0cm、‘秋映’が 88.0cm、‘シナノゴールド’が 64.8cm、‘シナノレッド’が 35.1cm で、有意な品種間差が認められた。

これらの結果から、‘芳明’と‘らくらくふじ’は、1 年生苗木に対して切り戻しと芽かき処理を行った場合に、他の品種に比較してフェザーの発生しやすい特徴が明らかとなった。一方、‘秋映’、‘シナノレッド’はフェザーの発生が劣り、‘シナノスイート’、‘シナノゴールド’はこれらの中間であった。

(2) M.9 ナガノ台木を用いた 1 年生‘ふじ’苗木の切り戻し、芽かき、BA 散布と側枝（フェザーまたは新梢）発生

各処理区別の側枝（フェザーまたは新梢）の発生状況を第 15 表に示した。切



第 16 図 フェザー発角度の測定方法．上段：発生最大角度．下段：発生基部角度．最大角度についてはフェザーの基部から先端にかけて，垂線と接線のなす角度が最大となる位置で測定した．

第14表 M.9／マルバカイドウを台木として用いたリンゴ6品種において，1年生苗木に対する切り戻し，芽かき処理が，残した新梢上のフェザー発生におよぼす影響^z

品種	主幹延長枝長 (cm) ^y	フェザー本数 (本／苗)	平均フェザー長 (cm)	総フェザー長 (cm／苗)
シナノスイート	154.0ab	3.6ab	52.9a	188.0bc
芳明	165.0b	8.0b	55.6a	439.5d
らくらくふじ	160.6ab	5.6b	56.0a	297.6cd
シナノゴールド	135.7a	2.5ab	35.9a	64.8ab
シナノレッド	154.9ab	0.3a	123.0b	35.1a
秋映	152.3ab	1.3a	71.4a	88.0ab
有意性 ^x	*	**	**	**

^z1本棒状の1年生苗木を地上50～60 cmで切り戻し，芽かきして先端付近の旺盛な1芽を残した。

^y切り戻しを行った主幹の先端付近から発生し，芽かき後に残した新梢の長さを測定した。

^xns：有意でない，*：0.05，**：0.01水準でそれぞれ有意

第15表 1年生苗木に対する切り戻し、芽かき、BA散布がM.9ナガノ台木を用いた2年生‘ふじ’苗木の側枝²発生におよぼす影響

試験区	苗木長 (cm)	苗木幹周 (cm)	側枝本数 (本/苗)	側枝長 (cm)	総側枝長 (cm/苗)	側枝角度 (°)	側枝の発生方向の 偏り ^y	側枝基部直径 ^x /主幹直径
切り戻し+芽かき ^w	184ab	5.8a	9.0a	29.8a	292.8a	80.2ab	0.55b	0.45
切り戻し+芽かき+BA散布 ^v	171a	6.1a	15.3b	34.9a	536.3b	83.8b	0.16a	0.44
対照区 ^u	189b	6.9b	9.9a	58.5b	563.0b	74.3a	0.28a	0.46
有意性 ¹	*	**	**	**	**	*	**	ns

²側枝として切り戻し+芽かき、切り戻し+芽かきBA散布区はフェザーを、対照区は新梢を調査した。

^y側枝の発生方向（東西南北）の偏りを0～1の数値で示した。0：発生方向に偏りが無い，1：発生方向の偏りが大きい。

^x苗木主幹上の側枝発生位置の主幹直径に対する、側枝の基部直径の比。

^w1本棒状の1年生苗木を地上50～60 cmで切り戻し、芽かきして先端付近の1芽を残した。

^v切り戻し、芽かきを行って残した新梢（主幹延長枝）が約30 cmとなった日に、新梢全体にBA（300 ppm）を散布した。

^u1本棒状の1年生苗木を地上90～95 cmで切り戻し、芽かきを行わなかった。

¹ns：有意でない，*：0.05，**：0.01水準でそれぞれ有意。異なるアルファベット間には0.05水準で有意。

り戻し+芽かき+BA 散布区の側枝発生数は平均 15.3 本/苗であり、切り戻し+芽かき区の平均 9.0 本/苗、対照区の平均 9.9 本/苗に比べて有意に多かった。この場合、対照区で発生した側枝は定芽が発芽した新梢であり、他の処理区のフェザーとは異なった。なお、対照区で発生した新梢上にフェザーの発生はほとんど認められなかった。

発生した側枝の総長は、切り戻し+芽かき+BA 散布区、対照区がそれぞれ 536.3cm, 563.0cm で、切り戻し+芽かき区の 292.8cm に比べて有意に長かった。

側枝の発生方向の偏りは、切り戻し+芽かき+BA 散布区および対照区が小さかった。

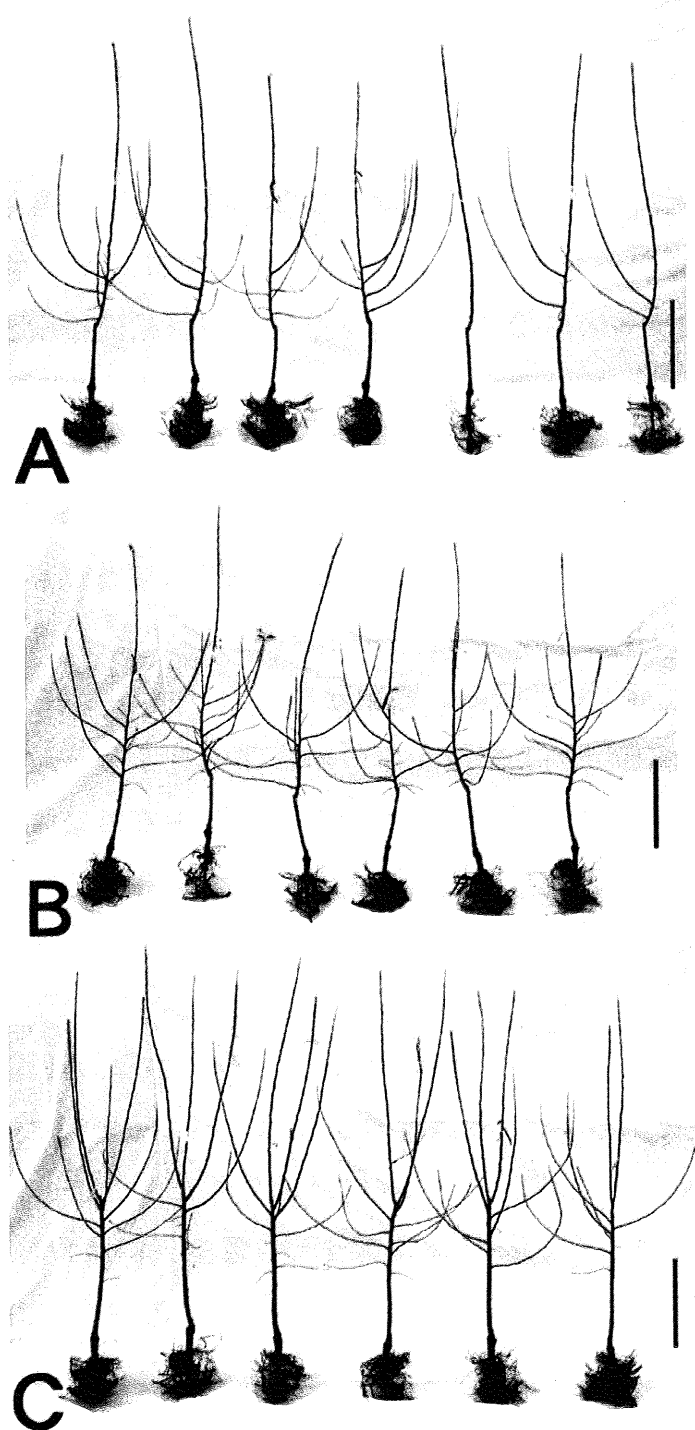
側枝の発生部における、主幹直径に対する側枝の基部直径の比は、平均では処理間に有意差が認められなかった。しかし、対照区では主幹の切り戻し部付近に分岐角度の狭い太めの側枝が集中して発生し、切り戻し+芽かき+BA 散布区では一部に太めの側枝の発生が認められたものの、細めで角度の広い側枝が主幹下部に多く発生して、ほぼ円錐形の樹形となった（第 17 図）。

3. 1 年生リンゴわい性台木苗木の切り戻し、芽かき、BA 散布および摘葉処理とフェザー発生

1) 目的

これまでの実験から、国内のリンゴ主要品種について、1 本棒状に育った 1 年生苗木に対して切り戻し、芽かき、BA 散布を組み合わせた処理により、長めのフェザーが多発した 2 年生苗木の育成できること、また、このようにして育成した苗木のフェザー発生には、品種によって難易のあることが明かとなった。

リンゴ苗木におけるフェザーの発生促進法として BA の散布効果の高いことが既に明かとなっているが、Wertheim (1978) は、BA 等の植物生長調節物質を用いずに苗木のフェザーの発生を促す方法として、新梢先端の摘心や若葉の切除が有効であることを報告している。また、Popenoe・Barritt (1988) は、若葉の切除と BA 散布等により、フェザーの発生しにくいスパータイプ品種においてもフェザーの発生を促進できることを示した。これらの報告では、前年に芽接ぎを行った苗木の新梢、もしくは休眠枝接ぎを行った接ぎ木当年の苗木の



第 17 図 M.9 ナガノ台木を用いた 2 年生‘ふじ’苗木の苗姿

A: 1 本棒状の 1 年生苗木を地上 50~60 cm で切り戻し、芽かきを行って先端付近の 1 新梢のみを伸長させた。B: 同様に切り戻しと芽かきを行って残した 1 新梢が約 30 cm に伸長した日に新梢全体に BA (300 ppm) を 1 回散布した。C: 1 本棒状の 1 年生苗木を地上 90~95 cm で切り戻し、芽かきを行わなかった。スケールバーは 50 cm.

新梢に対して処理効果を検討しており、1本棒状の1年生苗木に対して切り戻し、芽かき処理を行って残した新梢に対する処理効果については検討されていない。

そこで、本試験では、1本棒状の1年生苗木に対して切り戻し、芽かき処理を行って“Knipboom”苗木を育成する場合のフェザー発生を促進するために、BA散布方法と新梢先端付近の若葉を摘葉する処理の効果について検討し、これらの処理に対する品種による反応の違い、また、フェザー発生の困難な品種における効果的な処理方法について明らかにしようと試みた。

2) 材料および方法

(1) BAの散布時期とフェザー発生

マルバカイドウにM.9ナガノ台木を中間台木として用いた1本棒状の1年生‘ふじ’苗木を39本供試した。栽植距離は樹間約0.2 m、列間約1 mとした。中間台木長は50 cmとし、中間台木の地上部は30 cm程度とした。供試苗は、1999年春、発芽前に接ぎ木部から30~40 cmで切り戻した。同年5月17日に、頂端付近の最も旺盛に伸長している新梢を1本残して他の新梢をすべて切除した。残した1新梢に対して時期を変えてBA(300 ppm)を散布した。BA濃度は小池ら(1983)の報告を参考に設定した。BAはクミアイ化学工業(株)社製を用い、水で100倍に希釈して所定の濃度とした。BAの散布時期により早期散布区(残した新梢が20~30 cmとなった5月31日に散布)、中期散布区(新梢が30~40 cmとなった6月9日に散布)、晚期散布区(新梢が40~50 cmとなった6月21日に散布)を設け、1区1本13反復とした。

2000年4月に、主幹延長枝長、フェザー本数、フェザー長、フェザー発生高を調査した。主幹延長枝長は、切り戻して芽かきを行い1本に整理した新梢の長さを測定した。フェザーは1 cm以上のものを調査した。フェザー発生高は主幹延長枝の基部からフェザーの発生位置までの高さを測定した。

(2) 摘葉する葉の着生位置とフェザー発生

ふじ/M.9ナガノ(1本棒状の1年生苗木)を12本供試した。栽植距離は樹間0.5 m、列間0.7 mとし、台木長は40 cm、台木地上部を20 cmとした。供試苗は、1998年春、発芽前に地上50~60 cmの位置で切り戻し、発芽した芽は展葉後に頂端付近の旺盛な1芽を残して芽かきした。さらに、1芽から伸びた新

梢が 30 cm 程度に伸長した時に BA (300 ppm) を散布した。BA 散布の直後に新梢先端付近の葉を摘み取る処理を行った。摘葉する葉の着生位置により、若葉摘葉区 (葉身長が 3 cm 未満の葉を頂端側から 2~3 枚摘葉) と成葉摘葉区 (葉身長が 3 cm 以上の葉を頂端側から順に 3 枚摘葉) を設け、1 区 1 本 6 反復とした。

1998 年 12 月にフェザー本数、フェザー長、苗木長、幹周を調査した。苗木長は接ぎ木部から主幹延長枝の先端までの長さを測定した。幹周は、接ぎ木部の上 15 cm の位置を測定した。

(3) 摘葉処理の回数とフェザー発生

ふじ/M.9 ナガノ/マルバカイドウ (1 本棒状の 1 年生苗木) 55 本を供試した。栽植距離は樹間約 0.2 m, 列間約 1 m とした。中間台木長は 50 cm とし、中間台木の地上部を 30 cm 程度とした。供試苗は、1999 年春、発芽前に地上 50~60 cm で切り戻した。同年 5 月 17 日に頂端付近の最も旺盛に伸長している新梢を 1 本残して他の新梢をすべて切除した。残した 1 本の新梢が 30~40 cm となった 6 月 9 日に BA (300 ppm) を新梢全体に散布した。BA 散布後の摘葉処理の回数により、無処理区 (摘葉処理を行わない)、1 回区 (BA 散布直後に新梢先端の葉身長 3 cm 未満の葉を頂端側から 2~3 枚摘葉)、2 回区 (1 回目の摘葉処理に加えて、その 6 日後に再度同様に摘葉)、並びに 3 回区 (1, 2 回目の摘葉処理に加えて、2 回目処理の 6 日後に再度同様に摘葉) を設け、1 区 1 本 13~14 反復とした。

2000 年 4 月に、主幹延長枝長、フェザー本数、フェザー長を調査した。

(4) 摘葉および BA 散布の組み合わせ処理とフェザー発生

ふじ/M.9 ナガノ (1 本棒状の 1 年生苗木) 40 本を供試した。栽植様式は列間 4 m, 条間 1.5 m, 樹間 0.3 m の 2 条 1 列植えとした。台木長は 50 cm とし、台木地上部の長さを 30~35 cm とした。供試樹は、2000 年春、発芽前に接ぎ木部から 30~35 cm で切り戻した。同年 5 月 29 日に、頂端付近の最も旺盛に伸長している新梢を 1 本残して他の新梢をす芽かきした。BA 散布と摘葉処理の組み合わせにより、BA 区 (6 月 7 日に BA を新梢全体に散布)、BA+摘葉区 (6 月 7 日 BA を新梢全体に散布し、その 3 時間後に葉身長 3 cm 未満の小葉を頂端側から 2~3 枚摘葉)、摘葉区 (6 月 7 日に葉身長 3 cm 未満の小葉を頂端側から 2

～3枚摘葉)，並びに無処理区（BA 散布，摘葉処理を行わない）を設け，1区1本10反復とした．BA は300 ppm 液を新梢全体に散布した．

2000 年12月に，主幹延長枝長，フェザー本数，フェザー長，フェザー発生最大角度，幹周を調査した．フェザー発生最大角度は，フェザーの中心線と垂線がなすフェザー先端方向上側の角度で，フェザー基部から先端の間の最大角度を，分度器で測定した（第16図）．

（5）BA 散布に対する摘葉処理のタイミングとフェザー発生

2000 年および2004 年に実験を行った．2000 年の実験では，ふじ／M.9 ナガノ（1本棒状の1年生苗木）94 樹を供試した．列間4 m，条間1.5 m，樹間0.3 m の2条1列植えとし，台木長50 cm，地上部台木長は30～35 cm とした．供試苗木は，発芽前に接ぎ木部から30～35 cm で切り戻した．5月29日に，頂端付近の最も旺盛に伸長している新梢を1本残して他の新梢を全て切除した．BA 散布と摘葉処理の組み合わせにより次の試験区を設けた．LR2-B A 区：BA 散布の2日前（6月5日）に摘葉処理を行った．LR1-B A 区：BA 散布の1日前（6月6日）に摘葉処理を行った．LR=B A 区 BA 散布の直前に（6月7日，13：30～14：00）に摘葉処理を行った．BA=LR 区：BA 散布の直後に（6月7日，18：30～18：45）に摘葉処理を行った．BA-LR1 区：BA 散布の1日後（6月8日）に摘葉処理を行った．BA-LR2 区：BA 散布の2日後（6月9日）に摘葉処理を行った．BA 区：BA 散布のみを行った．1区1樹10～11 樹反復とした．全ての区について，BA は6月7日（晴）の15：40～16：30 に，300 ppm 液を新梢全体に散布した．なお，6月5～8日は晴天であったが，9日夜に降雨があった．摘葉処理については，葉身長3 cm 未満の小葉（完全に展葉していない葉を含む）を，生長点を欠かないように，指先で2～3枚つまみ取る処理を行った．12月5，6日に苗木を掘り上げ，主幹延長枝長，幹周（接ぎ木部上15 cm），フェザー長，フェザー発生高（切り戻し位置からフェザー発生位置までの長さ），フェザー発生最大角度（第16図），フェザー基部直径，フェザー発生部の主幹直径を調査した．フェザーは1 cm 以上の長さについて調査した．

2004 年は，シナノゴールド／M.9 NVF157（接ぎ木当年苗木）を63本供試して実験を行った．苗木は，2004 年2月に台木を植え付け，同年5月3日に品種を居接ぎして育成した．BA 散布と摘葉処理の組み合わせにより，次の試験区

を設けた。LR1-BA 区：BA 散布の前日に摘葉処理を行った。BA-LR1 区：BA 散布の翌日に摘葉処理を行った。BA-LR4 区：BA 散布の 4 日後に摘葉処理を行った。BA-LR8 区：BA 散布の 8 日後に摘葉処理を行った。LR 区：他の区における BA 散布と同日に、摘葉処理のみを行った。BA 区：BA 散布のみを行った。Cont. 区：BA 散布、摘葉処理ともに行わなかった。LR 区、Cont. 区以外の区について、BA 散布は、苗木新梢が約 60 cm となった 7 月 28 日に行った。BA の散布濃度は 600 ppm とし、新梢の先端約 10 cm（葉身長約 3 cm 以上の葉が 6 枚程度）の部分にハンドスプレーで、葉面が十分濡れる程度に散布した。摘葉処理については、葉身長 3 cm 未満の葉を指で 2~3 枚摘み取る処理を行った。BA、摘葉処理はいずれも昼頃に行った。12 月 3 日に、苗木新梢長、フェザー長、フェザー発生高（接ぎ木部からの高さ）を調査した。

（6）品種および BA 散布濃度とフェザー発生

1999 年に実験を行った。M.9 ナガノ台木を用いた、‘シナノスイート’、‘シナノレッド’、‘セイリンスパー’、‘つがる’、‘ふじ’、‘王林’、‘秋映’の 1 本棒状の 1 年生苗木を、各品種 11~21 本供試した。株間 0.4 m、条間 0.7 m、列間 4m の 2 列 1 条植とし、台木長は約 50 cm、地上部台木長は約 20 cm とした。

1999 年春、発芽前に苗木を接ぎ木部から 30 cm 程度の高さ切り戻した。展葉後、頂端の 1 芽を残して芽かきを行った。残した新梢が 25~30 cm 程度となった日（6 月上旬）に BA を散布した。散布濃度により各品種につき 0, 300, 600 ppm の 3 水準を設けた。なお、BA 散布時の平均新梢長については、‘王林’が 23.0 cm と最も短く、‘ふじ’が 29.4 cm で最も長かったが、品種による差は統計的に有意ではなかった。

（7）フェザー発生の少ない品種に対する BA 散布および摘葉処理とフェザー発生

2000 年に実験を行った。M.9 ナガノ台木を用いた‘秋映’、‘シナノスイート’、‘シナノゴールド’、‘シナノレッド’、‘王林’の 1 本棒状の 1 年生苗木を、各品種 17~21 本供試した。苗木の台木長は約 50 cm、地上部台木長は 30~35 cm とした。栽植様式は樹間 0.3 m、条間 1.5 m、列間 4 m の 2 条 1 列植えとした。

供試した 1 年生苗木は、発芽前に接ぎ木部から 30~35 cm で切り戻した。2000 年 5 月 29 日に、頂端付近の最も旺盛に伸長している新梢を 1 本残して他の新梢

を全て手でかき取った。全ての供試苗について、6月15日にBA(600 ppm)を新梢全体に散布した。

品種毎に、摘葉処理の回数により以下の処理区を設けた。0回：摘葉処理を行わなかった。1回：BA散布の約3時間後に、新梢先端の葉身長3 cm未満の小葉を2~3枚、生長点をかき取らないように指先でつま取る処理を行った。2回：1回目の摘葉処理に加えて、その5日後(6月20日)に再度同様な処理を行った。1区1樹5~7反復とした。

12月5、6日に苗木を掘り上げた。主幹延長枝長、幹周(接ぎ木部上15 cm)、フェザー長を調査した。フェザーは長さ1 cm以上のものについて調査した。

3) 結果

(1) BAの散布時期とフェザー発生

第16表に結果を示した。BAの散布時期が遅いほどフェザーの発生位置が高い傾向が認められた。フェザーの発生本数については、中期散布区が他の区に比べて有意に多く、平均13.5本/苗であった。フェザー平均長については、晚期散布区が最も短く平均22.1cmで、次いで中期散布区が平均24.1cm、早期散布区が平均31.7cmであり、早期散布区と晚期散布区には有意な差が認められた。主幹延長枝長については、処理区によって有意な差が認められなかった。総フェザー長は早期散布区が378 cmであり、晚期散布区の237 cmに比べて有意に長かった。

