キュウリの光合成産物の動態に及ぼす 温度の影響 (第2報)

キュウリの ^{14}C -光合成産物の動態に及ぼす夜温の影響

村上 高・稲山 光男

(農業技術研究所) (埼玉県園芸試験場)

Effect of Temperature on the Translocation of Photosynthates in Cucumber Plants

II. Effect of Night-temperature on the Translocation of ^{14}C -photosynthates in Cucumber Seedlings

Taka MURAKAMI and Mitsuo INAYAMA

*Nat. Inst. Agr. Sci., Nishigahara, Kita-ku, Tokyo and
Saitama Pref. Hort. Exp. Stat., Kuki, Saitama*

Summary

In the previous paper (6), it was reported that the temperature of 25°C in day and 14°C at night was the most suitable for raising healthy seedlings of cucumber. The purpose of the present study was to examine the effect of night-temperature on the translocation of ^{14}C -photosynthates after $^{14}\text{CO}_2$ feeding by using tracer techniques.

Seeds of cucumber, variety "Natu-Sairaku No. 3" were sown on April 17, 1971, and transplanted into plastic pots of 15 cm in diameter on April 21 at the stage of cotyledon expansion. From April 24, the pots were placed in a phytotron programmed by "the gradient temperature control system" (6). The day-temperature was set from 10:00 AM to 14:00 PM at 25°C and the night-one from 2:00 AM to 6:00 AM at 14°C. The shift between day- and night-temperatures was made as moderate as possible.

On May 30, uniformly raised seedlings were exposed to $^{14}\text{CO}_2$ in an assimilation chamber for 60 minutes under the natural light condition. Then the distribution of ^{14}C -radioactivities was determined immediately after $^{14}\text{CO}_2$ feeding (Exp. A), and two days (Exp. B), and three days (Exp. C) later. The temperature after $^{14}\text{CO}_2$ feeding was kept at 25°C in day and at 20°C (high-night; H) or 14°C (low-night; L) at night by the horizontal temperature control system.

Results obtained were summarized as follows:

1. Percentage of dry matter to fresh weight decreased at the high night-temperature after $^{14}\text{CO}_2$ feeding, while it remained constant in the low night-temperature. It is considered that the plant exhausted much more photosynthates at the high night-temperature (20°C) than at the low one (14°C) (Fig. 3).

2. Specific activity of respective plant part, shown in Table 2 was the highest in the blade of the tenth leaf from the base, and very low in the old- (1st~2nd) and adult-leaves (3rd~7th), when it was determined immediately after $^{14}\text{CO}_2$ feeding. After $^{14}\text{CO}_2$ feeding, specific activity of the young leaves except stem apex (8th~12th) decreased remarkably, and those of the stem apex (T), the stem, and the root increased, at high night-temperature. In other hand, only a little decrease in specific activity occurred at the low night-temperature (Fig. 4).

3. After the dried sample of each plant part was extracted with hot ethyl alcohol, the alcohol extract was fractionated into four fractions by the procedure described in Figure 1. Radioactivities of five fractions including the alcohol insoluble fraction were compared for each plant part. Radioactivity of the alcohol insoluble fraction containing starch, protein and cellulose increased in the low night-temperature lot, but not in the high night-temperature lot (Fig. 11).

4. The translocation of photosynthates was faster and their exhaustion by respiration was higher at the high night-temperature (20°C) than at the low night-one (14°C). Consequently, the final reservation of photosynthates was more at the low night-temperature than at the high night-one.

On the efficient temperature management in the cultivation under growing structures, it is reasonably recommended from the point of reservation of photosynthates that the air temperature should be kept low at night.

緒 言

第1報(6)で、キュウリの単位重量あたりの同化能力は、高夜温(18°C)で育苗した場合に低く、低夜温(14°C)で育苗すると高いことを報告した。高夜温で育苗すると、その苗の草たけ、生体重、乾物重および葉面積がきわめて大きくなるにもかかわらず、葉面積あたりの乾物重が小さく、同化能力も低い素質の劣る苗になる。そこで、高夜温、低夜温下での光合成産物の動態を比較検討するため、昼温 25°C、夜温 14°C で育苗した植物体にいつせいに $^{14}\text{CO}_2$ を同化させ、同化後に高夜温と低夜温処理を行ない経時的に ^{14}C を追跡した。その結果、低夜温区が光合成産物の蓄積が多いことを認めたので、これらの研究について報告する。

実験材料と方法

供試植物の育成

キュウリ(供試品種:夏埼落3号)の育苗は全部均一条件下で行なつた。その方法の概略を示すと次の通りである。1971年4月17日には種し、4月21日はち上げを行ない、15cm ポリエチレンばちに1本植えとした。

