ブドウの生体情報の測定と解析による土壌水分 管理法の指標化 (第2報)

生育段階における茎径ならびに果粒肥大の日変化特性

今井 俊 治・岩 尾 憲 三*・藤原多見夫

広島県果樹試験場・* 中部電力電気利用技術研究所

Measurements of Plant Physiological Informations of Vine Tree
and Indexation of Soil Moisture Control (2)

The Typical Characteristics of Daily Variation of Stem- and
Fruit-Diameter of Vine Trees in Several Fruit
Developmental Stages

Shunji IMAI, Kenzo IWAO* and Tamio FUJIWARA

Hiroshima Fruit Tree Experiment Station, Akitu-cho, Hiroshima 729-24, Japan

**Electrotechnological Applications R & D Center,
Chubu Electric Power Co., Inc., Nagoya 459, Japan*

This paper reports the typical characteristics of daily variation of cane and fruit diameter of vine tree in several fruit developmental stages.

The results of this study are as following.

(1) The fruit diameter shrunk in the day time and swelled at night just like the daily variation of cane diameter in the young, fruit-developmental stage. It was estimated that these phenomena were caused by the deficit of water content in the day time.

(2) The characteristics of the daily changes of the diameter of cane and fruit, varied depending upon the several stages of development. This shows there is competition of water between the fruit and other organs even in a vine tree.

(3) It was thought that the water did not easily come out of the ripening fruit and not was delivered to the other organs. Cane diameter shrinkage lasted continuously after the II stage of fruit development.

(Received June 16, 1990)

1990年6月16日受付

材料と方法

緒 言

著者らは¹⁾、茎径変化の測定により、ブドウ樹体内水分変化の推移を非破壊で連続的に測定することが可能なことを示した。本報ではブドウ巨峰の茎径ならびに果粒肥大の日変化を生育段階ごとに調査し、樹体内水分変化の特性を明らかにしようとするものである。なお、複雑に変化する自然条件下の生育の理解を容易にするために、人工気象室内での生長変化を基本パターンとして対比した。

1987年に、屋根かけのパイプハウス内（以後、ほ場と記す）に 75 cm×115 cm 間隔で配置したコンテナ植えの巨峰（4年生、3309台、コンテナ内の土壌容積 32 cm×48 cm、土壌の深さ 22 cm、1987年3月中旬に鉢植えからコンテナに移植）30樹のうちから、生育の状態が標準的な個体を選び供試した。また、複雑に変化する自然条件下の生育の理解を容易にするため、人工気象室を用いて基本的反応の測定を行った。この場合にはビニールポット（直径 30 cm、底径 23 cm、高さ 33 cm、土壌容

Fig. 1 Measurement of fruit-diameter variation.

積約 12 l) 植えの個体を供試した。人工気象室内の気温は 24°C, 湿度 80% 以上, 照度 20 klux で, 明期 10 時間, 暗期 14 時間である。なお, 新梢は 14 節で摘心し, 副梢葉は 2 枚を限度に摘心した。pF 1.8 で自動かん水し, 円形ノズル散水方式とした。

茎径変化の測定器は歪ゲージ式変位計 (UL ゲージ, 定格変位 ± 0.4 mm, 定格荷重 20 g) を用いた。茎径の測定部位は母枝とした。果粒横径の測定は, 茎径と同じ歪ゲージ式変位計を用い, Fig. 1 に示すように取り付け方法を工夫して行った。

1989 年の実験では, 3 年生のポット植え巨峰 (自根) 樹を用いた。人工気象室内の気温は 25°C, 湿度 70%, 照度 50 klux で, 発芽, 新梢伸長初期は明期 10 時間, 暗期 14 時間, 成熟期は明暗期 12 時間とした。

茎径および果粒横径の測定は以下の生育段階の各時期に行った。(1) 発芽期, 新梢伸長初期 (展葉数 6 枚時): 1989 年のそれぞれ 4 月 17 日と 5 月 9 日に人工気象室内で測定を行った。(2) 果実発育第 I 期: 1987 年に人工気象室 6 月 26 日, ほ場 6 月 17 日。(3) 同第 II 期: 1987 年に人工気象室 7 月 7 日, ほ場 7 月 11 日。(4) 同果粒軟化期: 1987 年に人工気象室 7 月 16 日, ほ場 7 月 15 日。

