

機関番号：82111

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20780025

研究課題名（和文） ポジトロンイメージング技術を用いた果実への光合成産物蓄積機構の解明

研究課題名（英文） Analysis of translocation and distribution of photoassimilates in eggplant fruit using  $^{11}\text{CO}_2$  and positron-emitting tracer imaging system.

研究代表者

菊地 郁（KIKUCHI KAORI）

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・野菜茶業研究所・野菜ゲノム研究チーム・主任研究員

研究者番号：30360530

研究成果の概要（和文）：異なる葉位の葉から果実へ移行する光合成産物の動態について解析を行った。ナスの第1果実直上（第8葉）、直下（第7葉）および果実下2枚目の葉（第6葉）から果実へ移行する光合成産物を測定した。分配部位は葉によって異なり、移行量は葉位によって規則性がある事が明らかになった。明期が光合成産物の動態に及ぼす影響についても解析を行った。連続した照明下または暗黒下に維持した後では光合成産物が葉から果実へ移行する速度は照明下に維持した後の方が早い事が明らかになった。

研究成果の概要（英文）：We analyzed the translocation and distribution of photoassimilates in eggplant fruit in relation to positions of the source leaves using the positron-emitting tracer imaging system. One leaf from the immediately above, immediately below and second below the first fruit was selected, and  $^{11}\text{CO}_2$  was fed to this leaf and the translocation of  $^{11}\text{C}$  into the fruit was measured. It revealed that the distribution part and the volume of photoassimilate translocation from a leaf to a fruit depend on the leaf position. And we compared the effect of dark and light pretreatment on the dynamics of photoassimilates translocation in eggplant, too. As the result, velocity of photoassimilates translocation from the leaf to fruit is higher in the case after light pretreatment than after dark pretreatment.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学・園芸学

キーワード：果実発達、光合成産物、転流、ポジトロンイメージング

## 1. 研究開始当初の背景

ナス等の果菜類は栽培環境の悪化等により光合成産物の供給が阻害されると、結実

不良や果実品質の低下が引き起こされ減収することが知られている。そのため果菜類の生産率向上を考える際、光合成産物の果

実への蓄積機構を理解することは非常に重要である。これまで、光合成産物の動態を解析する研究は、 $^{14}\text{C}$ などのラジオアイソトープを用いて、その移行、分配などを観察することにより主に行われてきた。しかし、果実において $^{14}\text{C}$ 活性を検出するには、組織構造を破壊する必要があるため、得られる知見は特定のステージの植物体で一定時間後に移行した光合成産物を断片的に検出したものであり、果実を含めた植物体全体における光合成産物動態を検討するにはそれら断片的に得られた結果を基に推察するしかなかった。また環境などの外的要因が光合成産物動態におよぼす影響についても、個体差などの問題から正確な評価を行うのが困難であった。しかし近年、ポジトロン放出トレーサーの二次元分布を非破壊かつ経時的に解析できる Positron Emitting Tracer Imaging System (PETIS) が開発された。PETIS を用いれば、ポジトロン放出核種 $^{11}\text{C}$ をトレーサーとして、植物体内の光合成産物の移行過程を明瞭な動画像として非破壊かつ定量的に繰り返し測定することができる。そのため、 $^{14}\text{C}$ では得られなかった光合成産物の果実への蓄積機構に対する新たな知見が得られるものと考えられる。

## 2. 研究の目的

### (1) 葉から果実へ移行する光合成産物の葉位による動態の変化

光合成産物の転流は維管束を経由するが、葉によって果実内部へとつながる維管束経路が異なり、果実内で光合成産物を供給する部位を分担している可能性がある。この分担が何らかの理由で上手く機能しなかった場合、果実内の光合成産物分配に部分的不均衡がおこるため、曲がり果や変形果等が発生すると考えられるが、その機構については明らかではない。PETIS は光合成産物の移行経路を明確に可視化できるだけでなく、同一個体を用いての繰り返し計測が可能である。そこで本研究ではナスを材料に用い、同一個体で $^{11}\text{C}$ を施与する葉の葉位を変えることで光合成産物の移行経路や果実内での分配部位が異なるかを解析し、果実発達との関連性を明らかにする。

### (2) 環境変化が光合成産物動態に及ぼす影響の評価

光合成産物の移行量を継続的に計測でき、測定部位を自由に設定可能な PETIS の特性を活かし、日長などの環境変化が葉から果実へ移行する光合成産物の動態に与える影響について詳細に解析し、昼夜などの環境変化が果実発達に及ぼす影響について基礎的な知見を得る。

