

[研究報文]

ブドウPortland, Niagara, Campbell Earlyおよびそれぞれの4倍体の自根苗における成長の比較

本杉日野

京都府立大学農学部附属農場 〒619-0244 京都府相楽郡精華町北稲八間大路74

Growth Comparison Between Own-Rooted Portland, Niagara, and Campbell Early Vines and Their Tetraploid Sports

Hino MOTOSUGI

University Farm, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Seika-cho, Kyoto 619-0244

The growth of own-rooted cuttings of diploid cultivars of Portland, Niagara, and Campbell Early grape cultivars and their tetraploid sports was compared in sand culture. The tetraploids of Portland and Campbell Early cuttings had shorter shoots and fewer nodes than their original diploids, but in the case of Niagara these differences were not significant. The net photosynthesis and transpiration rates of the tetraploids in Portland and Niagara cuttings were lower than those of the corresponding diploids, but the rates did not differ in Campbell Early. Leaf water potential in the tetraploids of Portland and Niagara was higher than in their original diploids. In all three cultivars, the root volume, root length and size of the root system of the tetraploids were smaller than those of their original diploids, and the fine roots of the tetraploids were thicker and shorter. In all three tetraploids, the water contents was higher than in the diploids.

Key words: diploid, tetraploid, own-rooted vine, shoot growth, root system

緒 論

ブドウは基本的には染色体数38本の2倍体であるが、多くの品種で芽条変異による4倍体が知られている(11, 12)。我が国の生食用ブドウは倍数性を利用した巨大粒品種の育成に特化し、巨峰をはじめとする4倍体大粒系品種群はこれらの芽条変異4倍体品種を用いて交配育種されたものである(13)。また、コルヒチンによる人為4倍体の作出も広く行われ、特に能塚ら(8, 9)は組織培養下で多くの品種の4倍体を効率よく得る手法を開発し、多数の4倍体を作成するとともに、これらを母本として生食用品種の育種に取り組んでいる。巨峰などの4倍体品種は枝梢の成長も2倍体品種とかなり異なり、一般に生育旺盛で樹勢調節及び着果の安定に格別の技術を必要とし、整房、摘心などととも、枝葉に対するマレイン酸ヒドラジド、メピコートクロリド、エセホンなどや果(花)房に対するジベレリン、ホルクロールフェニユロンなどの成長調節物質の処理が行われている(3)。しかしながら、これはあくまでも巨峰のような交雑により育成された

4倍体を、標準的なフィロキセラ抵抗性台木に接ぎ木しての結果である。これらの台木はヨーロッパの夏乾性気候条件でのワインブドウ生産に適したものが選ばれたものであり、我が国の気候、土壌条件や生食用品種群に必ずしも適しているとは限らない。たとえば、リンゴにおけるM9などの矮性台木のように樹勢を調節できるブドウ台木があれば結実確保や着色向上の点で大きな効果が得られる可能性がある。

一方、芽条変異による4倍体系統は、巨峰などの交雑による4倍体と異なり、樹勢が弱く、結実性も劣ることが知られている(10)が、その根系について調査している例はほとんどない。著者らは以前、ブドウの水耕栽培に関する実験を行っている際、芽条変異から生じたとされる数品種の4倍体を実験用に増殖するために挿し木したところ、元の2倍体品種と比較して特に根の生育が劣る傾向があることを観察したが(4)、これまで4倍体の自根苗の地上部、根部の成長について、元の2倍体品種と比較した報告はほとんどない。そこで、既存の2倍体3品種とその芽条変異である4倍体の自根樹を育成し、その生育を比較する実験を行

