

根毛の形態形成におよぼすカルシウムイオンの影響

武岡 洋治（名大農学部）

作物根の養分吸収に関する研究は多数報告されているが、根毛自体に注目して、その発生過程との関連で水分および無機養分の吸収を検討した報告は比較的少ない。

筆者は、顕微分光測光法を用いて根毛における各種塩類の吸収を観測する方法を検討する過程で、カルシウム塩が根毛の形態形成に各種の異常を誘発することを見出した。ここにその結果の概要を報告するものである。

本実験は本学植物栄養及肥料学教室に在籍中に行なったものであり、谷田沢教授はじめ教室員諸氏に謝意を表す。

方 法

材料は水稻（コシヒカリ）、エンバク（日向黒）、ハクサイ（金将）を用い、濾紙をしいた9cmシャーレに各種溶液を6mlずつ入れ、各シャーレに20粒ずつ播種して30℃暗箱に2日～4日間静置した。

用いたカルシウム塩は、塩化カルシウム（ CaCl_2 ）、硝酸カルシウム（ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ）、燐酸第1カルシウム（ $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）の3種類でそれぞれ、0.03M、0.05M、0.08M、0.1Mの濃度溶液を処理した。

結 果

1. 根毛の形態発生におよぼす硝酸カルシウムおよび硝酸の影響

0.08M硝酸カルシウム溶液を処理したハクサイ種子を播種後3日目に観察すると、種子根の根毛につきのような形態の異常がみられた。

- ① 彎曲した根毛……先端部が彎曲または屈曲したもの（図1および図5b）、先端が肥大しかつ彎曲したもの、根毛全体がシグザグ状になったもの、など。
- ② 肥大した根毛……先端が球状または橢円球状に肥大したもの（図2および図3）が多く、比較的基部が肥大したもの、肥大部にさらに突起が発生したものなどがまれにみられた。
- ③ 分岐した根毛……先端部が分岐してY字形またはT字形（図4および図5c, 5d）に伸長しつつあるもの、また分岐した先端の一方が他方に比べて著しく伸長しているものなど。
- ④ 枝分れした根毛……根毛頂端部の伸長が停止し、その側部の細胞壁が急速に伸びて、1本の根毛が派生したような形を示すもの（図6）が多い。まれに、派生した根毛の先端がさらに分岐したものがみられた。

ヤヌスグリーンまたはメチレンブルーなどの生体染色により、根毛の異常発生にともなう細胞顆粒の動態をみると、発生のごく初期では部位による分布密度の差はみられないが、発生後細胞伸長を始めたものでは、先端部に比較的密に分布するようになる(図3および図6)、また分岐を行なう根毛では、分岐する部分の原形質膜附近に多く細胞顆粒が分布し、しかも原形質流動も活発となる。

0.01 Mから0.1 Mの硝酸溶液を処理した区では、うえにみられるような異常の発生はまったく認められなかった。またイネおよびエンバクについては、カルシウム塩による異常根毛の発生はほとんどみられなかった。

2. 根毛の異常発生におよぼすカルシウム塩の種類および濃度の影響

ハクサイの種子根に発生した根毛の異常について各塩類および各濃度につき10個体ずつ調査した結果はつぎのとおりである。

硝酸カルシウム 0.03 Mから0.1 Mの濃度範囲では、根毛の彎曲は全ての種子根にみられ、肥大する例は0.03 Mでは半数の種子根にみられるにすぎないが、高濃度となるにつれて全ての種子根に発生する。分岐または分枝する例は、高濃度となるにつれて70 %から80%の種子根でみられるようになるが、分枝の例は0.1 Mで著しく減少する(Fig.1)。

塩化カルシウム この場合も上記の濃度範囲では高濃度となるにつれてどのケースとも発生が増加する傾向がみられるが、硝酸カルシウムに比べて全般に発生率が低く、最も多く発生した彎曲または肥大のケースでも半数の種子根でみられたにとどまる(Fig.2)。