4月24日から、後述の条件に設定したファイトロンに入れ育苗した。ファイトロンの温度は昼夜各4時間のこう配型温度管理方式(自動反復式プログラム設定器, PGE-13 形, 横河電機製作所製)(6)によつて制御した。温度の設定は、夜温としては午前2時から6時までを 14°C とし、昼温としては午前10時から午後2時までを 25°C とした。そして、午前6時から10時まで、および午後2時から午前2時までは、なだらかに次の設定温度に移行するように調節した。育苗は5月30日の朝まで続けた。

$^{14}\text{CO}_2$ の同化実験

同化実験は5月30日に自然光下で行なつた。その方法は、アクリル製の大型同化箱(幅 100×奥行 100×高さ 75 各cm)の中に生育のそろつた植物体 15 はちを選

んで並べ、放射性炭酸バリウム ($\text{Ba}^{14}\text{CO}_3$) 1 mCi に乳酸を滴下して $^{14}\text{CO}_2$ を発生させた。処理時は快晴で、平均 23,000 lux, 箱内の気温 28°C, 同化は 60 分間気相を循環させながら行なつた。同化時の生育調査の結果を第1表に掲げる。

同化終了後、15 はちの植物体を3はちずつ5群に分けた。同化後直ちにサンプリングした区(Exp. A)以外は、全部昼は 25°C とし、夜温のみ 20°C (高夜温区) と 14°C (低夜温区) の2群ずつに分けて光合成産物の移行に対する夜温の影響を調べた。この同化後の温度処理は、小型の人工気象室を用い、昼夜各12時間、水平型の温度管理方式で行なつた。同化処理後、高夜温区と低夜温区ごとに2日後(Exp. B)、および3日後(Exp. C)経時的にサンプリングし、部位別に生体重、葉面積、乾物重、 ^{14}C 放射能を測定した。

Table 1. Growth of cucumber seedlings at the time of $^{14}\text{CO}_2$ feeding.

Height of plant (cm)	126.7
Number of expanded leaves	12.0
Length (cm) of the largest leaf	16.8
Width (cm) of the largest leaf	21.5
Number of lateral shoots over than 2cm in length	1.3
Number of female flowers	2.3
Node-order with first female flower	4.7

3連で行なつた各区は全個体について測定を行ない、最も平均的な値を持つた個体を選び以後のすべての考察の対象とした。

供試植物体のなかで、 $^{14}\text{CO}_2$ を同化したときに未展開であつた茎頂の未展開葉部(T)は、同化処理の2~3日後には展開葉となる。しかし、測定はすべて第2表に示した部位にわけ、同化処理時の(T)部は、2~3日後も(T)部として表わした。葉は葉柄の最上端部で切断し、葉身のみを葉として表わした。葉柄は、花、つばみ、果

Table 2. Plant parts sampled for measurements.

Plant parts	Days after expansion	Abbreviation
Leaf blade (L)	1* 31	Old-leaves (Lo)
	2 24	
	3 20	
	4 ~	Adult-leaves (La)
	5 ~	
	6 ~	
	7 9	
	8 7	Young-leaves (Ly)
	9 ~	
	10 ~	
	11 ~	
	12 0	
Stem***	T**	(S)
Root****		(R)

* Leaf order from the base.

** Folded leaves in the stem apex.

*** Including cotyledons, petioles, flowers, buds, fruits and lateral shoots.

**** Including hypocotyls.

実、側枝とともに基部に一括した。根部にははい軸を含めた。

試料は生体重と葉面積を測定したのち直ちに 100°C で 30 分間加熱して酵素作用を止め、その後 70°C で恒量になるまで乾燥した。各部位ごとに乾物重を測定したのち、乾燥標品を乳ばちで微粉碎し、20mg を精ひようした。試料は先端のものがつたガラス棒を用いて試料皿に均一にひろげ、理研製、雲母端窓型 G. M. カウンター（マイカの厚さ 1.6 mg/cm²、測定電圧 1175 V）を用い、最上段の位置に試料皿を置いて、同一幾何学的条件で放射

能を測定した、なお、得られた計数値に対して自然計数値を補正し、単位重量あたりに換算して比放射能を算出した。

成分の分画と定量

¹⁴CO₂ を同化させた供試植物体の上記乾燥試料を幼葉 (Ly)、成葉 (La)、老葉 (Lo)、茎 (S)、根 (R) の 5 部にそれぞれまとめて（第 2 表参照）、乳ばちでさらに微細な粉末にしてからよく混合し、各部の一定量 (10mg) につきガスフローカウンターを用いて放射能を測定した。次に試料の 0.7~1.0 g について奥田ら (10) の方法の多少の変法で分画した（第 1 図）。方法の概要は次の通りである。各部の試料に 30 ml の 80% エチルアルコールを加え、30 分間煮沸する操作を 4 回繰り返して抽出し、この抽出液を合わせて減圧濃縮した（アルコール可溶画分）。アルコールで抽出した残さを乾燥させた後、全重量を測定し、その 10mg あたりの放射能を測定してその画分の全 ¹⁴C 量を算出した。この画分にはデンプン、タンパク質、繊維が含まれる（アルコール不溶画分）。

