

エオシン浸漬発芽によるコムギ種子根の 背地性発現について

渋谷 紀 起*

Toshioki SHIBUYA: Anti-geotropism of Seminal Roots Induced by Eosin in Wheat.

緒 言

禾穀類の鞘葉や種子根に含まれている天然生長素が、それらの Tropism に重要な役割を演じていることは、既に研究されて、定説となつている。しかし、本実験に見られるような種子根の背地性に関しては、まだ究明されていない。

筆者は、コムギやイネの種子を可溶性エオシン水溶液に浸漬しつつ発芽させ、その種子根に著しい背地性が現われるのを知つた。

元来、コムギ種子根は12インチ以上にも地中に侵入することができ、コムギの生涯を通じて存在し、生育や熟期に影響するから、コムギ作物の大切な器官と考えられるので、その背地性が生育や熟期に、いかなる影響を与えるかが、農学上の問題点となるのであろうが、茲では、エオシンによるコムギ種子根の背地性発現という現象について、集録し得た点、及び背地性発現の原因についての考察を記述することとする。

実験方法の概要

1) 可溶性エオシン(和光純薬)の0.01%水溶液を発芽供試液とした。これの対照区の供試液は蒸溜水である。

2) 発芽時の種子根並びに鞘葉の生長または伸長の方向が、自由である様に工夫した。即ち短ガラス管を立てて、その切口までエオシン液または水を到達せしめ、この切口に種子を置く方法、水またはエオシン液の水面に細ゴム線2本を張り、この上に種子を置く方法及び大シャーレの中に種子を数粒播いて、下方以外は種子根及び鞘葉の生長方向に制限を与えないようにする方法、などをとつた。

実験結果

1. 種子根の上向生長

Plate 1 の a 図は、コムギ4品種の種子を蒸溜水(上段)及びエオシン溶液(下段)に浸漬して発芽させて後、ポットの地中に、胚を背にして播き下して、数日を経過したときの状態を示す。日中、地表下に及ぶ光は、すべて上方から入射するはずである。この場合、エオシン処理種子根は a 図のごとく、品種の如何を問わず総て背地的傾向を示す。

b, c, d 図はそれぞれ、コムギ(アオバコムギ)、ハダカムギ(ベンダイハダカ)、イネ(ハツシキ)の種子を、エオシン溶液に浸漬して発芽させた場合の姿を示す。発芽実験は25°C 恒温器内で施行された。種子が恒温器内にあるとき、日中には、恒温器上方の細孔から、薄明散光が、発芽中の種子に、上方から射し込んでいた。コムギ種子根の「跳ね上り」は、0.01% エオシン溶液浸漬のコムギの総ての種子に見られる普遍的現象であり、イ

* 農学部作物学育種学研究室 (Laboratory of Crop Science and Plant Breeding, Fac. Agr. Yamagata Univ.)

