

氏 名(本籍) い 井 むら みつ お
井 村 光 夫

学位の種類 農 学 博 士

学位記番号 農 第 288 号

学位授与年月日 昭和60年 7 月 18 日

学位授与の要件 学位規則第5条第2項該当

学位論文題目 イネおよび数種イネ科作物における
メソコチルの維管束系に関する解剖
学的研究

論文審査委員 (主 査)

教授 星 川 清 親 教授 高 橋 成 人

助教授 高 橋 清

論文内容要旨

水稻の湛水土壤中直播栽培では、過酸化石灰を酸素補給剤として被覆した種籾を水田土壌の表面より下に播種するので、従前の表面播種の湛水直播に比べて苗立ち安定および倒伏軽減の効果が認められている。しかし、その発芽形態はなお酸素不足の特徴を示し、温度および土壌条件によっては出芽不良となる。

そこで、著者は苗立ち向上のための基礎的研究として、嫌氣的培地中の発芽から出芽に至る過程における維管束系の解明を目的に芽生器官間連絡の中心器官であるメソコチルに着目した解剖的観察を行なった。さらに、イネの特徴を明確にするため、10種イネ科作物について比較形態学的に研究した。

その結果、供試イネ科作物に共通な維管束系の特徴を明らかにするとともに、メソコチルにおける維管束配列様式が4型あることを見いだした。そして、イネの生長特性と維管束系の特徴を明確に把握することによって、苗立ち向上のための技術的指標を得ることができた。

1. イネの発芽—出芽—苗立ちの過程における維管束系の発達

寒天培地を用い、芽生器官の伸長特性が異なる好氣的発芽と嫌氣的発芽の材料を培養し、連続切片による内部構造の光顕観察を行なった。

好氣的発芽は寒天培地に胚乳を差し込み、胚を空気中に露出して播種（胚「外」播種）した。初め種子根だけが伸長し、その後根端から吸水させると鞘葉および本葉が伸長したが、メソコチルは伸長しなかった（第1図の下段）。

嫌氣的発芽は寒天培地中25mmに玄米を埋込んだ（胚「内」播種）。最初、鞘葉だけが伸長し、その先端が培地表面上の空気中に抽出（出芽）すると、メソコチル、種子根および本葉が伸長した（第1図の上段、および第3図）。

光顕観察下において、維管束は前形成層の各細胞が濃染色される未分化の状態から、道管や篩管の細胞膜だけが特有に染色され、内部の原形質が消失して染色されず、管状に貫通するに至る。この状態で、維管束は組織形態的に通導機能を担うようになったと判断されるので、これを維管束の発達と定義した（第2図）。

(1) 発芽時

「ハト胸」催芽状態の発芽時では、胚盤および鞘葉維管束の原生木部・篩部が発達を開始するが、他の維管束は前形成層のままであった。

(2) 発芽後の生長過程

1) 好氣的発芽（胚「外」の場合）

メソコチルの太い中心柱（第2図参照）内の中央原生木部および背側原生篩部が発達し、種子根基部の原生木部・篩部も発達して種子根が伸長した。その後、根端から吸水すると、発芽後停滞していた鞘葉維管束、メソコチルの太い中心柱の腹側原生篩部、さらには第1葉中肋の葉跡の原生木部・篩部も発達し、芽生器官が同時平行的に伸長した。一方、後生木部・篩部は、この時点まででは、種子根基部で発達したが、メソコチルでは細胞内に原形質が残り、鞘葉節より上方では前形成層のままであって貫通するに至らなかった。

2) 嫌氣的培地中発芽（胚「内」の場合）

発芽後出芽までの「出芽過程」では、原生篩部は胚盤および鞘葉維管束で引き続いて発達し、メソコチルの太い中心柱の背側および腹側、さらには種子根基部でも発達した。しかし、原生木

