

# イチゴの栄養生長期から休眠期にかけての光合成と光合成 産物の転流・分配

誌名	園藝學會雜誌
ISSN	00137626
著者	西沢, 隆 堀, 裕
巻/号	57巻4号
掲載ページ	p. 633-641
発行年月	1989年3月

## イチゴの栄養生長期から休眠期にかけての光合成と 光合成産物の転流・分配

西沢 隆\*・堀 裕<sup>1</sup>

東北大学農学部 980 仙台市堤通雨宮町

### Photosynthesis and Translocation of Recently Assimilated Carbon in Vegetative and Dormant Stages of Strawberry Plants

Takashi NISHIZAWA and Yutaka HORI

*Faculty of Agriculture, Tohoku University  
Tsutsumidori-Amamiyamachi, Sendai 980*

#### Summary

Photosynthesis and translocation and distribution of photosynthates in 'Donner' strawberry plants were investigated, extending from the stage of vegetative growth to that of imposed dormancy.

1. Photosynthetic capacity of individual leaves decreased little until the deepest stage of true dormancy, as compared with the stage of vegetative growth. While, photosynthetic capacity of intact plants at and after the deepest stage of true dormancy decreased to one third or lower of that at the vegetative stage. This decrease was almost parallel with that of total leaf area. The contribution rate of each of the 3 upper unfolded leaves, except the uppermost one, was 20-25% and higher than the rates of the lower leaves.

2. When plants were kept for 15 h in a glasshouse without heating after being fed with <sup>14</sup>C<sub>2</sub>, respiratory loss of assimilated <sup>14</sup>C decreased gradually from 70-54% at the stage of vegetative growth to 31% at the stage of imposed dormancy. Also, the total accumulation and translocation of <sup>14</sup>C into sinks decreased from 21 and 45% at the stage of induction of dormancy to 15 and 22% at the stage of imposed dormancy. When plants were kept at 18°C after feeding, the values of such parameters changed little with the time of feeding.

3. The distribution pattern of <sup>14</sup>C was affected little by the temperature during translocation, and seemed to be influenced mainly by the relative strength of sinks. Thus the percentage distribution to young leaves was high during vegetative growth and decreased towards the stage of imposed dormancy, while the percentage distribution to the roots changed inversely to that at the vegetative stage. In bearing plants, however, flower clusters behaved as stronger sinks than roots.

4. Amounts of <sup>14</sup>C accumulated in the respective sinks were influenced mainly by the total <sup>14</sup>C assimilated by the source leaf, rather than by the percentages accumulated or distributed to the sinks. Thus <sup>14</sup>C was accumulated in large quantities in the respective sinks from the stage of vegetative growth through induction of dormancy, when <sup>14</sup>C accumulated in the leaves exceeded that in the roots, reaching about half of <sup>14</sup>C assimilated. But at and after the deepest stage of true dormancy, when total accumulation decreased, <sup>14</sup>C accumulated in the leaves decreased markedly, while nearly half of the total was still distributed to the roots.

---

1988年3月16日 受理

本報告の一部は園芸学会昭和57年度春季及び59年度秋季大会で発表した。

\* 現在 東京大学農学部

<sup>1</sup> 1987年3月31日 退官

#### 緒 言

イチゴは秋季の低温・短日下でいわゆる休眠に入り、株はわい化し、地上部の生長はほぼ停止するが、地下部の生長はその後も続く(6,7)。また、イチゴは緑葉をも

のまま休眠するという特性をもっている。しかし、休眠期における光合成の実態や光合成産物の転流・分配パターンについての詳しい報告はみられない。著者らは、それらの点について、休眠期に先立つ栄養生長期との比較において、二三の実験を行うとともに、若干の前提のもとではあるが、植物体各部位への光合成産物の蓄積量を定量的に明らかにしたので、その結果を報告する。

### 材料及び方法

以下のすべての実験で‘ダナー’(ウイルスフリー株)を用い、子株を8号駄温鉢に定植して、無加温ガラス室内で育てたものを供試した。

#### 実験1 栄養生長期から休眠期にかけての個葉の光合成速度

1980年8月16日に子株を定植し、10月20日、11月3日、14日、26日、12月27日及び翌年1月24日の計6回、毎回生育のそろった3株を選び、それぞれの株から個葉を切り出し、チャンパー法によって光合成速度を測定した。測定には、測定30日前に1/3展開した葉を $L_0$ とし、 $L_0$ より上位の葉を出葉順に $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 、…として、 $L_0$ 以上の葉を供試した。光合成の測定条件は、チャンパーの大きさ $40 \times 40 \times 5$ cm、温度 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 、照度 $30 \text{ k lx}$ (光源：ハロゲンランプ)、空気流量 $4 \text{ l min}^{-1}$ 、 $\text{CO}_2$ 濃度 $400 \pm 10 \text{ ppm}$ とした。また、上記測定日における生育ステージを知るため、9月20日から始めて計7回、それぞれ5株を供試して、 $27/17^\circ\text{C}$ (昼/夜温)・17時間日長の空調室に移し、30日後に上位から数えて3番目の展開葉の葉柄長を調べた。その結果、後述するように、10月20日は休眠導入期、11月3日は休眠最深期、11月14日、26日は休眠覚醒期、12月27日以降は強制休眠期と判断された。

