ラジノクロバにおける $^{14}\text{CO}_2$ の同化と同化産物の 転流に関する実験

Ⅲ 再生時における ^{14}C のとりこみと分配*

星野正生**・西村修一***・大久保忠旦**

(**農林省畜産試験場・***岩手大学農学部)

牧草の刈取後に再生してくる新葉が、同化にどのように貢献しているか、また、同化産物のほふく茎や根などの貯蔵器官への供給が開始される時期を知ることが、再生の機構を明らかにする上に重要な意味をもっていると考えられる¹⁾。ラジノクロバにおいても、この点に関しての研究がなされ、主としてほふく茎や根の乾物重の推移、または澱粉、糖などの炭水化物の含有量の変化などによつて、ある程度推定されてきたが^{2,3,4,5)}、May⁶⁾が述べているように、根の重量、とくに圃場条件のそれは、ばらつきが大きいので、この問題の解決を困難にしている。そこで筆者らは再生時の新葉に $^{14}\text{CO}_2$ をあたえ、同化産物の転流、分配される様相を ^{14}C をトレーサとして追跡し、この問題に直接的な証明をあたえる目的をもつて実験を行なつた。最初に第1実験として、再生長のすすんだ十分に葉面積のある植物に $^{14}\text{CO}_2$ を同化させ、同化産物の転流、分配の時間的推移を予備的に調べた。次いで刈取日を変えることにより、色々な再生長の段階にある植物を用意しておき、その植物に $^{14}\text{CO}_2$ を同化させ、同化産物の転流、分配される様相を調査した。

実験 1. ^{14}C 同化産物の転流、分配の時間的推移

材料と方法： ラジノクロバの同一栄養系を1965年7月14日に1/5000aポットに植付けたものを供試した。これらの植物のポット当り平均葉面積は約700 cm²であつた。'65.10.2日にこれらの植物6鉢をアクリル樹脂製の同化箱に入れ、自然光、炭酸ガス初期濃度0.06%、 ^{14}C 2.5 $\mu\text{Ci/l}$ 、温度約25°Cの条件で2時間、 $^{14}\text{CO}_2$ を植物全体に同化させた。これらの植物の1個体を2時間同化処理の直後に、他は空中に放置しておき、6時間後、1日後、3日後、7日後、14日後に採取し、小葉、葉柄、ほふく茎、根の各部に分け、100°Cで固定、70°Cで乾燥した。なお、実験期間中の平均気温は17°Cであつた。試料を粉碎し、20 mgをVan Slyke-Folchの湿式酸化装置で分解し、発生した $^{14}\text{CO}_2$ を水酸化バリウム溶液に捕集し、沈澱を濾過し、2 π ガスフローカウンタでactivityを測定

した。測定は無限厚み法によつた。

結果と考察： 植物体各部の specific activity の時間的な推移を示すのが Fig. 1 であり、Zalensky⁷⁾などが明らかにしているように、 ^{14}C の activity は時間

Fig. 1. Changes of specific activity of ^{14}C in various parts of plants after $^{14}\text{CO}_2$ treatment.

Fig. 2. The changes of the rates of ^{14}C -assimilates in each part of plant after $^{14}\text{CO}_2$ treatment.

* 昭和42年3月2日受理

Fig. 3. Uptake and translocation of ^{14}C by plants in the different stages of regrowth (shown in specific activity).

Fig. 4. Uptake and translocation of ^{14}C by plants in the different stages of regrowth (shown in total activity). note: symbols are same as Fig. 3.

Fig. 5. Changes of the rate of ^{14}C -assimilates in the productive and reserve organs of plants in different stages of regrowth.

の経過とともに減少してゆくことを示している。次に ^{14}C が植物体の各部へどのような割合で分配され、それが時間的にどのように変化するかをみた。前述の specific activity に各器官の重量をかけた total activity の各器官への分配率を求めたのが Fig. 2 である。図で明らかなように、この分配率は時間の経過によって大きな変化を示さなかつた。2時間同化の直後における分配率と、それ以降の分配率の間に大きな変化が認められなかつた点については、この同化処理が、炭酸ガス初期濃度 0.06% の条件で行なわれたため、同化処理の比較的初期に「炭酸きが」におちいり、その後の同化は行なわれず、転流のみ行なわれたところに一因があると思われるが、いずれにせよ、この実験から、同化産物は比較的短時間のうちに各器官に転流、分配され、その分配された割合は時間の経過によってあまり変わらないということがいえよう。

