さし穂の光合成に関する研究(第1報)

数種の植物の見かけの光合成速度の変化について

町田 英夫・大石 惇・細井 寅三

小松 春喜・鴨田 福也*

(静岡大学農学部)

Studies on Photosynthesis in Cuttings during Propagation

I. Changes in the Rate of Apparent Photosynthesis in the Cuttings of Several Plants after Planting

Hideo MACHIDA, Atsushi OOISHI, Torazo HOSOI,

Haruki KOMATSU and Fukuya KAMOTA

Faculty of Agriculture, Shizuoka University, Shizuoka

Summary

To study the role of photosynthesis in rooting of the cuttings during propagation, changes in the rate of apparent photosynthesis after planting were investigated in relation to some other factors. Five plants, viz. *Camellia japonica* L., *Camellia sasanqua* Thunb., *Viburnum awabuki* K. Koch, *Forsythia suspensa* Vahl. and *Chrysanthemum morifolium* Ramat. were used for these experiments. The rate of apparent photosynthesis was determined by measuring the quantity of CO₂ using an infrared gas analyzer.

1. Time courses of the rate of apparent photosynthesis after planting for the above five plants showed a similar tendency, i.e. the rate declined temporarily immediately after planting. However, the extent was much grater in *Forsythia suspensa* Vahl. and *Chrysanthemum morifolium* Ramat. which are easy to root.

2. The effect of light intensity on the rate of apparent photosynthesis was investigated at different stages of propagation with the cuttings of *Camellia japonica* L., *Forsythia suspensa* Vahl. and *Chrysanthemum morifolium* Ramat. In general, the rate was greatly stimulated as the intensity was increased to reach a maximum at about 20 klux, and after that it began to decline.

3. To clarify the relationship between the change in the rate and the number of leaves per cuttings, the rates were measured periodically at various stages of propagation with the respective cuttings of *Camellia sasanqua* Thunb. having one, two and three leaves and those of *Viburnum awabuki* K. Koch having one, two and four leaves. Almost on difference in the rate was found among those cuttings at the time of starting, while a remarkable decline occurred after planting in 3- and 4-leaf cuttings rather than in 1- and 2-leaf cuttings. When compared on the basis of a whole cutting, the rates showed a proportional relation of the number of leaves. A marked decline was also recognized in 3- and 4- leaf cuttings.

4. Canges in water content in the leaves of the cuttings of the five plants showed a similar tendency to those of apparent photosynthesis. The chlorophyll content in the leaves of the cuttings of *Camellia japonica* L. continued to decrease gradually during propagation.

緒 言

さし木における不定根形成は、それを直接誘起する物質とともに、さし穂中の栄養成分によって大きく影響されることが知られており、今日までの報告では、糖やでん粉などの炭水化物含量の高いこと、C/N率の高いことなどが発根を有利に導くものであるとしている(10, 12, 13, 14)。しかし、さし穂の発根に關与する有機栄養としては、さし穂中の貯蔵養分ばかりでなく、さし木後、さし穂自身の光合成によって生産される栄養物質も当然加わるはずである。また、さし木中、発根を誘起する物質が光合成の副産物として生成されることも推測されている(2, 10)。このようなことから、さし木中の光合成作用は、発根に重要なかわりあいをもつことが考えられるが、これまでのところ、さし穂自身の光合成の役割について調査された報告は、比較的少ない(3, 8, 9)。そこで、さし木における不定根形成機構の解明や実際のさし木に際しての応用面での基礎資料をうる目的で、数種の本木性植物と、それらとの対比のために発根容易なキクを供試して、さし木期間中の光合成特性の比較、および光条件やさし穂の調整方法を変えた場合の光合成能に及ぼす影響などを比較調査した。

