

## JM1, JM7, JM8 および M.9 台木がリンゴ葉の光合成速度に及ぼす影響

藤澤弘幸<sup>1\*</sup>・工藤和典<sup>2</sup>・増田哲男<sup>2</sup>・別所英男<sup>2a</sup>・猪俣雄司<sup>2a</sup><sup>1</sup> 東京農業大学農学部 243-0034 神奈川県厚木市船子 1737<sup>2</sup> 農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所リンゴ研究拠点 020-0123 岩手県盛岡市下厨川字鍋屋敷 92-24

## Effects of JM1, JM 7, JM 8 and M.9 Rootstocks on the Photosynthesis Rate of Apple Tree Leaves

Hiroyuki Fujisawa<sup>1\*</sup>, Kazunori Kudo<sup>2</sup>, Tetsuo Masuda<sup>2</sup>, Hideo Bessho<sup>2a</sup> and Yuji Inomata<sup>2a</sup><sup>1</sup>Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture, Atsugi, Kanagawa 243-0034<sup>2</sup>National Institute of Fruit Tree Science, Apple Research Station, Morioka, Iwate 020-0123

## Abstract

This study investigated how leaf net photosynthesis and growth of trees of 'New Jonagold' apple (*Malus domestica* Borkh.) trees vary according to rootstocks: JM1, JM7 and JM8 (*M. prunifolia* Borkh. var. *ringo* Asami × *M. pumila* Mill. var. *paradisiaca* Schneid.), and virus-free M.9 (*M. pumila* Mill. var. *paradisiaca* Schneid.). The results of the experiment showed that on detached and watered shoots, there were no significant differences among the four rootstocks in the photosynthesis and transpiration rates. In contrast, the photosynthesis and transpiration rates and leaf stomatal conductance for JM1 exhibited significantly lower levels than JM7, JM8 and virus-free M.9 on field-grown trees, although a midday depression occurred for all of the rootstocks. Regarding the growth of trees, the results demonstrated that the trees grafted on JM7 and JM8 grew significantly bigger than those on virus-free M.9, while trees on JM1 demonstrated significantly less growth. These findings suggest that certain rootstocks have an observable effect on the degree of midday depression of leaf photosynthesis depending on drought stress conditions. These findings also imply that apple trees grafted onto JM1 are substantially dwarfed since the JM1 rootstock is subject to greater midday depression in leaf photosynthesis.

**Key Words** : drought stress, dwarfing rootstock, midday depression of photosynthesis, stomatal conductance

**キーワード** : 乾燥ストレス, 気孔コンダクタンス, 光合成の日中低下, わい性台木

## 緒 言

リンゴ樹における葉の純光合成速度（以下、光合成速度）は、穂木品種が同じであっても台木によって違いが生じることがある。M 系および MM 系台木を用いた苗木を材料とした既往の研究では、ポット栽培した場合には台木による光合成速度の違いはみられなかったが（Barden・Ferree, 1979; Ferree・Barden, 1971）、圃場で灌水量を制限して栽培した場合には著しい台木間差が認められている（Fernandezら, 1997b）。

一方、実際の果実生産場面では樹の生育や果実収量に関する台木の影響が重要視される。わが国ではリンゴのわい性台木として M 系台木が広く使われているが、近年は、農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所（以下、果樹研究所）で開発された JM 系台木が普及しつつある。これら

の台木を用いた樹についてわい化程度や収量性が調査されており、新梢伸長量を基準とすると JM7 および JM8 台木樹は M.9 台木樹に比較して樹がやや強勢となり JM1 台木樹はわい性となること（阿部ら, 2005）、JM1 台木樹は JM7 台木樹に比較して樹冠容積および樹当たり収量が著しく低いこと（河田ら, 2002）などが明らかにされている。

果実生産場面において台木に応じてリンゴ葉の光合成速度が異なるとすると、光合成速度の低い台木では物質生産量の不足により樹体や果実の生育が制約を受ける可能性が考えられる。しかしながら、JM 系台木樹の光合成速度に関する研究は乏しく、台木によるわい化程度の違いと光合成能力との間にどのような関連があるのかは分かっていない。

