

食品材料の組織学的研究

— 米の発芽に伴う酵素活性と澱粉消化について —

天 川 満 子*

A Histological Research in Foodstuffs

— On the Activity of Enzym and the Digestion
of Starch in the Germinating Rice —

Mitsuko AMAKAWA

結 言

米は発芽する際、胚芽の吸盤から酵素シターゼにより細胞膜は破壊され、後にアミラーゼが出て、そのアミラーゼにより澱粉は消化され始めると猪野氏は報告している。また発芽が始まると胚乳部の澱粉消化が始まり、続いて芽や根は成長する。これらの現象を誘発または発現するのに必要な諸酵素、例えば澱粉消化には、アミラーゼ、パーオキシダーゼ、ビタミンB₁などの活性の高まりが伴って起ってくると友岡氏は報告している。²⁾

本報はそれらの現象を組織化学的に、発芽に伴った酵素（パーオキシダーゼとアミラーゼ）の所在と変化について観察したので報告する。

実 験 方 法

材料 昭和45年度広島県賀茂郡高屋町産のコメ（学名 *Oryza sativa* L）品種名「新千本」を昭和46年7月～8月（気温、摂氏18.2～34.2度）の室温で、シャーレ中に脱脂綿をしき、水道水を粃の高さの $\frac{1}{2}$ 程度加えて粃を蒔き発芽させて、発芽の日を追って採り試料とした。

方法 パーオキシダーゼ活性検出のためにはグアヤック脂の70%アルコールによる1%溶液と過酸化水素0.3%溶液。アミラーゼ活性検

出のためにはヨードヨードカリ液を用いた。

試料の粒穀を取り除きカミソリで縦に半切しそれぞれに作用させ、その反応を実体顕微鏡で観察した。また試料を2mm厚さに縦に切り、常法によりパラフィン包埋後、5～10μの切片とし、ライト・グリーン、ヨード・ヨードカリ液で染色して顕微鏡観察に供した。

以後、発芽経過日数を発芽1日という場合は、粃を蒔いて24時間経過したものをいい、2日とは48時間経過したものをあらわす。以下同じ。

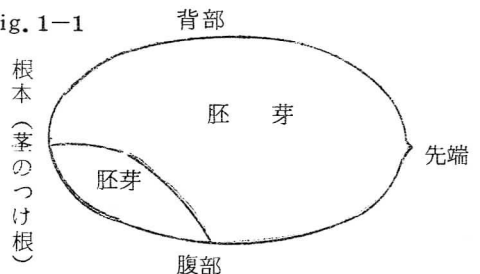
結果および考察

1) パーオキシダーゼの活性

半切された米の縦断面にグアヤック脂を作らせると、パーオキシダーゼの活性の高い所は、反応が青色にあらわれる。

米の形態を図示すると下図のようである。

Fig. 1-1



* 調理学研究室

Fig. 1-2 果皮附近の組織

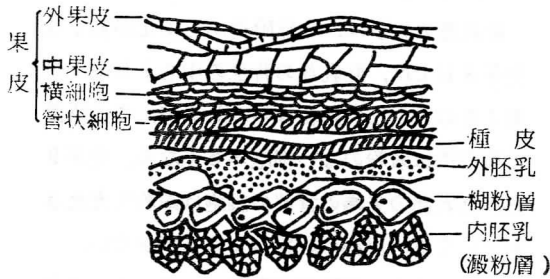
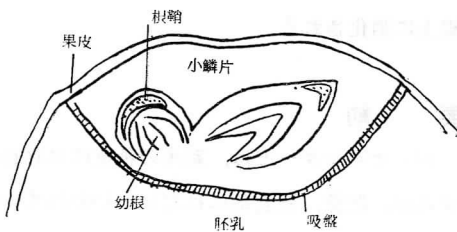