(2) 摘葉する葉の着生位置とフェザー発生

フェザーの発生本数については、若葉摘葉区が平均16.0本/苗、成葉摘葉区が平均14.8本/苗であり、有意な差が認められた(第17表)。一方、フェザー平均長、苗木長、幹周には処理区間に有意な差は認められなかった。

(3) 摘葉処理の回数とフェザー発生

フェザーの発生本数について処理区間に有意な差が認められ、摘葉処理回数が多いほどフェザー平均本数が多い傾向であった(第18表)。主幹延長枝長、フェザー平均長、総フェザー長には処理区間に有意な差は認められなかった。

(4) 摘葉およびBA散布の組み合わせ処理とフェザー発生

第19表に結果を示した。フェザーの発生本数については、BA散布の効果、摘葉処理の効果、交互作用が有意となった。すなわち、摘葉処理およびBA散

第16表 BAの散布時期の違いが，切り戻し，芽かきを行ったふじ／M.9ナガノ／マルバカイドウ（2年生苗木）のフェザー発生におよぼす影響

試験区 ^z	主幹延長 枝長 (cm)	フェザー 本数 (本/苗)	フェザー 平均長 (cm)	総フェ ザー長 (cm)	フェザー 発生高 (cm)
早期散布	122	11.6a ^y	31.7b	378.2b	14.6a
中期散布	124	13.5b	24.1ab	330.2ab	22.6b
晚期散布	129	10.5a	22.1a	237.1a	29.5c
有意性 ^x	ns	**	*	*	**

^zBA(300ppm)を5月31日（早期散布区），6月9日（中期散布区），6月21日（晚期散布区）に新梢全体に散布した。

^yTukey法による多重比較(0.05水準)。

^x分散分析により，ns:有意差無，*:0.05，**:0.01水準でそれぞれ有意。

第17表 摘葉する葉の着生位置の違いが，切り戻し，芽かき，BA散布を行ったふじ／M.9ナガノ（2年生苗木）のフェザー発生におよぼす影響

試験区 ^z	苗木長 (cm)	幹周 (cm)	フェザー本数 (本/苗)	フェザー平均長 (cm)
若葉摘葉	167	6.0	16.0	38.5
成葉摘葉	171	5.9	14.8	34.9
有意性 ^y	ns	ns	*	ns

^z若葉摘葉区は新梢先端の葉身長3cm未満の葉を2～3枚，成葉摘葉区は葉身長3cm以上の葉を頂端側から順に3枚摘み取った

^yt-testにより，ns:有意差無，*:0.05水準で有意

第18表 新梢先端の摘葉処理の回数が、切り戻し、芽かき、BA散布処理を行ったふじ／M.9ナガノ／マルバカイドウ（2年生苗木）のフェザー発生におよぼす影響

摘葉回数 ²	主幹延長枝長 (cm)	フェザー本数 (本／苗)	フェザー平均長 (cm)	総フェザー長 (cm)
無処理	124.6	13.7a	23.7	328.5
1回	121.9	15.0ab	20.4	309.6
2回	121.5	15.5b	21.9	342.8
3回	121.0	16.1b	20.6	339.4
有意性 ^y	ns	**	ns	ns

²摘葉処理については、新梢先端の葉身長3cm未満の葉を2～3枚摘み取る処理を6日間隔で0～3回、所定の回数繰り返した。なお、1回目の摘葉処理はBA散布の直後に行った。

^y分散分析により、ns:有意差無、*:0.05、**:0.01水準でそれぞれ有意。添字はTukey法による多重比較(0.05水準)

第19表 BA散布，摘葉処理が切り戻し，芽かき処理を行ったふじ／M.9ナガノ（2年生苗木）のフェザー発生におよぼす影響

試験区 ^z	主幹延長枝長 (cm)	幹周 (cm)	フェザー本数 (本／苗)	平均フェザー長 (cm)	総フェザー長 (cm)	フェザー発生最大角度 ^y (°)
BA+摘葉	136.6	5.1	11.9	34.8	434	80.1
BA	135.9	5.2	7.6	43.5	332	74.2
摘葉	149.1	5.1	4.0	32.7	147	70.8
無処理	150.2	4.9	2.5	44.4	79	68.9
有意性 ^x						
BA	**	ns	**	ns	**	**
摘葉	ns	ns	**	ns	*	*
BA×摘葉	ns	ns	*	ns	ns	ns

^zBAを散布した区は300ppm液を新梢全体に散布し，摘葉処理を行った区は新梢先端の葉身長3cm未満の葉を2～3枚摘み取った

^yフェザー基部から先端の最大角度を示す

^x二元配置分散分析により，ns:有意差無，*:0.05，**:0.01水準でそれぞれ有意

布により、各々フェザーの発生本数が増加するとともに、両処理の相乗効果が認められた。主幹延長枝長については、BA 散布の効果が有意となり、BA 散布区が無散布区に比べて短かったが、摘葉処理の効果は有意でなかった。総フェザー長、フェザーの最大角度は BA 散布、摘葉処理の効果が共に有意で、BA 散布を行った区ならびに摘葉処理を行った区の総フェザー長、最大角度が大きい傾向であった。幹周、フェザー平均長には有意な処理効果は認められなかった。

(5) BA 散布に対する摘葉処理のタイミングとフェザー発生

2000 年の実験結果を第 20 表に示す。苗木長、苗木幹周については、BA 散布に摘葉処理を組み合わせたどの処理区も、BA 散布区との差が有意でなかった。フェザー発生については、BA 散布に摘葉処理を組み合わせたどの処理区も、BA 処理のみを行った区に比べて、1 cm 以上のフェザー本数が有意に多かった。このうち BA-LR 区については、平均 11.9 本/苗のフェザーが発生し、BA 区との差が 0.01 水準で有意となった。しかし、5 cm 以上のフェザー本数については、どの処理区も BA 区と有意な差が認められなかった。5 cm 以上のフェザーの平均長については、LR-BA および BA-LR1 区が、BA 区に比べて有意に短かった。フェザーの発生高は、どの処理区も BA 区と有意な差が認められなかった。

2004 年の実験結果を第 21 表に示す。苗木新梢長については、BA 散布に摘葉処理を組み合わせたどの処理区も、BA 散布区との差が有意でなかった。1 cm 以上のフェザー本数については、BA-LR1 区が平均 7.0 本/苗で、BA 区（平均 5.1 本/苗）に比べて有意に多かった。一方、5 cm 以上のフェザー本数については、どの処理区も少なかったものの、BA-LR4 区および BA-LR8 区がそれぞれ平均 3.0 本/苗で、BA 区の平均 1.7 本/苗に比べて有意に多かった。LR 区、および Cont. 区はいずれもフェザー発生が少なかった。1 cm 以上のフェザー平均長、合計長、および発生高については、BA 散布に摘葉処理を組み合わせたどの処理区も、BA 区と有意な差は認められなかった。

(6) 品種および BA 散布濃度とフェザー発生

第 22 表に結果を示した。育成された 2 年生苗木の平均幹周は、‘秋映’が最も小さく、次いで‘セイリンスパー’、‘つがる’、‘シナノレッド’、‘ふじ’、‘シナノスイート’、‘王林’の順であった。BA の散布濃度別には有意な差が認め

第20表 BA散布と摘葉処理が、切り戻し、芽かき処理を行ったふじ/M.9ナガノ (2年生苗木) のフェザー発生におよぼす影響

試験区	苗木長 ^z (cm)	苗木幹周 ^y (cm)	フェザー発生 ^x			
			本数 (本/苗)		平均長 ^w (cm)	合計長 (cm)
			1 cm以上	5 cm以上		
LR2-BA	168±11 ^u	5.1±0.5	10.5±2.0 ^t	7.4±2.1 ^{ns}	51±9 ^{ns}	390±132
LR1-BA	174±11	5.2±0.5	10.6±1.3 [*]	7.5±3.1 ^{ns}	48±11 ^{ns}	401±106
LR-BA	161±8	4.8±0.4	10.1±2.4 [*]	7.2±2.1 ^{ns}	44±11 [*]	324±129
BA-LR	169±13	5.1±0.7	11.9±2.7 ^{**}	8.1±4.3 ^{ns}	47±10 ^{ns}	434±187
BA-LR1	159±11	4.8±0.6	10.4±2.2 [*]	7.2±1.5 ^{ns}	43±9 [*]	332±105
BA-LR2	170±7	5.2±0.4	10.7±2.1 [*]	7.6±2.5 ^{ns}	57±8 ^{ns}	434±132
BA	169±11	5.2±0.4	7.6±1.6	5.8±1.4	56±11	332±101
有意性 ^s	ns	ns	**	ns	**	ns

^z接ぎ木部から主幹延長枝の先端までの長さを測定した。

^y接ぎ木部の上15 cmの幹周を測定した。

^x長さ1 cm以上のフェザーを調査した。

^w長さ5 cm以上のフェザーについてのみ算出した。

^y接ぎ木部から苗木主幹上のフェザー発生基部までの長さを測定した。

^u平均値±標準偏差。

^tBA区を対照する各処理区の効果をDunnett法により検定した。ns：有意でない，*：0.05，**：0.01水準でそれぞれ有意。

^s分散分析により，ns：有意でない，*：0.05，**：0.01水準でそれぞれ有意。

第21表 接ぎ木当年の苗木新梢に対するBA散布と摘葉処理がシナノゴールド/M.9 NVF157^z
(1年生苗木) のフェザー発生におよぼす影響

試験区	苗木新梢長 (cm)	フェザー発生 ^y			
		本数 (本/苗)		平均長 (cm)	合計長 (cm)
		1 cm以上	5 cm以上		
LR1-BA	99±7 ^{ns} ^w	6.6±1.7ns	1.3±1.1ns	4.1±2.2ns	32±17ns
BA-LR1	96±9ns	7.0±1.0*	2.2±1.0ns	4.5±1.7ns	36±14ns
BA-LR4	103±10ns	6.8±2.0ns	3.0±1.0*	8.3±4.3ns	64±29ns
BA-LR8	106±10ns	5.2±1.3ns	3.0±1.2*	10.3±2.3ns	65±17ns
BA	111±13	5.1±0.6	1.7±1.0	8.6±5.5	47±30
LR	111±5	1.0±1.4	0.3±0.5	5.0±4.7	9±11
Cont.	103±11	0.6±1.1	0.0±0.0	1.1±0.3	1±2

^z長野果樹試において導入したM.9台木をウイルスフリー化した系統.

^y1cm以上の長さのフェザーを調査した.

*平均値±標本標準偏差.

^wBA区を対照とし各処理区の効果を検定した. ns: 有意でない, *: 0.05水準, **: 0.01水準でそれぞれ有意.

第22表 品種およびBA散布濃度が、切り戻し、芽かき処理を行ったM.9ナガノ台木苗（2年生苗木）のフェザー発生におよぼす影響

試験区 ^z	品種	BA散布濃度 (ppm)	主幹延長 枝長 (cm)	フェザー 本数 (本/苗)	フェザー 平均長 (cm)	フェザー 角度 (度)	フェザー 基部直径 /主幹直径
シナノスイート		0	131ns ^y	1.0a	36.0ns	46a	0.5ns
		300	124	9.0b	20.2	64b	0.43
		600	118	7.8b	29.4	53a	0.47
シナノレッド		0	110ns	2.0ns	- ^x	- ^x	- ^x
		300	113	5.0	10.4ns	61ns	0.37ns
		600	111	6.5	16.4	60	0.41
セイリンスパー		0	110ns	3.0a	13.8ns	66ns	0.36ns
		300	99	12.2b	14.6	66	0.41
		600	91	12.2b	14.5	63	0.43
つがる		0	150ns	1.8a	19.9ns	59ns	0.47ns
		300	135	8.6b	25.8	58	0.45
		600	134	11.2b	26.2	60	0.43
ふじ		0	136b	2.1a	38.9ns	72ns	0.58b
		300	122ab	9.8b	25.6	70	0.47ab
		600	104a	12.5b	21.7	67	0.44a
王林		0	134ns	1.4a	84.7b	29a	0.74b
		300	116	7.8b	28.7a	45b	0.47a
		600	115	8.8b	29.4a	46b	0.44a
秋映		0	153b	0.0a	- ^x	- ^x	- ^x
		300	129a	7.2b	28.8ns	65ns	0.54ns
		600	126a	8.6b	28.9	61	0.54
シナノスイート シナノレッド セイリンスパー つがる ふじ 王林 秋映			125cd	5.8ab	24.3b ^v	59b ^v	0.45ab ^v
			112b	4.7a	13.4a ^v	60bc ^v	0.39a ^v
			100a	9.1d	14.5a ^v	65cd	0.42ab ^v
			139e	7.3bc	26.0b ^v	59b ^v	0.44ab ^v
			120bc	8.3cd	23.4b ^v	68d ^v	0.45b ^v
			122bc	5.8ab	29.0b ^v	45a ^v	0.45b ^v
			135d	5.6ab	28.9b ^v	63bc ^v	0.54c ^v
		0	133c	1.7a	- ^x	- ^x	- ^x
		300	120b	8.7b	22.4	62	0.45
		600	113a	10.1c	23.3	60	0.45
有意性 ^w	品種		**	**	** ^u	** ^u	** ^u
	BA濃度		**	**	ns ^u	* ^u	ns ^u
	交互作用		ns	ns	ns ^u	ns ^u	ns ^u

^zいずれの区も、1本棒状の1年生苗木に対して切り戻し、芽かき処理を行って1本に整理した新梢に対して、BAを散布した。

^yTukey法による多重比較(0.05水準)。

^xフェザー発生がないか、発生した苗木本数が少なく反復が得られないため欠測とした。

^w二元配置分散分析により、ns:有意差無、*:0.05、**:0.01水準でそれぞれ有意。

^v平均値に0ppm区を含まない数値を示した。

^u0ppm区を含まない検定結果を示した。

られなかった。

フェザー平均本数は、‘シナノレッド’が最も少なく、次いで‘秋映’、‘王林’、‘シナノスイート’、‘つがる’、‘ふじ’、‘セイリンスパー’の順であった。BAの濃度別には、600 ppm 区が最も多く、次いで300 ppm 区、0 ppm 区の順であった。品種別のBA散布濃度の効果はほぼ同様であったが、‘シナノレッド’はフェザー発生が少なく、高濃度のBA散布によっても無処理に対してフェザー平均本数の増加が有意とならなかった。一方、‘セイリンスパー’はフェザー発生が多く、300 ppm の低濃度散布でもフェザー本数が平均12.2本/苗と、600 ppm 区と同等であった。

平均フェザー長は‘シナノレッド’が最も短く、次いで‘セイリンスパー’、‘ふじ’、‘シナノスイート’、‘つがる’、‘秋映’、‘王林’の順であった。‘シナノレッド’、‘セイリンスパー’と‘ふじ’、‘シナノスイート’、‘つがる’、‘秋映’、‘王林’には有意な差が認められた。

フェザー平均角度は‘王林’が最も小さかった。

(7) フェザー発生の少ない品種に対するBA散布および摘葉処理とフェザー発生

第23表に結果を示した。苗木の主幹延長枝長に、穂品種間で有意な差が認められ、‘シナノゴールド’の主幹延長枝長が最も短く、次いで‘シナノレッド’、‘王林’、‘シナノスイート’の順であった。‘秋映’は最も長かった。

フェザーの発生本数に、穂品種、摘葉処理の回数によって有意な差が認められたが、交互作用は有意でなかった。‘シナノレッド’の平均フェザー発生本数は6.1本/苗で、他の品種に比べて少なかった。摘葉処理回数については、0回処理区に比べて、1回および2回処理区のフェザー発生本数が多かった。フェザー発生の少なかった‘シナノレッド’では、1～2回の摘葉処理を加えることにより7.4～7.8本/苗のフェザーが発生した。

フェザーの平均長については、穂品種間に有意な差が認められた。‘シナノレッド’、‘シナノゴールド’が短く、‘秋映’は最も長かった。‘シナノスイート’、‘王林’はこれらの中間であった。

総フェザー長については、品種間に有意な差が認められ、‘秋映’、‘王林’は、‘シナノゴールド’、‘シナノレッド’に比べて有意に長かった。一方、摘葉処

第23表 フェザー発生が少ない数品種に対するBA散布，摘葉処理が，切り戻し，芽かき処理を行ったM.9ナガノ台木苗（2年生苗木）のフェザー発生におよぼす影響

試験区 ^z		主幹延長枝長	幹周	フェザー 本数	フェザー 平均長	総フェザー長
品種	摘葉処理 回数	(cm)	(cm)	(本/苗)	(cm)	(cm)
秋映	0	134.5ns ^y	4.4ns	7.0ns	33.0ns	221ns
	1	131.1	4.4	9.7	22.9	252
	2	129.6	4.4	10.2	24.3	247
王林	0	117.9ns	4.9ns	6.1a	27.7ns	194ns
	1	121.5	5.4	10.3b	25.2	275
	2	126.3	5.4	9.7b	26.3	256
シナノスイート	0	122.8ns	4.8ns	9.3ns	17.1ns	166ns
	1	130.1	4.9	11.1	23.6	263
	2	126.6	4.6	10.4	16.4	172
シナノゴールド	0	99.7ns	4.4ns	6.9a	11.2ns	73ab
	1	102.7	4.2	9.9b	5.8	58a
	2	102.6	4.5	10.9b	11.8	130b
シナノレッド	0	120.4ns	4.6ns	3.3a	11.0ns	46ns
	1	113.4	4.9	7.8b	12.3	105
	2	117.3	4.8	7.4b	7.1	68
秋映		131.9c	4.4a	8.9b	26.8c	240b
王林		121.9b	5.3c	8.7b	26.4bc	242b
シナノスイート		126.5bc	4.8b	10.3b	19.0b	200b
シナノゴールド		101.7a	4.4a	9.2b	9.6a	87a
シナノレッド		117.0b	4.8b	6.1a	10.3a	73a
	0	119.0ns	4.6ns	6.6a	20.3ns	140ns
	1	120.0	4.8	9.8b	18.1	191
	2	120.4	4.8	9.8b	17.6	178
品種		**	**	**	**	**
有意性 ^x	摘葉回数	ns	ns	**	ns	ns
	交互作用	ns	ns	ns	ns	ns

^zいずれの区も1本棒状の1年生苗木に対して切り戻し，芽かき処理を行い1本に整理した新梢を用い，2000年6月15日にBA(600ppm)を1回散布した後，新梢先端の葉身長3cm未満の葉を2～3枚摘み取る処理を所定の回数繰り返した。

^yTukey法による多重比較(0.05水準)。

^x二元配置分散分析により，ns:有意差無，*:0.05，**:0.01水準でそれぞれ有意。

理の回数によって総フェザー長の違いは有意とならなかった。

4. 1 年生リンゴわい性台木苗木の切り戻し，芽かき，BA の繰り返し散布処理とフェザー発生

1) 目的

これまでに，1 年生苗木に対して切り戻し，芽かき，BA 散布，摘葉処理を行うことにより，長めのフェザーが多発した 2 年生苗木が育成可能であることが明かとなった。また，これらの処理の効果は品種によって異なることも示され，‘シナノレッド’等のフェザー発生の困難な品種に対しては，BA の濃度を高めとし，1 回以上の摘葉処理を併用することによりフェザー発生促進が可能であった。

リンゴ苗木に対する BA の散布効果に関しては，伸長中の苗木新梢に対する 1 回の散布効果を検討した報告が多いが，2 回以上の散布についても幾つか報告されている (Cody et al., 1985 ; Jarassamrit, 1989)。Wertheim・Estabrooks (1994) は，前年に穂品種を芽接ぎした苗木の新梢に対して，BA を 4 回または 8 回繰り返し散布することにより，1 回の散布に比べてフェザー発生促進効果が高いことを明らかにしている。しかし，国内の主要なリンゴ品種に対する BA の繰り返し散布効果については検討されておらず，1 年生苗木に対して切り戻し，芽かきを行って残した新梢に対する同様な散布効果についても報告例がない。

そこで，育苗中の苗木におけるフェザー発生をさらに促すために，M.9 台木系統を用いた苗木の新梢先端付近に対する BA の繰り返し散布が 1 年生‘ふじ’，‘秋映’，‘シナノゴールド’苗木のフェザー発生におよぼす影響，ならびに 1 年生苗木に対して切り戻し，芽かきを行って育成した 2 年生‘ふじ’，‘秋映’，‘シナノゴールド’，‘シナノスイート’苗木のフェザー発生におよぼす影響を検討した。

2) 材料および方法

(1) BA の繰り返し散布と 1 年生‘ふじ’苗木のフェザー発生

2003 年 2 月に，Pajam 2 台木に台木長約 40 cm で‘ふじ’を揚げ接ぎした。同年 4 月 10 日に，列間 1 m，樹間 0.3 m で定植し，55 苗を実験に用いた。

新梢先端の BA 散布部位の長さや散布回数により次の試験区を設けた。10 cm

×5 回区：新梢長が約 50, 60, 70, 80, 90 cm となった日の 5 回, 新梢先端から約 10 cm までの部位に BA を散布した。20 cm×3 回区：新梢長が約 60, 80, 100 cm となった日の 3 回, 新梢先端から約 20 cm までの部位に BA を散布した。10 cm×3 回区：新梢長が約 60, 80, 100 cm となった日の 3 回, 新梢先端から約 10 cm までの部位に BA を散布した。50 cm×1 回区：新梢長が約 50 cm となった日に, 新梢全体に BA を 1 回散布した。対照区：BA を散布しなかった。

BA はクミアイ化学工業（株）製を用いた。散布濃度は小池ら（1983）の報告を参考にいずれの試験区も 300 ppm とした。散布はハンドスプレーにより葉の表面が十分ぬれる程度に行った。散布に際して遮へいカバーを用い、隣接する苗木への飛散を避けた。散布時に茎を伝って流れる散布液（薬液）はそのままの状態とした。1 区 1 苗 11 反復とした。