2000年4月7日受理

うとともに、4倍体品種の根の生育の特徴を明らかにして、その台木利用への可能性について考察した。

材料と方法

1) 供試材料 Portland, Niagara, Campbell Early および芽条変異から生じたとされるそれぞれの4倍体 (Portland(4x)、Niagara(4x)、Campbell Early (4x)) について、休眠枝を採取し、2節ずつに切りそろえた後、4月下旬にガラス室内で5cm角のロックウールブロックに挿し木した。萌芽、発根したものについて砂を満たした直径18cmのプラスチックポットにロックウールブロックごと移植した。移植後、側面を開放したプラスチックハウス内に鉢を置き、N:P:K=70:14:90 mg/Lを含む培養液を週2回、各ポット200mLずつ与えた。7月下旬に各品種7樹ずつを選び、新梢を1本のみとし、垂直に立てた支柱に誘引して実験に供試した。

2) 新梢生長量、光合成速度、蒸散速度及び葉の水ポテンシャルの測定 8月9日から9月24日までの約7週間において新梢長、節数を定期的に測定し、新梢長を節数で除した平均節間長を算出した。また、それぞれの品種から3個体を選び新梢中央部の健全な葉において、携帯光合成蒸散測定装置 (LI-6200, LiCor社) により純光合成速度及び蒸散速度を、プレッシャーチャンバー (PC-40, 大起理化学工業) により水ポテンシャルの測定を行った。測定前に十分灌水を行っておき、

晴天日の11:00~13:00に十分日射を受けている葉において測定した。ブドウの葉はプレッシャーチャンバーに装着するには大きすぎ、また、測定中の蒸散による水ポテンシャル変化を抑えるために以下の方法で水ポテンシャル測定の予備処理をおこなった。まず、測定する葉は、樹上において測定前に主脈あるいは支脈を含む葉の一部をポリエチレン袋の角の部分を菱形に切ったもので覆い、ポリエチレン袋の表裏の両端をセロハン粘着テープで葉に密着させた後 (Fig. 1-1)、外側をアルミホイルで遮光した (Fig. 1-2)。この状態で密封されたポリエチレン袋内が水蒸気で飽和するまで5-10分放置した。その後、アルミホイルを取り外し、ポリエチレンフィルムに覆われた部位を主脈または支脈を長さ2-3cmつけた形にかみそりの刃で切り取り (Fig. 1-3)、直ちに主脈あるいは支脈の切断部分がプレッシャーチャンバー外側の観察部位に出るように装着して、1MPa/min程度の加圧速度で測定を行った (Fig.1-4)。

3) 掘り上げ調査 落葉後の12月に掘り上げ調査を行った。新梢については基部から5-6節の位置の節間中央部において茎径 (長径と短径) を測定し、茎の断面を楕円と見なして、断面積を算出した。新梢をこの断面積の測定部位で剪定し、新鮮重 (剪定枝重) を測定した。また、根の付いた状態の株は、十分に砂を洗い落としした後に軽く振って水滴が落ちない程度に水分を拭ってから、アルキメデスの原理により根の体積を測定した。すなわち、電子天秤を懸垂式測定ができるように設置し、供試樹を吊り下げて新鮮重を測定し、次に根冠部まで水没させた場合の重量を測定して両者の差から $1g=1cm^3$ として根の体積を算出した。根冠部から発生している根のうち、根冠から最も離れた位置にある根端までの長さを根長として長い方から5本を選び、その基部径および根長を測定した。また、長さ20-30cmの根を各個体1本ずつ採取し、その新鮮重および80℃にて48時間乾燥させた後の乾燥重を測定し、水分含量を算出した。また、同様の根の一部をFAA (ホルマリン:酢酸:50%エタノール=5:5:90) で固定した。固定サンプルは蒸留水で水洗後、徒手あ