リン酸第1カルシウム 0.03Mから0.08Mの範囲内では彎曲、肥大のケースは増加するが、分岐、分枝のケースは逆に減少する傾向がみられる(Fig.3)。

うえにあげた3種類の塩に共通してみられることは、各濃度とも概して彎曲>肥大>分岐>分枝の順で発生率が高くなることである。

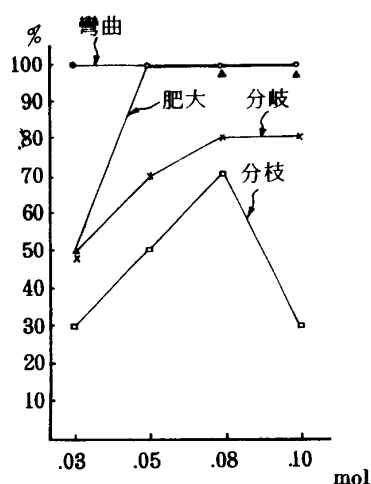


Fig. 1. 異常根毛の発生におよぼす硝酸カルシウム濃度の影響

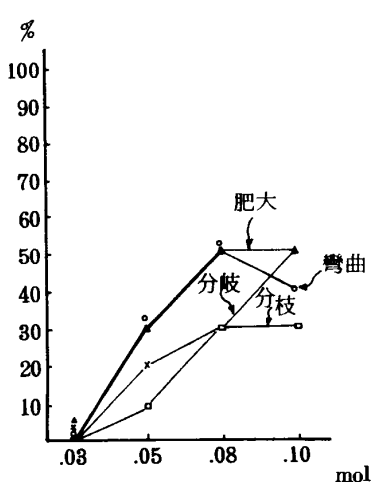


Fig. 2. 異常根毛の発生におよぼす塩化カルシウム濃度の影響

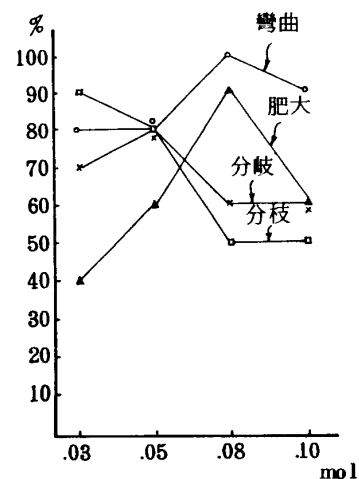


Fig. 3. 異常根毛の発生におよぼすリン酸第1カルシウム濃度の影響

考 察

うにあげた結果は、現象の諸形態をとりまとめたにすぎず、あくまで予報的なものである。したがって、カルシウム塩処理による種子根の生長の変化と根毛の異常発生との関係、種子根中における異常根毛の分布状態などについてはひきつづき明らかにする予定である。

さらに塩素イオン、リン酸イオンなどのアニオンの影響をも検討しなければならないが、硝酸カルシウムに関する限り、根毛の形態形成的な異常の発生は硝酸イオンよりはむしろカルシウムイオンの作用によるものと考えられ、カルシウムイオンが何らかの形で根毛の細胞壁の伸長の生理機構に作用して、とくに先端部の可塑性を局部的に著しく増大させたといえよう。しかも可塑性の増大が、その程度において、また根毛中の部位により異なるために、吸水その効果による細胞質の膨圧の変化と相まって、結果にみるように多様な形態を呈したとおもわれる。