2003 年 12 月に、苗木の新梢長および幹周、ならびにフェザーの発生本数、長さおよび発生高を調査した。苗木の幹周は接ぎ木部の下 15 cm の台木部分を測定した。フェザーは長さ 1 cm 以上のものについて調査した。フェザーの発生高は接ぎ木部から直立に伸長する幹上のフェザー発生位置（フェザーの発生基部）までの高さとした。苗木別に 1 cm 以上のフェザーについて長さを積算し、フェザーの総長を求めた。この時、フェザーの発生が認められなかった苗木は総長を 0 cm とした。

（2）BA の繰り返し散布と 1 年生 ‘秋映’ 苗木のフェザー発生

2003 年 3 月に、マルバカイドウに M.9 ナガノを中間台木として用いた台木に ‘秋映’ を揚げ接ぎした。中間台木長は 40～50 cm とした。同年 4 月に、列間 400 cm, 条間 100 cm, 樹間 30 cm の 2 条 1 列植えで定植し、25 苗を実験に用いた。

新梢先端の BA 散布部位の長さと散布回数により次の試験区を設けた。10 cm×5 回区：新梢長が約 50, 60, 70, 80, 90 cm となった日の 5 回, 新梢先端から約 10 cm までの部位に BA を散布した。10～20 cm×3 回区：新梢長が約 60, 80, 100 cm となった日の 3 回, 新梢先端から約 10～20 cm までの部位に BA を散布した。50 cm×1 回区：新梢長が約 50 cm となった日に, 新梢全体に BA を 1 回散布した。第 3 章－3 の結果から, ‘秋映’ は比較的フェザーが発生しにくいことが明かとなっていることから, BA の散布濃度は, いずれの試験区も実

験（１）の２倍濃度（600 ppm）とした．用いた薬剤，散布方法は実験（１）と同様とした．１区１苗８～９反復とした．

2003 年 12 月に実験（１）と同様に苗木の生育およびフェザー発生調査を行った．

（３）BA の繰り返し散布と１年生 ‘シナノゴールド’ 苗木のフェザー発生

2004 年 4 月に揚げ接ぎし，同月定植したシナノゴールド／JM7（接ぎ木当年苗木）を，25 本供試した．台木長 45cm とした．栽植様式は列間 1 m，樹間 0.3 cm とした．

BA の散布回数および散布部位により，次の試験区を設けた．１回区：新梢長が約 90 cm となった日に，新梢先端から約 50 cm までの部位に BA を１回散布した．３回区：新梢長が約 50，70，90 cm となった日の３回，新梢先端から約 10～20 cm までの部位に，BA を散布した．５回区：新梢長が約 50，60，70，80，90 cm となった日の５回，新梢先端から約 10 cm までの部位に，BA を散布した．無処理区：BA を散布しなかった．BA の散布濃度はいずれも 600 ppm とした．用いた薬剤，散布方法は実験（１）と同様とした．区１苗８～９反復とした．

2004 年 12 月に，苗木新梢長，フェザー発生本数，長さ，フェザーの発生高を調査した．フェザーは長さ 1 cm 以上のものについて調査した．フェザーの発生高は接ぎ木部からフェザー基部までの高さとした．

（４）BA の繰り返し散布が切り戻し，芽かきを行って育成した２年生 ‘ふじ’ 苗木のフェザー発生におよぼす影響

１本棒状に生育したふじ／M.9 ナガノの１年生苗木を 66 本供試した．台木長は約 50 cm（地上部台木長約 35 cm）とした．栽植距離は列間 4 m，条間 1 m，樹間 0.4 m の２条１列植えとした．

2003 年 3 月 26 日に，１本棒状の苗木を接ぎ木部から上方 30～40 cm の位置で切り戻した．同年 5 月 9 日に，切り戻し部の先端付近から発生して旺盛に伸長している新梢を１本残して他を基部から切除した．

残した１新梢に対する BA の散布部位の長さおよび散布回数により，次の試験区を設けた．10 cm×5 回区：新梢長が約 10，20，30，40，50 cm となった日の５回，新梢先端から約 10 cm までの部位に BA を散布した．15～20 cm×3 回区：新梢長が約 20，35，50 cm となった日の３回，新梢先端から約 15～20 cm

までの部位に BA を散布した。25 cm×2 回区：新梢長が約 25, 50 cm となった日の 2 回、新梢先端から約 25 cm までの部位に BA を散布した。50 cm×1 回区：新梢長が約 50 cm となった日に、新梢全体に BA を 1 回散布した。対照区：BA を散布しなかった。用いた薬剤、散布濃度、散布方法は実験(1)と同様とした。1 区 1 苗 7~15 反復とした。

2003 年 12 月に苗木の幹周および主幹延長枝長、ならびにフェザーの長さ、発生高、発生最大角度、基部直径およびフェザー発生位置の主幹直径を調査した。幹周は接ぎ木部の上 15 cm の位置を測定した。主幹延長枝は、切り戻して芽かきを行い、一本残した新梢の長さを測定した。フェザー発生高は、切り戻し位置（主幹延長枝の基部）からフェザー発生位置（フェザーの発生基部）までの高さを測定した。フェザー発生最大角度は、フェザーの基部から先端にかけて、垂線との角度が最大となる箇所を分度器で測定した（第 16 図）。フェザーは 1 cm 以上の長さのものを調査し、一部のデータは 5 cm 以上のものについてまとめた。また、10 cm×5 回区、50 cm×1 回区の一部処理では、薬液の散布量を記録した。

(5) 散布濃度を変えた BA の繰り返し散布が切り戻し、芽かき処理を行って育成した 2 年生 ‘ふじ’ 苗木のフェザー発生におよぼす影響

試験は 2004 年に、ふじ/Pajam 2（1 年生苗木、台木長約 45 cm）を 105 本供試して行った。供試苗は、発芽前に接ぎ木部から 30~40 cm の高さで切り戻した。展葉を過ぎた頃、長端付近の 1 新梢を残して他を基部から取り除いた。残した 1 新梢に対する BA 散布の方法により、次の試験区を設けた。BA・3+2 区：残した新梢が約 15 cm 伸長するたびに、新梢先端から約 15 cm までの部位に BA を散布する処理を 5 回行った。この時、1~3 回目の散布濃度は 300 ppm、4, 5 回目の散布濃度は 600 ppm とした。BA・5 区：残した新梢が約 15 cm 伸長するたびに、新梢先端から約 15 cm までの部位に BA（300 ppm）を散布する処理を 5 回行った。BA・3 区：残した新梢が約 25 cm 伸長するたびに、新梢先端から約 25 cm までの部位に BA（300 ppm）を散布する処理を 3 回行った。BA・2 区：残した新梢が約 35 cm 伸長するたびに、新梢先端から約 35 cm までの部位に BA（300 ppm）を散布する処理を 2 回行った。BA・1 区：残した新梢が約 75 cm となった日に新梢全体に BA（300 ppm）を 1 回散布した。無処理区：BA を散

布しなかった。用いた薬剤、散布方法は実験（1）と同様とした。1区1苗15～18反復とした。

2004年12月に苗木幹周、主幹延長枝長、フェザー長、フェザー発生高を調査した。幹周は接ぎ木部の上15cmの位置を測定した。主幹延長枝は、切り戻して芽かきを行い一本に整理した新梢の長さを測定した。フェザーは1cm以上の長さのものを調査し、平均長は5cm以上について算出した。また、長さ5cm以上の全てのフェザーの長さと、苗木主幹上のフェザー発生基部から苗木主幹先端までの長さを求め、次式により“プロポーション値”を算出した。

$$\text{プロポーション値} = \frac{\sum(a/b)}{n}$$

a ：フェザー長

b ：苗木主幹上のフェザー発生基部から主幹先端までの長さ

n ：フェザー本数

（6）品種、台木によるフェザー発生特性の違い

2004年に、秋映、シナノゴールド、シナノスイート/JM 7, M.9ナガノ（1年生苗木、台木長約45cm）を、台木と品種の組み合わせ毎に11～14本、計74本を供試して行った。供試苗は、発芽前に接ぎ木部から30～40cmの高さで切り戻し、展葉を過ぎた頃、長端付近の1新梢を残して他を基部から取り除いた。残した1新梢が約25cm伸長するたびに、新梢先端から約25cmまでの部位にBA（500ppm）を散布する処理を3回行った。用いた薬剤、散布方法は実験（1）と同様とした。

2004年11月末に苗木を掘り上げ、苗木幹周、主幹延長枝長、フェザー長、フェザー発生高を調査した。幹周は接ぎ木部の上15cmの位置を測定し、主幹延長枝は、切り戻して芽かきを行い一本に整理した新梢の長さを測定した。フェザーは1cm以上の長さのものを調査し、平均長は5cm以上のフェザーについて算出した。

3) 結果

（1）BAの繰り返し散布と1年生‘ふじ’苗木のフェザー発生

結果を第24表に示した。苗木の新梢長および幹周、フェザーの平均長および

第24表 BAの繰り返し散布処理がふじ/Pajam 2 (1年生苗木) の生育とフェザー発生におよぼす影響

試験区	新梢長 (cm)	幹周 ^y (cm)	フェザー発生 ^z			
			本数(本/苗)		平均長 (cm)	総長 (cm)
			総数	5cm以上		
10cm×5回	135±12 ^x	4.8±0.5	6.7±2.0b ^w	3.2±1.5c ^w	13.6±3.7	93±42ab ^v
20cm×3回	135±7	4.7±0.6	7.0±4.2b	2.9±2.1bc	13.8±6.9	95±57b
10cm×3回	134±9	4.8±0.3	5.4±3.2b	2.5±1.9abc	15.0±11.5	86±77ab
50cm×1回	138±11	5.0±0.6	1.7±2.3a	1.0±1.6ab	14.8±14.4	30±47a
対照	137±14	5.0±0.6	1.5±1.9a	0.8±1.0a	25.4±25.1	30±36a
有意性	ns ^u	ns ^u	** ^t	** ^t	ns ^t	** ^u

^z長さ1cm以上のフェザーを調査した。

^y接ぎ木部の下15cmの幹周。

^x平均値±標本標準偏差。

^w異なるアルファベットは、Wilcoxon順位和検定による繰り返し比較により5%水準で有意 (有意水準はBonferroni式で補正)。

^v異なるアルファベットは、Yukey法により0.05水準で有意。

^u分散分析により、ns：有意でない、*：5%、**：1%水準でそれぞれ有意。

^tKruskal-Wallis検定により、ns：有意でない、*：5%、**：1%水準でそれぞれ有意。

発生高には試験区間で有意な差異が認められなかった。長さ 1 cm 以上のフェザー一本数は BA を新梢先端から 10 cm または 20 cm までの部位に、3 回または 5 回繰り返して散布した区で平均 5.4~7.0 本/苗となり、50 cm×1 回区および対照区に比べて多かった。また、長さ 5 cm 以上のフェザー一本数は 10 cm×5 回区で平均 3.2 本/苗となり、50 cm×1 回区および対照区に比べて多かった。長さ 1 cm 以上のフェザーの総長は 20 cm×3 回区で平均 95 cm となり、50 cm×1 回区および対照区に比べて長かった。

(2) BA の繰り返し散布と 1 年生 ‘秋映’ 苗木のフェザー発生

BA の繰り返し散布が 1 年生 ‘秋映’ 苗木の生育およびフェザー発生におよぼす影響（第 25 表）を見ると、苗木の新梢長、幹周には試験区間で有意な差異が認められなかった。長さ 1 cm 以上ならびに 5 cm 以上のフェザー一本数は、10 cm×5 回区で他の区に比べて多かった。長さ 1 cm 以上のフェザーの平均長は 10 cm×5 回区で 13.2 cm となり、他の区に比べて短かった。一方、長さ 1 cm 以上のフェザーの総長は 10 cm×5 回区で 129.1 cm となり、他の区に比べて長かった。

(3) BA の繰り返し散布と 1 年生 ‘シナノゴールド’ 苗木のフェザー発生

長さ 1 cm 以上のフェザー一本数については、BA を新梢先端 10~20 cm に 3 回、または新梢先端 10 cm に 5 回繰り返して散布した区が、1 回散布区、無処理区に比べて有意に多かった。また、長さ 5 cm 以上のフェザー一本数については、BA を新梢先端 10 cm に 5 回繰り返して散布した区が最も多かった（第 26 表）。

長さ 1 cm 以上のフェザーの平均長については、BA を新梢先端 10 cm に 5 回繰り返して散布した区が他の区に比べて有意に長かった。

長さ 1 cm 以上のフェザーの総延長については、BA を新梢先端 10 cm に 5 回繰り返して散布した区が最も長かった。

シナノゴールド/JM7 においては、接ぎ木当年の苗木新梢の先端付近に対して、BA を 5 回繰り返して散布することにより、総フェザー長が平均 355 cm 程度となった。

(4) BA の繰り返し散布が切り戻し、芽かきを行って育成した 2 年生 ‘ふじ’ 苗木のフェザー発生におよぼす影響

BA の繰り返し散布が 2 年生 ‘ふじ’ 苗木の生育とフェザー発生におよぼす影響をそれぞれ第 27 表および第 28 表に示した。苗木の主幹延長枝長、全長お

第25表 BAの繰り返し散布処理が、秋映/M.9ナガノ/マルバカイドウ(1年生苗木)の生育とフェザー発生におよぼす影響

試験区	新梢長 (cm)	幹周 ^y (cm)	フェザー発生 ^z			
			本数(本/苗)		平均長 (cm)	総長 (cm)
			総数	5cm以上		
10cm ×5回	160±11 ^x	4.5±0.6	10.3±2.9b ^w	4.3±2.1b ^w	13.2±4.9a ^w	129.1±44.4b ^v
10~20cm×3回	151±8	4.3±0.6	2.6±2.7a	1.7±1.5a	36.0±24.8b	60.5±51.1a
50cm ×1回	158±13	4.3±0.3	0.8±1.0a	0.6±0.7a	50.5±13.0b	33.7±39.1a
有意性	ns ^u	ns ^u	** ^t	** ^t	* ^t	**u

^z第24表の脚注に同じ。

^y接ぎ木部の下15cm, M.9ナガノ台木部分の幹周。

x, w, v, u, ^t第24表の脚注に同じ。

第26表 BAの散布回数が、JM7台木を用いたリンゴ・シナノゴールド¹年生わい性台木苗木のフェザー発生におよぼす影響

試験区	供試苗数 (本)	新梢長 (cm)	フェザー発生 ^z			
			本数(本/苗)		平均長 (cm)	平均発生高 (cm)
			総数	うち、長さ 5cm以上		
1回	9	126±6 ^y	11.4±2.1b	4.2±1.7b	8.2±2.4ab	77.6±3.3b
3回	8	128±5	20.8±3.3c	14.0±2.4c	11.3±1.8b	64.1±4.9a
5回	9	129±10	22.7±2.6c	17.3±1.5d	15.1±2.2c	65.5±3.3a
無処理	9	120±12	3.9±2.8a	1.3±1.0a	9.0±5.2a	68.9±5.1a
有意性 ^x		ns	**	**	**	**

^z長さ1cm以上のフェザーを調査した。

^y平均値±標本標準偏差。

^xns：有意でない、*：0.05、**：0.01水準で有意。異なるアルファベットは、0.05水準で有意。

第27表 BAの繰り返し散布処理が切り戻し、芽かき処理を行ったふじ/M.9ナガノ(2年生苗木)の生育におよぼす影響

試験区	主幹延長枝長 (cm)	苗木全長 ^z (cm)	幹周 ^y (cm)
10cm ×5回	128±7 ^x	216±8	4.9±0.4
15~20cm×3回	129±7	217±7	4.7±0.3
25cm ×2回	128±7	217±7	4.7±0.3
50cm ×1回	134±10	222±10	4.7±0.4
対照	134±11	223±11	4.8±0.3
有意性 ^w	ns	ns	ns

^z台木長(約50 cm)を含む。

^y接ぎ木部の上約15cmの幹周。

^x平均値±標本標準偏差。

^w分散分析により, ns: 有意でない, *: 5%, **: 1%水準でそれぞれ有意。

第28表 BAの繰り返し散布処理が切り戻し、芽かき処理を行ったふじ/M.9ナガノ(2年生苗木)のフェザー発生におよぼす影響

試験区	フェザー発生 ^z										
	本数(本/苗)					平均長 (cm)	合計長 (cm)	発生高 ^y (cm)	角度 ^x (°)	フェザー基部直径／ 発生位置主幹直径	
	5cm未満				合計						
	1cm以上	5cm	30cm	50cm							
10cm	×5回	3.9	5.4 ^w	2.7 ^b	2.3	14.3±3.1 ^{v,u}	30.1±5.3ab ^u	327±110b ^u	22.4±3.2b ^w	84±6	0.44±0.03ab ^w
15～20cm	×3回	2.6	5.9 ^c	1.6ab	1.6	11.6±1.5bc	26.0±6.5a	244±84ab	21.2±3.3ab	85±7	0.42±0.03a
25cm	×2回	2.8	3.5 ^b	1.9ab	1.8	10.1±2.0ab	31.7±7.0ab	240±82ab	19.6±4.2ab	82±10	0.46±0.04b
50cm	×1回	2.6	1.6a	0.7a	2.3	7.2±3.2a	40.5±9.0c	192±106a	21.2±7.7ab	77±6	0.53±0.07c
対照		2.1	2.1ab	1.1ab	1.4	6.9±2.4a	37.4±12.9bc	168±43a	16.2±3.5a	80±7	0.50±0.13bc
有意性		ns ^t	**s	**s	ns ^s	**t	**t	**t	*s	ns ^t	**s

²長さ1cm以上のフェザーを調査した。なお、平均長、発生高、角度、フェザー基部直径/発生位置主幹直径は、長さ5cm以上のフェザーについてまとめた。

^y切り返し位置から、フェザー基部までの高さ。

^xフェザーの基部から先端にかけて、垂線との角度が最大となる箇所(第1図)を分度器で測定した。

^w異なるアルファベットは、Wilcoxonの順位和検定による繰り返し比較により5%水準で有意(有意水準はBonferroni式で補正)。

^v平均値±標準標準偏差。

^u異なるアルファベットは、Tukey法により5%水準で有意。

^t分散分析により、ns：有意でない、*：5%、**：1%水準でそれぞれ有意。

^sKruskal-Wallis検定により、ns：有意でない、*：5%、**：1%水準でそれぞれ有意。

よび幹周，ならびにフェザーの発生最大角度には試験区間で有意な差異が認められなかった。長さ 1 cm 以上のフェザー本数は，10 cm×5 回区で 14.3 本／苗，15～20 cm×3 回区で 11.6 本／苗となり，いずれも 50 cm×1 回区および対照区に比べて多かった。5 cm 以上 30 cm 未満の平均フェザー本数は，10 cm×5 回区および 15～20 cm×3 回区でそれぞれ 5.4 本／苗，5.9 本／苗となり，50 cm×1 回区，25 cm×2 回区および対照区に比べて多かった。また，30 cm 以上 50 cm 未満の平均フェザー本数は，10 cm×5 回区で 2.7 本／苗となり，50 cm×1 回区に比べて多かった。一方，総フェザー長は 10 cm×5 回区で平均 327 cm となり，50 cm×1 回および対照区に比べて長かった。フェザーの発生位置の主幹直径に対するフェザー基部直径の比は，10 cm×5 回区および 15～20 cm×3 回区でそれぞれ 0.44，0.42 となり，50 cm×1 回区に比べて小さかった。

薬液の散布量は，10 cm×5 回区で 5 回繰り返し処理の総量が平均 14.2 ml／苗，50 cm×1 回区で 1 回の処理量が平均 18.4 ml／苗であった。

(5) 散布濃度を変えた BA の繰り返し散布が切り戻し，芽かき処理を行って育成した 2 年生 ‘ふじ’ 苗木のフェザー発生におよぼす影響

結果を第 29 表に示した。

苗木長については，無処理区が BA・3+2 区，BA・5 区に比べて有意に大きかった。苗木重量，苗木幹周には，試験区で有意な差が認められなかった。

5 cm 以上，50 cm 未満のフェザー本数については，BA・3+2 区，BA・5 区が多かった。BA・3+2 区は，他の区に比べて 5 cm 以上，30 cm 未満の本数が多かった（第 18 図）。フェザーの平均長は，BA の散布回数の多い区で短い傾向であった。総フェザー長は BA・3+2 区，BA・5 区，BA・3 区で長かった。

“プロポーション値”は，BA の散布回数が多い区において小さい傾向が認められ，BA・3+2 区は最も値が小さかった。

(6) 品種，台木によるフェザー発生特性の違い

2 年生苗木の直径，長さは，穂品種，台木によって異なり，JM 7 台木苗は M.9 ナガノ台木苗に比べて苗木のサイズが大きく，‘シナノゴールド’は他の 2 品種に比べてサイズが小さい傾向であった（第 30 表）。平均フェザー本数（1 cm 以上）については，台木による違いは有意でなかったが，品種によって有意な違いが認められ，‘秋映’は供試した他の 2 品種に比べてフェザーの発生本数が