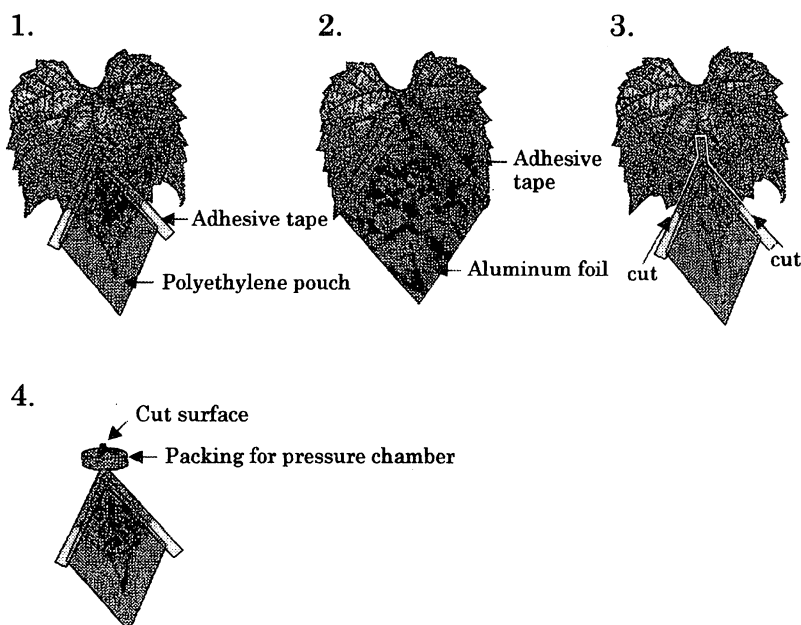


Fig. 1. Pretreatment of leaf sample for water potential measurement with pressure chamber.

るいはマイクロスライサー（DTK-1000、堂阪EM社）により、厚さ20-50 μm の横断切片とし、トロイジンブルーで染色して光学顕微鏡により、根の直径(D)と木部の直径(R)を測定し、根の皮部率($X = (1-R/D)^2 \times 100$)を算出した(1)。

結果

1) 新梢成長量、光合成速度、蒸散量及び葉の水ポテンシャル 新梢長及び節数ともにいずれの品種においても8月中は直線的に増加したが、9月に入って徐々に伸長速度が衰えた。2倍体と4倍体とで比較すると、

いずれの品種も4倍体で新梢長および節数の増加速度が小さかったが、Niagaraにおいてはその差はわずかであった(Fig. 2)。個葉の光合成速度はPortland、Niagaraにおいて4倍体で2倍体より低い傾向が見られたが、Campbell Earlyにおいては差異が認められなかった(Fig. 3)。葉の蒸散速度は、9月以降、気温の低下にともなって徐々に減少したが、Portland、Niagaraにおいて4倍体で2倍体より低い傾向がみとめられた(Fig. 3)。葉の水ポテンシャルはPortland、Campbell Earlyにおいては4倍体で2倍体より高い傾向が認められたが、Niagaraではほとんど差異がな