そこで本研究では、わい化程度の異なる 3 つの JM 系台木および比較のため M.9 台木を用いたリンゴ樹を対象として、樹から採取した新梢の葉（以下、採取葉）の光合成、蒸散および呼吸速度、ならびに樹上の新梢に着生した状態の葉（以下、樹上葉）の水ポテンシャル、気孔コンダクタンス、光合成速度および蒸散速度を調査した。また、それらと樹の生育との関連を検討した。

2009年2月20日 受付。2009年9月16日 受理。

本報告の一部は園芸学会平成15年度秋季大会で発表した。

\* Corresponding author. E-mail: h3fujisa@nodai.ac.jp

<sup>a</sup>現在：農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所

## 材料および方法

実験には、JM1, JM7, JM8 およびウィルスフリー化した M.9 (M.9vf) を自根台木とし、‘ニュージョナゴールド’を穂木とした樹を、1種の台木当たり9樹供試した。いずれの台木樹も1998年4月に切り接ぎし、翌年4月に果樹研究所リンゴ研究拠点（岩手県盛岡市）の実験圃場に定植した。その際、樹間を3m、樹列間を5m、接ぎ木部の地上高を20cmとして植栽した。栽培中は人為的な灌水は行わず、施肥、防除および剪定などの栽培管理は岩手県におけるリンゴわい化栽培の慣行に従った。

### 1. 採取葉の光合成、蒸散および呼吸速度と樹の生育 (実験1)

日射の強い晴天日を避けて、2002年8月6～9、16および19日（天気はいずれの日も雨または曇り）に樹冠外縁部の頂芽（葉芽）由来の新梢を採取した。基部から5および6葉位の2葉のみが残るように新梢の一部を切り取り、先端側の切り口にプラスチックフィルムを巻き付け、基部側の切り口は水を満たした小瓶に挿して水が蒸発しないようプラスチックフィルムで密封した。

この試料を、容積12Lのチャンバーに封入し、実験室内の定常条件下で光合成および蒸散速度を測定した。測定条件は光量子束密度  $800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、気温  $25^\circ\text{C}$ 、露点  $15^\circ\text{C}$ 、チャンバーに入出入りする空気の流量  $9 \text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ 、循環流量  $14 \text{L} \cdot \text{min}^{-1}$  とした。二酸化炭素濃度は赤外線分析計（横河電機（株）、IR21-2）、蒸散速度は蒸散測定装置（小糸工業（株）、KMCユニット）を用いて測定した。

次いで、暗黒下にて同様の測定を行って呼吸速度を求めた。その後、2葉とも新梢から切り離し、葉面積（林電工（株）、AAC-400）と葉色（ミノルタ、SPAD-502）を測定した。

なお、光合成、蒸散および呼吸速度の測定には、測定値の安定を待つために1試料当たり約2時間を要した。そのため1日当たり4種の台木それぞれの1樹1新梢について採取、測定を行い、これを、対象樹を換えて6回（上記の各日）繰り返して平均値を求めた。

同年の収穫時に、全供試樹について1樹当たりの収量を調査するとともに、各台木樹の全収穫果実から30個の果実を抜き取り、果実重および果汁の屈折計示度を測定した。

収穫後には、各台木樹9樹について接ぎ木部より20cm上部の幹周および樹冠上端まで地上高を、各台木樹6樹に

ついて側枝先端の新梢長（1樹当たり10本）を測定した。  
2. 樹上葉の水ポテンシャル、気孔コンダクタンス、光合成速度および蒸散速度の日変化（実験2）

梅雨明け直後の2004年7月23日（晴れ）に、樹上葉の水ポテンシャル、気孔コンダクタンス、光合成速度および蒸散速度を、9～17時の間、概ね1時間ごとに測定した。

水ポテンシャルの測定には、各台木樹9樹の中から樹冠外縁部に位置する頂芽（花芽）由来の新梢3本を選び、その中央付近に着生している葉を1新梢当たり1枚供試した。測定にはプレッシャーチャンバー（大起理化工業（株）、DIK-7000）を用いた。

