

セル苗の炭水化物代謝特性

野菜・茶業試験場生理生態部作型開発研究室 佐藤 文 生

はじめに

セル苗は、我が国において育苗の省力化と効率化を目的として80年代後半より導入され始めた。現在では、主に野菜や花において、育苗の主流を占めつつあるが、導入されてからまだ十数年も経ないことから、その育苗様式は、我が国より先んじて普及している欧米の育苗様式を、そのまま持ち込んでいるのが現状である。それ故、従来からあった問題点を抱えるだけでなく、日本特有の気象条件などから生じた新たな問題もあり、セル育苗の利点を十分に活用できないまま利用されていることが多い。セル育苗の利点を十分に発揮し、今まで以上に効率的に利用するためには、セル育苗の様々な問題点を改善し、従来の育苗法を改良することが必要である。そこで、このような問題点を解決するためには、セル苗の生理生態特性について十分に把握することが必要であるが、セル育苗の歴史が浅いことから、関連した基礎的研究も少なく、詳しく把握されるまでには至っていない。ここでは、セル育苗に関する2つの問題点を上げ、これまでの関連した研究報告などを参考に、それらの問題に関連する苗の炭水化物代謝特性についてまとめた。

セル育苗における問題点と課題

セル育苗は、苗の大量一括生産が図りやすいことから、育苗センターなどの大規模な施設で

の利用が多く、育苗の分業化が進み、苗が独自に流通する傾向にある。このような状況において、苗を商品として扱うためには、苗の規格や出荷基準を統一することが重要であり、苗の生育制御が従来以上に重視されている。しかし、苗の生育は、季節や天候、育苗環境、さらには、育苗する人によっても大きく異なる。とりわけ、セル苗は慣行苗に比べ、生育が遅いにもかかわらず徒長などを起こしやすく、同じ品質の苗を出荷時期に合わせて育てることがきわめて難しい。このように、苗の生育が不安定であることが、大きな問題となっており、効率的な生育制御技術の開発が望まれている。

また、露地野菜などでは、セル苗の利用が、育苗の省力・快適化を目的とするばかりでなく、露地圃場での移植作業から、中耕や除草、収穫に至るまでの作業を機械で行う機械化体系の中に組み入れて利用することが求められている。機械による一括管理を行うためには、個々の生育が均一であることが望ましく、機械の作業効率を十分に発揮させる上で重要な要素となる。とりわけ、収穫時における生育の斉一性は、移植後数日間の生育、すなわち活着の良否が大きく影響することが明らかとなっている（藤原ら、1998）。しかし、セル成形苗は、苗齢がある程度増加すると、定植後の活着が遅延する‘苗の老化’が生じることが問題となっており、その

改善策が求められている。

セル育苗の特異的環境

以上挙げた、育苗中における生育の不安定と定植後の活着遅延は、いずれもセル苗を有効に利用する上で重要な問題となっているが、このような特性は、主にセル育苗に特有な育苗環境から生じたものである。そこで、次にセル成形苗に特異的な育苗環境について述べる。

まず、もっとも大きく異なるのは、地下部の根域が極端に小さいということである。通常多く用いられる128穴トレイの場合でおよそ24m²、200穴トレイでは11m²しかなく、同様に根域が限られているポット苗から比べても、かなり根域が制限されている。さらに、セルに満たされる水分量も制限されることから、乾湿の差が現れやすく、常に乾燥ストレスと湛水ストレスを受けやすい条件下にある。また、培養土層が浅いため、地表面の熱が根域に伝わりやすく、真夏に直射日光が当たった場合には、根域の温度が50℃近くに達することもある。このように、セル苗の根域は、単に物理的、空間的制限によって根の伸長域が制限されているだけでなく、乾燥や高温などの二次的ストレスも引き起こされ、きわめて複雑な環境下になっているものといえる。

次に、地上部では、128穴セルトレイを用いた場合などは30×60cmのトレイの中に128本の苗を育苗することになるが、このような個体密度は、慣行的な育苗に比べ、かなり密植した状態といえる。したがって、育苗後期には莖葉部が繁茂することによって、隣接する苗同士の相互被陰を引き起こし、深刻な光不足をもたらすものと思われる。

