

異なる生育段階に発根した水稻冠根の発育について

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者	川島, 長治 石原, 邦 小倉, 忠治
巻/号	42巻2号
掲載ページ	p. 197-206
発行年月	1973年6月

異なる生育段階に発根した水稻冠根の発育について*

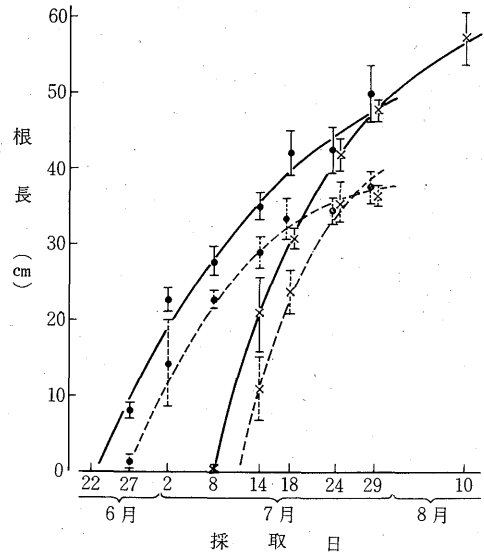
川島長治**・石原 邦・小倉忠治
(東京農工大学農学部)

緒 言

水稻が発芽してから結実にいたるまで、各器官がどのような経過で発育するかということについては、これまでに数多くの研究がなされている。これを地下部についてみると、根群を一括して観察したものとしては、水稻の生育にともなう根群^{7,13)}、最長根¹⁴⁾あるいは外部形態により新旧数段階に分類した場合の各段階の根数⁵⁾または重量¹⁶⁾の推移などが報告されている。また、根群を構成する個々の冠根の発育については、冠根が形成された節位³⁾あるいは要素⁷⁾に着目して、その相違によりあるいは同一要素であつても下位根、上位根により、冠根数³⁾、2次根数³⁾、伸長を終了した時の長さ^{6,7)}、水田土壌中における分布の様相⁷⁾、冠根基部の直径^{8,9)}などが異なることが指摘されている。しかし、地上部の各器官に比較して、冠根の発育については未だ不明な点が多いので、著者らは形態に着目して水稻の主稈の各要素から発根した冠根の発育について、さらに詳細に観察することを目的として実験をすすめ、若干の成果を得たので報告する。

実験材料および方法

実験材料には東京農工大学農学部構内において、播種時期を変えて1970年5月3日に播種した早播きの水稻、5月25日に播種した遅播きの水稻および6月1日に播種し土壌を恒温状態として栽培した水稻を用い、品種はギンマサリであつた。いずれの水稻も本学附属農場の畑土壌をつめたポリエチレン製の大型ポット^{註1)}(積水化学製のポリベール。直径は上部46cm,下部40cm,深さ58cm。上部の面積は1/588 a。以下“ポット”と呼ぶ)に1ポット3株、1株1個体植となるように直播し、常時湛水状態で栽培した。施肥量は1/2,000 a ワグナーポットを使用する場合の通常の施肥量(窒素, 磷酸, 加里各1g)に準じて硫酸17g, 過磷酸石灰20.4g, 塩化加里5.8gとし、全量基肥とした。早播きおよび遅播きの水稻の場合はポットを土壌中に



第1図 根長の推移から推定した冠根の伸長曲線の一例(遅播きの水稻)

実線は下位根, 破線は上位根。

●: 第IV要素 ×: 第VII要素

縦線の中心の●, ×は根長の平均値, 縦線は根長の変異幅(標準偏差)(以下第3,4,5図についても同様)

埋めた。また、土壌を恒温状態として栽培した水稻の場合は、水温約22°Cの恒温水槽にポットを沈め、ポットの土壌表面までの水深を約6cmとした。いずれの水稻も生育は順調で、茎葉部は出穂後まで緑色を呈して葉の枯れ上がりはほとんどなく、いわゆる“肥切れ”の様相は示さなかつた。なお主稈葉数は16枚であつた。