次に濃縮したアルコール可溶画分にエチルエーテルを約 100 ml 加えよく振とうする操作を 3 回繰り返し、そのエチルエーテル可溶部分を合わせて濃縮し、100ml に定容した。その 1 ml を蒸発乾固して放射能を測定してこの画分の全 ¹⁴C 量を算出した（アルコール可溶・エーテル可溶画分、以下エーテル画分と略す）。この画分には、油脂、色素等が含有される。

エーテル不溶の残さに、2N HCl を 0.1 ml 加え、10ml に水で定容にし、その 0.1 ml を試料皿にとり蒸発乾固して放射能を測定し全 ¹⁴C 量を算出した（アルコール可溶・エーテル不溶画分）。この画分には、糖、アミノ酸、有機酸が含有される。

次に、アルコール可溶・エーテル不溶画分を、活性化したイオン交換樹脂で処理して 3 画分に分画した。その方法は、まず陽イオン交換樹脂アンバライト IR 120 を、内径 15 mm のカラム管に高さ 180 mm に充てんし、前述の 10 ml に定容したアルコール可溶エーテル不溶画分の 7 ml を 1.5~2.0 ml/分の速度で通過させ、30 ml の蒸留水で洗浄した。その全通過液をさらに、IR-120 の場合とはほぼ同容積の陰イオン交換樹脂 IR-400 のカラムに同じ速度で通し、30 ml の蒸留水で洗浄した。こうして、2 種類のカ

Fig. 1. Method of fractionation for alcohol soluble components.

ラムを通過した液を 100 ml に定容し、この 1 ml を乾固して放射能を測定し、 ^{14}C 全量を算出した (neutral fraction). この画分には糖類が含まれる。

さきの IR 120 カラムに吸着された化合物を、2 N アンモニア水 85 ml で 2 ml/分 の速度で溶出し、これを 100 ml に定容し、その一定量を分取して放射能を測定し、 ^{14}C 全量を算出した (cationic fraction). この画分には遊離アミノ酸が含まれる。

また、IR 400 カラムに吸着させた化合物を、1 M 炭酸アンモニウム水溶液 85 ml で溶出し、100 ml に定容したのち、その一部について放射能を測定し、 ^{14}C 全量を算出した (anionic fraction). この画分には有機酸が含まれる。

上記各画分より一定量分取した試料抽出液を、ステンレススチール製の放射能測定用試料皿 (直径 2.5 cm) に均一に広げ、熱線ランプ (500 W) 下 50 cm の場所に置き、クレーピングを防止しつつ乾燥した。これらの試料の放射能測定は、日本無線 K. K. 医理学研究所製ガスフローカウンターを用い、作動電圧 1350 V, Q ガス (クエンチングガス) の検出器中への送流量毎秒 2~3 気ほどの測定条件下で行なった。前述の体内各部位の放射能の測定は G. M. カウンターで行なったので、比放射能の値は、ガスフローカウンターのほうが約 10 倍の値を示すことを付記しておく。

実験結果

供試植物体の部位別乾物重と葉面積

供試植物体の部位別乾物重のうち、同化直後 (Exp. A) のものを第 2 図に示した。下から第 3 本葉の乾物重が最大で、下から 1~2 葉は乾物重が小さい。この 1~2 葉を老葉部 (old leaves; Lo) と呼ぶ。これらの葉は展開後 24 日以上経過している。下から 3~7 葉は、のびきつて見るからにおう盛な葉で、乾物重も大きく、展開後 9~20 日経過している。これらの葉を含む群を成葉部 (adult leaves; La) と呼ぶ。展開後 7 日までで、見かけ上も小形の第 8 葉から上の葉 (12 葉まで) は、まだ若く、のび盛りの葉で、

Fig. 2. Dry weight content in each of plant parts sampled immediately after $^{14}\text{CO}_2$ feeding.

Note: Abbreviations refer to Table 2.