部の発達は全般に不良で、種子根基部では発達が見られなかった（第5図）。

出芽直後には、まずメソコチルの太い中心柱内中央の原生木部が急速に発達を回復し、種子根基部でも発達が始まった（第6図のⅠ）。その後も、特に原生木部の発達の回復が顕著であったが、メソコチルの太い中心柱中央では原生道管のらせん紋が切れ、破生間隙の形成が見られた。また、背側左右の原生師部が新たに発達し、第1葉の中肋および側脈の葉跡でも原生木部・師部が発達した（第6図のⅡ）。こうして、芽生器官の同時平行的伸長が始まったが、後生木部・師部は好氣的発芽の場合と同様に、この期間までには、メソコチルおよび鞘葉節より上方では貫通して発達するに至らなかった。

（3）過酸化石灰を被覆した種籾の湛水土壌中播種の場合

湛水土壌中直播では、土壌中で鞘葉だけが伸長して土壌表面上に出芽し、その後、芽生器官の同時平行的伸長が始まる（第4図）。この場合、出芽後における維管束系は前述の胚「内」播種の出芽過程から出芽後に至る発達と同様であった（第7図）。

以上の観察結果から、好氣的発芽あるいは嫌氣的発芽—出芽—苗立ちの諸過程における芽生器官の伸長特性の差異は維管束系、特に原生木部・師部の発達の違いと密接に関係すること。芽生器官が同時平行的に伸長を開始するまでの期間に発達する維管束系は主として原生木部・師部だけであり、後生木部・師部が芽生器官間を連絡して発達するのはその後であることが組織形態的に判明した。

2. イネの出芽直後における維管束系（原生木部・師部）の器官間連絡および器官内走向

イネの原生木部・師部について、それらが概ね発達した出芽直後の材料を解剖観察し、芽生器官間連絡および器官内走向の全体像を解明した（第8図のⅢ）。

種子根の放射維管束は根節で原生師部、原生木部の順に集合し、原生師部は背側と腹側とに別れ、原生木部は髓部に集合したまま、それぞれが独立してメソコチルの太い中心柱内を上昇する。鞘葉節で、背側原生師部および中央原生木部はそれぞれ分岐し、並立維管束が形成されて胚盤および鞘葉維管束に連絡する。胚盤に向う維管束はメソコチルの背側の細い中心柱内を下降し、メソコチルの下端で反転して胚盤に入る。また、中央原生木部から腹側に発出した分岐は腹側原生師部と並立維管束を形成して第1葉中肋の葉跡に連絡する。

3. 数種イネ科作物の維管束系（原生木部・師部）

イネの特徴を理解するため、イネに近縁なイネ科作物を供して維管束系を解明し（第8図）、比較形態学的に検討した。

（1）イネ科10種作物に共通する特徴

種子根の放射維管束を構成する原生木部・師部は根節で、それぞれ独自の様相を示して集合する。原生木部は髓部内に集合した状態でメソコチルに入るが、原生師部は背側と腹側に別れてメソコチルに入る。メソコチル中心柱内では、原生木部・師部は茎部の並立維管束および根部の放射維管束の配列形態でなく、独立的に配列する。メソコチル内には二つの経路があって、中心柱を供用するか別とするかは種群によって異なるが、種子根—メソコチル—鞘葉および第1葉の系とは別に、胚盤—メソコチル—鞘葉の系が背側にある。また、胚盤および鞘葉の維管束には後生

木部・師部が発達せず、両器官および本葉へ向う維管束はいずれも、鞘葉節またはメソコチル下端の胚盤との接合部位において始めて並立維管束の形状となる。

(2) メソコチルにおける維管束系の配列様式の4型とメソコチルの伸長部位(第9図)

コムギ・オオムギ型はメソコチルが伸長しないが、維管束走向から見てメソコチル相当部が存在し、背側および腹側には原生師部、髓部中央には原生木部が配列する基本的で単純な型である。これを原型と仮定すると、他の3型はいずれも、メソコチル相当部の特定部位が伸長した派生的関係にあると推定される。

イネ・エンバク型は原型のメソコチル相当部の最下方部位が伸長した型で、胚盤維管束が下降するため、メソコチルには2本の中心柱がある。

モロコシ・トウモロコシ・ハトムギ型は原型のメソコチル相当部の中間部である背側原生師部の分岐点と中央原生木部の分岐点との間が伸長した型で、メソコチル中心柱の背側には胚盤に向う原生木部が配列する。