(5) 同成熟期: 人工気象室では 1989 年 8 月 27 日, ほ場は 1987 年 8 月 18 日に測定を行った。

結 果

1. 発芽期, 新梢伸長初期

Fig. 2 に示すように, 茎径の変化は明期に収縮, 暗期で回復, 肥大する変化を示した。発芽期では変化量は非常に小さく, 展葉 6 枚時の新梢伸長期になると変化量も大きくなり, 明らかに茎径の肥大が認められた。

2. 果実発育第 I 期

Fig. 3 に示すように人工気象室での基本的日変化は, 果粒, 茎径とも明期で収縮, これに続く暗期で収縮の回復と肥大を示した。また, 両者の経時傾向が類似することから, 果粒の収縮も体内水分ストレスによるものと考えられた。

ほ場での日変化も Fig. 4 に示すように同様の傾向を示した。果粒肥大の日変化は, 日射強度の増加とともに収縮を始め, 収縮量は 0.87 mm に達した。回復, 肥大は午後 3 時以降の日射強度の低下とともに始まり, 翌朝, 日の出前に最高に達した。1 日当りの肥大量は 0.19 mm であった。茎径の日変化も果粒と同じパターンを示した。ほ場での日変化量が人工気象室の場合より大きいのは, 日射強度が高いためと判断された。

3. 果実発育第 II 期

Fig. 5 にみられるように, 人工気象室での基本的日変化は, 茎径は明期で収縮, 暗期で収縮の回復のパターンを示したが, 果実発育第 I 期にみられた明期直後からの急激な収縮変化はみられなかった。また, 茎径の減少つまり細っていく現象がみられた。

果粒肥大は, 果実発育第 I 期においてみられた明期での収縮はほとんどなく, 暗期での肥大も小さかった。

ほ場での茎径変化は, Fig. 6 に示すように人工気象室の場合とよく似た変化を示した。果粒においては明確に

Fig. 2 Cane (one year old)-diameter variation in sprouting and current shoot elongation stage (6 leaves), shown in a growth chamber at 24°C.

Fig. 3 Daily variation of cane and fruit diameter in the fruit development at the I stage, shown in a growth chamber at 25°C.

読み取れないものの、明らかに果実発育第Ⅰ期にみられた著しい収縮はなく、変化パターンも茎径より小さくなった。

4. 果実発育果粒軟化期

Fig. 7 にみられるように、人工気象室での基本的日変化は、茎径は明期で収縮、暗期で収縮の回復へのパターンを示したものの、収縮、回復量は減少した。最も特徴的な変化は暗期における茎径の減少速度と明期における収縮速度がよく似た傾向を示し、茎径の細りが目だっ

Fig. 4 Daily variation of cane and fruit diameter in the fruit development at the I stage.

た。一方、果粒は明期においても肥大が続き、果実発育第Ⅰ期においてみられた明期で収縮、暗期で回復、肥大のパターンとまったく異なった。

Fig. 8 は、ほ場での日変化を示した。茎径変化は日射強度の影響はみられるものの人工気象室の場合と似た変化を示した。果粒においても同様であった。

Fig. 5 Daily variation of cane and fruit diameter in the fruit development at the II stage, shown in a growth chamber at 24°C.

Fig. 6 Daily variation of cane and fruit diameter in the fruit development at the II stage.

Fig. 7 Daily variation of cane and fruit diameter in the fruit development at the veraison stage, shown in a growth chamber at 24°C.

Fig. 8 Daily variation of cane and fruit diameter in the fruit development at the veraison stage.

5. 果実成熟期

人工気象室での基本的な日変化は Fig. 9 に示すように、茎径は明期でわずかに収縮、暗期で回復する変化を示したが、茎の肥大はほとんど認められなかった。果粒はわずかに肥大の進行を示した。特徴的には、明期開始で一時的な膨張がみられたのち横ばい状態を示し、暗期直後の収縮に引き続いて肥大へと転じた。変化パターンは果粒軟化期とよく似た傾向であったが、明、暗期での変化量は小さくなった。ほ場での日変化も Fig. 10 に示すようによく似た傾向を示したが、果粒の収縮は強い日射強度によって引き起こされるものと考えられた。