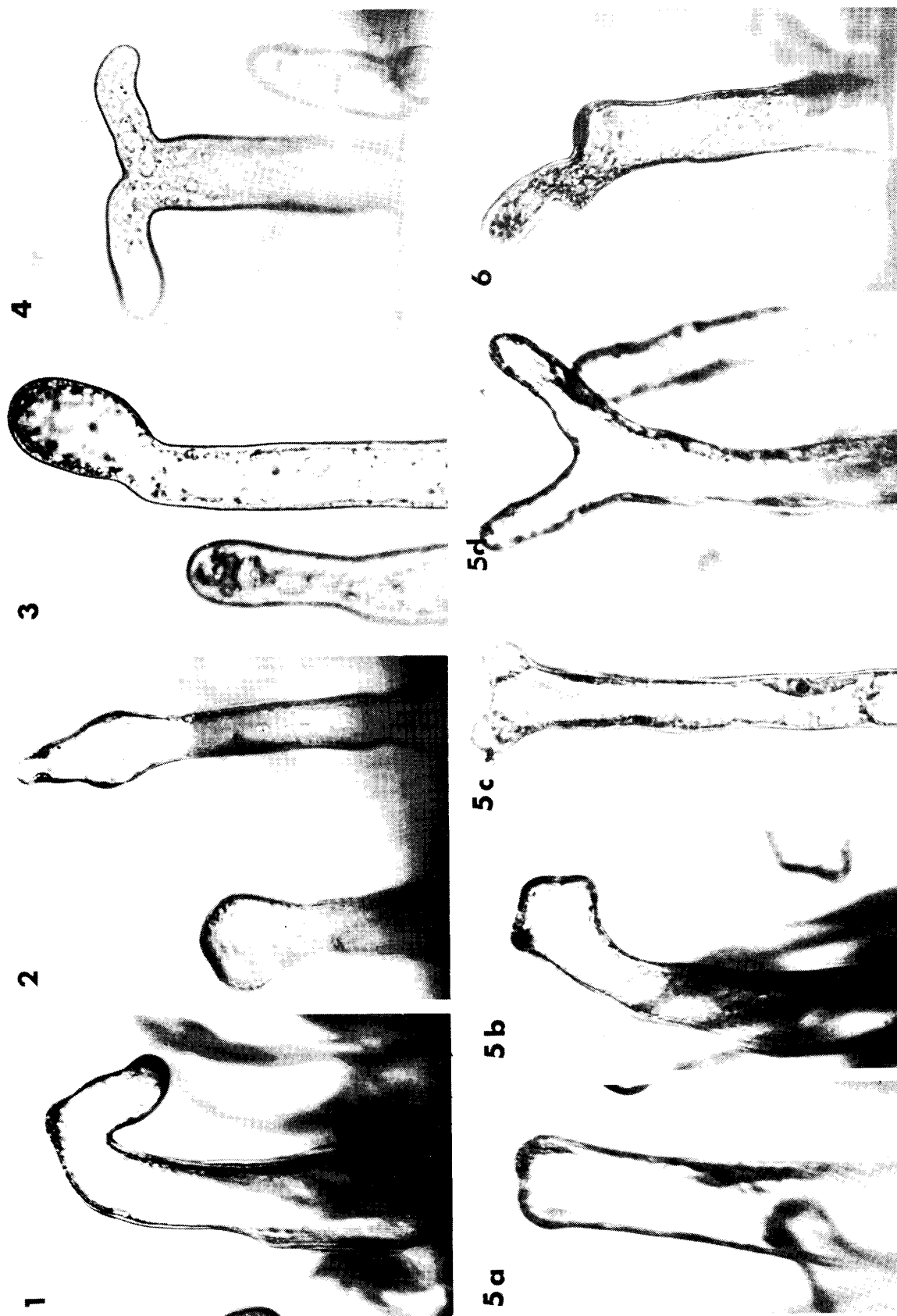
細胞壁の可塑性の増大に対してオーキシンが著しい効果を示すこと、さらに、オーキシンのこの種の作用に細胞壁の酵素蛋白および体内の蛋白、核酸代謝が関与していることが次第に明らかになりつつあるが³⁾、カルシウムイオンがこれらの代謝機構のどの部分に関与して作用を及ぼすのか、今後、オーキシン、核酸などとの関係を明らかにする必要があるが、異常がおこっている部位では、細胞顆粒が比較的密に分布し(図3および図6)しかも原形質流動が活発となる事実は、根毛形成細胞(*Trichoblast*)¹⁾で通常みられるように、細胞壁の可塑性の増大と著しい細胞壁の伸長にこれらの細胞顆粒のもつ代謝系が関係していることを示すのであろう。

他方、カルシウムイオンがIAAと拮抗的に作用して細胞壁の可塑性を減少させる例⁵⁾、カルシウム欠乏条件下で根毛の形態的異常が発生する例²⁾、などが報告されているが、本報の結果と考察はこれらと矛盾するものであり、この点の解決は今後の研究にまたなければならない。

イネおよびエンバクでカルシウム塩による形態的な異常がほとんどみられなかったことは、あるいは、カルシウムイオンが作物の種類、たとえばフェスツコイド型とパニコイド型⁴⁾により、逆の作用性を示すのであるか、この点ひきつづき明らかにしたい課題である。

文 献

- 1) Avers, C. J. and E. E. King, 1960. *Amer. J. Bot.* 47:220-225.
- 2) Cormack, R. G. H. 1935. *New Phytol.* 34: 30-54.
- 3) 増田 芳雄 1966. 植物の化学調節 1:135-144.
- 4) Row, H. C. and J. R. Reeder 1957. *Amer. J. Bot.* 44:596-606.
- 5) Tagawa, T. and J. Bonner, 1957. *Plant Physiol.* 32:207-212.



根毛の形態形成におよぼす硝酸カルシウム溶液の影響（説明は本文参照）