このように、セル育苗が慣行育苗と大きく異なる環境条件を挙げたが、これらの条件や、他

の様々な条件が直接的に、または、間接的に育苗中における生育や定植後の活着に影響するものと考えられる。

セル苗の炭水化物代謝特性

一般に高等植物の生活観は、栄養生長期と生殖生長期に分けられるが、育苗中における生育や定植後の活着は、いずれも栄養生長に関係したものである。栄養生長期において、生長が活発な時期には、葉で炭水化物を合成し、また根から水や無機養分を取り入れることで、そのバイオマスを増やしていく。植物の細胞を構成するタンパク質や核酸、脂質、細胞壁、貯蔵物質などは炭水化物を主な減量として合成され、また、これらの物質を合成するために使われるエネルギーも同化産物を呼吸で消費することで得られる。したがって、栄養生長において、炭水化物代謝はきわめて重要な代謝反応であるといえ、セル苗の炭水化物代謝特性を把握することは、前述した問題点を解決する上で非常に意義のあることである。しかし、光合成反応から呼吸、二次代謝まで含めると、炭水化物はきわめて多岐にわたり、その全てについて取り上げることは不可能に近い。したがって、デンプンやスクロース、グルコースといった植物に比較的多量に存在する蓄積炭水化物を取り上げ、セル育苗で特異的な環境条件下でのその動態について焦点を絞った。

(1) 根域制限と炭水化物

CarmiとHeuer (1981) は、根域が制限されるほど、インゲンマメの生長が抑制され、デンプンと可溶性糖が増加することを認めている(表-1)。また、RobbinsとPharr (1988) も、キュウリを0.4lから5.9lにかけての異なった容積のコンテナで栽培し、根域が制限されるほど、

表-1 根域制限がインゲンマメの葉の炭水化物含量に及ぼす影響
(Carmi and Heuer, 1981 改)

	含量(%d.wt)	
	デンプン	可溶性糖
根域制限区	20.7±1.6	7.5±1.0
無処理区	11.2±1.1	6.4±0.9

生長が抑制され、葉のデンプンとスクロースが増加することを認めている。その中で彼らは、キュウリの主な転流糖であるスタキオースの合成活性が、根域が制限されるほど低下することから、根域制限が生長部位（ここでは根）のシンク能が低下したことで、結果的に葉に炭水化物が蓄積したものと考察している。

根域制限によって引き起こされる生長抑制が、物理的な制限や養分や水分の供給不足によって生長抑制が受動的に生じているのか、あるいは、根圏環境を認識した植物が自発的に生長を抑制しているのかについては、これまでのところ明らかではない。根域制限下では水分を保持する培地が少ないため、乾燥ストレスを引き起こし、それが植物に影響することがある。Hameedら(1987)の報告では、4.5 lと75mlの根域で栽培したトマトの生育と水分の状態を比較したところ、根域が制限された方では生育が抑制されると同時に、蒸散や拡散抵抗も低下することから、根域制限によって乾燥ストレスが生じることと認めている。

その一方で、Krizekら(1985)は、1250mlに対し40mlの根域制限、さらに、灌水制限による乾燥ストレスの有無で、ダイズの生長を比較したところ、いずれの処理区とも生長抑制が認められたが、炭水化物含量に対する反応が、根域制限と乾燥処理で異なることから、それぞれの処理による生長抑制は異なった作用機構によるものと考察している。

また、無機養分に関しては、CarmiとHeuer(1981)は炭水化物含量とともに、窒素やリンなどの無機養分の含量も調べているが、根域制限とは密接な関係が認められなかったことから、根域制限による養分不足が、生育抑制の直接的な要因ではないとしている。さらに、根域制限によって生じた生長抑制が、植物ホルモンであるジベレリンとベンジルアデニンの投与によって緩和されることから、彼らはその報告において、根域制限による根域制限による生育抑制の過程には、植物ホルモンが深く関与すると考察している。セル育苗のキャベツやレタスでは、根域制限による生長抑制が、根密度が高まる前の生育初期において、すでに現れることが認められており(佐藤ら, 1997)、植物が自発的に生長を抑制している可能性も示唆されている。

根域制限に関した実験は、水耕や土耕など栽培条件で、根域制限が植物に与える影響は大きく異なる。根域制限による反応がそれぞれ異なっているのは、実験環境の違いや植物によってその反応が異なるためと考えられる。根域制限による生長抑制が受動的、自発的いずれにしても、根域が制限されるほど、生長が抑制され炭水化物が蓄積する傾向が認められていることから、植物体内の炭水化物の増減が、根域制限下での植物の生長に大きく影響するものと考えられる。

乾燥ストレスの他にも、根域制限によって二次的に様々なストレスが生じると考えられるが、このようなストレス条件下の植物の生長と炭水化物代謝は、きわめて密接な関係にあることが報告されており、例えば、高温(Lafta・Lorenzen, 1995)や低酸素(Huang・Johnson, 1995)条件下では、生長抑制に付随して炭水化物の蓄積が認められている。これらのストレスによる

炭水化物の蓄積が、全て同じ機構で生じるのか、あるいは異なっているのか分からないが、高温や低酸素ストレスは、根域制限によって二次的に引き起こされる可能性もあり、また、これらのストレスに関する研究は、根域制限に比べ比較的多いことから、根域制限下における炭水化物蓄積の意義を考える上で参考となる部分が多い。