第29表 切り戻し、芽かき処理を行った、ふじ/Pajam 2 (1年生苗木) に対するBAの散布方法が苗木生育、フェザー発生におよぼす影響

試験区	苗木生育			フェザー発生 ^x								
	長さ ^z (cm)	重量 (kg)	幹周 ^y (cm)	長さ分布(本/苗)								
				以上			未滿					
				計								
				5	30	50cm	5	30	50cm	平均長 ^w (cm)	総長 (cm)	プロポー ション値 ^v
BA・3+2	196a	0.87	5.7	6.7	10.1d	5.8c	6.2	28.8e	34.5a	778b	0.30a	
BA・5	196a	0.85	5.6	5.6	6.1c	5.6c	6.7	24.0d	39.6ab	755b	0.33ab	
BA・3	197ab	0.88	5.7	5.1	3.9bc	3.4bc	7.9	20.3c	47.8bc	733b	0.39bc	
BA・2	197ab	0.88	5.8	4.4	3.1ab	2.9ab	7.5	17.8bc	49.5cd	671ab	0.41c	
BA・1	197ab	0.85	5.7	4.8	2.4ab	1.9ab	5.9	15.1ab	49.9cd	516a	0.46c	
無処理	207b	0.85	5.7	4.5	1.4a	1.2a	6.3	13.4a	58.1d	518a	0.44c	
有意性 ^u	*	ns	ns	ns	**	**	**	ns	**	**	**	**

^z接ぎ木部から苗木先端までの長さ (台木長を含まない)。

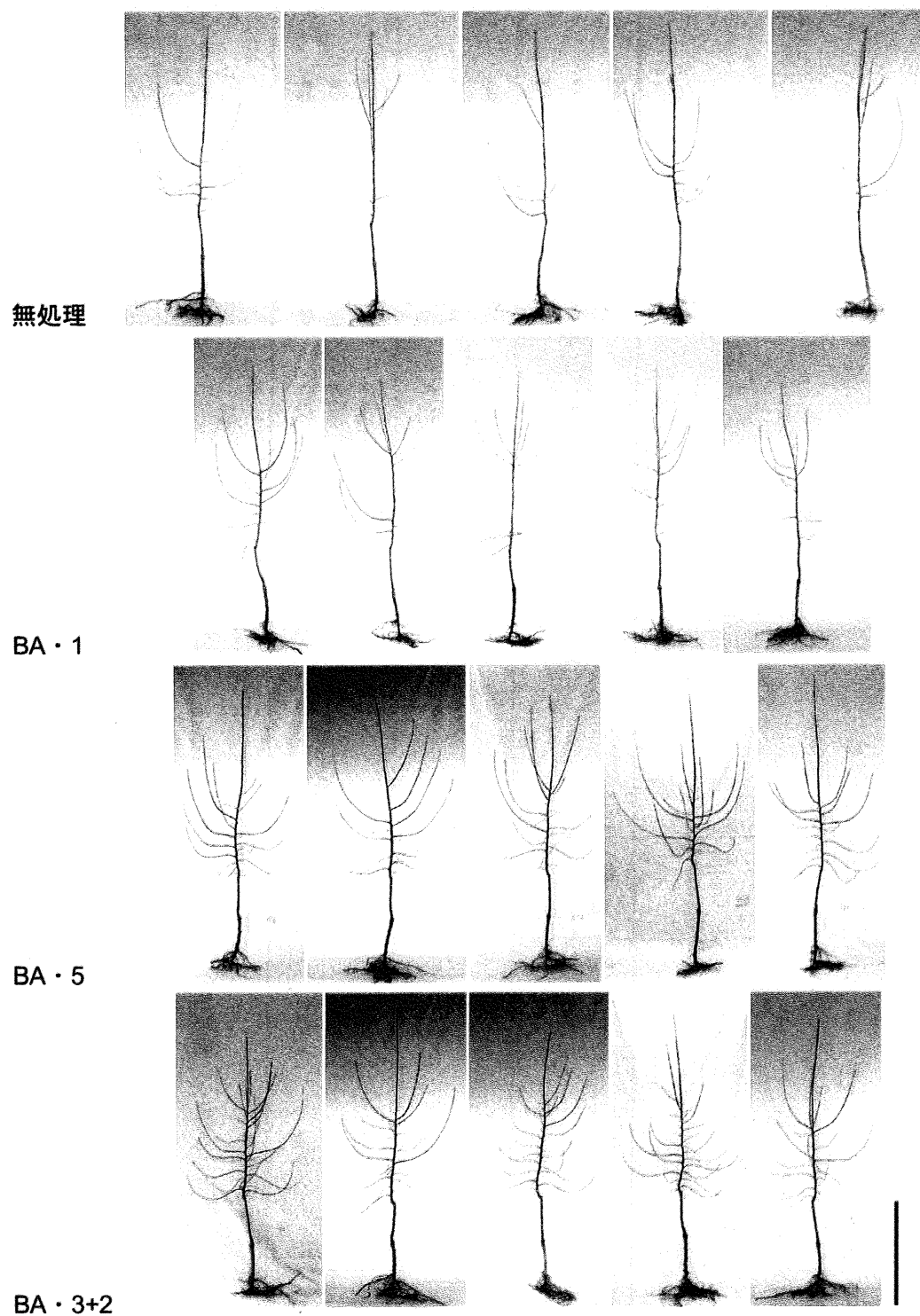
^y接ぎ木部の上15cmの幹周を測定した。

^x長さ1cm以上のフェザーを調査した。

^w長さ5cm以上のフェザーについて算出した。

^v苗木主幹上のフェザー発生位置から苗木主幹先端までの長さに対するフェザー長の比を、長さ5cm以上のフェザーについて算出し、平均値を求めた。

^uns:有意でない, *: 0.05, **: 0.01水準でそれぞれ有意。



第 18 図 切り戻し，芽かき，BA 散布（複数回）処理を行ったふじ／
Pajam 2（2 年生苗木）の苗姿．スケールバーは 1 m.

第30表 M.9ナガノ, JM7台木を用いたリンゴ数品種において, 1年生苗木に対する切り戻し, 芽かき, BA散布等の処理が2年生苗木のフェザー発生におよぼす影響

苗木のサイズ		苗木のフェザー ^x 発生														
台木	品種	長さ ^z (cm)	重量(kg)	幹周 ^y (cm)	長さ分布(本/苗)						平均長 ^w (cm)	合計長(cm)	角度 ^w (°)			
					以上		未満		計	50cm			30	5	最大	発生
					5	30	5	30								
JM7	秋映	209	1.10	5.9	3.5	4.8	3.9	11.2	23.4	48.4	979	84	69			
JM7	シナノゴールド	176	0.87	5.8	12.1	11.2	4.1	3.5	30.8	26.5	528	68	59			
JM7	シナノスイート	209	1.33	6.6	3.0	8.4	6.2	8.6	26.1	40.5	934	89	64			
M.9ナガノ	秋映	184	0.54	4.6	8.2	9.0	4.6	2.1	23.9	27.5	463	73	65			
M.9ナガノ	シナノゴールド	165	0.53	4.8	14.0	10.9	2.5	0.8	28.2	19.1	299	67	58			
M.9ナガノ	シナノスイート	195	0.85	5.7	4.9	14.9	6.1	2.2	28.1	25.8	601	85	64			
有意性 ^u	台木	**	**	**					ns	**		**	ns			
	品種	**	**	**					**	**		**	**			
	台木×品種	ns	ns	ns					ns	*		ns	ns			

^z接ぎ木部から苗木先端までの長さ

^y接ぎ木部の上15cmの幹周

^x長さ1cm以上のフェザーについて調査した

^w長さ5cm以上のフェザーについてのみ算出した

^v苗木主幹上のフェザー発生位置から苗木主幹先端までの長さに対するフェザー長の比

^u二元配置分散分析により, ns:有意でない, *:0.05, **:0.01水準でそれぞれ有意

少ない傾向であった。平均フェザー長については、台木、品種によって有意な違いが認められ、‘シナノゴールド’は他の2品種に比べて平均フェザー長が短く、JM7台木苗においては、M.9ナガノ台木苗に比べて平均フェザー長が長めであるとともに品種間差がより大きい傾向であった（第30表）。総フェザー長については、JM7台木苗はM.9ナガノ台木苗に比べて長い傾向で、‘シナノゴールド’は他の2品種に比べて短い傾向であった。フェザーの発生角度については、‘シナノゴールド’が他の2品種に比べて狭い傾向であった。フェザーの最大角度については、品種による違いは発生角度とほぼ同様であったが、台木によっても異なり、JM7台木苗はM.9ナガノ台木苗に比べて角度が広い傾向であった。

5. 考察

苗木に発生するフェザーはわい性台木樹における初期の骨格枝として利用しやすく（Preston, 1966）、フェザーの発生した苗木は定植以降のスピンドルブッシュ樹形に好都合と考えられる。また、欧米においては、ここ20年程度の間に、著しい早期多収を可能とする“Knipboom”と呼ばれる、長めのフェザーが多数発生した2年生苗木の普及が進みつつある（Barritt, 1990）。

本章においては、“Knipboom”の育成法を参考に、国内で主要なリンゴ数品種を用いて、長めのフェザーが多発した1～2年生の苗木を育成する方法について検討を行った。

まず、2-実験（1）では、1本棒状に生育したリンゴ数品種の1年生苗木を供試し、地上50～60 cmの低めの切り戻しと芽かき処理を組み合わせた2年生苗木育成におけるフェザー発生の品種間差異を検討した。

Ouellette・Young（1995）は、リンゴ属の実生群を用いて新梢やフェザーの発生特性を調査し、フェザーの発生には遺伝的な要因が関係していることを示唆した。また、小池ら（1983）は、植物生長調節物質を用いてフェザーの発生した1年生苗木を育成する場合、‘つがる’はフェザーが発生しにくく、‘紅玉’、‘スターキング’、‘ふじ’、‘王林’、‘千秋’等はフェザーが発生しやすいことを明らかにしている。

2-実験（1）においても、マルバカイドウを下部台木とするM.9ナガノ台木

の中間台木苗木においてフェザー発生に品種間差が認められ、‘シナノレッド’および‘秋映’は、1年生苗木に対して切り戻し、芽かき処理を行った場合において、フェザー発生が劣ることが明らかとなった。一方、‘らくらくふじ’、‘芳明’は、フェザーの発生本数が多く、切り戻しと芽かき処理の組み合わせによって6~8本/苗のフェザーを有する2年生苗木の育成が可能であることが明かとなった。また、‘ふじ’の着色系枝変わり系統である‘らくらくふじ’については、‘ふじ’の接ぎ木当年苗木の育成過程におけるフェザー発生特性（小池ら，1983）と同様に、2年生苗木育成においてもフェザーが発生しやすい特徴が認められた。一方、‘つがる’の枝変わり系統である‘芳明’については、小池ら（1983）の結果と異なり、本実験の結果ではフェザーの発生が良好であった。

‘芳明’については、枝変わりによってフェザーの発生特性が変化した可能性も考えられるが、本試験で用いた1年生苗木は、小池ら（1983）が用いた接ぎ木当年の苗木に比べて細根量の多いことが明らかであり、苗木の質等の要因が‘芳明’のフェザー発生に影響をおよぼしたことが考えられる。横田（1981）は、わい性台木を用いた苗木を育成する場合、マルバカイドウ台木にわい性台木を接ぎ木した中間台木苗木においてフェザーの発生数が多いことを示している。2-実験（1）においては、マルバカイドウ台木にM.9ナガノ台木を中間台木として用いた苗木を二重台木方式で供試しており、‘芳明’において、台木利用方法がフェザーの発生を促した可能性も予想される。

つぎに、2-実験（2）では、1本棒状に生育した‘ふじ’の1年生苗木に対して切り戻しと芽かき処理を行い、それらにBA散布を組み合わせ、フェザー発生促進効果を検討した。その結果、これらの処理を組み合わせることによりフェザーの発生が促進され、小池ら（1983）が報告している接ぎ木当年苗木の育成過程で発生するフェザーに比較して長いフェザーを多数有する2年生苗木の育成できることが明らかとなった。

小池ら（1983）は、接ぎ木当年の苗木の新梢にBA散布を行う場合、散布時期が早いとフェザーの発生位置が低すぎ、遅いと発生本数が少ないことを明らかにしている。また、フェザーをスピンドルブッシュ樹形の側枝として望ましい位置に発生させるためには、接ぎ木後の新梢長が40~50 cmになる6月頃の

散布が良いとしている。これに対して、2-実験(2)におけるBA散布は、1年生苗木への切り戻しと芽かき処理によって1本に整理した新梢に対して行っており、発生するフェザーの位置が高すぎることを避けるために、小池ら(1983)の報告を参考に、新梢長が30 cm程度となった時期に行った。したがって、小池ら(1983)が接ぎ木当年の苗木育成において望ましいとしている時期よりBAの散布タイミングが早く、それに伴ってフェザーの発生時期が早まり、供試苗木の貯蔵養分も多いこともあって、より長いフェザーの発生した苗木が育成できたものと考えられる。

2-実験(2)において、1年生苗木に対して高めの位置で切り戻しのみを行った対照区では、切り戻し処理を行った主幹付近から直立気味の強い新梢が3本程度発生し、それらの新梢からはフェザーの発生が認められなかった。一方、1年生苗木に対して切り戻しと芽かき処理を行った区においては、平均9.0本/苗のフェザーが発生した。したがって、切り戻し、芽かき処理を行って残した新梢上にフェザーが発生した要因については、定植後1年を経過した苗木を用いたために苗木の生育が旺盛であったことに加えて、芽かきによって新梢を1本に制限した効果が大きいと考えられる。さらに、切り戻しと芽かき処理にBA散布を組み合わせた処理区において、平均15.3本/苗のフェザー発生が認められたことは、芽かき処理に、頂部優勢打破効果が高いBA散布の効果が加味された結果によると考えられる。

フェザーの発生した苗木は早期多収につながり(van Oosten, 1978)、苗木の総フェザー長が長いほど初期収量が多い(Shepherd, 1978)ことが知られている。2-実験(2)で用いた1年生苗木に対する切り戻し、芽かきならびにBA散布を組み合わせた処理法は、接ぎ木当年の苗木に処理する方法に比べて発生するフェザーの総長が長く、初期収量を高めるために有利と考えられた。

2-実験(2)において、1年生苗木に対する切り戻しと芽かき、これらにBA散布を加えた処理によって育成された苗木の樹形は、発生したフェザーによって自然な円錐形に近い苗姿となった。一方、地上90~95 cmで切り戻しのみを行って育成された苗木の樹形は、頂端付近から3本程度の新梢が発生して角度の狭い互いに競合する枝となり、頂部の大きな苗姿となった。後者の苗木を用いて主幹形の整枝を行うためには、頂部の太い枝は定植直後のせん定で1本を

残して切り取る必要があり、貯蔵養分の有効利用の観点から、無駄が多いと考えられる。一方、前者の苗木については、苗姿が円錐形に近いために定植直後のせん定で切り取る枝がほとんど生じないと予想され、貯蔵養分の有効利用や早期に樹冠形成を図る目的から、主幹形整枝に有利と推測された。ただし、苗木育成過程において、斜めとなった主幹延長枝の背面からは太めのフェザーが発生し、フェザーの発生本数が少ない場合には個々のフェザーが長大化することも観察された。したがって、2年生苗木の育成過程では1本に整理した新梢を垂直に維持することが望ましいと考えられ、強く伸びるフェザーに対する摘心処理等の伸長抑制効果、また、フェザーの多発をさらに促進することによるフェザーの長大化の軽減効果等についても検討する必要があると考えられた。

以上の実験から、1年生苗木に対する切り戻しと芽かき処理は、2年生苗木のフェザー発生促進に有効であり、国内の幾つかの主要品種に関して、本苗木育成法におけるフェザー発生特性が明かとなった。また、M.9 ナガノ台木を用いた‘ふじ’については、これらの処理にBA散布を組み合わせることで、主幹形整枝に都合の良い長めのフェザーが多発した2年生苗木の育成が可能であることが明らかとなった。

しかし、幾つかの品種については、育成された苗木のフェザー発生がまだ少なく、密植栽培で実用的に用いるためには、フェザーの発生促進法についてさらに検討する必要があると考えられた。また、フェザー発生の多い‘ふじ’についても、前述したように、フェザー発生が少ないことによる各々のフェザーの長大化を避けるために、一層のフェザー発生促進が望ましいと考えられた。

Barlow・Hancock (1956) は、生長中の新梢先端の若い葉を摘み取ることでより腋芽の発芽が促されることを示している。また、Wertheim (1978) は、BA等の植物生長調節物質を用いずにリンゴ苗木のフェザーの発生を促す方法として、新梢先端の摘心や若葉の切除が有効であることを示した。小池ら (1983) は、数種の植物生長調節物質と摘心処理が、接ぎ木当年の苗木新梢のフェザー発生におよぼす影響を検討し、摘心処理のみでは望ましい状態のフェザーが発生せず、整枝を考慮した場合、BAのフェザー発生促進効果が優れることを述べている。

そこで、3-実験 (1) ~ (7) では、1本棒状の1年生苗木に切り戻し、芽か

き処理を行って残した 1 本の新梢に対する、BA 散布、摘葉処理、それらの組み合わせ処理のフェザー発生促進効果を検討した。また、国内の主要な数品種における、上述のフェザー発生促進処理に対する反応の違いについても、再度検討を行った。

まず、3-実験 (1) においては、ふじ/M.9 ナガノ (1 年生苗木) を用いて BA の散布適期について検討した。その結果、フェザーの平均発生本数は、切り戻しと芽かき処理を行って残した新梢が 30~40 cm となった時期の散布において最も多いことが明かとなった。しかし、散布時期が遅い (散布時の新梢長が長い) 場合にはフェザーの発生位置が高く、平均フェザー長、総フェザー長が短いことが示された。フェザーの発生本数、長さ、高さおよび総フェザー長を考慮すると、1 本棒状の 1 年生苗木に対して切り戻し、芽かきを行って残した新梢が 20~30 cm となった頃に、新梢全体に BA を 1 回散布することにより、樹形構成上望ましいフェザーを多数得られることが明らかとなった。

つぎに、3-実験 (2) において、苗木新梢先端の摘葉処理がフェザー発生におよぼす影響に関して、M.9 ナガノ台木を利用した 'ふじ' を用い、葉齢による摘葉処理効果の違いを検討した。その結果、新梢先端付近の葉身長が 3 cm 未満の若葉を摘み取る処理は、成葉を摘み取る処理に比べてフェザー発生促進効果の高いことが明らかとなった。この摘葉処理は BA 散布と組み合わせた条件で行ったが、Barlow・Hancock (1956) の結果と同様に、若葉の摘葉処理の効果が高いことが確認された。Phillips (1975) は、頂芽による腋芽の伸長抑制における主要な植物生長ホルモ的な刺激は、生長中の若葉に由来するオーキシンによることを述べている。新梢先端の若葉を摘み取ることにより、オーキシンの影響が減少し、結果、頂部優勢が抑制されて、フェザーの発生が促されるものと考えられる。

また、3-実験 (3) では、ふじ/M.9 ナガノ/マルバカイドウ (1 年生苗木) を用い、切り戻し、芽かき、BA 散布を行って残した新梢における摘葉処理の繰り返し、フェザー発生におよぼす影響について検討した。その結果、摘葉処理を 5~6 日ほどの間隔で 2~3 回繰り返すことによって、フェザー発生がさらに促進されることが明らかとなった。この結果は、Wertheim (1978) が指摘しているように、摘葉処理による頂部優勢の打破効果は、その後に展葉する幼

葉の影響によって比較的短期間に失われてしまうことを裏付けているものと考えられた。

3-実験(4)では、ふじ/M.9 ナガノについて、BA 散布と摘葉処理の組み合わせによるフェザー発生促進効果を検討した。その結果、両処理の組み合わせによる相乗的な効果が確認された。これは、BA 散布に併せて摘葉処理を行うことにより、各処理を単独で行うよりも頂部優勢を打破する効果が高まったことに起因すると考えられた。Wertheim (1978) は、前年に芽接ぎを行った Red Boskoop/M.9 および Benoni/M.9 の新梢において、十分に展葉していない葉の摘み取りを1週間間隔で2回繰り返すことにより、フェザーの発生本数が増加することを明らかにしている。また、Popenoe・Barritt (1988) は、フェザー発生が少ない Redchief Delicious/MM.111 の接ぎ木当年の新梢において、若い葉の摘み取りを2週間続けることによってフェザーの発生が促進されることを示した。これらの報告では、1回のみの摘葉処理の効果は、実用的には不十分であるとしている。しかし、3-実験(4)においては、1回の摘葉処理によってもフェザー発生促進効果が認められ、さらにBA 散布と組み合わせることによって両処理の相乗的な効果も認められた。この要因としては、本実験で用いた‘ふじ’は比較的フェザーの発生が容易であること(小池ら, 1983)、加えて本実験では1年生苗木に対して切り戻し、芽かきを行って1本に整理した新梢に対する摘葉処理の効果を検討したことから、上述の報告の実験に比べてフェザーが発生しやすい条件であったことが考えられる。

以上に述べたように、3-実験(2)および(3)において、1年生苗木に切り戻し、芽かきを行って残した新梢に対する、BA 散布と新梢先端の摘葉処理のフェザー発生促進効果が認められ、さらに3-実験(4)においては、両処理の組み合わせによる相乗的な効果も認められた。しかし、摘葉処理による頂部優勢の打破効果が、その後に展葉する幼葉の影響によって比較的短期間に失われてしまう(Wertheim, 1978)ことを考慮すると、BA 散布と摘葉処理の効果は、両処理の実施時期の設定方法によって異なることが推測された。

そこで、3-実験(5)では、BA 散布と摘葉処理のタイミングについて検討した。その結果、ふじ/M.9 ナガノ(2年生苗木)においては、BA 散布日の前2日および後2日の範囲における摘葉処理により、フェザーの発生本数が増加