茎頂の未展開葉部 (T) を含めて幼葉部 (young leaves; Ly) と呼ぶ (第 2 表参照)。Ly 部は同化後 2~3 日間に生長して乾物重が顕著に大きくなった。Ly 部の中でも未展開葉部 (T) の乾物重の増大は著しかった。

供試植物体の葉位別葉面積は、乾物重の推移と極めて類似していた (図は省略)。下から第 3 葉が最大で、3~5 葉が特に葉面積が大きい。Ly 部は同化処理時は葉面積の最も小さい群であるが、処理後 2~3 日で葉面積の増大がみられた。また T 部では同化後 2~3 日には展開した葉も存在するようになるが、葉面積の測定は一貫して行なわなかった。

供試植物体の部位別乾物率

供試植物体の部位別の乾物率を第 3 図に示した。乾物

Fig. 3. Effect of night-temperature on the content of dry matter in the plant part. Note: ———: Level of 10%.

率は幼葉部で高く、成葉部で最も低く、老葉部でやや高い傾向があつた。低夜温で2～3日経過すると（第3図右側）、同化直後の乾物率がほぼ同じレベルで保持されたのに反し、高夜温で2～3日経過すると、すべての葉部で乾物率が著しく低下した（第3図左側）。これらのことから、昼温25°C、夜温20°Cという高夜温区では、これまでの育苗期間における同化、蓄積、消耗の平衡がくずれ、消耗が増加した結果とみることができる。

$^{14}\text{CO}_2$ のとりこみと ^{14}C -光合成産物の移行に対する液温の影響

$^{14}\text{CO}_2$ を60分間同化させ、同化直後および同化後2～3日経過してからサンプリングした場合の部位別の比放射能（cpm/mg 乾物重）を第4図に示した。比放射能は、同化直後には老葉部と成葉部で低く、特に下から1～4葉はきわめて低かつた。第10葉を中心として幼葉

部の比放射能が最も高い。下から第3葉は乾物重および葉面積共に最大の葉であるにもかかわらず、単位重量当たりの ^{14}C のとりこみは全く老葉部と等しかつた。茎と根も ^{14}C の比放射能は低かつた。

これを部位別の乾物重の分布率と対比してみると第5図、Exp. A の通りである。乾物重が最も大きい成葉部（La）は ^{14}C のとりこみが少なく、反対に乾物重の小さい幼葉部（Ly）が ^{14}C のとりこみが最も多かつた。その値は、乾物重では成葉部：幼葉部が3：1であるのに反し、比放射能では成葉部：幼葉部は1：3であつた。

高夜温で経過すると（第4図左側）、2日後には下から8～10葉の比放射能が低下し、若い葉位に比較的高い比放射能がみられた。同化後3日には、老葉部をも含めて全般的にすべての部位で比放射能の減少がみられた。これに反して、低夜温で経過すると（第4図右側）、2

日後には成葉部の比放射能は減少したが、比放射能の最高葉位（下から第10葉）は移動せず、幼葉部全体としても比放射能には顕著な変化が認められなかつた。さらに3日後には比放射能は幼葉部でやや減少する傾向がみられたが、成葉部と老葉部ではむしろ増加した。第5図の Exp. B および Exp. C も、上述の高夜温区、低夜温区の経過の相違を明確に表わしている。第4、第5図から、低夜温区は同化物質の転流、消耗ともに高夜温区よりも少なく、蓄積は多いことがわかる。

植物体全体の平均比放射能に対する各部位の比放射能の比率（Wsp）を図示したものが第6図である。高夜温区では、同化後第8～10葉の Wsp の減少が著しく、未展開葉部および茎、根でやや増加するが、低夜温ではそれらの変化が著しくな

Fig. 4. Effect of night-temperature on the translocation of ^{14}C -photosynthates.

Fig. 5. Specific activity of ^{14}C in each plant part compared with distribution ratio of its dry weight.

Fig. 6. Effect of night-temperature on the relative specific activity of ^{14}C in plant parts.

Note : Wsp : Specific activity of each part / specific activity of the whole plant.

○-----○ Immediately after $^{14}\text{CO}_2$ feeding.

●-----● Two days, and △-----△ Three days after $^{14}\text{CO}_2$ feeding.

とりこまれた ^{14}C を、単位葉面積あたりの cpm で表わしたものが第 7 図である。この図のすべての傾向は、乾物重あたりの ^{14}C 量(第 4 図)とさきわめて類似している。同化直後の ^{14}C 量は、葉身の単位葉面積あたりで下から 10 葉に最も多い。高夜温で経過すると、成葉部と幼葉部で著しく減少するが、最高の放射能は最上葉にみられるようになった。全体としては幼葉部における減少が顕著であつた。これに反して、低夜温区では、そのパターンはあまり変化せず、成葉部と老葉部では 2 日後にやや減少するが、3 日後にはむしろ増加の傾向がみられた。

