

## 日本ナシ (二十世紀) 葉の保水性と果実の 品質に関する土壌肥料学的研究

### IV. 葉の成長に伴う気孔密度の変化

長井武雄\*・福谷紀男\*

昭和 58 年 7 月 30 日 受付

## The Relation between the Leaf Water-Retaining Ability and the Quality of Fruit in Japanese Pear Tree

### IV. Changes in Stomatal Frequency with the Growth of Leaf

Takeo NAGAI\* and Norio FUKUTANI\*

The relation between the stomatal frequency and the leaf growth of Japanese pear trees (*Pyrus serotina*), grown on soils which received five levels of potash and magnesium fertilizers respectively, was examined by a pot experiment.

The stomatal frequencies of various leaves measured from the end of April until the middle of June, varied in the region of 110-210 per square millimeter as the leaf areas increased from 5cm<sup>2</sup> to 50cm<sup>2</sup>. The maximum frequencies were shown in the areas of 11-12cm<sup>2</sup> and 22-27cm<sup>2</sup>, respectively. In areas over 50cm<sup>2</sup>, the stomatal frequencies per square millimeter were held relatively constant, i. e. 116±2.9. As regards leaves ranging from 24cm<sup>2</sup> to 50cm<sup>2</sup>, the stomatal frequency per square millimeter was given by

$$Y = 248 - 1.06A + 14.99P - 1.96K$$

where, A=leaf area cm<sup>2</sup>; P and K=accumulated amount of phosphorus and potassium in the leaf in mg/dm<sup>2</sup>.

#### 緒 言

盛夏における日本ナシ葉の保水性と果実の品質との関係について検討するため、土耕試験で種々の肥料処理を施し、二十世紀の苗木を栽培して蒸散速度を調査した結果によると、気温の変動に伴って蒸散速度が増減する傾向は、葉の栄養状態によって異なっている<sup>2)</sup>。高温になると、かえって蒸散速度の減少する場合が認められるなど、

一般的な指摘<sup>1,2,6)</sup>にもかかわらず、気温の上昇に伴って蒸散速度は必ずしも増大するとは限らないようである。

葉からの水分蒸散は大部分が気孔を通して行われるので<sup>3)</sup>、葉の気孔密度や気孔の開閉は蒸散作用に直接的な影響を与えていると考えられる。したがって、葉の栄養状態による蒸散速度の差異が単純に気孔密度の差によるか、あるいは気孔開閉の応答差によるものであるかを明らかにすることは、ナシ栽培における水分経済上重要な課題

\* 鳥取大学農学部農芸化学科作物栄養学研究室

Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, Tottori University

である。気孔の開閉は孔辺細胞の膨圧の変化によって制御されているが、その開閉の機構は単純なものではなく、多くの内的、外的条件の関与していることが漸次明らかにされて来ている<sup>3,7)</sup>。しかし、気孔密度については葉の生長に伴う気孔数の変化、あるいは栄養供給の条件と気孔密度の関係など、一部の作物を除き、まだ十分に明らかにされていない状況にある<sup>9)</sup>。

本研究は葉の無機要素集積量と気孔密度の関係について検討するため、土耕試験によって生育した二十世紀苗木について、葉の生長に伴う気孔数の変化を調査したものである。

### 実験法

#### (1) 苗木の栽培

鳥取大学構内から採取した腐植に富む火山灰土壌を2千分の1アール・ポットにつめ、これに1982年(昭57)3月、それぞれ $K_2O$  ( $K_2SO_4$ を使用)を1ポット0~4.0gまでの5段階、また $MgO$  ( $Mg(OH)_2$ を使用)を0~28.0gまでの5段階を与える10個の処理を施し、直ちに2年生の二十世紀の苗木を移植した。なお、各区に共通肥料として塩加磷安1号(14-14-14)をNとして2.0g施用したので、K系列の場合は $K_2O$ 施用量が2.0~6.0gの5段階となる。