キビ・ヒエ・アワ型は原型の最上方部位の中央原生木部の分岐点直下部が伸長した型で、根節で集合した原生木部・師部がそれぞれメソコチルの下端で分岐し、胚盤と鞘葉に各々連絡する。

以上の観察結果から、イネ科のメソコチルは維管束配列における茎根遷移部すなわち胚軸であり、一枚の子葉の引き離された部分である鞘葉と胚盤との連絡部位すなわち子葉の一部でもあると推論され、イネ科の子葉およびメソコチルの器官学的属性に関する従来からの論議のための新資料を提出した。

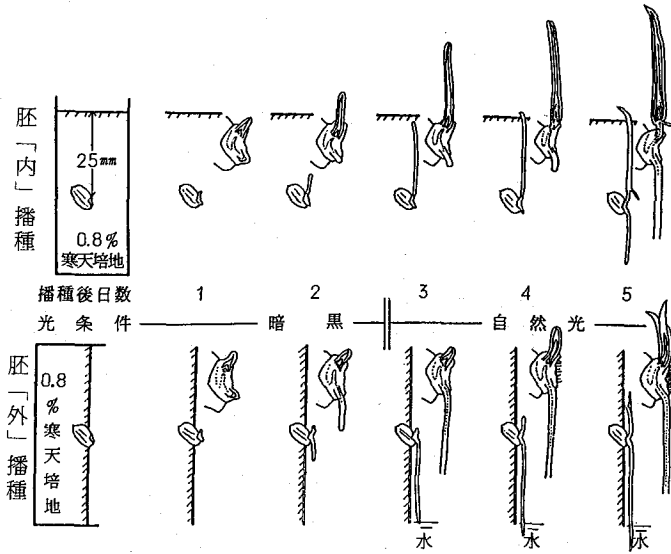
さらに、出芽過程における維管束系(原生木部・師部)について、その通導機能に関する考察を行なった。胚盤—メソコチル—鞘葉、および胚盤—メソコチル—種子根の系、次いで胚盤—メソコチル—第1葉の各通導系が胚乳養分の転流経路として発達し、従属栄養体制が確立するが、この走向経路をたどれば、種子根—メソコチル—第1葉の通導系すなわち養水分吸収および転流という独立栄養体制の経路が確立することを意味する。すなわち、これら維管束系の発達がイネ科作物の苗立ちにとって基本的に重要であることが解明できた。

4. イネ科中のイネの特徴と湛水土壌中直播栽培

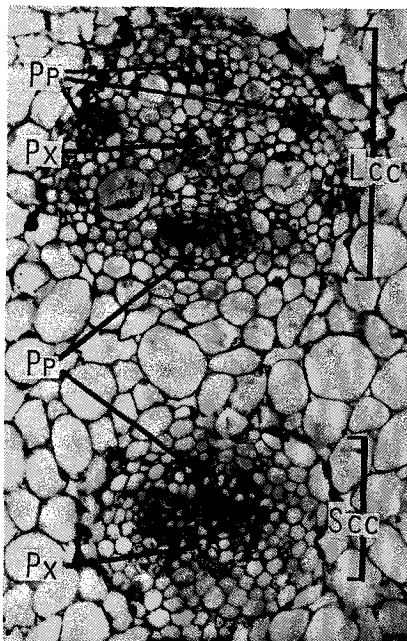
イネ芽生器官の維管束系(原生木部・師部)の走向型はエンバクと類似し、メソコチルが伸長しないコムギ・オオムギ型との間で派生的関係が近いとみなされた。さらに、イネでは、胚盤—メソコチル—鞘葉の系が胚乳養分の転流経路の中では最も直接的であることから、イネの苗立ちにとって、鞘葉が果す役割はイネ科中でも特異的に重要なものと推察された。

本研究の結果、現状の湛水土壌中直播で、過酸化石灰によって無酸素の湛水田土壌中からの出芽が早まり、苗立ちが向上する効果の機構を組織形態的にほぼ解明することができた。すなわち、過酸化石灰処理で鞘葉伸長の促進がはかられることは維管束系の発達が急速に回復する出芽直後に至る過程を早く経過させるための一方途であると解釈できた。