第 8 図は、部位別の葉面積の分布率と対比した単位葉面積あたりの放射能の、高・低夜温による変動を示したものである。第 5 図の場合と同様に、Exp. A では、成葉部は葉面積は大きい(幼葉部の約 3 倍)、 ^{14}C の葉面積あたりの放射能は低い(幼葉部の約 1/3) ことがわかる。高夜温で経過すると、幼葉部で cpm/cm² の減少が著しく、低夜温で経過すると、幼葉部では cpm/cm² の減少がみられず、成葉部と老葉部では 3 日後には増加してきた。

これまで、単位乾物重あたりの放射能(比放射能, cpm/mg) および単位葉面積あたりの放射能(cpm/cm²) について述べたが、次に同化された全 ^{14}C の部位別の分布をみた。成葉部は、比放射能は低いにもかかわらず全乾物重が大きいために、同化直後は幼葉部とともに ^{14}C の全とりこみ量は多かつたが、高夜温で経過すると、成葉部と幼葉部の ^{14}C が減少して、茎、根および未展開葉部で増加した。従つて、葉身部では葉位別の差が減少してきた。一方、低夜温で経過すると、成葉部の ^{14}C は減少し、未展開葉部と根では増加して

Fig. 7. Effect of night-temperature on the ^{14}C -radioactivity per cm² of leaf area.

くるが、その変化は著しくなく、同化直後の分布図に近似のヒストグラムを示した。これらのことから、高夜温区では、とりこんだ部位から他の部位への ^{14}C の移行が多いことが明らかである。

同化された ^{14}C の形態に及ぼす夜温の影響——熱アルコールによる抽出とイオン交換樹脂カラムによる分画

上述のように、同化後の夜温の高低によつて、 ^{14}C の体内における移動や消耗に差があることがわかつた。そこで、体内における ^{14}C の存在形態を調べ、それが夜温の高低でいかなる消長をするかを明らかにする目的で、試料を熱アルコールで抽出し、第1図のように分画して ^{14}C の存在形態と移行を追跡した。

熱アルコールで抽出した各画分の ^{14}C 比放射能を第9図に示した。アルコール可溶・エーテル不溶画分（第9

図I、白色部分）には、糖、アミノ酸、有機酸を含有しており、比放射能は同化直後には幼葉部と成葉部に多かつた。特に幼葉部には顕著に多かつた。高夜温2日経過で、幼葉部と成葉部で激減したが、老葉部、茎、根では明りような変化はみられなかつた。さらに3日後には、根以外の各部位で減少した。低夜温2日および3日経過でも、この画分は各部位で減少した。

エーテル画分（第9図II、斜線部分）には、油脂、色素等が含有されている。同化直後には比放射能は特に幼葉部に多く、他の部位ではあまり多くなかつた。高夜温で経過すると、幼葉部のそれが減少して成葉部と老葉部に増加した。一方、低夜温経過ではその変化が顕著でなかつた。

アルコール不溶画分（第9図III、黒点部分）はデンプン、タンパク質、繊維等の貯蔵物質や体細胞構成成分である高分子の化合物を含有しており、同化直後にはアルコール可溶画分と同様に比放射能は幼葉部に特に多かつた。高夜温で経過すると、2日後には幼葉部の比放射能は減少し、茎と根では増加した。3日後には再び茎と根で減少した。一方、低夜温で経過すると茎と根で比放射能は次第に増加したが、全般的には変化は緩慢であつた。

第10図は、各部位ごとにとりこまれた ^{14}C の比放射能の合計を100としたときの3画分への配分率を表わしたものである。

アルコール可溶・エーテル不溶画分における ^{14}C 存在比は、同化後高夜温で経過した場合、低夜温で経過した場合ともに減少した。エーテル画分における ^{14}C の存在比は、両夜温区ともに葉身部で増加したが、同化後3日には特に高夜温経過の幼葉、成葉、老葉の葉身において ^{14}C 存在比の増加が著しかつた。

アルコール不溶画分における ^{14}C の存在比は、高夜温2日後には根と茎で急増したが、根のそれは3日後に再び減少した。葉身ではあまり変動がみられなかつた。一方、低夜温2日後には各部位で増加し、さらに3日後には葉身部で増加した。特に葉身部における高・低夜温区の差が顕著であつた。このアルコール不溶画分における

Fig. 8. Effect of night-temperature on ^{14}C -radioactivity per cm² of leaf area compared with the ratio of leaf area in each plant part to that on the whole plant.

Fig. 9. Effect of night-temperature on ^{14}C -specific activity in three fractions of alcohol extracts from each plant part.

Fig. 10. Effect of night-temperature on distribution of ^{14}C -photosynthates in each plant part. The total ^{14}C -radioactivity in three fractions of alcohol extracts is shown as 100.

Fig. 11. Effect of night-temperature on translocation of ^{14}C -photosynthates.

In each plant, the total ^{14}C -radioactivity of three alcohol-extracted fractions is shown as 100.