材料および方法

実験1 さし穂の見かけの光合成速度の変化

本実験に供試したさし穂は、1975年7月19日にいづれも新梢の先端近くから採取し、ツバキ（品種：乙女）10cm・3葉、サザンカ8cm・3葉、サンゴジュ8cm・

2葉、レンギョウ8cm・2葉、キク（品種：アルプス）8cm・3葉にそれぞれ調整して用いた。さし木の方法は、さし穂調整後、1昼夜基部を水に浸漬した後、直径20cmの素焼き平ばちに鹿沼土を入れ、1はち当り2～6本さしとした。さし木後の管理は、黒の寒冷しゃ#610を2枚がけしたしゃ光下での露地さしとし、雨天を除き毎日1回底面かん水を行なった。

見かけの光合成速度の測定は、さし木後1か月の間に行なったが、その方法は、上記のさし木した平ばちを、測定時にドーム型の透明アクリル製同化箱内に入れて密封し、8,000または10,000 lux（500 W 白熱電球使用）下において、約20分間のならし期を経た後、同化箱内で消費されるCO₂量を測定することによって求めた（第1図）、すなわち、同化箱内の流出孔から出る空気の一部を小型ポンプで連続的に吸引し、赤外線ガス分析計へ送ってCO₂濃度を測定し、これと大気を直接導入して得たCO₂濃度との差から算出した。同化箱への通気量は、植物の種類によって3～10 l/minとし、得た値を単位時間、単位葉面積当りのmg量に換算して、種類および時期などについての比較を行なった。

実験2 光強度がさし穂の見かけの光合成速度に及ぼす影響

光強度は、3,000～40,000 luxの範囲内で6, 7段階とし、それぞれの照度下で、実験1で用いたツバキ、レンギョウ、キクのさし穂を供試して、さし木当日、発根前期および発根後の3期について、前記と同じ方法で見

Fig. 1 Schematic diagram for determining the rate of apparent photosynthesis in the cuttings.

かけの光合成速度を測定比較した。

実験3 葉量を異にしたさし穂の見かけの光合成速度の相違

さし穂当りの葉量の相違が見かけの光合成機能に及ぼす影響を明らかにするために、サザンカとサンゴジュを供試し、サザンカでは、8cm・1, 2, 3 葉に、また、サンゴジュでは、8cm・1, 2, 4 葉にさし穂を調整して、実験1と同じ方法で、8,000 または、10,000 lux 下で見かけの光合成速度を測定した。そして、これらの値をそれぞれの葉量間で比較するとともに、さらにさし穂1本当りの見かけの光合成速度についても比較を行なった。

また、葉量の相違による発根への影響をみるために、同じ材料について発根状況を調査した。

実験4 さし穂の葉内水含量ならびにクロロフィル含量の変化

さし穂の光合成能に密接に関係すると思われるさし穂の葉内水分含量ならびにクロロフィル含量の変化について調査した。葉内水分含量の測定は、実験1～3で供試したツバキ、サンゴジュ、サザンカ、レンギョウ、キクについて、それぞれ光合成測定後に行なった。クロロフィル含量については、ツバキを用い、さし木期間中の各時期に調査を行なった。なお、測定は、アセトン抽出法

Fig. 2 Time course of the rate of apparent photosynthesis in the cuttings of several kinds of plants after planting.

○—○ *Camellia japonica* L.
●—● *Camellia sasanqua* Thunb.
×—× *Viburnum awabuki* K. Koch
△—△ *Forsythia suspensa* Vahl.
□—□ *Chrysanthemum morifolium* Ramat.
a : 8,000 lux b : 10,000 lux

Table 1 Root formation of the cuttings of the five plants.

material	Days after planting	Percentage* of cutting rooted	Number of roots per cutting	Length of roots per cutting (cm)	Dry weight of roots per cutting (mg)
<i>Camellia japonica</i> L.	{ 15 30	0 50	— 0.8	— 0.1	— —
<i>Camellia sasanqua</i> Thunb.	30	0	—	—	—
<i>Viburnum awabuki</i> K. Koch	{ 10 25	0 100	— 55.0	— 46.7	— 110
<i>Forsythia suspensa</i> Vahl.	{ 5 10 15	0 17 100	— 0.7 16.5	— 0.1 30.0	— — 30
<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat.	{ 5 11	0 100	— 16.7	— 17.8	— 7

* Average of 10 cuttings

Planting date : July 19, 1975

Fig. 3 Effect of light intensity on the rate of apparent photosynthesis in the cuttings at different stages of propagation.