実験 2. 再生時における ^{14}C のとりこみと分配

1) カウント測定による追跡

材料と方法: 同化装置は前実験と同様なものを用いた。材料も前実験と同じ植付日のものを用いたが、3日ごとに刈取ることににより、刈取り直後から、3, 6, 9, 12, 15, 18 日後までの植物を用意しておき、それらの植物体全体に2時間 $^{14}\text{CO}_2$ を同化させた。同じように刈取処理した材料を用いて、同化実験を3回繰返し、1回目は2時間同化させた直後に、以下2日後、5日後に植物を抜取り、小葉、葉柄、ほふく茎、根の各部にわけ、100°C で固定、70°C で乾燥し、実験1と同様な方法でカウントの測定を行なつた。なお、この3回の同化実験は '65.11.1 日から6日まで の快晴または晴の日に行なわれ、同化箱内の温度は 25°C~27°C で、旬平均気温は 16.7°C であつた。

結果と考察: 3回の実験においてほとんど同様な結果が得られ、同化処理から固定までの時間を変えたことによる差は見出されなかつた。実験1において、同化産物がかなり速やかに転流、分配され、その割合が時間の推移によつて変化を示さなかつたという結果が得られたが、このような生育状態の異なる植物においても、そのことが裏書きされたと考えられよう。以下に示すのは、この3回の実験の平均値である。植物体各部における specific activity を示すのが Fig. 3 であり、小葉についてみると刈取直後の植物の未展開葉も、わずかに ^{14}C をとりこんでいることが認められる。刈取3日後の植物の小葉中の ^{14}C の activity は急激に上昇し、新葉によつて同化が盛んに行なわれていることが認められた。刈取6日後の植物の葉の cpm

Fig. 6-A Radioautograph: plant of immediately after cutting, fed $^{14}\text{CO}_2$ for 2hr's, and harvested 2 days afterfeeding.

B 3 days after cutting,

C 6 days after cutting,

D 9 days after cutting,

E 12 days after cutting,

(next page)

F 15 days after cutting, (ノ)

G 18 days after cutting, (ノ)

値が最大を示しているが、これは3回の実験を通じて、全く同じ傾向であつ

た。多かつた。ほふく茎は specific activity は小さかつたが、乾物重が大きいため、 ^{14}C -同化産物の分配される割合は大きかつた。ほふく茎、根に分配される様相は specific activity と全く同様の傾向を示し、6日より上昇をはじめ、6~9日にかけての上昇が最も大きかつた。

た。この理由としては、同化能力の高い新葉のみで構成されていること⁹⁾、同化産物を自身にとりこむ割合が高いこと⁹⁾、相互しやへいが小さいことなどが考えられる。葉柄の activity は葉面積の小さい3日頃までは小葉より小さいが、それ以降は小葉とほぼ同じ傾向を示す。

ほふく茎と根はほとんど同じ動きを示し、刈取直後、3日後のほふく茎、根の ^{14}C はほとんど trace 程度であり、新葉の同化産物は、まだ転流されていないことが明らかになった。6日後になると activity は上昇をはじめ、新葉がこれらの器官へ同化産物を転流しはじめることが認められた。ほふく茎、根の ^{14}C の量をもつとも急激に上昇したのは、刈取後6日から9日にかけてであつた。そして12日位でほぼ平こうに達したようであるが、18日に再び上昇を示した。

次に total activity の推移をみたのが Fig. 4 である。小葉における上昇がもつともはやく、かつ、量も

次に小葉を同化産物の生産器官、ほふく茎と根を貯蔵器官とみなして、 ^{14}C -同化産物のそれらの器官へ分配される割合をみたのが Fig. 5 である。再生の初期には、同化葉自体の構成に、また葉面積の拡大の方向に同化産物が利用される場合が大きく、次第に葉面積が増加してくると、貯蔵的な器官へ分配される割合が多くなることが認められた。比較的再生初期の調査を主目的としたこの実験においては、刈取18日までの調査に止めたが、少なくともこの時期までは、貯蔵器官へ分配される割合は上昇をつづけた。もちろんこの割合は環境、とくに温度条件に大きく規制されようが¹⁰⁾、ほぼ同一時期に行なつた実験1において、葉面積の十分にある植物に同化させた場合、 ^{14}C -同化産物のほふく茎および根に分配される割合が、45~50%であつたことから考えると、この実験の後期において、分配率はほぼ平こうに達したとも考えられる。この点についてはさらに今後の検討を必要とする。