することが明かとなった。一方、フェザーの発生が比較的困難な品種である‘シナノゴールド’については、M.9 NVF157 台木を用いた接ぎ木当年の苗木において、BA 散布翌日の摘葉処理はフェザーの発生本数を増加させる効果が認められるものの、BA 散布の前日および4、8日後の処理においては、同様な効果が明確に認められないことが明かとなった。これらのことから、BA 散布と摘葉処理の併用効果は、品種または苗木育成法によって異なり、フェザー発生の少ない条件においては、両処理の実施時期を近づけることで、フェザー発生促進効果が高まる可能性が示唆された。ただし、5 cm 以上のフェザーの発生本数については、接ぎ木当年のシナノゴールド／M.9 NVF157 を用いた実験において、4 日後および8 日後の摘葉処理によって増加する傾向が認められた。これは、BA 散布の4～8 日後の摘葉処理によって主幹延長枝先端の伸長が抑制され、BA 散布によって発芽が促されたフェザーの伸長が促進されたためと推察され、BA 散布の後に4～8 日程度の間隔をあけた摘葉処理は、フェザー本数の増加効果はやや劣るものの、発生したフェザーについて伸長を促す効果が期待できる可能性が示唆された。これらの効果については、実験例が少ないため、他の品種や苗木育成法における効果についても併せて、今後、詳細に検討する必要があると考えられる。

2-実験(1)では、1 年生苗木に切り戻し、芽かきを行った時に、国内の主要な数品種においてフェザー発生の多少に差異のあることが明かとなり、‘シナノレッド’、‘秋映’は比較的フェザーが発生しにくいことが示された。そこで、3-実験(6)および(7)においては、これらの品種を含む国内の数品種を用いて、BA の散布濃度によるフェザー発生促進効果の違い、ならびにBA 散布と摘葉処理の併用によるフェザー発生促進効果を検討した。その結果、‘シナノレッド’はフェザーが発生しにくいことが再度確認されたが、BA の高濃度(600 ppm)散布に摘葉処理を組み合わせることで、最大で平均 7.8 本／苗のフェザーを発生させることが可能であり、フェザー発生が困難な品種に対しては、BA 散布と1 回以上の摘葉処理の併用が効果的と考えられた。

以上に述べた実験では、1 回のBA 散布の効果について検討を行ってきた。リンゴ苗木に対するBA の散布効果に関しては、伸長中の苗木新梢に対する1 回の散布効果を検討した報告が多いが、2 回以上の散布効果についても幾つか

報告されている (Cody et al., 1985; Jarassamrit, 1989; Wertheim・Estabrooks, 1994). しかし、国内の主要なリング品種を用いて、BA の複数回散布処理の効果は検討されておらず、1 年生苗木に対して切り戻し、芽かきを行って残した新梢に対する同様な処理効果についても報告例がない。そこで、4-実験 (1) ~ (6) においては、苗木のフェザー発生をさらに促すことを目的として、M.9 系統台木を用いた国内の主要な数品種について、接ぎ木当年の苗木新梢、ならびに 1 年生苗木に対して切り戻し、芽かきを行って残した苗木新梢に対する BA の複数回散布効果を検討した。

4-実験 (1) ~ (3) においては、Pajam 2 台木を台木法で用いた ‘ふじ’、M.9 ナガノ台木を中間台木法で用いた ‘秋映’、および JM7 台木を台木法で用いた ‘シナノゴールド’ を供試し、いずれも接ぎ木当年の苗木について実験を行った。ふじ/Pajam 2 では、3 回の繰り返し散布処理でも比較的多くのフェザーが発生したが、秋映/M.9 ナガノ/マルバカイドウにおいてはこの処理回数ではフェザーの発生が少なく、5 回の繰り返し散布処理でフェザー本数の増加が有意となった。この時、5 回散布におけるフェザーの平均本数は 10.3 本/苗、総フェザー長は 129 cm であった。シナノゴールド/JM7 では、BA の散布回数の増加に伴ってフェザーの発生本数が有意に増加し、5 回処理を行った区では平均フェザー本数が 22.7 本/苗、総フェザー長が 355 cm に達し、フェザー発生は良好であった。‘シナノゴールド’ は、比較的フェザーが発生しにくいタイプであることが、2-実験 (1) でも明かとなっているが、苗木生育が旺盛となりやすい JM7 台木を用いた条件において、BA を繰り返し散布することによって、接ぎ木当年の苗木であっても、比較的多数のフェザーを発生させることが可能であった。4-実験 (1) ~ (3) の結果は、調査ほ場や年次、台木の種類および台木利用法が異なるため一律に比較はできないが、新梢先端に対する BA の繰り返し散布は、フェザー発生の少ない条件においてはフェザー発生を安定させ、多い条件においては苗木の育成期間を短縮できる可能性のあることが示唆された。

つぎに、4-実験 (4) および (5) では、M.9 ナガノおよび Pajam 2 台木を用いた ‘ふじ’ 1 年生苗木に切り戻し、芽かきを行って残した新梢に対する BA の複数回散布効果を検討した。その結果、総じて BA の散布回数が多いほどフ

エザー本数が増加する傾向が認められ、5回のBA散布を行った区において、ふじ/M.9ナガノ（2年生苗木）では平均14.3本/苗、ふじ/Pajam 2では平均24本/苗のフェザーが発生した。この時の総フェザー長については、前者が327 cm、後者が755 cmであった。どちらの台木苗においても、繰り返し散布によって、5～50 cmの長さのフェザー本数が増える傾向が認められた。

また、ふじ/Pajam 2を用いた4-実験（5）では、繰り返し散布における後半の散布濃度を高めにすることで、より処理効果が高まることが明かとなった。小池ら（1983）は、BAの散布適期について、7月以降は処理効果が劣るとしている。3-実験（1）においても、散布時期が遅い場合には同様に処理効果が劣った。しかし、比較的フェザーが発生しやすく、もともと低い濃度のBA散布においても効果が現れやすい品種については、複数回散布における後半（7月頃）の散布濃度を高めに設定することで、処理効果の低下が軽減でき、このような処理方法は実用場面で役立つものと考えられた。

また、4-実験（5）において育成された苗木の苗姿については、BAの散布回数が多いほど”プロポーション値”が低く、細めの円錐形に近い形となることが明かとなった。特に、複数回散布における後半の散布濃度を高めた場合にはこの傾向が強かった。BAの繰り返し散布処理、および繰り返し散布の後半における高濃度散布処理によって多数のフェザーの発生が促され、苗木における新梢およびフェザーの生育の勢いが分散して個々のフェザーが短めとなり、苗姿が細めとなるものと推察された。このような樹冠の苗木は主幹形整枝を行うために好ましいと予想され、密植栽培向けの苗木育成法として利用価値が高いと考えられた。また、苗木の梱包や輸送の場面においても有利と考えられた。

これまでに述べた幾つかの実験において、同一の処理内容でありながら、フェザーの発生程度が異なるケースが幾つか認められた。4-実験（4）における対照区（切り戻し、芽かきのみ行った区）のフェザー発生本数は、平均6.9本/苗、総フェザー長は168 cmであり、2-実験（2）における同様な試験区（フェザー発生本数が平均9.0本/苗、総フェザー長が293 cm）に比べて劣った。この原因としては、前者の実験で用いたほ場においてははれきが多く、苗木の生育にはやや不適な条件であったことが考えられる。さらに、前者の実験においては、マルパカイドウ台木を使わない台木法の苗木を実験材料としていること

から、横田（1981）らがマルバカイドウを用いた中間台木苗においてフェザーの発生が多いことを指摘しているように、台木の利用法の違いによる影響も考えられる。いずれにしても、4-実験（4）においては、土壌条件、台木の利用法ともにフェザーの発生しにくい条件であったことが推測される。しかし、そのような条件であっても、苗木新梢先端付近に繰り返して BA を散布することにより、2 年生‘ふじ’苗木においては最多で平均 14.3 本／苗のフェザーを発生させることができ、本処理法は、フェザー発生の際の劣る条件でのフェザー発生を安定させるために有効な処理方法であると推察された。

BA の繰り返し散布のフェザー発生促進効果について、Wertheim・Estabrooks（1994）は、前年に芽接ぎを行った Red Boskoop／M.9 を用いて、新梢先端に対する BA の繰り返し散布のフェザー発生促進効果が高いことを示し、1 回の散布に比べて BA の影響を受ける腋芽の数が増加することを要因の 1 つとして推察している。彼らは、繰り返し散布における 1 回の BA の散布部位を新梢先端から 15 cm までの部位で一律とし、散布回数を変えて比較した。このため、BA の散布回数が多い処理ほど、BA の散布部位の合計長が長かったことになる。一方、これまでに述べた 4-実験（1）～（5）においては、BA の散布部位の合計長をおおむね 50～60 cm で一律とし、その長さに新梢が伸長する間において、新梢先端付近に対する BA の散布回数を増加させた。すなわち、BA の散布回数が多い区ほど、繰り返し散布される部位は新梢先端の短い部分となっている。このことから、BA の繰り返し散布の効果は、BA の影響を受ける腋芽の数が増加することによるばかりでなく、新梢の先端に近い部位に対しての散布を繰り返すことにもよると考えられた。新梢先端付近に対する BA の散布効果が高いことについては、頂部優勢作用により苗木の新梢基部はフェザーの発生抑制を強く受けるのに対し、新梢先端付近はその影響を受けにくいためと推察された。接ぎ木当年の苗木の伸長中の新梢全体に BA を散布した場合、新梢基部側にはフェザーの発生が少ないことが認められている（小池ら、1983）が、これはこのような見解を裏付ける。一方、BA を定期的に繰り返して散布処理することは、伸長中の新梢に対して BA の作用を長期間およぼし続けていることにもなり、このことによっても、1 回のみの散布に比べて処理効果が高まっていることが予想される。

最後に、4-実験(6)では、1回のみのBA散布実験においてフェザー発生が少なかった‘秋映’、‘シナノゴールド’を含む最近のリンゴ新品種について、1年生苗木に切り戻し、芽かきを行って残した新梢に対するBAの繰り返し散布(3回)のフェザー発生促進効果を、台木別に比較した。その結果、‘シナノゴールド’においては、M.9ナガノ台木苗で平均19.1本/苗、JM7台木苗で平均26.5本/苗のフェザーが発生し、‘秋映’においては、M.9ナガノ台木苗で平均23.9本/苗、JM7台木苗で平均23.4本/苗のフェザーが発生した。フェザーの合計長も長く、本育苗法によって育成された苗木は、リンゴの密植栽培において利用価値が高いと推測された。育成された秋映/JM7(2年生苗木)においては、総フェザー長が979 cmに達し、主幹延長枝も含めた1芽からの1シーズン中の総伸長量については10 mを超えており、リンゴ樹における潜在的な生長量の多さが伺えた。

本章における幾つかの実験では苗木に発生したフェザーの角度についても測定した。Jarassamrit(1989)は、M.2台木を用いた‘Red Delicious’において、苗木新梢先端に対してBAとGA₄₊₇の混合剤をおよそ1週間間隔で4回続けて散布することにより、フェザー発生が促進されることを明らかにし、同時に、主幹に対するフェザーの発生基部角度が有意に減少することを示した。また、Wertheim・Estabrooks(1994)は、高濃度のBAの散布によってRed Boskoop/M.9のフェザーの発生基部角度が減少するとしている。両報告におけるフェザーの発生基部角度とは、フェザーの基部における主幹との角度を測定したものである。しかし、この発生基部角度がやや狭くても、発生最大角度が大きければ水平に誘引し易いため、4-実験(4)ではフェザーの発生最大角度を測定した。その結果、BAの繰り返し散布によりフェザーの発生最大角度は影響を受けないことが示された。‘ふじ’は比較的長めのフェザーが発生しやすく、下位の長めのフェザーは伸長に伴ってS字型に湾曲することが観察された。結果、フェザーの発生最大角度は比較的大きくなり、試験区による差異が明確にならなかったものと考えられる。類似した傾向は、4-実験(6)においても認められた。4-実験(6)では、台木によるフェザーの発生最大角度の違いが有意となり、旺盛な生育を示したJM7台木苗においてフェザーの発生最大角度が増加したが、旺盛な苗木生育によってフェザーの伸長量が増加しフェザーが湾曲し

ながら伸長したためと推察された。逆に、接ぎ木当年のシナノゴールド/JM7を供試した4-実験(3)では、BAの繰り返し散布によって多数のフェザーが発生したが、個々のフェザーが比較的短めで、フェザーの発生最大角度が小さい傾向が観察された。苗木の定植後の誘引等の作業を省力的に行うためには、苗木上のフェザーの発生最大角度の大きいことが望ましいと考えられる。今後は、苗木におけるフェザー本数、長さ、最大角度相互の関係についても検討を深め、望ましいフェザー発生促進処理方法を組み立てる必要がある。

4-実験(4)では繰り返し散布で用いた薬液量について調査した。その結果、梢先端付近に対してBAの繰り返し散布処理を行った場合、処理に要する薬液量は、繰り返し散布部位の長さの合計値と同じ長さの新梢に対して1回の散布処理を行った場合に比べてやや少ない傾向であった。これは、多数回の繰り返し散布における1回の散布処理が局部的であるために、散布対象以外への飛散による無駄が軽減されたことによるものと推察され、実際の苗木生産においても、複数回散布は散布薬液量の節約につながると予想された。繰り返し散布によってフェザーの発生本数、総フェザー長は増加していることから、新梢先端に対する繰り返し散布処理は、散布した単位薬液量当たりの処理効果が高い処理法であると考えられた。また、1回の処理において必要な薬液量が少ないため、ハndsプレーのような低圧、小型の散布器の利用が可能と考えられ、この点でも散布対象以外への飛散を軽減する効果の高いことが期待できる。さらに、実際の繰り返し散布での経験によると、繰り返し散布によって散布作業回数は増加するものの、新梢先端付近に対する1回の散布作業は、長めの新梢全体にむらなく散布する場合に比べて上下の動作が少なく、多数の苗木に対する連続的な作業がしやすかった。

第4章 リンゴわい性台木を利用した2年生苗木の 定植後の生育特性

1. 緒言

リンゴ苗木の新梢に発生するフェザーは早期多収につながり (van Oosten, 1978), 総フェザー長が長いほど初期収量が多い (Shepherd, 1978) ことが明らかにされている。定植後の収量の増加が早いことは、初期投資の回収を早め、果樹経営上の利益をもたらす。この点で、側枝として利用可能なフェザーを多数有し、総フェザー長の長い苗木は利用価値が高いと考えられる。

リンゴのわい性台木樹の整枝法については、スレンダースピンドルシステム、パーティカルアクシスシステム等多くの手法が開発されている (Robinson・Hoying, 2003)。国内のわい化栽培においては、‘ふじ’等の樹勢の強い品種に対してはフリースピンドルブッシュ、‘つがる’等の樹勢の弱い品種に対してはスレンダースピンドルブッシュの整枝法が勧められてきた (長野県, 2001)。そしてその際、スレンダースピンドルブッシュにおいては、細めの樹冠を維持するために太い側枝をできるだけ配置しないことが望ましいとされ、基部直径が主幹直径の $1/2$ 以上の側枝は、なるべくせん定時に間引くことが指導されてきた (長野県, 2001)。フェザーを多数有する大苗を用いる場合においても、苗木の主幹上のフェザーの形質 (長さ、直径、角度等) は、定植後の樹形や整枝に影響をおよぼすと考えられる。

しかし、苗木における側枝のこのような形質が、定植後の樹体生育や樹形等におよぼす影響について、国内の主要品種を用いて検討した報告は見あたらない。わい化栽培において、整枝や樹形を考慮した望ましい側枝の特徴や苗木の主幹上の側枝の構成が明らかになれば、苗木を育成する場合においても有用な情報をもたらすと考えられ、逆に苗木育成の段階で、新しい側枝の構成を形作ることができれば、整枝法においても新たな展開が開けることが予想される。

そこで、本研究では、‘ふじ’の2年生苗木を用いて、苗木におけるフェザーの発生状態等が、その後の樹体生育、収量等におよぼす影響を調査し、それらの関係を明らかにしようと試みた。

2. M.9 ナガノ台木を用いた‘ふじ’において“Knipboom”と切り戻しのみに よって育成した2年生苗木の定植後の収量，樹体生育の比較

1) 目的

‘ふじ’について，“Knipboom”として育成した2年生苗木の定植4年目までの収量ならびに樹体生育を，現状で主流となっている1本棒状の1年生苗木，および比較的高い位置での切り戻しのみによって育成された2年生苗木（以下，2年生従来苗木とする）と比較した．さらに，定植時の側枝（フェザーまたは新梢）の間引きせん定の有無が，初期収量，生育に与える影響についても併せて検討した．

2) 材料および方法

1998年4月にふじ/M.9 ナガノ（1年生および2年生苗木）を4×1.5（列間×樹間）mの栽植距離で定植した．苗木はマルバカイドウを下部台木に用いた中間台木苗木として育成し，同時に中間台木部から発根させ，定植時にマルバカイドウ台木を切除した．台木長は40～50 cmとし，定植時に地上部台木長を約20 cmに揃えた．

2年生苗木は次の2種類の方法で育成した．側枝としてフェザーの発生を促した苗木（以下，“Knipboom”）については，育成2年目の発芽前に接ぎ木部から約30 cmの高さで切り戻し，展葉を過ぎた頃に頂端付近の最も旺盛に伸長している1芽を残して芽かきした．残した1芽からの新梢にはBAの散布は行わなかった．側枝として新梢の発生を促した苗木（以下，2年生従来苗木とする）は，育成2年目の発芽前に接ぎ木部から75 cm程度の高さで切り戻した．芽かき等の処理は行わなかった．

さらに，これら2種の2年生苗木の各々について，定植時の苗木の側枝（フェザーまたは新梢）の間引きせん定の有無により以下の処理区を設けた．せん定区は，側枝として発生させたフェザーまたは新梢の基部直径が，発生部位の主幹直径の2/3を超えるものをすべて切除した．無せん定区は，間引きせん定を行わなかった．

1区1苗5反復とし計20苗を供試した．なお，同時に定植した1年生苗木については，苗木育成1年目の夏に芽接ぎを行い，翌年1本棒状に伸長させたものを5苗用いた．2年生苗木の定植当年の果実はすべて摘果した．

定植前に苗木の幹周、苗木長、フェザーまたは新梢の発生本数、長さを調査した。幹周は接ぎ木部の上 15 cm を調査した。苗木長は接ぎ木部から主幹延長枝先端までの長さを調査した。定植後 4 年間の樹別の花芽数、収穫量、幹断面積を調査し花芽密度、果実生産効率を求めた。花芽数は頂芽について計数した。幹断面積は、接ぎ木部の上 15cm の幹周を調査し、これを円周とする円の面積により推定した。花芽密度および果実生産効率は、Lombard et al. (1988) の報告を参考に求めた。すなわち、1 樹の花芽数を開花期以前の休眠期間中の幹断面積で除して花芽密度 (個/cm²) とし、1 樹の収量 (単年および累積収量) を収穫後 (累積収量の場合は最終収穫年の収穫後) の休眠期間中の幹断面積で除して、果実生産効率 (kg/cm²) とした。

3) 結果

第 31 表に結果を示した。2 年生苗木の種類および定植時のせん定方法によって、定植後 4 年間ににおける 1 樹あたりの単年収量および累積収量に有意な差は認められなかった。“Knipboom” (無せん定区) および 2 年生従来苗木 (無せん定区) と 1 本棒状 1 年生苗木を比較すると、前 2 者の定植 2 年目の収量が、それぞれ平均 9.7 kg/樹, 8.2 kg/樹であったのに対し、後者は平均 0.1 kg/樹で、著しい差が認められた。定植後 4 年間ににおける単年の花芽密度は、2001 年において、“Knipboom” 区が有意に高かったが、他の年は試験区間に有意な差は認められなかった。“Knipboom” 区における、4 年間の累積収量を元に算出した果実生産効率は、2 年生従来苗木区に比べて有意に高かった。

3. M.9 ナガノ台木を用いた 2 年生 ‘ふじ’ 苗木の樹冠構造と定植後の収量、樹体生育

1) 目的

M.9 ナガノ台木を用いた ‘ふじ’ について、苗木上の側枝 (フェザーまたは新梢) の発生状態が異なる 2 年生苗木を用いて、定植後 2 年間の樹体生育、収量を調査し、苗木の樹冠構造 (側枝の長さ別の構成, “プロポーション値” 等) が定植後の生育、樹形、収量等におよぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2) 材料および方法

第31表 ふじ/M.9ナガノの苗木の種類、および定植時のせん定方法が定植後4年間の収量、果実生産効率におよぼす影響

試験区		収量(kg/樹)				花芽密度(個/cm ²) ^y				果実生産効率(kg/cm ²) ^x			
苗木の種類	定植時のせん定 ^z	1999	2000	2001	累積	1999	2000	2001	2002	1999	2000	2001	累積
Knipboom	せん定	7.0	13.5	30.7	51.2	9.0	3.6	3.0	2.9	0.6	0.8	1.3	2.2
	無せん定	9.7	16.9	28.7	55.4	9.9	4.0	3.2	3.3	0.9	1.0	1.3	2.6
	せん定	8.1	13.1	28.1	49.3	8.4	2.6	2.3	2.4	0.6	0.7	1.1	1.9
	無せん定	8.2	13.4	27.9	49.7	8.7	3.7	2.5	2.8	0.8	0.8	1.2	2.1
有意性 ^w	苗木の種類	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*
	定植時のせん定	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
1本棒状1年生苗		0.1	6.9	12.4	19.4	4.3	7.7	4.1	5.1	0.0	0.6	0.7	1.2

^zせん定区は、主幹直径に対する側枝基部直径の比が2/3を超える側枝を定植時に切除した。無せん定区はこのような間引きせん定を行わなかった。ただし、2年生従来苗区は主幹延長枝に競合する枝を1本程度切除した。側枝の先端ならびに主幹延長枝の先端の切り戻しは行わなかった。