苗木は移植時の樹高が約30cmとなるよう、先端を切りそろえて移植したが、頂芽3個を残してほかはかき取り、主枝を3本立てとした。

#### (2) 葉面積と気孔数の測定

各区のポットから4月22日、5月12日および6月10日の3回、適宜に生育中の葉を摘み取り、葉面積を求めたのち気孔数の測定に供した。

葉面積(Y)は生葉の長さとの積(X)から次の換算式によって求めた<sup>9)</sup>

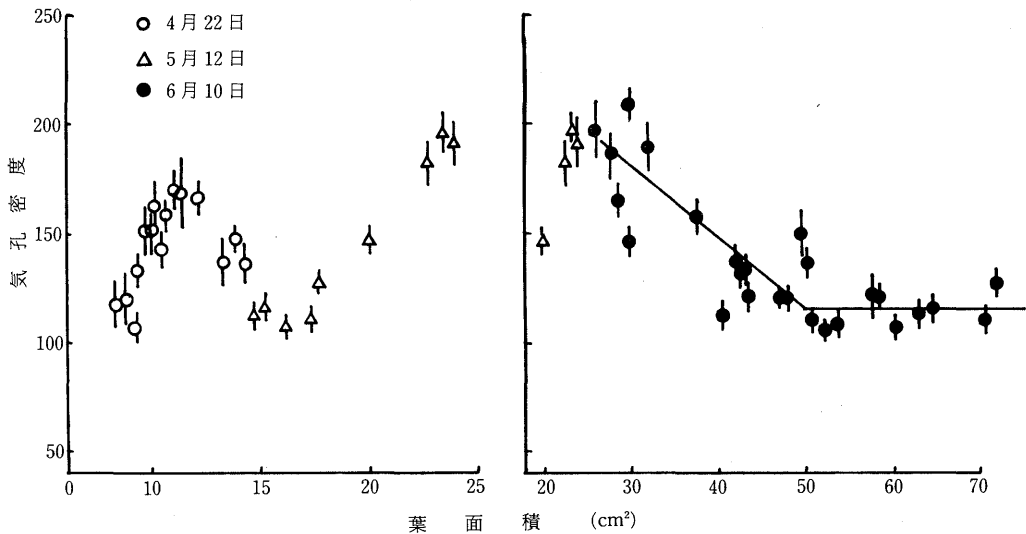
$$Y = 0.592X + 3.58$$

気孔数は4月22日、5月12日のものについては一葉につき数か所、葉面にコロジオン膜を作り、気孔の型を取ってからはぎ取り直ちに検鏡した。また、6月10日に採取した葉についてはスンプ(SUMP)法により型を取った。いずれの場合も葉の裏面、主脈と葉縁の中間部位から、一葉につき3~5個の型を取ったが、6月10日採取の葉については、リーフパンチを用いて数枚の小片(茎1.5cm)を打ち抜き、その一部を無機要素の分析に供した。

### 実験結果及び考察

#### (1) 葉面積の拡大に伴う気孔密度の変化

第1図に葉面積と気孔密度(面積1mm<sup>2</sup>当たり気孔数)との関係を示した。



第1図 葉面積と気孔密度との関係(値は平均値と信頼限界(95%)を示す)

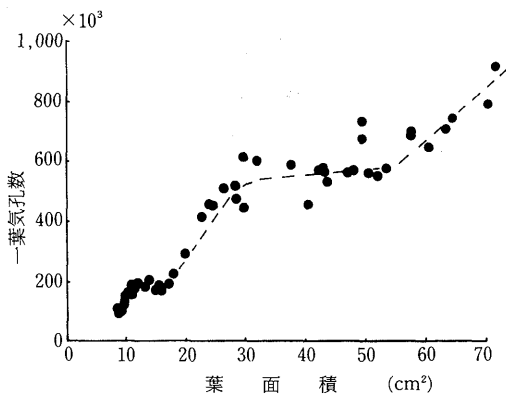
一般的に言えば、葉が展開して間もない面積が5cm<sup>2</sup>位の大きさのものから成葉の70cm<sup>2</sup>位に至るまでの間に、気孔数は1mm<sup>2</sup>当たりおおよそ110~210の範囲内を増減する。この増減は2回繰り返され、それぞれ葉面積が11~12及び22~27cm<sup>2</sup>のあたりに増大のピークを示す。

