

二十世紀ナシの特殊整枝法における 異常葉の発生に関する研究

熊 代 克 巳

信州大学農学部 果樹園芸学研究室

目 次

第1章 序 論	332	第4節 亜鉛、ホウ素および珪カルの 施用と異常葉の発生との関係	365
第2章 症状および果実の収量・品質への 影響	332	第5節 摘葉、断根および剪定の程度 と異常葉の発生との関係	367
第1節 葉 の 症 状	333	第6節 考 察	368
第2節 枝 の 症 状	336	第7節 摘 要	369
第3節 果実の症状	338	第7章 生長調節物質と異常葉の発生と の関係	369
第4節 果実の収量および品質への影響	338	第1節 正常枝および異常枝の先端に おける生長調節物質含量の相違	369
第5節 考 察	339	第2節 IAA, ジベレリン, TIB Aおよび B995の処理が異常葉 の発生に及ぼす影響	371
第6節 摘 要	340	第3節 ナシの葉片の生長に及ぼすア デニン, カイネチン, ジベレリ ンおよび IAAの効果	372
第3章 整枝法と異常葉の発生との関係	341	第4節 異常樹に対するカイネチン, ジベレリン, アデニンおよび I AA処理の効果	374
第1節 整枝法の相違が樹体の生育に及 ぼす影響	341	第5節 考 察	374
第2節 枝の伸長量と異常葉の発生との 関係	342	第6節 摘 要	375
第3節 枝の切返し剪定と異常葉の発生 との関係	346	第8章 紫外線のしや断および摘葉処理 と異常葉の発生との関係	375
第4節 考 察	349	第1節 ガラス室栽培による異常葉の 発生防止および異常樹の早期回 復	375
第5節 摘 要	350	第2節 種々の被覆処理と異常葉の発 生との関係	377
第4章 品種、採穂母樹および台木の相違 と異常葉の発生との関係	350	第3節 枝の先端部の摘葉が異常葉の 発生に及ぼす影響	380
第1節 他品種における異常葉の発生 の有無	350	第4節 考 察	380
第2節 採穂母樹の相違による異常葉の 発生の難易	351	第5節 摘 要	381
第3節 台木および中間台の相違による 異常葉の発生の難易	352	第9章 組織化学的診断法	382
第4節 摘 要	353	第1節 葉内のポリフェノール含量の 相違	382
第5章 異常症状の伝染性および永続性	353	第2節 組織等電点の相違	383
第1節 異常症状の伝染性	353	第3節 摘 要	386
第2節 異常症状の永続性	355	第10章 総合考察および防除対策	386
第3節 考 察	358	第11章 総 摘 要	388
第4節 摘 要	359	引用文 献	389
第6章 栄養状態の相違と異常葉の発生と の関係	359	Summary	393
第1節 整枝法の相違と樹体の生育およ び成分組成との関係	359		
第2節 長枝の先端部と中央部の葉内要 素含量の相違および正常葉と異常 葉の要素含量の相違	361		
第3節 肥料三要素の施用量の相違と異 常葉の発生との関係	362		

本論文は京都大学審査学位論文を印刷したものである。

第1章 序 論

長野県伊那地方においては、1949年ごろから、二十世紀ナシの増植がさかに行なわれた。そしてそれらの新植樹はほとんどすべて、地元のナシ栽培の先覚者である桃沢匡勝氏の考案した新しい整枝法⁴³⁾を採用してきた。その新しい整枝法は、苗を植付け後約3年間、主枝候補枝を直立誘引して切返し剪定を行なわずに伸長させ、まっすぐに強固な主枝を早期に完成させるのが特色の一つである。

しかるに、その整枝法を二十世紀ナシに適用した場合、植付け後3年目ごろから、主枝の延長枝に原因不明の異常葉の発生することがあり、異常葉の発生した枝は生長が不良であるばかりでなく、その枝からは以後毎年継続して異常葉が発生するので、樹形の完成および生産に大きな支障をきたすようになった。

伊那地方でこの障害が発生し始めたのは、1952年からであるといわれ⁴¹⁾、翌1953年からは、伊那地方全域に大発生するようになった。筆者が1957年に、上伊那郡下で標高、土質などを異にする新植ナシ園32か所を選んで異常葉の発生率を調査したところ、全部の園に発生が認められ、樹別調査においては86%の樹に、また主枝および亜主枝別の調査では47%の枝に異常葉が発生していた。三浦氏ら⁴¹⁾は下伊那郡松川町における調査から、幼木での発生率は37%であつたと報告している。なお、成本においてもまれに異常葉の発生が認められたが、その発生部位は、いずれも主枝あるいは亜主枝の更新に際して桃沢式の整枝法をとり入れた部位であつた。

当初は伊那地方に特有の障害ではないかと見られていたが、その後、桃沢式の新しい整枝法が全国的に普及するにつれて、この障害もまた全国各地で発生するようになった。

桃沢氏⁴⁴⁾は、伊那地方における実態調査から、この障害は樹勢のおう盛な樹および枝ほど発生率が高く、その際に枝の先端を切返し剪定した場合には発生率の低いことを指摘しているが、いつたん発生した樹に対する防除対策および発生原因についてはまったく不明であるとしている。この障害についてはそのほかに、永井氏ら⁴⁵⁾、高馬氏ら²²⁾および三浦氏ら⁴¹⁾の報告があるが、主として症状、伝染性、葉内要素含量などについて述べたもので、発生原因および防除対策に関する研究はこれまでほとんど行なわれていない。

本障害の名称については、まず桃沢氏⁴⁴⁾が「二十世紀ナシの異常生長」とよんだのに対し、永井氏ら⁴⁵⁾は「二十世紀ナシの変葉病」という仮称を用い、北島氏ら²¹⁾もその著書に変葉病という仮称で紹介している。現在、伊那地方の生産者の間では、異常生長および変葉病の両方の呼び名が通用している。筆者は、本障害の内容を表現するのに、どちらの名称も適当でないように思われたので、それらの使用をさけ、内容を具体的に表現することに重点をおいて、表記のような題目のもとに報告を行なつてきた^{24, 25, 26)}。なお、最近三浦氏ら⁴¹⁾は、それまで使用してきた変葉病という名称をやめて「二十世紀ナシ変葉現象」と改称している。いたずらに名称をふやすことは混乱を生じやすいので名称の決定は、広く識者の意見を聞いた上で慎重に行なうべきだと考えている。

第2章 症状および果実の収量・品質への影響

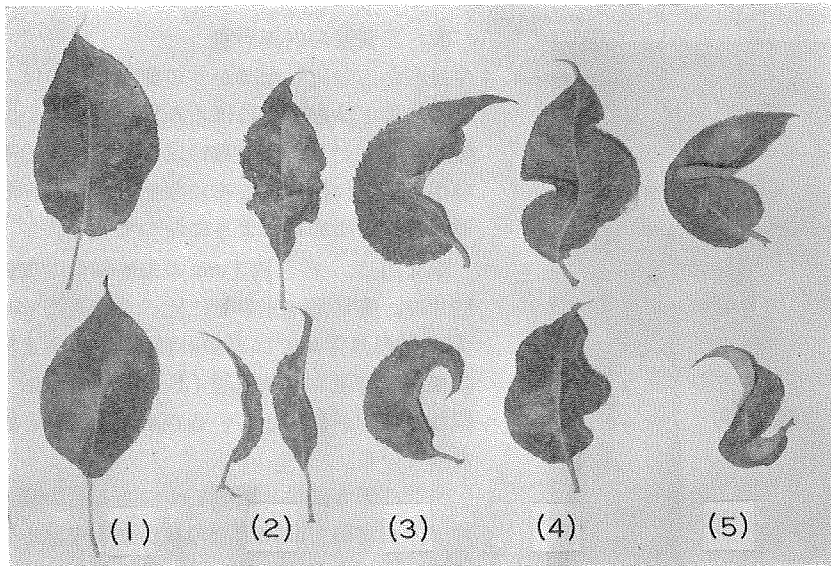


Fig. 1. Various types of abnormal leaves.
(1)-normal, (2)~(5)-abnormal.

第1節 葉の症状

1. 異常葉の外部形態

第1図は、信州大学農学部附属農場で採集した種々の形の異常葉を示したものであるが、それらのうち最も代表的なものは(2)の形のもので、葉身がい縮してきわめて細く、肉厚で、表面に凹凸があり、葉質がかたくて折れやすい。(2)の下段は、葉身全体がい縮しているが、上段のように、葉身の基部から中央部がい縮して、先端部は正常葉とほとんど変わらないものもある。そのほか、(3)のように、主脈を中心として片側だけがい縮しているものが認められ、また(4)のように、主脈付近のみがわずかにい縮しているために葉縁にひだを生じているものや、(5)のように、主脈が湾曲しているものが、かなり多く認められる。

そして、著しくい縮した葉には、第2図に示すような、モザイク症状が認められる。

なお、これらの異常葉は、展開しつつある若葉の時期には、第3図に示すように、葉身の全体あるいは部分的に毛が欠けていて光沢があり、濃緑化するのが早いなどの点で、正常葉と容易に識別することができる。

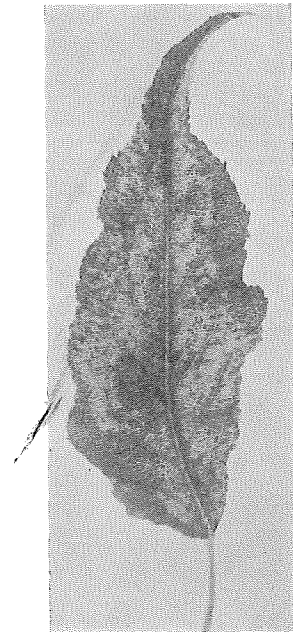


Fig. 2. Mosaic symptoms in abnormal leaf.



Fig. 3. Abnormal symptoms in developing leaf. Left-normal, right-abnormal.

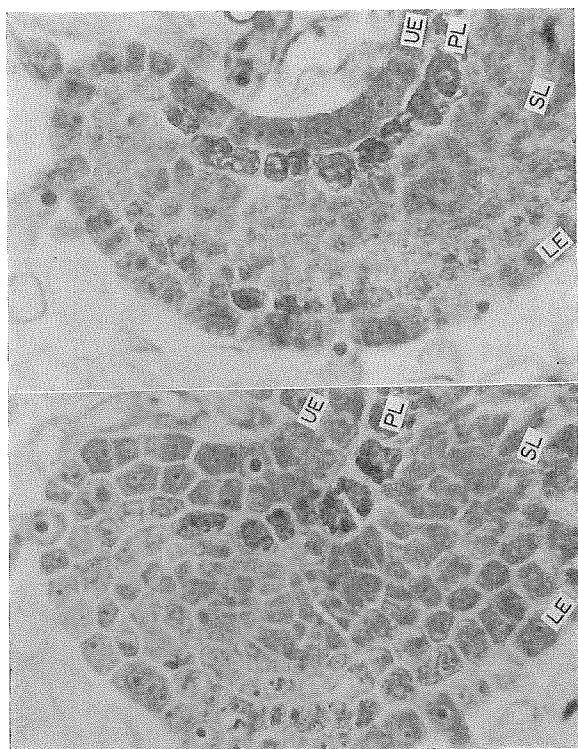


Fig. 4. Transverse sections of young leaves of Nijisseiki pear. Upper-normal, lower-abnormal. (UE-upper epidermis, PL-palisade layer, SL-spongy layer, LE-lower epidermis)

2. 異常葉の内部形態

生長点から分化したばかりの葉の原基では、正常葉と異常葉とは形態的にほとんど相違がないが、葉の原基の長さが2 mmぐらいになつて主脈の両側に葉身が形成され始めるころになると、両者の形態的相違がしだいにめいりようになってくる。

第4図は、長さ約1 cmの未展開葉の葉縁の横断切片で、異常葉は正常葉に比べて細胞層の数が多く、特に異常葉では表面の表皮(UE)と将来さく状組織に発達する細胞層(PL)との間に、表皮に似た細胞層が存在している点が、正常葉と顕著に異なっている。

つぎに第5図は、展開しつつある若い葉の横断切片で、正常葉では細胞層の数が維管束部を除いてはほぼ10層であるのに対して、異常葉ではほぼ12層存在している(異常葉の細胞層の数は場所によつて異なるが、だいたい11~13層である)。そして、前図

でも指摘したように、表面の表皮の内側に、葉緑体を含まない表皮に似た特異な細胞層の存在することがめいりように認められる(この特異な細胞層は、ときには裏面の表皮の内側にも認められることがあり、またこの特異な細胞層の代りに、葉緑体をもつさく状組織層が正常葉よりも数多く存在する場合がある)。また、正常葉の表皮細胞がまだ縦に長い形をしているのに対して、異常葉の表面の表皮細胞は成熟葉でみられるような横に長い形を呈している。これはおそらく、表皮細胞が異常に早く分裂を停止したために、内部の葉肉組織の発達につれて早くから横に強く引張られたものと思われる。なお、クチクラ層が正常葉ではまだじゅうぶん発達していないが、異常葉ではすでにかなりの厚さに発達してい

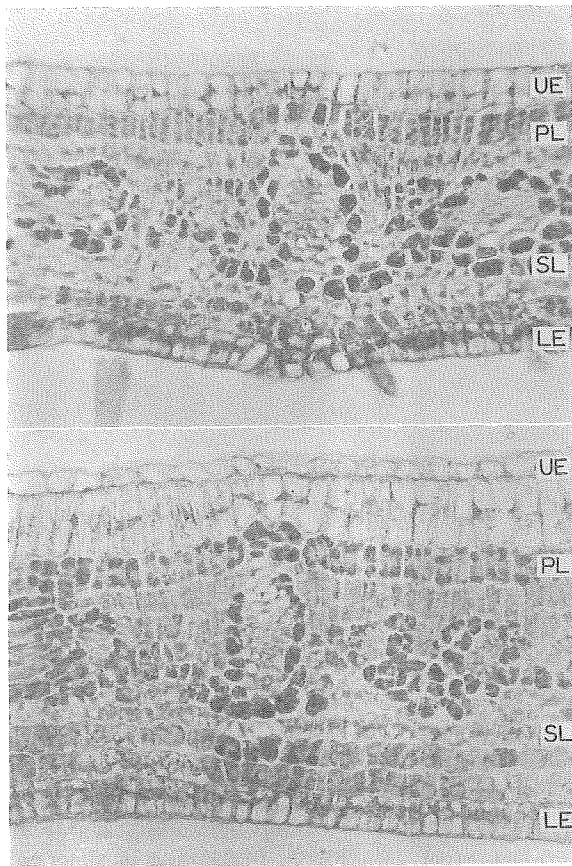


Fig. 5. Transverse sections of developing leaves of Nijisseiki pear. Upper-normal, lower-abnormal. (UE-upper epidermis, PL-palisade layer, SL-spongy layer, LE-lower epidermis)

る。その他、維管束組織などには正常葉と異常葉との間に特別な相違点は認められない。

第6図は、成熟葉の横断切片で、異常葉のほうはモザイク症状の淡緑色と濃緑色との境界の部分である。異常葉の左の部分は、表皮の内側に葉緑体を持たない特異な細胞層が存在し、表面からみると淡緑色にみえる部分であり、右の部分は、さく状組織が正常葉よりも一層多く存在し、表面からみると濃緑色に見える部分である。なお、異常葉では正常葉に比べて、クチクラ層が厚く、またさく状組織および海綿状組織の細胞がより密につまっているのが観察される。成熟葉の厚さは、正常葉が約0.18 mmであるのに対して、異常葉では0.2~0.3 mmである。

なお念のために、生長点近くのごく若い葉について、おしつぶし法で染色体数を調査したが正常葉および異常葉ともに $2n=34$ で差はなかった。

3. 節位別の葉面積および異常

葉の発生し始める節位

本障害においては、新梢上の葉がすべて異常を呈するのではなく、第7図にみられるように、基部の数枚の葉は正常であり、中央部の葉が極端に奇形を呈し、そして先端に近づくにつれて奇形度が軽微になつてくる。そして、毎年こういう経過が繰り返される。

異常葉の発生し始める節位を、信州大学農学部のナシ園の異常枝100本について調査したところ、大部分のものが基部から数えて8~10節目から異常葉が発生していた。そして、異常葉の発生が肉眼で認められ始める時期は、ほう芽後40~45日ごろからであつた。なお、ガラス室内で加温して生育を促進させたような場合でも、異常葉が発生する節位はほ場の場合と同じであつた。

また、前記ナシ園で、正常枝および異常枝を20本ずつ選んで節位別の葉面積を測定した結果は、第8図に示すとおりである。それによると、まず正常枝では、第1節から第6節にかけて葉は急激に大きくなり、第6節を頂点として第7節から第9節にかけては葉が小さくなり、第11節から第15節にかけてふたたび葉が大きくなり、第15節以後の葉は最上位の葉を

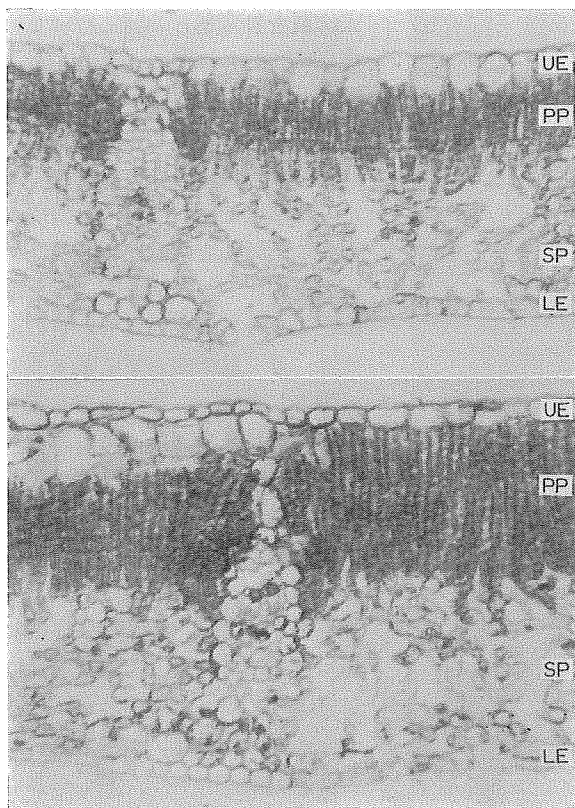


Fig.6. Transverse sections of mature leaves of Nijisseiki pear. Upper-normal, lower-abnormal. (UE-upper epidermis, PP-palisade parenchyma, SP-spongy parenchyma, LE-lower epidermis)

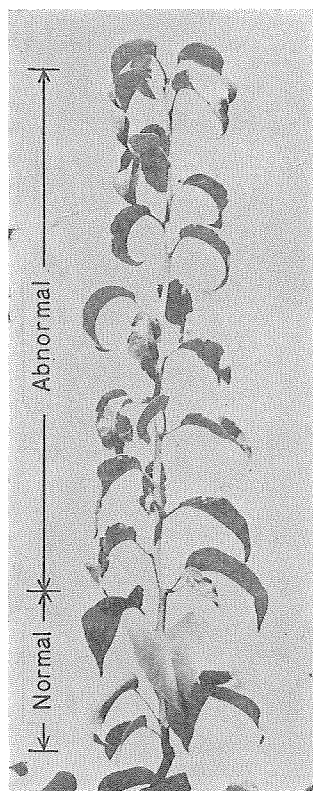


Fig.7. Distribution of abnormal leaves on a disordered shoot.

除いて面積に大差がない。一方異常枝では、第1節～第8節の葉は正常枝の葉とほとんど同じ大きさであるが、第9節以後は異常葉が発生して葉面積が急激に小さくなっている。そして、第13節目までの葉は極端に小さいが、第14節目以後は葉面積がしだいに大となり、枝の頂端に近い第24～26節の葉は正常枝の葉と面積に大差がない。全体を通じて両者に共通しているのは、第6節に極大葉が、そしてほぼ第9・10節に極小葉が着生している点である。

なお、異常枝の基部に着生している正常葉の枚数は、ちょうどほう芽前の芽の中すでに分化している葉の原基の数に一致している。

第2節 枝の症状

枝には葉のような顕著な異常症状は認められないが、異常葉が発生した枝は正常枝に比べて生長が劣り、はなはだしい場合には異常葉が発生し始めると同時に生長が停止してしまう。第9図は、同一樹内における正常な垂主枝と、数年前から異常葉が発生している垂主枝とを示したもので、後者のほうが貧弱で發育枝の発生が少ない。

なお、異常枝を注意深く観察すると、若い時期に第10図に示すような毛を欠いた条斑の認

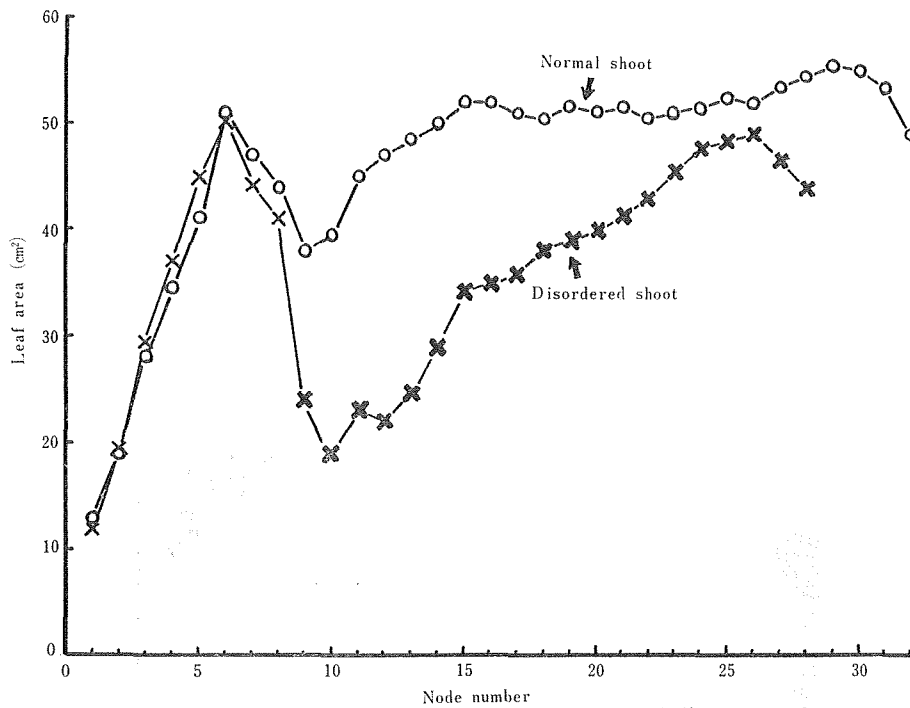


Fig. 8. Area of leaves on each node of normal and disordered shoots of Nijisseiki pear.

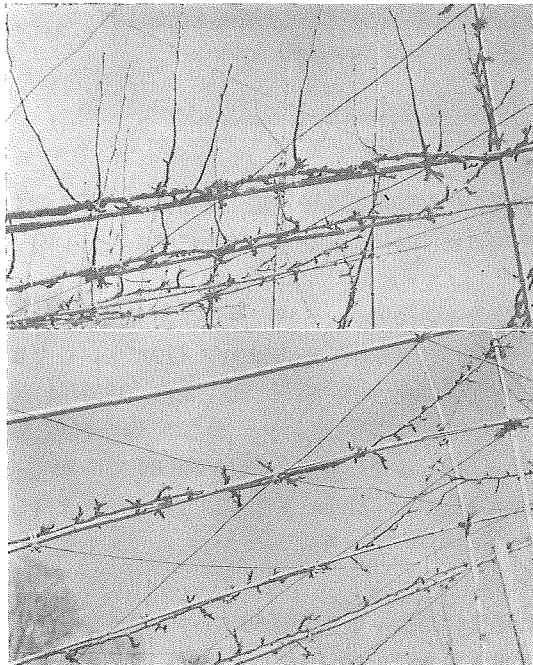


Fig. 9. Normal (upper) and disordered (lower) branches in the same Nijisseiki pear tree before pruning.

