

キャベツセル成型苗の

苗齢の進行に伴う根の生理的变化

石川県農業総合研究センター
砂丘地農業試験場

主任技師 福 岡 信 之

緒 言

セル成型苗において定植時の根の呼吸活性は、定植後の発根力を評価する有効な一指標となりうる³⁾。根の呼吸と根の炭水化物含量との間には密接な関係があり¹⁶⁾、遮光処理によって根の炭水化物含量が低下した苗では、根の呼吸活性が低く、定植後の発根量も少ない⁴⁾。苗の発根力の低下は、いわゆる“老化苗”でも同様に認められる現象である⁷⁾。ハウレンソウではセル成型苗を長期育苗すると、根の呼吸活性の低下が原因となって、定植後の発根が抑えられる¹⁴⁾。

ところで、トマト苗では苗齢が進行すると C/N比、細胞膜構成物質/炭水化物比の上昇などの生理的变化が引き起こされ、このことが苗全体の活力低下を引き起こし、定植後に発根力が低下することが報告されている¹⁵⁾。また、小さなポットで苗を育成すると、茎葉の生長が抑制されるとともに、茎葉の老化が早まることは良く知られている。この現象の解釈については、根域の制限→根量増加の制限→根数増加の制限→サイトカイニン生成量の減少→茎葉のサイトカイニン濃度の低下→葉のプロテアーゼ活性の増大→葉のタンパクレベルの低下→葉の老化の促進というスキームが提案されている¹²⁾。セル成型育苗では、慣行のポット育苗に比べて根域制限が早くから引き起こされることは明らかで、根域制限によって植物体全体の活力が低下し、それがいくつかの要因を経て苗の発根力の低下を引き起こすものと考えられる。

本実験では、苗齢の異なるキャベツセル成型苗を供試し、根の呼吸活性と定植後の発根力、根の炭水化物含量や呼吸活性に影響する酵素活性と根の呼吸活性との関係を調査することによって、苗齢の進行に伴う根の活力の変化が定植後の発根に及ぼす影響を検討した。

材料および方法

実験は、農林水産省野菜・茶業試験場ガラス室で行った。

苗齢と定植後の苗の引抜き抵抗値との関係

材料は、キャベツ“松波”を用いた。1994年9月18日に、セルトレイ(128穴)に1穴3粒になるように播種し、播種後7日目に1穴1株に間引きした。培養土は、市販の園芸培養土(ヤンマー野菜養土)を用い、播種後10日目より園試処方標準培養液の1/5濃度液を適宜灌水した。その他の管理は、慣行法に準じて行った。処理区として播種後16, 22, 29, 38日目に野菜園芸培養土(クレハ園芸培土)を詰めた5号素焼き鉢に定植する4区を設けた。定植時に茎葉・根重を、定植後4日目に苗の引抜き抵抗値を測定した。苗の引抜き抵抗値の測定は、オートグラフを用いて行い、地上部1cmの茎部をクリップで固定後、垂直に12cm/分の速度で引き上げた際の最大抵抗値を引抜き抵抗値とした。

苗齢と根の呼吸活性との関係

苗の引抜き抵抗値の測定の際に供試した播種後16, 22, 29, 38日目の苗について、定植時に根の呼吸活性を調査した。根の呼吸活性の測定用材料は主根から生じた側根部とし、酸素電極法⁵⁾に準じ、25℃下の酸素消費量を測定、乾物当たりの呼吸速度を算出した。

苗齢とインベルターゼ活性との関係

1994年11月21日、11月30日、12月7日の3回に分け、セルトレイ(128穴)に“松波”を播種した。11月21日播種では播種後46, 56, 72日目に、11月30日播種では37, 47日目に、12月7日播種では30, 40, 55日目に各区20個体ずつ採取し、根中のインベルターゼ活性を調査した。インベルターゼ活性の測定用材料は、主根から生じた側根と