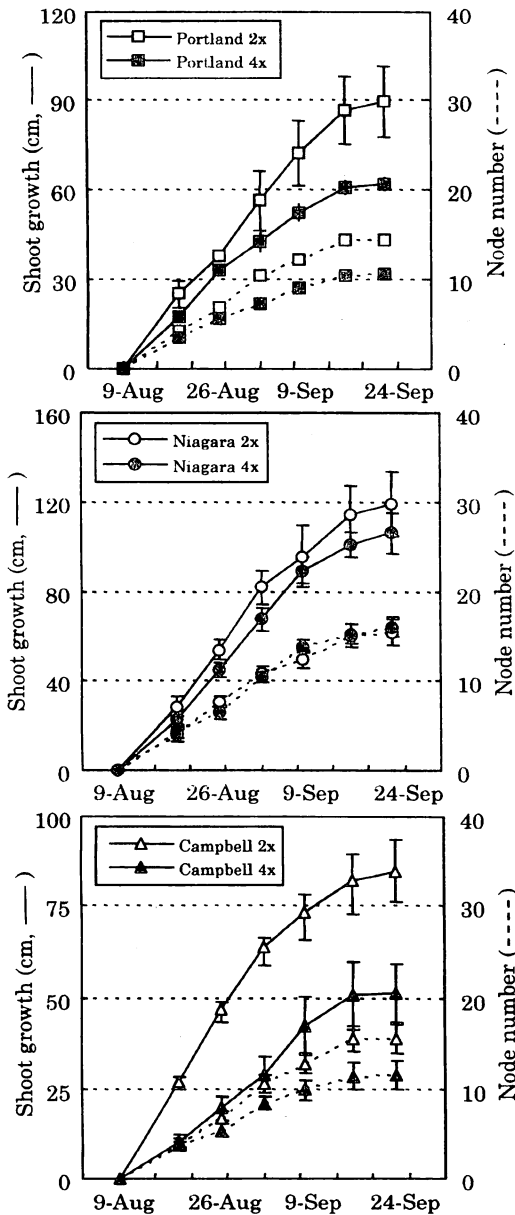


Fig. 2. Shoot elongation and node increase in own-rooted Portland, Niagara, and Campbell Early vines and their tetraploid sports.

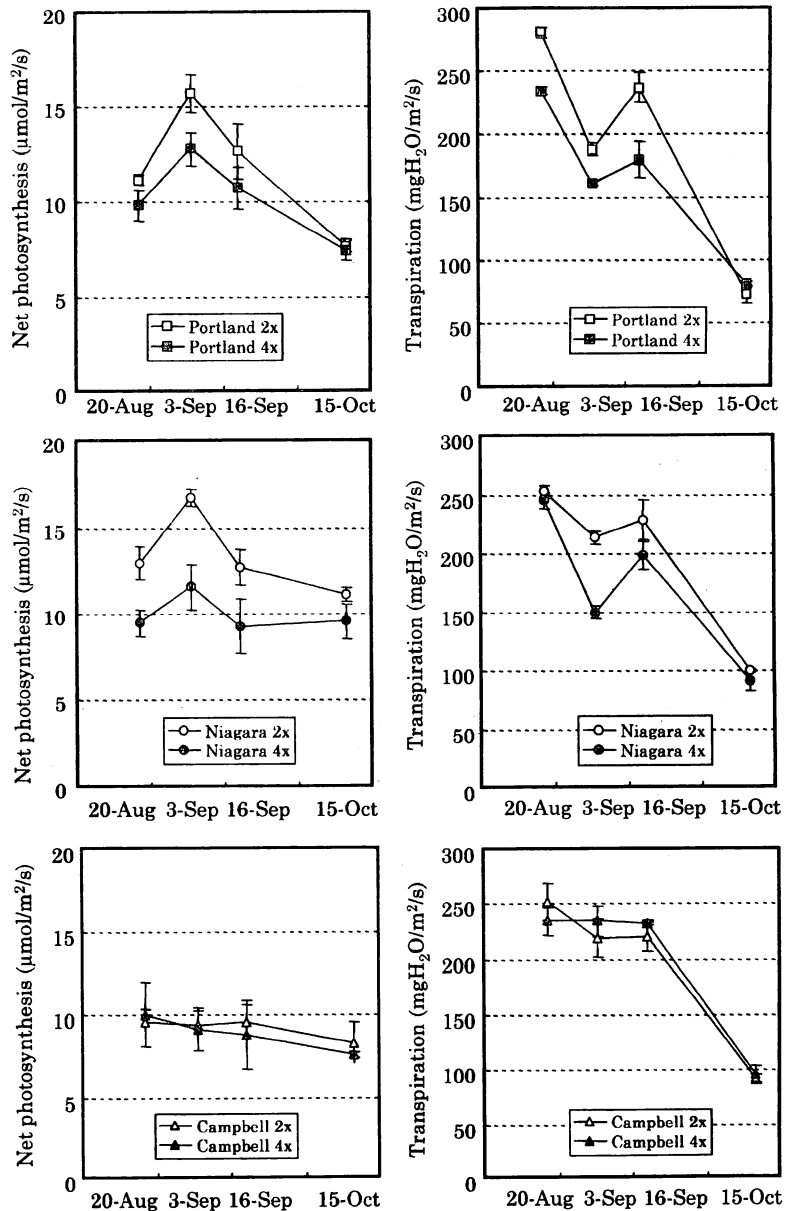


Fig. 3. Net photosynthesis and transpiration rates of own-rooted Portland, Niagara, and Campbell Early vines and their tetraploid sports.