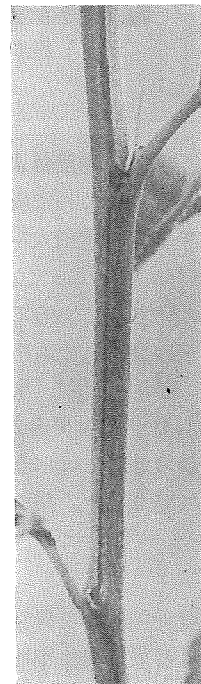


Fig. 10. Striped symptoms in a disordered shoot.

められることがあり、老熟したものではかつ色の条斑の認められることがある。表皮以外の内部組織にはほとんど異常は認められない。また、異常枝上の芽は正常枝の芽に比べてやせて小さい。

第3節 果実の症状

異常枝に着生した果実の中には、第11図に示すように、部分的に果点を欠いたり、かつ色さび状の条斑を有するものがある。花および幼果の時期にも、注意深く観察すると、花たくおよび花（果）こうに縦に毛を欠いた条斑の認められることがある。しかし、表皮以外の内部組織にはほとんど異常は認められない。

また、異常果は正常果に比べて小さく、果形がやや腰高である。味、肉質などには顕著な相違はない。

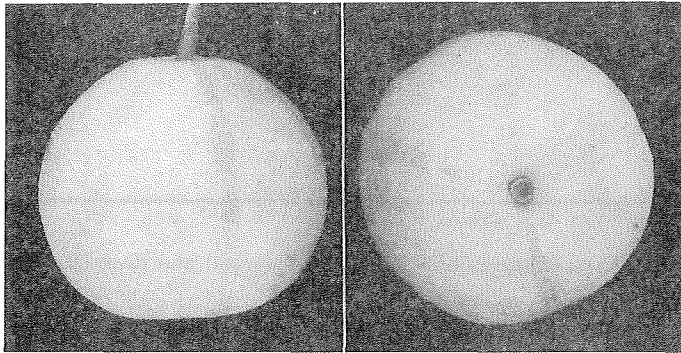


Fig. 11. Striped symptoms in abnormal fruits.

第4節 果実の収量および品質への影響

異常葉の発生によつて経済的にどの程度の損失があるかを正確にとらえることはむずかしいが、参考までに信州大学農学部附属農場における調査例を示すことにする。

1. 材料および方法

農場に栽植されている二十世紀ナシ25樹のうち代表的な5樹を選び、亜主枝別に健全なものと異常葉の発生したものに分けて、1956年（8年生）から1960年（12年生）まで5年間の、頂枝の平均伸長量、果実収量および異常果の発生率を調査した。また、1959年に収穫した正常果および異常果各20果ずつについて、糖ならびに酸含量、および果肉硬度を調査した。糖含量の分析にはペルトラン法を用い、酸含量は、果汁を0.1N NaOHで中和滴定後、リンゴ酸に換算した。果肉硬度の測定にはMagness・Tairar型果肉硬度計をやや改良したものをを用いた。

2. 結 果

正常な亜主枝および異常葉の発生した亜主枝における5年間の頂枝の平均伸長量、果実収量および異常果の発生率は、第1表に示すとおりである。それによると、異常葉が発生した亜主枝は正常な亜主枝に比べて、枝の伸長量が24%、そして果実収量が29%少ない。各枝共、

Table 1. Growth of terminal shoots, yield and rate of development of abnormal fruits in normal and disordered branches of Nijisseiki pear

	No. of branches	Average length of terminal shoots (cm)	Total no. of fruits per branch ¹⁾	Percent of abnormal fruits	Total yield per branch (kg) ¹⁾	Average weight of fruits (g)	Average weight of normal fruits (g)	Average weight of abnormal fruits (g)
Normal branch (Index)	54	87 (100)	509 (100)	0.0	135.6 (100)	267 (100)	—	—
Disordered branch (Index)	51	66 (76)	381 (75)	24.8	97.8 (71)	257 (96)	263 (99)	239 (90)

1) Sum for five years.

Table 2. Contents of sugar and acid, and firmness of normal and abnormal fruits of Nijisseiki pear

	Total ¹⁾ sugar	Reducing ¹⁾ sugar	Non-reducing sugar ¹⁾	Ratio, N-R.S./R.S. ²⁾	Acid ¹⁾ (as malic)	Ratio, sugar/acid	Firmness (kg/cm ²)
Normal fruit	10.03	6.63	3.40	0.51	0.175	57.3	3.7
Abnormal fruit	10.24	6.55	3.69	0.56	0.168	61.0	3.5

1) g/100ml of juice, 2) Ratio of non-reducing sugar to reducing sugar.

葉数に応じて摘果したために、平均果重では大差がない。なお、異常葉の発生した亜主枝に成った果実が全部異常果になるのではなくて、第11図のような顕著な異常症状が認められるのは約25%である。このような果実は、正常果に比べて小さく、そして選果の際、当然等級が下げられる。

正常果および異常果の成分組成および果肉硬度は、第2表に示すとおりである。それによると、両者の成分組成には大差はなく、強いていえば、異常果のほうが糖分含量および非還元糖率がやや高く、酸含量がやや低く、したがって甘味比が高い。また、果肉硬度は異常果のほうがやや低い。

第5節 考 察

本障害における異常葉の症状は、ウイルス病において一般的に認められる症状と共通点が多い^{13, 49, 58)}、また亜鉛、ホウ素などの微量要素が欠乏した場合に認められる症状にも似ている点が多い^{5, 50)} から、これらの面からの研究が必要であるように思われる。さらにまた、枝や果実（花）に条斑が認められたり、葉も含めて組織の異常が比較的表層部に限られており、中心部の組織にはほとんど異常が認められないなどの点から、一種の層状キメラではないかとの考えも生れる^{8, 53)}。しかし、異常枝に着生した葉がすべて異常を呈するのではなくて、生長開始後しばらくは正常葉が発生し、8～10節目から異常葉が発生し始めるという現象を考えると、これらの推察はかならずしも当をえていないようにも思われる。

異常葉の発生し始める節位ないし時期が毎年ほぼ一定していることは、本障害の特色であ

るが、異常枝上において異常葉が発生し始める節位は、正常枝において極小葉が着生する節位と一致している。そして、その節位の葉が生長する時期は、いわゆるナシの養分転換期といわれている時期¹²⁾に当たっているように思われる。つまり異常枝においては、ほう芽後前年からの貯蔵養分によつて生長が行なわれる時期には正常葉が展開し、貯蔵養分が極度に減少する時期になると異常葉が発生し始め、その後樹体内にふたたび貯蔵養分が蓄積され始めるころになると、葉の異常の程度がしだいに軽微になるという経過をたどるように思われる。このことからすると、異常葉の発生はやはり樹の栄養生理と密接な関係があるように思われる。

異常葉と正常葉の内部組織における最も顕著な相違点は、異常葉では細胞層の数が多く、そして部分的に表皮の直下に表皮に似た細胞層が存在している点である。表皮細胞は、ふつう表面と垂直方向(anticlinal)にしか分裂せず、上下各一層だけであるが、ある種の斑葉植物においては、原表皮が表面と平行方向(periclinal)にも分裂して、その結果葉身に白色部が生じると報告されている¹⁰⁾。本障害の異常葉における表皮直下の特異な細胞層もおそらく表皮起源のものであらうと思われる。そして、それが発生する時期はかなり早く、葉軸から葉身が分化し始める時期に、すでに葉縁分裂組織のすぐそばに2層の原生表皮細胞が認められる。異常葉では表皮のみでなく、さく状組織および海綿状組織の細胞層の数も正常葉に比べて多い場合があるが、これも平行方向の分裂が異常に進行したためであらう。それに対して異常葉では垂直方向の分裂が劣り、とくに表皮では分裂が異常に早く停止し、そのために葉面積が小さくそして葉肉に細胞がより密につまっているのではないかと思われる。

異常葉の発生した枝は、その後も毎年継続して異常葉が発生し、正常な枝に比べて生長がかなり劣り、果実収量も少ない。そして異常枝に結実した果実は、すべてではないが、果皮に特異な異常症状の認められるものがあり、それらは食味の点では正常果と相違がないのでじゅうぶん販売に供しうるが、選果に際しては当然等級が下げられる。それが永年にわたつて継続すれば、経済的損失はかなり大きいと思われる。

第6節 摘 要

1. 異常葉の代表的な外部形態は、早くから毛を欠き、葉身が細く肉厚で、葉質がかたく、そして不鮮明なモザイク症状が認められる。
2. 異常葉の内部形態は、生長点付近では正常葉と相違がなく、葉軸から葉身が分化し始めるころから異常が認められ、濃緑部にはさく状組織層が、そして淡緑部には表皮類似の細胞層が正常葉よりも1~2層多く存在する。通導組織には変化がなく、また染色体数にも差がない。
3. 異常枝上の葉のすべてが奇形を呈するのではなくて、基部の葉は正常であり、8~10節目から急に顕著な異常葉が発生し、その後先端部にいくにしたがつて異常の程度はしだいに軽微になる。そして毎年このような経過をくりかえす。
4. 異常葉の発生した枝は、生長が劣り、表皮に条斑の認められることがある。
5. 異常葉の発生した部分に成つた果実は、小さく、果形が腰高で、部分的に果点を欠いたりさび状の条斑を有するものがあるが、果皮以外の組織には変化がない。
6. 異常葉の発生した枝は、正常な枝に比べて果実収量が約30%劣り、そして前者に結実した果実のうち約25%が顕著な異常果である。しかし、異常果の食味は正常果とほとんど差

がない。

第3章 整枝法と異常葉の発生との関係

第1節 整枝法の相違が樹体の生育に及ぼす影響²⁷⁾

1. 桃沢式整枝法と従来の整枝法との幼木時代におけるおもな相違点

いわゆる桃沢式整枝法と従来の整枝法との幼木時代におけるおもな相違点は、第12図に示すように、従来は最初から主枝候補枝を棚付け方向へ斜立誘引したのに対して、桃沢式では植付け後約3年間は主枝候補枝を垂直誘引し、4年目にはじめて棚付けする（ただし棚付け後も主枝延長枝は垂直誘引する）。そして桃沢式では、主枝候補枝をおう盛に伸長させるためにそのほかの枝の伸長を極力おさえ、主枝候補枝には原則として切返し剪定を行なわない。そうすることによつて、従来の整枝法に比べて、まづすぐで強固な主枝を早く完成させることができる。

さて、ここで述べた桃沢式整枝法というのは、桃沢氏が最初に構想を発表した⁴³⁾ころの幼木時代の整枝法を指しており、現在の桃沢式整枝法は、異常葉の発生を防止するために、幼木時代の整枝法が当初とは多少異なつてきている。そこで、以下の文中では、異常葉の発生

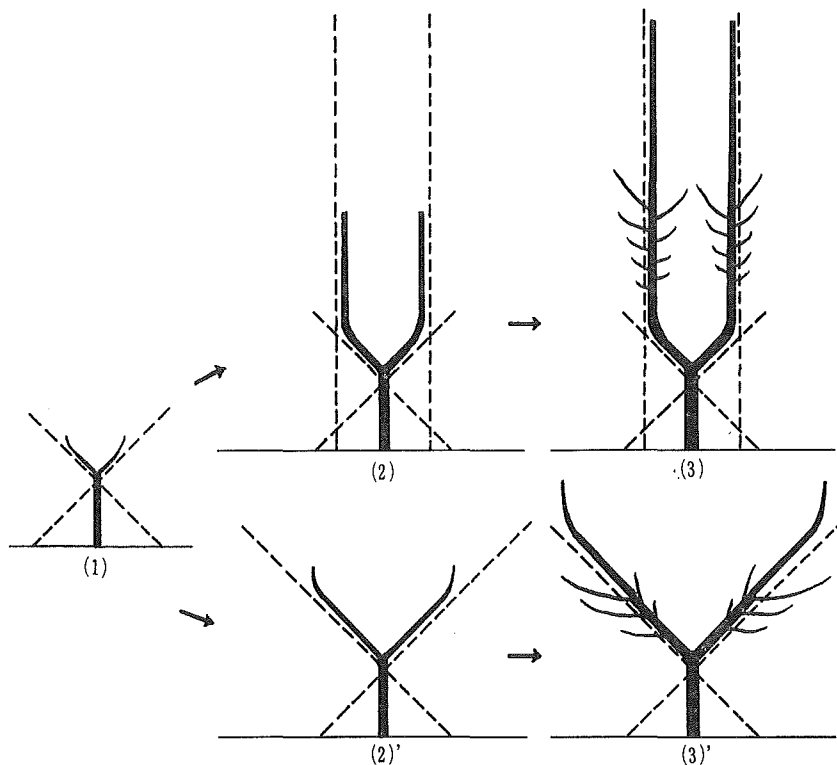


Fig. 12. Diagrammatic representation of tree forms in young stages of Japanese pears.

(1)~(2)~(3)-Momozawa's vertical training system,
(1)~(2)'~(3)'-customary oblique training system.

のいとぐちになつた当初の桃沢式の幼木整枝法に対して主枝直立誘引法、そして従来の幼木整枝法に対して主枝斜立誘引法とよぶことにする。

2. 整枝法の相違が樹体の生育に及ぼす影響および異常葉発生の確認

(1) 材料および方法

信州大学農学部の実験ほ場に、二十世紀ナシの1年生苗8本を3.6mの間隔で正方形植に定植し、4本ずつ主枝直立誘引法および主枝斜立誘引法を用いて、4年間栽培し、樹体の生育量および果実収量を調査した。

栽植地の土壌は、火山灰土壌で、腐植質に富む黒色植壤土が深さ約30cmまで存在し、深さ約40cm以下は黄かつ色植壤土であつた。

肥料としては、植付け前に1樹あたり炭カル 8kg、熔成リン肥 2kg ずつ施用し、その後窒素およびカリを1樹あたり、第1年目には30g ずつ、第2年目には60g ずつ、第3年目および第4年目には120g ずつ、硫酸、尿素および塩化カリを用いて施用した。

各樹共、植付け後3年目にわずかずつ開花したが結実させず、翌4年目には3頂芽に1果ずつの割合で結実させた。

その他の管理は、すべて慣行法に従つた。

(2) 結 果

主枝直立誘引法を用いて栽培した樹は、植付け後2年目までは異常葉は発生しなかつたが、3年目になつて、合計12本の主枝延長枝のうち9本に異常葉が発生した。そして第13図に示すように、前年までおう盛に生育した枝に異常葉が発生し（矢印）、生育が比較的貧弱であつた枝のみが正常であつた。翌4年目には、前年に異常葉が発生した枝からは引続いて異常葉をもつた枝が発生し、さらに前年まで正常であつた3本の主枝延長枝にも異常葉が発生した。

一方、従来の主枝斜立誘引法で栽培した樹には、異常葉はまったく発生しなかつた。

なお、両整枝法を用いて4年間栽培した場合の樹の生育量および果実収量は第3表に示すとおりである。

それによると、2年生枝および1年生枝を除いて、主枝直立樹のほうが生育量が顕著にす

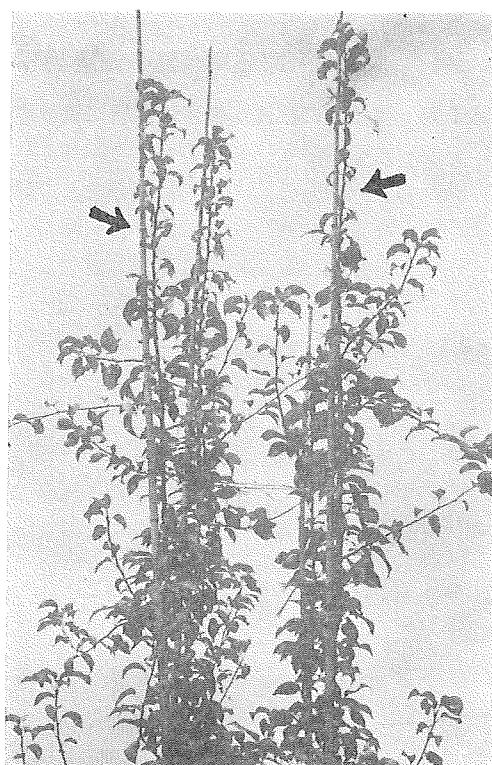


Fig. 13. Development of abnormal leaves (indicating by arrows) on main shoots of Nijisseiki pear grown vigorously.

Table 3. Effects of training system on growth and yield of Nijisseiki pears (5-year-old trees)

	Weight of trunk (g)	Weight of 4- year-old branches (g)	Weight of 3- year-old branches (g)	Weight of 2- year-old branches (g)	Weight of shoots (g)	Total top weight (g)	Trunk girth (cm)	Length of main shoot (cm)	Yield per tree (kg)
Vertical training tree	912	1,264	2,052	1,470	952	6,650	16.4	410	11.6
Oblique training tree	770	839	1,520	1,238	1,217	5,638	15.0	318	5.7
Significance of difference	*	**	**	N. S.	N. S.	*	*	**	**

*=Significant at 5 % level. **=Significant at 1 % level. N. S. =No significant.

ぐれており、果実収量もまた主枝直立樹のほうが多い。2年生枝および1年生枝の重量が両者の間に有意差がなかったのは、主枝直立樹においては、植付け後3年目から主枝に異常葉が発生して生長が減退したことで、4年目における着果による負担が主枝斜立樹より大であったことなどが原因していると思われる。もし、異常葉が発生し始める前年までの生育量を比較すれば、両者の差はなお一層顕著であろう（第24図参照）。

要するに、整枝法以外の栽培条件をまったく同一にして栽培した場合、主枝直立誘引法を用いた樹は主枝斜立誘引法を用いた樹に比べて生育が格段におう盛であり、そして植付け後3年目から主枝直立誘引樹のみに異常葉が発生することが確認された。

第2節 枝の伸長量と異常葉の発生との関係²⁴⁾

1. 材料および方法

(1) 幼木の場合

前記の実験ほ場において、肥料五要素の施肥比率および土壌管理法を種々に変えた試験区（第6章第3節参照）、各種微量要素を施用した試験区（第6章第4節参照）などを設けて、二十世紀ナシの1年生苗を植え、主枝直立誘引法に従って3年間栽培した。その結果、各種の処理とは無関係に、全体を通じて主枝候補枝の伸長量と異常葉の発生率との関係が密接であるように思われたので、その点をまとめてみた。なお、同じ材料について、主枝候補枝の伸長停止期の早晩と異常葉の発生率との関係も調査した。

(2) 成木の場合

前記付属農場に栽植されている二十世紀樹のうち異常葉がまったく発生していない樹3本を選び、それらの垂主枝を育成する目的で、發育枝を幼木時代における主枝育成の場合と同様に直立誘引して切返し剪定を行わずに2年間伸長させた。そして、枝の伸長量と3年目における異常葉の発生率を調査した。

(3) 苗木の場合

前記実験ほ場において、ヤマナシの1年生実生に二十世紀ナシを接木し、活着した接穂に支柱を与えておう盛に伸長させた。そして、移植および切返しを行わずに、翌年もそのまま生長させたところ、一部のものに異常葉が発生した。そこで、前年の接穂の伸長量と異常葉の発生率との関係を調査した。

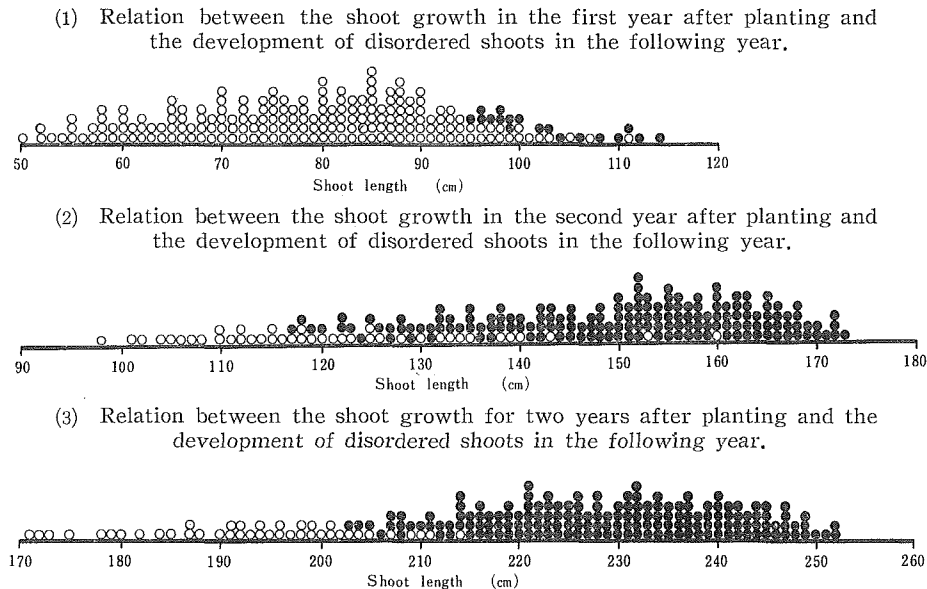


Fig. 14. Relation between the shoot growth and the development of disordered shoots in young Nijisseiki pear trees.
(○—normal shoot, ●—disordered shoot)

2. 結 果

(1) 幼木の場合

幼木における主枝の伸長量と翌年における異常葉の発生との関係は、第14図に示すとおりである。

それによると、植付け後2年目に異常葉が発生することはまれであるが、1年目の伸長量が95cm以上の主枝は、2年目にその約半数にすでに異常葉が発生している。

植付け後2年目までは正常であつた主枝も、3年目には大部分のものに異常葉が発生しているが、これらはほとんどすべて前年に120cm以上伸長した枝であり、2年目の伸長量が115cm以下の枝には異常葉は発生していない。

植付け後2年目の伸長量が比較的小であつたのに翌3年目に異常葉が発生した主枝は、1年目の伸長量が大きであつたものが多く、一方、2年目の伸長量が比較的大であつたのに翌年に異常葉が発生しなかつた主枝は、1年目の伸長量が小であつたものが多いので、1年目と2年目の合計伸長量と3年目における異常葉の発生との関係を調べてみた。その結果、植付け後2年間の合計伸長量が210cm以上の主枝には、3年目にほとんどすべて異常葉が発生しており、植付け後2年間の伸長量が200cm以下の場合には、3年目に異常葉はまったく発生していない。

なお、植付け後2年目までは正常であつた主枝について、2年目における伸長停止期の早晩と翌3年目における異常葉の発生との関係を調べた結果は、第15図に示すとおりである。

一般に伸長量の大なる枝ほど伸長停止期がおそいから、前年の伸長停止期のおそい主枝ほど異常葉の発生率が高いのは当然であるが、2次生長したために枝の伸長停止が遅れた場合

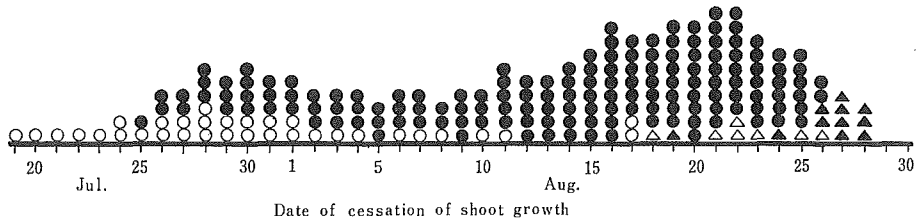


Fig. 15. Relation between the date of cessation of shoot growth in the second year after planting and the development of disordered shoots in the following year. (○-normal shoot, △-normal shoot developed from a secondary shoot of the preceding year, ●-disordered shoots, ▲-disordered shoots developed from a secondary shoot of the preceding year.)