実験材料の採取は早播きの水稻については主稈第9葉、遅播きの水稻については主稈第6葉が、また土壌を恒温状態として栽培した水稻については主稈第8葉が抽出し始めた時から、主稈各葉の抽出開始期を調査しつつ4~7日おきに行ない、1ポット3個体を採取し、5%フォルマリンで固定・保存した。観察にはそ

註1) 大型ポットを用いたのは、冠根がポットの周辺や底などに達することにより、発育に影響を受けることをできるだけ少なくするためである。

予備実験によれば、ポリベールを用いて栽培しても水稻の生育には影響が認められなかつた。

* 昭和47年11月29日受理

一部は第153回講演会(昭和47年4月)において発表

** 現在、秋田県立農業短期大学

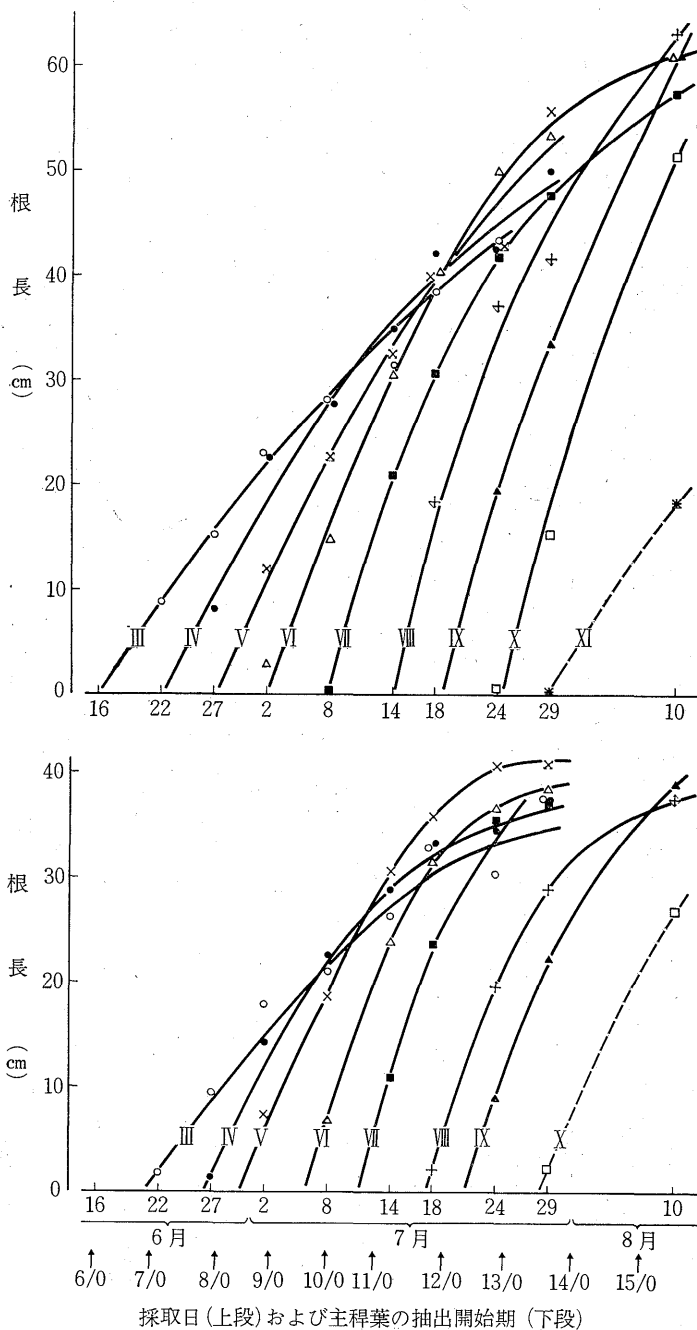
それぞれの採取日に採取した3個体のうち、生育のそろつた2~3個体の主稈を用いた。まず冠根を要素ごとに、さらに各要素の冠根を下位根、上位根に分け、根長の著しく短い冠根を除外し、それぞれ根長、冠根の基部から2次根があらたに発生をはじめた部位註2) (以下“2次根の発生部位”という)までの距離および万能投影器(ニコン6C型)を用いて、冠根の基部から先端部まで3cmごとの部位の直径を測定した。