かった (Fig. 4)。

2) 掘り上げ調査 剪定枝重は、4倍体で2倍体より

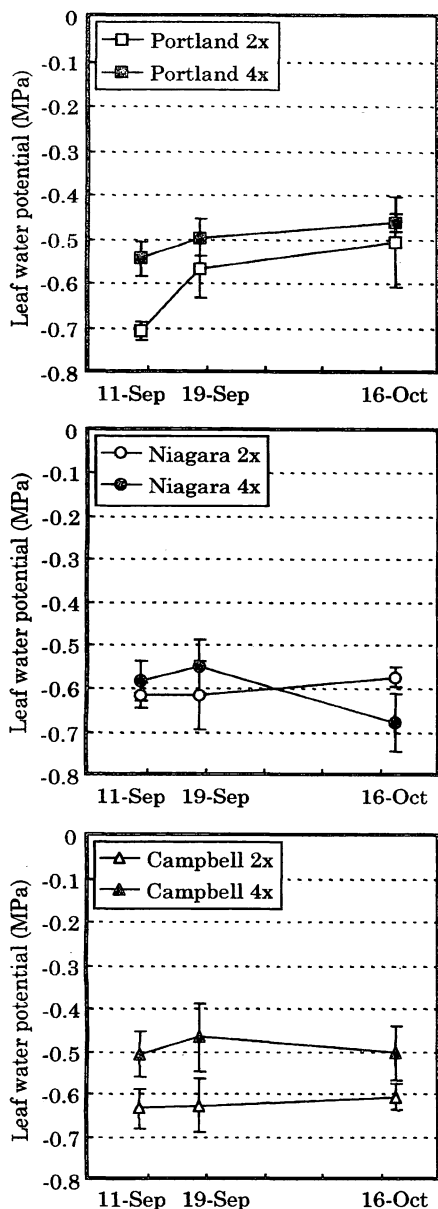


Fig. 4. Leaf water potential of own-rooted Portland, Niagara, and Campbell Early vines and their tetraploid sports.

Table 1. Shoot growth of own-rooted Portland, Niagara, and Campbell Early vines and their tetraploid sports.

Cultivar	Stem cross-sectional area (mm ²)	Weight of pruned shoot (g)	Node length (cm)
Portland 2x	15.3 ± 1.2 ^z	13.7 ± 0.1	6.1 ± 0.3
Portland 4x	20.9 ± 1.7	9.7 ± 1.5	4.3 ± 0.3
Niagara 2x	19.7 ± 2.3	16.9 ± 1.1	7.0 ± 0.2
Niagara 4x	19.4 ± 2.5	14.6 ± 2.5	5.5 ± 0.3
Campbell 2x	17.3 ± 1.1	16.2 ± 1.8	4.5 ± 0.3
Campbell 4x	18.9 ± 1.9	7.4 ± 1.5	2.8 ± 0.5

^z Mean ± SE.

小さかったが、Niagaraではほとんど差異がなかった (Table 1)。新梢長を節数で除した計算上の節間長は、いずれの品種も4倍体で2倍体より短くなり、2倍体の62-78%であった (Table 1)。新梢基部の茎断面積は、Niagara、Campbell Earlyにおいて2倍体と4倍体でほぼ同じとなり、Portlandにおいては4倍体の方が大きくなった (Table 1)。根の体積は、いずれの品種も4倍体で2倍体より小さくなったが、Niagara、Campbell Earlyにおいてその差異が顕著であった (Table 1)。根長 (長い方から5本の合計) はいずれの品種においても4倍体で2倍体より短く、ほぼ1/2の長さとなった (Table 2)。また、根系全体の形状については、いずれの品種においても4倍体の根系は2倍体のものに比べ小さくなっており、特に細根は4倍体で比較的太く短かった (Fig. 5)。根の基部径はNiagara、Campbell Earlyにおいて4倍体で2倍体よりやや小さくなった (Table 2)。根の水分含量はいずれの品種においても4倍体で2倍体より5-7%高かった (Table 2)。根の皮部率についてはCampbell Earlyのみの比較であるが、全く差異が認められなかった (Table 2)。