^{14}C 存在比の高・低夜温区における消長の相違は、夜温 20°C では呼吸による消耗のため、葉に貯蔵物質が蓄積されないが、夜温 14°C では徐々に蓄積されていくことを示唆するものであろう。

第 11 図は、幼、成、老葉部をまとめて、植物体を葉身、茎、根の 3 部に分け、それぞれの部位における各画

Fig. 12. Effect of night-temperature on ^{14}C -radioactivity of neutral (white), cationic (diagonal lines), and anionic (dots) fractions in the alcohol soluble and ether insoluble fraction.

Note: H: High night-temperature, L: Low night-temperature.

分の放射能の分布を、植物体全放射能に対する百分率で示したものである。特に貯蔵物質等（第 11 図Ⅲ，黒点部分）の変動に注目すると、低夜温区では各部位で経時

的に蓄積が進むが、高夜温区ではむしろ減少していくのが明りようにわかった。

アルコール可溶・エーテル不溶画分をさらにイオン交換樹脂で分画し、中性、カチオン、アニオン画分に分けた。各画分にとりこまれた ^{14}C 放射能を部位別に示したものが第 12 図である。同化直後 (Exp. A) には、中性画分 (糖) の幼葉部と成葉部に放射能が多かった。カチオン画分 (アミノ酸) とアニオン画分 (有機酸) では幼葉部に放射能が多かったが他の部位には少なかった。

高夜温で 3 日経過すると (第 12 図, Exp. C-H), 中性画分ではすべての部位で放射能の減少がみられた。またカチオン画分では幼・成葉部において、アニオン画分では幼・成・老葉部において放射能が減少したが、老葉部における減少は、他の部位においてみられた減少よりも少なかった。カチオン画分では、根部のみは放射能が増加した。一方、低夜温で 3 日経過すると (第 12 図, Exp. C-L), 中性画分ではすべての部位で放射能が減少したが、幼葉部での減少は高夜温 3 日後における幼葉部での減少よりも著しくなかつた。カチオン画分では、幼・成葉部の放射能が減少したが、高夜温区でみられた根部における放射能の増加は認められなかつた。アニオン画分では、幼・成・老葉部で放射能は減少したが、茎・根部では高夜温区におけると同様に変動がみられなかつた。

上述の ^{14}C 放射能の消長を高夜温区と低夜温区で総合的に比較すると、低夜温 3 日後では幼葉部と茎部の糖とアミノ酸画分に多くとりこまれており、高夜温 3 日後では、根部のアミノ酸画分と老葉部の有機酸画分に多くのとりこみがみられた。

考 察

本報は、夏系キュウリ、夏落着 3 号を用いて、育苗期における ^{14}C 光合成産物の分配におよぼす夜温の影響について検討したものである。育苗温度が $^{14}\text{CO}_2$ のとりこみと ^{14}C -光合成産物の分配におよぼす影響については、第 1 報 (6) で報告した。本報は、第 1 報の結果、光合成能力に対して最も好結果を与えた昼温 25°C 、夜温 14°C のこう配型温度管理方式を用いて育苗した苗にいつせいに $^{14}\text{CO}_2$ をとりこませ、そのあと、昼夜各 12 時間の水平型温度管理方式を用いて昼 25°C —夜 20°C (高夜温区)、 25°C — 14°C (低夜温区) の 2 区における ^{14}C -光合成産物の消長を経時的にしらべたものである。

その結果、高夜温区では特に幼葉部から茎、根への ^{14}C の移行が多いが、低夜温区ではその移行は少なく全般的な比放射能の低下も高夜温区より少なかった。特に高夜温区の幼葉部にみられた比放射能の顕著な低下は、

呼吸による ^{14}C の系外放出量が低夜温区よりも多いためと解釈した。これに反して、低夜温区では ^{14}C -光合成産物の移行は遅いが、呼吸消耗も少ないため比放射能の低下が少ないと考えられる。これらの結果が、低夜温で 2～3 日経過後も乾物率が同化直後のそれとほぼ等しく保たれたのに反して、高夜温区では顕著な乾物率の低下 (第 3 図) として現われたものであろう。

また、低夜温区では 3 日後に老葉部に ^{14}C の増加が認められたが、老葉部のみでなく、各部位のアルコール不溶画分に ^{14}C が徐々に蓄積して行つた (第 11 図)。これに反して、高夜温区ではこの画分への ^{14}C の蓄積がみられず、ただ、老葉部と根のアミノ酸、有機酸画分の ^{14}C がやや増加してくるにすぎなかつた。