## 3. 研究の方法

### (1) 葉から果実へ移行する光合成産物の葉位による動態の変化

図1にPETISによる測定の模式図を示した。第1果実を対象とし、100MBqの $^{11}\text{C}$ を果実直上の葉(第8葉)に施与し、PETISを用いて10秒ごとに $^{11}\text{C}$ 放射活性を測定した。測定は3時間行い、得られたPETIS画像から光合成産物の葉への固定量、葉から果実への移行速度および移行量等を解析した。同様の試験を、同一個体を用いて葉位を果実直下(第7葉)、果実の下2枚目の葉(第6葉)に変えて行った。また葉位ごとに、果実内部での光合成産物の移行経路の特定を行った。

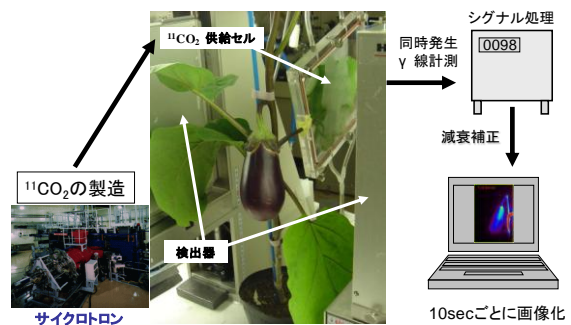


図1. PETIS 測定の模式図。撮像部位を検出器の中間地点に設置し、 $^{11}\text{C}$ から生じる $\gamma$ 線を測定し画像化する。

### (2) 環境変化が光合成産物動態に及ぼす影響の評価

図2に試験に用いた処理区を示した。植物体を48時間、28°C、連続照明下で維持した後に5MBqの $^{11}\text{C}$ を果実の下2枚目の葉に施与し、施与葉をPETISで2時間計測した(葉計測①)。その後再び100MBqの $^{11}\text{C}$ を同じ葉に施与し、同様に果実を3時間計測した(果実計測①)。果実計測①後は36時間・18°C・連続暗黒下に維持し、明処理後と同様に $^{11}\text{C}$ を施与して葉と果実の計測を行った。



図2.  $^{11}\text{C}$ 施与とPETIS測定のタイムスケジュール

## 4. 研究成果

### (1) 葉から果実へ移行する光合成産物の葉位による動態の変化

図3に $^{11}\text{C}$ を施与した葉位と果実の関係を示した供試個体の写真(A)と、 $^{11}\text{C}$ を施与して3時間後の果実のPETIS積算画像(B、C、D)を示した。画像から、第6葉から移行した $^{11}\text{C}$ -光合成産物は測定方向から見て果実の右周辺に強く集積する様子が観察された。第7葉から移行した $^{11}\text{C}$ -光合成産物は果実中央

部分に集積し、第6葉とは集積部分が異なった。第8葉では果実への $^{14}\text{C}$ -光合成産物の強い集積が観察されなかった。このような葉位によって果実での集積部位や移行量が異なる傾向は供試した個体全てで見られた。そこでPETIS画像を用いて $^{14}\text{C}$ -光合成産物の動態を解析した。果実で $^{14}\text{C}$ -活性が最初に検出されてから1時間後の果実への蓄積量は第7、6、8葉の順に多く、第7葉と第6葉からの蓄積量はほぼ同程度であった。第8葉からの蓄積量は第6、7葉に比べて少なく、3葉全てからの移行量のおよそ10%程度であった。以上のことから葉位によって葉から果実へ移行する光合成産物の分配部位および量が異なることが明らかとなった。このような葉位による分配部位の変化は曲がり果や奇形果等の発生に、移行量の変化は果実発達に大きく関与していると考えられ、光合成産物を効率的に果実へ分配し果実品質を上昇させる摘葉技術の確立に貢献する知見と考えられる。

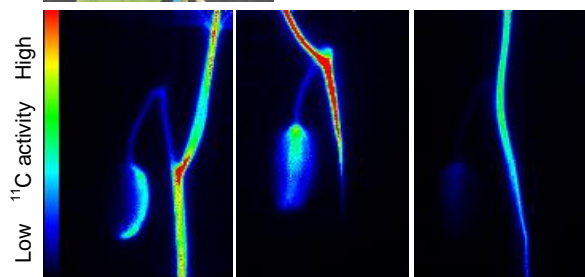


図3. 供試個体の写真(A)と、各々第6葉(B)、7葉(C)8葉(D)に $^{14}\text{CO}_2$ を施与3時間のPETIS積算画像

## (2) 環境変化が光合成産物動態に及ぼす影響の評価

図4に処理区ごとの葉柄部分における $^{14}\text{C}$ 放射活性の経時的变化を示した。 $^{14}\text{C}$ が葉から葉柄に到達する時間は明処理後の方が暗処理後よりも早い事が示された。また移行係数の変化から葉柄から送り出される時間と速度も明処理後の方が速いと推察された。そこで葉柄上に2点関心領域を設定し、2点間を移行する $^{14}\text{C}$ の速度を解析した(データ省略)。その結果、移行速度は明処理後の方が暗処理後よりも速い事が明らかになった。また図5に果実における $^{14}\text{C}$ 放射活性の経時的变化を