(a) *Camellia japonica* L.

- The day of planting
- 15 days after planting
- ×—× 30 days after planting

(b) *Forsythia suspensa* Vahl.

- The day of planting
- 5 days after planting
- ×—× 15 days after planting

(c) *Chrysanthemum morifolium* Ramat.

- The day of planting
- 7 days after planting
- ×—× 11 days after planting

によった。

実験結果

実験 1 さし穂の見かけの光合成速度の変化

さし木時、およびさし木期間中の各種の見かけの光合成速度の変化は、第2図に示すとおりである。すなわち、さし木時の光合成速度は、キク、次いでレンギョウが高い値を示し、常緑樹のツバキ、サザンカ、サンゴジュでは、いずれも前2者に比べてかなり低く、ほぼ同じ程度の値を示した。さし木後、キクおよびレンギョウでは、一時急激な低下を示し、その後急激に回復して、ほぼさし木時に近い値にまで上昇した。これに対し、ツバキ、サザンカ、サンゴジュでは、徐々に低下し、回復も遅かったが、この3者の中ではツバキの低下がもっとも小さく、次いでサンゴジュ、サザンカの順で、ツバキ、サンゴジュでは、ほぼさし木時の値にまで回復した。なお、各種類の発根状況は第1表のとおりで、キクではさし木11日後に、レンギョウでは15日後に、サンゴジュでは25日後に、それぞれ100%の発根率を示したが、ツバキでは最終測定日のさし木30日後で50%、サザンカでは同じ30日後で発根がみられなかった。

実験 2 光強度がさし穂の見かけの光合成速度に及ぼす影響

ツバキ、レンギョウ、キクを供試し、さし木期間中の3時期に、光強度を変えて見かけの光合成速度の変化を求めた結果は、第3図に示すとおりである。すなわち、3種とも、いずれの時期においても10,000 lux までは、光強度が増すにつれて見かけの光合成速度はほとんどの場合において急激に増大し、さらに20,000 lux までは増大がみられた。しかし、光強度がそれよりさらに大となると見かけの光合成速度はほとんどの場合において、低下する傾向を示した。また、3種とも、さし木当日および発根後の両時期に比べて、発根前期における見かけの光合成速度はほとんどの光強度において低い値を示し、その低下の程度はレンギョウ、キクにおいてとくに著しかった。

実験 3 葉量を異にしたさし穂の見かけの光合成速度の相違

葉量を異にしたサザンカおよびサンゴジュのさし穂について、さし木期間中の光合成速度の変化を単位葉面積当たりとして求めた結果は、第4図のとおりである。両種

Fig. 4 Effect of the number of leaves on the rate of apparent photosynthesis in the cuttings during propagation.

(A) *Camellia sasanqua* Thunb.

(B) *Viburnum awabuki* K. Koch

○—○ one leaf ●—● two leaves
×—× three leaves △—△ four leaves

ともさし木当日では、葉数の違いによる光合成速度の相違は、それほどみられなかったが、その後の光合成速度の低下の現われ方が、葉数の多いさし穂では、きわめて急激であり、また、その程度も大であったが、回復の徴候も、葉数の少ないものに比べて早い傾向がみられた。

次に葉量を異にしたさし穂の見かけの光合成速度を、さし穂1本当りに換算して比較した結果を第5図に示した。すなわち、サザンカ、サンゴジュともに葉数の多いさし穂では、一時光合成速度が急激に低下したが、その時期を除いて、いずれの時期も葉数の多いものほど、さし穂当たりでみた光合成速度は大であった。