キュウリの苗は、その定植後の活着がよいことはもちろんのこと、現在行なわれている摘心栽培においては特に発生してくる側枝の数と質が収量構成要素となる。従つて、活着がよく、健全な側枝の発生の多い苗を育苗することが栽培上重要なことといえる。キュウリの温度管理においては、高温、特に高夜温で育苗管理すると、生育は進むがいわゆる徒長となり、定植時に植え傷みを起こしやすく、またその後の開花結実が不良になることが知られている (2, 3)。これに反して低夜温育苗では、定植後の有効分枝数が多く (8)、夜温 $10\sim 15^\circ\text{C}$ および地温 $17\sim 19^\circ\text{C}$ の範囲で、観察上からもほぼ正常に近い草型を示す (7) という。本報で得られた高夜温区における乾物率の低下や、アルコール不溶画分に ^{14}C が蓄積されないことなどが、高夜温で育苗した苗における定植後の生育不良の主要な原因であらう。

星野ら (4) は、ラジノクロープに $^{14}\text{CO}_2$ を同化させ、同化直後と 4 日後の ^{14}C -光合成産物の形態と分布を調べた結果、葉柄とはふく茎とは ^{14}C の動き、形態ともに類似した性格を持つていることを明らかにした。著者らは前報 (6) および本報においてキュウリを供試し、葉柄は茎とともに一括して同化能力を調べた。これはキュウリにおいても、葉柄の生理的性質は葉身よりもむしろ茎に近く、物質の通道と一時的貯蔵の器官であるとみなしたためである。

また星野ら (4) は、ラジノクロープを用いて同化と転流について研究し、葉身では $^{14}\text{CO}_2$ のとりこみは幼葉部に特に高く、それは同化直後には糖を主体としており、経時的に若い葉柄と茎にデンプン、タンパク質として貯蔵されたと報じている。さらに老葉部では、同化直後の糖成分は、大部分が呼吸と他の部位への転流に消費されたとしている。

転流におよぼす温度の影響についての研究は多く、一

般に低温によつて転流速度が減少するとされている（1, 5, 11, 12, 13）. 中でも、ラジノクローパの場合には（5）、15～25°C では転流速度はほとんど変わらないが、10°C になると2/3に低下した. 一方転流量についてみると、10, 15, 20, 25°C の場合にそれぞれ19:44:62:100と、低温による転流量の低下が顕著であるという. さらにカボチャの一種（*Cucurbita melopepo*）では、とりこまれた¹⁴Cの移動は10, 15°C ではかなりおさえられ、5°C以下と55°Cでは完全に停止したとされている（12）. 本報のキュウリの場合も、おそらくこのラジノクローパやカボチャの結果のように14°Cの低夜温により光合成産物の転流量がかなり抑制されたものと考えられる.

転流の方向については、サツマイモでは、¹⁴C-sucroseの転流は、夜温の低い場合は根の方向に多く、夜温の高い場合は未展開葉および生長点の方向に多くなる（9）. そして転流方向におよぼす地温の影響は気温ほどは著しくないとされている. 本報におけるキュウリの実験は、地上部全体を対象にして¹⁴CO₂をとりこませたもので、単葉または一部位から¹⁴CO₂のとりこみを行なわせたものでないため、¹⁴C-光合成産物の転流方向については考察することができないが、今後、キュウリを用いて、夜温と転流の方向、特に果実をつけた植物体での¹⁴Cの移行方向について検討したい.

吉田ら（14）は、水稻の根への光合成産物の転流形態と根中における形態変化について研究し、水稻では光合成産物は主としてショ糖の形で根へ移行すること、根に転流したショ糖の形の¹⁴Cは活発にアミノ酸合成に用いられ、この合成は地上部よりもさかんであると報告した. 本報における高夜温3日後の根部のアミノ酸画分へのとりこみの増加（第12図）は、キュウリにおいても水稻の場合と同様に、アミノ酸合成は地上部よりも根部でさかんなこと、更にそれは14°Cよりも20°Cでおう盛であることを示唆している.

摘 要

キュウリの施設栽培における温度管理上の基礎的知見を得るため、第1報（6）に引き続き¹⁴C-トレーサー法による実験を行なつた. すなわち、キュウリ（供試品種・夏埼落3号）に¹⁴CO₂をとりこませ、¹⁴C-光合成産物の動態におよぼす同化後の夜温の影響につき検討したものである.

1. 用いた植物材料はすべて均一条件下（昼25°C, 夜14°C, 設定温度4時間のこう配型温度管理方式）で育苗し¹⁴CO₂をいつせいに同化させた. 同化後、昼温は25°Cにし、夜温を高夜温（20°C）と低夜温（14°C）の2区

（昼夜各12時間の水平型温度管理方式）に分けて2～3日経過させた. その植物体の乾物率は、同化直後から同化後3日までの間に、高夜温区では減少したが、低夜温区では同化直後の乾物率を保持した（第3図）.