考 察

多くの品種においても偶発的な芽条変異による4倍体が報告されているが、そのほとんどはL1層 (表皮系) が2倍体で、L2-L3層 (皮層、内鞘) は4倍体化している2-4タイプの周縁キメラで、一部4-4タイプのものもあるが、コルヒチンによる人為的育成した場合には出現することのある4-2タイプの4倍体は、自然の芽条変異からは見つけられていない (11, 12)。本実験で供試したPortland、Niagara、Campbell Earlyの3品種の4倍体はいずれも芽条変異で生じたといわれるもので、日本で発見された石原早生とも呼ばれるCampbell Early 4倍体については、2-4タイプの

周縁キメラであることが確認されており (11)、内鞘細胞から発生する不定根はすべて4倍体となる。Portland、Niagaraについては、染色体数の確認を行っていないが、予備的にフローサイトメーターによる幼葉の核内DNA量を測定した結果、Campbell Earlyの場合と同様の周縁

Table 2. Root growth and water content of own-rooted Portland, Niagara, and Campbell Early vines and their tetraploid sports

Cultivar	Root volume (cm ³)	Root length ^z (cm)	Root diameter ^y (mm)	Water content (%)	Bark ratio (%)
Portland 2x	59.1 ± 4.4 ^x	209.4 ± 3.1	2.3 ± 0.1	69.9 ± 1.6	
Portland 4x	52.8 ± 4.3	108.4 ± 3.4	2.4 ± 0.1	77.2 ± 0.7	
Niagara 2x	95.2 ± 5.6	196.9 ± 5.9	2.9 ± 0.2	71.2 ± 1.7	
Niagara 4x	51.3 ± 4.1	122.1 ± 6.4	2.6 ± 0.1	76.0 ± 1.6	
Campbell 2x	66.9 ± 6.6	197.3 ± 7.8	2.2 ± 0.1	72.1 ± 1.4	63.7 ± 2.8
Campbell 4x	43.6 ± 3.9	101.6 ± 6.2	1.9 ± 0.1	78.2 ± 1.3	62.3 ± 1.4

^z Total length of the 5 longest roots per vine.

^y Mean diameter of the 5 longest roots per vine.

^x Mean ± SE.