#### 実験2 栄養生長期から休眠期にかけての光合成産物の転流・分配

1983年6月30日に定植し、8月26日、10月5日、11月14日及び翌年の1月9日の計4回、毎回10株を選び、上位の完全展開葉5枚と生長部を残して下位葉を摘除し、下位から数えて2番目の葉(おおむね最大葉に当たる)に、前報(1, 2, 9)と同じ方法で、15時から30分間、 $22^\circ\text{C}$ ・自然光下で1葉当たり $3.7 \times 10^5 \text{ Bq}$ の $^{14}\text{CO}_2$ を施与した。施与後直ちに5株を採取したが、施与直後の施与葉は高い放射能をもち、乾燥中に呼吸で失われる $^{14}\text{C}$ の割合が高いので、解体後直ちに50mlの80%熱エタノール中に5分間浸漬して $^{14}\text{C}$ 光合成産物を溶出させ、0.2mlを採って $4 \text{ cm}^2$ のろ紙(Toyo No. 2)に吸収させ、乾式酸化して含まれる $^{14}\text{C}$ 放射能を測定した。エタノール抽出残さ及び施与葉を除く植物体は、粉碎後に乾式酸

化して、含まれる $^{14}\text{C}$ を測定し、両者の $^{14}\text{C}$ 放射能を合計して施与直後の $^{14}\text{C}$ 回収量とした。残りの5株はいったん $18^\circ\text{C}$ ・暗黒下に16時間保った後、施与葉、施与葉以外の葉(生長点部を含む)、根、クラウン、花房の各部位に分け、乾燥、乾式酸化して、各部位に含まれる $^{14}\text{C}$ 放射能を測定し、施与直後の $^{14}\text{C}$ 回収量から同16時間後の回収量を差し引いて呼吸による消失量とした。また、16時間後の残存・蓄積量から、従来の方法(1, 2, 9)によって、全転流率と各シンクへの分配率を計算した。

#### 実験3 栄養生長期から休眠期にかけての光合成量と光合成産物の転流・分配

1984年8月7日に子株を定植し、8月20日、9月20日、10月14日、11月16日及び12月25日の計5回、それぞれの供試時で最上位の葉がちょうど展開した株を3株選び、その葉を含めて上位7枚の葉と生長点部を残して、下位葉を摘除した。以下、7枚の葉を下から $L_1$ 、 $L_2$ 、…と記すが、それらは本来の葉位を示すものではなく、また、本来の葉位は供試時により異なる。

前報(8)に従って株全体の光合成量を測定した後、下位葉から1枚ずつ摘葉して、そのつど同様に株全体の光合成量を測定し、前後の光合成量の差をもって摘除した葉の光合成量とした。測定条件は、同化箱の大きさ $40 \times 60 \times 30$ cm、温度 $24 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相互遮蔽のない $L_1$ 表面で照度 $30 \text{ k lx}$ (光源：ハロゲンランプ)、空気流量 $8 \text{ l min}^{-1}$ 、 $\text{CO}_2$ 濃度 $400 \pm 10 \text{ ppm}$ とした。全体の光合成量に対する各個葉の光合成量の百分率を求めて個葉の寄与率とするとともに、個葉の光合成量をその葉面積で除して光合成速度を求めた。更に、摘葉のたびに、摘除した葉の先端小葉を切り出し、切葉法によって光合成速度を測定し(測定条件は $15 \times 15 \times 2$ cmの同化箱を用い、空気流量を $1 \text{ l min}^{-1}$ としたほかは上記と同じ)、当該個葉の着生時の光合成速度に対する百分率を求めて、その個葉の受光指数とした。また、個葉の単位面積当たり乾物重を求めてSLWと表示した。

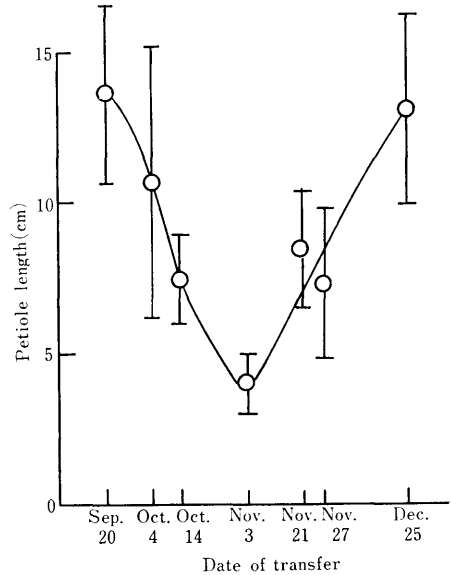
なお、上記五つの供試時で毎5回株を供試し、 $24/20^\circ\text{C}$ (昼/夜温)・14時間日長の空調室に移し、30日後に上位から数えて3番目の展開葉の葉柄長を調べた。その結果、後述するように、10月14日は休眠導入期、11月16日は休眠最深期、12月25日は強制休眠期と判断された。

更に、前記同様に調製した別の株を3株ずつ用い、各生育ステージに、前記実験で光合成に関して最大寄与率を示した葉と同一葉位の葉について、側小葉を摘除し、先端小葉のみを $15 \times 15 \times 2$ cmのアクリル製同化箱に入れ、 $24^\circ\text{C}$ ・照度 $30 \text{ k lx}$ (光源：ハロゲンランプ)で $^{14}\text{CO}_2$ を16時から25分間施与した。 $^{14}\text{CO}_2$ 施与方法は、