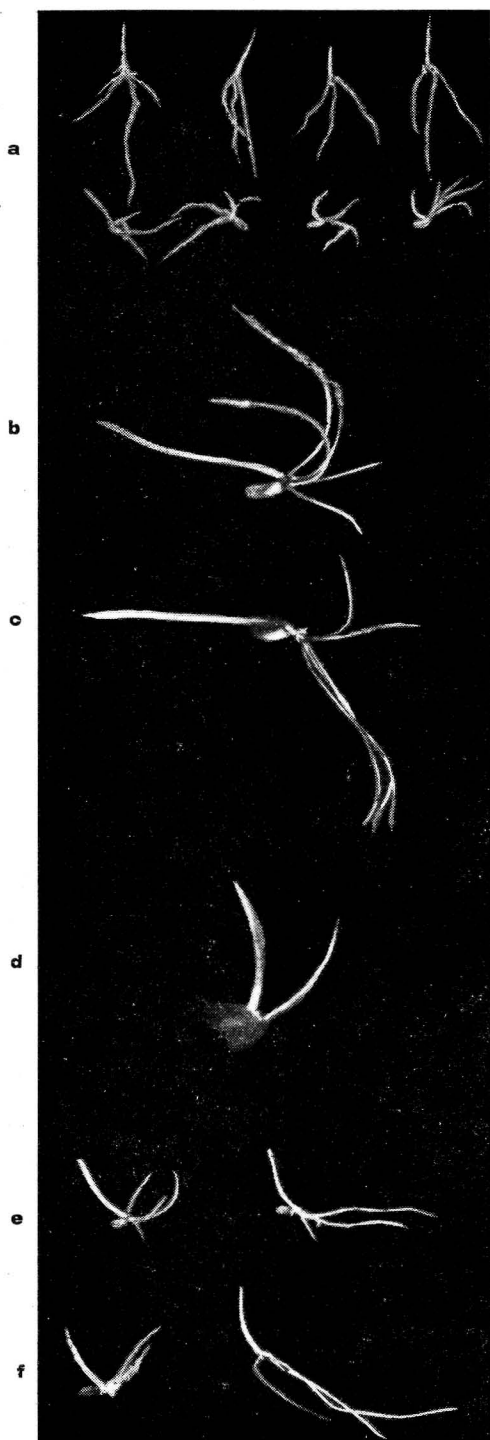


Plate 1.

a ... The upper seedlings : the control (prepared by water). The lower seedlings : the treated seedlings (prepared by eosin). Seeds were sown in the soil of pots. A few days after, they were picked up and photographed. The varieties are, from left to right, Nishimura, Tōhoku No. 88, Myōkokomugi and Aoba-komugi.

b ... Wheat seed (Aoba-komugi) germinated in eosin solution.

c ... Barley seed (Naked Bandai-hadaka) germinated in eosin solution.

d ... Rice seed (Hatsu-nishiki) germinated in eosin solution.

e ... Wheat seedlings germinated under electric lamp of 110-lux.

f ... Wheat seedlings germinated under darkness.

e, f ... Aoba-komugi. The left : treated seedling, the right : control.

ネ種子では、上向き生長のほか、横向き生長のものもみられ、またハダカムギ、皮大麦、エンバクでは、種子根の下向きの粒が多かつた。

e 図はアオバコムギで、左がエオシン浸漬発芽粒で、右が対照区であるが、このいずれにも、発芽の際に上方から普通電燈光線 110 ルツクスを照明した。普通電燈光線照明の直下では、エオシン浸漬発芽粒の種子根が、その鞘葉と同様に、明らかに上方に向いてきて、恰も、屈光性を発現したかのごとくであつた。

f 図も上と同じくアオバコムギで左がエオシン浸漬発芽粒、右が対照区である。いずれも暗黒下において発芽した。**f** 図によれば、エオシン浸漬発芽のコムギ種子根は、たとえ光が上方から投射していなくても、背地的生長をする事が、はつきりと認められる。そしてこの際最も顕著な点は、エオシン浸漬発芽粒の種