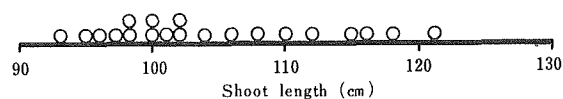
には、異常葉の発生率はかならずしも高くない。結局、枝の伸長停止期の早晚よりも伸長量の大小のほうが翌年における異常葉の発生率と密接な関係にあるように思われる。

(2) 成木の場合

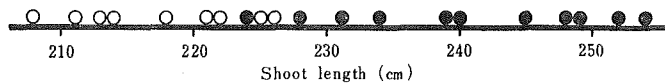
成木において、發育枝を直立誘引して切返し剪定を行わずに伸長させた場合の、枝の伸長量と翌年における異常葉の発生との関係は、第16図に示すとおりである。

それによると、幼木の場合と同様に、枝の伸長量が大であるほど、その翌年に異常葉が発生しやすい傾向が認められるが、異常葉の発生する危険限界伸長量が幼木の場合に比べてや

- (1) Relation between the length of shoots in the first year after giving up of their cutting back and the development of disordered shoots in the following year.



- (2) Relation between the length of shoots in the second year after giving up of their cutting back and the development of disordered shoots in the following year.



- (3) Relation between the length of shoots for two years after giving up of their cutting back and the development of disordered shoots in the following year.

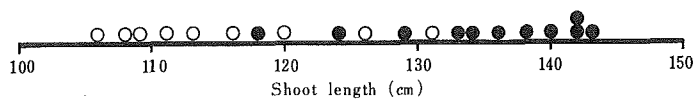


Fig. 16. Relation between the shoot growth and the development of disordered shoots in bearing Nijisseiki pear trees. (○-normal shoot, ●-disordered shoot)

や大であるように思われる。すなわち、1年目の枝の伸長量が93~121cmと比較的大であつたにもかかわらず翌年異常葉がまったく発生しておらず、また2年間の合計伸長量が220cm以上の枝でも異常葉が発生していないものがある。

(3) 苗木の場合

接木後活着した43本の接穂の伸長量と、翌年における異常葉の発生率との関係を調査した結果、伸長量が99cm以下の苗には異常葉は発生せず、100cm以上伸長した苗は約20%に異常葉が発生した。

第3節 枝の切返し剪定と異常葉の発生との関係

1. 切返しの剪定が異常葉の発生に及ぼす影響

(1) 材料および方法

前記実験ほ場において、1957年3月に二十世紀ナシの1年生苗を植付け、主枝直立誘引法を用いて2年間栽培した。そして、植付け後2年目に130~149cm伸長した主枝候補枝30本を選んで、その年の冬に、ほぼ5、15および30cmの3段階の切返し剪定を行ない、翌3年目における異常葉の発生状態を調査した。

また、同一場所において、1957年12月に植付けて、同様な方法で栽培した二十世紀の幼樹について、植付け後2年目に130~169cm伸長した主枝候補枝49本を選び、その年の冬に、頂芽から9芽目まで、長さにして約20cmだけ切返し剪定し、翌3年目における異常葉の発生状態を調査した。

(2) 結 果

植付け後2年目に130~149cm伸長した枝を、種々の程度に切返し剪定した場合の、翌年における異常葉の発生率は第4表に示すとおりである。それによると、植付け後2年目に切返し剪定した枝は、明らかに異常葉の発生率が低い。そして、切返しの程度が強いほど異常葉の発生率が低く、約30cm切返した枝からは異常葉はまったく発生していない。

次に、植付け後2年目における伸長量が130~169cmであつた枝について、一様に約20cm切返し剪定した場合の、翌年における異常葉の発生率は、第5表に示すとおりである。それによると、枝の長短にかかわらず、切返し剪定を行なつた場合には、無剪定の場合に比べて、翌年における異常葉の発生率ははるかに低い。そして、植付け後2年目における伸長量が139cm以下の枝では、約20cm切返すことによつて翌年の異常葉の発生を完全に防止しているが、伸長量が140cm以上の場合には、その程度の切返しでは異常葉の発生を完全には防止

Table 4. Effect of the cutting back of shoots in the second year after planting on the development of disordered shoots in the following year in Nijisseiki pears (I)

Length of cutting back (cm)	No. of shoots	No. of normal (%)	No. of disordered (%)
0	26	4 (15)	22 (85)
5	10	7 (70)	3 (30)
15	10	9 (90)	1 (10)
30	10	10 (100)	0 (0)

Table 5. Effect of the cutting back of shoots¹⁾ in the second year after planting on the development of disordered shoots in the following year in Nijisseiki pears (II)

Shoot length before cutting (cm)	Treatment	No. of shoots	No. of normal (%)	No. of disordered (%)
130~139	Cutting	6	6 (100)	0 (0)
	Control	14	3 (21)	11 (79)
140~149	Cutting	7	5 (71)	2 (29)
	Control	20	2 (10)	18 (90)
150~159	Cutting	17	10 (59)	7 (41)
	Control	48	1 (2)	47 (98)
160~169	Cutting	19	8 (42)	11 (58)
	Control	42	1 (2)	41 (98)

1) Approximately 20 cm.

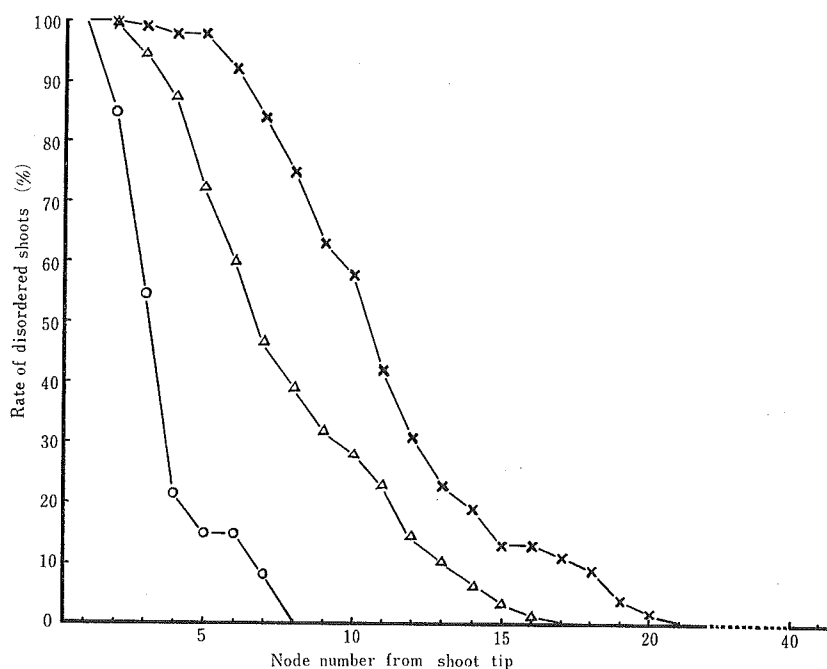


Fig. 17. Percent of disordered in the shoots developed in the third year after planting from each node on the main shoots grown in the preceding year in Nijisseiki pears. (O-length of main shoots grown in the preceding year 120~139cm; Δ- 140~159cm; ×- 160cm~; respectively)

できないことがわかる。

2. 初発生年における異常枝の分布

枝の先端部を前もって剪除すると異常葉の発生が顕著に減少することは、異常葉の発生原因が枝の先端部に局在しているからではないかと思われる。その点をさらに明確にするために次の調査を行なった。

(1) 材料および方法

前述の1957年12月に植えた樹のうち、植付け後2年目までは正常で3年目に初めて異常枝が発生した主枝について、3年目には主枝延長枝のみを強く伸長させることなくできるだけ多くの枝を発生させ、どの位置の芽から異常枝が発生するかを調査した。

(2) 結 果

植付け後3年目における、節位別の異常枝の発生率は、第17図に示すとおりである。すなわち、植付け後2年目に伸長した枝の頂芽から発生した枝はすべて異常枝であり、下方の節位ほど異常枝の発生率が低くなっている。そして、2年目に120~139cm伸長した枝では先端から8節目以下、140~159cm伸長した枝では17節目以下、さらに160cm以上伸長した枝では21節目以下の芽から発生した枝はすべて正常である。つまり、長く伸長した枝ほど異常枝の発生がより下部の節位にまで及ぶ傾向があり、したがって異常枝の発生を防止するためには、長く伸長した枝ほど強く切返す必要があることがわかる。

なお、参考までに、頂芽からの節数と頂芽からの距離との関係を示すと、頂芽から5, 10, 15および20節までの距離は、それぞれ約4, 22, 42および62cmであつた。

第18図の写真は、植付け後2年目に約120cm伸長した枝において、翌3年目に頂芽およびすぐその下の芽から生長した枝のみに異常が発生し、それ以下の新梢は正常であることを示している。

なお、植付け後2年目におう盛に伸長した主枝は、伸長停止期ごろから先端部を下方に向けて強く屈曲させた場合でも、第19図に示すように、翌年やはり先端部の芽からのみ異常枝が発生する。

3. 枝の先端部を他へ接木した場合の異常葉の発生の有無

異常葉の発生原因が枝の先端部に局在していることがわかつたので、先端部を切り取つて他の台木に接木した場合にも異常葉が発生するか否かを調査した。

(1) 材料および方法

第4表および第5表で示した材料について切返し剪定した枝の先端部を穂木として貯蔵し、



Fig. 18. Development of disordered shoots (indicating by arrows) from the top of main shoot of Nijisseiki pears in the third year after planting.

4月に先端部数cmを1～2年生の正常な二十世紀ナシの幼樹に切接した。

また、1960年9月に付属農場の二十世紀ナシの成木から、過去2年間おう盛に伸長して、翌年から異常葉が発生し始める危険が高いと思われる亜主枝の先端部を数cm切りとつて、摘葉後直ちに正常な二十世紀ナシの新梢の基部へ腹接した。

(2) 結 果

翌年から異常葉が発生し始めるのではないかとと思われる枝の先端部を、切り取つて他の台木に接木した場合の異常葉の発生率は、第6表に示すとおりである。すなわち、冬に切り取つて春に接木した場合には、活着した接穂のうち大部分のものに異常葉が発生し、切り取らずに枝につけたまま生長させた場合の異常葉の発生率と大差がない。また、秋に切り取つて直ちについだ場合でも、活着した接穂の約半数に異常葉が発生している。ただしこの場合には、先端を切り取らずにそのまま翌年伸長させた場合（第14図参照）に比べると、異常枝の発生率がやや低い。



Fig. 19. Development of disordered shoots (indicating by arrow) from the top of main shoot of Nijisseiki pears bended forcibly.

Table 6. Development of disordered shoots when the tops of long shoots of Nijisseiki pear grown vigorously were grafted on seedling stocks

Date of grafting	Length of mother shoots	No. of scions grown	No. of normal (%)	No. of disordered (%)
Apr. 15, 1959	139~149 cm	16	1 (6)	15 (94)
Apr. 13, 1960	130~149	10	3 (30)	7 (70)
	150~169	21	1 (5)	21 (95)
Sept. 20, 1960	120~139	27	14 (52)	13 (48)

第4節 考 察

整枝法以外の条件はまったく同一にして二十世紀ナシを栽培した結果、主枝直立誘引法を用いた場合にのみ異常葉が発生することが確認された。さて、主枝直立誘引法が従来の主枝斜立誘引法と顕著に異なっている点は、主枝の伸長がきわめておう盛である点と、主枝の先端の切返し剪定を行なわないという2点であるように思われる。そこでこの2点を二十世紀

ナシの成木および接木直後の苗木にも適用してみたところ、やはり1～2年後に異常葉が発生した。これらのことから異常葉は要するに、二十世紀ナシの枝を1～2年間強く伸長させて切返し剪定を行わない場合に発生するということが明らかになった。

本章の結果から異常葉の発生する危険限界伸長量をまとめてみると、1年生の苗を植付け後、1年目の伸長量が95cm以上の場合には翌2年目にすでに異常葉の発生する危険があり、2年目の伸長量が115cm以上あるいは1年目と2年目の合計伸長量が200cm以上の場合には、翌3年目に異常葉の発生する危険がある。ただし成木の場合には、危険限界伸長量がそれよりもやや大である。このように樹齢によつて異常葉の発生する危険限界伸長量が異なるのは注目すべきことであるが、その理由についてはまだ不明である。

切返し剪定もまた異常葉の発生と密接な関係を有し、強く伸長した枝でも切返し剪定を行なえば異常葉の発生率は著しく低くなる。そして、切返しの程度が強いほど異常葉の発生防止効果が大である。ではどの程度切返ししたならば異常葉の発生をほぼ完全に防止できるかが問題になるが、それには枝の伸長量が関係し、長く伸長した枝ほど強く切返す必要がある。本章の結果から概略の規準を求めてみると、植付け後2年目における枝の伸長量が139cm以下の場合には、切返し量は20cm以下でよく、伸長量が160cm以上の場合には、40cm以上切返す必要があるように思われる。つまり、前述の異常葉の発生危険限界伸長量以上に伸長した分だけを切返しすれば、ほぼ完全に発生を防止できるように思われる。

切返し剪定によつて異常葉の発生が防止できるのは、異常葉の発生原因が枝の先端部に局在しているためであるが、このことは植付け後3年目における異常枝の発生分布の調査からも明確である。そこで、異常葉の発生原因がいつごろ完成するのかを、枝の先端部の接木試験の結果から推察してみると、前年の枝の伸長が停止してから約1か月たつたところには、すでに翌年異常葉の発生する態勢がほぼ完成しているように思われる。

第5節 摘 要

1. 主枝直立誘引整枝法と従来の整枝法との幼木時代のおもな相違点は、主枝の生長がきわめておう盛であり、主枝の切返し剪定を行わない点である。そして、整枝法以外の条件をまったく同一にして栽培した場合でも、主枝直立誘引法を用いた樹のみに異常葉が発生する。
2. おう盛に生長した枝に限つて異常葉が発生し、異常葉の発生する危険限界伸長量は、植付け後2年目の主枝では約115cmであり、成木の場合はそれよりもやや大である。
3. 異常枝の発生部位は、前年に生長した枝の先端部に限られており、危険限界伸長量以上に伸長した分だけを切返し剪定することによつて、ほぼ完全に異常葉の発生を防止しうる。なお、おう盛に生長した枝の先端部を秋から冬にかけて切り取つて、他の台木に接木した場合も、やはり翌年異常葉が発生する。

第4章 品種、採穂母樹および台木の相違と異常葉の発生との関係

第1節 他品種における異常葉の発生の有無

一般の栽培園においてはこれまでのところ、二十世紀以外の品種には異常葉はまったく発生していないが、発生品種をさらに明確にするために、二十世紀以外の数品種を同時に同一

条件で栽培してみた。

1. 材料および方法

前記実験ほ場に、二十世紀以外に石井早生、八雲、すい星、新世紀、光月、長十郎、菊水、明月、新興および早生赤の10品種の1年生苗を3本ずつ植え、二十世紀と同様に、主枝直立誘引法に従って4年間栽培し、異常葉の発生の有無を調査した。

2. 結 果

植付け後2年目における主枝候補枝の平均伸長量は、石井早生163cm、八雲118cm、すい星149cm、新世紀153cm、光月160cm、長十郎157cm、菊水155cm、明月166cm、新興143cm、早生赤140cmそして二十世紀154cmであり、八雲を除いてはいずれも二十世紀と大差がない伸長量であつたが、翌3年目に、二十世紀ではほとんどすべての主枝に異常葉が発生したのに対し、それ以外の品種では異常葉はまったく発生しなかつた。さらにその翌年も観察を続けたが、やはり異常葉の発生は認められなかつた。

第2節 採穂母樹の相違による異常葉の発生の難易

二十世紀であつても、接穂を採取した母樹の相違によつて異常葉の発生に難易があるのではないかという点を明確にするために、異常葉がまったく発生していない園を含めて6か所から穂木を採取して調査してみた。

1. 材料および方法

1961年12月から1962年2月にかけて第7表に示す6か所から穂木を採取して砂中に貯蔵し、4月中旬に4年生のヤマナシの実生に接木した。その場合、各台木について、母樹の異なる穂木を無作意に3本ずつ接木し、接木本数は各母樹あたり15本ずつとした。そして活着した各接穂は、1本だけ支柱を与えて強く伸長させ、1～2年後における異常葉の発生率を調査した。

Table 7. Mother trees selected as the source of sions of Nijisseiki pear

	Location of mother tree	Remarks
A	Farm, Fac. Agr., Shinshu Univ., Ina, Nagano.	Trained under Momozawa's system, 13-year-old, slightly dwarf, and with almost no disordered shoots.
B	〃	Trained under Momozawa's system, 13-year-old, vigorous, and with many disordered shoots.
C	Shimoina Branch, Nagano Agr. Exp. Sta., Takamori, Shimoina, Nagano.	25-year-old, and with no disordered shoots.
D	M. Momozawa's orchard, Iijima, Kamiina, Nagano.	37-year-old, and the mother tree designated by Nagano Prefectural Office.
E	G. Hayashi's orchard, Shiojiri, Nagano.	51-year-old, and with no disordered shoots.
F	Settsu Farm, Fac. Agr., Kyoto Univ., Takatsuki, Osaka.	33-year-old, and with no disordered shoots.

2. 結 果

異なつた母樹から採取した接穂の伸長量および異常葉の発生率は、第8表に示すとおりで

Table 8. Shoot growth and development of disordered shoots in Nijisseiki pears originated from different mother trees

Mother tree	No. of shoots	Shoot length in 1st year	No. of disordered (%) in 2nd year	Shoot length in 2nd year	No. of disordered (%) in 3rd year
A	15	111 cm	2 (13)	128 cm	12 (80)
B	15	118	3 (20)	131	12 (80)
C	14	114	3 (21)	135	12 (86)
D	15	122	6 (40)	127	13 (87)
E	14	107	1 (7)	138	11 (78)
F	12	97	0 (0)	123	8 (67)

ある。すなわち、接木後2年目における異常枝の発生率は、D系統において最も高く、F系統では皆無である。ただしこれは、系統の特性というよりも、前年の接穂の伸長量と密接な関係があり、前年に長く伸長した系統ほど異常枝の発生率が高い傾向にあると考えたほうが妥当であるように思われる。ちなみに、各系統を通じて2年目に異常枝が発生した接穂は、いずれも前年の伸長量が110cm以上のものであり、この点では系統による差は認められなかった。なお、F系統の接穂の伸長が劣つたのは、黒斑病の発生が多かつたことが原因の一つであると思われる。

次に、接木後3年目における異常枝の発生率は、F系統以外の各系統においては大差がない。F系統において発生率が低いのは、接木後2年間の伸長量が他系統に比べて劣つていることによるものと思われる。

第3節 台木および中間台の相違による異常葉の発生の難易

果樹においては、台木および中間台と穂木との組合せいかんによつて生育障害が発生することが少なくないので、この障害についてもその点を調査してみた。

1. 材料および方法

前記付属農場に栽植されている二十世紀ナシ (*Pyrus serotina*) から種子を採取し、また、イワチャマナシ (*P. aromatica*)、アオナシ (*P. hondoensis*)、アイナシ (*P. Uyematsuana*)、マメナシ (*P. calleryana*)、ホクシマメナシ (*P. betulaefolia*) およびチョウセンマメナシ (*P. Fauriei*) の種子を京都大学農学部付属京都農場から入手して、それぞれの実生を養成し、1959年4月に、各実生に二十世紀を接木した。そして、翌年3月に、それらの苗木から台木別に5本ずつ合計35本を選んでほ場に移植し、主枝直立誘引法を用いて3年間栽培し、異常葉の発生率を調査した。

また、1957年4月に、付属農場に栽植されているニホンナシの八雲、光月および菊水、チュウゴクナシの鴨梨、セイヨウナシのバートレットおよび好本号に、二十世紀を10本ずつ高接した。そして、活着した穂木を、直立誘引法を用いて生長させ、接木後3年目に異常葉の発生率を調査した。

2. 結 果

台木を異にする二十世紀ナシの主枝伸長量および異常葉の発生率は、第9表に示すとおりである。すなわち、台木の相違には関係なく、植付け後3年目には大部分の主枝に異常葉が

Table 9. Growth of main shoots and development of disordered shoots in young trees of Nijisseiki pear grafted on different stocks

Stock	No. of shoots	Growth of main shoots for 2 years after planting	No. of disordered in 3rd year after planting (%)
P. serotina	15	231 cm	13 (87)
P. aromatica	15	242	15 (100)
P. hondoensis	15	234	13 (87)
P. Uyematsuana	15	238	13 (93)
P. Calleryana	15	229	14 (87)
P. betulaefolia	15	230	12 (80)
P. Fauriei	15	220	10 (67)

発生している。そして、これまでの結果と同様に、生長がおう盛であつたものほど異常葉の発生率が高い傾向が認められる。

また、二十世紀を他の7品種に高接ぎした場合も、中間台の相違に関係なく、接木後3年目には大部分の枝に異常葉が発生した。

第4節 摘 要

1. 二十世紀以外の品種では、枝をいかに長く生長させても異常葉は発生しない。
2. 二十世紀ナシの採穂母樹の相違は、異常葉の発生とは無関係である。
3. 台木および中間台の相違も、異常葉の発生とは直接的な関係はない。

第5章 異常症状の伝染性および永続性²⁵⁾

第1節 異常症状の伝染性

本障害の症状は、ある種のウイルス病においてみられる症状に似ている点がある^{13, 48, 58)}ので、ウイルス病の1種ではないかとの観点から、汁液接種および接木による伝染性の有無を調査した。

1. 汁液接種試験

(1) 材料および方法¹³⁾

1956年6月上～中旬に、生長のほとんど完了した異常葉および生長中の若い異常葉を別々に採取し、直ちに少量の海砂および5倍量の蒸留水を加えて乳鉢で破碎後ガーゼで搾汁し、それに葉重とほぼ同量のカーボランダムを加えたものを供試液とした。そして、供試液を綿球にひたして、寒冷しやの下で栽培した正常な二十世紀苗の若葉に塗布した。

1957年には、異常葉の破碎に際して蒸留水のかわりに還元剤として亜硫酸ソーダを含む0.1Mリン酸緩衝液(PH7.0)を用いて異常葉汁を作り、前年とほぼ同様な時期に、健全な二十世紀葉に接種した。また、草生ナシ園に広く栽培されているラジノクローバーおよびオーチャードグラス、ウイルスの検定にしばしば用いられるトマト、キウリおよびインゲンを寒冷しやの下で栽培し、その幼植物に対しても同様な汁液接種を行なった。

(2) 結 果

1956および1957年の試験ともに、接種した二十世紀の葉およびそれ以後に発生した葉に異常症状はまったく認められなかった。また、接種した二十世紀以外の植物においても、異常症状はまったく認められなかった。

2. 接木試験

(1) 異常枝またはそのえき芽を正常枝および実生台木に接木した場合

i) 材料および方法

まず1957年9月に、異常枝上のえき芽を、基部の正常葉が着生している部位のえき芽、中央部の顕著な異常葉が着生している部位のえき芽、および先端部の比較的軽微な異常葉が着生している部位のえき芽とに分けて、1年生の正常な二十世紀苗に芽接した。そして、その後3年間生長状態を観察した。

次に1958年には、6月30日から8月31日にかけてほぼ半月ごとに、異常枝の中央部のえき芽を正常な1年生二十世紀苗に順次芽接した。さらに、翌年1月に異常枝を採取して穂木として貯蔵し、4月に同様な台木に切接を行なった。そして、その後2年間生長状態を観察した。

さらに1959年6月、葉が約15枚展開した時期に、正常枝の先端を摘心し、そこに異常枝の先端部を割接して、その後の生長状態を観察した。

ii) 結 果

異常枝のえき芽を部位別に分けて他の正常枝に芽接した結果、活着して翌年枝が生長した合計60本のうち、基部のえき芽をついだ中の1本だけが正常か異常かが不めいりようであつたが、他の59本の接穂にはすべて異常葉が発生した。そして、第20図に示すように、接芽から発生した枝のみに異常葉が発生し(矢印)、中間台から発生した枝はすべて正常であつた。さらにその後2年間の観察においても、接芽からは異常枝が、中間台からは正常枝のみが発生した。

つぎに、接木時期を変えて異常枝のえき芽を芽接したり異常枝を切接した結果においても、活着して翌年生長した接穂は、接木時期に関係なく、ほとんどすべて(合計138本中135本で98%)異常葉が発生した。そして、前年の場合と同様に、接穂から生長した枝のみに異常葉が発生し、中間台から生長した枝はすべて正常であつた。

さらに、生長しつつある正常枝の先端に異常枝の生長点を割接した場合も、接穂からは異常葉が発生し、正常枝のえき芽から2次生

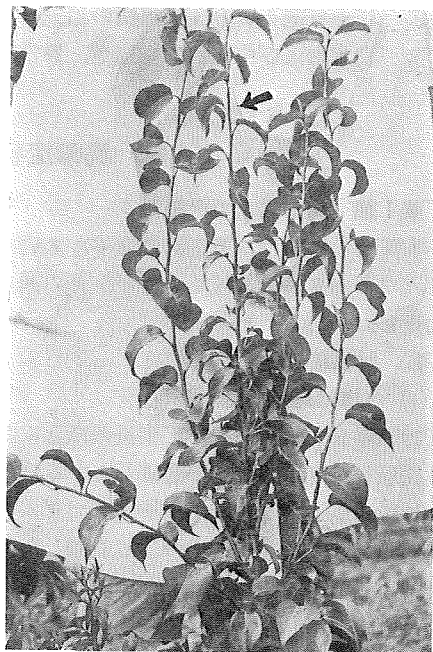


Fig. 20. Disordered shoot (indicating by arrow) developed from a disordered scion top-grafted on a normal shoot, and normal shoots developed from the intermediate stock.