考 察

著者ら¹⁾は、これまでに茎の収縮は体内水分の減少に

よるものであることを明らかにした。発芽、展葉期における茎径の日変化は、新梢の伸長生長による展葉枚数の増加により収縮量は大きくなった。つまり、葉数の増加により蒸散量が増したため、体内水分の減少を多くし、茎径の収縮を大きくさせたと考えられる。果実発育第Ⅰ期における茎径ならびに果粒肥大の日変化は、果粒で大きな変化を示すものの、茎径変化と同じパターンを示すことから、果粒の収縮も体内水分に依存していることは明らかと思われた。

Harley ら²⁾ はリンゴで、果実の日肥大周期の様相は、発育期によって相違することを報じている。本実験においても、樹体の生育段階での茎径ならびに果粒肥大の日変化は、パターンを異にした。

果実の収縮現象は、これまでに多くの研究者^{8~12)}で認

Fig. 9 Daily variation of cane and fruit diameter in the fruit development at the maturation stage, shown in a growth chamber at 25°C.

Fig. 10 Daily variation of cane and fruit diameter in the fruit development at the maturation stage.

められている。葦澤³⁾, Schroeder ら⁶⁾, Hodgson⁷⁾, Kramer⁸⁾, Compton¹⁰⁾, Tromp¹²⁾, 林¹³⁾, Klepper¹⁴⁾ らは、果実の収縮は果実から葉への水分移動によって生ずるものとしている。果実発育第Ⅰ期における明期あるいは日中での収縮は、莖径の収縮からも明らかのように、体内水分の減少に伴って果粒からの水分が葉に移行し、より大きな収縮となって現れたことがうかがえる。

ほ場での測定で果実発育第Ⅰ期の莖径、果粒は、午後3時頃に最大の収縮量に達し、その後急速に回復、肥大に向かった。遠藤⁴⁾は、二十世紀ナシ果実の日肥大周期で午後からの急速な果実肥大は、光合成生産物の転移蓄積による真の肥大と考え、また、小林¹⁵⁾は、ブドウ Muscat of Alexandria で午後から夜間前半にかけての果粒の肥大は、主として炭水化物の移行によるものとするれば、同化物質の葉からの転移と時間的に一致するとしている。つまり午後3時過ぎからの急速な果粒の肥大は、日射強度の低下に伴う葉の水ポテンシャル低下による体内水分の回復¹⁾と同化物質の転移が重なったものによると思われる。なお、急速な果粒肥大後の夜間後半の緩慢な肥大は、遠藤⁴⁾が指摘しているように、主として水分吸収による膨潤化に基づくものと考えられる。

果実発育第Ⅱ期になると、第Ⅰ期と著しく異なった変化を示した。すなわち、人工気象室での測定にみられるように、莖径の収縮は明期の間単調に減少するパターンに変わり、莖径の減少が認められた。果実発育果粒軟化期になるとその傾向はさらに顕著になり、莖径は確実に細っていった。

果粒も明期での収縮はほとんどみられず、肥大が続いた。ほ場での日中の収縮は日射がきわめて強いためであると思われるが、明らかに莖径の収縮よりは小さくなっていった。この変化の様相は発育ステージにより樹体各器官の体内水分に関する競合関係が明らかに変化していくことを示しているといえる。

Kozlowski⁹⁾は、オウトウ果実で成熟期が近づくと収縮が弱まることを観察しており、遠藤⁴⁾も二十世紀ナシで果実発育第Ⅳ期になると、収縮が消滅に向かうことを観察している。収縮が弱まる要因について、葦澤³⁾はブドウ、キャベル・アーリで、果実の糖度が5度を超えると果実中の水が葉へはなはだ移行しがたくなると報じている。林¹³⁾は二十世紀ナシで、成熟期に近づくと葉と果実の浸透圧が接近することを明らかにし、Tukey⁵⁾は、果実の細胞液濃度または浸透圧は、明らかに収縮に対する果実の抵抗度を支配する要因であるとしている。本測定の果粒の日変化からみても、第Ⅱ期以降は上述の要因の結果によるものと判断される。

成熟が進むと果実の肥大、収縮もさらに緩慢になるのは、収縮については Tukey¹⁶⁾ が述べた、細胞液濃度または浸透圧が、明らかに収縮に対する果実の抵抗度をさらに高めたためと思われる。また、肥大が緩慢となるのは、水分、糖分その他の主要成分を果実に送り込む導管流量の不足に基づくものであろうと Gustafson¹⁷⁾ は推論している。