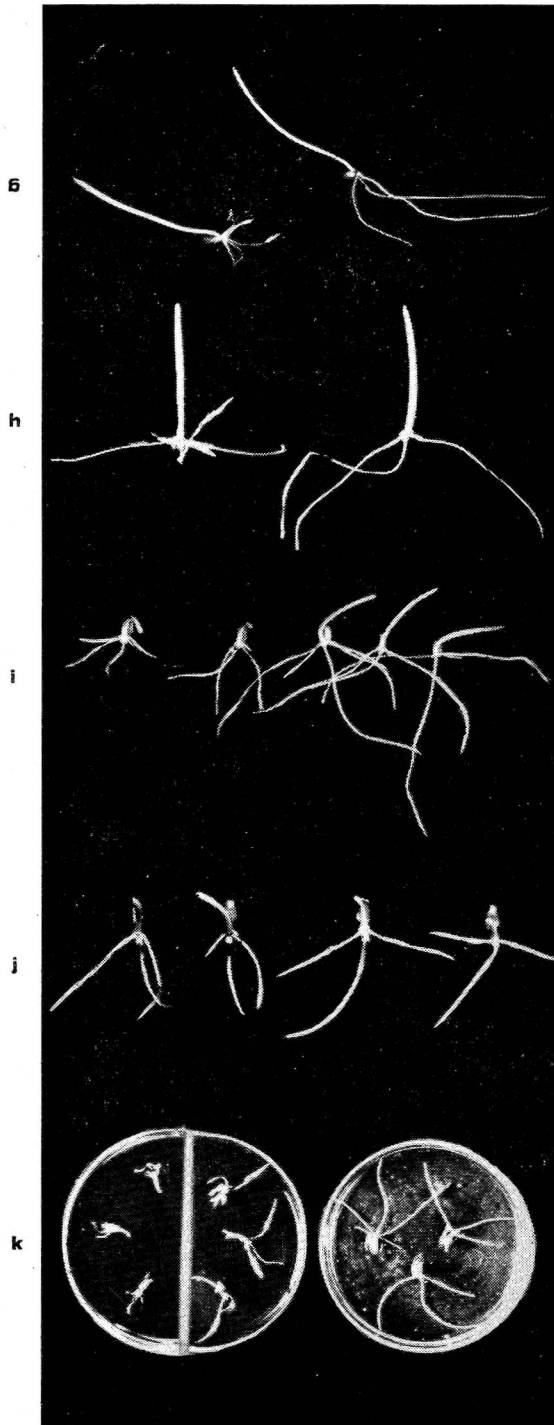


Plate 2

g, h ... Wheat germinated under darkness. There is no difference in the length of coleoptile between left (treated seedling) and right (control), but remarkable difference in the length of seminal root. **g**: Aoba-komugi, **h**: Kokeshi-komugi.

i (Tōhoku No. 97), **j** (Aoba-komugi) ... Coleoptile bends easily to the light, but seminal roots bend hardly. The lefthand two seedlings are those prepared by eosin solution.

k ... Right: seeds germinated in water and darkness. Lefthand two semicircles: seeds prepared by eosin solution. Wheat seeds (Aoba-komugi) in the most left semicircle germinated under red light of 38 lux show the inhibited seminal roots and the lack of root-hair.

子根の生長が対照区のそれよりも遙かに劣ることと、種子根に多数の根毛が生ずることである。

Plate 2 の **g** 図も **h** 図も、暗黒恒温器内での発芽粒であるが、左がエオシン浸漬発芽粒で右が対照区である。これで見ると、鞘葉の長さが、左粒も右粒も、ほぼ同等であるにもかかわらず、種子根の長さにおいては、エオシン浸漬発芽粒のそれが明らかに短い。 **g** 図のアオバコムギの鞘葉が垂直でなく、 **h** 図のコケシコムギの鞘葉が垂直であるのは、暗黒 25°C のなかでの、それぞれの特異性を現わしているものとみられる。

i 図及び **j** 図の左 2 個体がエオシン浸漬発芽粒であつて、これらの右の 3 乃至 2 個体が対照区である。どちらの図においても、鞘葉は、右乃至左から射し込む豆電燈光線の方向に屈曲しているが、種子根は光の方向への横曲りを示さず、たとえエオ

シンを吸収した種子根といえども、ほとんど右乃至左への屈光性を示していない。

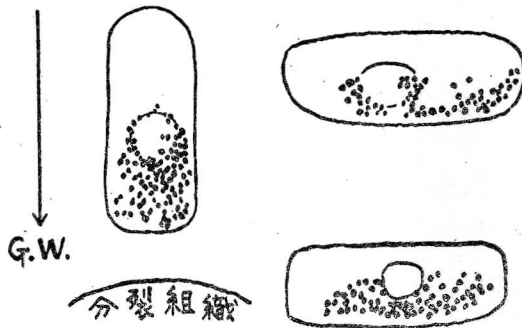
κ 図の最左半円は、赤色光線38ルツクスの下のエオシン浸漬発芽種子で、その右の半円は、暗黒下のエオシン浸漬発芽種子で、最右翼の円(シヤール)内のもは、暗黒下の蒸溜水浸漬発芽種子である。この図によれば、赤色光線が、種子根の生長を抑制することが明らかで、なお、生長の抑制された種子根は「跳ね上り」を示さず、また根毛を発生させない。

以上によつて、コムギのエオシン浸漬発芽粒種子根が上向生長をして背地的な姿態を示すこと、そしてこれは暗黒中においても現われるものであり、なおここに、左方乃至右方から光を照射しても、種子根は全く屈光せず、この点は鞘葉に似ていないことが明らかとなつた。

2. 発芽の遅速

0.01% エオシン水溶液にコムギ種子を浸漬して発芽させた場合と、対照区即ち蒸溜水に浸漬して発芽させた場合とを較べると、発芽所要時間では何等の差異もない。元來、種子発芽の遅速は、種子自体の熟度、内容物充実度、及び種子外圍環境によつて支配されるものであるが、今回の数度の発芽試験の結果では、エオシン区と蒸溜水区との間に何等の差異をも見出すことが出来なかつた。

3. 根冠細胞内の澱粉粒の位置



第1図 根冠細胞
Cell of root-cap. Black dots: starch granules.