気孔コンダクタンス、光合成速度および蒸散速度は、上記と同様に選んだ各台木樹3葉を試料とし、葉を樹から採取せずに、携帯型光合成蒸散測定装置（LI-COR, LI-6400P）を用いて測定した。測定条件は光量子束密度  $1,000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、二酸化炭素濃度 350 ppm、流量  $400 \sim 500 \text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$  とした。

同年7月23日以降は、7月26日の降雨（17.5mm）を除くと晴天が続ぎ、8月に入ると乾燥ストレスによると思われる葉が向軸側へカールする現象が観察された。そこで、8月4日（曇り時々晴れ）に7月23日と同様の調査を実施した。

## 結果

### 1. 採取葉の光合成、蒸散および呼吸速度と樹の生育 (実験1)

各台木樹における採取葉の光合成、蒸散および呼吸速度はそれぞれ  $14.8 \sim 16.7 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $3.9 \sim 4.5 \text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $1.1 \sim 1.3 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  の範囲にあり、いずれも台木間に有意な差は認められなかった（第1表）。葉面積はJM7およびM.9vf台木樹では同程度で、これに比べてJM1台木樹では小さく、JM8台木樹では大きかった。葉色は、JM1台木樹では他に比べてSPAD値が低かった。

樹の生育については、幹周、樹高および新梢長はJM1台木樹で最も小さく、これに比べてJM7およびJM8台木樹では有意に大きかった（第2表）。また、1樹当たり収量はJM8およびJM7台木樹でそれぞれ57.4kg、46.5kgであり、M.9vf台木樹ではこれよりやや低い43.7kg、JM1台木樹では著しく低い23.3kgであった。果実品質については、JM1台木樹では他の台木樹と比べて果実重は低かったが、果汁の屈折計示度は高かった。

第1表 台木の異なる‘ニュージョナゴールド’における採取葉の光合成速度、蒸散速度、呼吸速度、葉面積および葉色

台木	光合成速度 ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	蒸散速度 ( $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	呼吸速度 ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	葉面積 ( $\text{cm}^2$ )	葉色 SPAD値
JM1	14.8 a <sup>2</sup>	3.9 a	1.1 a	49.8 a	46.7 a
JM7	15.7 a	4.3 a	1.3 a	66.5 b	51.6 b
JM8	16.3 a	4.5 a	1.1 a	78.7 c	51.1 b
M.9vf	16.7 a	4.3 a	1.1 a	62.2 b	52.4 b

2002年8月6、7、8、9、16および19日（天気は雨または曇り）に測定し、6回の測定の平均値を求めた

<sup>2</sup>異なる文字を付した台木間にはTukey-Kramer法により5%水準で有意差あり

第2表 台木の異なる‘ニュージョナゴールド’の樹体生育と果実収量および品質

台木	幹周 <sup>z</sup> (cm)	樹高 <sup>z</sup> (m)	平均新梢長 <sup>y</sup> (cm)	収量 <sup>z</sup> (kg/樹)	果実重 <sup>z</sup> (g)	屈折計示度 <sup>z</sup> Brix
JM1	16.6 a <sup>x</sup>	2.9 a	21.2 a	23.3 a	365 a	14.9 b
JM7	19.0 b	3.3 c	34.1 b	46.5 c	387 b	13.9 a
JM8	22.0 c	3.4 c	36.8 b	57.4 c	407 c	13.9 a
M.9vf	17.7 ab	3.1 b	34.4 b	43.7 b	387 b	14.1 a