葉が生長し50cm<sup>2</sup>以上になると、平均値は116.1、標準誤差は2.9と変動が少なく、大体一定した値を示している。これに対して、葉面積(X, cm<sup>2</sup>)が24から50cm<sup>2</sup>に至るまでの気孔密度(Y/mm<sup>2</sup>)の変化は

$$Y = 266 - 3.0X \quad (r = -0.816^{**}) \quad \dots \textcircled{1}$$

で表されるが、回帰からの標準誤差は17.6と比較的大きく、気孔密度が葉面積の拡大のみに影響されるものでないことを示唆している。

これらの値をもとに一葉当たりの気孔数を試算して第2図に示した。



第2図 葉面積の拡大に伴う気孔数の増加

これによると、葉面積がそれぞれ12~17と25~50cm<sup>2</sup>の範囲では気孔数はおおよそ一定に保たれており、葉面積の拡大に伴う気孔数の顕著な増加と、これに続く比較的一定の値を維持する過程が繰り返されている。

(2) 葉の無機要素集積量と気孔密度との関係

6月10日に採取した試料を葉面積50cm<sup>2</sup>で、それ以下のものと以上のものに二分し、それぞれ両グループの多量要素集積量(mg/dm<sup>2</sup>)と葉面積(cm<sup>2</sup>)との相関係数を求めると、第1表のとおりである。

これらの結果から、活発な細胞分裂によって気孔密度が最高点に達したのち、再び葉の生長につれて気孔密度が減少していく段階では、細胞の拡大に伴ってリン(P)

第1表 葉面積と要素集積量との相関

葉面積 (cm <sup>2</sup> )	相 関 係 数				
	N	P	K	Ca	Mg
24~50	0.636 <sup>**</sup>	-0.533 <sup>*</sup>	0.779 <sup>**</sup>	0.745 <sup>**</sup>	-0.102
50~72	0.319	-0.184	-0.682 <sup>*</sup>	0.579 <sup>*</sup>	0.462

が希釈され、単位葉面積当たり集積量が低下していく一方、チッソ(N)、カリ(K)およびカルシウム(Ca)の集積量は増加していく傾向を伺うことが出来る。更に生育が進み密度に変化はないが、気孔数が増加しつつ葉面積が拡大する段階では、それまでの過程と異なってKはむしろ希釈されていく。しかし、Pについていえば、気孔数が増大するこの段階では希釈される傾向が明らかでない。Caの集積量はこの段階でも増加する傾向にあって、葉面積の拡大には常にCaの集積増大が伴っている。

次に葉面積が24~50cm<sup>2</sup>のグループについて、気孔密度とN, P, K, Ca及びMg集積量(mg/dm<sup>2</sup>)との相関関係を求めると、それぞれ-0.358, 0.654<sup>\*\*</sup>, -0.792<sup>\*\*</sup>, -0.618<sup>\*\*</sup>, 0.238となっており、P, KおよびCaについては比較的高い相関が認められる。したがって、気孔密度に対するこれら3種の要素の重回帰を求めると、

$$Y = 223 + 18.6P - 2.3K - 0.5Ca \quad \dots \textcircled{2}$$

となる。重回帰係数(R)は0.904<sup>\*\*</sup>、また回帰からの標準誤差(Se)は15.0で先に述べた①式に比べると、測定値との適合性がより強くなる。

このことから、葉面積の拡大のみならず葉中の要素集積状態も気孔密度と密接な関係をもつと考えられるので、葉面積(A)と要素集積量を含めて気孔密度との関係式を求めると、

$$Y = 248 - 1.06A + 14.99P - 1.96K \quad \dots \textcircled{3}$$

となる。これによる計算値と測定値との相関図を第3図に示したが、②式に比べてRの増加(0.919<sup>\*\*</sup>)とSeの減少(13.9)が認められる。