さらに、本研究によって、メソコチルを中心とする維管束系、すなわち種子根—メソコチル—第1葉という独立栄養体制の通導系を早く確立させることが苗立ちにとって基本的に重要であることが明らかになった。従って、今後、湛水土壌中直播栽培の苗立ち向上のためには、メソコチルを中心とする維管束系を嫌氣的条件下でも発達させる手段を開発することが必要であると考えられる。

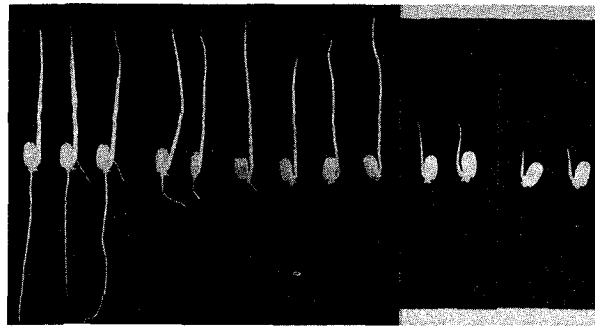


第1図 寒天培地への玄米播種の方法と芽生器官の伸長経過
(外部形態および芽生器官の縦断面)



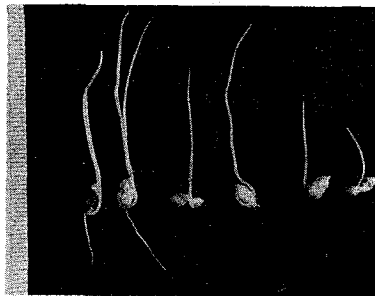
第2図 出芽直後のイネのメソコチル横断面。
図の下方が背側（胚盤側）。
×250.

Lcc: 太い中心柱, Pp: 原生師部, Px: 原生木部, Scc: 細い中心柱.



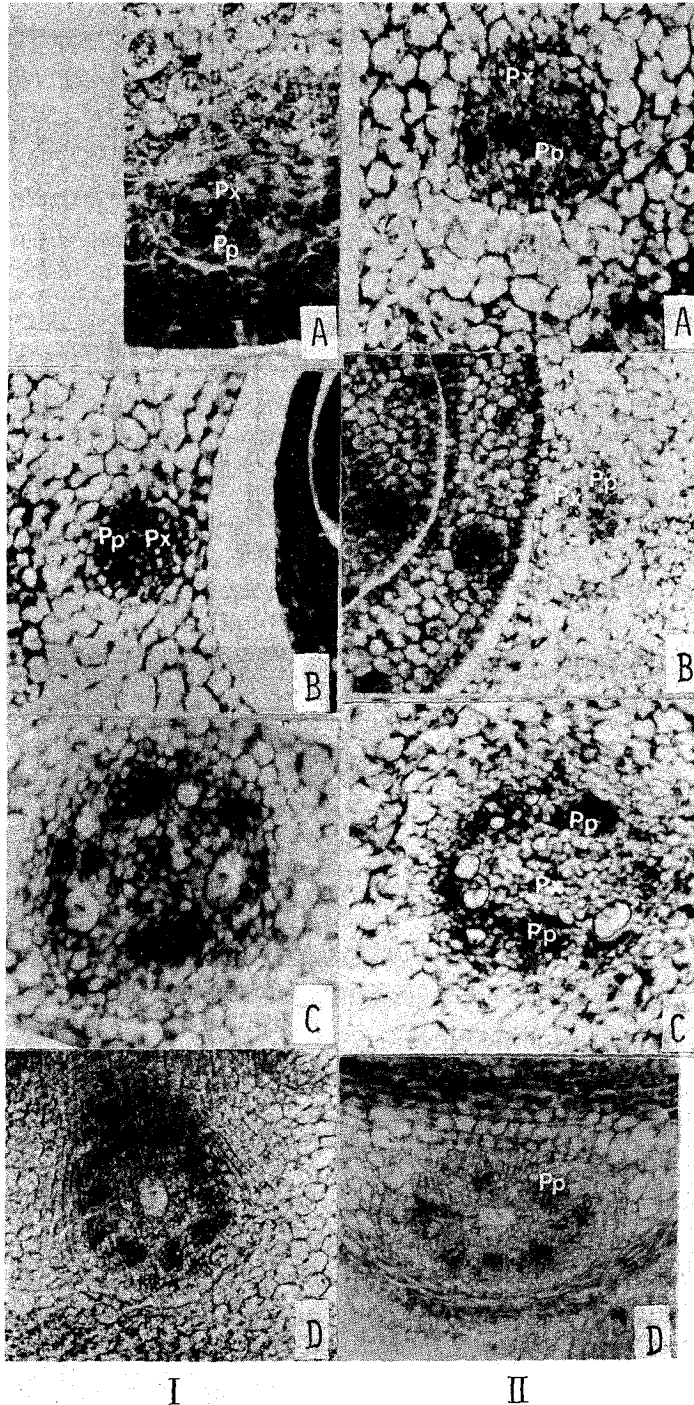
第3図 胚「内」播種の嫌氣的発芽—出芽—苗立ちの過程におけるイネ芽生器官の伸長経過。