長した枝はすべて正常であつた。

(2) 正常枝またはそのえき芽を異常枝に接木した場合

i) 材料および方法

1958年9月に、正常枝のえき芽を異常枝に芽接して、その後4年間の生長状態を観察した。



Fig. 21. Normal shoots (indicating by arrows) developed from normal scions top-grafted on a disordered shoot, and a disordered shoot developed from the intermediate stock.

また、1959年6月、葉が約15枚展開した時期に、異常枝の先端を摘心し、そこに正常枝の先端部を割接した。なお同時期に、正常枝と異常枝との寄接も行なつた。そしてその後生長状態を観察した。

ii) 結 果

1958年9月に芽接し、活着して翌年枝が生長したものが合計84本あり、それらはすべて正常であつた。そして第21図の写真にみられるように、接芽から発生した枝のみが正常であり(矢印)、その付近の中間台から発生した枝にはすべて異常葉が発生した。

また、生長しつつある異常枝の先端に正常枝の生長点を割接した場合も、接穂からは正常葉のみが発生し、台芽から2次生長した枝には異常葉が発生した。

なお、生長しつつある正常枝と異常枝とを寄接した場合も、引続いて正常枝からは正常葉が異常枝からは異常葉が発生し、異常症状の正常枝への移行は認められなかつた。

第2節 異常症状の永続性

一度異常葉が発生した枝からは、その翌年も異常葉をもつた枝が発生し、それがかなり長期にわたつて繰り返されるので、その永続性を追跡してみた。一方、かつて異常葉が発生した枝であつても、年数を経ると、陰芽から正常な枝が発生することがあるので、その点もあわせて調査した。

また、異常枝に着生した花を親とした雑種第1代において、異常葉が発現するか否かを調査した。

1. 異常枝の延長枝における異常症状の永続性

(1) 材料および方法

前記付属農場において、1950年の春に植えて、主枝直立誘引法を用いて栽培した二十世紀ナシ25樹の主枝および垂主枝の先端枝を、1956年に調査したところ、合計531本のうち、正常なものが308本(58%)、異常葉の発生していたものが223本(42%)であつた。そこで、後者の223本について、以後6年間、それらの延長枝に異常葉が発生するか否かを調査した。

Table 10. Perpeturity of the abnormal symptoms in disordered branches

Year	No. of shoots remained abnormally	(%)	No. of shoots ¹⁾ restored normally	(%)
1956	223	(100)	0	(0)
1957	220	(99)	3	(1)
1958	213	(96)	10	(4)
1959	208	(93)	15	(7)
1960	205	(92)	18	(8)
1961	203	(91)	20	(9)
1962	199	(89)	24	(11)

1) Cumulative number of each preceding year.

(2) 結 果

1956年に異常葉が発生していた枝 223 本について、以後その延長枝を追跡調査した結果は第10表に示すとおりで、大部分のものに引続いて異常葉が発生しており、正常に回復した枝は6年間の累計で11%に過ぎない。

なお、いちど正常に回復した枝でも、強く伸長させて切返し剪定しないという方法をとると、ふたたび異常葉が発生するようになった。

2. 異常樹の自然回復

(1) 材料および方法

1959年に、ヤマナシの実生に二十世紀の異常枝を切接したところ、すべて第22図にみられるような異常葉をもった苗が得られた。その異常苗のうち15本を、立木仕立て以後5年間栽培し、毎年発生する発育枝について正常であるか異常であるかを調査した。ただし、正常枝は、その年の冬期剪定の際かならず切り取り、毎年新しく発生したもののみを数えた。

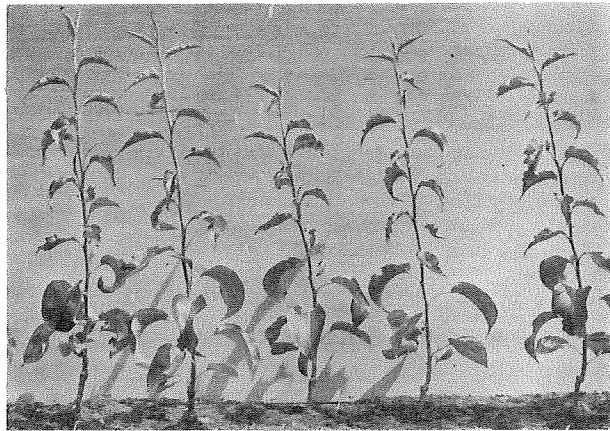


Fig. 22. Disordered shoots developed from disordered scions grafted on seedling stocks.

また、異常苗のうち2本は、以後正常樹の場合と同一の方法で棚仕立てにして栽培し、異常枝と正常枝の発生分布状態を毎年調査した。

(2) 結 果

異常枝を接木した結果生じた異常樹について、正常枝の発生率を調査した結果は、第11表に示すとおりである。すなわち、接木後2年間は異常枝のみが発生しているが、3年目にはじめて正常枝が発生し、以後年々正常枝の発生率がわずかず増加する傾向にある。なお、1963年に発生した正常枝36本のうち、27本(75%)は基部の陰芽から発生したものであった。

Table 11. Development of normal shoots from the disordered trees of Nijisseiki pear

Year	No. of shoots	No. of disordered (%)	No. of normal (%)
1959	15	15 (100)	0 (0)
1960	52	52 (100)	0 (0)
1961	176	175 (99)	1 (1)
1962	280	264 (94)	16 (6)
1963	348	308 (90)	36 (10)

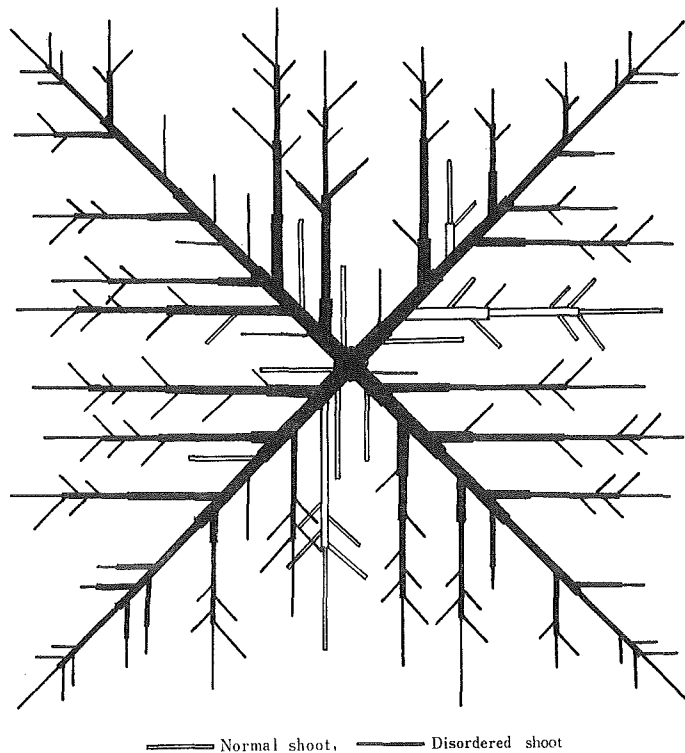


Fig. 23. A plane figure of 7-year-old Nijisseiki pear tree grown from a disordered scion.

また同年に陰芽から発生した枝は合計78本あり，その中での正常枝対異常枝の比率は35%対65%であつた。

また，第23図は，異常苗を定植後，通常の栽培管理を行なつて6年間経過した樹の平面図である。それによると，大部分の枝は異常であるが，基部の4～6年生の部分からは数本正常枝が発生している。

3. 後代検定

(1) 材料および方法

1963年に，前記実験ほ場において，二十世紀の正常枝に着生した花（以下正常花と称す

る)および異常枝に着生した花(以下異常花と称する)各500花に対して、除雄後長十郎の花粉を交配した。また一方、除雄した長十郎の花に対して、二十世紀の正常花および異常花の花粉を各500花ずつ交配した。そして、各組合せの F_1 種子を、翌年3月ガラス室内の砂中に播種し、発芽率を調査後、6月に実生をほ場に移植し、その後2年間生長状態を観察した。

(2) 結 果

二十世紀の正常花および異常花の花粉発芽率には有意差はなく、そして二十世紀(正常)×長十郎、二十世紀(異常)×長十郎、長十郎×二十世紀(正常)および長十郎×二十世紀(異常)の各組合せとも、結実率に大差がなかった。

F_1 種子の発芽率は、二十世紀(異常)×長十郎の F_1 が67%でやや低く、他の3組合せの F_1 はいずれも80%内外で大差はなかった。

F_1 実生の形態は、各組合せともかなりの変異が認められたが、二十世紀(正常)×長十郎対二十世紀(異常)×長十郎の間、および長十郎×二十世紀(正常)対長十郎×二十世紀(異常)の間に特別な相違は認められず、そして二十世紀の異常葉に似た葉は、どの組合せにおいてもまったく発生しなかった。

第3節 考 察

本障害がウイルス病の1種ではないかとの観点から、その伝染性を明確にするために、まず常法に従って汁液接種試験を行なってみたが、異常葉の症状を正常葉および他の数種の植物に伝えることはできなかった。

一般に果樹類のウイルス病は、汁液接種によつて伝染する例は比較的少なく、接木によつて伝染する例が多い^{13, 49, 58)}ので、つぎに各種の接木試験を行なってみた。その結果、異常枝を正常枝に接木しても、接穂だけが異常を呈し、台木から発生した枝葉はすべて正常であり、またその反対に異常枝に正常枝を接木した場合も、接穂から発生した枝はすべて正常で、いわゆる接木伝染現象はまったく認められなかった。果樹のウイルス病の中には潜伏期間のきわめて長いものがあるといわれているので⁴⁹⁾、接木後2~4年間観察を続けたが、やはり症状は伝染しなかった。

そのほか従来の観察結果から、本障害の接触伝染はまったく認められず、また、強く伸長した枝は、殺虫剤の連続散布や網の使用によつてアブラムシ類の寄生を防止しても、やはり異常葉が発生した。これらの点から、本障害はウイルス病害とは別のものであるように思われる。

症状がウイルス病に似ており、それを接穂に用いると病徴が発生するが他への伝染性はないという障害は、各種の果樹についてかなり報告されている^{49, 58)}。それらは、非伝染性のウイルス様病害とか、ウイルスに似た影響をもつ遺伝的障害(芽条変異)と呼ばれているが、原因はいずれも不明のようである。

本障害は一種の芽条変異によるものではないかという考えは、本章の接木試験および症状の永続性についての結果を説明するのに好都合であるように思える。しかし、芽条変異は一般に、変異の方向を予想できないのがふつうであり、また頻度もきわめて低いものである。二十世紀ナシの枝をほぼ2年間強く伸長させて切返し剪定を行わずに放置すれば、かならず異常葉の発生という特定の変異のみが、しかもかなり高い頻度で発生するということは、

芽条変異の一般的概念に当てはまらないように思われる。

いつたん異常葉が発生した枝は、以後毎年継続して異常葉が発生するようになるが、年数を経るにしたがつて、かつて異常であつた古い部分から正常枝が発生するようになる。つまり、先端の若い部分は依然として異常であるが、基部の古い部分からしだいに正常に回復する傾向がある。そして、異常枝が正常に回復し始めるのはだいたい4年生枝になつてからであり、枝齢が進むにつれて正常枝の発生率が高くなる。したがつて、異常枝が発生し始めてからほぼ3年間は、1樹内において異常葉の発生する部分の占める比率がしだいに高くなるが、それ以後は樹齢が進み樹冠が拡大するにつれて、1樹内において異常部分の占める比率はしだいに減少していく傾向がある。

しかし、自然の回復にのみ頼つていたのでは、異常葉の発生を根絶させることは不可能である。また、基部の古い部分から発生した正常枝を残して、それから先端を切取つてしまえば、以後その枝は正常な生長を継続するから、異常枝を正常枝に更新することができるが、この方法はきわめて損失が大きい。したがつて、より積極的な治ゆ対策の研究が必要である。

第4節 摘 要

1. 異常葉の汁液を、二十世紀ナシの正常葉およびその他数種の植物の葉に接種しても、症状は伝染しない。
2. 異常枝またはそのえき芽を正常枝および実生台木に接木した場合には、接木時期および接木方法には関係なく、接穂からは異常枝が発生するが症状は他の部位には伝染しない。また、正常枝またはそのえき芽を異常枝に接木した場合にも症状は伝染せず、接穂からはすべて正常枝が発生する。
3. いつたん異常葉が発生した枝は、ほとんどすべて以後永続的に異常葉を発生し続けるが、異常枝が4年生以上になると、古い部分から徐々に回復して正常枝が発生するようになる。
4. 二十世紀の異常花と長十郎との相互交配によつて得られた雑種には、異常葉はまったく発生しない。

第6章 栄養状態の相違と異常葉の発生との関係

第1節 整枝法の相違と樹体の生育および成分組成との関係²⁷⁾

新しい主枝直立誘引法を用いると、従来の主枝斜立誘引法を用いた場合に比べて、樹体とくに主枝の生長量に格段の差があり、そのことが異常葉の発生と密接な関係を有していることはすでに述べたとおりである。そこで、異常葉の発生原因の手がかりを得るために、両整枝法で育成した樹の成分組成の相違を調査した。

1. 材料および方法

前記実験ほ場で養成した多数の二十世紀ナシの苗の中から生育の揃つた6本を選び、腐植質火山灰土壌をつめた、縦横各1.8m、深さ75cmのコンクリートばちに1本ずつ定植した。そして、6本のうち3本は主枝直立誘引法、残りの3本は主枝斜立誘引法を用いて2年間栽培した。その他の管理はすべて慣行法に従つて行なつた。

植えてから満2年後に、樹を掘り上げて、地上部は1年枝、2年枝および主幹に、一方地下部は細根、側根および基根に分けて秤量した。そして、各部分から試料を採取し、水分、全糖、粗澱粉、全窒素および粗灰分の含量を分析した。

全糖は、乾燥粉末からアルコールで抽出した糖液を希塩酸で転化後、また粗澱粉はアルコール抽出残さを希塩酸で糖化後、それぞれベルトラン法によつて定量した。全窒素の分析にはマイクロケルダール法を用いた。

2. 結 果

大型コンクリートばちに植えて、主枝直立誘引法および主枝斜立誘引法を用いて2年間栽培した場合の樹の生育量は、第24図に示すとおりである。それによると、地上部の生育量は、1年枝、2年枝および主幹ともに、主枝直立樹のほうが明らかに大である。一方地下部の生育量は基根、側根および細根ともに、両者の間に大差はない。したがつてT-R率は、主枝直立樹のほうがかなり高い。

樹体各部の水分、全糖、粗澱粉、全窒素および粗灰分の含量は、第12表に示すとおりである。すなわち、水分含量は、各部とも主枝直立樹と主枝斜立樹との間にほとんど差がない。全糖の含量は、1年枝および2年枝では主枝直立樹のほうがわずかに低く、地下部では主枝直立樹のほうがわずかに高い傾向にある。粗澱粉の含量は、全糖の含量とほぼ逆の傾向を示

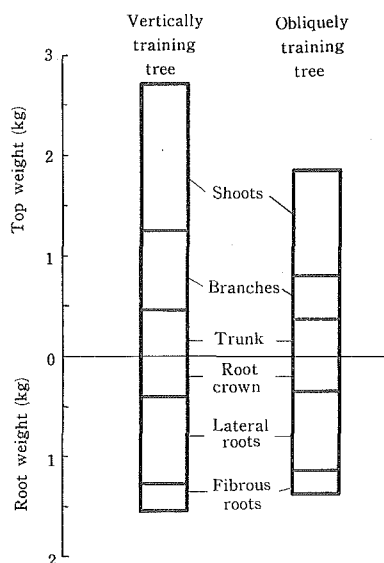


Fig. 24. Effect of training system on the growth of young Nijisseiki pear trees.

Table 12. Effect of training system on chemical composition of young Nijisseiki pear trees (dry matter %)

Training system		Shoots	Branches	Trunk	Root crown	Lateral roots	Fibrous roots
Water	{ Vertical	53.8	51.8	50.6	51.6	57.8	65.9
	{ Oblique	53.5	50.7	50.4	51.5	57.2	66.9
Total sugar	{ Vertical	4.47	2.88	2.70	1.09	0.79	0.82
	{ Oblique	4.99	3.00	2.69	1.00	0.66	0.76
Crude starch	{ Vertical	17.3	17.5	18.8	20.8	17.4	14.0
	{ Oblique	16.8	17.3	18.8	20.9	17.8	14.1
Total nitrogen	{ Vertical	1.50	0.82	0.70	1.03	1.22	1.26
	{ Oblique	1.26	0.77	0.67	1.07	1.16	1.29
Crude ash	{ Vertical	3.53	2.61	1.81	1.81	2.89	3.54
	{ Oblique	3.72	2.99	2.05	1.73	2.78	3.51

Table 13. Effect of training system on the ratio of carbohydrate to nitrogen (C/N) and the ratio of ash to nitrogen (A/N) in young Nijisseiki pear trees

Training system		Shoots	Branches	Trunk	Root crown	Lateral roots	Fibrous roots
C/N	{Vertical	14.5	24.9	30.7	21.2	14.9	11.8
	{Oblique	17.3	26.3	32.1	20.4	15.9	11.5
A/N	{Vertical	2.35	3.18	2.59	1.76	2.37	2.81
	{Oblique	2.95	3.88	3.06	1.62	2.40	2.72

している。全窒素の含量は、地上部とくに1年枝においては主枝直立樹のほうが高い。そして粗灰分の含量は、地上部では主枝直立樹のほうが低いが、地下部ではほぼ逆の傾向が認められる。

なお、樹体各部における炭水化物（全糖＋粗澱粉）対全窒素の比率（C－N率）および粗灰分対全窒素の比率（A－N率）を算出した結果は、第13表に示すとおりで、地上部においては、C－N率およびA－N率とともに主枝直立樹のほうが低い。

第2節 長枝の先端部と中央部の葉内要素含量の相違および正常葉と異常葉の要素含量の相違

一般に、樹の栄養状態の相違は葉にもつとも敏感に現われるといわれているので、直立誘引して長く伸長した枝について、翌年から異常葉が発生し始めるとされる先端部の葉と、異常葉が発生する危険のないと思われる中央部の葉の養分要素含量を比較した。また、正常葉と異常葉の養分要素含量も比較した。

1. 材料および方法

前記実験ほ場において、二十世紀ナシの枝を2年間直立誘引して伸長させ、2年目に135～150cm伸長したものの10本を選び、8月下旬に、先端部の葉と中央部の葉とを別々に採取し、洗浄後乾燥粉末にして分析試料とした。

また、付属農場に栽植されている13年生二十世紀樹から、7月下旬に、新梢の中央部に着生している正常葉および異常葉を採取して分析に供した。

各要素の分析に用いた方法は次のとおりである。すなわち、窒素はマイクロケルダール法を用い、リン、カリウム、カルシウムおよびマグネシウムは、試料を硫酸および硝酸で湿式灰化後、リンはモリブデン青法、カリウムは炎光光度法、そしてカルシウムおよびマグネシウムはキレート滴定法を用いて分析した。さらに、鉄は、試料を硝酸、硫酸および過塩素酸で分解後 *o*-Phenanthroline 法を用いて分析し、マンガンは、試料を硝酸、硫酸および過硫酸カリウムを用いて分解後、過ヨウ素酸カリウム法により分析し、亜鉛は、試料を乾式灰化後、イオン交換樹脂を用いて分離し、ジコン法によつて分析し、ホウ素は、試料を石英蒸発皿で乾式灰化後、クルクミン法によつて分析し、そしてモリブデンは、KCN-SnCl₂-isopropyl ether法によつて分析した⁶⁴⁾。

2. 結 果

長枝の先端部および中央部の葉の養分要素含量は、第14表に示すとおりである。それによ

Tabel 14. Contents of nutrient elements in leaves of the terminal and the middle parts of Nijisseiki pear shoots growing vigorously

	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	B ppm
Leaves of terminal part	2.59	0.203	1.68	1.38	0.31	173	92	42	23
Leaves of middle part	2.34	0.168	1.75	1.62	0.23	189	74	37	20
Significance of difference	**	**	*	**	**	N. S.	*	*	N. S.

*=Significant at 5 % level. **=Significant at 1 % level. N. S. =No significant.

Table 15. Contents of nutrient elements in normal and abnormal leaves of Nijisseiki pear

	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	B ppm	Mo ppm
Normal leaves	2.54	0.158	1.49	1.60	0.29	185	93	24	21	0.18
Abnormal leaves	2.09	0.179	1.60	1.13	0.22	116	34	15	17	0.16
Significance of difference	**	**	*	**	*	*	**	**	*	N. S.

*=Significant at 5 % level. **=Significant at 1 % level. N. S. =No significant.