葉量を異にしたさし穂の発根状況は、第2、第3表のとおりである。サザンカ、サンゴジュともに葉量の多い

ものほど発根が早く、発根量も多い傾向がみられた。

実験4 さし穂の葉内水分含量ならびにクロロフィル含量の変化

さし穂の葉内水分含量およびクロロフィル含量の変化を調査した結果は、第6図および第7図に示すとおりである。すなわち、サザンカ、サンゴジュ、レンギョウ、キクのさし穂について比較した結果では、さし木時の葉内水分含量はキクがもっとも高く、サザンカがもっとも低い値を示したが、さし木後、キクを除いては、いずれもが徐々に減少する傾向を示した。その後、再び増加したが、増加しはじめる時期およびその程度は、種類によってやや相違した。しかし、ツバキのみは、本実験の期間中増加の徴候はみられなかった。

ツバキのさし穂についての葉内クロロフィル含量の変化は、第7図に示すとおりで、さし木後、徐々に減少の一途を示した。

考 察

さし木における不定根形成は、それを直接誘起する物質とともに、さし穂中に存在する栄養成分によって大きく影響されることが指摘されている。しかし、母本から切り離されたさし穂は、はじめの貯蔵養分ばかりでなく、さし木後、さし穂自身によって生成される光合成産物も加わって、不定根の形成、発育が果されるものと思われる。したがって、さし木に際してのさし穂の調整方法、さし木時期、およびさし床の環境条件などの相違は、さし木後の光合成作用に密接に関係し、これが発根にどのような影

Fig. 5 Effect of the number of leaves of the rate of photosynthesis in the cuttings during propagation.

(A) *Camellia sasanqua* Thunb.

(B) *Viburnum awabuki* K. Koch

○—○ one leaf ●—● two leaves
×—× three leaves △—△ four leaves

Table 2 Effect of the number of leaves on rooting of the cuttings of *Viburnum awabuki* K. Koch.

Number of leaves/cutting	Number of cuttings	Percentage of cutting rooted	Number of roots per cutting	Length of roots per cutting (cm)	Dry Weight of roots per cutting (mg)
1	20	100	21.7	30.3	83
2	20	100	31.2	50.7	148
3	20	100	34.4	78.4	263

The period of propagation was from September 28 to November 12.

Table 3 Effect of the number of leaves on rooting of the cuttings of *Camellia sasanqua* Thunb.

Number of leaves cutting	Number of cuttings	Percentage of cutting rooted	Number of roots per cutting	Length of roots per cutting (cm)	Dry weight of roots per cutting (mg)
1	20	15.8	0.6	0.2	0.3
2	20	57.9	2.4	2.6	3.3
3	20	63.2	2.5	2.4	3.5

The period of propagation was from September 14 to December 17.

Fig. 6 Changes in water contents in leaves of the cuttings during propagation.

- *Camellia japonica* L.
- *Camellia sasanqua* Thunb.
- ×—× *Viburnum awabuki* K. Koch
- △—△ *Forsythia suspensa* Vahl.
- *Chrysanthemum morifolium* Ramat.

Fig. 7 Changes in chlorophyll content in leaves of the cuttings during propagation. (*Camellia japonica* L.)

響を及ぼすかを知ることは、不定根の形成、発育についての機構解明や実際のさし木の管理面における重要な基礎資料を提供するものと思われる。とくに休眠枝さしの場合には、さし木後、さし穂自身のもつ芽の発芽、生長によって、はじめて光合成が行なわれるものであり、さし木当初から光合成の機能を有する緑枝さしの場合とは、その役割が相当に異なることが予測される。これらの点については、目下調査中であるが、本実験では、先ず、一般に緑枝さしによってさし木繁殖されている数種の植物を供試して、さし木期間中の光合成の特性を比較