示した。 $^{14}\text{C}$ が果実へ到達する時間は明処理後の方が暗処理後よりも早く、 $^{14}\text{C}$ の移行量も明処理後のほうが暗処理後よりも高かった。以上の結果から明期の長さは葉からの光合成産物の送り出し量や移行速度に影響し、果実への光合成産物の流入量や速度を大きく変化させていると考えられる。光合成産物の移行は明期開始直後よりも十分に明期に置いた後のほうが活発に行われていた事から、朝より夕方の転流量の方が多し事が推察される。1日に起こる光合成産物の動態変化を把握することは栽培管理を効果的に行い、果実生産性を上げるためにも重要であることから、今後さらに詳細な解析を行う必要があると考えられる。

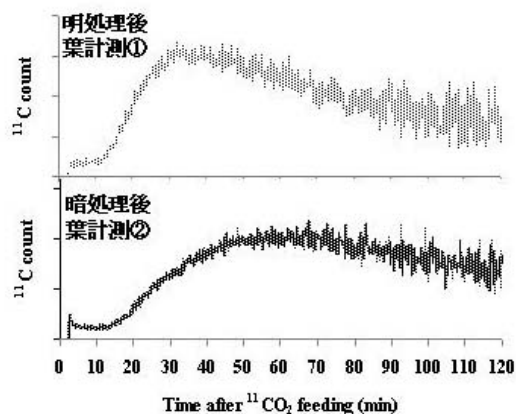


図4. 各処理区での葉柄部分における $^{14}\text{C}$ 放射活性の経時的变化

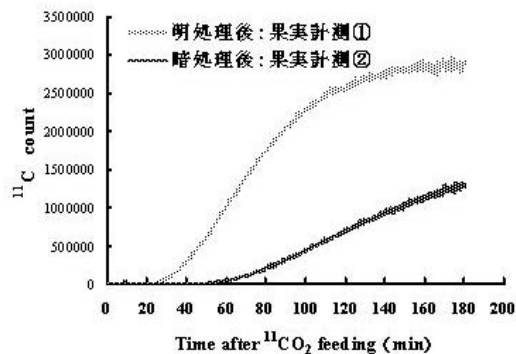


図5. 各処理区での果実における $^{14}\text{C}$ 放射活性の経時的变化

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

①菊地郁、(他7名、1番目)、Analysis of translocation and distribution of photoassimilates in eggplant fruit in relation to positions of the source leaves

using the positron-emitting tracer imaging system、JAEA Takasaki Annual Report 2008, JAEA-Review 2009-041、査読無、2010、p105

②河地有木、(他 6 名、2 番目)、Imaging for carbon translocation to a fruit with  $^{14}\text{CO}_2$  and positron emission tomography、JAEA Takasaki Annual Report 2008, JAEA-Review 2009-041、査読無、2010、p101

③菊地郁、(他 9 名、1 番目)、Real-time analysis of photoassimilate translocation in intact eggplant fruit using  $^{14}\text{CO}_2$  and a positron-emitting tracer imaging system、Journal of the Japanese Society for Horticultural Science、77、査読有、2010、p199-205

④菊地郁、(他 7 名、1 番)、Visualization of Photoassimilate Translocation in Eggplant Fruit using  $^{14}\text{CO}_2$  and a Positron-Emitting Tracer Imaging System、JAEA Takasaki Annual Report 2007、JAEA-Review 2008-055、査読無、2009、p110

[学会発表] (計 6 件)

①菊地郁、Visualizations of Photoassimilate Translocation in Intact Eggplant Fruit Using a Positron-Emitting Tracer Imaging System、28<sup>th</sup> International Horticultural Congress、22 年 10 月 22 日、リスボン、p120.

②菊地郁、明期の長さがナス植物体における光合成産物の移行に及ぼす影響、園芸学研究、8 卷 (2)、22 年 9 月 26 日、大分、p496

③菊地郁、PETIS を用いた葉位の違いがナス果実への光合成産物集積に及ぼす影響の解析、第 4 回高崎量子応用研究シンポジウム要旨集、22 年 9 月 10 日、高崎、p154

④菊地郁、果菜類の単為結果性機構解明と育種への応用、第 49 回ガンマーフィールドシンポジウム、22 年 7 月 15 日、茨城、p28-31

⑤菊地郁、ポジトロンイメージング装置 (PETIS) を用いた葉位によるナス果実への光合成産物移行量および移行部位の解析、園芸学研究、8 卷 (1)、22 年 3 月 21 日、神奈川、p104

⑥菊地郁、PETIS を用いたナス果実への光合成産物集積機構の解明、第 3 回高崎量子応用研究シンポジウム要旨集、21 年 10 月 9 日、高崎、p189

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

菊地 郁 (KIKUCHI KAORI)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・野菜茶業研究所・野菜ゲノム研究チーム・主任研究員

研究者番号：30360530