2002年（樹齢は5年生）の収穫時および収穫後に調査した

<sup>z</sup> 幹周、樹高および収量は各台木9樹について、果実重および屈折計示度は各台木9樹の全収穫果実のうち30果について測定した

<sup>y</sup> 側枝先端の新梢を1樹当たり10本、各台木6樹について測定した

<sup>x</sup> 異なる文字を付した台木間には Tukey-Kramer 法により 5%水準で有意差あり

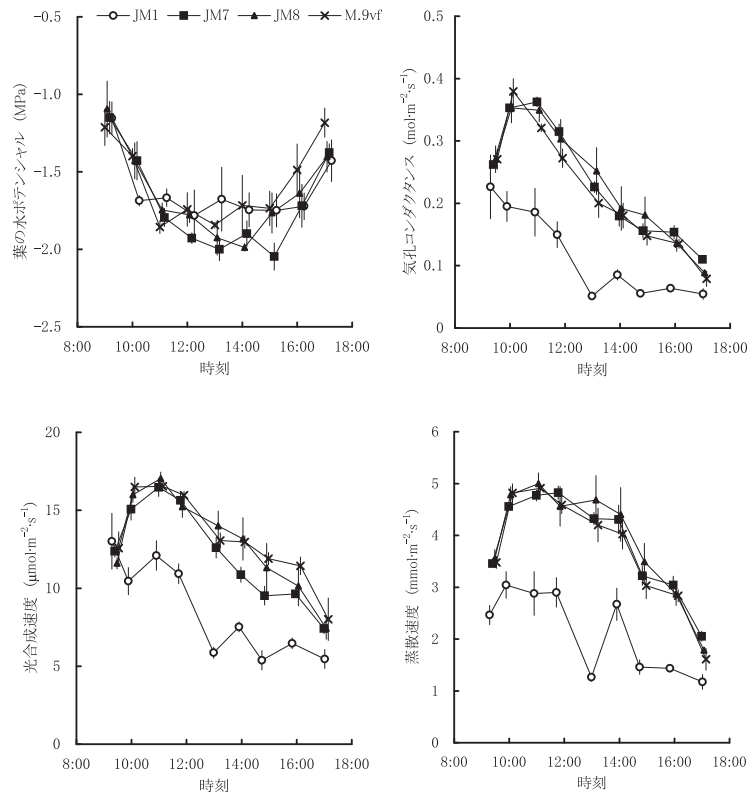
## 2. 樹上葉の水ポテンシャル、気孔コンダクタンス、光合成速度および蒸散速度の日変化（実験2）

葉の水ポテンシャルは、終日晴天が続いた2004年7月23日にはいずれの台木樹においても朝～正午にかけて $-1.9$ ～ $-1.7$  MPa程度まで低下し、しばらくその水準を保った後、15時以降は上昇した（第1図）。台木間差はほとんどみられなかった。

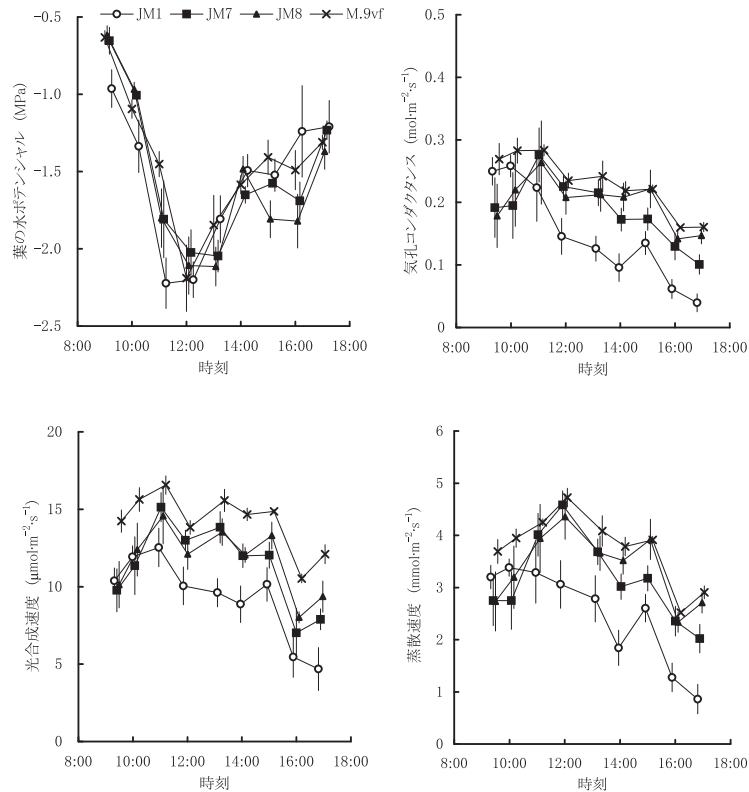
一方、同日における気孔コンダクタンス、光合成速度および蒸散速度の推移は台木によって違っていた。すなわち、M.9vf, JM7およびJM8台木樹では、気孔コンダクタンス、光合成速度および蒸散速度は9～11時の間に上昇してそれぞれ $0.35 \sim 0.38 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $16.5 \sim 17.0 \text{ } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