し、新鮮根 0.5 g について前報⁴⁾に準じて測定した。

苗齢と炭水化物含量との関係

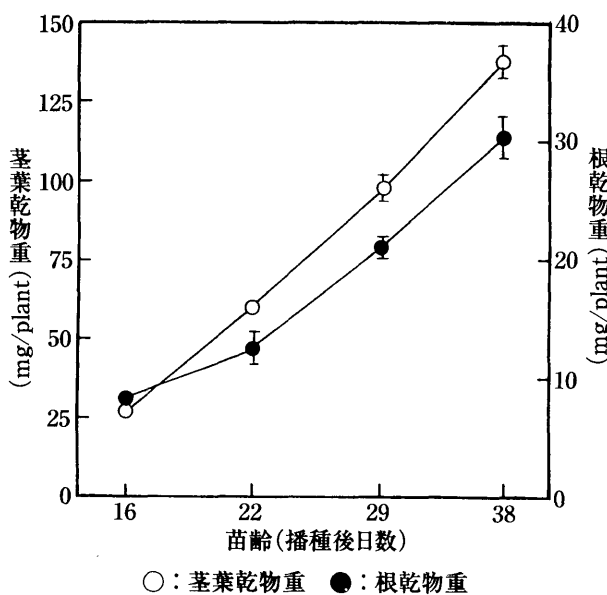
1994年10月18日と11月9日の2回に分けて、セルトレイ(128穴)に、“松波”を播種した。10月18日播種では播種後63日目、11月9日播種では41日目の12月9日に各区30個体採取し、根の炭水化物含量を測定した。糖の測定用材料は、主根から生じた側根部とし、新鮮根1gについて80%エタノールで糖液を抽出後、高速液体クロマトグラフィでスクロース、グルコース、フルクトース含量を測定した。デンプンは、上記で得られた残さをジメチルスルホキシド(DMSO)で加水分解し、遠心分離後、上澄液をグルコアミラーゼで3時間反応させ、遊離したグルコースを Somogyi-Nelson 法で比色定量した。

結果

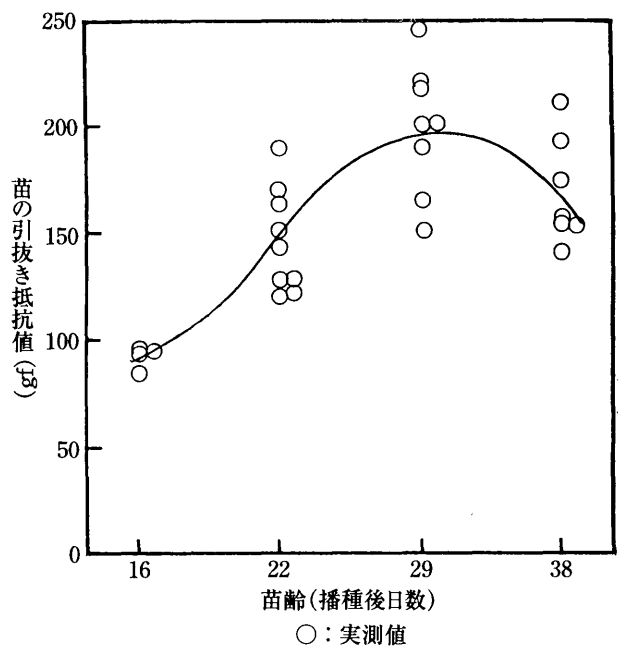
苗齢と苗の引抜き抵抗値との関係

実験期間中の茎葉・根重は、苗齢の進行に伴い直線的に増加し、播種後38日目の苗では16日目の苗に比べて茎葉重で5.1倍、根重で3.7倍の値となった(第1図)。苗の引抜き抵抗値は、播種後29日までは齢の進んだ苗で顕著に大きく、播種後29日の苗の抵抗値は200gfと16日目の苗の約2倍