ると、窒素、リン、マグネシウム、マンガンおよび亜鉛は先端部の葉のほうが含量が高く、逆にカリウムおよびカルシウムは先端部の葉のほうが含量が低い。

なお、枝条内の要素含量も分析したが、いずれの要素も先端部と中央部との含量差は葉内含量におけるほど顕著ではなく、カルシウム以外は先端部のほうが含量がやや高い傾向にあった。

次に、正常葉および異常葉の養分要素含量は、第15表に示すとおりである。それによると、窒素、カルシウム、マグネシウム、鉄、マンガン、亜鉛およびホウ素は異常葉のほうが含量が低く、逆にリンおよびカリウムは異常葉のほうが含量が高い。

このように、異常葉が発生する危険の高い長枝の先端部葉において含量の低い要素と、異常葉において含量の低い要素とはかならずしも一致せず、両者に共通して含量の低い要素はカルシウムのみであり、一方リンは両者に共通して含量が高い。

第3節 肥料三要素の施用量の相違と異常葉の発生との関係²⁶⁾

栽培者の間では一般に、深耕して粗大有機質を多量に投入し、窒素偏重の多肥栽培を行なっている園に異常葉の発生が多いといわれている^{22, 43)}。そこで、前記実験ほ場において、肥料五要素の施肥比率および土壌管理法を変えた16試験区を設けて、樹体の生育量および異常葉の発生率を調査したところ、各区の間にめいりような差を認めることができなかった²⁶⁾。その原因は、もともと土壌中にかなりの肥料成分が存在していたこと、根群がある程度交錯していたことなどによるのではないかと考えられたので、さらに次のようなはち植試験を行なった。

1. 材料および方法

Table 16. Chemical properties of soil used in the experiment

pH (H ₂ O)	(KCl)	Exchange acidity (y ₁)	Total nitrogen %	Available P ₂ O ₅ ppm	Exchangeable cations me/100g		
					K	Ca	Mg
5.3	5.0	1.25	0.052	1.2	0.52	1.02	0.46

1961年12月に、信州大学農学部構内から火山灰土壌の下層土を採取し、直径50cm、深さ45cmのコンクリートばちにつめて、二十世紀ナンの1年生苗を1はちに1本ずつ定植した。採取した土壌の化学的諸性質は、第16表に示すとおりである。

試験区は、第17表に示すように、窒素：リン酸：カリを1：1：1の比率で施肥した区を標準(St)区とし、そのほかに窒素倍量(2N)区、窒素半量(1/2N)区、無窒素(0N)区、リン酸倍量(2P)区、無リン酸(0P)区、カリ倍量(2K)区、カリ半量(1/2K)区、無カリ(0K)区および3要素をまったく施用しない(0NPK)区の合計10区を設け、1区4はちをもつて構成した。

植付け後2年間に各区に実際に施用した肥料の総量は第17表に示すとおりであり、肥料としては、硫酸、尿素、過リン酸石灰および塩化カリを用いた。なお、植付け時に各はちに珪カル(石灰37%、珪酸27%および苦土5%を含有)を100gずつ施用した。施肥方法は、窒素およびカリは8回に分施し、リン酸は全量を植付け時に土壌とよく混和しながら施用した。

そして、主枝直立誘引法を用いて3年間栽培した。その他の管理はすべて慣行法によった。葉分析の試料は、植付け後2年目の8月22日に、主枝の中央部の葉を採取した。分析方法は、前節と同じ方法を用いた。

2. 結 果

(1) 主枝の伸長量

植付け後2年間の主枝の平均伸長量は、第25図に示すとおりである。すなわち、2N区、2P区、2K区および1/2K区はSt区と大差がなく、1/2N区はSt区よりもやや劣り、以下0K区、0P区、0N区、0NPK区の順に顕著に劣っている。

(2) 葉内の養分要素含量

植付け後2年目における主枝の中央部の葉の養分要素含量は、第18表に示すとおりである。すなわち、窒素の施用量が多くなるにつれて、葉内の窒素含量が増加しているが、1/2N区、St区および2N区の間には大差はない。また、窒素の施用量が多くなるにつれて、0N

Table 17. Application amounts of fertilizers per pot throughout two years

Treatment	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2N	80	40	40
St	40	40	40
1/2N	20	40	40
0N	0	40	40
2P	40	80	40
0P	40	0	40
2K	40	40	80
1/2K	40	40	20
0K	40	40	0
0NPK	0	0	0

In addition to the above, 100g of slag (CaO : 37%, SiO : 27%, MgO : 5%) was applied to each pot.

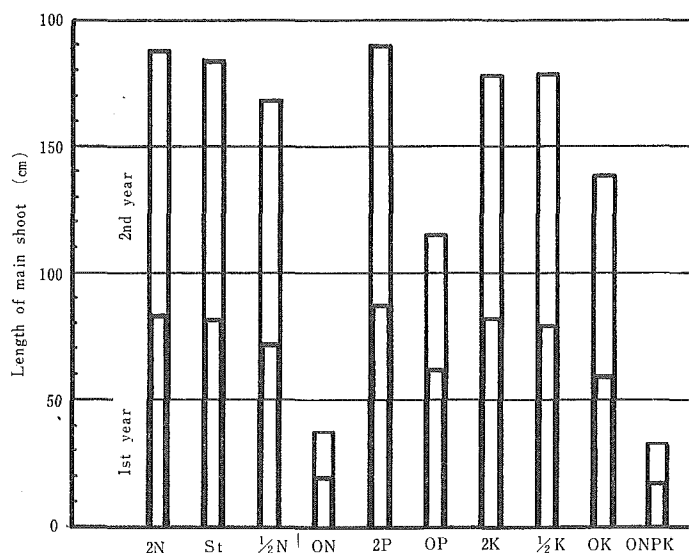


Fig. 25. Effects of nitrogen, phosphate and potash applications on tree growth of Nijisseiki pears.

Table 18. Effects of nitrogen, phosphate and potash applications on nutrient contents of Nijisseiki pear leaves in the second year after planting

Treatment	N	P	K	Ca	Mg
2N	2.70	0.134	1.58	1.32	0.28
St	2.64	0.155	1.71	1.27	0.24
1/2N	2.56	0.170	1.83	1.29	0.22
0N	1.56	0.139	1.86	1.14	0.22
2P	2.64	0.184	1.69	1.26	0.30
0P	2.39	0.084	1.68	1.13	0.22
2K	2.52	0.160	2.09	1.05	0.23
1/2K	2.66	0.145	1.48	1.29	0.31
0K	2.66	0.164	0.64	1.41	0.34
0NPK	1.67	0.118	0.81	1.21	0.24
L. S. D. 0.05	0.17	0.023	0.33	0.24	0.07
0.01	0.23	0.031	0.44	0.32	0.09

区を除いて、葉内のリンおよびカリウム含量が減少し、マグネシウム含量がわずかに増加している。リン酸の施用量が増加すると、葉内のリン含量は明らかに増加し、またマグネシウム含量も増加している。そして、カリの施用量が増加すると、葉内のカリウム含量は顕著に増加し、一方窒素、カルシウムおよびマグネシウムの含量が減少する傾向が認められる。

なお、0N区、0P区および0K区の葉には、それぞれ窒素、リンおよびカリウムの欠乏症

Table 19. Effects of nitrogen, phosphate and potash on the development of disordered shoots in Nijisseiki pears in the third year after planting

Treatment	No. of shoot	No. of disordered (%)
2N	12	5 (42)
St	12	4 (33)
1/2N	12	4 (33)
0N	12	0 (0)
2P	12	4 (33)
0P	12	0 (0)
2K	12	5 (42)
1/2K	12	5 (42)
0K	12	1 (8)
0N P K	12	0 (0)

状が認められた。

(3) 異常葉の発生率

植付け後2年目にはどの主枝にも異常葉は発生しなかったが、翌3年目には異常葉の発生がみられ、その発生率は、第19表に示すとおりである。すなわち、0N区、0P区および0N P K区ではまったく発生せず、0K区ではわずか1本発生したのみであるが、その他の各区では、肥料処理とは無関係に、ほぼ同程度に発生している。

異常葉が発生しなかった試験区はいずれも生育が極端に劣っていた区であり、また同一区内でも生育のおう盛であつた主枝に異常葉が発生する傾向が認められたので、試験区を無視して、植付け後2年間の主枝

の伸長量と翌3年目における異常葉の発生との関係を調べてみた(0N区および0N P K区は除外)。その結果は第26図に示すとおりで、第3章で述べたと同様に、長く伸長した枝ほど異常葉が発生しやすい傾向のあることが認められる。ただし、この場合は、異常葉の発生する危険限界伸長量が約160cmで、ほ場の場合に比べてかなり短い。

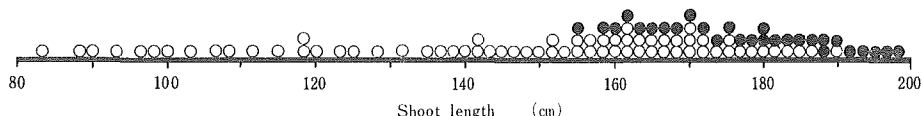


Fig. 26. Relation between the shoot growth for two years after planting, and the development of disordered shoots in the following year in Nijisseiki pears planted in pots. (○—normal shoot, ●—disordered shoot.)

第4節 亜鉛、ホウ素および珪カルの施用と異常葉の発生との関係

異常葉の症状は、亜鉛やホウ素欠乏の場合にみられる症状に類似している点が多い^{5,50)}し、葉分析の結果においても異常葉は正常葉に比べて亜鉛およびホウ素の含量が低い。そこで、亜鉛およびホウ素の施用、および異常葉において含量の低い諸要素をほとんどすべて含有している珪カルの施用と、異常葉の発生との関係を調査した。

1. 材料および方法

まず、前記実験ほ場に植えた二十世紀ナシの幼樹について、亜鉛、ホウ素および珪カルの施用試験を行なつた。それらの施用量および施用方法は、第20表に示すとおりである。そのほかに、珪カル施用区以外の樹には植付け時に炭カルを1kgずつ施用し、また20—12—21の組成をもつ高度複合肥料を毎年1樹あたり100gずつ施用した。各区とも4樹をもつて構成し、主枝直立誘引法に従つて4年間栽培した。

Table 20. Amounts and methods of applications of zinc, boron and slag

Treatment	Material	Soil application before planting	Foliar spray after planting
Zn application	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	100 g/tree	0.5% solution, 4 times
B "	H_2BO_3	10 "	0.3 " , "
Slag "	Slag of iron blast furnaces	3 kg/tree	—

植付け後2年目の8月末に、主枝の先端部の葉を採取して、養分要素含量を分析した。分析方法は、第2節で述べた方法と同じである。

次に、異常枝を接木した結果生じた異常苗を、川砂をつめた素焼きの30cmばちに植えて、前と同様な施用試験を2年間継続した。亜鉛、ホウ素および珪カルの施用量および施用方法は次のとおりである。すなわち、砂へは第20表に示した土壌施用量の約20分の1の量を15回に分施し、さらに前と同濃度の液を合計5回葉面散布した。その他の肥料としては、休眠期を除いて毎週、前記の高度複合肥料および炭酸苦土石灰を1はちあたり2gずつ施用した。ただし珪カル施用区には炭酸苦土石灰は施用しなかった。

2. 結 果

ほ場に植えた幼木の各区における植付け後2年間の主枝伸長量および植付け後3、4年目の異常葉の発生率は、第21表に示すとおりである。すなわち、植付け後3年目には、ホウ素施用区および対照区では大部分の主枝に異常葉が発生しているのに対し、亜鉛施用区および珪カル施用区では異常葉の発生率が明らかに低い。しかし翌4年目には、各区ともほとんどすべての主枝に異常葉が発生している。

Table 21. Effects of zinc, boron and slag applications on the growth of main shoots and the development of disordered shoots in Nijisseiki pears

Treatment	No. of shoots	Length of shoots in 2nd year	No. of disordered in 3rd year	(%)	No. of disordered in 4th year	(%)
Zn application	13	214 cm	6	(46)	12	(92)
B "	14	219	13	(93)	14	(100)
Slag "	15	228	8	(53)	12	(80)
Control	14	223	13	(93)	14	(100)

なお、異常葉が発生する前年の主枝の先端部の葉の養分要素含量は、第22表に示すとおりである。すなわち、亜鉛施用区では、亜鉛含量が顕著に高く、その他の要素ではマンガン含量がやや低い。ホウ素施用区では、ホウ素含量が明らかに高く、その他ではカリウム含量がやや低い。そして珪カル施用区では、カリウム含量がやや低く、カルシウムおよびマンガンの含量がやや高い。

Table 22. Effects of zinc, boron and slag applications on the nutrient contents of Nijisseiki pear leaves

Treatment	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Mn ppm	Zn ppm	B ppm
Zn application	2.49	0.178	1.56	1.25	0.25	67	89	24
B "	2.58	0.183	1.49	1.29	0.29	82	46	38
Slag "	2.56	0.201	1.42	1.47	0.30	95	44	22
Control	2.54	0.193	1.60	1.30	0.28	87	40	24

次に、はち植の異常苗に対して、亜鉛、ホウ素および珪カルを施用した結果は、いずれの処理も異常葉の回復には効果がなく、すべての苗に継続して異常葉が発生した。

第5節 摘葉、断根および剪定の程度と異常葉の発生との関係

第2章で述べたように、異常葉の発生経過は樹体内の貯蔵養分の消長と密接に関係しているように思われる。そこで、摘葉および断根によつて樹の貯蔵養分を減少させた場合、また強剪定して残された芽に多量の養分を集中させるようにした場合の異常葉の発生率を調査した。

1. 材料および方法

植付け後2年間前節の対照区と同じような管理を行ない、生育量のほぼ均一に揃つた二十世紀の幼樹に対して、植付け後2年目の秋から冬にかけて次のような処理区を設けた。すなわち、9月末に葉を全部摘みとつた摘葉区、12月に掘り上げてかなり強度の断根を行なつた断根区、冬期に主枝以外の枝を全部切りとつた強剪定区、剪定をまったく行なわなかつた無剪定区、およびこれまでとほぼ同程度の剪定を行なつた対照区とを設けた。摘葉区および断根区の剪定度は対照区と同程度とした。そして、翌3年目における異常葉の発生率を調査した。

なお、各処理による樹体の栄養状態の相違を知るために、3年目の新芽が約5cm伸長した時期に、新芽を採取して、糖および窒素の含量を分析した。分析法は、第1節で述べたと同じ方法を用いた。

2. 結 果

Table 23. Effects of defoliation and pruning on the contents of sugar and nitrogen of sprouts, and the development of disordered shoots in the following season in Nijisseiki pears

Treatment	No. of shoots	% of dry matter of sprouts		No. of disordered shoots	(%)
		Sugar	Nitrogen		
Defoliation	19	4.85	3.12	15	(79)
Root pruning	20	5.03	3.24	17	(85)
Heavy pruning	18	5.48	3.74	17	(94)
Non pruning	20	5.15	3.28	17	(85)
Control	19	5.26	3.50	17	(89)

植付け後2年目の秋から冬にかけての、摘葉、断根、強剪定および無剪定が、翌春の新芽中の糖および窒素含量、および異常葉の発生率に及ぼす影響は、第23表に示すとおりである。それによると、各処理によつて翌春の新芽中の糖および窒素含量はかなり変化し、摘葉区では含量が顕著に低く、断根区でもかなり低いが、一方強剪定区では含量がやや高い。しかし、異常葉の発生率は処理によつてほとんど相違がなく、各区とも大部分の主枝に異常葉が発生している。しいていえば、摘葉区で発生率がわずかに低い。

第6節 考 察

主枝を直立誘引して強く伸長させた樹はそうでない樹に比べて、T—R率が高く、そして枝梢内の窒素含量が高く逆に灰分の含量が低い。この結果は、菊池博士ら¹⁹⁾が長十郎ナシについて報告した結果とよく一致しており、枝がおう盛に生長した樹の一般的な傾向であるように思われる。また、おう盛に生長した枝について、異常葉が発生する危険のある先端部とそうでない中央部の葉内要素含量を比較すると、先端部では窒素、リンなどの含量が高く、一方カリウム、カルシウムなどの含量が低い。なお、一般の果樹園においても、窒素偏重の多肥栽培を行なつた園において異常葉の発生が多いといわれている。そこで、肥料三要素の施肥比率を変えて栽培してみたが、葉内要素含量の相違から各肥料処理によつて樹体の栄養状態がかなり変化していたことが明らかであつたにもかかわらず、施肥比率と異常葉の発生との間には直接的な関係は認められず、要するに長く伸長した枝に異常葉が発生した。

はち植試験の場合には、ほ場の場合に比べて異常葉の発生する危険限界伸長量がかなり短い、このことは、樹齢の若い場合（とくに苗を植付けた年）の危険限界伸長量が短いこととともに注目すべき事実である。はち植の場合には根群が制限されているし、一方苗の植付け直後はまだ根群の拡大がじゆうぶんでない。このように、両方の場合には根群が貧弱だという共通点がある。しかし、これが異常葉の発生する危険限界伸長量が短いこととどのように結びつくかは、今後の研究課題である。

次に、微量元素の欠乏が関係しているのではないかとの観点から、可能性の高いと思われる亜鉛およびホウ素の施用試験を行なつてみたが、異常葉の発生を防止することはできなかった。亜鉛施用区において植付け後3年目の異常葉の発生率が低かつたのは、前年までの枝の伸長量がやや劣つていたためと思われる。ただし珪カル施用区では、枝の伸長量が大きであつた割に異常葉の発生率が低かつた。珪カル中には石灰、珪酸、苦土のほかにも種類の微量元素を含有しており、それらのうちのいずれかの要素が異常葉の発生率を低下させる効果を有しているのかも知れない。葉分析の結果で珪カル施用区が他区と異なつていた点は、カルシウムおよびマンガンの含量がやや高かつたことである。そのうちカルシウムは、異常葉においても、また異常葉発生前のおう盛に伸長した枝の先端部の葉においても含量の低かつた要素である。珪カルあるいはカルシウムと異常葉の発生との関係については、今後さらに検討してみる必要があるように思われる。

摘葉、断根、強剪定のような、樹体の栄養状態を著しく変動させるような処理を行なつた場合でも、伸長量の大であつた枝にはやはり翌年異常葉が発生した。第6表の接木試験の結果からも推察されるように、これらの処理を行なつた時期には、枝の先端部には形態的にはまだ識別できないが、すでに異常葉の発生する態勢が完成しており、この態勢はこれらの処理では動かすことのできない、かなり安定したものであるように思われる。なお、これらの

処理をさらに1年早く行なつた場合には、結果は示さなかつたが、摘葉および断根は枝の伸長量を減少させるることによつて異常葉の発生率を低下させ、一方強剪定は残された枝の伸長量を増大させるることによつて異常葉の発生率を高くする。

第7節 摘 要

1. 主枝直立誘引法で育成した樹は、従来の整枝法で育成した樹に比べて、地上部の生育量がとくに大でT—R率が高く、枝梢内のC—N率および灰分—窒素率が低い。
2. おう盛に伸長した枝の先端部の葉は、中央部の葉に比べて、窒素、リン、マグネシウム、マンガンおよび亜鉛の含量が高く、一方カリウムおよびカルシウムの含量が低い。また、異常葉は正常葉に比べて、リンおよびカリウムの含量が高く、一方窒素、カルシウム、マグネシウム、鉄、マンガン、亜鉛およびホウ素の含量が低い。
3. 肥料三要素の施用量の相違と異常葉の発生との間には直接的な関係はない。
4. 亜鉛およびホウ素の施用は、異常葉の発生防止には効果がない。珪カルの施用は、異常葉の発生率をわずかに低下させる。
5. 秋から冬にかけての摘葉、断根および剪定の程度は、体内の栄養状態を著しく変化させるが、翌年の異常葉の発生率には影響しない。

第7章 生長調節物質と異常葉の発生との関係

第1節 正常枝および異常枝の先端における生長調節物質含量の相違

1. 材料および方法^{23,46)}

まず、1959年の5月5日および6月19日に、二十世紀の正常枝および異常枝の先端部（未展開の若い葉を含む）を10こ（生体重で2g）ずつ採取し、直ちに凍結させ、エーテルを用いて1〜2°Cで24時間抽出した。次いで抽出液をブドウ糖で飽和させた8%重炭酸ソーダ液で振り、エーテル層を捨て、水溶液に15%酒石酸溶液を加えてpH3にして、酸性物質をエーテルで抽出した。エーテルを蒸発させた後、抽出物を1mlの再蒸溜水に溶かし、そのうち0.05mlをロ紙につけ、70%エタノールを溶媒として約20cm展開した。展開後ロ紙を10等分して、2%しよ糖液2mlに3時間浸漬して物質を溶出させた。この溶液の生長調節物質の測定はアベナ伸長試験法によつた。すなわち、この各溶液に2.5mmに切断したアベナの子葉しょうを20こずつ浮べて、20時間後に伸長量を測定し、しよ糖液のみに浮べた場合の伸長量に対する比率を求めた。なお、IAAを同様にして展開して発色させた結果、Rf 0.75〜0.8付近にあることを確認した。

また、1964年の4月23日、5月3日、5月23日および6月13日に、前と同一樹から正常枝および異常枝の先端部を10こ（生体重で2g）ずつ採取し、直ちに凍結させ、メタノールを用いて約0°Cで18時間抽出した。抽出液は減圧蒸発後エーテルに溶解し、さらにエーテルを蒸発させた後、抽出物を5mlの再蒸溜水に溶かした。この水溶液に2.5%の寒天小片を20こずつ加え、2時間オーキシンを拡散させた後、常法に従つてアベナの屈曲試験を行なつた。なお同時に、IAAの0.1および0.2ppm液についても屈曲試験を行ない、IAAによる屈曲角と抽出液による屈曲角の比率から抽出液中のIAA濃度を推定し、さらにその値から試料1gあたりのIAA量を算出した。

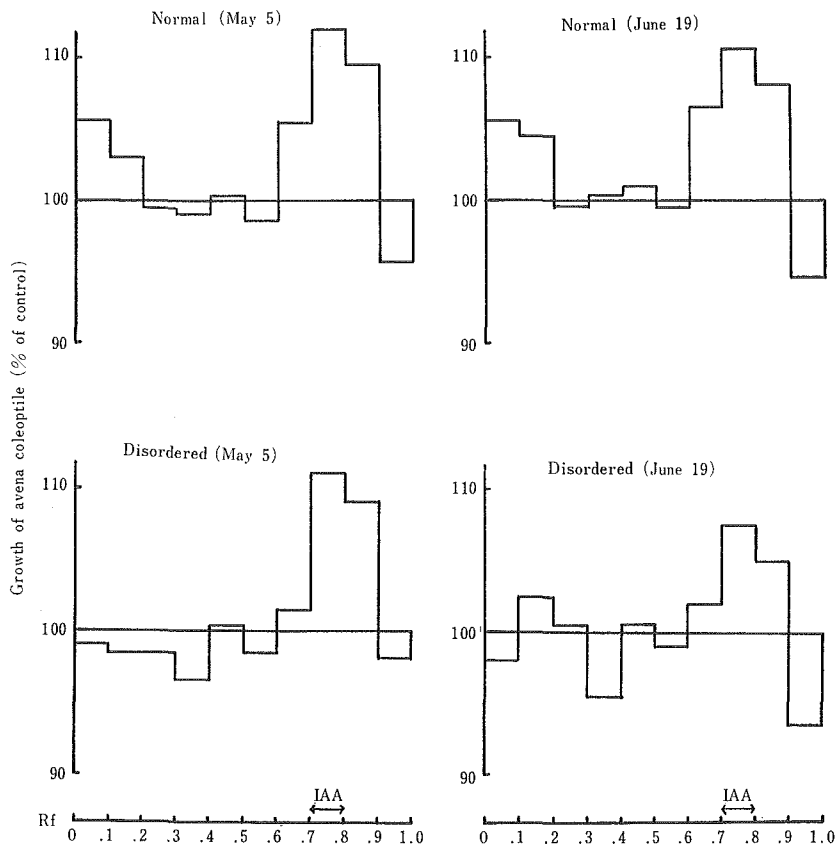


Fig. 27. Histograms of acid fraction of ether extracts obtained from the terminal parts of normal and disordered shoots of Nijisseiki pear.

2. 結 果

アベナ伸長試験によつて、正常枝および異常枝の先端部における生長促進物質および生長抑制物質を比較した結果は、第27図に示すとおりである。

それによると、異常葉の発生がまだ肉眼的に認められない時期である5月5日には、正常枝および異常枝ともに、Rf 0.7~0.9の部分に生長促進物質が認められ、その量は正常枝のほうがやや多い。そのほか、正常枝には、Rf 0~0.2の部分に生長促進物質、Rf 0.9~1.0の部分に生長抑制物質がわずかに認められ、異常枝では、Rf 0.3~0.4の部分に生長抑制物質がわずかに認められる。

異常葉の発生が肉眼的に認められる時期である6月19日には、正常枝では、5月5日の場合に比べて、Rf 0.7~0.9の部分の生長促進物質の量がやや減少するだけで、他はほとんど同じであるのに対して、異常枝では、5月5日に比べて、Rf 0.7~0.9の部分の促進物質が少なくなり、Rf 0.3~0.4および0.9~1.0の部分の抑制物質がかなり増加している。そして全体的にみて、異常枝は正常枝に比べて、明らかに促進物質が少なくて抑制物質が多い。

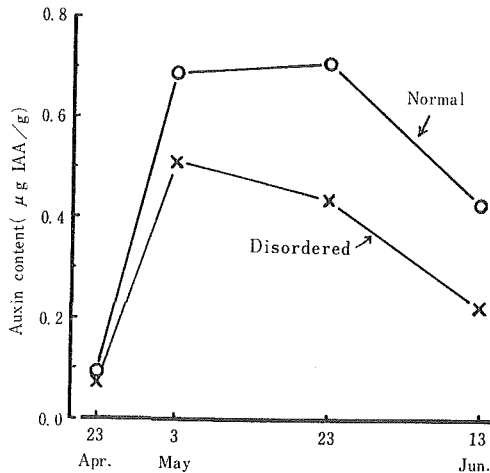


Fig. 28. Difference in auxin content in the terminal parts of normal and disordered shoots of Nijisseiki pear.