実験結果

I. 冠根の伸長率について

1. 水稻冠根の伸長率の比較はつぎのようにして行なつた。すなわち、各採取日に採取した水稻について、各要素の下位根、上位根の根長の測定値から、それぞれの根長の平均値および変異巾(標準偏差)を算出し、縦軸に根長、横軸に採取日をとつて根長の推移を示すグラフを作成した。これより各採取日における根長の平均値および変異巾を考え、根長の推移をみながら伸長の様相を推定する曲線を描き、これを伸長曲線とした。その結果の一例を第1図に示した。このようにして求めた伸長曲線をもとにして、伸長の初期から中期前後にわたる伸長が最も盛んな時期で、伸長曲線が直線に近い曲線で示される部分の傾きの大小をもつて伸長率の大小を表わすものとし、発根した要素の相違と冠根の伸長率との関係を検討することとした。たとえば第1図をもつて説明すれば、第VII要素の下位

註2) 10倍のルーペで観察し、冠根の表皮の外側に2次根の先端が認められた部位をもって、2次根があらたに発生をはじめた部位とした。



第2図 遅播きの水稻における下位根(上段)および上位根(下段)の伸長の様相

図中、ローマ数字は発根した要素、各種の記号は各採取日における各要素の下位根、上位根の根長の平均値を示す。

○: 第III要素 ●: 第IV要素 ×: 第V要素 △: 第VI要素 ■: 第VII要素 +: 第VIII要素 ▲: 第IX要素 □: 第X要素 *: 第XI要素
 第XI要素下位根、第X要素上位根は7月29日、8月10日の2回の観察からの推定であるので破線で表わした。

第1表 冠根が20cmまたは30cmの長さ
に達するまでに要した日数*

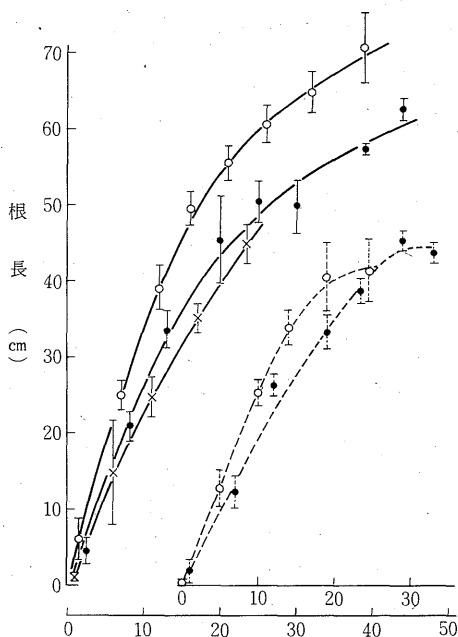
要素	下位根		上位根
	20cm	30cm	20cm
III	14日	23日	16日
IV	11	17	11
V	9	15	9
VI	7	12	7
VII	6	10	6
VIII	5	8	7
IX	5	8	7
X	5	8	9
XI	12	—	—

* 冠根の伸長曲線より推定した日数。

根、上位根の伸長率は、それぞれ第IV要素の下位根、上位根の伸長率より大ということである。

2. 以上のような方法で、発根した要素の相違と冠根の伸長率との関係を遅播きの水稻についてみると、下位根の伸長率は(第2図)、第III要素から第VIII要素までは高位の要素となるにつれて大となり、第VIII～X要素ではほぼ等しく、かつ最大の伸長率を示し、第XI要素では小となることがわかった。つぎに、上位根の伸長率は(第2図)、第III要素から第VI要素までは高位の要素となるにつれて大となり、第VI～IX要素ではほぼ等しく、かつ最大となり、第X要素では小となることがわかった。以上のような各要素間における下位根、上位根の伸長率の相違の傾向は、各要素の下位根、上位根が20cmあるいは30cmの長さに達するまでに要した日数を、伸長曲線の図より推定して比較してみると、一層明らかである(第1表)。さらに、同一要素から発根した下位根と上位根の伸長率を比較したところ(第2図)、いずれの要素においても、上位根の伸長率は下位根のそれより大となることはなく、とくに高位の要素では下位根の伸長率は上位根のそれよりかなり大であつた。このことは、下位根、上位根がそれぞれ20cmの長さに達するまでに要した日数をみると(第1表)、第III要素から第VII要素までは上位根の日数が下位根のそれより小となることはなく、第VIII～X要素では上位根の日数が大であることからわかる。以上のような遅播きの水稻の冠根の伸長率に認められた傾向は、下位根、上位根の伸長率が最大となる要素に若干の相違のある点を除けば早播きの水稻についてもほぼ同様に認められた。