調査し、また、それらに及ぼす光強度の影響、葉量を異にした場合のさし穂の光合成能などについて明らかにしようとしたものである。

さし木期間中のさし穂の見かけの光合成速度は、供試したツバキ、サザンカ、サンゴジュ、レンギョウ、キクともに、いずれも、さし木後一時低下し、その後再び回復する傾向が認められた。このさし木後にみられる光合成速度の低下は、一つにはさし穂中の水分収支と密接に関係することが考えられる(1, 5)。すなわち、一般にさし木後しばらくの間は、さし穂の蒸散はきわめて不安定で、とくにさし床の外的要因による影響が著しく、一時的に蒸散の高まることが報告されている(11)。また、さし木直後のさし穂は、日中しおれ易いことも経験的に知られている。このようなことから、この時期のさし穂は、一時的にせよ水分収支のバランスがくずれ、そのために、葉の気孔開度の抑制やさし穂自身の生理的活性の減退が起って、それが光合成能の低下を引き起こす原因の一つとなっているものと考えられる。

今回供試した5種の植物の中、比較的早期に発根がみられた草本性のキクおよび落葉樹のレンギョウでは、他の常緑樹に比べて、さし木当日の見かけの光合成速度の値が大きく、その後急激な低下を示したが、その回復もまた短期間にみられる傾向が特徴的であった。これに対し、発根までに時間を要した常緑樹のツバキ、サンゴジュ、および実験終期においても発根をみなかったサザンカでは、見かけの光合成速度の一時低下が、キク、レンギョウに比べて遅く緩慢で、また、その回復も同様であった。このような植物の種類によるさし穂の光合成作用のあり方の相違やそれらと発根との関係を知ることは、さし床の環境条件を整える上で、きわめて重要な資料を提供するものと思われる。

さし木期間中の各時期におけるさし穂について、光強度を変えた場合の見かけの光合成速度は、いずれも10,000 lux までは光強度を増すにつれて、急激に増大し、20,000 lux でほぼ最高の値を示したが、それ以上の照度では、各種とも、いずれの時期においても、かえって減少する傾向を示した。このことに関連した実際的場面としては、一般に露地での緑枝さしは、しゃ光下にお

かれること、また、ミストさしにおいても、夏の間は、しゃ光したほうが活着の安定することなどが知られている。もっとも、このような実際場面においては、温度との関係も大きな要素となるが、実験的に温度を一定にした場合においても、必要以上の照度が、かえって光合成速度を低下させたことは、注目すべきところである。

葉量を変えたさし穂の見かけの光合成速度については、今回行った葉量の範囲内で、サザンカ、サンゴジュともに葉量の多いもののほどさし穂当りでみた光合成速度の値は大であった。しかし、両種ともに葉量のもっとも多いさし穂において、さし木後見かけの光合成速度が一時急激に低下する現象がみられた。この原因については、必ずしも明かでないが、これがさし穂当りの葉量が多すぎることに起因するものであるならば、さし穂調整時における最適葉量の決定に際しての1つの指標に用いるかも知れない。葉数を異にするさし穂について、単位時間、単位葉面積当りの見かけの光合成速度を比較すると、葉数の多いもののほどその値は減少した。

すなわち、葉数が多くなるに従って、見かけの光合成機能は低下することを示すもので、このこともさし穂の最適葉量を決定するうえで、考慮すべき事象であると思われる(6,7)。

さし木後のさし穂葉中のクロロフィル含量は、さし木後、徐々に減少し、発根開始時においても、なお減少を続けた。しかし、一方見かけの光合成速度は、発根開始期以後、やや増加の傾向を示しており、この点、両者間の関係については、今後の検討にまたねばならない。

さし穂の水分含量は、さし木後、徐々に減少し、その後わずかに増加する傾向がみられた。この傾向は、さし木期間中の見かけの光合成速度の変化と大略似ており、さし穂の水分状態と光合成作用との間に密接な関係のあることを推測させた。

摘 要

1. さし木期間中におけるさし穂の光合成作用の働きを明らかにするために、ツバキ、サザンカ、サンゴジュ、レンギョウ、キクの緑枝さしを供試し、通気法により赤外線ガス分析計を用いて、さし木後のさし穂の見かけの光合成速度の変化を調査した。

2. さし木期間中の見かけの光合成速度の変化は、いずれの種類においても、さし木後一時低下し、その後回復する傾向を示したがその低下と回復の早さは、発根容易なキクとレンギョウにおいて著しく大であった。