$4.8 \sim 5.0 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ の範囲のピークに達し、1～2時間その水準を保った後に徐々に低下した（第1図）。これに対して、JM1台木樹では、気孔コンダクタンス、光合成速度および蒸散速度は午前中にほとんど上昇せず、9時または10時におけるそれぞれ約 $0.23 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $13.0 \text{ } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $3.0 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ を最高値として徐々に低下し、他の台木樹に比べて著しく低い水準を推移した。

2004年8月4日には、葉の水ポテンシャルはいずれの台木樹においても7月23日より低い水準まで低下し、正午頃には $-2.2 \sim -2.1$  MPaに達した（第2図）。JM1台木樹では他の台木樹よりも早くから低下が進み、11時に最低値を示した。午後には各台木樹とも上昇傾向を示し、台木間差は



第1図 台木の異なる‘ニュージョナゴールド’における樹上葉の水ポテンシャル、気孔コンダクタンス、光合成速度および蒸散速度の日変化（2004年7月23日）  
図中の縦棒は標準誤差（ $n=3$ ）



第2図 台木の異なる‘ニュージョナゴールド’における樹上葉の水ポテンシャル，気孔コンダクタンス，光合成速度および蒸散速度の日変化（2004年8月4日）  
 図中の縦棒は標準誤差（n=3）

判然としなかった。

この日の気孔コンダクタンス，光合成速度および蒸散速度については，M.9vf, JM7 および JM8 台木樹では7月23日と同様に午前中に上昇がみられたが，上昇の幅は小さく，それぞれのピーク値は  $0.26 \sim 0.28 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ， $14.6 \sim 16.6 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ， $4.4 \sim 4.7 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  の範囲にあり，いずれも7月23日より低かった（第2図）。JM1 台木樹では，7月23日と同様に気孔コンダクタンス，光合成速度および蒸散速度は午前中にはほとんど上昇せず，11時以降は4台木樹間で最も低く推移した。

## 考 察

### 1. 採取葉の光合成，蒸散および呼吸速度に対する台木の影響

リンゴ葉の光合成速度に対する台木の影響に関して，Barden・Ferree（1979）は，‘スターキング・デリシャス’を穂木品種とした実生，M.9, M.26, M.7, MM.106 および MM.111 台木樹ならびに‘トップレッド・デリシャス’を穂木品種とした M.9, M.26, M.7, M.2, MM.106 および MM.111 台木樹をポットあるいはコンテナで栽培し，葉の光合成および蒸散速度には台木間差がなかったと報告している。この実験では，樹は十分な養水分を与えられていた。一方，Fernandezら（1997b）は‘インベリアルガラ’を穂

木品種とした M.9 EMLA, Mark および MM.111 台木樹を圃場で栽培し，生育期間中に灌水量を制限して葉の光合成速度などの変化を調査した。その結果，灌水制限が長引くにつれて光合成および蒸散速度は低下するが，M.9 EMLA 台木樹では処理によって光合成速度が灌水区の60%以下まで大幅に低下するのに対して Mark および MM.111 台木樹では70%程度の低下に留まること，灌水制限を解除するといずれの台木樹においても光合成速度が上昇し台木間差は認められなくなることを見いだした。これらを考え合わせると，リンゴの葉の光合成速度に対する台木の影響は，適正な水分条件下では現れず，乾燥ストレス条件下において顕在化するように思われる。