右から2個体ずつ、播種後36, 48時間目、次いで3個体ずつ、播種後72, 84 (出芽直後), 108時間目。

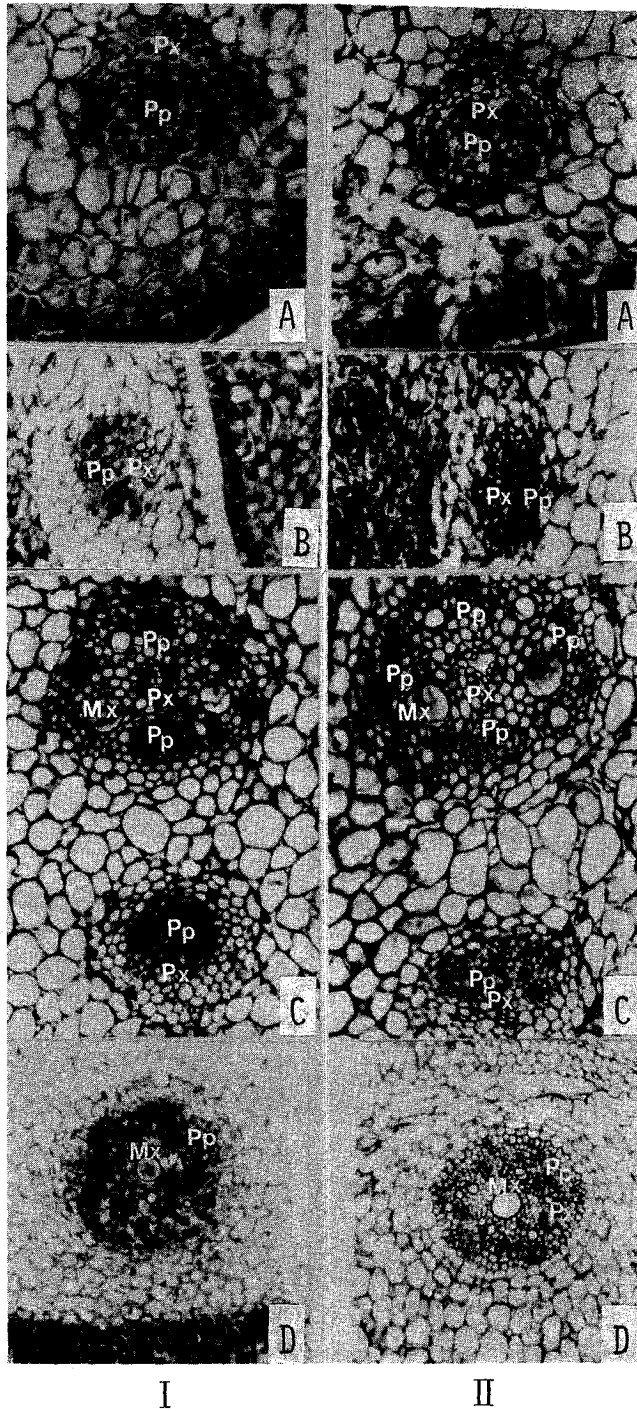


第4図 過酸化石灰被覆種籾の湛水土壤中播種における芽生器官の伸長経過