Fig. 1-3 胚芽と附近の組織



発芽1日 (Fig. 2) 胚芽はふくらみ、胚乳部の吸盤に接した所と茎のつけ根に濃くあらわれて、パーオキシダーゼの強い活性がみられる。

発芽2日では、胚乳部の吸盤に接した所のみでなく、先端にむけて活性の高いところが広がり、また胚芽、特に幼芽に高い活性がみられ、この時期に発芽する。発芽3日で芽に葉緑素 (クロロプラスト) が出現する。発芽4日胚芽部の吸盤に接したところで澱粉が消化されはじめる。胚乳部と吸盤および近くの胚芽に非常に強く、芽や根にも強くあらわれ、胚乳部の活性の高い部分は先端よりに巾広くなる。発芽5日、吸盤の活性は幾分弱まり、胚乳部は胚芽の形にそって巾広く均質的な活性がみられる。芽や根の先の活性は高い。発芽7日、吸盤の活性は更に弱い、みとめられる。また胚乳部では先端の方へと移行する。発芽8日、10日では吸盤に発芽7日と同様に弱いけれど活性はみとめられ

る。

胚乳部の活性の高い所は中心部まで移行する。発芽12日 吸盤における活性は非常に弱い、芽や根の基部、またその外側に強く反応はあらわれる。胚乳部の活性も中心部から先端へと移行する。発芽13日 (Fig. 3) 澱粉は消化されてしまい、胚乳部は空洞化して、ほとんど液化され外形もしぼみ、非常に切りにくい。従ってここでのパーオキシダーゼ活性の観察はむづかしく、ほとんどないと考えてよいと思うが、吸盤には発芽1日から13日までを通して活性が高く、芽や根の先端、つまり成長し続ける個所に高い活性が認められた。

2) アミラーゼの活性

半切された米の縦断面にヨード・ヨードカリ液を作用させると赤黒色に反応する。アミラーゼは澱粉を分解してアミロース、麦芽糖に変化して澱粉粒がみとめられなくなることから、澱粉の消化される所にアミラーゼが存在すると思われるので、澱粉の状態を観察する。

発芽1日～発芽3日 ヨード反応は吸盤の近くの胚乳部から反応を初め、澱粉でみたされた胚乳部全部に反応のおよぶのを待つと、胚芽、澱粉層を除いて真黒に反応する。この時点においてはアミラーゼの所在は不明確である。更に詳細な検討を加え確かめたい。発芽4日で胚乳部の吸盤に接した所から消化がはじまり、このあたりにアミラーゼの所存が認められる。また胚芽のうちでも、吸盤に近い所に澱粉があらわれてくる。発芽6日では胚乳部の澱粉は背部より腹部の方がより多く消化されている。澱粉は胚芽の吸盤附近、芽や根の基部に多くみられる。発芽7日胚乳部の澱粉は胚芽の形にそって $\frac{1}{4}$ 弱が消化されて、胚芽の澱粉のうち吸盤附近のはほとんど消失し、芽や根の基部に多くみられる。発芽11日 (Fig. 4) 胚乳部の澱粉は先端の背

側に多く残存する。胚芽の澱粉は、芽や根の基部に多い。発芽 13 日 (Fig. 5) 胚乳部の澱粉は消化されて存在しない。アミラーゼの活性の高い所で澱粉の消化がされると考えられることから、胚乳部にはアミラーゼの存在が認められる。

稲の栽培の実状に比べて気温が高いのではあるが、粳を蒔いて 13 日で、胚乳部の澱粉は消化されて、この澱粉が発芽、成長の養分となると考えられるので、次に胚芽における澱粉について検討する。

3) 胚芽における澱粉の変化

日を追って採取した試料をパラフィン包埋後 5~10 μ の切片とし、ライト・グリーン、ヨード・ヨードカリ液にて二重染色後に主に胚芽の吸盤附近の澱粉の変化を観察した。澱粉はヨードにより濃藍または紫色に反応する。

発芽 30 時間 (Fig. 6) 澱粉は胚乳部のみで胚芽にはみられず、種皮および糊粉層にも含まれていない。発芽 2 日 (Fig. 7) でヨード反応が澱粉の存在を認められるが、澱粉粒の形態をなしていない。これは澱粉の前駆物質と考えられる。この時期に発芽する。発芽 3 日 (Fig. 8) 吸盤 (胚乳と胚芽の境いの長い細胞) のすぐ内側に澱粉粒が確認される。澱粉粒のように大きなものがそのまま細胞膜を通過するとは考えられない。従って一旦消化分解されて胚乳部から胚芽へと移行して後、再合成されると考えられる。発芽 4 日 (Fig. 9) 胚芽における澱粉は多くなり、胚乳部の澱粉の消化は進む。発芽 5 日で吸盤のすぐ内側の細胞は澱粉によって満たされるが、発芽 6 日では 5 日のものより少なくまばらになり、発現場所は芽や根へと移行する。発芽 7 日、吸盤の内側細胞にも澱粉は存在するが、芽や根の基部 (つけ根) に多く見られる。発芽 9 日では吸盤附近には、澱粉は殆んどみられなくなるが、芽や根の基部には多く固ってみ