2) ラジオオートグラフによる追跡

材料と方法： '66. 4. 30 日に 1/5000 a ポットに植付けたラジノクロバを用い、カウント測定の実験と同様に、3 日ごとに刈取ることにし、刈取直後から 18 日後までの植物を用意しておき、'66. 6. 8 日に前実験と同一の装置を用いて、 $^{14}\text{CO}_2$ を 2 時間同化させた(旬間平均気温 16.7°C)。この植物を同化処理 2 日後に抜き取り、10 秒間熱湯で処理して固定し、さく葉を作り、レントゲンフィルムに感光させて、ラジオオートグラフを作り、 ^{14}C の植物体各部における分布を追跡した。オートグラフの作製は 2 日間露出、 20°C 、4 分間の標準現象によった。

結果と考察： 結論的にいえば、オートグラフの結果は、カウント測定を全く裏書きする傾向を示した。刈取直後に $^{14}\text{CO}_2$ を同化させた植物のオートグラフは Fig. 6-A のようである。刈取の処理は展開した葉を全部切取つたので、 $^{14}\text{CO}_2$ 同化時に存在したのは未展開葉のみであった。オートグラフで明らかのように、これらの葉も ^{14}C をとりこんでいることが認められた。3 日後になると葉は開いてきて、十分 ^{14}C をとりこむようになる。そして、フィルム上の小葉、葉柄部の他に、生長点の未展開葉に強い黒化がみられる (Fig. 6-B)。このことから、このような再生初期の葉においても、同化産物の未展開葉への転流が行なわれているという事実が明らかになった。この時期には貯蔵器官であるほふく茎、および根への転流は trace 程度であった。6 日後になると小葉、葉柄部の黒化は非常に強くなり、盛んに ^{14}C をとりこんでいる様相がみられた (Fig. 6-C)。この時期に同化産物のほふく茎や根への転流が開始される。9 日後ではほふく茎、根の黒化度はさらに強くなり、とくに、根粒、根端への集積が大

きくなることが認められた (Fig. 6-D)。以下 12 日、15 日、18 日と葉面積が増大するにしたがつて、貯蔵器官への転流量が増大することは、前実験の結果と全く同様な傾向であつた (Fig. 6-E, F, G)。'65 年 10 月に行なわれた実験のカウント測定の結果と、'66 年 6 月のオートグラフによる追跡の結果と全く一致した。この両実験において、旬別平均気温が偶然にも 16.7°C と全く一致しており、少なくとも温度要因については似かよつた条件にあつたこともその一因であると考えられる。

摘 要

最初に再生長のすすんだ十分に葉面積のある植物に $^{14}\text{CO}_2$ を同化させ、同化産物の転流、分配の時間的推移を調べた。次いで刈取日を変えることにより、色々な再生の段階にある植物を用意しておき(刈取直後より 3 日ごと、18 日後まで)、その植物に 2 時間 $^{14}\text{CO}_2$ を同化させ、その同化産物の転流、分配される様相をカウントの測定、およびラジオオートグラフによつて追跡した。これらの実験の結果、次のようなことが明らかになった。

1. ラジノクロバの葉からとりこまれた、 ^{14}C -同化産物は比較的短時間のうちにほふく茎、根などに転流、分配され、この植物体各器官に分配された割合は、日時の経過によつて大きく変化しなかつた。

2. 刈取直後の未展開葉も ^{14}C をとりこむが、他への転流は認められない。刈取 3 日後の新葉は同化産物を盛んにとりこむようになり、生長点の未展開葉への転流を開始する。6 日後の葉の specific activity は最大を示し、この時期に、ほふく茎、根などの貯蔵器官への転流が開始される。これらの貯蔵器官への転流