$1.85 \times 10^5$  Bq の  $\text{Na}_2^{14}\text{CO}_3$  を含む 25ml の水溶液を、ペリスタポンプを介して  $1\text{ml min}^{-1}$  の速度で 50% 乳酸を入れた 200ml 容のガラス瓶に加えて反応させ、生じた  $^{14}\text{CO}_2$  を炭酸ガス濃度 400ppm の空気に載せて  $1\text{ min}^{-1}$  の速度で同化箱に通じた。 $^{14}\text{CO}_2$  施与後、引き続き 5 分間、 $^{14}\text{CO}_2$  を含まない空気を通し、その間施与小葉に取り込まれなかった炭酸ガスは 200ml の 25% KOH 水溶液を入れたガラス瓶中に捕集した。その後、植物体を無加温のガラス室に戻し、暗期に 15 時間保った後、根、クラウン、展開葉、未展開葉(生長点部を含む)、花房及び施与小葉に解体し、各部位に含まれる  $^{14}\text{C}$  放射能を実験 2 と同様の方法で測定した。一方、 $^{14}\text{CO}_2$  を捕集した KOH 溶液は、その 0.2ml を  $4\text{ cm}^2$  のろ紙 (Toyo No. 131) に吸収させ、0.1ml の助燃剤 (Packard Combu-staid) を加えて乾式酸化し、放射能を測定した。捕集された  $^{14}\text{C}$  総量を施与した  $^{14}\text{C}$  量から差し引いて  $^{14}\text{C}$  の全取り込み量 (全光合成量) とした。また、 $^{14}\text{C}$  全光合成量から各部位に見いだされた  $^{14}\text{C}$  量の全光合成量に対する百分率を施与小葉の場合残存量とし、各シンクへの蓄積量とその合計量から、従来の方法 (1, 2, 9) によって全転流率と分配率を計算した。

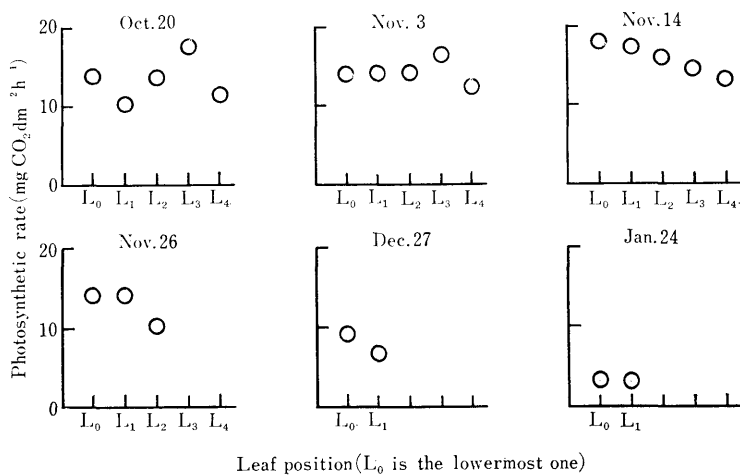
### 結 果

**実験 1** 光合成速度を測定した時点の生育ステージを確認するため、30 日間高温・長日に移した後に、上位から数えて第 3 番目の葉の葉柄長を調べた。その結果、9 月 20 日に移した区では 13cm 以上であったが、その後に移した区では順次伸長が抑えられ、11 月 3 日に移した区では 4cm と短かった。しかし、その後に移した区で



**Fig. 1.** Petiole length of the third (from the uppermost one) newly unfolded leaf 30 days after the plants were transferred to day/night temperatures of  $27/17^\circ\text{C}$  and 17 h day length at different times from Sep. 20 to Dec. 25 (Expt.). Vertical bars represent S. D.

は再び伸長が回復し、12 月 25 日に移した区では 12cm となった (第 1 図)。この結果から光合成を測定した 10 月 20 日は休眠導入期、11 月 3 日は休眠最深期、11 月 14, 26 日は休眠覚醒期、12 月 27 日以降は強制休眠期と判断された。測定された光合成速度は、葉の位置にかかわらず、休眠導入期の 10 月 20 日から休眠覚醒末期の 11 月 26 日までは  $10 \sim 17\text{ mg CO}_2\text{ dm}^{-2}\text{ h}^{-1}$  の範囲にあり、生



**Fig. 2.** Changes in photosynthetic rate of individual leaves which unfolded during the period of 30 days before measurement at different times from Oct. 20 to Jan. 9.  $L_0$  was the lowest leaf tested (Expt. 1).

育ステージによる違いはなかったが、強制休眠期の12月27日以降は低下し、翌年1月24日には約  $3 \text{ mg CO}_2 \text{ dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$  になった(第2図)。

**実験 2** 本実験では $^{14}\text{C}$ 施与時の生育ステージの確認をしなかったが、実験1,3の結果から推定して8月26日は栄養生長期, 10月5日は休眠導入期, 11月14日は休眠最深期, 1月9日は強制休眠期と推定された。 $^{14}\text{C}$ 施与16時間後における呼吸による $^{14}\text{C}$ 消失率は、栄養生長期の8月26日施与では60%と高く、休眠導入期以降の施与では37~39%とやや低下した。同16時間後における全転流率は施与期が遅れるほど低下し、栄養生長期施与で40%と高く、休眠期施与で33~26%と低かった。次に分配パターンをみると、生育盛期の8月26日施与では根への分配が23%と低く、逆に葉への分配が68%と高かった。その後、休眠導入期以降の施与では、根への分配が順次高まり、1月9日施与では根に64%、葉に16%となった。クラウンへの分配率は9~16%で、最大値は10月5日に見いだされた。また、花房へは11月14日以降の施与で若干の分配が認められた(第1表)。

**実験 3** 各供試時点の生育ステージを知るため、高温・長日に移して30日後に、上位から数えて3番目の葉の葉柄長を測定した。8月20日及び9月20日に移した区では15cm前後であったが、その後に移した区では順次伸長が抑制され、11月16日に移した区では9.5cmとなった。しかし、12月25日に移した区では再び14cmに回復した。したがって、実験1とほぼ同じく、9月20日までの時点は栄養生長期にあり、10月14日は休眠導入