第1表に示したとおり，本試験の実験1ではいずれの台木樹においても採取葉の光合成，蒸散および呼吸速度に有意な差は認められなかった。実験を実施した2002年8月上旬は連日のように降雨があり，雨や曇りの天気が続いた。このことから，本実験で台木間差が現れなかった理由として，試料採取時の気象および土壌水分条件においては樹が乾燥ストレスを受けておらず，光合成および蒸散速度に台木の影響が現れにくい状況であった可能性が考えられる。

また，実験1は採取葉を測定対象としている点にも留意する必要がある。リンゴの新梢を採取，水挿しすることの影響に関して，Bardenら（1980）は水挿しした翌日の採取

葉の光合成速度は樹上葉と差がなかったと報告している。ところが、樹上において乾燥ストレスの影響によって光合成速度が低下した状態にある葉を採取した場合には、水挿しすることで乾燥ストレスが緩和し、光合成速度が採取後急激に上昇することがある(工藤ら, 1992)。実際には、本試験の実験1では水挿しによる光合成速度の上昇は認められなかった。また、本実験では水挿し後、測定値が安定的であることを確認してからデータを取得している。従って、ここで測定に供した葉は乾燥ストレスの影響を受けていなかったと考えられる。

このように考えると、実験1の結果から、乾燥ストレスを受けていない状態での葉の光合成、蒸散および呼吸速度はいずれの台木樹においても同等であると推察される。このことは、葉や樹体に水分が十分供給される場合にはリンゴ葉の光合成、蒸散および呼吸速度は台木の影響を被らないという考えを支持しているといえよう。

## 2. 樹上葉における光合成速度の日中低下に対する台木の影響

一般に植物の葉の光合成速度は光条件の良い正午頃をピークとする日変化を示すが、水分不足などによって植物体や葉が乾燥ストレスの影響を受けると、日中に光合成速度が低下することがある。リンゴでも、圃場条件下の‘ふじ’において光合成速度の日中低下が観測されている(熊代ら, 1990)。リンゴの乾燥ストレス条件に関連して、工藤ら(1992)は、6月中旬の低温(15°C)、曇天、土壤多湿(2日前に98 mmの降雨)条件下において数品種の葉の水ポテンシャルを測定し、 $-0.73 \sim -0.58$  MPaという結果を得て、乾燥ストレスは生じていなかったと考察している。また、リンゴ樹を十分に灌水して栽培した場合には、葉の水ポテンシャルの最低値は $-1.5$  MPa程度である(Fernandezら, 1997b; Larsenら, 1989)。これらの知見を考慮すると、本試験の実験2では調査を行った両日も、葉の水ポテンシャルがいずれの台木樹においても午前中に $-1.5$  MPaを大幅に下回っていたことから、日中には葉が乾燥ストレスの影響を受けていた可能性が高いと思われる。実際に、各台木樹における光合成速度の日変化には、朝から日中にかけてわずかしこ上昇しないケースや日中の方が朝よりも低いケースが認められ、乾燥ストレスに起因する光合成速度の日中低下が生じていたと考えられる。また、日中低下の程度が台木によって異なっていた点は注目に値する。

7月23日における葉の光合成および蒸散速度の日変化をみると、JM7, JM8 および M.9vf 台木樹では9~11時の間に急激に上昇し、その後徐々に低下するという推移を示したのに対し、JM1 台木樹では9~12時の間ほとんど変化せず、その後はさらに低下した(第1図)。JM1 台木樹において、光合成および蒸散速度が日中低下を来していたことは明らかである。リンゴの葉における気孔コンダクタンスと光合成速度との間には正の相関関係があることが分かっており(Lakso, 1979)、JM1 台木樹では気孔コンダクタンス

が9時以降上昇することなく低下する一方だったことが、光合成および蒸散速度が低かった理由と考えられる。

8月4日には、いずれの台木樹においても葉の水ポテンシャルは正午までに7月23日の最低値よりもさらに低い $-2$  MPa以下まで低下し、7月23日のような気孔コンダクタンス、光合成速度および蒸散速度の急激な上昇は認められなかった(第2図)。いずれの台木樹においても、乾燥ストレスによる光合成速度の日中低下が生じていたと考えられる。また、この日の11時以降の光合成速度を台木樹間で比較すると、M.9vf 台木樹で最も高く、JM7 および JM8 台木樹ではそれよりやや低く、JM1 台木樹で最も低かった。実験1の結果から推察されたように、乾燥ストレスの影響を受けない場合には光合成速度は台木によらず同等であるとすると、光合成速度に台木間差が生じた理由は日中低下の幅が台木による影響を受けたためと考えることができる。このように、葉の光合成速度に対する台木の影響は、乾燥ストレスによって引き起こされる日中低下現象の強弱として現れることが強く示唆された。