また、アベナ屈曲試験によつて、正常枝および異常枝の先端部におけるオーキシン含量を測定した結果は、第28図に示すとおりである。

ほう芽直後の4月23日には、正常枝（芽）および異常枝（芽）ともに、オーキシン含量はきわめて低く、以後急激に含量が上昇している。5月3日には、異常枝では、肉眼的にまだ異常葉は認められていないが、正常枝に比べてオーキシン含量がきわめて低い。5月23日には、異常枝では異常葉の発生が肉眼的に認められるようになる時期であるが、オーキシン含量が前の時期よりやや低下し、正常枝との含量の差が一層顕著になっている。6月13日には、正常枝および異常枝ともに前の時期

期に比べて含量が低下しているが、正常枝は異常枝に比べて明らかに含量が高い。

第2節 IAA, ジベレリン, TIBAおよびB995の処理が異常葉の発生に及ぼす影響

異常葉の発生は枝の伸長量と密接な関係を有しているので、枝の生長物質といわれているインドール酢酸（IAA）およびジベレリン、IAAときつ抗作用を有する2, 3, 5-トリヨード安息香酸（TIBA）、および枝の生長抑制剤であるN-dimethylamino succinamic acid（B995）を枝に処理した場合の、異常葉の発生率を調査した。

1. 材料および方法

前記実験は場において、植付け後直立誘引して伸長させてきた二十世紀ナシの主枝の先端部に対して、植付け後2年目の7月中旬から8月中旬にかけて、IAAの10および50ppm、ジベレリンの20および100ppm液、TIBAの10および50ppm液、およびB995の1,000およ

Table 24. Effects of treatments of IAA, GA, TIBA and B995 on the shoot growth and the development of disordered shoots in Nijisseiki pears

Treatment	No. of shoots	Length of shoots	No. of disordered (%)
IAA { 10ppm	12	135 cm	11 (92)
50 "	12	128	11 (92)
GA { 20 "	12	142	11 (92)
100 "	12	153	12 (100)
TIBA { 10 "	11	155	10 (91)
50 "	11	160	10 (91)
B995 { 1,000 "	11	119	4 (36)
5,000 "	11	108	0 (0)
Control	12	139	11 (92)

1) Many buds of terminal part died by the treatment.

び5,000ppm液を、3回散布した。

2. 結 果

I A A, ジベレリン, T I B Aおよび B 995 を散布した場合の、枝の伸長量および翌年の異常葉の発生率は第24表に示すとおりである。それによると、B 995 散布区では、枝の伸長量が劣り、そして翌年の異常葉の発生率が低い。ただし、5,000ppm液を散布した枝に異常葉がまったく発生しなかつたのは、先端部の芽が枯死して発芽しなかつたものが多かつたことも関係していると思われる。その他の処理区では、ジベレリンおよびT I B Aの散布によつて枝の伸長がやや促進されているが、翌年の異常葉の発生率にはほとんど差はない。

第3節 ナシの葉片の生長に及ぼすアデニン、カイネチン、ジベレリンおよびI A Aの効果

葉身の生長にはI A Aは無関係であり、アデニンおよびその前駆物質であるヒポキサンチンなどが葉の生長物質であるという報告があり³⁾、またカイネチンやジベレリンが葉の生長を促進するという報告もある^{11,16,28,51)}ので、二十世紀ナシの葉についてそれらの生長促進効果を実験してみた。

1. 材料および方法

実験は、倉石らの方法²⁸⁾に準じて行なつた。すなわち、展開中の若い二十世紀の葉身なるべく葉脈を避けるようにして0.5cm²の円形リーフパンチで打ち抜き、葉の裏面を下にして水に浮べて12時間暗黒下に放置した後、葉片を第25表に示すような培養液およびそれに種々の濃度のアデニン、カイネチン、ジベレリンおよびI A Aを加えた培養液を入れたペトリ皿に移した。そして、昼光色蛍光灯（照度1,000 lux）の照明下で、48時間培養した。各実験とも、葉片10枚に対して培養液を5ml用い、3回反覆した。培養後、葉片をガラス板にはさんで印画紙に焼付け、それを切取つて秤量して葉面積を算出した。

また、第1節のオーキシシン含量を測定した際に用いた方法に従つて、正常葉および異常葉の抽出液を調製し、その抽出液を希釈した液、および前記培養液に抽出液を加えた液を用いて、同様な二十世紀ナシの葉片の生長試験を行なつた。抽出液の濃度は、培養液1ml中における抽出前の試料の重量で示した。

2. 結 果

種々の濃度のアデニン、カイネチン、ジベレリンおよびI A Aを含む培養液上におけるナシの葉片の生長量は、第29図に示すとおりである。

それによると、アデニンは、ナシの葉の生長にはまったく効果が認められない。アデニンはごく若い葉に対してのみ生長素として作用するという報告がある¹⁶⁾ので、さらに若い葉について追試を行なつてみたが、やはり生長促進効果を認めることはできなかつた。カイネチンは、ナシの葉の生長を顕著に促進し、1ppmの濃度で促進効果が最も大きい。ジベレリンも、1～10ppmの濃度で、ナシの葉の生長に対して明らかに促進効果を有している。

Table 25. Basal composition of nutrient solution used in the growth test of leaf disks of Nijisseiki pear

Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	1.5 g
KCl	0.25 g
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.25 g
KH ₂ PO ₄	0.05 g
Sucrose	20.0 g
Water	1,000ml

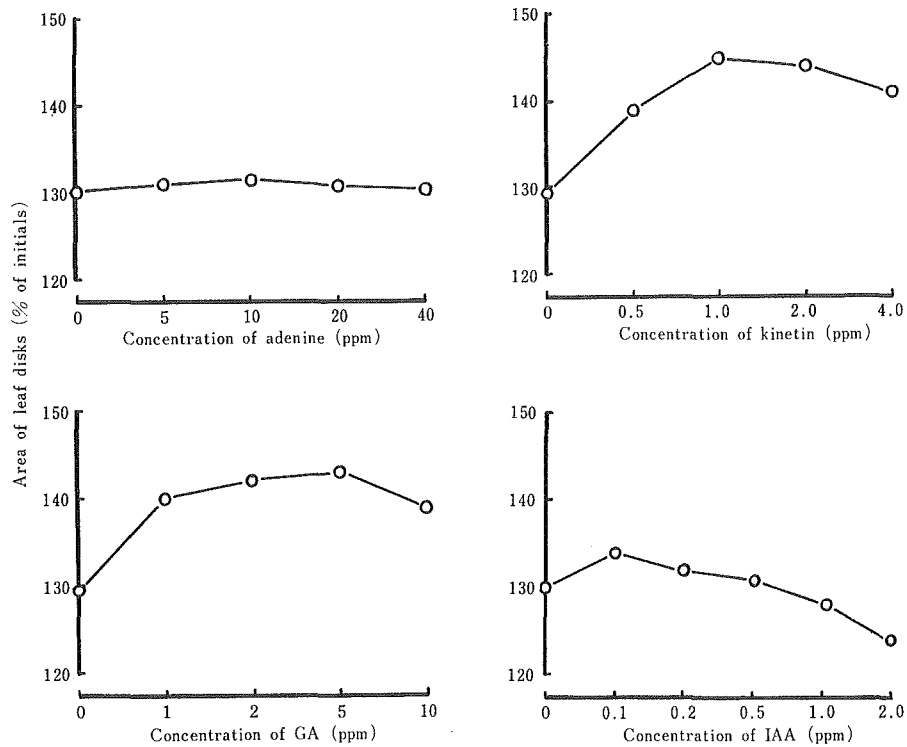


Fig.29. Effects of adenine, kinetin, GA and IAA on the growth of leaf disks of Nijisseiki pear.

(1) Case of leaf extracts only.

(2) Case of containing minerals and sugar.

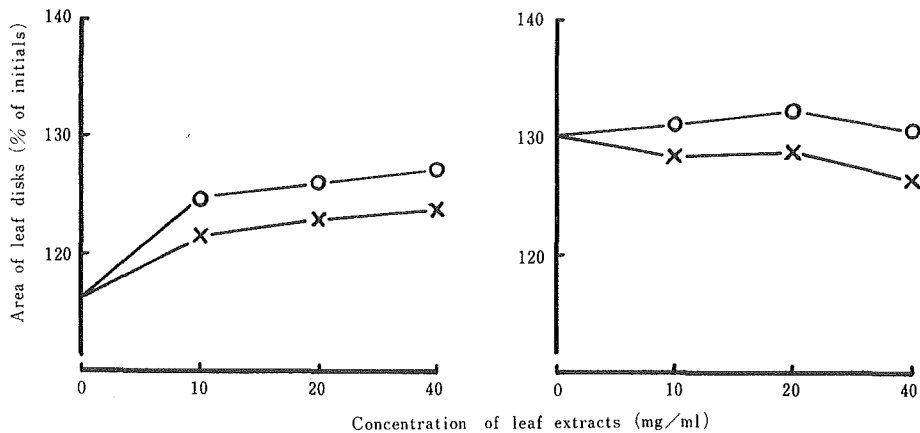


Fig.30. Effects of methanol extracts obtained from normal and abnormal leaves of Nijisseiki pear on growth of leaf disks of the same variety.

(○-extracts from normal leaves, ×-extracts from abnormal leaves)

I A Aは、0.1ppm でわずかに生長を促進するようであるが有意差はなく、濃度が増すと逆に抑制効果を示すようになる。

次に、正常葉および異常葉の抽出液で培養した場合、および基本培養液に各抽出液を添加して培養した場合の葉片の生長量は、第30図に示すとおりである。

それによると、異常葉の抽出液よりも正常葉の抽出液のほうが生長促進効果が大である。また、無機塩類およびしよ糖を含む基本培養液に葉の抽出液が加わった場合には、正常葉の抽出液は添加の影響がほとんど認められず、一方異常葉の抽出液は添加によつてかえつて生長が抑制されている。これらの結果から、異常葉の抽出液中には、若い葉の生長を促進する物質が少なく、生長を抑制する物質がかなり存在するように思われる。

第4節 異常樹に対するカイネチン、ジベレリン、アデニンおよびI A A処理の効果

カイネチンおよびジベレリンが二十世紀ナシの葉の生長を促進する効果を有することが判明したので、それらの処理によつて異常葉の発生を防止したりまた異常葉を正常な葉に回復させることができるか否かを実験した。なお念のためにアデニンおよびI A Aの処理も試みた。

1. 材料および方法

異常枝を接木した結果生じた異常苗40本に対して、カイネチン1ppm液、ジベレリン10ppm液、アデニン40ppm液およびI A A0.2ppm液を、第1葉の展開後から6月末まで1日おきに葉面散布した。そして、翌年も同一処理を繰り返した。

2. 結 果

いずれの処理も、いつたん異常葉が発生した樹に対して、異常葉の発生を防止したり、異常葉を正常葉に回復させたりする効果は認められなかつた。ただしカイネチンの処理は、正常葉および異常葉ともに葉面積を約10%増大させた。

第5節 考 察

二十世紀ナシの枝に対して、I A A、ジベレリン、T I B AおよびB995を散布して、翌年の異常葉の発生に及ぼす影響を調べたところ、前3者の処理は異常葉の発生には無関係であり、B995の処理のみが異常葉の発生率を低下させた。ただし、これはB995の直接の影響というよりも、B995の処理によつて枝の伸長が抑制されたことによる間接的影響ではないかと思われる。その理由は、B995処理区で異常葉が発生しなかつた枝はいずれも前年の伸長量が120cm以下の比較的短い枝であり、それ以上に伸長した枝では他区と同様に異常葉が発生しており、その限界が第3章で述べた異常葉発生の危険限界伸長量にほぼ一致しているからである。

さて、異常葉の発生した枝の生長が劣るのは、正常枝に比べてオーキシンの含量が少ないためであろうが、異常葉が正常な大きさに生長し得ないのは、オーキシン以外の葉の生長ホルモンが不足しているためではないかと考えられる。エンドウなどにおいては、アデニンやヒポキサンチンが葉の生長ホルモンの働きをし、これらの物質は最初は種子から供給され、その後は成熟葉で合成されて若い葉に供給されるといわれている⁴⁾。この説を異常枝に適用すると、ほう芽後数枚の葉が生長する間は、貯蔵物質とともに存在していたアデニンのような葉の生長ホルモンの働きで正常葉が展開するが、その後貯蔵物質の減少に伴つて生長ホルモンの量も減少し、一方それまでに展開した葉が若い葉へ生長ホルモンを供給する能力に欠

けているために、小さな異常葉が展開し始めるのではなかろうかと考えられる。

そこで、アデニンのほか、これまでに数種の植物について葉の生長を促進する作用を有することが認められているカイネチンおよびジベレリンが、はたしてナシの葉の生長を促進する作用を有しているか否かを調べてみたところ、カイネチンおよびジベレリンには生長促進作用が認められ、アデニンにはその作用が認められなかつた。アデニンが葉の生長ホルモンとしての働きを示さないものはほかにもあり、一般に単子葉植物はそれに属するといわれている^{4,16)}。

そして次に、ナシの葉の生長を促進する作用を有することが判明したカイネチンおよびジベレリンを、異常枝のほう芽期から連続的に葉面散布してみたが、異常葉の発生を防止することはできなかつた。異常葉の発生には何かほかの生長物質が関与しているのかも知れない。

もし、異常枝の基部に着生している成熟葉がある種の葉の生長ホルモンを生産して若い葉に供給する能力に欠けているために異常葉が発生するのならば、成熟葉をもつた異常枝の先端に正常枝の生長点を接木した場合には以後異常葉が発生し始め、その逆に成熟葉をもつた正常枝の先端に異常枝の生長点を接木した場合には以後正常葉が発生し始めるはずである。しかし接木の結果では、第4章で述べたとおり、台木には関係なく正常枝の生長点からは正常葉が、異常枝の生長点からは異常葉が発生した。このことからすると、異常枝において生育途中から異常葉が発生し始めるという現象は、基部から供給される養分によつて左右されるものではないようにも思われる。

第6節 摘 要

1. 異常枝は正常枝に比べてオーキシンの含量が低く、その差は異常葉が発生し始めるころに最大となる。
2. 枝の先端部に IAA、ジベレリン、TIBA および B995 を散布した場合、前3者は異常葉の発生率に影響を与えないが、B995 は枝の伸長を抑制することによつて異常葉の発生率を低下させる。
3. 二十世紀ナシの葉片の生長に対して、カイネチンおよびジベレリンは促進効果を有するが、アデニンおよび IAA は無効である。また、異常葉には、葉片の生長を促進する物質が少なくして生長を抑制する物質がかなり存在する。
4. 異常樹にカイネチン、ジベレリン、アデニン、および IAA を与えても、回復には効果がない。

第8章 紫外線のしや断および摘葉処理と異常葉の発生との関係

第1節 ガラス室栽培による異常葉の発生防止および異常樹の早期回復

ガラス室内で異常樹を用いた種々の実験を行なつていたところ、実験処理とは無関係に、異常樹が比較的早く正常に回復する傾向のあることを認めた。そこで、この点をさらに詳細に調査するとともに、ガラス室内に植えて主枝直立誘引法で栽培した樹に異常葉が発生する可否かも調査した。

1. 材料および方法

二十世紀ナシの1年生苗を、信州大学農学部にあるガラス室と戸外とに6本ずつ植え、主枝直立誘引法に従って同様に4年間栽培し、主枝の伸長量および異常葉の発生率を調査した。また同時期に、異常枝を接木して育成した1年生異常苗を、ガラス室および戸外に10本ずつ植え、3年間栽培して異常枝の発生率を調査した。その後、ガラス室内の樹も戸外に移植して、さらに3年間栽培して調査を続けた。

この実験に用いたガラス室は、一般のガラス室に比べて光線の透過量がかなり劣り、照度計を用いて測定した室内中央部の受光量は、時刻および季節によつて異なるが、だいたい戸外の60~75%であつた。また、4月~10月の室内の気温は戸外に比べて、最高気温が2~4°C高く、最低気温は1~2°C高かつた。

2. 結 果

戸外およびガラス室内で栽培した二十世紀の主枝の伸長量および異常葉の発生率は、第26表に示すとおりである。すなわち、戸外では、植付け後3年目に大部分の主枝に、そして4年目にはすべての主枝に異常葉が発生しているのに対し、ガラス室内では、主枝の伸長量は戸外に比べて格段にまさつているにもかかわらず、異常葉はまったく発生していない。

Table 26. Growth of shoots and development of disordered shoots in Nijisseiki pears planted in open and glass-house

	No. of shoots	Length of shoots in 1st year	No. of disordered in 2nd year (%)	Length of shoots in 2nd year	No. of disordered in 3rd year (%)	Length of shoots in 3rd year	No. of disordered in 4th year (%)
Open	23	92 cm	1 (4)	129 cm	21 (91)	113 cm	23 (100)
Glass-house	23	109	0 (0)	177	0 (0)	153	0 (0)

また、異常樹を戸外およびガラス室内で3年間栽培して異常枝および正常枝の発生率を調査した結果は、第27表に示すとおりである。すなわち、戸外では3年後においても、発生した枝のほとんどすべてが異常であるのに対して、ガラス室内においては、1年目に発生した枝はほとんど異常であるが、2年目には半数以上の枝が正常であり、さらに3年目には大部分の枝が正常になっている。

なお、大部分正常枝が発生するようになった樹を、4年目以後戸外に移植して栽培したところ、ガラス室内で正常に回復した枝からはそのまま継続して正常枝が、そしてわずかに残

Table 27. Development of normal shoots from the disordered trees of Nijisseiki pear planted in open and glass-house.

	The first year		The second year		The third year	
	No. of normal shoots (%)	No. of disordered shoots (%)	No. of normal shoots (%)	No. of disordered shoots (%)	No. of normal shoots (%)	No. of disordered shoots (%)
Open	0 (0)	33 (100)	1 (1.4)	70 (98.6)	3 (3.3)	88 (96.7)
Glass-house	1 (2.9)	34 (97.1)	36 (55.4)	29 (44.6)	73 (90.1)	8 (9.9)

つていた異常枝からは継続して異常枝が発生した。

第2節 種々の被覆処理と異常葉の発生との関係

ガラス室内においては、主枝直立誘引法で栽培した樹にも異常葉が発生しないし、また異常葉の発生した樹でも比較的早期に回復することから、光線および温度が異常葉の発生に密接な関係を有しているのではないかと推察される。そこで、光線の量ならびに質、および温度を変える種々の被覆処理を行なつて、異常葉の発生との関係を調査した。

1. 材料および方法

(1) 正常樹における異常葉の発生に関する実験

天部をファイロン（ガラス繊維強化プラスチック、厚さ0.8mm）でおおい周囲をほとんど開放状態にした室の中と戸外とに、正常な二十世紀ナシの1年生苗木を植え、主枝直立誘引法に従つて栽培した。そのうち戸外で栽培した樹については、植付け後2年目の7月下旬から落葉期までおよび翌年のほう芽期から異常葉の発生が確認できる5月末まで、主枝の先端部約30cmを油紙、黒色寒冷しや（300番）、透明塩化ビニールフィルム（以下ビニールと略称、厚さ0.1mm）および透明ポリエチレンフィルム（以下ポリエチレンと略称、厚さ0.01mm）で作つた袋でおおつた。ビニールおよびポリエチレンの袋は、約5cm間隔に小孔を開けて空気の流通をよくし、袋内の気温が上昇し過ぎないようにした。そして、植付け後3年目の異常葉の発生率を調査した。

(2) 異常樹の回復に関する実験

異常樹を接木して養成した1年生異常苗木を、ガラス、ファイロン、黒色寒冷しやおよびビニールで天部をおおい周囲をほとんど開放状態にした中で、3年間栽培し、異常枝および正常枝の発生率を調査した。なお、ビニールは毎年新しいものに張り換えた。

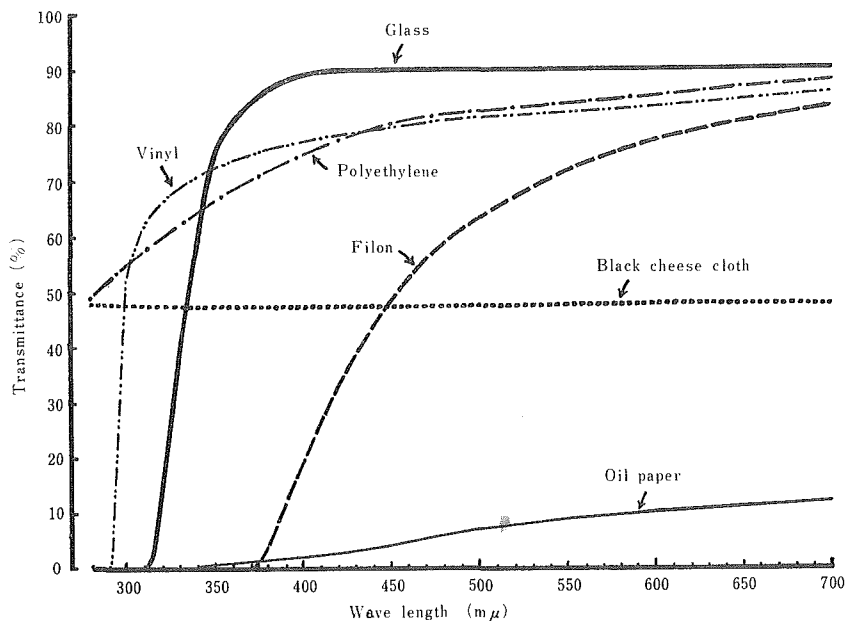


Fig.31. Spectral transmittance of cover materials used in the experiment.

(3) 光線透過率および気温の測定

被覆に用いた各種材料の分光光線透過率は、第31図に示すとおりである。分光光度計では主として平行透過率のみが測定されるので、拡散透過量の多いファイロンおよび油紙では、実際の光線透過率よりも低い値が図示されており、とくに拡散しやすい短波長の光線透過率が実際よりも低く示されている。図によると、ファイロンおよび油紙は紫外線をほとんどおさず、ガラスは $310\text{m}\mu$ までそしてビニールは $290\text{m}\mu$ までの紫外線をとおり、ポリエチレンはさらに短い波長の紫外線を透過させ、そして寒冷しやほどの波長の光もほぼ同程度に透過させる。

なお、実際に被覆処理を行なった場合の内部の照度を照度計を用いて測定し、無処理（露地）との比数を算出した。照度の比数は、場所、時刻および天候でやや異なり、また時期がたつにつれて被覆物が汚染し、実験の開始時と終了時とではかなりの差があつたが、すべての平均値で示すことにした。

被覆物内の気温は、生育期間中毎日、露地との平均気温の差を観測し、その平均値で示すことにした。

2. 結 果

(1) 正常樹における異常葉の発生

二十世紀ナシの幼樹をファイロン室内で栽培した場合および主枝の先端部に対して種々の被覆処理を行なった場合の、 $300\text{m}\mu$ の紫外線透過率、照度、気温、枝の伸長量および異常葉の発生率は、第28表に示すとおりである。すなわち、ファイロン室内は紫外線はまったく照射せず、対照区に比べて照度がかなり劣りそして気温はほとんど差がないが、その中で栽培した場合には、枝の伸長がきわめておう盛であるにもかかわらず異常葉はまったく発生していない。枝を樹陰に誘引した場合は、対照区に比べて照度がきわめて低くそして気温も低い、異常葉はほとんど発生していない。枝の先端を油紙でおおつた場合には、紫外線は照射

Table 28. Effects of various cover treatments on transmittance of ultraviolet, intensity of illumination, air temperature, and shoot growth and development of disordered shoots in Nijisseiki pears

Cover treatment	Transmittance ¹⁾ of UV	Index of illumination	Difference in temperature from control	No. of shoots	Shoot length in 2nd year	No. of disordered in 3rd year (%)
Filon	0 %	66	-0.2°C	12	158cm	0 (0)
Shade of trees	—	8~27	-2.2	15	133	1 (7)
Oil paper	0	44	2.6	13	144	3 (23)
Black cheese cloth {Single	48	52	-0.9	10	139	6 (60)
Double	23	27	-1.5	13	135	7 (54)
Vinyl	53	79	2.9	12	147	8 (67)
Polyethylene	54	88	2.7	14	142	12 (75)
Control	100	100	—	16	136	11 (69)

¹⁾Transmittance in $300\text{m}\mu$ measured by spectrophotometer.