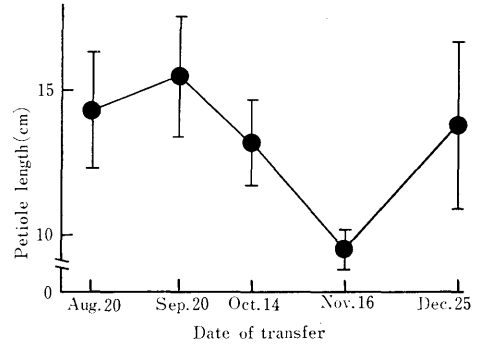
**Table 1.** Respiratory loss, accumulation and distribution of  $^{14}\text{C}$  during 16 h in the dark at  $18^\circ\text{C}$ , after photosynthesis at different times from Aug. 26 to Jan. 9 (Expt. 2).

Time of feeding	Aug. 26	Oct. 5	Nov. 14	Jan. 9
$^{14}\text{C}$ respired <sup>2</sup>	60.2	38.6	37.4	38.7
$^{14}\text{C}$ in fed leaf <sup>2</sup>	24.0	42.8	42.1	45.2
Total $^{14}\text{C}$ accumulated <sup>2</sup>	15.8	18.6	20.5	16.1
Flower clusters <sup>2</sup>	—	—	1.6	1.1
Leaves and apex <sup>2</sup>	10.7	9.0	6.2	2.6
Crown <sup>2</sup>	1.4	2.9	2.4	2.1
Roots <sup>2</sup>	3.7	6.7	10.3	10.3
Total $^{14}\text{C}$ exported <sup>3</sup>	39.8	30.4	32.6	26.4
Distribution to				
Flower clusters <sup>x</sup>	—	—	7.6	7.1
Leaves and apex <sup>x</sup>	67.6	48.4	30.2	16.2
Crown <sup>x</sup>	9.0	15.5	11.8	13.0
Roots <sup>x</sup>	23.4	36.1	50.4	63.7

<sup>2</sup> In % of  $^{14}\text{C}$  photosynthesis.

<sup>3</sup> In % of total  $^{14}\text{C}$  recovered.

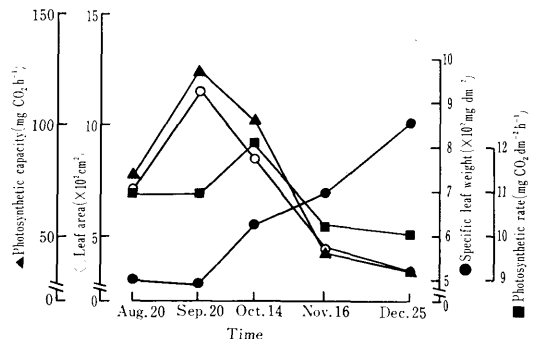
<sup>x</sup> In % of  $^{14}\text{C}$  exported.



**Fig. 3.** Petiole length of the third (from the uppermost one) newly unfolded leaf 30 days after the plants were transferred to day/night temperature of  $24/20^\circ\text{C}$  and 14 h day length at different times from Aug. 20 to Dec. 25 (Expt. 2). Vertical bars represent S. D.

期, 11月16日は休眠最深期, 12月25日は強制休眠期にあったものと判断された(第3図)。

次に上記五つの生育ステージで着葉数7枚に調製した植物体についてみると、全葉面積 ( $\text{cm}^2$ ) は9月20日区が1145で最も大きく、以後の区では順次減少して、12月25日区では340と最少となった。全光合成量 ( $\text{mg CO}_2 \text{ h}^{-1}$ ) は9月20日及び10月14日区でそれぞれ125, 102と多かったが、11月16日及び12月25日区ではそれぞれ44, 34と減少した。また、株全体の平均光合成速度 ( $\text{mg CO}_2 \text{ dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ) は10月14日区の12が最も高く、12月25日区の10が最も低く、平均10.8であり、生育ステージによる変動係数は約6%にとどまった。葉身の単位面積当たりの乾物重 (SLW.  $\text{mg dm}^{-2}$ ) は、9月20日までの区で500前後であったが、その後の区では順次



**Fig. 4.** Leaf growth and photosynthesis of plants at different times from Aug. 20 to Dec. 25. Plants were prepared to have 7 unfolded leaves and a shoot tip with other leaves removed (Expt. 3).  $\circ$ : Total leaf area,  $\bullet$ : Specific leaf weight,  $\blacksquare$ : Photosynthetic rate and  $\triangle$ : Photosynthetic capacity.