この式から、気孔密度の減少にはP集積量の減少とK集積量の増加が結び付いていることが示される。

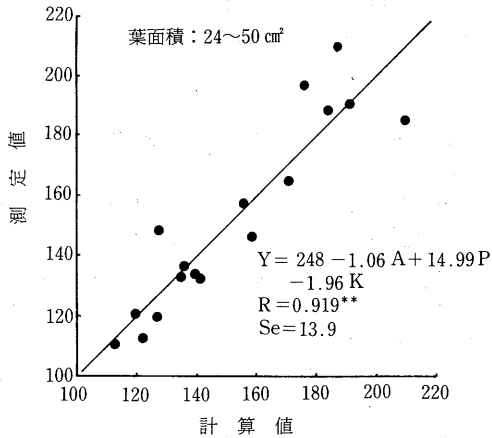
葉面積を24~70cm<sup>2</sup>の範囲に広げて気孔密度に対する葉面積と要素集積量の関係を求めると、

$$Y = 147 - 1.5A + 23.1P \quad \dots \textcircled{4}$$

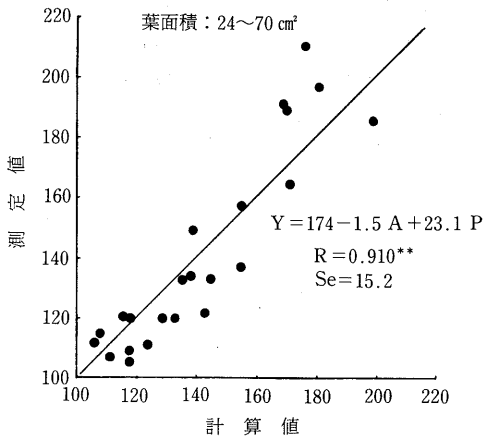
$$(R = 0.910^{**}, Se = 15.2)$$

となる。相関図を第4図に示したが、この場合は要素中Pの集積量が大きく寄与してくる。葉面積が小さく、単位面積当たりのP集積量の高い試料が気孔密度の高いこ

とを示している。



第3図 計算値と測定値の相関(1)



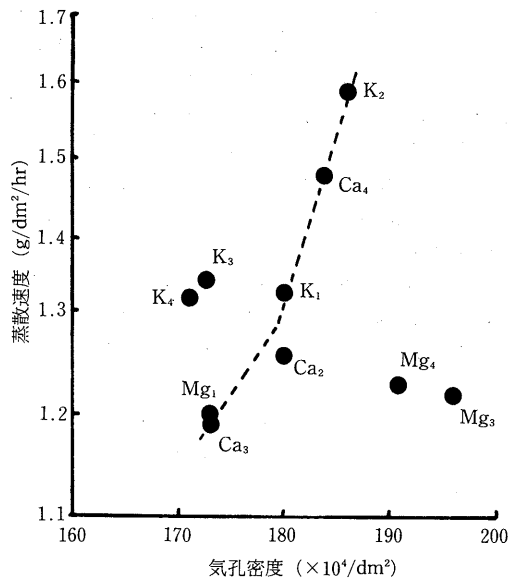
第4図 計算値と測定値の相関(2)

(3) 気孔密度と蒸散速度の関係についての一考察

前報において筆者らは、K、Ca及びMgの施用量をそれぞれ4段階(ただし、K<sub>2</sub>、Ca<sub>2</sub>、Mg<sub>2</sub>区は共通)で2年生苗木を2年間ポット栽培し、蒸散速度と葉の要素集積状況((K+3Mg)/P・比)との間には密接な関係(r=-0.883\*\*)のあることを認めた<sup>5)</sup>すなわち、葉中KまたはMgの集積量(mg/dm<sup>2</sup>)の大きい区で蒸散速度の小さい場合が多く、また、これらの塩基集積量大きいものでもPの集積量大きいと蒸散速度が大きくなって来ること