第1図 苗齢とキャベツセル成型苗の茎葉・根乾物重との関係



第2図 苗齢と定植苗の引抜き抵抗値との関係

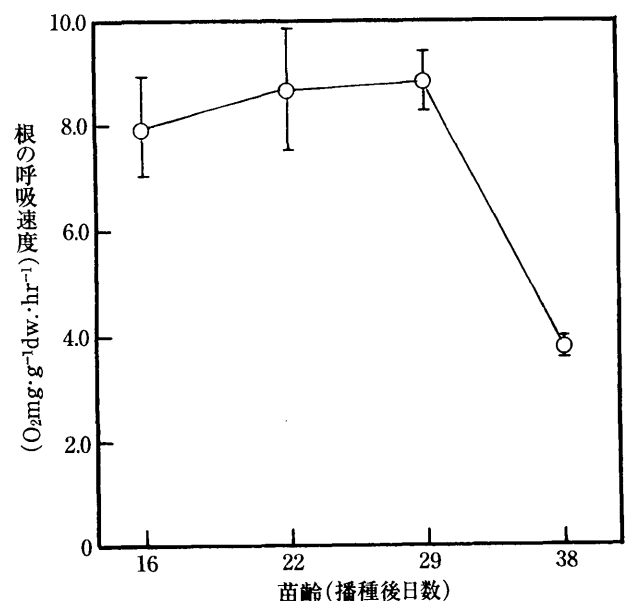


の値となった(第2図)。しかし、播種後38日目の苗の抵抗値は、29日目の苗の抵抗値と大差なく、苗齢の進行による抵抗値の増加は認められなかった。

苗齢と根の呼吸活性との関係

根の乾物当たりの呼吸速度は、播種後16, 22, 29日目の苗でいずれも $8 \text{ mgO}_2 \cdot \text{g}^{-1}\text{-dw} \cdot \text{hr}^{-1}$ 前後と

第3図 苗齢と苗の根の呼吸速度との関係



高かった(第3図)。これに対し、播種後33日目の呼吸速度は、播種後30日目以前の苗の約1/2の $3.9\text{ngO}_2 \cdot \text{g}^{-1}\text{dw} \cdot \text{hr}^{-1}$ と顕著に低かった(第3図)。

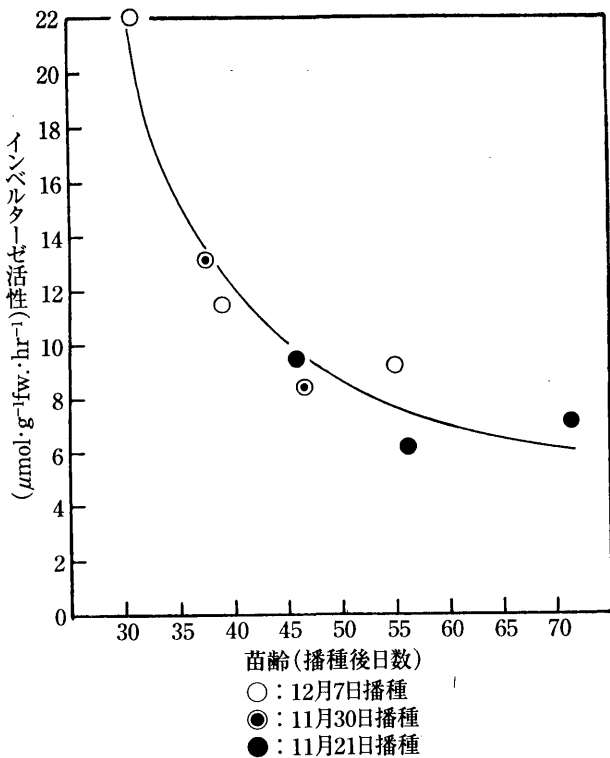
苗齢とインペルターゼ活性との関係

根のインペルターゼ活性は、12月7日播種では播種後30日目で $22\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}\text{fw} \cdot \text{hr}^{-1}$ 、39日目になると50%程度にまで急速に低下し、55日目には $9\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}\text{fw} \cdot \text{hr}^{-1}$ 前後となった(第4図)。11月30日播種では、播種後39日目で、 $13\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}\text{fw} \cdot \text{hr}^{-1}$ 、47日目では約45%活性が低下し $8.4\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}\text{fw} \cdot \text{hr}^{-1}$ となった。播種後日数が45日以上であった11月21日播種では、活性は播種後日数にかかわらず $9\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}\text{fw} \cdot \text{hr}^{-1}$ 前後と低かった。