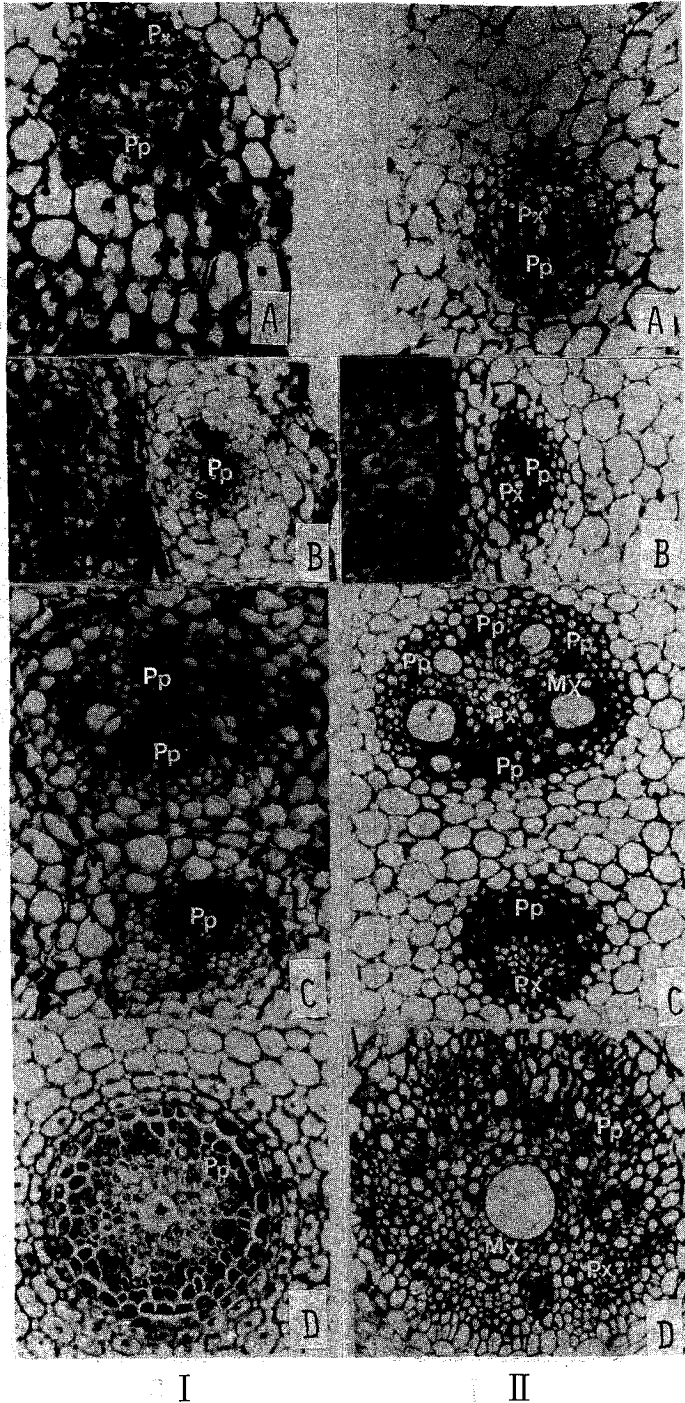
右から2個体ずつ、播種後3, 5 (出芽直後), 7日目。



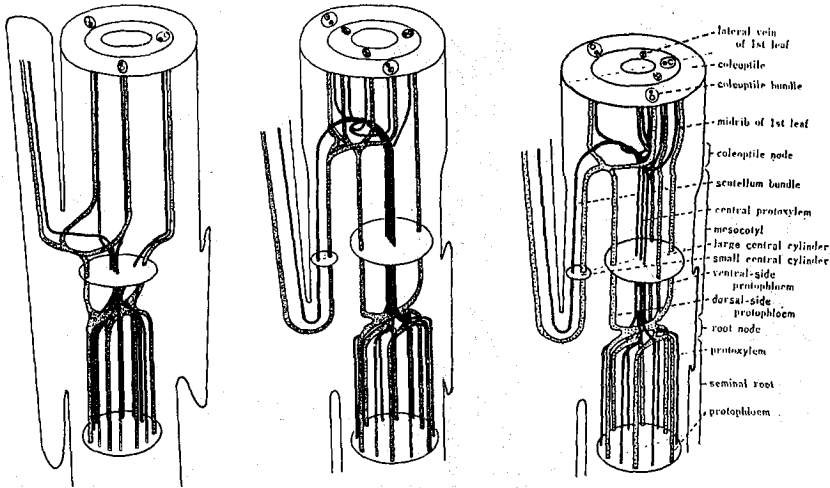
第5図 嫌氣的培地中での出芽過程における維管束系の発達。
 I : 播種後36時間, II : 同48時間.