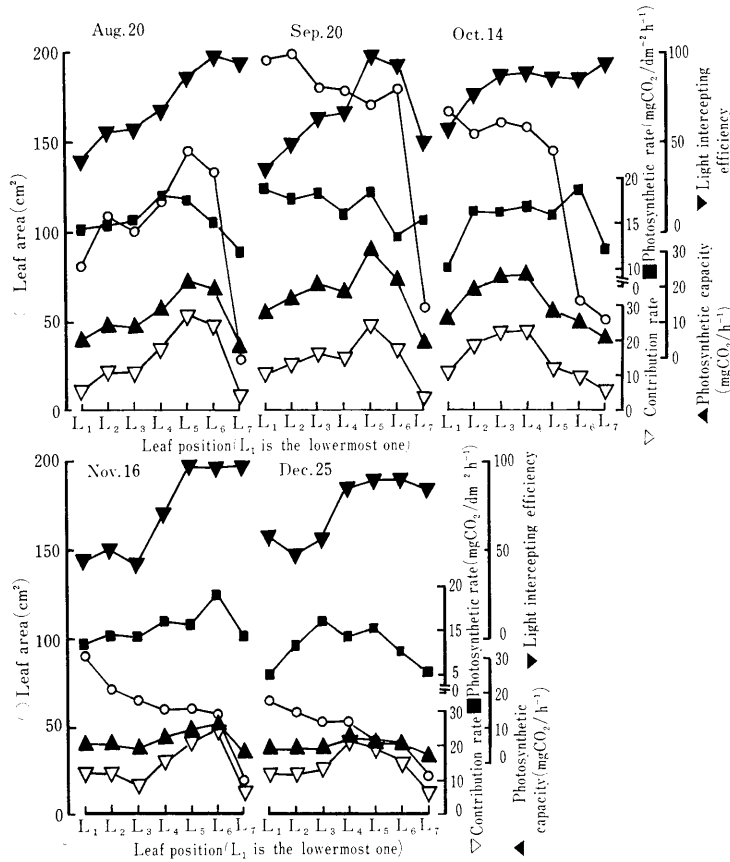


Fig. 5. Leaf growth and photosynthesis of 7 successive leaves of intact plants at different times from Aug. 20 Dec. 25 (Expt. 3). ○: Leaf area, ■: Photosynthetic rate, △: Photosynthetic capacity, ▽: Contribution rate and ▼: Light intercepting efficiency.

高まり、12月25日区で860になった(第4図)。

各生育ステージにおける個々の葉の葉面積( $\text{cm}^2 \text{leaf}^{-1}$ )は、8月20日区で $L_1$ (最下位葉)の80から $L_5$ の144まで増加したが、9月20日及び10月14日区では下位5~6葉がいずれも150前後と大きかった。しかし、11月16日以降の区ではいずれも90以下で、しかも上位葉ほど小さかった。

切り葉で測定した個々の葉の先端小葉の光合成速度( $\text{mg CO}_2 \text{dm}^{-2} \text{h}^{-1}$ )は、 $L_1$ と $L_7$ が(9月20日区で $L_1$ がやや高かったのを除いて)10~14とやや低く、 $L_4$ ~ $L_6$ が15~16と高かったが、12月25日区では全般に約15%低下した。

株全体の光合成量に対する個々の葉の寄与率(%)は、いずれの区も $L_1$ と $L_7$ が12以下と低く、 $L_4$ ~ $L_6$ が高くて、20を越える場合もあった。

受光指数(%)は、10月14日区を除けば、いずれのステージでも下位3~4葉50が前後と低かったのに対し、

上位3~4葉は90前後と高かった。一方、10月14日区のみは下位葉が60~90の値を示し、他の区に比べて高かった(第5図)。

次に各生育ステージで光合成量に関して最も高い寄与率を示した葉の先端小葉に $^{14}\text{CO}_2$ を施与し、施与15時間後までに呼吸によって失われた $^{14}\text{C}$ 量及び植物体各部位に残存・蓄積した $^{14}\text{C}$ 量を求め、 $^{14}\text{C}$ 全光合成量に対する比率を計算した。呼吸による消失率は8月20日区で70%と高かったが、その後の区では低下し、12月25日区では30%になった。一方、施与葉での残存率は、8月20日区で17%であったものが12月25日区では54%に高まった。各部位への蓄積率をみると、根では8月20日区の3%から10月14日区の12%まで高まり、その後の区ではほぼ7%にとどまった。クラウンではいずれの区でも約2%であり、成葉では約1%であった。若い葉(生長点部を含む)では10月14日以前の区で6~11%とやや高く、その後の区では約3%と低かった。花

房では10月14日区で0.4%に過ぎなかったが、その後の区では約2%になった(第2表)。

著者らの従来の方法によって求めた全転流率は、8月20日区から10月14日区にかけて43~46%であったが、11月16日以降の区では27~22%に低下した。次に分配パターンをみると、根への分配率は9月20日区までは低く、10月14日区で56%に急増し、その後はやや低下したものの、44~48%を保った。逆に若い葉への分配率は、9月20日以前の区で55~52%と高く、その後の区では28~19%と低かった。クラウンへの分配率は19~

**Table 2.** Respiratory loss, accumulation and distribution of  $^{14}\text{C}$  during 15 h in the dark at room temperature, after photosynthesis at different times from Aug. 20 to Dec. 25 (Expt. 3).

Time of feeding	Aug. 20	Sep. 20	Oct. 14	Nov. 16	Dec. 25
$^{14}\text{C}$ respired <sup>z</sup>	69.8	54.3	52.9	39.8	30.5
$^{14}\text{C}$ in fed leaf <sup>z</sup>	17.2	24.9	26.1	44.1	54.4
Total $^{14}\text{C}$ accumulated <sup>z</sup>	13.0	20.8	21.0	16.1	15.1
Flower clusters <sup>z</sup>	—	—	0.4	2.1	2.1
Young leaves <sup>z</sup>	7.2	10.8	5.8	3.0	3.1
Unfolded leaves <sup>z</sup>	0.8	1.0	1.1	0.9	0.5
Crown <sup>z</sup>	2.0	2.1	1.9	3.0	2.1
Roots <sup>z</sup>	3.0	6.9	11.8	7.1	7.3
Total $^{14}\text{C}$ exported <sup>y</sup>	43.0	45.5	44.6	26.7	21.7
Distribution to					
Flower clusters <sup>x</sup>	—	—	1.9	13.0	13.9
Young leaves <sup>x</sup>	55.4	51.9	27.6	18.6	20.5
Unfolded leaves <sup>x</sup>	6.2	4.8	5.2	5.6	3.3
Crown <sup>x</sup>	15.4	10.1	9.0	18.6	13.9
Roots <sup>x2</sup>	3.13	33.2	56.2	44.1	48.3

<sup>z</sup> In % of  $^{14}\text{C}$  photosynthesis.