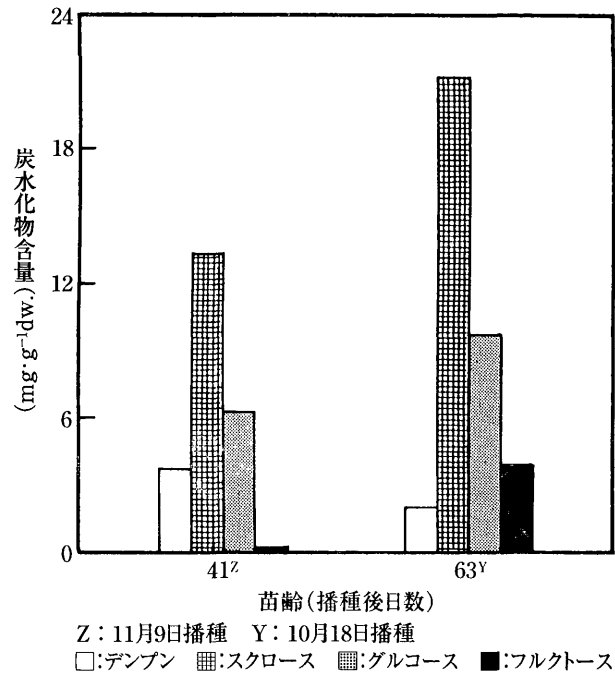
苗齢と炭水化物含量との関係

根のデンプン含量は、播種後41日目の苗で $3.34\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{dw}$ 、61日目の苗で $3.29\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{dw}$ 、といずれも低かった(第5図)。根の主要な糖は、スクロースとグルコースであった(第5図)。根のこれら糖濃度は、播種後41日目の苗でそれぞれ

第4図 苗齢と根のインペルターゼ活性との関係



第5図 苗齢と根の炭水化物含量との関係



13.4 μg 、6.3 $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}\text{dw}$ と低く63日目の苗では前者の2倍程度に高かった。

考察

一般に、苗齢が進んだいわゆる“老化苗”では、短期育苗のものに比べて発根力が弱く、定植後の生育も緩慢である^{2,15)}。定植苗の引抜き抵抗値の測定は、定植後の発根量を評価する一指標で、定植後に根重の増加量が大きく、根群が深く分布する苗ほど高い値を示す³⁾。本実験では、まず苗齢と定植後の発根力との関係を調査したが、定植4日後の苗の引抜き抵抗値は、播種後29日目までは定植苗の苗齢が大きいほど大きくなった。しかし、播種後38日目の苗の抵抗値は、29日目のものより若干小さくなり、38日目の苗で発根力が低下することが認められた。老化苗の定植後の生育遅延は、長期間の育苗によって根が鉢土内に充満し、根域が機械的に制限されたことが原因であるものと考えられる⁷⁾。Richards¹²⁾は、小さなポットで苗を育成すると茎葉の生長が抑制される現象について、根域制限による根数の増加制限が、茎葉のサイトカイニン濃度を低下させ、このこと

が葉のプロテアーゼ活性の増大や葉のタンパクレベルの低下を引き起こした結果、葉の老化が促進されたことが原因であることを指摘している。根群域の狭いセルトレイによる育苗は、慣行のポット育苗に比べて苗齢の進行に伴う根域制限が早くから引き起こされることは明らかで、齢が進んだ苗では葉の老化の進行が植物体全体の活力を低下させ、それが幾つかの要因を経て、苗の発根力の低下を引き起こすものと考えられる。

定植後の生育に密接に関与する苗の発根力は、定植時の根の呼吸活性と関係があり、根の呼吸活性が低いと発根量が少ない¹⁴⁾。根の呼吸活性と根の細胞の老若との間には密接な関係があり¹⁾、齢が進んだ苗の根では、根の呼吸活性が低い¹⁰⁾。本実験では、根域が制限された苗の根では、側根を含めた根全体の活力が一律に低下するものと仮定し、側根の呼吸活性を根全体の呼吸活性として便宜的に評価した。根の呼吸活性は、播種後29日目までは高かったが、播種後38日目の苗では前者の1/2程度にまで低下していた。前段で、齢が進んだ苗では植物体全体の活力が低下し、発根力が低下することを述べたが、その要因の一つに根の呼吸活性の低下が挙げられるものと推察する。通常、キャベツセル苗における根の炭水化物の蓄積形態はスクロースが主体で、これを分解するインベルターゼが呼吸活性に影響する酵素の一つとなっている⁴⁾。本実験では根の呼吸活性と同様に、側根部のインベルターゼ活性が根全体の活性の指標となるものと仮定し、苗齢とインベルターゼ活性との関係を調査した。根のインベルターゼ活性は、播種後30日目の苗では顕著に高く、40日間育苗することによって約1/2、60日間育苗した苗では1/4程度にまで低下していた。インベルターゼ活性は細胞の老若と関係があり⁸⁾、根では生長が停止した古い部位で低く、生長が活発な若い部位で高い¹¹⁾。インゲン葉身部ではインベルターゼ活性が低下すると、スクロース含量が急増するとの報告があるが⁸⁾、本実験においても播種後40日前後の苗と60日前後の苗では後者は前者に比べてスクロース含量が高かった。また、ヘキソース含量もスクロースと同様に齢が進んだ苗の根で高かった。通常、根の呼吸活性は、根の炭水化物含量が