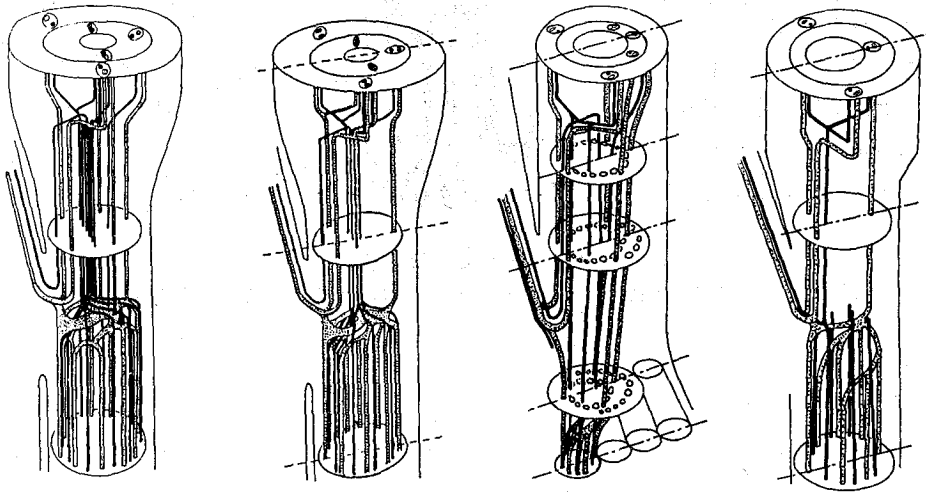
第6図 嫌氣的培地中からの出芽直後（I），および、
その24時間後（II）における維管束系の発達