(2) 相互被陰と炭水化物代謝

一般に、光環境は植物の乾物生産において、きわめて重要な環境要素である。福岡ら(1996)は、育苗中のキャベツに50%の遮光処理を施すことによって、育苗中における苗の茎葉部や根の炭水化物含量を低下させ、乾物重の増加が顕著に抑制されることを認めており、育苗中の光条件は、セル苗の生長や炭水化物代謝に大きく影響する(図-1)。また、トマトのセル育苗において、個体密度を低めたり、トレイ上面にアルミ箔を貼付けることで光条件を向上させると、

草丈の徒長が顕著に抑えられることが報告されている(吉岡ら, 1999)。このことは、トマトのセル育苗で相互被陰による光不足が生じている

表-2 トレイの状態と苗の生育状況
(吉岡ら, 1999 改)

試験区	葉数 (枚)	草丈 (cm)
疎植	5.0	15.8
白トレイ	5.1	17.3
アルミトレイ	5.4	17.7
密植	5.1	24.1

ことを示唆している(表-2)。このように、セル育苗では、根域制限によって炭水化物含量が高まる傾向にある一方で、相互被陰によって炭水化物が不足しやすいといった2つの反対した影響が同時に現れているものと考えられる。

(3) 定植時の炭水化物

炭水化物含量の高い苗は、定植後の活着が良いことは、ナス(Lou・加藤, 1988)やイネ(本田・白田, 1958)、タバコ(宮崎ら, 1957)など

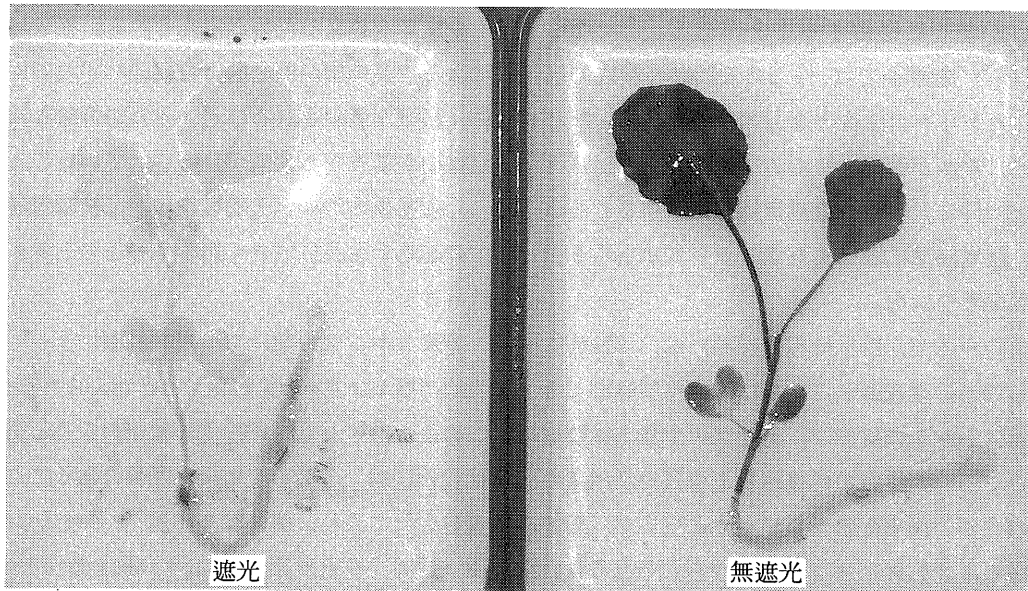


図-1 90%遮光がキャベツセル苗のデンプン含量に及ぼす影響
アルコールで脱色後、妖素溶液でデンプンを染色
(作型開発研究室)

多くの植物で認められているが、その苗に蓄積した炭水化物の定植時における生理的役割については詳しく検討されるに至っていない。キャベツのセル苗では、定植前に蓄積した茎葉部の炭水化物が、定植後、生長量の増加とともに急激に低下することが認められている（図-2；

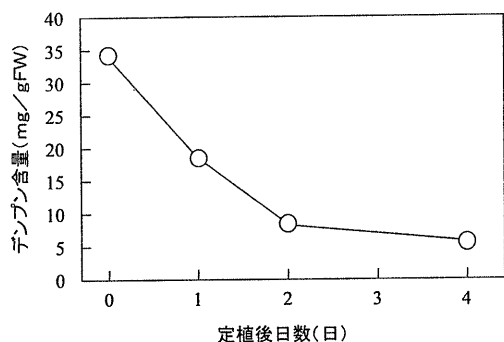


図-2 定植後の葉のデンプン含量の推移(佐藤ら, 1998改)