を認めた。

いま、この蒸散速度に対する気孔密度の寄与を勘案するために、前報の試験で得られた1ポット平均一葉面積と葉中要素集積量を、本報告の③式に当てはめて気孔密度を推算し、これと蒸散速度との関係を求めた。その結果を第5図に示したが、10区中K<sub>3</sub>、K<sub>4</sub>、Mg<sub>3</sub>及びMg<sub>4</sub>の4区を除いた6区では、気孔密度の大きいことが蒸散速度の増加に結び付いているのが認められる。



第5図 気孔密度と蒸散速度との関係

Mg系列のうち、施肥量の大きいMg<sub>3</sub>とMg<sub>4</sub>区は気孔密度が大きいが蒸散速度が低い。この点、気孔密度が小さいにもかかわらず、蒸散速度が相対的に大きくなっているK施用量が多いK<sub>3</sub>とK<sub>4</sub>区に比べて対照的な関係にある。前報<sup>9)</sup>で指摘したように、Mg<sub>3</sub>とMg<sub>4</sub>区は気温と蒸散速度との相関が低いので、これらの区にK<sub>3</sub>、K<sub>4</sub>区との間にみられる上述の差異は気温の変動に対する気孔開閉の応答の差に起因することも考えられる。したがって、無機要素とりわけKあるいはMgの供給条件によって、気温の変化に対する気孔開閉の応答が如何なる影響を受けるかについて検討する必要がある。

## 要 約

1982年、土耕によって生育中の日本ナシ（二十世紀）葉を4月下旬、5月中旬、6月中旬の3回に亘って採取し、これらの気孔密度を調査して、葉の生長に伴う気孔数の変化及び葉の無機要素集積量と気孔密度の関係などについて検討を行った。

得られた結果は次のとおりである。

(1) 葉が展開して間もない一葉面積が5cm<sup>2</sup>位のものから、生長して50cm<sup>2</sup>位に至る範囲のものでは、気孔数は1mm<sup>2</sup>当たりおおよそ110から210までの値を示した。葉面積の拡大につれて、この範囲内の値で2回増減を繰り返すが、それぞれ葉面積が11~12cm<sup>2</sup>と22~27cm<sup>2</sup>のあたりで最大のピークを示す。

(2) 葉の生育が進み面積が50cm<sup>2</sup>以上になると、約70cm<sup>2</sup>位までは平均値116.1、標準偏差2.9と変動が少なく、大体一定の値を示した。

(3) 一葉面積が24cm<sup>2</sup>から50cm<sup>2</sup>までの葉について、葉面積 (cm<sup>2</sup>) をA、葉中リンおよびカリの集積量 (mg/dm<sup>2</sup>) をそれぞれPおよびKとすると、1mm<sup>2</sup>当たり気孔数(Y)は

$$Y = 248 - 1.06A + 14.99P - 1.96K$$

で表わされる。重相関係数(R)は0.919\*\*, 回帰からの標準誤差(Se)は13.9であった。

(4) 一葉面積が24~70cm<sup>2</sup>の範囲で、気孔密度に対する葉面積とリン集積量の重回帰を求めると、

$$Y = 147 - 1.5A + 23.1P$$

となり、Rは0.910\*\*, Seは15.2であった。

## 文 献

- 1) 鴨田福也・伴義之・志村清：野菜試験場報告，A 1，109—139 (1974)
- 2) 加藤一郎・内藤文男・谷口利策・鴨田福也：東海近畿農業試験場報告，No.13 54—68 (1965)
- 3) Mengel, M. and Kirkby, E. A. : Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute, Bern (1982) pp. 419—421
- 4) 長井武雄・萩原富士男・梅津洋星：鳥大農研報，34 8—15 (1982)
- 5) 長井武雄・萩原富士男・植原桂治：鳥大農研報，35 1—7 (1983)
- 6) 直井利雄：蚕系試験場報告，24 247—285 (1970)
- 7) 小川晃男：光合成II (植物生理学2)。宮地重遠編，朝倉書店，東京 (1981) pp. 38—47
- 8) 坂村徹：植物生理学 (上)。裳華房，東京 (1954) pp. 231—232
- 9) 吉田智彦・小野敏忠：日作紀，47 506—514 (1978)