せず、照度がかなり低く、気温が高くそして枝の伸長量がやや大であるが、異常葉の発生率はかなり低い。枝の先端を黒色寒冷しやでおおつた場合には、紫外線がかなり照射し、照度が低下しそして気温がやや低下するが、異常葉の発生率は対照区と大差がない。そして、ビニールあるいはポリエチレンで枝の先端をおおつた場合には、対照区に比べて照度がかなり低下し、気温が高くそして枝の伸長量はやや大であるが、異常葉の発生率には大差がない。結局、異常葉が発生しなかつたり発生率の低かつたのは、ファイロン区、樹陰区および油紙区であり、そのうちファイロン区および油紙区は、ガラスと同様に波長 $310\text{m}\mu$ 以下の紫外線がしや断されていた区であり、また樹陰区も、測定はできなかつたが短波長の紫外線はほとんど照射されていなかったのではないかと思われる³³⁾。したがって、異常葉の発生は、可視光線の量および気温とはほとんど無関係であり、 $310\text{m}\mu$ 以下の紫外線の照射と密接な関係のあることがうかがえる。

(2) 異常樹の回復

異常樹を、ガラス、ファイロン、黒色寒冷しやおよびビニールで天部をおおつた中で栽培した場合の、 $300\text{m}\mu$ の紫外線透過率、照度、気温、および異常枝と正常枝の発生率は第29表に示すとおりである。すなわち、ガラスで天部をおおつた場合には、 $310\text{m}\mu$ 以下の紫外線がまったく照射せず、対照区に比べて照度がやや低くそして気温がやや高い。しかし、前節のガラス室内に比べると、照度はやや高くそして気温はやや低い。そして、その中で栽培した異常樹は、ガラス室内で栽培した場合と同様に、年数を経るにしたがつて急速に正常に回復し、3年目に発生した枝は大部分が正常枝である。ファイロン区の環境条件は前表の場合とまったく同一であり、その中で栽培した異常樹は、ガラス被覆区におけるほど顕著ではないが、年とともに正常枝の発生率が高くなっている。黒色寒冷しやおよびビニールでおおつた場合には、照度および気温はそれぞれかなり異なるが、いずれも $310\text{m}\mu$ 以下の紫外線が透過し、正常枝の発生率は対照区と大差がない。これらの結果から、異常樹の回復もまた、可視

Table 29. Effects of various cover treatments on transmittance of ultraviolet, intensity of illumination, air temperature, and the development of normal shoots from the disordered trees of Nijisseiki pear

Cover treatment	Transmittance of UV	Index of illumination	Difference in temperature from control	The 1st year		The 2nd year		The 3rd year	
				No. of normal shoots	No. of disordered shoots	No. of normal shoots (%)	No. of disordered shoots (%)	No. of normal shoots (%)	No. of disordered shoots (%)
Glass	0	80	0.1	0	12	15 (44)	19 (56)	30 (83)	6 (17)
Filon	0	66	-0.2	0	35	13 (23)	43 (77)	26 (32)	56 (68)
Black cheese cloth {Single	48	49	-1.2	0	15	1 (3)	30 (97)	3 (7)	37 (93)
Double	23	25	-2.0	0	14	2 (8)	24 (92)	4 (11)	33 (89)
Vinyl	53	75	1.5	0	33	3 (6)	51 (94)	6 (6)	66 (92)
Control	100	100	—	0	29	1 (2)	54 (98)	3 (4)	79 (96)

1) Transmittance in $300\text{m}\mu$ measured by spectrophotometer.

光線の量および気温とはほとんど無関係であり、 $310\text{m}\mu$ 以下の紫外線の照射と密接な関係のあることが明らかである。

第3節 枝の先端部の摘葉が異常葉の発生に及ぼす影響

前節の結果から、二十世紀ナシの長く伸びた枝の先端部は、紫外線に対して特別の感受性を有しているのではないかと推察される。そこで、枝の先端部の葉を摘みとることによつて、紫外線の影響を回避し、異常葉の発生を防止しうるか否かを調査した。

1. 材料および方法

ほ場に植えて、主枝直立誘引法を用いて栽培してきた二十世紀ナシについて、植付け後2年目の8月5日から9月5日にかけて、主枝の先端から15節目までの葉を摘除し、翌年の異常葉の発生率を調査した。供試樹の植付け後2年目における主枝の伸長停止期は、大部分が8月5～15日であつた。

2. 結 果

主枝の先端部の摘葉処理と翌年の異常葉の発生率との関係は、第30表に示すとおりである。すなわち、摘葉処理を行なつた区は対照区に比べて異常葉の発生率がやや低く、そして、顕著ではないが、摘葉時期が早いほど異常葉の発生率が低い傾向がうかがえる。

Table 30. Effect of defoliation of the upper part of shoots on the development of disordered shoots in the following season in Nijisseiki pears

Date of defoliation	No. of shoots	Length of shoots	No. of disordered (%)
Aug. 5	14	128 cm	6 (43)
Aug. 15	16	135	9 (56)
Aug. 25	16	131	8 (50)
Sept. 5	16	136	10 (63)
Control	15	138	12 (80)

第4節 考 察

ガラス室内における栽培結果およびその他の被覆処理の結果から、紫外線の照射が異常葉の発生と密接な関係にあることは明らかである。さて、普通の窓ガラスは $310\text{m}\mu$ 以下の紫外線を透過せず、一方、地球に到達する太陽光線には $290\text{m}\mu$ 以下の紫外線が含まれていないといわれている³³⁾。したがつて、二十世紀ナシの異常葉の発生原因になつていると思われる紫外線の波長域は、 $290\sim 310\text{m}\mu$ であろうと考えられる。このことは、ガラスでおおつた場合には異常葉が発生せず、ビニール ($290\text{m}\mu$ までの紫外線を透過させる) で被覆した場合には異常葉が発生することからも推察される。

一般に、 $290\text{m}\mu$ までの紫外線は、植物の生長を抑制し、草丈を短かくし、葉を小さく厚くするなどの作用を有するといわれており、それ以下の波長の紫外線は、植物に有害であり、長時間照射するとたいていの植物は死ぬといわれている³³⁾。ただし、植物の種類によつて紫外線に対する反応がかなり異なることが知られている^{7, 48)}。

おう盛に伸長した二十世紀ナシの枝の先端部は、 $290\sim 310\text{m}\mu$ の紫外線に対して特殊な感

受性を有しているのではないかと推察される。長い枝の先端部が形成されるのは、7月下旬から8月下旬にかけての1年中で紫外線の最も豊富な時期であり、それまでにすでに生長を終った古い組織は紫外線に対する感受性が低下しているが、若い組織ほど紫外線に対する感受性が高いのではないと思われる。しかし、生長の停止がおくれた枝でも、それが2次生長したためで、伸長量の大でない場合は、異常葉が発生しないことから考えると、紫外線に対する感受性の相違は、単に組織の若さのみでなく、何かほかの体内の生理状態の相違と密接に関係しているようにも思われる。

なお、おう盛に生長した枝の先端部の芽から実際に異常葉が発生し始めるのは、翌年生長の開始後約1か月たつたところからであり、それまでに生長した枝葉に対する紫外線の影響も考慮する必要がある。しかし、春期は夏秋期に比べると太陽光線中の紫外線の量がきわめて少ないし、また、前年に長く伸長した枝の先端部を、春期のみ油紙でおおった場合、および切り取ってガラス室内の台木に接木した場合異常葉の発生防止効果がほとんど認められないことから、異常葉の発生には、前年の夏秋期における紫外線のほうが支配的であるように思われる。

枝の先端部を油紙でおおったり樹陰に誘引した場合には、異常葉の発生を完全に防止できなかったことは、先端部のみを紫外線からしや断するだけでは効果が不十分なのかもしれない。この点は今後さらに研究を行なう必要がある。また摘葉処理も、異常葉の発生防止効果はじゅうぶんではなかったが、枝の先端部のみでなく、より強度の処理を行なつてみる必要があるように思われる。なおこれらの処理とは別に、枝葉に各種の紫外線吸収剤を散布することによって紫外線をしや断し、異常葉の発生を防止することが可能であるか否かについても実験を行なつてみる必要がある。

紫外線による障害の回復には、可視光線による光回復が重要な役割を果たすといわれており^{15, 34, 35)}、可視光線の中でもある特定の波長の光がとくに有効な場合のあることが知られている^{18, 20, 61)}。本実験において、ファイロン室内での異常樹の回復がガラス室内におけるほど顕著でなかったことは、回復の促進には単に310m μ 以下の紫外線のしや断のみでなく、さらに他の波長の光が関係しているのかも知れない。また、葉の生長に対しては赤色光がとくに有効であるという報告もある^{16, 38, 62)}。これらの点についても今後さらに研究を続ける必要がある。

第5節 摘 要

1. ガラス室内では、枝をいかに長く生長させても異常葉は発生せず、また異常樹の回復が促進される。

2. ファイロンで天部をおおつた中では異常葉は発生せず、また枝を油紙で被覆したり樹陰に誘引した場合には、異常葉の発生率が著しく低下する。しかし、枝を黒色寒冷しや、ビニールおよびポリエチレンで被覆した場合には、異常葉の発生を防止する効果はない。また、ガラスおよびファイロンで天部をおおつた場合は異常樹の回復が促進されるが、黒色寒冷しやおよびビニールでおおつても異常樹の回復にはほとんど効果がない。

ガラス、ファイロンおよび油紙は310m μ 以下の紫外線を透過せず、一方寒冷しや、ビニールおよびポリエチレンはそれ以下の紫外線も透過させることから、異常葉の発生および回復は、310m μ 以下の紫外線の照射と密接な関係にあることが推察される。

3. 夏期に枝の先端部の摘葉を行なうと、翌年の異常葉の発生率がやや低下する。

第9章 組織化学的診断法

異常葉は、いつたん発生すると正常に回復するのがなかなか困難であるから、発生の予防がきわめて重要であり、そのためには、異常葉の発生を予察する診断法を確立する必要がある。枝の伸長量も有力な診断法の1つであるが、そのほかにも適当な方法があれば、診断が一層確実性を増すと思われる。

第1節 葉内のポリフェノール含量の相違

Lindner 氏³⁰⁾がウイルス病の診断に用いたポリフェノール比色法を、二十世紀ナシの葉に適用してみたところ、正常葉と異常葉との間にはきわめて顕著な相違が認められたので、この方法が異常葉の発生を予察する診断法として用いようか否かを検討した。

1. 材料および方法

二十世紀ナシの正常枝および異常枝の各節位の葉、および植付け後2年間主枝直立誘引法で栽培した幼樹の主枝の先端葉について調査を行なった。方法は、葉から葉脈や傷害部を避けるようにして0.5cm²の円板を2枚切りとつて試験管に入れ、Lindner 氏の試薬（苛性ソーダ40g、硫酸銅0.3g、クエン酸ソーダ3g、水1l）を10ml加えて、約5分間煮沸し、放冷後分光光度計で540mμにおける吸光度を測定した。ポリフェノールの含量の高いほど、試薬が赤色に濃く着色し、吸光度が高い。

2. 結 果

7月上旬に、同一樹内の正常枝および異常枝から節位別に葉の試料をとつて試験した結果は、第32図に示すとおりである。すなわち、異常葉は正常葉に比べてきわめて吸光度が高く、

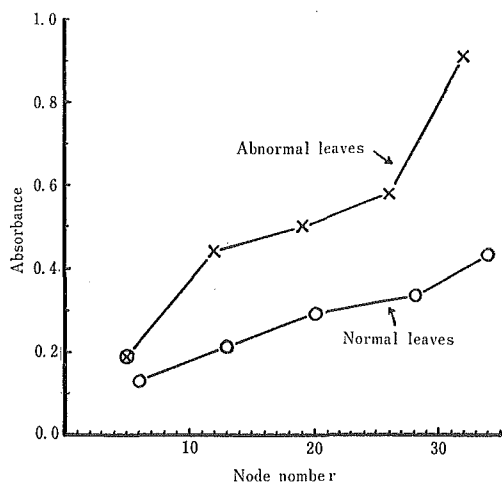


Fig.32. Difference in polyphenol content in normal and abnormal leaves of Nijisseiki pear by Lindner's test. (The higher the absorbance, the higher the content of polyphenol.)

Table 31. Relation between the content of polyphenol in the top leaf of long shoots and the development of abnormal leaves from the shoots in the following season in Nijisseiki pears

Development of abnormal leaves in the following season	Absorbance ¹⁾ in Lindner's test
Severe	0.308
Mild	0.267
None (Normal)	0.200
0.1	0.086
L. S. D. 0.05	0.103
0.01	0.136

1) The higher the absorbance, the higher the content of polyphenol.

つまりポリフェノールの含量が高く、先端部の葉ほど両者の差が開く傾向にある。なお、異常枝の基部に着生している正常葉（⊗印）も、正常枝のほぼ同節位の葉に比べると、吸光度が高い。

次に、植付け後2年目の9月下旬に、それまで直立誘引して伸長させた主枝合計65本の先端葉から試料をとって試験し、その場合の吸光度、すなわちポリフェノールの含量と翌年の異常葉の発生との関係を調べた結果は、第31表に示すとおりである。それによると、翌年にはなはだしく異常葉の発生した枝は、正常であつた枝に比べて、前年の先端葉のポリフェノールの含量が明らかに高い。しかし、翌年ごく軽微に異常葉の発生した枝と正常であつた枝との間には、前年の先端葉のポリフェノール含量に有意差がない。

3. 考 察

Lindner 氏の比色法における赤色は亜酸化銅によるもので、この方法はかならずしもポリフェノールの含量のみを比較する方法ではなく、組織の総合的な還元力を比較する方法ではないかという懸念がある。しかし Lindner 氏³¹⁾によれば、この赤色反応の主体はポリフェノール性の物質によるものであり、還元糖などは試薬が赤色に変化することにほとんど関係せず、また試薬に硫酸銅が存在しない場合でも、ポリフェノール性物質によつて赤色反応が起こると述べている。

なお Lindner 氏によれば、ウイルスの侵入を受けた組織では、その防衛反応として、ポリフェノール性物質が多量に集積するといわれている^{30,31)}。一方、放射線で照射された植物体でも、放射線の影響に対して緩衝作用をもつ還元性物質の含量が増加することが知られている^{34,35)}。本障害におけるポリフェノール性物質の集積も、紫外線に対する一種の防衛反応であるかも知れない³⁷⁾。ちなみに、ガラス室内および樹陰の葉は、この比色法によるポリフェノール性物質の含量がきわめて低かつた。異常葉内に多量に含有されているポリフェノール性物質の同定は今後の問題であるが、異常葉を塩酸・ブタノール液中で加熱すると、正常葉の場合に比べてきわめて濃厚な赤色に着色することから、ロイコアントシアニンがその一種ではないかと思われる。Holden 氏¹⁴⁾は、ウイルスの侵入を受けたカカオの葉には、アルカリと共に熱すると赤色を呈する物質が多量に含まれており、その物質は大部分がロイコアントシアニンであると述べている。

いずれにしても、本節の結果から、枝の先端葉のポリフェノール性物質の含量を比較することによつて、翌年の異常葉の発生をある程度予測できることが判明した。しかし、ごくわずかに異常葉が発生した枝と正常であつた枝との間には、前年の葉内のポリフェノール含量に有意差が認められなかつたことから、異常葉の発生予察をこの方法のみに頼ることは危険であるように思われる。またこの方法は、病虫害、薬害、その他傷害を受けた箇所では、異常葉の発生とは関係なく、高い数値が出て判断を誤らせることがあるから、試料の採取にあつてはじゅうぶん注意を要する。

第2節 組織等電点の相違

1. 沈 澱 法

(1) 材料および方法

7月から8月にかけて、二十世紀ナシの成木から正常葉および異常葉を採取し、5倍量の蒸留水を加えてホモゲナイザーで30秒間破碎し、ガーゼでこすか、軽く遠沈するかして夾雑

Table 32. Relative velocity of sedimentation in suspensoid obtained from leaves of Nijisseiki pear

pH	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6
Normal leaves	—	—	+	++	+++	++	+	+
Abnormal leaves	—	+++	++	+	+	—	—	—
Leaves of terminal part of main shoots	—	++	+++	++	+	+	—	—
Leaves of middle part of main shoots	—	—	+	++	+++	++	+	+
Leaves of terminal part of lateral shoots	—	—	+	++	+++	++	+	+

1) The abnormal leaves developed from the terminal part of main shoots in the following year.

物を除いたものを試料とした。そして、試験管に McIlvaine 氏の緩衝液を 5 ml ずつ入れ、それらに試料を 1 ml ずつ加えてよくかくはんし、1～2 時間後に沈澱度を観測した。

また、9 月中～下旬に、外観的にはまだ正常であるが、翌年から異常葉が発生し始めると思われる主枝の先端部の葉と、異常葉の発生する危険がないと思われる主枝の中央部の葉および側枝の先端部の葉について、同様な方法で等電点を測定した。

(2) 結 果

第32表に示すように、正常葉の試料は pH3.0 で、一方異常葉の試料は pH2.4 で沈降速度が最も大である。すなわち、破碎葉汁の等電点は、正常が 3.0 であるのに対し、異常は 2.4 である。また、主枝の先端部の葉の試料は pH2.6、主枝の中央部の葉および側枝の先端部の葉の試料は pH3.0 で沈澱が最もはやい。すなわち、次年に異常葉が発生する危険のある部位の葉は、すでに他の部位の葉に比べて等電点が低い。

なお枝については、組織の破碎が容易でなく、この沈澱法を適用するのは困難であつた。

2. 染色法

組織は、等電点の酸性側では酸性色素によく染まり、等電点のアルカリ側では塩基性色素によく染まり、そして等電点付近では両方の色素によく染まる。その性質を利用して休眠期中の芽の組織の等電点を調べてみた。

(1) 材料および方法

12月に、正常枝および異常枝の中央部のえき芽を採取し、同じ大きさの氷結切片を作製し、相見¹⁾氏の示した方法に従つて、酸性色素のエオシンと塩基性色素のトルイジンブルーとの2重染色を行なつた。緩衝液は McIlvaine 氏の処方を用いた。そして、切片の染色度および緩衝液中に溶け出た色素の量から等電点を比較した。また翌年から異常葉が発生し始めると思われる主枝の先端部のえき芽と、異常葉は発生しないと思われる主枝の中央部および側枝の先端部のえき芽について、同様な方法で等電点を比較した。

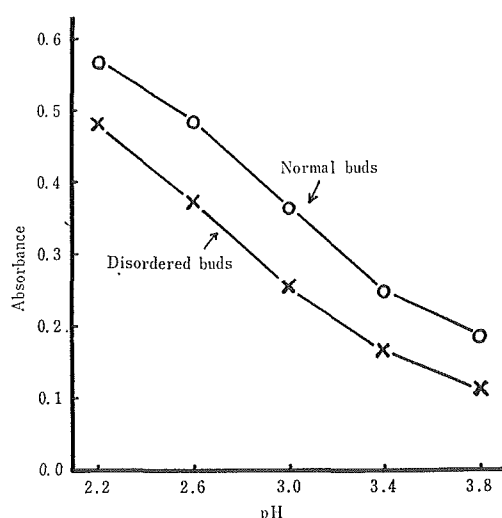
さらに、正常枝および異常枝のえき芽をクロム酢酸およびホルマリン・アルコールで固定後、パラフィン埋蔵法で切片を作製し、同様な方法で2重染色を行なつた。

(2) 結 果

生体のまま正常芽および異常芽の氷結切片を作製して染色した場合の結果は、第33表に示

Table 33. Relative degree of staining in sections of normal and disordered buds of Nijisseiki pear by eosin and toluidine blue

pH		2.2	2.6	3.0	3.4	3.8
Normal buds	Eosin	卅	卅	++	+	—
	Toluidine blue	—	+	++	卅	卅
Disordered buds	Eosin	卅	++	+	—	—
	Toluidine blue	+	++	卅	卅	卅

Fig. 33. Concentration of toluidine blue exuded from sections of normal and disordered buds staining by the dye in buffer solution to different pH. (Absorbance in 640m μ)

すとおりで、正常芽の切片はpH3.0、一方異常芽の切片はpH2.6で、エオシンおよびトルイジンブルーの両色素にほぼ平等に染色される。すなわち、正常芽の組織の等電点は3.0、一方異常芽の組織の等電点は2.6である。

また、第33図は、切片をトルイジンブルーで染色後、緩衝液中に溶け出した色素量を光電比色計（640m μ における吸光度）によつて測定した結果を示したもので、異常芽の切片のほうが正常芽の切片に比べて、緩衝液中に溶け出る色素の量が少ない。すなわち、異常葉の切片のほうがトルイジンブルーでより濃厚に染色されることを示している。

なお、長く伸びた主枝の先端部の芽の組織等電点は異常芽とほぼ等しく、

そして主枝の中央部および側枝の先端部の芽の組織等電点は正常芽とほぼ等しかつた。すなわち、翌年から異常葉が発生し始めるのではないかとと思われる部位の芽は、そうでない部位の芽に比べてすでに組織の等電点が低かつた。

次に、芽を固定後、パラフィン埋蔵法で作製した切片について、同様な染色法を行なつたところ、正常芽および異常芽ともに、生体の場合に比べて組織の等電点が高く、また組織の部位によつて等電点がかなり異なることが判明した。すなわち、生長点および葉の原基の等電点は、正常芽では4.2~4.4、一方異常芽では4.0~4.2でめいりような差が認められなかつた。それに対して生長点の下方の木質部には、pH2.6でなおエオシンに染らずトルイジンブルーのみに染まる（すなわち等電点が2.6以下）物質を含んだ細胞が存在し、異常芽では正常芽に比べてそういう細胞の数が明らかに多かつた。なお、そのような等電点のきわめて低い物質を含んだ細胞は、クロム酢酸で固定した場合に濃褐色になる（すなわちタンニン物質を含む）細胞と一致しているように観察された。

3. 考 察

沈澱法で得られた二十世紀ナシの正常葉の懸濁液の等電点は、山羽氏⁶³⁾が示している数種の植物の葉縁体の等電点とほぼ一致している。異常葉の懸濁液の等電点はさらに低い、それが何に基づくかは今のところ不明である。しかし、休眠期中の異常芽の生長点の下方の本質部には等電点のきわめて低い物質を含んだ細胞が多量に存在し、その物質がタンニン物質としての反応を示すこと、および異常葉にもポリフェノール性物質の含量がきわめて多いことなどから、異常葉の懸濁液の等電点を低くしている物質はタンニン様のポリフェノール物質とタンパク質との結合体ではなかろうかと推察される。この点は今後の研究課題である。

異常葉のみでなく、翌年から異常葉が発生し始めるような部位の葉は、外観的にはまだ正常であつても、すでに等電点が低いことから、この沈澱法も異常葉の発生予察法として用いられるように思われる。

休眠期中の枝や芽については、形態的に正常と異常とを区別することが困難であり、また沈澱法および前節の比色法を用いることができないので、染色法による等電点の比較を行なつてみたが、この方法もある程度予察的診断法として使用しうる可能性のあることが判明した。しかしこの方法は、沈澱法のような鮮明な結果が得られないのが欠点である。なお、生体のまま切片を作つて染色した場合と、固定後パラフィン切片法を用いてから染色した場合とでは等電点が異なる点が問題であるが、これはおそらく固定から染色までの過程において等電点の低い物質が組織外へ溶出するためではないかと思われる。また、固定液の等電点に及ぼす影響も無視できない。これらの点および手順の簡便さからいつて、染色法による等電点の測定は、生体のまま氷結切片を作製して行なうほうがより適切であるように思われる。さらに、正常か異常かの診断が目的ならば、かならずしも等電点を測定しなくても、組織のタンニン反応の強度を比較するだけで目的を達することができるようにも思われる。