3. ツバキ、レンギョウ、キクについて、光強度を変えた場合におけるさし木期間中の見かけの光合成速度の変化を調査した結果は、いずれの種類においても 10klux

までは、光強度が増すにつれて急激に増大し、20kluxではほぼ最高の値に達し、それより光強度が大となると、かえって低下する傾向がみられた。

4. サザンカとサンゴジュを供試して、葉量の異なるさし穂について見かけの光合成速度を比較したところ、さし木当日では葉量の違いによる影響は殆んどみられなかったが、その後の光合成速度の低下が、葉量のもっとも多いさし穂で、とくに著しかった。また、さし穂1本当りの見かけの光合成速度についてみると、葉量の多いもののほど常に高い値を示したが、両種ともに葉量のもっとも多いさし穂で、さし木後、その値が一時急激に低下する現象がみられた。しかし、その後の回復もまた早かった。

5. さし木期間中のさし穂の葉内水分含量の変化を5種の植物について調査した結果、いずれもさし木後減少し、その後再び増加する傾向を示した。それらの変化の様相は、見かけの光合成速度の変化と大略似た傾向を示した。また、ツバキを供試して、さし木期間中の葉内クロロフィル含量の変化を調べた結果、さし木期間中を通じて徐々に減少する傾向がみられた。

謝 辞 本研究の遂行にあたり多大の便宜を与えられた農林省野菜試験場施設栽培部長景山美葵陽博士、同気象研究室長内藤文男博士ならびに実験に協力して頂いた青木正憲氏に深謝の意を表する。なお、本研究に対し、文部省科学研究費の援助をえた。

引用文献

1. BOYER, J. S. 1971. Recovery of photosynthesis in sunflower after a period of low leaf water potential. *Plant Physiol.* 47: 816—820.
2. 岩波洋造・三橋美恵子. 1961. 花の研究 (V)・マツバボタンの栄養繁殖。特に不定根の発生について。横浜大論叢. 12: 79—95.
3. BREEN P. J.・T. MURAOKA. 1973. Effect of indolebutyric acid on distribution of ^{14}C -photosynthete in softwood cutting of 'Mariana 2624' plum. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98(5): 436—439.
4. ———・———. 1974. Effect of leaves on carbohydrate content and movement of ^{14}C -assimilate in plum cutting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99(4): 326—332.
5. 鴨田福也・伴 義之・志村 清. 1974. 野菜の光合成及び蒸散に関する研究 野試報告. A1: 109—139.
6. 町田英夫・大石 惇・細井寅三. 1972. ミスト繁殖におけるさし穂の調整に関する研究 (第1報). さし穂の長さ、葉数、葉位と不定根発生との関係。農及園. 47(7): 99—100.
7. ———・———. 同 (第2報). 葉量がさし木中、さし穂内栄養成分に及ぼす影響。農及園. 48(11): 95—96.

8. 根岸賢一郎・佐藤大七郎. 1955. キリエダの CO₂ 同化. 東大演報. 48 : 129—136.
9. ———・———. 1956. スギーサンホのネが
でるまでの同化・呼吸と貯蔵物質の消費. 日林
誌. 38(2) : 63—70.
10. OHTA K. A. A. FURUKAWA. 1975. Root for-
mation in poplar cuttings; The effect of the
leaf on root formation. J. Jap. For. Soc.
57(12) : 420—424.
11. 佐藤大七郎・福原樞勝. 1953. さしつけてからし
ばらくのあいだのサンホの水分関係. 東大演報.
44 : 90—101.
12. STOLTZ, L. P. · C. E. HESS. 1966. The effect of
girdling upon initiation : Carbohydrate and
amino acid. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.
89 : 734—743.
- 13) 鳥潟博高. 1962. 果樹繁殖上の諸問題(9). 農及
園. 37(9) : 1531—1534.
14. 塚本洋太郎. 1949. 挿木繁殖に関する研究 (第 1
報). 発根難易と含有物質との関係. 園研集録.
4 : 51—59.