^y花芽密度=1樹の花芽数/幹断面積(個/cm²)。

^x果実生産効率=1樹の収量/幹断面積(kg/cm²)。累積果実生産効率は、3年間の累積収量を2001年収穫以後に測定した幹断面積で除した。

^wns：有意でない。*：0.01, **：0.05水準でそれぞれ有意。

ふじ／M.9 ナガノ（2年生苗木，台木長約 50 cm）を供試した．苗木育成法により側枝（新梢またはフェザー）の発生状態が異なる次の 2 区を設けた．a（長 - 少）区：長めの側枝（新梢）を少数有する苗木グループとし，1 年生苗木に対して発芽前に地上 90 cm 程度で切り戻しを行い，育成した．b（短 - 多）区：短めの側枝（フェザー）を多数有する苗木グループとし，1 年生苗木に対して切り戻し，芽かき，BA（300 ppm）散布を次の要領で行い，育成した．切り戻しは発芽前に地上 30～40 cm の高さで行い，次いで展葉を過ぎた頃に頂端付近の 1 芽を残して他の全ての腋芽を芽かきし，残した新梢が 5 cm 程度伸長する度に，新たに伸長した新梢先端から 5 cm までの部分に BA を散布する処理を 10 回行った．両試験区の苗木側枝（フェザーまたは新梢）の合計長はほぼ同等とした．

1 区 1 苗 9 反復とし，計 18 苗を供試した．2003 年 4 月初旬に，列間 4 m，樹間 2 m，地上部台木長約 25 cm にて定植した．定植時のせん定（側枝の間引き，切り戻し等）は行わず，立ち上がった側枝はほぼ水平を目標に誘引して用いた．両試験区とも，定植当年に開花した花は全て取り除き，結実させなかった．

調査は，苗木について側枝長，幹周（接ぎ木部の上 15 cm）を測定した．また，定植後の幼木の生育について，定植当年および 2 年目の全新梢長（1 cm 以上），樹幅，樹高，幹周（接ぎ木部の上 15 cm）を調査した．新梢長，樹幅，樹高は 10 月～11 月に，幹周は 12 月～翌 3 月に調査した．定植 2 年目については，頂芽花芽数，収量，果実品質（一果重，糖度）を調査した．また，供試した全ての苗木について，第 3 章－4－実験（5）で用いた式により“プロポーション値”を算出し，定植後の苗木生育との関係を調査した．供試した苗木における側枝の発生状態を第 32 表に示した．

3) 結果

第 33 表に結果を示した．b（短 - 多）区の定植当年の樹幅，幹周は，a（長 - 少）区に比べて有意に小さかったが，新梢発生には有意な差が認められなかった．定植 2 年目の頂芽花芽数，収量，一果重，糖度，樹高には，両試験区間に有意な差が認められなかった．一方，b（短 - 多）区の樹幅および幹周は，a（長 - 少）区に比べて有意に小さく，樹冠がコンパクトであった．b（短 - 多）区の定植 2 年目の樹幅は，a（長 - 少）区の約 78 %であった．

第32表 供試した苗木における側枝の発生状態

試験区	側枝の発生 ^z					平均長 ^y (cm)	合計長 (cm)	幹周 ^x (cm)
	長さ分布(本/苗)							
	5 ≤	30 ≤	50cm ≤					
	<5	<30	<50cm					
a(長 - 少)区	5.4	2.6	1.7	3.8	47.9	378	5.5	
b(短 - 多)区	1.8	11.1	4.3	0.7	24.4	392	5.0	
有意性 ^w	**	**	**	**	**	ns	*	

^z長さ1cm以上について調査した

^y長さ5cm以上について算出した

^x接ぎ木部の上15cmを測定した

^wns : 有意でない, * : 0.05, ** : 0.01水準でそれぞれ有意

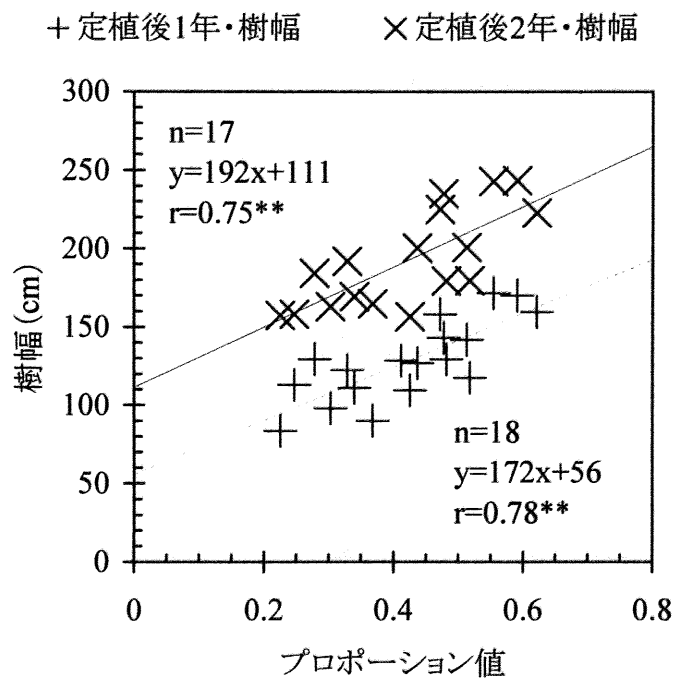
第33表 ふじ/M.9ナガノ (2年生苗木) の側枝 (フェザーまたは新梢) の発生状態が定植後の若木の生育、収量におよぼす影響

試験区	定植1年目の生育					定植2年目の生育、収量											
	新梢数 ^z (本/苗)	平均新梢長 ^z (cm)		総新梢長 ^z (cm)		樹体生育			開花状況			樹体生育				収量 (kg/樹)	果重 (g)
		梢長 ^z (cm)	新梢数 ^z (本/苗)	梢長 ^z (cm)	新梢数 ^z (本/苗)	樹幅 (cm)	樹高 (cm)	幹周 ^y (cm)	頂芽数 (芽/樹)	頂芽 花芽数 (芽/樹)	頂芽 花芽率 (%)	総新梢長 ^z (cm)	樹幅 (cm)	樹高 (cm)	幹周 ^y (cm)		
a(長 - 少)区	43.2	17.7	731	146	221	8.9	67.6	54.0	79.6	2496	214	255	11.8	8.3	312		
b(短 - 多)区	39.7	19.2	737	110	210	8.2	81.5	53.0	66.6	1872	168	247	10.6	7.9	304		
有意性 ^x	ns	ns	ns	**	ns	**	*	ns	**	**	**	ns	**	ns	ns		

^z長さ1cm以上について調査、算出した

^y接ぎ木部の上15cmを測定した

^xns : 有意でない, * : 0.05, ** : 0.01水準でそれぞれ有意



第 19 図 ふじ／M.9 ナガノ（2 年生苗木）
 の“プロポーション値”と定植後
 2 年間に於ける若木の樹幅の関
 係．図中， r は相関係数（ns：有
 意でない，*：0.05，**：0.01 水準
 で有意）

定植時の苗木の“プロポーション値”と定植後2年間の樹幅に、有意な正の相関が認められた（第19図）。

4. 考察

ふじ/M.9 ナガノにおいて、側枝をフェザーまたは新梢として有する2年生苗木と1本棒状の1年生苗木の定植4年間の収量を比較した。その結果、両者には著しい違いが認められ、前者の早期多収性は非常に優れた。また、“Knipboom”区と2年生従来苗木区の定植後4年間の収量、果実生産効率を比較したところ、両区の収量に有意な違いは認められなかったが、“Knipboom”区は2年生従来苗木区に比べて果実生産効率（定植後4年間の累積）の優れる傾向が認められた。また、“Knipboom”区の平均花芽密度は2年生従来苗木区のそれに比べて高めで、2001年の調査においてその差は統計的にも有意であった。“Knipboom”は、2年生従来苗木に比べて苗木の幹周が小さく、このことが果実生産効率、花芽密度の高さに関係していると考えられた。

“Knipboom”は、2年生従来苗木に比べて苗木が小さめであった。このことは苗木の輸送や取り扱いやすさという点で優れると考えられた。Webster et al.

（2003）は、側枝の長さや高さがほぼ同等な1年生と2年生のリンゴ苗木について、定植後の生育、収量の変化を調査し、2年生苗木を用いたリンゴ樹は早期多収性が認められるものの多収性を維持できず、定植後数年間の累積収量ではむしろ1年生苗木を用いたリンゴ樹が優れるとした。そして、その原因の一つとして、2年生苗木の定植時の移植によるショックの影響を指摘している。サイズの大きな苗木は、移植に伴う断根等のショックが生じやすいと考えられるが、この点を考慮すると、総フェザー長が長いとともにサイズの小さな苗木はより有利であると予想され、2年生従来苗木に比べて樹冠の小型な“Knipboom”は優れていると考えられた。

つぎに、苗木の側枝（フェザーまたは新梢）の合計長を同等とし、側枝の長さ別の分布が異なる苗木の定植後2年間の収量、樹体サイズの違いを検討した。その結果、短めの側枝をフェザーとして多数有する苗木は、長めの側枝を少数有する苗木に比べて、収量はほぼ同等でありながら樹幅が狭く、樹冠が小型であることが明かとなった。小型の樹冠を有するリンゴ樹は樹冠内の光分布が優

れ、この特長は高品質果実生産において重要である (Heinicke, 1964; Robinson. et al., 1991; 小池, 1993a). また、樹冠が小型のふじ/M.9 ナガノは、葉摘み等の着色管理が省力化しやすいことが示されている (小野ら, 2005). したがって、総側枝長が長く、短めの側枝を多数有する苗木は、リンゴ樹の樹冠を小型とし高品質果実を省力的に生産できる期間を延ばすために有益と予想される. ただし、短すぎるフェザーは、中には側枝として拡大せず利用できないものも観察され、側枝として利用可能なフェザーの長さ等の基準については、さらに詳細に検討し、今後明らかにする必要がある. また、今回の調査結果は、定植後 2 年間のみのものであるため、それ以降の経年変化についてさらに検討を続ける必要がある.

また、苗木の“プロポーション値”と定植後 2 年間の若木の樹幅には有意な正の相関が認められた. このことから、“プロポーション値”は、わい化栽培向けのわい性台木苗木の側枝発生特性を評価する際に有益と予想され、本指標を利用した苗木の品質評価法や定植時のせん定方法の目安等についても検討を深める価値があるものと考えられた.

第5章 総合考察

本研究では、国内で利用可能な M.9 台木のウイルスフリー化系統について、近年、欧州を中心に多数報告されている M.9 台木系統 (“sub-clone”) との繁殖性の違いについて比較するとともに、黄化处理による取り木繁殖の効率化、ならびに取り木によって繁殖した台木の苗木育成における有効な利用法について検討した。さらに、わい化栽培において欧米を中心に世界的に利用が広がっている “Knipboom” の育成法を参考に、主に種苗業者での利用を想定し、長めのフェザーが多発した大苗の育成技術についても検討した。

M.9 ナガノ、M.9 NVF157 台木について、取り木繁殖における繁殖性を他の主要な M.9 台木系統と比較したところ、両台木は、幾つかの M.9 台木系統の中で取り木繁殖性が劣るグループに属することが明かとなった。M.9 ナガノおよび M.9 NVF157 台木は、長野果試において、EM 試より導入したオリジナルの M.9 台木をウイルスフリー化した系統である。オリジナルの M.9 台木は取り木における繁殖性が劣るとされているが、M.9 ナガノ、M.9 NVF157 台木についても、オリジナルのその特性を受け継いでいるものと推察された。

M.9 台木系統間に認められる諸特性の差異については、遺伝的な要因が関係していることを指摘する幾つかの報告がある一方、植物の栄養生長段階の差異 (“ontogenetic variation” (Hackett, 1985)) に由来するとの説がある。本調査において認められた、数系統の M.9 台木系統間の取り木による繁殖性の差異については、生育相が若いほど 1 年枝の発根性が優れる (Kester, 1976) ことを考慮すると、van Oosten (1986) が M.9 台木数系統の形態的な特徴を観察して栄養生長段階について分類した結果と整合し、M.9 台木系統間差異は主に栄養生長段階の違いに由来するとの考えに沿うものであった。Webster・Jones (1992) は、継代培養を行った M.9 台木の挿し木繁殖、および取り木繁殖における発根性の向上を報告しており、Tetsumura et al. (2001) は、ひこばえ由来の挿し穂を用いることでカキ台木の挿し木繁殖性が改善されることを示している。今後は、取り木床やひこばえ由来の幼若化個体の探索、継代培養による幼若化個体の作出に取り組むことにより、繁殖性の優れる台木系統の育成が可能と考えられる。

取り木繁殖の効率化をねらいとして、黄化处理の発根促進効果を検討したところ、M.9 台木系統の中では繁殖性が劣る M.9 ナガノ等の台木についても、高い発根促進効果が認められ、実用的な取り木繁殖が可能であることが示された。黄化处理の具体的方法としては、取り木母株から発生する新梢の長さが 3 ～ 10 cm となった頃に、新梢全体がほぼ隠れる程度にピートモス、モミガラ、または篩った細土のいずれかを寄せ、後に通常の盛り土を行うことによって、発根台木率、ならびに台木の発根量を増加させることが可能であった。このようにして得られた台木の長さ、直径、および母株当たりの本数は、黄化处理を伴わない通常に取り木の場合とほぼ同等で、黄化处理による台木新梢の発生抑制および伸長抑制は認められず、また、翌年の取り木母株からの取り木台木本数についてもほぼ同等で黄化处理の影響が実質的に認められないことが明かとなった。藤根（1971）は、リンゴわい性台木の取り木繁殖において、黄化处理のための母株に対する発芽前の覆土が厚すぎると新梢の発芽が抑制されることを指摘しているが、本研究においては黄化处理開始を発芽後とし、軽いモミガラ等の資材を用いて処理したことによって新梢の発芽抑制がほとんど認められず、効率的な取り木繁殖が可能であったものと考えられた。これにより、現在、国内において利用可能な M.9 ナガノ台木等の繁殖性の劣るわい性台木について、通常の台木法としての利用を可能とするための、実用的な取り木繁殖法を示すことができた。

また、本実験においては、穂木採取用の母樹に対する生育期間中の遮光が、取り木繁殖の一種である接ぎ木盛り土法（猪崎・丸橋，1989）における穂木部分からの発根におよぼす影響についても検討を行った。その結果、母樹に対する遮光によって、接ぎ木盛り土法における穂木部分からの発根が有意に促進されることが明かとなった。この場合の遮光強度は、穂木を挿し木に用いた Howard ら（1977～1984）の報告に比べて弱いものであったが、穂木を接ぎ木盛り土法において用いることにより、比較的遮光強度が弱くても有意な発根促進効果が認められた。接ぎ木盛り土法の作業手順は、種苗業者において一般的となっている中間台木苗木の育成手順と部分的に重なるため、比較的種苗業者が採用しやすい手法であると予想される。また、母株育成や維持のためのコストを継続的に必要としないため、生産者が自家苗生産を行う時等、短期的に台木

の需要が生じた場合等に有効な手法と考えられ、本研究において得られた知見については、そのような場面での活用が期待できる。

つぎに、取り木によって繁殖した台木の苗木生産における利用法について、切り接ぎ可能な M.9 ナガノ台木の品質基準の検討を行った。その結果、基部から 20~25 cm の台木直径が 9 mm 以上で、かつ第 1 表に示す発根指数が 2.0 以上であれば、1 年生苗木の育成に利用可能であることが明かとなった。この基準に満たない台木についても、接ぎ木せずにそのまま育成するか、欧米で一般的となっているように芽接ぎ用の台木としての利用が可能と予想され、取り木繁殖を行った M.9 ナガノ台木の有効な活用法が明かとなった。

また、幾つかの M.9 台木系統が 1~2 年生 ‘ふじ’ 苗木の生育におよぼす影響について、台木の根量を揃えて検討したところ、一部の台木系統間に違いが認められ、M.9 FL56 台木を用いた 1~2 年生苗木の生育は、M.9 KL19 台木等に比べて弱い傾向であった。Webster (1999) は 24 系統の M.9 台木を用いて ‘Cox’s Orange Pippin’ の生育を比較し、台木系統の違いは苗木の生育にあまり影響しないとしている。一方、van Oosten (1986) は、幼若相、または成熟相の特徴を有する台木系統では、1 年生苗木の生育におよぼす影響に相違があり、幼若相の特徴を有する M.9 N29 台木は苗木の生育を促進するとしている。本実験の結果では、用いた台木系統により 1~2 年生苗木の生育に違いが認められたものの、台木の栄養生長段階としての特徴と苗木生育との間には明確な関係が認められず、比較的台木直径の細かった M.9 FL56 台木苗の生育は、逆に台木直径の太かった M.9 KL19 台木苗等に比べて弱い結果であった。M.9 FL56 台木の 1 年枝は、形態的に細いことが示されており (van Oosten, 1986; 玉井ら, 2002)、本研究においても同様な傾向が認められた。そのため、あらかじめ台木の根量を揃えて行った本研究の結果において、M.9 FL56 台木を用いた苗木の生育が弱かったことは、主に台木直径が細い M.9 FL56 台木の形態的な特徴に由来すると推測され、台木系統の違いが苗木の生育におよぼす影響については、直径等の台木形質の違いも要因の一つとして影響している可能性が考えられた。ただし、M.9 FL56 台木については、他の M.9 台木系統に比べてわい化効果が高い (Wertheim, 1997) とする報告があり、苗木の生育が弱かったことについても、台木のわい化効果による可能性が考えられ、一概に結論付けることは困難であ

った。しかし、台木のサイズ（特に直径）、ならびに根量は、1～2年生苗木の生育に大きな影響をおよぼし、良好な苗木生育を確保するうえで、重要な台木形質であることが示された。

さらに、接ぎ木当年の苗木における台芽の取り扱い方法について検討したところ、従来の一般的な認識と異なり、6月（定植後60～90日）頃に台芽を切除することによって、8月頃までの苗木の新梢伸長が促進される傾向が認められ、根のせん定などによって台木の根量が少ない条件下においてはその傾向の強いことが明かとなった。Howard・Oakley（1993）は、わい性台木に芽接ぎしたリング苗木において、芽接ぎ当年の台芽の切除を芽接ぎ部分に限定することにより、翌年の接ぎ芽からの新梢発生、および伸長が改善されることを示している。接ぎ木当年の苗木における台芽の処理方法についても、育成された苗木の根量、さらに翌年の苗木生育に対して影響することが予想され、その点についても今後明らかにし、苗木の生育を良好とするための台芽の適切な処理方法について検討を深める必要がある。

つぎに、わい化栽培向けの苗木育成法について、欧米を中心に利用が広がっている“Knipboom”の手法を参考に、1年生苗木に対する切り戻し、芽かき、BA散布、および摘葉処理によるフェザー発生促進効果について、国内における主要なリング数品種を用いて検討した。その結果、これらの処理を組み合わせることにより、1～2年生苗木において長めのフェザーを多発させることが可能であった。‘シナノゴールド’、‘秋映’等のフェザー発生の少ない品種についても、切り戻し、芽かき、複数回のBA散布、ならびに摘葉処理の組み合わせによって長めのフェザーを多発させることが可能であり、実用的な育苗法について一定の手順を明らかにすることができた。

国内のリングわい化栽培においては、1本棒状の1年生苗木の利用が主であるが、果樹栽培における大苗の利用に関して、これまでも多数の報告がなされており（小川ら，1994；吉岡・石田，1982；石田ら，1987；久米ら，1996；堀込・太刀川，1996；石川ら，1997），実際に2年生以上の大苗を自家生産し、良好な成果を上げている事例も認められる。原（2000）は、1本棒状に育成した1年生苗木を地上150 cm程度で切り戻し、発芽後、地上100 cm前後の苗木主幹部にリングングを行って1年枝上にほぼまんべんなく新梢を発生させる手

法で苗木生産を行い、早期多収を実現している。また、市販の1本棒状の1年生苗木を利用して、本ほ場における定植当年、または仮植え育成中に、側枝として利用可能な枝を発生させる試みもなされている。外崎・斎藤（1986）は、リンゴの1年生‘ふじ’わい性台木苗木の定植時における根量や切り戻しの高さが定植年の幼木の生育におよぼす影響について検討し、地上120～150 cmで切り戻し、腋芽にBAを散布することによって、側枝の発生が増加することを示した。このような処理を行えば、現在市販の1年生苗木を利用することによっても、定植後の側枝の確保を安定化し、早期多収を実現可能と考えられる。

しかし、原（2000）の方法は育苗のためのほ場と時間を要し、外崎・斎藤（1986）の方法は、本ほ場における定植1年目にBAの散布を要するため、結実開始は各々その分遅れる。また、いずれの方法も、1年生苗木に対して比較的高い位置で切り戻しを行い、芽かきせずに育成することから、2年生苗木のサイズが大きい。Webster et al.（2003）は、側枝の発生程度が同等であれば、1年生苗木の定植後の収量の維持は、2年生苗木に比べて優れるとし、それは主に苗木サイズの違いによる移植のショックの程度に由来するとしている。サイズの大きな苗木の移植に伴うショックを軽減するためには、掘り上げから定植までの周到な配慮が必要と考えられる。原（私信）も、定植後2年間程度の結実量を、ある程度制限することで、その後の収量の増加がよいと述べているが、サイズの大きな苗木の移植によるショックを考慮してのことと推察される。外崎・斎藤（1986）も、用いる苗木の根量が比較的小さい場合においても育成された2年生苗木の側枝発生には何ら有意な違いが認められないとしているものの、周到な管理が必要と注意を喚起している。種苗業者がこのような苗木育成法に取り組むためには、これらの課題に対応するための生産、流通上のコスト負担が大きいと予想され、さらに、サイズの大きな苗木は、移植に伴う諸作業そのものにも比較的多くの労力を要すると考えられる。