<sup>y</sup> In % of total  $^{14}\text{C}$  recovered.

<sup>x</sup> In % of  $^{14}\text{C}$  exported.

**Table 3.** Respiratory loss and accumulation to sinks of recently photosynthesis  $^{14}\text{C}$ , varying with times of  $^{14}\text{CO}_2$  application. The amount of  $^{14}\text{C}$  photosynthesis on Aug. 20 was normalized to 100 (Expt. 3).

Time of feeding	Aug. 20	Sep. 20	Oct. 14	Nov. 16	Dec. 25
$^{14}\text{C}$ respired	69.8	87.4	69.8	22.3	13.4
$^{14}\text{C}$ in fed leaf	17.2	40.1	34.5	24.7	23.9
Total $^{14}\text{C}$ accumulated	13.0	33.5	27.8	9.1	6.6
Flower clusters	—	—	0.5	1.2	0.9
Young leaves	7.2	17.4	7.7	1.7	1.4
Unfolded leaves	0.8	1.6	1.5	1.7	0.2
Crown	2.0	3.4	2.5	0.5	0.9
Roots	3.0	11.1	15.6	4.0	3.2
Total	100.0	161.0	132.1	56.1	43.9

9%と低く、花房へのそれは11月16日以降の区でやや高く、13~14%が分配された(第2表)。

次に各区の全光合成量・呼吸消失量及び残存・蓄積量を8月20日区の全光合成量を100(実量78 mg  $\text{CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ plant}^{-1}$ )として計算・表示した。全光合成量は9月20日区が161と最も大きく、次いで10月14日区の132であり、11月16日及び12月25日区ではそれぞれ56及び44と減少した。呼吸消失量は10月14日までの区で70~87と高く、その後の区で急減した。施与葉での残存量は8月20日区が17と少なく、9月20日区で40と高まった後、12月25日区にかけて24まで低下した。シンク部位への全蓄積量は9月20日区が34と最も多く、10月14日区が28でこれに次ぎ、8月20日区と11月16日以降の区では7~13と著しく少なかった。その内、若い葉への蓄積は9月20日区が17、根への蓄積は10月14日区が16で最も多く、また全蓄積量が急減する11月16日以降の区においても、その約半分が根に蓄積した(第3表)。

## 考 察

イチゴの休眠期と休眠の深さは、株を高温・長日に移した場合の新生葉葉柄の伸長量から調べることができる(3, 4, 5)。この方法によった本実験1, 3の結果及び1981年の結果(データ省略、休眠最深期は11月7日に認められた)から総括して、当地方における‘ダナー’の休眠導入期は9月下旬、休眠最深期は11月初旬であり、関東地方に比べてもいずれも約2週間早く、12月下旬には休眠から覚醒し、強制休眠に入るものと考えられた。なお、1984年の休眠最深期が11月16日と遅くなっているのは、当該年の気候によるというよりも、試験日の設定間隔が大きかったことによると考えられ、実際にはもう少し早かったものと考えられる。

### 1. 生育ステージによる光合成能力の比較

いくつかの生育ステージの間で個葉の光合成能力を比較するに当たっては、葉が絶えず更新されるため、葉位・葉齢の双方を特定して測定することは不可能な場合が多く、またそれは必ずしも妥当ではない。したがって、本実験1では30日齢以下の展開葉のすべてについて、また実験3(先端小葉のみを用いた。なお、予備実験で先端小葉と側小葉で光合成能力に違いがないことを確認した。)では、上位7枚の葉について、切葉法で、それぞれ一定の条件下で光合成速度を測定することによって、総合的に個葉の光合成能力を設定しようとした。その結果、光合成能力は、実験1では休眠覚醒期までは高く、強制休眠期に入った12月27日以降明らかに低下した。また、実験3でも、強制休眠期に入った12月25日の値はそれ

までの値に比べて約 15% 低下した。実験 1 の強制休眠期については、 $L_0$  より下位の葉はその生理的齢がまだ若いと考えられるため、それらの光合成速度を測っておれば第 2 図の  $L_0, L_1$  より高い値が得られた可能性はあろう。

以上から、個葉の光合成能力は、栄養生長期から強制休眠期に入る直前までは一様に高く、強制休眠期には低下するものと考えられた。強制休眠期には SLW が高まっており、したがって葉における光合成産物の蓄積が推定されており、それが光合成速度を低下させた可能性があり、この点、なお検討を要する。

次に、一定条件下での株全体の光合成量は、それが最大を示す栄養生長期に比べ、自発休眠期及び強制休眠期にはそれぞれ 35%、27% にとどまった。この間、全葉面積もそれぞれ 38%、29% に減少しており、上記光合成量の減少は専ら全葉面積の減少によることが示された。しかし、強制休眠期には個葉の光合成能力の低下も関与しているものと考えられた。この全葉面積の減少は、休眠期における温度の低下によるものであり、それを個々の葉についてみると、栄養生長盛期及び休眠導入期には下位 5 葉がすべて  $140\text{ cm}^2$  以上で大差はなかったが、休眠期にはすべての葉が  $90\text{ cm}^2$  以下で、しかも上位葉ほど順次小さくなり、展葉時の寒さとともに葉が小さくなったことを示していた。しかし、全体に小型化したとはいえ、それらの先端小葉に関するかぎり、また多分に側小葉を含めた個葉についても、前述したように、少なくとも休眠最深期までは光合成能力の大きな変化は認められないとしてよからう。