なお、7月23日と8月4日とでは、1日の日射量および最高気温は前者の方が高かったにも関わらず、葉の水ポテンシャルの低下幅はいずれの台木樹においても後者の方が大きかった。また、前者ではJM1 台木樹のみで顕著な光合成の日中低下が観察されたのに対し、後者では供試したすべての台木樹で顕著な日中低下がみられた。この違いが生じた一因として調査日付近の天気に着目すると、7月10~20日はほぼ毎日降雨があり(降水量の合計は213 mm)、その後8月4日までは7月26日(降水量は17.5 mm)を除くと晴天が続いた。そのため、土壤の水分状態は、8月4日には7月23日ほど多湿ではなかったと推測される。本試験では土壤水分を測定していないため断定はできないが、7月23日には顕著な光合成の日中低下を示さなかったJM7, JM8 および M.9vf 台木樹が8月4日には日中低下を来した理由として、8月4日には7月23日に比べて土壤水分が少なかったために樹がより強い乾燥ストレスを受けていた可能性を指摘することができよう。

## 3. 光合成速度の日中低下と樹の生育との関係

本試験においては、供試したわい性台木樹はいずれも夏季の晴天時に乾燥ストレスによる光合成の日中低下を来していた。しかし、慣行のリンゴ栽培体系において梅雨明け直後から灌水が行われることはない。これらを考え合わせると、一般的な栽培条件においても光合成速度の日中低下はしばしば起こっており、それによって生育期間を通じての物質生産量は一定の制約を受けていると推測することができる。

しかし、葉の光合成速度と樹の生育を関連づけて論じることは簡単ではない。Fernandezら(1997a, b)の実験では、灌水制限した‘インペリアルガラ’樹において葉の光合成速度の低下はM.9 EMLA 台木樹では大きくMark および MM.111 台木樹ではそれほど大きくなかったが、新葉の出

現や拡大速度の違いが影響した結果、樹全体としての光合成速度は Mark 台木樹で最も大幅に低下した。そのため、樹冠や枝葉の生長は Mark 台木樹では灌水制限によって著しく阻害されたのに対して M.9 EMLA 台木樹では影響が小さかった。この点を重視して Fernandez ら (1997a) は、M.9 EMLA 台木樹は乾燥ストレス耐性が強く Mark 台木樹は弱いと考察している。このように、乾燥ストレスを受けた際の葉の光合成速度の低下程度と樹全体のストレス耐性の程度は必ずしも一致しない。本試験においても、JM7, JM8 および M.9vf 台木樹については、強い乾燥ストレス下 (2004 年 8 月 4 日) では光合成速度は概ね M.9vf 台木樹 > JM8 台木樹 ≧ JM7 台木樹の順番であったが (第 2 図)、5 年生時点の樹の大きさはこの序列に対応しておらず、M.9vf 台木樹が 3 者の中で最も小さかった (第 2 表)。従って、これらの台木樹に関しては、光合成速度の日中低下の程度と樹の生育の強弱とを関連づけて説明することは難しい。