第3節 摘 要

1. おう盛に生長した枝の先端部の葉は異常葉と同様にポリフェノール性物質の含量が高く、それを検査することによつて、翌年の異常葉の発生をある程度予察することができる。
2. おう盛に生長した枝の先端部の葉は異常葉と同様に懸濁液の等電点が低く、それを測定することによつても、異常葉の発生予察がある程度可能である。また、冬期の芽組織の等電点の比較によつても、発生予察がかなり可能である。

第10章 総合考察および防除対策

二十世紀ナシの異常葉は、発生の端緒は桃沢氏の創案した整枝法（本報告における主枝直立誘引法）を採用してからであるが、本実験の結果から、要するに枝を強く伸長させて先端部の切返し剪定を行なわない場合に発生することが判明した。

枝の伸長量と翌年の異常葉の発生率との間にはきわめて密接な関係があり、長く伸長した枝ほど異常葉の発生率が高い。幼木の場合でいえば、苗の植付け後1年目に約95cm以上伸長した枝は異常葉の発生する危険があり、約110cm以上伸長した枝からはほとんどすべて異常葉が発生する。植付け後2年目における危険限界伸長量はそれよりもやや大で、約110cm以上伸長した枝に異常葉が発生し、約140cm以上伸長した枝にはほとんどすべて異常葉が発

生する。そして、危険限界伸長量以上に伸長した先端の部分からのみ異常葉が発生する傾向があるので、その部分を切りとることによつて、異常葉の発生を防止することができる。

さらに、異常葉の発生に対して直接的影響を有するのは、波長 290~310m μ の紫外線の照射であり、おう盛に伸長した二十世紀ナシの枝の先端部は、この波長域の紫外線に対して特殊の感受性を有することがほぼ明確となつた。異常葉はほぼ全国的に発生がみられるが、伊那地方でとくに発生が多いのは、特殊の整枝法が広く採用されたことのほかに、標高が高いために他の地方に比べて紫外線が豊富であることも関係しているかも知れない。

290~310m μ の紫外線は、植物の形態に対して著しい影響を与え^{15, 48, 59)}、またエルゴステリンからビタミンDを生成したり、人間の皮ふに紅斑作用を引き起こすなどの特殊な作用を有することが知られている⁷⁾。光が植物の形態形成に何らかの影響を与えるためには、その波長を吸収する物質が細胞内に存在するはずであり、吸収された光エネルギーはその物質を通して形態形成の型の変化にまで拡大されると考えられる。そして、二十世紀ナシの異常葉の発生には、290~310m μ に最大吸収をもつと思われるある物質が関係しており、二十世紀ナシのおう盛に生長した枝の先端部には、他の部分よりもその物質がとくに多量に存在しているのではないかと考えられる。この物質はおそらく色素タンパクではないかと思われるが、それを究明することは今後の重要な研究課題の一つである。

いつたん異常葉の発生した枝は、あたかも突然変異が起こつたかのように、以後永続的に異常葉を発生することから、核酸の代謝に何らかの異常が起こつたのではなかろうかとの推察が生まれる。しかし、突然変異の誘起に最も有効な紫外線の波長は、核酸が最大吸収を示す 260m μ 付近であり、290m μ 以上の光は核酸にはほとんど吸収されないから、地上に到達した太陽光線によつて直接核酸の代謝がかく乱を受けることは考えられない。なお、異常葉という特定の変異のみが発生することや、変異を生じた枝からは以後異常葉のみが発生するのではなくて、毎年生長の初期には正常葉が発生し、中期から異常葉が発生するという生長周期を繰り返すことなどから、本障害を突然変異（芽条変異）であると考えすることは適当でないように思われる。

毎年の異常葉の発生が一定の周期を示し、そしてその周期が樹体内の貯蔵養分の消長と並行的関係にあることは、注目すべき現象であり、葉の生長とくに表皮の細胞分裂を支配しているある要素が、貯蔵養分的性格を有していることを暗示しているように思われる。

異常枝は、枝齢を重ねて古くなつた部分から徐々に正常に回復するようになるが、自然回復のみに頼つていたのでは異常葉の発生を根絶させることは不可能である。310m μ 以下の紫外線をしや断することによつて回復は著しく促進されることが判明したが、その場合でも完全に回復するには2~3年を要する。一般に、紫外線による障害の回復には、可視光線による光回復が重要な役割を占めるといわれており、可視光線の中でもとくに有効な波長の存在する場合も報告されている^{14, 34, 35)}。本障害についても、回復にとくに有効な波長が存在するかも知れない。また、紫外線による障害の回復にはカタラーゼによる過酸化物の破壊が重要な役割を果たすともいわれている³⁵⁾。これらの点も今後の研究課題である。

なお、異常葉がウイルス性の障害ではないかという考えは、本実験の結果、とくに各種の汁液接種および接木実験の結果からすると、適当でないように思われる。また、養分要素の欠乏も、異常葉の直接的原因ではないように思われる。ただし、リン、カルシウム、亜鉛、

ホウ素などの欠乏が放射線の感受性を高めたりあるいは低下させたりするという報告もあるので^{35,54)}、養分要素とくにカルシウムと異常葉の発生との関係についてはさらに追試を行なってみる必要がある。紫外線の照射がカルシウム栄養に強い影響を与えることはすでに報告されている^{55,56)}。

最後に、現段階における本障害の防除対策をまとめてみると次のとおりである。すなわち、いつたん発生すると回復がかなり困難であるから、発生を予防することがきわめて重要であり、そのためにはまず枝を極端に伸ばし過ぎないようにし、そしてもし枝が伸び過ぎた場合にはかならず切返し剪定をする必要がある。発生の危険限界伸長量については、第3章に述べたとおりであり、発生の危険部位をさらに明確にするためには、第9章で述べた組織化学的診断法の利用が考えられる。そして、限界伸長量以上に伸び過ぎた発生危険部位を冬季剪定の際に切りとることによつて、ほぼ確実に発生を防止することができる。完成樹形を桃沢氏の提唱するような形にしたい場合でも、その育成過程において以上の点に注意すれば、異常葉を発生させることなく目的を達成することが可能である。発生の予防法としてはさらに、B995のような生長抑制剤の利用、紫外線のしや断などがあげられるが、これらの実用化については今後なお検討すべき問題が残されている。

次に異常葉が発生した場合には、伝染性はないが永続性を有するから、発生枝をなるべく早く切り取つてしまうのがよい。もし発生枝を全部切り取ることが多大の損害を伴う場合には、一部を残して紫外線のしや断によつて回復の促進をはかればよい。ただし実用的な紫外線しや断法については、今後さらに研究が必要である。

なお、接穂の採取にあつては、異常葉の発生した枝を避けるようにじゅうぶん注意する必要がある。

第11章 総 摘 要

1. 長野県伊那地方において、近年、二十世紀ナシに桃沢匡勝氏の提唱した新しい整枝法を採用したところ、植付け後3年目ごろから異常葉が発生し、いつたん発生した枝は以後永続的に異常葉を発生し続けて生長が劣るために、樹形の完成および生産に著しい支障をきたすようになった。この障害は、異常生長あるいは変葉病と俗称されており、その後桃沢式整枝法の普及に伴つて全国的に発生がみられるようになった。本報告は、その症状、発生の条件、原因および対策などに関する研究をまとめたものである。

2. 異常葉の代表的な形態は、早くから毛がなく、葉身が細く肉厚で、葉質がかたく、そして不鮮明なモザイク症状が認められる。内部組織の異常は表皮の付近に限られており、通導組織などに異常がなく、また染色体数にも変化がない。なお、新梢上の葉がすべて異常を呈するのではなくて、基部の葉は正常であり、8~10節目から急に異常葉が発生し、毎年このような経過を繰り返す。

異常葉の発生した部分に成つた果実には、部分的に果点を欠いたりさび状の条斑を有するものがあるが、食味には変化がない。

3. 桃沢式整枝法の採用いかににかかわらず、要するに、二十世紀ナシの枝がおう盛に生長した場合にその翌年から異常葉が発生し、そして発生部位はおう盛に生長した枝の先端部

に限られている。したがって、完成樹形を桃沢氏の提唱する形にしたい場合でも、その育成過程において、枝を極端に伸ばし過ぎないようにし、伸び過ぎた枝は切返し剪定することによつて、異常葉を発生させることなく目的を果たすことが可能である。

4. 二十世紀以外の品種には、枝をいかに長く生長させても、異常葉は発生しない。また、二十世紀では、採穂母樹、台木および中間台の相違とは関係なく発生する。

5. 異常葉の症状は、汁液伝染をしないし、また、異常枝を接木すると接穂からは異常葉が発生するが、他の部位へは伝染しない。

異常枝は永続的に異常葉を発生し続けるが、枝齢を重ねた古い部分から徐々に正常に回復する傾向がある。

6. 肥料三要素、亜鉛およびホウ素の施用と異常葉の発生との間には直接的な関係は認められない。ただし、珪カルの施用は異常葉の発生率をわずかに低下させる効果を有する。

7. B995の散布は、枝の伸長を抑制することによつて異常葉の発生率を低下させる。カイネチンおよびジベレリンは、正常葉の生長を促進するが、異常葉の回復には効果がない。

8. ガラス室内では、枝をいかにおう盛に生長させても異常葉は発生せず、また異常樹の回復が著しく促進される。ファイロンおよび油紙による被覆もほぼ同様の効果が認められるが、寒冷しや、ビニールおよびポリエチレンによる被覆はまったく効果がない。これらの結果から、波長 $310\text{ m}\mu$ 以下の紫外線の照射と異常葉の発生とが密接な関係にあることが推察される。

夏期に枝の先端部の摘葉を行なうと、紫外線の影響を回避して異常葉の発生率が低下する。

9. おう盛に生長した枝の先端部の葉は異常葉と同様に、ポリフェノール性物質の含量がきわめて高く、また等電点が低いので、これらの検査を行なうことによつて、翌年の異常葉の発生予察が可能である。

謝 辞

終りにのぞみ、終始懇切なる指導と校閲の労を賜わつた京都大学農学部小林章教授に衷心より感謝申し上げる。また、実験の遂行にあたつて援助を惜しみなかつた信州大学農学部建石繁明氏の労に対しても感謝の意を表する

引 用 文 献

1. 相見靈三. 1953. 細胞生理学実験法. 219頁. 養賢堂.
2. Bawden, F. C. and A. Kleczkowski. 1952. Ultra-violet injury to higher plants counteracted by visible light. *Nature* 169: 90-91.
3. Bonner, D. M. and A. J. Haagen-smit. 1939. Leaf growth factors. II. The activity of pure substance in leaf growth. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 25: 184.
4. Bonner, J. and A. W. Golston. 1952. *Principles of plant physiology*. W. H. Freeman & Co.
5. Childers, N. F. 1954. *Fruit nutrition*. Somerset Press.
6. Cook, A. A. 1962. Studies of a foliage variegation in pepper. *Proc. Amer. Soc. Hort.*

- Sci. 81 : 390—395.
7. Crocker, W. 1948. Growth of plants. pp320. Reinhold Publish. Corp.
 8. Dermen, H. 1948. Histogenesis of some bud sports and variegations. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 50 : 51—73.
 9. deZeeuw, D. and A. C. Leopold. 1957. The prevention of auxin responses by ultraviolet light. Amer. J. Bot. 44 : 225—228.
 10. Esau, K. 1953. Plant anatomy. John Wiley & Sons, Inc.
 11. Gray, R. A. 1957. Alteration of leaf size and shape and other changes caused by gibberellins in plants. Amer. J. Bot. 44 : 674—682.
 12. 林真二・脇坂幸雄. 1956. 二十世紀梨の貯蔵養分並びに養分転換期. 農及園. 31 : 333—335.
 13. 日高醇・平井篤造・村山大記・与良清. 1960. 植物ウイルス病. 養賢堂.
 14. Holden, M. 1957. An investigation on polyphenolic compounds of the cacao leaf in connection with a chemical method for detecting virus infection. J. Sci. Food Agr. 8 : 553—561.
 15. Hollaender, A. (ed.). 1955. Radiation biology. II. Ultraviolet radiations. McGraw-Hill Book Co.
 16. Humphries, E. C. and A. W. Wheeler. 1963. The physiology of leaf growth. Ann. Rev. Plant Physiol. 14 : 385—410.
 17. 伊藤三郎. 1965. ロイコアントシアンの化学. 食品工誌. 12 : 295—302.
 18. Kelner, A. 1951. Action spectra for photoreactivation of ultraviolet irradiated *E. coli* and *S. griseus*. J. Gen. Physiol. 34 : 835—852.
 19. 菊池秋雄・井口透. 1934. 生体重及化学的成分を主体とせる果樹の T—R 率について. 園芸学研究集録 1 : 1—37.
 20. Klein, R. M. 1963. Interaction of ultraviolet and visible radiations on the growth of cell aggregates of Ginkgo pollen tissue. Physiol. Plant. 16 : 73—81.
 21. 北島博・梶原敏広. 1963. 作物病害図説. 146頁. 養賢堂.
 22. 高馬進・中山昌明. 1961. 廿世紀梨樹の異常葉出現に関する生理学的研究. 島根農大研報 9 (A—1) : 33—39.
 23. 小西通夫. 1959. 植物ホルモン実験法「植物栄養学実験」286頁. 朝倉書店.
 24. 熊代克己. 1964. 二十世紀ナシの特殊整枝法における異常葉の発生に関する研究 (第1報). 園学雑. 33 : 302—310.
 25. ————. 1965. ———— (第2報) 汁液接種および接木試験について. 園学雑. 34 : 96—100.
 26. ————. 1965. ———— (第3報) 施肥量の相違が樹体の生長ならびに異常葉の発生に及ぼす影響. 園学雑. 34 : 286—290.
 27. ————・建石繁明. 1963. 整枝法の相違がナシ若木の生育ならびに体内組成に及ぼす影響. 信大農学報. 8 : 33—41.
 28. Kuraishi, S. and F. S. Okumura. 1956. The effect. of kinetin on leaf growth. Bot. Mag. 69 : 300—306
 29. Leopold, A. C. 1964. Plant growth and development. pp329. McGraw-Hill Book Co.
 30. Lindner, R. C. 1948. A rapid chemical test for some plant virus diseases. Science 107 : 17—19.
 31. ————. 1961. Chemical test in the diagnosis of plant virus diseases. Bot. Rev. 27 : 501

- 521.
32. Lockhart, J. A. 1963. The hormonal mechanism of growth inhibition by visible radiation. "Plant growth regulation" pp543. The Iowa Sta. Univ. Press.
 33. Lundegårdh, H. 1957. Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. (門司・山根・宝月訳. 1964. 植物実験生態学. 岩波書店)
 34. 松村清二・田島弥太郎. 1964. 放射線遺伝学. 裳華房.
 35. 松尾孝嶺. 1964. 放射線農業生物学. 養賢堂.
 36. MacDaniels, L. H. and F. F. Cowart. 1944. The development and structure of the apple leaf. N. Y. (Cornell) Agr. Exp. Sta. Mem. 258.
 37. Metzner, P. 1930. Über das optische Verhalten der Pflanzengewebe im langwelligen ultravioletten Light. *Planta* 10 : 281—313.
 38. Miller, C. O. 1956. Similarity of some kinetin and red light effects. *Plant Physiol.* 31 : 318—321.
 39. Miller, E. C. 1938. *Plant physiology*. pp1072. McGraw-Hill Book Co.
 40. Milthorpe, F. L. and P. Newton. 1963. Studies on the expansion of the leaf surface. III. The influence of radiation on cell division and leaf expansion. *J. Exp. Bot.* 14 : 483—495.
 41. 三浦小四郎・丸山和雄. 1966. 二十世紀梨変葉現象に関する研究. 長野農試報告. 29 : 91—101.
 42. Mohr, H. 1964. The control of plant growth and development by light. *Biol. Rev.* 39 : 87—112.
 43. 桃沢匡勝. 1953. 梨廿世紀の栽培に対する改良法. 農及園. 28 : 153—159.
 44. ————. 1954. 梨廿世紀の栽培に対する2,3の問題 (1). 農及園. 29 : 23—27.
 45. 永井喬・三浦小四郎・山田喜和. 1955. 廿世紀の変葉病 (仮称) について (予報). 園芸学会秋季大会発表要旨.
 46. Nitsch, J. P. 1955. Methods for the investigation of natural auxins and growth inhibitors. "Wain, R. L. and F. Wightman. The chemistry and mode of action of plant growth substances." pp3. Butterworths Sci. Pub.
 47. Nybom, N. 1953. Some experiments from mutation experiments in *Chlamydomonas*. *Hereditas* 39 : 317—324.
 48. Popp, H. W. and F. Brown. 1936. The effect of ultra-violet radiation upon seed plants. "Duggar, E. M. (ed.). Biological effects of radiation. II." pp855. McGraw-Hill Book Co.
 49. Posnette, K. F. 1963. Virus diseases of apples and pears. *Commonw. Agr. Bur. England*.
 50. Reed, H. S. 1939. The relation of copper and zinc salts to leaf structure. *Amer. J. Bot.* 26 : 29—33.
 51. Scott, R. A. 1956. Promotion of leaf expansion by kinetin and benzylaminopurine. *Plant Physiol.* 31 : 321—322.
 52. Singh, B. N., G. P. Kapoor and R. S. Choudhri. 1936. Growth studies in relation of ultraviolet radiation. *Bot. Gaz.* 97 : 649—665.
 53. Sinnot, E. W. 1960. *Plant morphogenesis*. McGraw-Hill Book Co.
 54. Skok, J. 1957. Relationship of boron nutrition to radiosensitivity of sunflower plants. *Plant Physiol.* 32 : 648—658.
 55. Stewart, W. D. and J. M. Arthur. 1934. Some effects of radiation from a quartz mercury vapor lamp upon the mineral composition of plants. *Contrib. Boyce Thompson Inst.* 6 :

225—245.

56. ———. ———. 1937. Changes in mineral composition of the tomato plant irradiated with a quartz-mercury vapor lamp and its relation to the level and ratio of calcium and phosphorous in the nutritive medium. Contrib. Boyce Thompson Inst. 9 : 105—120.
57. Thompson, B. F. and P. M. Miller. 1962. The role of light in histogenesis and differentiation in shoot of *Pisum sativum*. II. The leaf. Amer. J. Bot. 49 : 383—387.
58. U.S. Dept. Agr. 1951. Virus diseases and other disorders with viruslike symptoms of stone fruits in North America.
59. van der Veen, R. and G. Meijer. 1959. Light and plant growth. Phillips Technical Library.
60. Vowen, H. J. M. and P. A. Cawse. 1962. The effects of deficiencies in essential elements on the radiosensitivity of tomato seeds. Rad. Bot. 1 : 215—222.
61. Wells, P. H. 1956. Photoreactivation of ultra-violet-inactivated diphosphopyridine nucleotide. Science 124 : 31—32.
62. Went, F. W. 1951. The development of stem and leaves. "Skoog, F. (ed.). Plant growth substances." pp287. Univ. Wisc. Press.
63. 山羽儀兵. 1933. 一般細胞学. 291頁. 裳華房.
64. 山口益郎・高橋英一. 1959. 微量元素の定量法「植物栄養学実験」57頁. 朝倉書店.

Studies on "Ijoyo" (Abnormal Leaves) Developed in a Certain Training system of Nijisseiki Pears

By **Katsumi KUMASHIRO**

Laboratory of Pomology, Fac. Agric., Shinshu Univ.

Summary

1. In the Ina district of Nagano Prefecture, Nijisseiki pear trees usually develop abnormal leaves (so-called Ijoyo) when their terminal shoots are left to grow vigorously about two years after planting without being cut back in Momozawa's training system. Once the abnormal leaves develop, they also appear successively in the following years. The growth and yield of the disordered trees are considerably reduced. The disorder develops also in the other districts when Nijisseiki pear trees are grown in the same training system. The purpose of this experiment is to study the symptoms, processes or causes of development, and treatments or control measures of the disorder.

2. The abnormal leaves are glabrous, narrow, thick and brittle, showing a mosaic mottling. They have one or two more cell layers than the normals, namely, one or two more epidermis-like layers in the light green part and one more palisade layer in the dark green part, though their conductive tissues and number of chromosomes are normal. The distribution of abnormal leaves on a disordered shoot is limited to a range of from the middle to the upper parts, and several normal leaves exist on the basal part. The disordered shoots are somewhat stunted and of faint russet stripes. The fruits which bear on them are inferior in the transverse growth, the skin of which partially lacking dots and often having irregular stripes on the surface though the dessert quality of which being generally normal.

3. The longer the shoot growth more than 115 cm on an average, the higher the percentage of disordered shoots which sprout newly in the following year. The location of buds which would develop the disordered shoots in the following year is restricted to the top of the vigorous shoots. Therefore, it is recommended for the growers to cut back the vigorous shoots at their tops during the dormant period.

4. In any variety other than Nijisseiki, none of abnormal leaves develop even when the shoots grow vigorously under Momozawa's training system. The development of the disorder in the Nijisseiki pear trees has no connection with an individuality of mother tree or scions, or with a variety of stocks and

interstocks.

5. Even when the sap of abnormal leaves is inoculated to normal leaves of the same variety or other species, none of abnormal symptoms appear on the treated leaves. When the scions taken from the disordered shoots are top-grafted on the normal shoots, the newly sprouted shoots from the scions in the following year are all disordered, while those from the interstocks are all normal. On the contrary, when the scions taken from the normal shoots are top-grafted on the disordered shoots, the newly sprouted shoots from the scions in the following year are all normal, while those from the interstocks are all disordered. The newly sprouted shoots from the disordered scion are all disordered at least for three years successively, but, thereafter, normal shoots will sprout occasionally from the old parts of the scion. The hybrid progeny of the disordered Nijisseiki pear trees never shows any abnormal symptom.

6. By leaf analysis of the vigorous shoots from the tops of which the disordered shoots are expected to grow, it is evident that leaves at their terminal part contain more N, P, Mg, Mn and Zn, and less K and Ca than those at their middle part. Furthermore, the abnormal leaves contain less N, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn and B, and more P than the normal leaves on the same tree. However, no deep relationship can be found between either application of N, P, K, Zn or B and the development of the disorder. Only when slag which contains lime, silica, magnesia and many other trace elements is applied, the development of the abnormal leaves seems to be slightly reduced.

7. Auxin content is lower in the terminal part of the disordered shoots than in that of the normal shoots, the difference being greatest in late May when abnormal leaves begin to appear on the disordered shoots. Sprays of IAA, GA or TIBA to the vigorous shoots have no influence on the development of the disordered shoots in the following year. Sprays of B995 to the vigorous shoots retard greatly their growth, which result to be very effective to reduce the development of the disordered shoots from their tops in the following year.

8. When the normal Nijisseiki pear trees are grown in a glass-house, none of abnormal leaves develop regardless of the training system, and when the disordered Nijisseiki pear trees are transplanted in a glass-house, their restoration is much promoted. Otherwise, covering them with the Filon (plastics with glass-fiber) or oil paper gives a similar effect to them, while covering them with black cheese cloth, vinyl film or polyethylene film never produces the same result. These facts suggest that the development of the disorder might be closely related to the radiation of ultraviolet shorter than $310\text{ m}\mu$ which can not pass through a glass, Filon and oil paper. Defoliation of the vigorous shoots at their tops in summer when is the season of the strongest radiation of ultraviolet reduces the

development of the disorder in the following year.

9. The abnormal leaves on the disordered shoots contain polyphenol more abundantly than the normal leaves on the same shoots or the normal ones. The terminal leaves of the vigorous shoots contain polyphenol more quantitatively than those of shoots of normal vigor. The isoelectric point of suspension of the terminal leaves of the vigorous shoots is comparatively low as same as that of the abnormal leaves on the disordered shoots.