一方、本研究において検討した1年生苗木に対する切り戻し、芽かき、複数回のBA散布等の処理によって育成された2年生については、従来の切り戻しのみによって育成された苗木に比べて小型でありながらフェザーの合計長は有意に長い特徴を有し、輸送、ハンドリング、移植に伴うショックの軽減の面で、優れていると推測された。また、各種処理によって多数のフェザーの発生が促

された苗木は、総フェザー長が長いとともに、50 cm 未満の比較的短めのフェザー本数が増加することにより苗姿が細めの円錐形に近い形となった。このような苗姿は定植後の主幹形整枝に都合がよいと考えられ、密植栽培向けの適性が優れると予想された。苗木における、小型でなおかつ総フェザー長が長い特徴は、生産者にとってはもちろん、種苗業者においてもメリットが大きいと推察され、本研究によって得られた知見が実際の種苗生産場面において生かされれば、わが国のリンゴのわい化栽培においても多大なメリットを生じうると考える。

また、育成された大苗（“Knipboom”）の定植後の生育、収量性等について検討した結果、“Knipboom”の初期収量は、従来の1年生苗木のそれに比べて著しく多く、早期多収性の優れることが明かとなった。さらに、定植後3年間の果実生産効率について比較した結果、“Knipboom”は、通常の2年生苗木に比べて優れる傾向が明かとなった。Robinson（2003）は、わい化栽培の成功の鍵の一つとして、栄養生長と生殖生長のバランスを適正に保つことが重要と述べている。その点で、早期多収性の優れる“Knipboom”については、定植後、早い時期に適正に着果させることによって、栄養生長と生殖生長のバランスを速やかに適正な状態に誘導することが可能と推察された。ただし、この時の適正な着果負担の程度については、品種特有の隔年結果性の強さや、苗木の有する特性（サイズ、総フェザー長等）、定植後の苗木の生育状態、土壌条件等の環境要因によっても異なると考えられ、より詳細な検討に基づき、“Knipboom”に代表される早期多収性の優れる大苗を用いた場合の、適正な若木の樹相モデルの作成が望まれる。

また、2年生苗木におけるフェザー等の側枝の発生状態（苗木の樹冠構造）が、定植後の収量、若木の生育におよぼす影響を検討したところ、苗木において短めのフェザーが多数発生している場合、早期多収性を示すとともに若木の樹冠がコンパクトとなりやすいことが明かとなり、苗木の樹冠構造は、定植後の樹形構成に大きく影響すると考えられた。本研究において有効性が明かとなった各種処理を組み合わせた育苗法により多数のフェザーの発生が促された苗木については、総フェザー長が長いとともに樹冠がコンパクトで細めの円錐形に近い苗姿となっており、このような苗木を用いることによって、定植後、細

めの主幹形を維持しやすいと予想された。苗木育成においては、定植後の樹形や整枝法に適合した苗木の樹冠構造の形成が重要と考えられ、今後、このような観点からの苗木の樹冠形成法についても、検討を深める価値があると考えられた。

摘 要

本研究では、国内で利用可能な M.9 台木のウイルスフリー系統と、近年、欧州を中心に見出されている主要な M.9 台木系統について、取り木における繁殖性を比較するとともに、黄化处理による実用的な取り木繁殖の効率化技術の開発を行った。また、このようにして繁殖した M.9 ナガノ台木を、苗木育成に用いる際の利用法について検討し、さらに国内における主要な栽培品種を用いて、1 年生苗木に対する切り戻し、芽かき、摘葉および BA 散布処理の組み合わせによる、フェザーの多発した大苗の育成技術を検討した。加えて、育成した大苗の早期多収性、定植後の樹体生育についても調査を行った。

第 1 章 リンゴわい性台木の取り木繁殖

1. 取り木繁殖における数系統のリンゴわい性台木 M.9 の繁殖性の比較

幾つかの M.9 台木系統について取り木における繁殖性を比較した結果、M.9 FL56, Pajam 2 台木は、他の台木系統に比べて繁殖性が優れる傾向が認められた。一方、M.9 ナガノ、M.9 NVF157, Pajam 1, M.9 KL19 台木は、繁殖性の劣る傾向が明かとなった。M.9 T337 台木は、取り木繁殖性に関して、両グループのほぼ中間と考えられた。

オリジナルの M.9 台木は他の M 系、および MM 系台木に比べて、取り木において繁殖性が劣るとされているが、本実験で供試した M.9 ナガノ、M.9 NVF157 台木は、長野果樹試において、EM 試から導入した M.9 台木をウイルスフリー化して育成した系統であり、繁殖性に関してオリジナルの特徴を受け継いでいるものと考えられた。

2. 取り木繁殖における発根促進法

黄化处理の発根促進効果を検討した結果、取り木母株から発生する新梢の長さが約 3 cm となった頃に、新梢全体がほぼ隠れる程度にピートモスを寄せ、後に通常の盛り土を行うことによって M.9 ナガノ台木の発根が著しく促進された。この黄化处理によって、取り木母株からの台木新梢の発生および伸長抑制は認められず、処理の翌年の取り木生産にも実質的な影響が認められなかった。

黄化处理のための資材については、もみがら、篩った細土の両者とも発根促

進効果が認められ、新梢発生、新梢伸長に対する抑制もほとんどなく、実用的に有効と考えられた。

黄化処理の開始時期が早いほど台木の発根が優れる傾向が認められたが、M.9 FL56, Pajam 2 および M.9 T337 台木については、処理開始が遅くても比較的发根が優れたのに対し、M.9 ナガノ, JM7 台木については、黄化処理開始が遅いと発根促進効果の低下が顕著であった。概して、取り木繁殖において繁殖性が劣る台木系統については、黄化処理開始が遅い場合に、発根促進効果が低下しやすい傾向であった。M.9 ナガノ台木において十分な発根を得るためには、台木新梢長が 10 cm 未満の時期に黄化処理を開始する必要があると考えられた。

3. 接ぎ木盛り土法における穂木採取用母樹の遮光と台木の発根

接ぎ木盛り土法について、穂木採取用の母樹に対する生育期間中の遮光が、同繁殖法における穂木部分からの発根におよぼす影響を検討した結果、母樹に対する光線透過率 25%程度の遮光によって、発根が有意に促進された。

第 2 章 リンゴわい性台木を利用した苗木の育成

1. 取り木繁殖によって育成した M.9 ナガノ台木の根量、台木直径が 1 年生‘ふじ’苗木の生育におよぼす影響

取り木繁殖した M.9 ナガノ台木については、概して、接ぎ木時の台木の根量が多く、台木直径が太いほど、穂品種の新梢伸長が優れた。

発根指数が 2 以上で、かつ台木基部から 20~25 cm の節間の直径が 9 mm 程度以上の台木であれば、切り接ぎしておおむね良好な苗木生育が得られるものと考えられた。

2. 取り木繁殖によって育成した M.9 台木数系統が 1~2 年生‘ふじ’苗木の生育におよぼす影響

M.9 FL56 台木を用いた 1 年生苗木の平均新梢長は短く、2 年生苗木のサイズ（平均苗木長、平均幹周、平均重量、平均総フェザー長）は小さい傾向であった。一方、M.9 KL19 台木を用いた 1 年生および 2 年生苗木のサイズは大きかった。M.9 ナガノ, M.9 NVF157, M.9 T337, Pajam 1, Pajam 2 台木を用いた苗木については、両台木の中間的な生育を示した。

M.9 FL56 台木の 1 年枝は、形態的に細く、長い傾向が認められた。

3. 台芽の切除および摘心処理が M.9 ナガノ台木を用いた 1 年生 ‘ふじ’ 苗木の生育におよぼす影響

‘ふじ’を接ぎ木（揚げ接ぎ，または居接ぎ）した定植後の M.9 ナガノ台木における定植後 1.5 ヶ月程度以前の台芽の切除は，生育期間前半における穂木新梢の伸長を抑制した．その効果は，台芽の切除時期が早いほど，また台木の根の切り戻しを伴う場合に大きいことが明かとなった．また，台芽の摘心，放任によって新梢伸長が劣る傾向も認められ，接ぎ木当年の定植後の M.9 ナガノ台木における台芽は，定植後 60～90 日頃（3 月下旬の定植であれば，おおむね 6 月中）に切除すると，穂木新梢の生育が良好であった．

第 3 章 フェザーの発生したリンゴわい性台木苗木の育成

1. 1 年生リンゴわい性台木苗木の切り戻し，芽かき処理とフェザー発生

国内のリンゴの主要品種を用いて，1 本棒状の 1 年生苗木に対して，切り戻し，芽かき処理を行い，残した新梢からのフェザー発生を検討したところ，品種によってフェザー発生に難易が認められ，‘芳明’，‘らくらくふじ’はフェザー発生が多く，‘秋映’，‘シナノレッド’は少ないことが明かとなった．‘シナノスイート’，‘シナノゴールド’はこれらの中間であった．‘らくらくふじ’および‘芳明’においては，1 年生苗木に対して切り戻し，芽かき処理を行うことにより，残された新梢から 6～8 本／苗のフェザーが発生した．

1 本棒状に生育したふじ／M.9 ナガノの 1 年生苗木に対して，切り戻し，芽かき処理を行い，それらに BA 散布を組み合わせ，長めのフェザーを有する 2 年生苗木の育成できることが明らかとなった．

育成された苗木の苗姿は，円錐形に近い形となり，主幹形整枝に望ましいと考えられた．

2. 1 年生リンゴわい性台木苗木の切り戻し，芽かき，BA 散布および摘葉処理とフェザー発生

BA の散布適期について検討したところ，ふじ／M.9 ナガノ（1 年生苗木）に対して，切り戻し，芽かきを行って残した新梢が 20～30 cm となった時期に，新梢全体に BA を 1 回散布することにより，望ましい高さに長めのフェザーを多く確保できることが明かとなった．

新梢先端付近の葉身長が 3 cm 未満の若葉を摘み取る処理は、成葉を摘み取る処理に比べてフェザー発生促進効果の高いことが明らかとなった。

BA 散布と摘葉処理を組み合わせることによる相乗的なフェザー発生促進効果が確認され、BA 散布日の前 2 日および後 2 日の範囲における摘葉処理は、‘ふじ’のフェザーの発生本数を増加した。また、‘ふじ’について、摘葉処理を 5、6 日ほどの間隔で 2～3 回繰り返すことにより、フェザーの発生が促進された。

‘シナノゴールド’を用いた実験の結果、フェザー発生の少ない条件では、BA 散布と摘葉処理を近接して行くと処理効果が高まることが示唆された。

比較的フェザー発生が少ない‘シナノレッド’に対しては、高濃度 (600 ppm) の BA 散布に、1 回以上の摘葉処理を組み合わせることにより、最大で平均 7.8 本/苗のフェザーの発生を促進することが可能であり、フェザー発生が困難な品種に対しては BA 散布と複数回の摘葉処理の併用が効果的であることが明らかとなった。

3. 1 年生リンゴわい性台木苗木の切り戻し、芽かき、BA の繰り返し散布処理とフェザー発生

苗木新梢先端付近に対する BA の繰り返し散布が、1 年生および 2 年生苗木のフェザー発生におよぼす影響を検討したところ、総じて、BA の繰り返し散布回数が多いほどフェザーの発生が増加する傾向が認められた。

繰り返し散布の効果は‘秋映’、‘シナノゴールド’といった、フェザーの発生が比較的困難な品種に対してより有効であり、フェザー発生が安定する傾向が認められた。

‘ふじ’に対しては、繰り返し散布における後半の散布濃度を高めとすることで、より処理効果が高まることが明らかとなった。また、このような処理により、総フェザー長が増加するとともに、5～50 cm のフェザー本数が増加し、苗木の苗姿が細めとなった。

フェザーが比較的発生しにくい‘シナノゴールド’、‘秋映’について、1 年生苗木に切り戻し、芽かき処理を行って残した新梢に対すして BA を繰り返して散布したところ、フェザーの発生が促進され、JM7 台木苗木においては前者で平均 26.5 本/苗、後者で平均 23.4 本/苗のフェザーが発生した。

繰り返し散布に要する薬液量については、繰り返し散布部位の長さの合計値

と同じ長さの新梢に対して1回の散布処理を行った場合に比べてやや少ない傾向であり、繰り返し散布によって処理薬量に対するフェザー発生促進効果が高まる傾向が認められた。

第4章 リンゴわい性台木を利用した2年生苗木の定植後の生育特性

1. M.9ナガノ台木を用いた‘ふじ’における“Knipboom”と切り戻しのみによって育成した2年生苗木の定植後の収量，樹体生育の比較

ふじ/M.9ナガノ（1年生苗木）に対して切り戻し，芽かき，BA散布を行って育成された“Knipboom”と，1本棒状の1年生苗木の定植4年間の収量を比較した結果，“Knipboom”の早期多収性は優れた。

1年生苗木に対する切り戻しと芽かき処理によって育成された“Knipboom”と，切り戻しのみによって育成した2年生苗木（2年生従来苗木）の定植後4年間の収量に有意な違いは認められなかったが，前者は果実生産効率が優れることが明かとなった。“Knipboom”は2年生従来苗木に比べて苗木の幹周が小さく，このことが果実生産効率，花芽密度の高さに関係していると推測された。

2. M.9ナガノ台木を用いた2年生‘ふじ’苗木の樹冠構造と定植後の収量，樹体生育

苗木の側枝（新梢またはフェザー）の合計長を同等とし，側枝の長さ別の分布が異なる2年生苗木の定植後の収量，樹体サイズの違いを検討した結果，両者の収量はほぼ同等であったが，短めの側枝をフェザーとして多数有する苗木は，長めの側枝を少数有する苗木に比べて樹幅が狭く，樹冠が小型であることが明かとなった。

苗木の樹冠構造（主に苗姿）を評価するために“プロポーション値”を算出したところ，苗木における本指標と定植後2年間の若木の樹幅に有意な正の相関が認められ，わい化栽培向けに適性の優れるわい性台木苗木の苗姿の評価基準として“プロポーション値”は有効であると推察された。

Summary

In many countries M.9 is the most popular apple rootstock for use in high density apple orchards. In recent years, new clonal selections of the M.9 rootstock have been made, which are called sub-clones. Several sub-clones have been reported, and the differences between them involve their ability to be propagated. M.9 Nagano and M.9 NVF157 are sub-clones which were selected at the Nagano Fruit Tree Experiment Station. This study compares M.9 Nagano and other major M.9 sub-clones to determine the differences in their productivity by layering. In addition, we investigated the effectiveness of the etiolation method in improving the productivity of M.9 Nagano in the layer bed, and of utilizing layered M.9 Nagano rootstock for raising nursery trees.

Over the last two decades in Europe high density apple orchards have been started using well branched nursery trees like “Knipboom”, while in Japan, unbranched one-year old trees, called whips, are still used most often. A “Knipboom” is a 2-year old nursery tree which is grown by heading back the whips 50 to 60 cm above the ground, and removing the lower buds in order to allow only the highest bud to grow. A number of Japanese apple varieties were examined to determine the combined effects on branch development of several treatments, including heading back, removing buds, removing young leaves on the new shoot tip, and applying Benzyladenine (BA). Furthermore, for some years after planting, well feathered ‘Fuji’ on M.9 Nagano nursery trees were evaluated for productivity and precociousness.

1. Studies on the propagation by layering of M.9 Nagano apple rootstock

M.9 Nagano and other major M.9 sub-clones were investigated to determine their differences in productivity in a layer bed. The results clearly indicated that compared with the M.9 T337, M.9 FL56, and Pajam 2 rootstocks, the M.9 Nagano, M.9 NVF157, Pajam 1, and M.9 KL19 rootstocks were relatively difficult to root by layering. It had already been established that the original M.9 rootstock had poor rooting ability in a layer bed. Thus, it was suggested that the M.9 Nagano and the M.9 NVF157, which

were clones introduced from the original M.9, inherited the poor rooting characteristics of the original clone.

The etiolation method was tested to determine if it would improve the productivity of M.9 Nagano layering. Covering the new shoots with chaff when they had grown to about 3 to 10 cm, prior to the first mounding in the layer bed, greatly increased the percentage of well-rooted M.9 Nagano. This treatment did not lower the number nor decrease the elongation of the new shoots sprouting from the layer bed in the year they were treated; neither did it affect the yields from the layer bed the next year. Covering the new shoots with sifted soil in a similar manner was also effective.

In order to identify the best time for applying etiolation, we investigated the relationship between when it was started and the percentage of rooting by the rootstocks. JM1, JM7, and several M.9 sub-clone rootstocks were used in this experiment. On the whole, etiolation treatments which were applied at an early stage of shoot growth were most effective in improving rooting. However, the rootstocks differed slightly in their response to etiolation timing. M.9 FL56, Pajam 2, and M.9 T337 rooted well even if the etiolation start time was relatively late, while M.9 Nagano and JM7 rooted poorly under the same conditions. Clones which were difficult to root in the layer bed have a tendency to decrease rooting with delayed etiolation. In order to have sufficient rooting in the M.9 Nagano rootstock it was necessary to start etiolating the new shoots before they had grown to about 10 cm.

We also investigated the effect of shading the mother tree (M.9 Nagano) on the rooting of the harvested scion, which was grafted onto Marubakaido and mounded in the soil the next year. This investigation demonstrated that shading the mother plants (about 25 % of transparency) throughout the previous year's growing period increased the rooting of the scions harvested from them. In Japan, M.9 is commonly propagated by grafting it onto Marubakaido, which is a vigorous apple rootstock which is easy to propagate by cutting. Thus, it was concluded that this is a practical method for Japanese nurserymen.

2. Utilization of layered M.9 Nagano rootstock for nursery tree raising

Another line of investigation studied the influence of the degree of rooting and of stem diameter of the layered rootstocks on the growth of the grafted scion shoots. In general, the larger the number of roots and/or the thicker the diameter of the rootstock, the better the scion shoot grew. If the stem diameter of the layered rootstock is greater than 9 mm and the rooting index (see Fig. 1) is 2 or more, the rootstock is sufficient to accept a cultivar scion graft and produce a high-grade maiden nursery tree.

We also investigated the effect of several M.9 sub-clone rootstocks on the growth of 1 or 2-year old 'Fuji' nursery trees. The growth of the nursery trees which were grafted onto M.9 FL56 was significantly less vigorous than that of the scions on M.9 KL19. The growth of the nursery trees on M.9 Nagano, M.9 NVF157, M.9 T337, Pajam 1, and Pajam 2 was intermediate between that of M.9 FL56 and M.9 KL19. The rootstock stem diameter of M.9 FL56 was thinner than that of the other rootstocks. Thus, it was suggested that the thinness of the M.9 FL56 rootstock stem is one of the reasons why these nursery trees are weak.

The growth of the scion shoots of trees which were bench or field grafted was investigated to determine the effects of root pruning and of disbudding the rootstock suckers. It was evident that when the suckers were disbudded before 1.5 months after planting, scion shoot early growth was reduced. The inhibitive effect of early disbudding on the growth of the scion shoots was more severe if the rootstocks had been root pruned. Leaving or pinching the suckers at 3 months after planting reduces scion shoot growth compared with disbudding the suckers at a similar time. In conclusion, it was clear that disbudding the suckers of the rootstocks of field or bench grafted trees should be done in June (60~90 days after planting the rootstocks) irrespective of root pruning.

3. Studies on the dwarfed apple nursery tree raising

In the spring 6 Japanese varieties were pruned and buds were removed such that one-year old whip trees were headed back to 50 to 60 cm above the ground, allowing only the terminal bud on the stem to grow; these varieties were then compared to

determine differences in branching. Five to eight branches grew from the axillary buds of the new shoot of 'Fuji' and 'Homei' trees, but only a few branches were produced from shoots of 'Shinano-gold', 'Akibae', and 'Shinano-red'.

'Fuji' whip trees were also examined to determine the effect on branching of combined treatments of bud removal after heading back pruning and application of 6-benzyladenine (BA). Well-branched 2-year old 'Fuji' trees which had an average of 15.3 branches (total length 536 cm) with wide crotch angles could be grown by combining the bud removal after heading back and BA (300 ppm) application treatments. Furthermore, when heading back, bud removal, and BA application were performed as a combined treatment on 2-year old 'Fuji' trees, the specimens produced were conical, and had many feathers.

We also investigated the effect of the time of application of BA and of removing the young leaves of growing shoot tips on feathering of some Japanese apple varieties which were grown by heading back and bud removal. One-year old whip trees were disbudded after they had been headed back in the spring, and BA was applied when their shoots were 20 to 30 cm long, which was effective in inducing many long feathers at a desirable height. Removing young leaves from the growing shoot tips was clearly effective in inducing feather production, and furthermore, repeating this treatment 2 to 3 times was even more effective. A synergistic effect of combining leaf removal with BA application was observed, and when these treatments were applied closely, especially within two days of each other, feather production was even more effective.

As stated above, heading back and bud removal induced few feathers in the new apple varieties 'Shinano-red' and 'Shinano-gold'. However, by applying additional treatments, including BA spray (600 ppm, a high concentration) and removing the young leaves from the shoot tips 1 to 2 times, it was possible to induce the production of more feathers. As a result of these combined treatments, 'Shinano-red' and 'Shinano-gold' produced an average of 7.8 and 10.9 feathers (1 cm or longer) per tree, respectively.