なお、人工気象室での測定で、第Ⅱ期以降にみられる明期直後の果粒の肥大は、光照射に伴う果実温上昇による膨張とみられ、暗期直後の収縮は、消灯での果実温低下によると思われる。

以上のように、莖径、果粒肥大の日変化特性は、樹体の生育に伴い日変化パターンを異にし、生育段階により樹体の各器官において、水分競合関係が明らかに変化してくることを示した。こうした器官相互の水分変化を、水分管理の精度の向上に反映させれば、より高品質な果実生産を生み出すことが可能であると考えられる。

摘 要

ブドウ巨峰を用い、生育段階での莖径ならびに果粒肥大の日変化を調査し、樹体内水分変化の基礎特性を明らかにしようとした。

(1) 幼果期での莖径、果粒肥大の日変化は、類似の傾向を示した。このことから、果粒の収縮も体内水分の減少によるものと考えられた。

(2) 莖径ならびに果粒肥大の日変化特性は、樹体の生育に伴い変化パターンを異にした。このことは、生育ステージにより、樹体の器官相互の水分競合関係が明らかに変化していくことを示している。

(3) つまり、幼果期における体内水分は、果粒よりも葉が支配的であり、生育が進むと果粒からの水分の移行は減少した。なお、果実発育の第Ⅱ期以降は莖が細っていく現象がみられた。

本稿をまとめるにあたり、懇篤なるご教示とご校閲を賜った岡山大学農学部教授、岡本五郎先生に深謝の意を表します。

文 献

- 1) 今井俊治・岩尾憲三・大保紘一. 1987. ブドウの生体情報の測定と解析による土壌水分管理法の指標化(第1報). 環境要因の影響による莖径変化の分析. 園学要旨, 昭62秋100-101.
- 2) HARLEY, C. P. and M. P. MASURE. 1938. Relation of atmospheric conditions to enlargement rate and periodicity of Winesap apples. J. Agric. Res. 57 (2): 109-124.

- 3) 葦澤正義. 1964. 香川県における葡萄の旱害に関する研究. 香川大学農学部紀要 **17**: 1-69.
- 4) 遠藤融郎. 1973. 和梨果実の日肥大周期に関する研究. 広島果試特別研報 **1**: 1-122.
- 5) TUKEY, L. D. 1962. Factors affecting rhythmic diurnal enlargement and contraction in fruits of the apple (*Malus domestica*, Bork.). Proc. 16th Int. Hort. Congress. **3**: 328-336.
- 6) SCHROEDER, C. A. and P. A. WIELAND. 1956. Diurnal fluctuation in size in various parts of the avocado tree and fruit. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. **68**: 253-258.
- 7) HODGSON, R. W. 1917. Some abnormal water relations in citrus trees of the arid southwest and their possible significance. Univ. Calif. Pub. Agric. Sci. **3**: 37-54.
- 8) KRAMER, P. J. 1937. The relation between rate of transpiration and rate of absorption of water in plants. Am. J. Bot. **24**: 10-15.
- 9) KOZLOWSKI, T. T. 1968. Diurnal change in diameters of fruits and tree stem of Montmorency cherry. J. Hort. Sci. **43**: 1-15.
- 10) COMPTON, C. 1936. Water deficit in citrus. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. **34**: 91-95.
- 11) BARTHOLOMEW, E. T. 1926. Internal decline of lemons. III. Water deficits in lemon fruits caused by excessive leaf evaporation. Ann. Botany **13**: 102-117.
- 12) TROMP, J. 1984. Diurnal fruit shrinkage in apple as affected by leaf water potential and vapour pressure deficit of the air. Scientia Hort. **22**: 81-87.
- 13) 林 真二. 1961. 日本梨果実の発育に関する研究. 鳥取大学農学部園芸学研究室: 1-137.
- 14) KLEPPER, B. 1968. Diurnal pattern of water potential in woody plant. Plant Physiol. **43**: 1931-1934.
- 15) 小林 章. 1938. 硝子室葡萄の葉の同化・呼吸並びに転移作用に就いて (第1報). 園学雑 **9** (1): 43-60.
- 16) TUKEY, L. D. 1960. Some effects of night temperature on the growth of McIntosh apples. II. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. **75**: 39-46.
- 17) 苦名 孝. 1970. 「果実の生理」29, 養賢堂, 東京.