第1図は根端をアルコール酢酸で固定して、マイクローム切片を作成し、これにヨードヨードカリ(1/50N)を注いで澱粉粒を着色させ検鏡した結果を示す。図によれば、原則的には核の周囲に在るべき澱粉粒が、重力の方向に偏つて存在している。即ち根端が全く背地的ならば(左)、澱粉粒は降下偏在してくる。

エオシン浸漬発芽粒の種子根の「跳ね上り」現象は、上述のとおりで、その結果として、根冠細胞内の澱粉粒が転位偏在するようになる。

論 議

(コムギ種子根の背地性発現の原因考察)

1) S. G. Gordon (1946) は⁸⁾、コムギ胚のグロブリンが生長素を含んでいて、この蛋白質が分解する際に生長素を遊離すると云い、Haagen-Smit (1942) は⁹⁾、コムギ生長素中には意外にも IAA が多いことを認め、渋谷・岡 (1943) らは¹⁰⁾、コムギ鞘葉中の生長素が、品種並びに発芽温度の差によつて、消長分布を異にすると述べた。このような鞘葉生長素の量に較べて、種子根の生長素量が常にきわめて少ないこと、そして鞘葉の伸長を促す濃度の IAA が常に種子根の生長を阻害することが Thimann (1937) らによつて¹²⁾確認されている。

水平に横行する種子根の下側に過剰に存在する IAA が、伸長を抑制しているとき、即ち種子根が屈地的生長をしようとしているとき、エオシンのごとき物質が、IAA の過剰状態を解消し、したがつて下側細胞の伸長を促すことが可能である。これは次のごとき順

序によるであろう。

水平な植物器官の下側が正荷電し、この正荷電部位に向つて生長素が移動することが認められている⁶⁾¹¹⁾。これは生長素が酸であるためである。しかし、エオシンもまた酸性色素であるので、生長素とエオシンが、正荷電下側組織への吸収され方において、互いに競合することが考えられる。競合の結果、種子根下側組織における生長素量が少なくなつて、細胞伸長抑制作用が解除され、種子根には背地性が発現するようになる。

2) 種子根の背地性は、IAA の作用力以上の逆作用が働く場合にも、発現する事ができる。H. Linser (1955) 及び K. Kaindl (1955) らによれば⁵⁾⁴⁾、エオシン (Tetra-bromofluorescein) は明らかに生長抑制物質であつて、これの生長抑制作用は、生長素の促進作用と同様に、この物質の分子が、生長系物質構造の Gap を充すに足る形体の場合に最も強まるのである。Gap とは、生体において当該物質に対して最も関係深い、また最も鋭敏な部位であるから、作用力が大なることは、分子の Gap に対する親和力が大であることを意味する。H. Linser (1955) は、 $\lambda_H \times 10^{15}$ によつて、生長抑制物質の抑制作用度 (分子の Gap に対する親和度) を示しているが、これによれば、エオシンは 49.5 なる数値で非常に強く、Indole-3-acetic acid (IAA) の生長促進度即ち $\lambda_w \times 10^{15}$ の値 7.9 よりも遙かに大なる数値である。つまり、ある Gap に IAA の 1 分子がはいつての生長促進の度合よりも、エオシンの 1 分子が入つての生長抑制の度合のほうが強いのである。それゆゑ、IAA の作用は、エオシンの作用によつて打消されることは当然である。

種子根下側組織細胞においては、生長素 (多分、IAA) の高濃度が、細胞の伸長を却つて妨げているのであるから、エオシンが、これを打消すならば、下側組織細胞の伸長抑制が解消して、種子根には背地性が発現してくる。

このような生長素とエオシンとの間の作用力上の競合は、もつぱら、含有生長素の濃度と、吸収されるエオシンの濃度との不均衡に基礎をおくのであるから、鞘葉のように IAA を高濃度に含むところでは、IAA 活性が常にエオシンに対して優位を保ち、したがつて IAA 作用のみが現われてくる。

3) 細胞伸長のエネルギーは、細胞の管状有気的醗酵によつて得られる⁹⁾。Wanner 及び Machlis (1944) はコムギやオオムギの根の伸長域で、有気的醗酵が営まれていることを証明している⁹⁾。しかるに、エオシン浸漬発芽粒の種子根は概して短小である、この点から、エオシンの生長抑制作用は、有気的醗酵と関係があると解される。