We also investigated the effect of repeated BA sprays to the new shoot tops of

apple nursery trees, using several Japanese varieties. In the nursery, shoot tops (10 to 25 cm from the apices) of 1 and 2-year old 'Fuji', 'Akibae', and 'Shinano-gold' apple trees, which had been grafted onto M.9 Nagano, Pajam 2, and JM7 rootstocks, were sprayed 1 to 5 times with BA (300 ppm) to induce branch development. Repeated spraying with BA increased the average number of lateral shoots per tree and the total length of the feathers in each apple variety. Trees sprayed 3 to 5 times with BA produced significantly more branches than those receiving a single BA spray, and also more than the untreated controls. The most effective treatment, 5 applications of BA to the new shoot tops of 2-year old 'Fuji' apple trees, produced an average of 14.3 lateral shoots (1 cm and longer) per tree, with a total length of 327 cm, while a single application produced 7.2 laterals per tree, with a total length of 192 cm. Trunk diameter and tree height were not affected by the treatments. On 'Fuji', a variety in which it is easy to induce feathering by spraying with a relatively low BA concentration (300 ppm), raising the BA concentration (600 ppm) in the later two of a 5-time application series was effective in increasing the number of feathers. Furthermore, 2-year old 'Shinano-gold' and 'Akibae' nursery trees grafted on M.9 Nagano rootstock, which have less of a branching habit, produced 28.2 and 23.9 feathers per tree with a total length of 299 and 463cm, respectively, when BA sprays (300 ppm) were repeated 3 times.

In order to evaluate the shape of 2-year old nursery trees that were grown by the methods stated above, a Tree Proportion Value (TPV) was calculated by the following expression.

$$TPV = \frac{\sum(a/b)}{n}$$

a : the length of the feather

b : the nursery trunk length from the growing point of the feather to the trunk top

n : the number of feathers

The TPV of 2-year old 'Fuji' nursery trees, which were grown using the combined treatments of heading back and disbudding, was significantly reduced as BA spraying was repeated. It was observed that nursery trees which have a lower TPV

have a thinner shape.

Production of the same length shoot by repeated BA spraying required a smaller total dosage than was required with a single BA spray application. Therefore, the effectiveness of BA spraying on feather inducement per unit of chemical was increased by repeated applications.

4. Productivity and precociousness of branched nursery trees after planting

Two-year old Fuji / M.9 Nagano nursery trees, which were grown as “Knipboom” by a combination of heading back and disbudding 1-year old trees, were compared with nursery trees which were grown with conventional heading back to determine their relative yield and yield efficiency 4 years after planting. In the second year after planting unpruned “Knipboom” (the first crop after planting) the yield reached 9.7 kg / tree (12.1 t / ha).

Two years after planting, the canopy size of young apple trees which were grown from nursery stock which had many short branches (as feathers), was significantly smaller than that of trees which were grown from nursery stock which had fewer, but longer branches, although the yields of both types of young apple trees were not significantly different. Within 1 to 2 years after planting, the TPV of nursery trees correlated closely with the width of the young trees. Nursery trees which had a low TPV were still slender after that period of growth. Therefore, it was concluded that the TPV is useful in evaluating the form of nursery apple trees being considered for a high density orchard.

引用文献

- Barritt, B. H. 1990. Producing quality nursery trees for high density orchards. Compact Fruit Tree. 23: 119-124.
- Barlow, H. W. B. and C. R. Hancock. 1956. Internode growth in stoolbed shoots of the apple rootstock Crab C. Rep. E. Malling Res. Sta. for 1956: 89-100.
- Bassuk, N. L. and B. H. Howard. 1981. A positive correlation between endogenous root-inducing cofactor activity in vacuum-extracted sap and seasonal changes in rooting of M.26 winter apple cuttings. J. Hort. Sci. 56 (4) : 301-312.
- Bassuk N. and B. Maynard. 1987. Stock plant etiolation. HortScience. 22 (5) : 749-750.
- Baumann, G. 1980. Investigation on virus-indexed and virus-free plants of different clones of M.9 apple rootstock. Acta Hort. 114: 171-184.
- 別所英男. 1998. 台木と繁殖. 台木. 落葉果樹. p. 35-40. 園芸学会編. 新園芸学全編.
- Campbell, A. I. 1965. The effect of some apple viruses on clonal rootstock production. Zastita Bilja XVI (85-88) : 261-265.
- Campan, R., G. D. Weston, B. H. Howerd and R. S. Harrison-Murray. 1990. Enhanced rooting potential in MM.106 apple rootstock shoots grown in a polythene tunnel. J. Hort. Sci. 65 (4) : 367-374.
- Christensen, M. V., E. N. Eriksen and A. S. Andersen. 1980. Interaction of stock plant irradiance and auxin in the propagation of apple rootstocks by cuttings. Sci. Hort. 12 (1) : 11-17.
- Cody, C.A., F.E. Larsen and R. Fritts, Jr. 1985. Stimulation of lateral branch development in tree fruit nursery stock with GA₄₊₇ + BA. HortScience. 20 (4) : 758-759.
- Cutting, C. V. and H. B. S. Montgomery. 1973. More and better fruit with EMLA. East Malling Res. Sta., Maidstone, Kent, and Long Ashton Res. Sta., Bristol.
- Doud, S. L. and R. F. Carlson. 1977. Effects of etiolation, stem anatomy, and starch reserves on root initiation of layered Malus clones. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102

(4) : 487-491.

- Elfving, D. C. 1984. Factors affecting apple-tree response to chemical branch-induction treatments. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109 (4) : 476-481.
- Fadl, M. S. and H. T. Hartmann. 1967. Relationship between seasonal changes in endogenous promoters and inhibitors in pear buds and cutting bases and the rooting of pear hardwood cuttings. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 91: 96-112.
- Ferree, D. C. and R. F. Carlson. 1986. Apple rootstocks. p. 107-144. In: R. C. Rom and R. F. Carlson (eds.) . *Rootstocks for fruit crops*. John Wiley & Sons. New York.
- Forshey, C. G. 1982. Branching responses of young apple trees to applications of 6-benzylamino purine and Gibberellin A₄₊₇. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107 (4) : 538-541.
- Frolich, E. F. 1961. Etiolation and the rooting of cuttings. *Proc. Int. Plant Prop. Soc.* 11: 277-283.
- Fujii, T. and M. Nakano. 1974. Studies on rooting of the hardwood cuttings of grape vine, cv. 'Delaware' I. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 43 (2): 125-131.
- 藤根勝栄. 1971. リンゴわい性台木の繁殖法. *農及園*. 46 (3) : 487-490.
- Fukuda, H., K. Ohnuma and Y. Nishiyama. 1988. Rooting behavior of hard wood cuttings of several apple rootstocks in relation to root primordia. *Bull. Fruit Tree Res. Stn. C.* 15: 29-40.
- Gardner, F. E. 1936. Etiolation as a method of rooting apple variety stem cuttings. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 34: 323-329.
- Gilles, G. L., H. Bormans and P. van Laer. 1986. Clonal selection of M 9 apple rootstock and influence of viruses on pomological value. *Acta Hort.* 180: 61-67.
- Hackett, W.P. 1985. Juvenility, Maturation and Rejuvenation in Woody Plants. *Horticultural Reviews* 7: 109-155.
- 原今朝生. 2000. M.9 ナガノ台. わい化栽培. 農山漁村文化協会編. 農業技術大系. 果樹編. 1 (II). 農山漁村文化協会. 東京.
- Harada, S. and A. Nakayama. 1958. The influence of the bud and leaf on root

- formation in tea cuttings. Study of tea. 19: 1-4.
- 堀込 充・太刀川洋一. 1996. リンゴわい化栽培園の早期成園化実証試験. 平成 8 年度寒冷地果樹課題別検討会資料 : 33-34.
- Hartmann, H. T. and D. E. Kester. 1983. Plant propagation. p. 472-490. Prentice-Hall. New Jersey.
- Hatton, R. G. 1917. Paradise Apple Stocks. J. Royal. Hort. Soc. VII: 361-399.
- Heinicke, D. R. 1964. The micro-climate of fruit trees. III. The effect of tree size on light penetration and leaf area in Red Delicious apple trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 85: 33-41.
- Howard, B. H. 1968. Effects of bud removal and wounding on rooting in hardwood cuttings. Nature. 220: 262-264.
- Howard, B. H. 1977. Effects of initial establishment practice on the subsequent productivity of apple stoolbeds. J. Hort. Sci. 52: 437-446.
- Howard, B. H. 1977-1984. Plant propagation. Ann. Rpt. E. Malling. Res. Stn. for 1976-1983.
- Howard, B. H. 1980. Moisture change as a component of disbudding responses in studies of supposed relationships between bud activity and rooting in leafless cuttings. J. Hort. Sci. 55 (2) : 171-180.
- Howard, B. H. 1987. Propagation. p. 29-77. In: R. C. Rom and R. F. Carlson (eds.) . Rootstocks for fruit crops. John Wiley & Sons. New York.
- Howard, B. H., and W. Oakley. 1993. The effect of rootstock shoot growth on the level of bud-grafting success in apple. J. Hort. Sci. 68 (6) : 891-897.
- 猪崎政敏・丸橋 亘. 1989. 果樹繁殖法. p. 1-84. 養賢堂. 東京.
- 石川勝規・藤根勝栄・小原 繁・新田優子. 1997. 大規模リンゴ園の新改植にともなう早期成園化技術の開発. 平成 9 年度寒冷地果樹課題別検討会資料 : 231-232.
- 石田時昭・関本美知・吉岡四郎ほか. 1987. ナシ大苗利用による成園化促進. 園学雑. (別 1) : 102-103.
- Jarassamrit, N. 1989. Branch induction of spur type Red Delicious apple nursery trees. Acta Hort. 240: 155-158.

- 河合義隆・一井隆夫・W. M. Kliewer. 1991. ブドウのさし木の発根に関する研究
(第1報) 摘芽とフェノール物質処理が発根に及ぼす影響. 園学雑. 60 (別
1) : 146-147.
- Kawai, Y. 1996. Changes in Endogenous IAA during Rooting of hardwood cuttings of
grape, 'Muscat Bailey A' with and without a bud. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 65
(1) : 33-39.
- Kender, W. J. and S. Carpenter. 1972. Stimulation of lateral bud growth of apple trees
by 6-benzylamino purine. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97 (3) : 377-380.
- Kester, D. E. 1976. The relationship of juvenility to plant propagation. Proc. Int.
Plant Prop. Soc. 26: 71-84.
- 菊地秀喜・尾形亮輔. 1983. リンゴの根原体による発根部位の検討. 農耕と園
芸. 38 (9) : 46-47.
- 菊地秀喜・川原田忠信. 1991. リンゴわい性台木 M.27 の黄化処理による挿木
繁殖. 宮城園試報. 8 : 1-15.
- Kim, Y., B. H. Howard and J. D. Quinlan. 1984. Growth responses to different
grafting and manipulating treatments in one-year-old fruit trees. J. Hort. Sci. 59
(1) : 23-33.
- Koike, H., H. Tamai, T. Ono and H. Komatsu. 1999. Apple growing in Japan.
Compact Fruits Tree. 32: 18-26.
- 小池洋男. 1993a. リンゴわい性台木樹の生育特性と生産構造に関する研究. 東
京農工大学連合大学院学位論文.
- 小池洋男・牧田 弘・塚原一幸. 1993b. リンゴ樹の生育に及ぼす ACLSV フリ
ーM.9 台木の影響. 園学雑. 62 (3) : 499-504.
- 小池洋男・宮川健一・塚原一幸. 1983. リンゴわい性台樹の整枝に関する研究
(第1報) 苗木の副梢(フェザー)発生に対する植物調節剤の効果. 長野
果試報. 1 : 10-20.
- 今喜代治・神戸和猛登. 1969. リンゴの苗木生育障害に関する研究Ⅲ. マルバ
カイドウの系統と分類. 秋田県果樹試験場報告. 1 : 5-9.
- 久米正明・藤根勝栄・小原 繁・石川勝規. 1996. 大規模リンゴ園の新改植にと
もなう早期成園化技術の開発. 平成8年度寒冷地果樹課題別検討会資料 :

265-266.

- Larsen, F. E. 1979. Chemical stimulation of branching in deciduous tree fruit nursery stock with ethyl 5- (4-chlorophenyl) -2H-tetrazole-2-acetate. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104 (6) : 770-773.
- Lombard, P. B., N. W. Callan, F. G. Dennis, Jr., N. E. Looney, G. C. Martin, A. R. Renquist, E. A. Mielke. 1988. Towards a Standardized Nomenclature, Procedures, Values, and Units in Determining Fruit and Nut Tree Yield Performance. HortScience. 23 (5) : 813-817.
- Masseron, A. 1983. Study and selection of Paradis Jaune de Metz, an apple rootstock. Colloque sur les recherches fruitieres. Resumes des communications. : 16-17.
- Masseron, A. 1989. Les principaux porte-greffe utilises. p.112-118. In: A. Masseron (eds.) . Les porte-greffe pommier, poirier et nashi. Ctifl. Paris.
- Masseron, A. and L. Roche. 1993. Deux selections de M.9 sans virus. L'Arboriculture Fruitiere. 464: 26-29.
- Maynard, B. K. and N. L. Bassuk. 1996. Effects of stock plant etiolation, shading, banding, and shoot development on histology and cutting propagation of *Carpinus betulus* L. *fastigiata*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121 (5) : 853-860.
- 長野県. 2001. 果樹指導指針. p. 100-126. 長野県・長野県経済連事業農業協同組合連合会. 長野.
- 小川晋一郎・佐藤陽子・高野隆志・杉本明夫. 1994. 大苗定植・樹勢調節によるカキ平核無の早期多収栽培に関する研究. 福井農試報. 31 : 33-44.
- 小野剛史・玉井 浩・小池洋男. 2000. ふじ/M.9 ナガノ/マルバカイドウのわい性台木部根量とマルバカイドウ切除後の苗木生育. 長野県園芸研究会第31回研究発表会講演要旨 : 17-18.
- 小野剛史・玉井 浩・前島 勤・臼田 彰. 2005. M.9 ナガノ台木を用いたリング‘ふじ’ (4~7 年生) の樹冠内光環境と, 着色系統を用いた着色管理の省力化. 長野県園芸研究会第36回研究発表会講演要旨 : 16-17.
- 大石 惇・町田英夫・細井寅三・塩原佳子. 1980. さし穂の光合成に関する研究 (第2報) ブドウの休眠枝ざしにおける見かけの光合成速度の変化. 園学雑. 48 () : 399-404.

- Ouellette, D. R. and E. Young. 1995. Lateral shoot development in six diverse seedling populations of apple. *Fruit Var. J.* 49 (4) : 248-254.
- Parry, M. S. 1980. Evidence of clonal variation and latent effect on the vigor of Cox' s Orange Pippin apple trees on M.9 rootstocks. *J. Hort. Sci.* 55 (4) : 439-440.
- Phillips, I. D. J. 1975. Apical Dominance. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 26: 341-367.
- Popenoe, J. and B.H. Barritt. 1988. Branch induction by growth regulators and leaf removal in 'Delicious' apple nursery stock. *HortScience.* 23 (5) : 859-862.
- Preston, A. P. 1966. Using feathers as primary branches on apple trees. Rep. E. Malling Res. Sta. for 1966: 211.
- Quamme, H. A. and R. T. Brownlee. 1990. Stool layering ability of thirty-one apple rootstock cultivars. *Fruit Var. J.* 44 (3) : 165-169.
- Quinlan, J. D. 1978. Chemical induction of lateral branches (feathers) . 1978. *Acta Hortic.* 65: 129-138.
- Quinlan, J. D. and A. P. Preston. 1978. The use of branching agents to replace hand pruning of young trees of Bramley's Seedling apple. *J. Hort. Sci.* 53: 39-43.
- Reid, O. 1922. The propagation of camphor by stem cuttings. *Trans. & Proc. Bot. Soc. Edinburgh.* 28: 184-188.
- Robinson, T. L., A. N. Lakso and Z. Ren. 1991. Modifying apple tree canopies for improved production efficiency. *HortScience.* 26 (8) : 1005-1012.
- Robinson, T. L. 2003. Achieving a balance between vegetative growth and cropping. *Compact Fruit Tree.* 36: 33-36.
- Robinson, T. L. and S. A. Hoying. 2003. Descriptions of Orchard Planting System. *Compact Fruit Tree.* 36: 50-64.
- Sanders, M. J. 1994. Replanting. p. 23-30. Okanagan valley tree fruit authority. Kelowna.
- Shepherd, U. M. 1978. Effect of tree quality at planting on orchard performance. Rep. E. Malling Res. Sta. for 1978: 40.
- Smith, N.G., and P. F. Wareing. 1972. The rooting of actively growing and dormant leafy cuttings in relation to endogenous hormone levels and photoperiod. *New Phytol.* 71 (3) : 483-500.

- 玉井 浩・小野剛史・小池洋男・茂原 泉・飯島彰彦. 2002a. リンゴ台木 M.9 の4系統の形態的特性と M.9 ナガノの取り木繁殖. 園学研. 1(4):241-244.
- 玉井 浩・小野剛史・小池洋男・茂原 泉. 2002b. 密植条件における M.9Nagano 台木樹‘ふじ’と M.9Nagano/マルバカイドウ中間台木樹‘ふじ’の生育と果実特性の比較. 園学雑. 71 (5): 670-674.
- Tetsumura, T., R. Tao and A. Sugiyama. 2001. Factors affecting rooting of Japanese persimmon hardwood cuttings. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 70 (2) : 163-169.
- 外崎武範・斎藤貞昭. 1986. リンゴ1年生樹の生育に対する根量, 切返し高及び BA 処理の影響. 東北農業研究. 39 : 211-212.
- Tukey, H. B. 1964. Dwarfed fruit trees. p. 225-275. Cornell university press. New York.
- 土屋七郎. 1998. マルバカイドウの由来と系統特性. 果樹種苗. 72 : 1-6.
- van der Lek, H. A. A. 1934. Over den invloed der knoppen op de wortelvorming der stekken. Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen. 38: 95.
- van Oosten, H. J. 1977. Growth and yield of Golden Delicious on M.9a and on three other M.9 rootstock sources. Acta Hortic. 75: 157-161.
- van Oosten, H. J. 1978. Effect of initial tree quality on yield. Acta Hortic. 65: 123-127.
- van Oosten, H. J. 1979. Research on culture in fruit tree nurseries. Rept. Wilhelminadorp Res. Sta. 1978. :21-22.
- van Oosten, H. J. 1986. Intracloonal variation in M.9 rootstock and its effects on nursery and orchard performance. Acta Hortic. 160: 67-78.
- van Oosten, H. J. and J. M. de Groene. 1980. Onderstamdikte en boomkwaliteit. Fruitteelt. 70: 230-231.
- Waldner, W. 1995. Present trends in planning, establishing and managing apple orchards in the south tyrol, Italy. Compact Fruit Tree. 28: 15-21.
- Waterman, P., E. J. Hogue, H. Quamme. 1993. Tree Fruit Home Nurseries. p. 11-20. Okanagan Valley Tree Fruit Authority.
- 渡辺茂雄・石橋寛己・佐久網章・猪野洋子. 果樹つぎ木における穂木・台木の大きさが苗木の生育に及ぼす影響. 1982. 千葉原農研報. 4 : 11-17.

- Webster, A. D. and M. Hollands. 1999. Orchard comparisons of 'Cox's Orange Pippin' grown on selections of the apple rootstock M.9. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 74 (4) : 513-521.
- Webster, A. D., S. P. Vaughan, A. S. Lucas, J. E. Spencer and C. J. Atkinson. 2003. Effects of tree age at planting, root manipulation and treckle irrigation on growth and cropping of apple (*Malus pumila*) cultivar Queen Cox on M.9 rootstock. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 78 (5) : 680-688.
- Webster, A. D. and S. J. Wertheim. 2003. Apple rootstocks. p. 91-124. In: D. C. Ferree and I. J. Warrington (eds.) . *Apples: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing. Wallingford. UK.
- Webster, C. A. and O. P. Jones. 1992. Performance of field hedge and stoolbed plants of micropropagated dwarfing apple rootstock clones with different degrees of apparent rejuvenation. *J. Hort. Sci.* 67 (4) : 521-528.
- Webster, T. 2002. Dwarfing Rootstocks: Past, Present and Future. *Compact Fruit Tree.* 35 (3) : 67-72.
- Werth, K. 2003. The latest apple production techniques in sputh tyrol, Italy. *Compact Fruit Tree.* 36 (2) : 50-51.
- Wertheim, S. J. 1978. Manual and chemical induction of side-shoot formation in apple trees in the nursery. *Sci. Hort.* 9: 337-345.
- Wertheim, S. J. 1988. M.9-Klonen belangrijk. *Die Fruiteelt.* 1: 10-11.
- Wertheim, S. J. and E. N. Estabrooks. 1994. Effect of repeated sprays of 6-benzyladenine on the formation of sylleptic shoots in apple in the fruits-tree nursery. *Sci. Hortic.* 60: 31-39.
- Wertheim, S. J. 1997. Useful differences in growth vigor between subclones of the apple rootstock M.9. *Acta Hortic.* 451: 121-128.
- Wertheim, S. J. and A. D. Webster. 2003. Propagation and nursery tree quality. p. 125-151. In: D. C. Ferree and I. J. Warrington (eds.) . *Apples: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing. Wallingford. UK.
- Williams, M. W. and E. A. Stahly. 1968. Effect of cytokinins on apple shoot development from axillary buds. *HortScience.* 3 (2) : 68-69.

Wilton, J. 2001. Apple Production Trends in Europe. *Compact Fruit Tree*. 34 (1) : 29-31.

横田 清. 1981. リンゴ幼木の生育と着果におよぼすベンジルアデニン (BA) の効果. *植物の化学調節*. 16 (1) : 45-50.

吉田義雄・羽生田忠敬・別所英男・土屋七郎・副島淳一・増田哲男・小森貞男・真田哲朗・伊藤祐司・定盛昌助・檜村芳記. 1997. リンゴわい性台木の新品種 'JM1', 'JM7', 'JM8'. *園学雑*. 66 (別 1) : 184-185.

吉岡四郎・石田時昭. 1982. 架線方式によるナシ大苗の育成法. *千葉農試報*. 23 : 49-57.

Young, M. J. and M. N. Westwood. 1975. Influence of wounding and chilling on rooting of pear cuttings. *HortSci*. 10 (4) : 399-400.