量が最も急げきに増汁し日から9日後にかたのは6けてであつた。

3. 貯蔵器官へ分配される ^{14}C -同化産物の割合は、再生長がすすみ、葉面積が拡大するにしたがい増大し、刈取 18 日後においても増加の傾向を示した。

引用文献

1. 江原 薫・前野休明 1966. 牧草の再生に関する生理生態学的研究. 第5報 バヒアグラス (*Paspalum notatum* FLÜGGE) およびイタリアン・ライグラス (*Lolium multiflorum* Lam) の再生における貯蔵養分の利用におよぼす光の影響. 日草誌 12: 5—8.
2. Stewart, I. and F. E. Bear 1951 Ladino clover-its mineral requirement and chemical composition. New Jersey Agric. Exp. Stal. Bull. 759.
3. Moran, C. H., V. G. Sprague and J. T. Sullivan 1953. Changes in the carbohydrate reserves of Ladino white clover following defoliation. Plant Physiol. 28: 467—474.
4. 武田友四郎・梶 和一 1964. 飼料作物の生育に関する研究. 第2報. 光合成・呼吸および体内成

- 分の消長からみたラジノクローバの高温生育障害. 日作紀 33: 7—16.
5. 越智茂登一 1966. ラジノクローバの再生に関する研究. 第1報 施肥量を異にした場合の再生とその季節的变化について. 日作紀 35: 71—77.
6. May, L. M. 1960. The utilization of carbohydrate reserves in pasture plants after defoliation. Herbage Abstr. 30: 239—245.
7. ザレンスキー, O. V. 1955. 光合成の行なわれる際に生成する有機物中の炭素の分布について. ソ連科学アカデミー原子力平和利用会議報告論文集 (日本語版) 生物学部門 187—204 産業経済研究所.
8. 星野正生・西村修一・大久保忠旦 1964. ラジノクローバにおける $^{14}\text{CO}_2$ の同化と同化産物の転流に関する実験. 日作紀 33: 130—134.
9. 星野正生・西村修一・大久保忠旦 1966. ラジノクローバにおける $^{14}\text{O}_2$ の同化と同化産物の転流に関する実験. II. 植物体各部における ^{14}C -同化産物の形および分布. 日作紀. 35: 137—141.
10. 関 岡行 1961. 甘藷における sucrose- ^{14}C の転流蓄積におよぼす温度の影響. 日作紀 30: 27—30.

Studies on the Assimilation and Translocation of $^{14}\text{CO}_2$ in Ladino Clover

III. Uptake and distribution of ^{14}C by the plants in the different stages of regrowth

Masao HOSHINO*, Shuichi NISHIMURA** and Tadakatsu OKUBO*

(*Department of Forage Crops, National Institute of Animal Industry, Chjba **Faculty of Agriculture, Iwate university, Morioka)

Radioactive CO_2 gas feedings in an assimilation chamber were conducted on Ladino clover plants in different stages of regrowth after cutting to reveal the translocation of ^{14}C -assimilates in the plant body.

To prepare for the simultaneous treatment, the plants grown in pots were cut on different dates so that they were on their 18th, 15th, 12th, 9th, 6th, and 3rd day of regrowth and immediately after cutting. All plants were fed $^{14}\text{CO}_2$ for 2 hours in an assimilation chamber at the same time.

$^{14}\text{CO}_2$ feeding experiments were repeated three times, and 1st experiment plant were harvested immediately after $^{14}\text{CO}_2$ feeding, while in the 2nd and the 3rd experiment the plants were harvested 2 days and 5 days after $^{14}\text{CO}_2$ feeding, respectively.

Sample were prepared with Van-Slyke-Folch's wet-oxydation apparatus and radioactivity of

various parts of the plants were counted by gas-flow type counter.

With the same assimilation chamber and design of experiment, another feeding experiment of $^{14}\text{CO}_2$ was conducted. The plants were harvested 2 days after feeding and the radio-autographs were taken.

The results of these experiments led us to the following findings.

1) Of the plant immediately after cutting, the young leaves which had not yet opened assimilated $^{14}\text{CO}_2$ though in small amounts, but no translocation to other parts of plant was seen (Fig. 3 Fig. 6-A).

2) Of the plant 3 days of regrowth, the leaves assimilated actively, and the assimilates were seen being exported to the opening leaves at the growing points. Export to the reserve organs such as stolons and roots was observed but very slightly (Fig. 3 Fig. 6-B).

3) Of the plant 6 days after cutting, the leaves assimilated very actively the activity reaching the highest level. The transport to the reserve organs started at this time, the radioactivity in the stolons and roots were increasing (Fig. 3).

4) The most rapid increase in radioactivity in the stolons and roots was seen in 6 days to 9 days after cutting (Fig. 3 Fig. 6-D). With the increase of leaf area the ratio exporting ^{14}C -assimilates to the reserve organs increased (Fig. 5).