エオシンにもまして、種子根を短小ならしめるものは赤色光線である。赤色光線によつて短小となつた種子根には根毛も生ぜず、また Tropism も現われない。Appleman 及び Pyfrom (1955)²⁾ は、赤色光線がアスコルビン酸生成を妨害し、カタラーゼ活性を促進すると云つてゐる。カタラーゼは IAA 過酸化酵素を阻害し、IAA 活性を弱めないから、IAA 過剰で根の生長が止るのかもしれない。しかし、生長停滞がエオシンによつて解消されない点からみて、IAA 過剰の害のみではないようである。

たとえエオシンによつて有気的醗酵が阻害されても、種子根の分裂域における酸素呼吸が阻害されないならば、種子根は生長することができ、また呼吸によつて生成されるエネルギーは、伸長域の表皮細胞にまで伝わる事ができる。根毛の発生は、このようなエネルギーによるものである。

4) 以上のように考えてくれば、1900年に Nemeč や Harberlandt のとなえた澱粉粒の

平衡体説 (Theory of statolith⁹⁾ は、根の屈地的乃至背地的運動の原因を説明するのに当を得ていないことに気付くのである、即ち根冠細胞内澱粉粒の重力方向への移動偏在は、原因ではなく、結果であるのである。原因基点は根冠ではなく、根冠から遠く離れた伸長域である。

摘 要

- 1) コムギ種子を 0.01% のエオシン水溶液に浸漬して発芽させ、種子根に背地性が現われるのを知った。
- 2) イネ種籾から生ずる 1 本の種子根にも、同様な背地性が現われる。
- 3) エオシン浸漬によつて背地性を発現したコムギ種子根は概して短く、またその伸長域には多数の根毛が密生した。
- 4) 背地性発現の原因として、種子根下側の正荷電部分に吸収されるエオシンが、生長素のその部分への集積を妨げて、種子根下側の生長素量が減ること、及びエオシンの作用力が生長素の作用力以上である上に、エオシンの作用と生長素の作用とが全く逆であることを考えた。

参 考 文 献

- 1) Åberg, B. (1955) : On the effects of para-substitution in some plant growth regulators with phenyl nuclei. (The chemistry and mode of action of plant growth substances*, London, 93-113)
- 2) Appleman, D. and Pyfrom, H. T. (1955) ; Changes in catalase activity and other responses induced in plants by red and blue light. *Plant Physiology* 30 (6)
- 3) 芦田譲治 (1955) : オーキシンの作用の化学 (『生命現象の化学』** より)
- 4) Kaindl, K. (1955) : The action-concentration curves of mixtures of growth-promoting and growth-inhibiting substances. (* 159-164)
- 5) Linser, H. (1955) : Chemical configuration and action of different growth substances and growth inhibitors. (* 141-157)
- 6) 長尾昌之・柴岡孝雄 (1955) : 刺戟運動の化学 (**)
- 7) 西山市三 (1952) : 細胞遺伝学研究法 p. 77
- 8) 奥貫一男 (1954) : 植物生理化学
- 9) 太田行人 (1955) : 発芽の化学 (**)
- 10) 渋谷常紀・岡 彦一 (1943) : 熱農誌 15 (4)
- 11) Schrank, A. R. (1951) : Electrical polarity and auxins (*Plant Growth Substances*, U. S. A. 123-139)
- 12) 八巻敏雄 (1955) : オーキシンの生理 (『作物の生理生態』より)

Summary

1) Seminal roots of wheat seed germinated in eosin solution (0.01%) show a remarkable anti-geotropism and the tips of them curve upwards similarly to the coleoptile, but differing from coleoptile, do not show a heliotropical behavior by the light of lamp. Besides, the seminal root curved upwards by eosin solution is always short in length, and forms many root-hairs on its aerial part.

2) Upward curvature of seminal root can be seen also in rice seed when it germinates in eosin solution.

3) One of the causes of upward curvature seen in the seminal root is considered to be such a special effect of eosin as to check the genesis and the accumulation of phytohormone by perpendicular movement that takes place from the upper electro-negative side of root to the lower electro-positive side. That is to say, the hormone and the eosin are so antagonistic respectively that the eosin lessens the hormone at the positively electrized lower side of the root. According to the cause mentioned as above the present author believes that a partial decrease of the molecular attachment of indole-3-acetic acid (IAA) induces the elongation of tissue in the seminal root.

4) The other assumable cause is the competition between the action of auxin and that of eosin (tetrabromofluorescein). Each action is so reverse respectively that geotropism induced by auxin can be eliminated by eosin and changes to anti-geotropism.