1998)。このことは、定植されることによって、炭水化物の代謝が活発になり、蓄積炭水化物が定植後の生長に利用されることを示唆している。さらに、定植後に低温条件にさらすと、定植後の生長が抑えられると同時に、炭水化物の低下が認められないことが確認されている（佐藤ら、未発表）。このとき、デンプンの合成の鍵酵素であるADPGホスホリラーゼやデンプンを分解するアミラーゼなどの酵素活性が密接に関係することから、これらの酵素活性が定植後の生長に大きく影響することが示唆されている。このように、蓄積炭水化物分解が定植後の生長に重要であると考えられるものの、分解された炭水化物がどのように利用されているのかについては分かっていない。光合成によって同化された炭素は、成熟葉など生長の遅い部分では、スクロースやデンプンなどの蓄積炭水化物に取り込まれやすいのに対し、未熟葉などの生長の早い部分では、細胞壁などの構造的炭水化物やタンパ

ク質などに取り込まれやすいことから、定植によってセル苗の同化産物分配に変化が起きているものと考えられており、我々の研究室では、これらのことについて、現在検討しているところである。

おわりに

セル成形成苗では、育苗中は根域制限によって生長が抑制されると同時に、炭水化物が蓄積し、また定植によって生長が促進されると同時に、蓄積炭水化物は現象するといった特性が認められる。したがって、苗の生長と炭水化物の含量は、反対の関係にあるといえ、苗の生長が炭水化物の蓄積や分解によって、ある程度調節されている可能性も示唆される。さらに、良好な活着には苗に蓄積した炭水化物の速やかな分解代謝が重要であるものと考えられる。

このように、炭水化物の蓄積・分解機構の解明は、セル苗の生長制御や定植後の活着促進をはかる上で重要であり、育苗中における生育の不安定や定植後の活着遅延といったセル育苗の問題の解決に大きく寄与できるものと思われる。今後、苗の生長と炭水化物の関係をさらに詳しく調べると同時に、そこに介在する代謝系の特性を把握することで、新たな手がかりを見いだせるものと考えている。

参考文献

- 藤原隆広他 (1998) 園学雑. 67: 767-772.
- Carmi, A. and Huer, B. (1981) Ann. Bot. 51: 519-527.
- Robbins, N.S. and Pharr, D.M. (1988) Plant Physiol. 87: 409-413.
- Hameed, M.A. et al. (1987) Ann. Bot. 36: 685-692.

Krizek, D.T. et al. (1985) J. Exp. Bot.
36:623-633.
佐藤文生他(1997) 園学雑. 66(別2):332-333.
Lafta, A.M. and Lorenzen, J.H. (1995) Plant
Physiol. 109:637-643.
Huang, B. and Johnson, J.W. (1995) Ann. Bot.
75:427-432.

福岡信之(1996) 園学雑. 65:95-103.
吉岡 宏(1999) 農気東海誌. 57:25-28.
楼 恵寧・加藤 徹(1988) 生還調. 26:69-78.
本多 靖・白田純雄(1958) 日作紀. 27:429-431.
宮崎督三他(1957) 日作紀. 26:141-142.
佐藤文生(1998) 園学雑. 67(別2):291.

勢ぞろいした シオノギの園芸・畑作用除草剤

- 長いつき合い、信頼のパートナー
- 多くの作物に使える除草剤

トリファナサイド *乳剤
粒剤2.5

*ダウ・アグロサイエンス商標

- ベストコンビでパワーアップ
- 粒剤タイプの野菜・畑作用除草剤

コンボラル ®

® : 登録商標

- 広葉雑草の除草剤

アクチノール ® 乳剤

® : 登録商標

- キャベツ、だいず、
とうもろこしの除草剤

シオノギ **フィールドスター** ® 乳剤

® はドイツ国BASF社の登録商標です。

- これでスッキリ 麦畑
- 殺草範囲の広い麦用除草剤

ガレース ® 乳剤
G(粒剤)

® : 登録商標



シオノギ製薬

大阪市中央区道修町3-1-8 〒541-0045

■使用前に説明書などを必ず読み、記載事項を守ってください。

99.4作成B52

最新 除草剤・生育調節剤解説 1998年版

企画・編集／財団法人 日本植物調節剤研究協会
B5判 285頁 本体5,000円(税別)

ジャンボ剤、フロアブル剤、1キロ粒剤など最近の水田除草
剤16剤。畑地・非農耕地除草剤5剤。水稻倒伏軽減剤1剤に
ついて、特長、使い方、性質、試験成績などを解説。

全国農村教育協会

〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6
Tel.03-3833-1821 Fax.03-3833-1665