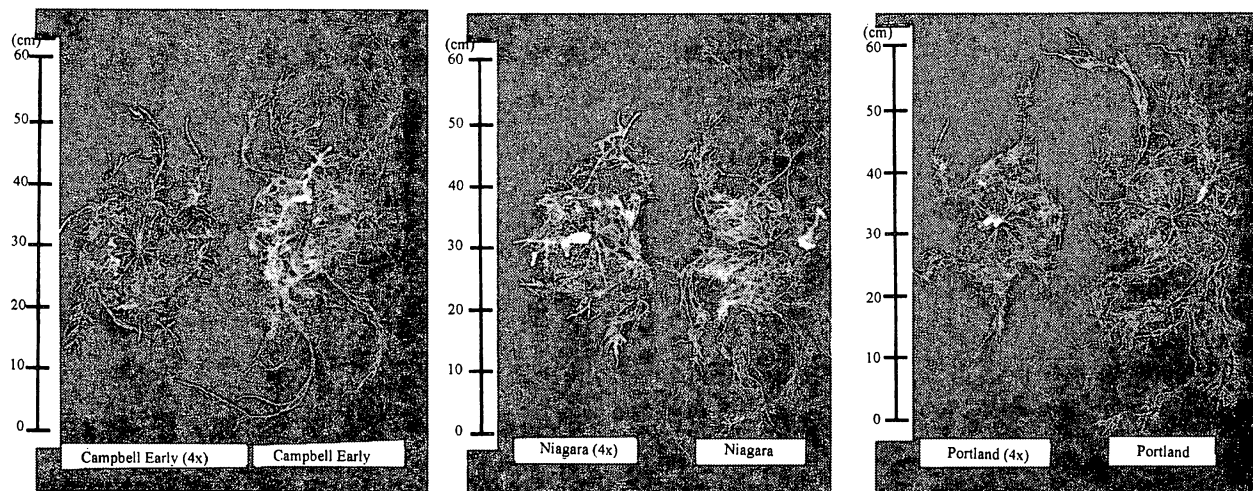


Fig. 5. Root systems of own-rooted Portland, Niagara, and Campbell Early vines and their tetraploid sports.

キメラと考えられた。従って、いずれも根については完全に4倍体としての性質を示していると思われる。本実験の結果から、4倍体の根は元の2倍体に比べ、根の太さの割には伸長が劣り、同じくらいの太さの根においては4倍体で2倍体より水分含量が高い傾向が認められた。また、Fig. 5に示したように、旺盛に伸長している根の先端は、以前の報告(4)と同様、4倍体品種で2倍体品種より太く短い傾向があった。リングにおいて、M9、M27といった矮性台木では根の皮部率が大きくなっており、この皮部率と矮化効果の関係が示唆されているとともに(1)、これらの矮性台木では接ぎ木していない場合でも場合でも喬性の台木より一般に成長量が小さいことが認められている(2)。ブドウの4倍体で皮部率が異なってくるかについては、多くの品種や、異なる樹齢の材料についてさらに調査する必要があると思われる。また、リングの矮性台木と喬性台木の間には染色体数における差異がないことから、根の生育が弱い原因がブドウの4倍体の場合とは異なると思われる。

一方、地上部の生長についてみてみると、4倍体

品種は茎の太さに比較して、新梢の伸長量が小さくなっており、新梢長を節数で割った計算上の節間長も2倍体品種より短くなる傾向があった。また、個葉の光合成速度、蒸散速度については4倍体では2倍体に比べ、小さくなる傾向が認められた。供試した4倍体は2.4タイプの周縁キメラと思われる、表皮に存在する気孔のサイズ及び密度において元の2倍体と差異がないと考えられるため、根からの水分供給が少なくなっているなど何らかの要因で気孔開度が低下していたことも考えられる。しかしながら、水ポテンシャルの測定結果から見ると、むしろ2倍体で水ポテンシャルが低く、4倍体が2倍体より水ストレスを受けていたとは認められないため、水ストレス以外の何らかの内生的要因により蒸散及び光合成が低下していたと考えられる。著者らは以前、リング台木において根から地上部に供給される木部汁液中の植物ホルモンの分析を行ったところ、矮性台木では喬性台木に比較してジベレリン様活性画分の極性が異なり、サイトカイニン様活性の増加したことを報告しているが(2)、ブドウの2倍体と4倍体の間においても根から地上部へ供給さ

れる植物ホルモンなどの組成や量が異なっている可能性がある。

圃場においてブドウ栽培を行う場合、フィロキセラ抵抗性のない栽培品種の挿し木を台木にしたり、自根で栽培したりすることは非常に危険である。現に、大韓民国では巨峰の栽培面積が近年、急速に増加しているところであるが、1998年夏に著者が大韓民国のブドウ産地を見学に行ったおりに、苗木のコストを抑え早期多収をねらうためにそのほとんどが自根苗で非常に密植栽培が行われていて、主産地の一部からフィロキセラによる被害が広がりつつあることを見聞してきた。したがって、本実験に供試したような栽培品種の4倍体は樹勢の調節に潜在的な可能性を持つものの自根での栽培や、台木として直接用いることが出来ない。このため現在、著者らは広く用いられているフィロキセラ抵抗性台木をコルヒチン処理により4倍体化し、穂木の樹勢調節が可能な台木を育成することを試みている(5, 6, 7)。