しかしながら、JM1 台木樹については、乾燥ストレス下の葉の光合成速度と樹の生育には関連があるように思われる。葉の光合成速度に関して、本試験の結果から、JM1 台木樹では乾燥ストレスが強い時だけでなく比較的弱い時にも、他の台木樹に比べて日中の光合成速度が著しく低いことが明らかとなった (第 1 図)。このことから、JM1 台木樹は一定の生育期間のうち他の台木樹よりも長期間、光合成速度が抑制された状態にあり、結果として年間の物質生産量が低水準に留まると推測される。一方、本試験において JM1 台木樹の樹体生育を示す各指標や果実収量は JM7, JM8 および M.9vf 台木樹に比べて著しく低く (第 2 表)、新梢葉の葉面積も小さかった (第 1 表)。さらに、本試験に供試した樹を引き続き経過観察した際にも JM1 台木樹の衰弱傾向が認められた (阿部ら, 2005)。また、河田ら (2002) による台木試験においても、JM1 台木樹は JM7 台木樹に比較して樹体生育および収量ともに劣ることが確認されている。これらのことから、JM1 台木樹においては乾燥ストレスによる光合成の日中低下が生じやすく、低下の幅も大きいことが、樹の生育が弱勢で果実収量が低い原因の一つとなっている可能性が考えられた。

## 摘 要

JM1, JM7, JM8 およびウィルスフリー化した M.9 (M.9vf) を台木としたリンゴ ‘ニュージョナゴールド’ 樹を圃場条件下で栽培し、葉の光合成速度、蒸散速度、気孔コンダクタンスおよび樹体生育を比較した。採取葉を水に挿して測定したところ、光合成および蒸散速度に台木間差はなかった。一方、樹上葉では気孔コンダクタンス、光合成速度および蒸散速度の日中低下が認められ、その際、JM7, JM8 および M.9vf 台木樹は類似した推移を示したのに対し、JM1 台木樹はより顕著な低下を示した。樹体の生育は、M.9vf 台

木樹に比較して JM7 および JM8 台木樹はやや強勢であり、JM1 台木樹は著しく弱勢であった。これらのことから、葉の光合成速度に対する台木の影響は、乾燥ストレス条件下において光合成の日中低下の強弱として顕在化すると考えられた。また、JM1 台木樹においては光合成の日中低下が生じやすいことが、樹がよりわい化する原因の一つであると推察された。

## 引用文献

- 阿部 洋・工藤和典・別所英男・猪俣雄司・和田雅人. 2005. リンゴ JM 台木上「ジョナゴールド」における果実着色と新梢長との関係. 東北農業研究. 58: 165–166.
- Barden, J. A. and D. C. Ferree. 1979. Rootstock does not affect net photosynthesis, dark respiration, specific leaf weight, and transpiration of apple leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104: 526–528.
- Barden, J. A., J. M. Love, P. J. Porpiglia, R. P. Marini and J. D. Caldwell. 1980. Net photosynthesis and dark respiration of apple leaves are not affected by shoot detachment. *HortScience* 15: 595–597.
- Ferree, M. E. and J. A. Barden. 1971. The influence of strains and rootstocks on photosynthesis, respiration, and morphology of ‘Delicious’ apple trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96: 453–457.
- Fernandez, R. T., R. L. Perry and J. A. Flore. 1997a. Drought response of young apple trees on three rootstocks: Growth and development. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122: 14–19.
- Fernandez, R. T., R. L. Perry and J. A. Flore. 1997b. Drought response of young apple trees on three rootstocks. II. Gas exchange, chlorophyll fluorescence, water relations, and leaf abscisic acid. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122: 841–848.
- 河田道子・石川勝規・鈴木 哲・小野田和夫. 2002. リンゴわい性台木 JM1, JM7 の利用法. 東北農業研究. 55: 153–154.
- 工藤和典・樫村芳記・瀧下文孝. 1992. リンゴの生理的早期落果に関する研究 第 2 報 葉と果実の光合成、呼吸及び蒸散速度の品種間差異と落果との関係. 果樹試報. 23: 77–92.
- 熊代克巳・塚原卓郎・坂本祐一. 1990. 携帯型装置による果樹葉の光合成及び蒸散速度の測定. 信州大農紀要. 26: 63–78.
- Lakso, A. N. 1979. Seasonal changes in stomatal response to leaf water potential in apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104: 58–60.
- Larsen, F. E., S. S. Higgins and A. AlWir. 1989. Diurnal water relations of apple, apricot, grape, olive and peach in an arid environment (Jordan). *Sci. Hortic.* 39: 211–222.