第7図 過酸化石灰被覆種粒の湛水土壤中播種における出芽直後(I), および, その2日後(II)における維管束系の発達



I. *Triticum aestivum* L. II. *Avena sativa* L. III. *Oryza sativa* L.
Hordeum vulgare L.

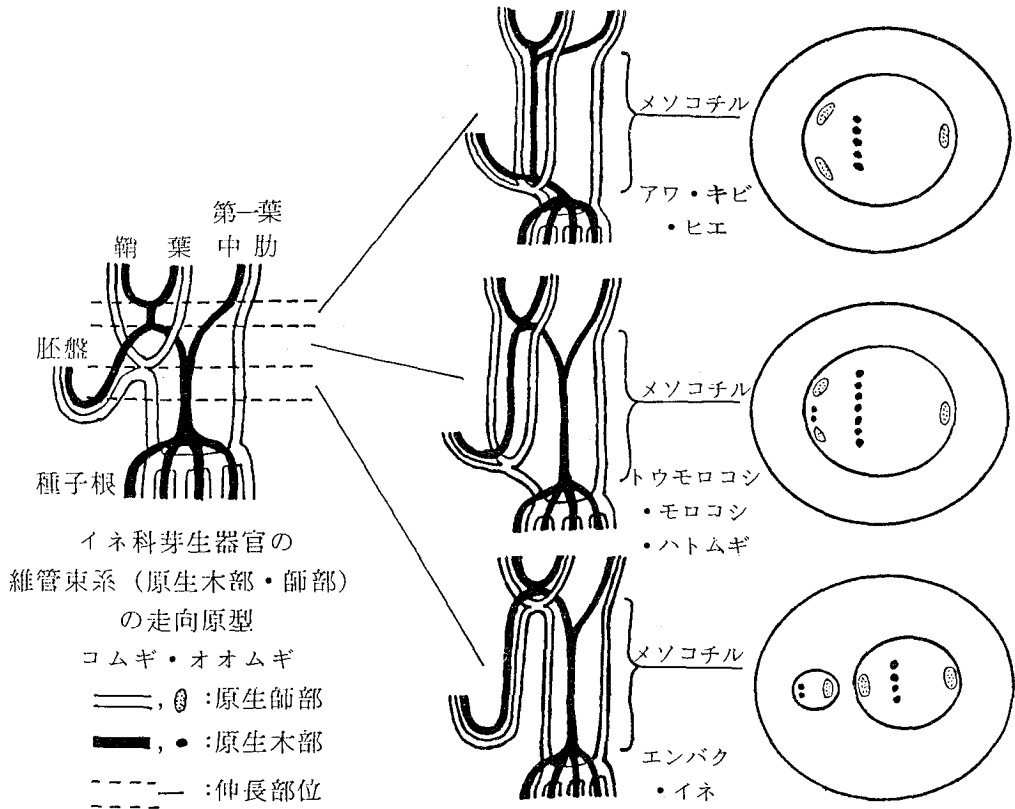


IV. *Zea mays* L. V. *Sorghum bicolor* MOENCH VI. *Coix lacryma-jobi* L. VII. *Panicum miliaceum* L.
Echinochloa utilis OHWI et YABUNO

第8図. イネ科作物各種の芽生器官における
 原生木部・篩部の走向の模式図

— : 原生木部, ▨ : 原生篩部

Setaria italica BEAUV.
 VII.



第9図 イネ科各種のメソコチルにおける維管束系（原生木部・師部）の配列型とメソコチルの伸長部位との派生的関係

第5図～第7図の図中記号の説明

A: 胚盤, B: 鞘葉, C: メソコチル, D: 種子根基部,
の各横断面. 第5図のメソコチルでは太い中心柱だけを示す.
Mx: 後生木部, Pp: 原生師部, Px: 原生木部.

審 査 結 果 の 要 旨

水稻の湛水土中直播栽培において、苗立ちの向上をはかる技術の開発研究が重要とされている。著者は嫌氣的培地中の発芽・出芽過程のイネのメソコチルを主とする維管束系の解明が基礎的に重要であるとみて、嫌氣的及び好氣的条件におけるイネ幼植物を解剖学的に研究した。さらに、イネ科の他作物についても維管束系を調べ、比較形態学的に研究して、イネの特性をより明確にした。

本研究から、イネ幼植物の原生木部・篩部が発達する、出芽直後期の維管束系がはじめて詳細に明らかにされ、これら維管束の通導機能の発達が、好気・嫌気条件によって異なる過程も解明された。とくに、鞘葉が伸びて、地上つまり好気条件を得ると、維管束系が急に発達することを認めたが、この現象により、湛水土中直播で、過酸化石灰処理による酸素の供給が鞘葉の伸長を促進し、出芽・苗立ちをよくするという効果に説明を与えることができた。

コムギ、オオムギ、エンバク、トウモロコシ、モロコシ、ハトムギ、アワ、ヒエ、キビの9種についても、それぞれ維管束の走行配列を詳細に研究した。結果は従来 of 知見をより明確にし、また多くの点を訂正した。とくにメソコチルの維管束配列について、4つの型を分類したこと、およびメソコチルが子葉の一部に相当するとする形態学的根拠を提出して、従来の胚器官の相同論に示唆を与えたことなどは注目に値する。

イネ科10種の通導系の比較から、イネでは胚盤－メソコチル－鞘葉の配列形態が特徴的であり、これは胚乳養分の鞘葉への転流経路として最も直接的であるから、イネの苗立ちにとって、鞘葉の伸長が果す役割りが、イネ科中でも特異的に重要であるものと推察した。

本研究は、イネをはじめイネ科主要作物の幼植物の根－メソコチル－茎－葉にわたる維管束系を、詳細に明らかにしたという労作である。結果は、作物の発芽、出芽、苗立ちの形態・生理を考究するための基礎として、きわめて価値があり、学術的に、また実用的にも、この分野に寄与するところが大きいと認められる。よって著者に農学博士の学位を授与するに値すると判定した。