2. 植物体各部位の比放射能をみると、同化直後は下から10葉位の葉身で最も高く、下から4葉位までの葉身では非常に低い. 同化後、高夜温で経過すると、下から8葉位以上の幼葉部での減少が著しく、未展開葉部や茎および根でやや増加する. 低夜温で経過すると、幼葉部での減少は著しくなく、かつ未展開葉部や根ではやや増加する. 特に下から2葉位までの老葉部では3日後に増加が認められた（第4, 5図）.

3. 熱アルコールで抽出し、イオン交換樹脂で分画して¹⁴Cの体内における形態と分布に対する同化後の夜温の影響について検討した. その結果、デンプンやタンパク質などの貯蔵物質や体構成成分を含む画分の¹⁴Cは、同化後低夜温で経過すると徐々に増加するが、高夜温で経過すると増加しなかつた（第9, 10, 11図）.

4. これらの結果から、同化後に実施した2段階の夜温管理によつて、次の結論が得られた. すなわち、夜温20°Cでは光合成産物の移行は早いのが、夜間の呼吸こう進による系外放出量が多く、一方、夜温14°Cでは移行は遅いが消耗は少ないため、最終的な蓄積は多いということが明らかにされた. 従つて、キュウリの栽培管理のうちで特に育苗期に限つては、夜温を低く保つことの有利性に対する同化物蓄積の面からみた裏付けが得られたといえる.

謝 辞 本研究を行なうにあたり、終始懇切なご指導、ご助言をいただいた農技研アイソトープ研究室・小林宏信室長、津村昭人技官に厚くお礼を申しあげます. また、研究の便宜をはかり、ごべんたつをいただいた埼玉園試・大熊光雄前場長、上浜竜雄そ菜部長、農技研生理第3研究室・稲田勝美室長の各氏に感謝の意を表します.

引用文献

1. HARTT, C. E. 1965. The effect of temperature upon translocation of C¹⁴ in sugarcane. *Plant Physiol.* 40: 74-81.
2. 藤井健雄・伊東 正・椎名不二男・湊葵爾. 1962 果菜栽培温度に関する研究（1）. トマト、キュウリの育苗における気温、地温の影響について. 千葉大学園芸学部学術報告. 10: 59-70.
3. 堀 裕・新井和夫・細谷 毅・小山田光男. 1968 培地温と気温の組合せがそ菜の生育ならびに養分吸収に及ぼす影響（1）. キュウリ、トマト、カブ、インゲンに関する実験. 園試報. A7: 187-214.
4. 星野正生・西村修一・大久保忠且. 1966. 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 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.
5. 星野正生・大泉久一・大久保忠且. 1972. 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 (第7報). ^{14}C -同化産物の転流速度におよぼす温度, とくに低温の影響. 同誌. 41: 509-513.
 6. 稲山光男・村上 高. 1973. . キュウリの光合成産物の動態に及ぼす温度の影響 (第1報). 種々の気温で育苗した苗の $^{14}\text{CO}_2$ とりこみと光合成産物の配分. 園学雑. 42: 27-34.
 7. 尾上重幸. 1972. 暖地におけるハウスキュウリの温度管理法. 農業および園芸. 47: 1411-1416.
 8. 大塚千之助・稲山光男. 1969. 施設栽培そ菜の生態に関する研究 (第2報). 夜温管理が夏系キュウリの生育収量におよぼす影響. 同誌. 44: 1877-1879.
 9. 関岡 行. 1963. 2, 3 根菜類における同化物質の転流・蓄積におよぼす環境要素の影響 (I). 物質の転流・蓄積と地温および気温との関係. 九州大学農学部学芸雑誌. 20: 107-118.
 10. 慎 鏞吉・山口益郎・奥田 東. 1966. 無菌水稻幼植物に吸収されたアミノ酸の体内での挙動. 高等植物の生育におよぼす有機物質の影響 (第3報) 土肥誌. 37: 451-456.
 11. VERNON, L. P., and ARONOFF. 1952. Metabolism of soybean leaves IV. Translocation from soybean leaves. Arch. Biochem. Biophys. 36: 383-398.
 12. WEBB, G. A. 1970. The translocation of sugars in *Cucurbita melopepo*. V. The effect of leaf blade temperature on assimilation and transport. Can. J. Bot. 48: 935-942.
 13. WHITTLE, C. M. 1964. Translocation and temperature. Ann. Bot. N.S. 28: 339-344.
 14. 吉田武彦・宮松一夫. 1968. 水稻根への光合成産物の転流形態と根中における形態変化について. 作物根の生理的活性に関する研究 (第7報). 土肥誌. 39: 228-232.