高い場合に高くなる¹⁶⁾。本実験において、根の炭水化物含量が高まったにもかかわらず根の呼吸活性が低下したことは、苗齢の進行によってインベルターゼを含む呼吸活性に影響する酵素活性が全体的に低下したことが一要因となって、炭水化物の呼吸系への利用が抑えられたためであるものと推察する。

本論では、セル成型育苗は通常のポット育苗に比べて長期間の育苗による機械的な根域制限が早期に誘起され、このことが根を含めた植物体全体の活力低下を引き起こし、定植後の発根が抑えられるものと考えた。長期間育苗した苗で根の活力が低下したことは、根の呼吸活性に影響する酵素活性が低く、炭水化物の呼吸系への利用が抑えられ、根の呼吸活性が低下したことから推察できる。

引用文献

1. Boynton, D., J. I. Devilliers and W. Reuther. 1938. Are there different critical oxygen concentrations for the different phases of root activity? *Science*. 88:569-570
2. 藤井健雄・伊東正. 1963. トマト育苗における“老化苗”に関する一考察. *農及園*. 38 (4):601-604.
3. 福岡信之・吉岡宏・清水恵美子・藤原隆広. 1996 a. キャベツ・ブロッコリーセル成型苗の根の呼吸活性と定植後の発根力との関係. *園学雑*. 65(1):95-103.
4. 福岡信之・吉岡宏・清水恵美子・藤原隆広. 1996 b. 遮光下におけるキャベツセル成型苗の根の生理的变化と定植後の発根力との関係. *園学雑*. 65(3):545-551.
5. 石井龍一. 1985. 酸素電極法. 作物生理実験法—IV光合成・呼吸—p:197-199. 北條良夫・石塚潤爾. 編著. 農業技術協会. 東京.
6. Macleod, R. D. 1977. Some observation on invertase activity in roots of *Vicia fada* L. *J. Exp. Bot.* 28:853-863.
7. 正木敬・大野元. 1979. 鉢育苗に関する研究 I 育苗鉢の大きさ及び育苗日数を異にしたトマトの初期生育. *園試報*. A 5:81-93.

8. Morris, D. A. and E. D. Arthur. 1984. An association between acid invertase activity and cell growth during leaf expansion in *Phaseolus vulgaris*. L. J. Exp. Bot. 35:1369-1379.
9. Morris, D. A. and E. D. Arthur, 1985. Invertase activity, carbohydrate metabolism and cell expansion in stem of in *Phaseolus vulgaris*. L. J. Exp. Bot. 36:623-633.
10. Palta, J. A. and P. S. Nobel. 1989. Root respiration for *Agave deserti*: Influence of temperature, water status, and root age on daily patterns. J. Exp. Bot. 40:181-186.
11. Ricardo, C. P. P. and T. AP Rees. 1970. Invertase activity during the development of carrot roots. Phytochem. 9:239-247.
12. Richards, D. 1981. Root-shoot interactions in fruiting tomato plants. p.373-380. In: R. Brouwer, O. Gasparikova, J. Kolek, B. C. Loughaman (eds). Structure and function of plant roots.
13. Martinson. Nijhoff / Dr. W. Junk Pub. The Hague. Robinson E. and R. Brown. 1952. The development of the enzyme complement in growing root cells. J. Exp. Bot. 3:356-374.
14. 清水恵美子・吉岡宏・福岡信之・藤原隆広. 1995. ホウレンソウセル成型苗の苗齢が根の呼吸活性と定植後の生育に及ぼす影響. 園学雑. 64(別1):298-299, 1995.
15. 巽穰・景山美葵陽. 1964. 育苗に関する研究 II トマト苗の素質について. 園試報. A 3:133-160.
16. 吉岡宏・中川泉・西村仁一, 1994. 花芽分化促進のための低温・短日処理がイチゴ苗の生育と根の呼吸活性に及ぼす影響. 近畿中国農研. 88:39-43.