株全体の光合成量に対する個葉の寄与率は、すべてのステージで最上位葉を除く上位 3 枚が高く、最大で 20~25% の値を示した。Ryle(10, 11) はオオムギで、全光合成量に対して最大の寄与率を示す葉は上位から数えて 2 ないし 3 番目の葉であり、また光合成産物の転流量は、いずれの部位に対しても、これらの葉からのものが最大であるとしているが、イチゴでも栄養生長期、休眠期を問わず、光合成には十分に展開した上位 3 葉が重要なことが明らかとなった。

なお、個葉の光合成量は、その面積、光合成能力のほかに受光率によっても影響される。受光率を求めるに当たっては、前述したように先端小葉と側小葉とで光合成能力に違いがないと仮定した。その結果、受光率は栄養生長期、休眠期を問わず下位 3 葉で低く、上位 4 葉で高かったが、休眠導入期のみは下位葉での低下が比較的小さかった。これは、休眠導入期には上位葉が下位葉に比べて相対的にやや小さくなるのに加えて、株のロゼット

化に伴って下位葉葉柄が外側に倒れるためであり、その後は下位葉葉柄の伸長が大きく抑制されるとともに、株のロゼット化が更に進むため再び下位葉の受光率が低下するものと考えられた。

## 2. 光合成産物の転流・分配と蓄積

光合成された炭素の一部は葉及び転流先のシンク部位で呼吸によって失われ、一部は葉に留まり、残りは各シンク部位に蓄積する。ところで  $^{14}\text{CO}_2$  施与後 15 ないし 16 時間では、実験 2 では各時間すべて  $18^\circ\text{C}$  に保ったが、実験 3 では無加温ガラス室(室温は外気温とともに変化)に置いた。したがって、以下に考察する呼吸消失率、全転流率、分配パターンなどの施与日による違いは、実験 2 では専ら生育ステージそのもの違いによるものであり、実験 3 ではそれに加えて施与日による温度の違いが影響したものと考えられる。

まず  $^{14}\text{CO}_2$  施与 15~16 時間後の呼吸消失率をみると、実験 2 では栄養生長期に 60% と高かったが、休眠導入期以降は 37~39% でほぼ一定した。一方、実験 3 では栄養生長期の 70% から休眠導入期の 54% 休眠最深期の 40%、強制休眠期の 30% と順次低下した。また、施与葉に残留するものの割合は、呼吸消失率とは逆に、実験 2 では栄養生長期に 24% であったが、休眠導入期以降は 42~45% で一定であったのに対し、実験 3 では栄養生長期の 17% から強制休眠期の 54% まで順次高かった。その結果、シンク部位への全蓄積率は、全施与日を通じて実験 2 で 61~21%、実験 3 で 13~21% と概して低かったが、その中で休眠導入期から同最深部にかけてそれぞれ 19~21%、21~16% と若干高かった。更に、全転流率は、実験 2 では休眠導入期以降 33~26% と大差なかったが、実験 3 では休眠導入期の 45% から強制休眠期の 22% まで低下した。

以上の結果をとりまとめると、呼吸消失率、施与葉残留率、シンク部位蓄積率及び全転流率は、栄養生長期から休眠導入期にかけて若干の低下、あるいは増加がみられるが、休眠導入期以降、強制休眠期にかけては潜在的には生育ステージにより大きく変わることはない。しかし、無加温室に置かれる場合には、ステージの進行とともに外気温低下の影響を受けて順次低下、あるいは増加するものと判断されよう。なお、栄養生長期の呼吸消失率 60% (実験 2)、70~54% (実験 3) という値はやや高いようにも考えられる。この点、比較し得る資料が少ないが、steady state feeding によるトマト(13) (8 時間施与後  $25^\circ\text{C}$ 、16 時間) で 50~60% 前後の値が得られており、本実験の夜温  $18^\circ\text{C}$ 、ないし 8~9 月のガラス室という条件からみて、ありえない数字ではないかと考えら



れる。ただし、呼吸消失量の算出はかなりの誤差を伴うので、なお検討の余地がある。

次に分配パターンをみると、呼吸消失率や全転流率と若干異なり、実験2,3で比較的良好一致した。すなわち、主要なシンクである根と葉についてみると、実験2で根への分配率は栄養生長期の23%から強制休眠期の64%にまで順次高まり、一方葉へのそれは逆に68%から16%に急減した。また、実験3では、根への分配率は栄養生長期の23~33%から休眠導入期の56%に高まった後、44~48%に低下し、葉へのそれは栄養生長期の55~52%から強制休眠期の21%にまで順次低下した。実験3で休眠最深期以降根への分配率が増加せず、むしろ低下したのは、実験2に比べて花房の生育が進んでおり、根に転流するものが花房に転流したことがその理由とみられ、花房が存在する場合、それは根以上に強いシンクとして作用するものと考えられる。クラウンへの分配率は9~16%で、生育ステージによる大きい変化はなかった。

このように分配パターンが実験1,2で比較的良好一致したのは、それが $^{14}\text{CO}_2$ 施与時の各シンクの容量によって大きく影響されることによると考えられる。一方、低気温下で根への分配が高まることがトマトで報告されている(12)が、実験3で生育ステージの進行に伴う温度低下の影響が全くなかったかどうかは分らない。