要 約

ブドウPortland, Niagara, Campbell Earlyおよびそれぞれの芽条変異である4倍体の挿し木繁殖苗を、プラスチックポットに砂耕し、自根における生育を比較した。

1. Portland及びCampbell Earlyの4倍体における新梢伸長量、節数増加量は、それぞれの2倍体より小さくなったが、Niagaraでは倍数性による差はわずかであった。Portland, Niagaraの4倍体における純光合成速度および蒸散速度は、それぞれの2倍体より低くなったが、Campbell Earlyにおいては倍数性による差がなかった。Portland, Campbell Earlyの4倍体における葉の水ポテンシャルは、それぞれの2倍体より高くなったが、Niagaraにおいては倍数性による差がなかった。

2. いずれの品種においても4倍体では根の体積、根長及び根系の大きさがもとの2倍体より小さくなり、2倍体のものより比較的太く短い細根が観察された。根の水分含量はいずれの品種においても4倍体でもとの2倍体より高くなった。

文 献

1. 別所英男・吉田義雄・真田哲朗・土屋七郎・羽生

田忠敬・増田哲男・檜村芳記. リンゴの台木に関する研究. 第4報 CG系、M27及びM9A台木の特性について. 果樹試験場報告C. 13: 1-17 (1986).

2. Gao, Y. P., H. Motosugi, and A. Sugiura. Rootstock effects on growth and flowering in young apple trees grown with ammonium and nitrate nitrogen. J. Amer. Soc. Hortic. Sci. 117: 446-452 (1992).
3. 禿泰雄. 植物成長調整剤総覧. 植物の化学調節. 30: 228-216 (1995).
4. 本杉日野. 4倍体ブドウの根系について. ASEV 日本ブドウ・ワイン学会誌. 8: 198-199 (1996).
5. 本杉日野・奥藤健・中野幹夫・石田雅士. ブドウ台木の4倍体育成とその*in vitro*での生育比較. 園芸学会雑誌. 67巻別冊2: 225 (1998).
6. 本杉日野・鳴尾高純. 4倍体台木に接ぎ木したブドウの生育調査のための試験管内接ぎ木法の検討(研究資料). 京都府立大学農学部農場報告. 19: 5-8 (1999).
7. 本杉日野・鳴尾高純・片岡大輔. ブドウ台木の2倍体と4倍体及びそれらに接ぎ木した‘巨峰’の成長について. 園芸学会雑誌. 68(別冊2): 112 (1999).
8. 能塚一徳・平川信之・角利昭・山根弘康. *In vitro*培養におけるコルヒチン処理による4倍体ブドウの育成. (第1報) 処理効果の品種間差及び処理濃度と処理期間について. 園芸学会昭和60年度秋季大会発表要旨. 72-73 (1985).
9. 能塚一徳・平川信之・角利昭. *In vitro*培養におけるコルヒチン処理による4倍体ブドウの育成. (第2報) 4倍体の育成結果と高次倍数体育成の可能性について. 園芸学会昭和61年度秋季大会発表要旨. 92-93 (1986).
10. 大隅正. 芽條異變による葡萄の大粒變種に関する研究. 岡山縣立農事試験場臨時報告第40報 (1937).
11. Thompson, M. M. and H. P. Olmo. Cytohistological studies of cytochimeric and tetraploid grapes. Amer. J. Bot. 50: 901-906 (1963).
12. 山根弘康・栗原昭夫・田中隆荘. ブドウの倍数性

育種に関する研究. I 大粒系品種の染色体数. 果樹試験場報告E. 2: 1-8 (1978).

13. 山根弘康. ブドウの育種に関する研究. 一特に大粒性及び無核性ブドウの育種について— 京都大学大学院農学研究科博士論文. (1997)