られる。発芽 11 日では吸盤附近に全く澱粉はなく、芽や根においても先端へ移行している。

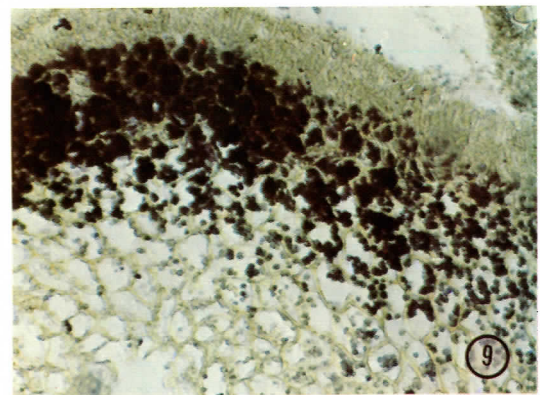
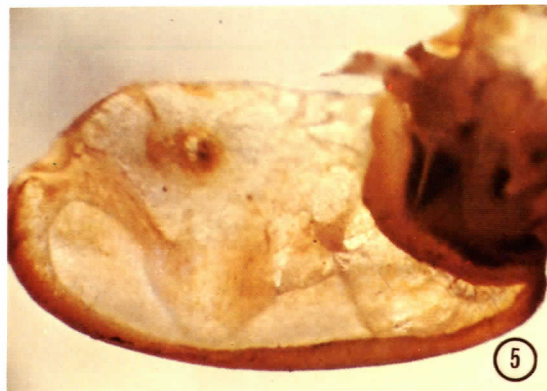
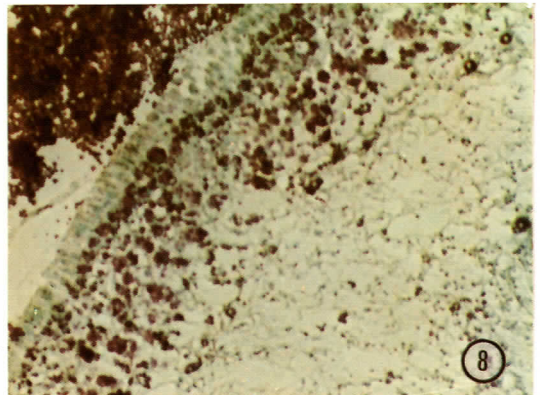
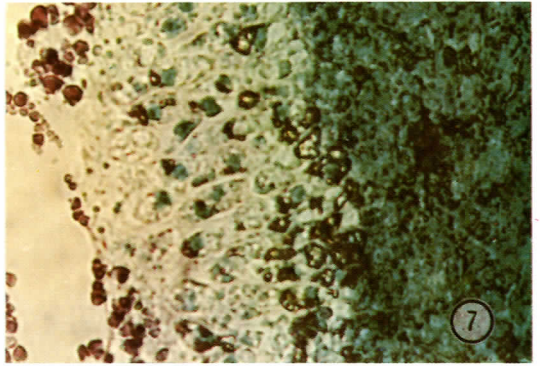
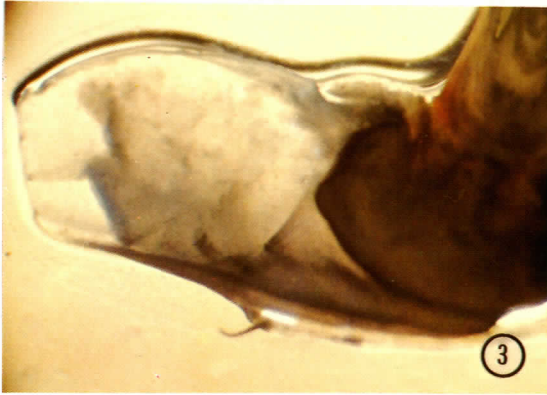
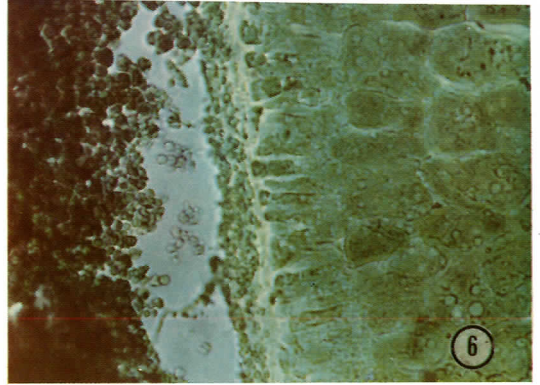
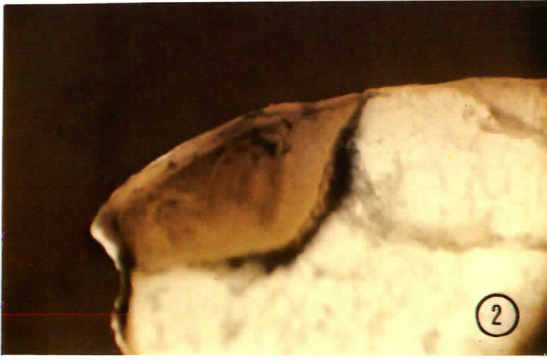
胚乳部の澱粉は、吸盤附近から消化が初まり発芽 8 日では、胚乳部の背部の中心よりやゝ先端よりのところに澱粉はみられるが、この位置の腹部には澱粉のない細胞が多くなる。発芽 9 日、胚乳部の先端の背部の細胞は澱粉で充たされていても、腹部の澱粉はまばらで少ない。