最後に、各生育ステージについて株全体の光合成量(第4図)を実測した実験3について、シンク各部位への蓄積実量をみた。各ステージの光合成量を生育初期の8月20日の光合成量を100とする比数で示したのは便宜的なものであるが、生育盛期、休眠導入期、同最深期、強制休眠期の順に161, 132, 56, 44となった。この場合、光合成測定のための光条件は常に一定に保たれていたため、自然光が弱くなる休眠最深期以降の光合成量比数、更にそれに蓄積率を乗じて得られる蓄積量は第3表に示したものより小さくなると考えられる。同表から、各シンクへの蓄積実量は、蓄積率あるいは分配率の大小よりも、専ら光合成量の大小に左右され、生育盛期から休眠導入期にかけて大きいこと、しかし蓄積量が減少する休眠最深期以降においても、相対的には根への蓄積が多いことが明らかである。

### 摘 要

イチゴ‘ダナー’の栄養生長期から休眠期にかけての光合成と光合成産物の転流・分配の実態を、主として生長点部を含めて上位の展開葉7枚を残し、下位葉を摘除した植物体について調べ、次の結果を得た。

1. イチゴは緑葉をもったままいわゆる休眠に入るが、

個葉の光合成能力は、栄養生長期に比べて、少なくとも休眠最深期までは大きく低下することはなかった。一方、立毛の状態での株全体の光合成能力は、休眠最深期以降、栄養生長期の約1/3、あるいはそれ以下に低下した。また、株全体の光合成量に対する個葉の寄与率は最上位葉を除く上位3葉で高く、それぞれ20~25%の値を示した。

2. 生育時期を異にして $^{14}\text{CO}_2$ を施与した後、無加温ガラス室に15時間置いた後の光合成産物( $^{14}\text{C}$ )の呼吸による消失率は、栄養生長期施与の70~54%から強制休眠期施与の31%にまで順次低下した。一方、シンク部位への全蓄積率及び全転流率は、それぞれ休眠導入期施与の21, 45%から強制休眠期施与の15, 22%に低下した。しかし、 $^{14}\text{CO}_2$ 施与後18°Cに置いた場合には、上記の値の変化は小さかった。

3.  $^{14}\text{C}$ の分配パターンは、転流時の温度の影響を受けることが小さく、専ら施与時の各シンクの相対的強さに影響されるものとみられた。すなわち、葉への分配率は栄養生長期施与で高く、強制休眠期施与にかけて順次低下し、根へのそれは逆の変化を示した。しかし、花房が着生する場合には、花房が根以上に強いシンクとして作用した。

4. シンク各部位への蓄積実量は、蓄積率あるいは分配率の大小よりも光合成量の多少に左右され、栄養生長期から休眠導入期にかけて大きく、またこの間は葉への蓄積が根へのそれに勝り、全蓄積量の1/2に達した。しかし、相対的に蓄積量が減少する休眠最深期以降においては、葉への蓄積が急減する一方、根への蓄積の低下は小さく、その量は全蓄積量の1/2に近かった。

### 引用文献

1. HORI, Y. and Y. SHISHIDO. 1977. Studies on translocation and distribution of photosynthetic assimilates in tomato plants I. Effects of feeding time and night temperature on the translocation and distribution of  $^{14}\text{C}$ -assimilates. *Tohoku J. Agr. Res.* 28: 26-40.
2. 居城幸夫・堀 裕. 1973. グラジオラス及びオキザリスのけん引根に貯蔵された光合成産物の子球への再転流について. *園学雑*. 52: 56-64.
3. 加藤 昭・川里 宏. 1966. 半促成イチゴのロゼット発育に関する日長・冷蔵処理の影響. *農業技術* 2: 127-129.
4. 李 炳駒・杉山直義・高橋和彦. 1968. イチゴの休眠に関する研究(第1報). 保温開始期がイチゴの発育におよぼす影響の品種間差異. *園学雑*. 37: 35-40.
5. 李 炳駒・杉山直義・高橋和彦. 1970. イチゴの休眠に関する研究(第2報). 保温開始時期と日長

- がダナーの生長、開花、結実に及ぼす影響。園学雑。39:232—238.
6. MANN, C. E. and E. BALL. 1926. Studies in the root and shoot growth of the strawberries. *J. Pom. Hort. Sci.* 5:149—269.
  7. 峰岸正好・泰松恒男・木村雅行. 1968. イチゴ宝交早生の促成栽培における根の生育と果実生産について。奈良農試報。13:21—30.
  8. NISHIZAWA, T. and Y. HORI. 1985. Translocation of  $^{14}\text{C}$ -assimilates from leaves of strawberry plants in vegetative stage as affected by leaf age and leaf position. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 53:467—478.
  9. 西沢 隆・堀 裕. 1988. イチゴにおける  $^{14}\text{C}$  光合成産物の転流・分配に及ぼす花房の発育段階の影響。園学雑。57:433—439.
  10. RYLE, G. J. A. 1972. A quantitative analysis of the uptake of carbon and of the supply of  $^{14}\text{C}$ -labelled assimilates to meristematic growth in *Lolium temulentum*. *Ann. Bot.* 36:497—512.
  11. RYLE, G. J. A. and C. E. POWELL. 1974. The utilization of recently assimilated carbon in Gramineous plants. *Ann. Appl. Biol.* 77:145—158.
  12. SHISHIDO, Y. and Y. HORI. 1979. Studies on translocation and distribution of photosynthetic assimilates in tomato plants. III. Distribution pattern as affected by air and root temperatures in the night. *Tohoku J. Agr. Res.* 30:87—94.
  13. 穴戸良洋・新井和夫・堀 裕. 1985. トマトにおける光合成産物の収支に関する研究。園学要旨。昭60春:280—281.