以上からも、胚乳部の澱粉は、アミラーゼやパーオキシダーゼの活性の検出の際にみられたように胚芽から先端に向かって、胚芽の形に添い曲線上に消化される。

要 約

1. パーオキシダーゼは、新米の種皮には存在するが、胚芽、胚乳部にはないといわれている。発芽に伴って胚芽、胚乳にあらわれ、吸盤に高い活性を示す。しかも澱粉消失後、即ち発芽 13 日にも存在し、成長の著しい芽、根の基部および先端に存在する。
2. アミラーゼは発芽の際、吸盤からのシターゼにより胚乳部に活性を示すが、発芽前においては、胚芽、胚乳部に存在するか、否かについて確かめたい。
3. パーオキシダーゼ、アミラーゼともに活性伝播の傾向は、胚乳部については胚芽から、先端へと向かい、両者が平行してみとめられる。
4. 米の胚芽における澱粉は、光学顕微鏡レベルでは認められないが、発芽 30 時間でも認められず、発芽 2 日にいたって、ヨード反応が澱粉の存在を示すが、澱粉粒の形態は確認できない。発芽 3 日後になると澱粉粒が成長して形態的につかみ得られるようになる。

このような現象から、澱粉の生成過程を確認する意味で、今後は澱粉合成酵素について



検討したい。

本実験にあたり、終始御懇切なる御指導を

賜わった広島大学川上いつゑ教授に深く感謝
いたします。

参 考 文 献

1. 猪野俊平：植物組織学 内田老鶴園新社
P 602 (1964)
2. 友岡恵美子：広島大学教育学部紀要
P 57 (1970)

写 真 説 明

Fig. 2 パーオキシダーゼの活性

発芽1日

× 10

Fig. 6 胚芽の吸盤附近(胚芽に澱粉がない)

発芽30時間

× 40

Fig. 3 パーオキシダーゼの活性

発芽13日

× 10

Fig. 7 胚芽の吸盤附近(ヨード反応がある)

発芽2日

× 40

Fig. 4 アミラーゼの活性

発芽11日

× 10

Fig. 8 胚芽の吸盤附近(胚芽に澱粉がある)

発芽3日

× 10

Fig. 5 アミラーゼの活性

発芽13日

× 10

Fig. 9 胚芽の吸盤附近(胚芽に澱粉が多い)

発芽4日

× 40