3. つぎに、以上の各要素の冠根が発育した際の気温、土壌温度などの条件が異なるので、これらの環境条件が冠根の伸長率に影響をおよぼしているのではな



伸長開始後日数(上段は上位根、下段は下位根)

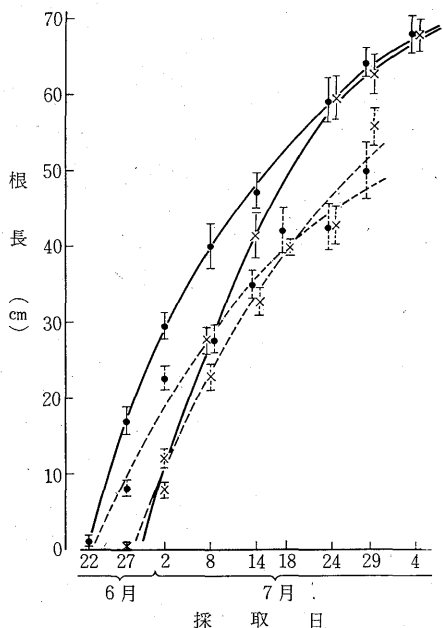
第3図 土壌を恒温状態として栽培した水稻における冠根の伸長率の比較。

実線は下位根、破線は上位根

●: 第V要素 ○: 第VIII要素 ×: 第X要素

第1図説明参照。

いかと考えられる。そこで、以下二・三の検討を行なつた。まず、土壌を恒温状態として栽培した水稻を用いて、前述と同様に発根した要素の相違と冠根の伸長率との関係を検討した。その結果、早播きおよび遅播きの水稻の冠根の場合と同様、下位根の伸長率は低位の要素から高位の要素となるにつれて大となり、第VIII要素で最大となり、さらにそれより高位の要素では小となる傾向があつた。すなわち、第V要素、第VIII要素および第X要素の伸長率を比較すると(第3図)、明らかに第V要素にくらべて第VIII要素の方が大であり、また第VIII要素にくらべて第X要素の方が小であつた。また、上位根の伸長率は全体の傾向をみれば第VI要素から第VIII要素の間で最大となり、その前後では小となる傾向があつた。すなわち、第V要素と第VIII要素の上位根を比較すると(第3図)、第VIII要素の伸長率は第V要素のそれより大であつた。なおこの場合も、同一要素では上位根の伸長率は下位根のそれより大となることはなかつた(たとえば第3図における第V、VIII要素の下位根、上位根)。つぎに、早播きおよび遅播きの水稻について、ほぼ同一の暦日に、いいかえればほぼ同一の環境条件下で発育した要素の冠根



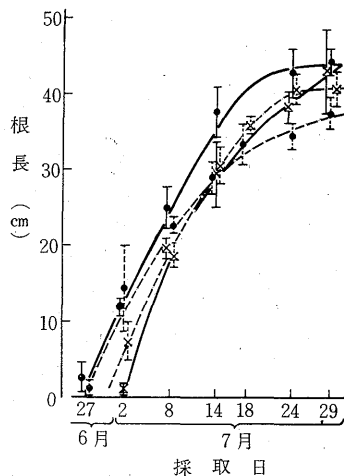
第4図 ほぼ同一の暦日に発育した下位根の伸長率の比較

実線は早播きの水稻。●：第Ⅶ要素，×：第Ⅴ要素。
破線は遅播きの水稻。●：第Ⅳ要素，×：第Ⅴ要素。
(第5図についても同様) 第1図説明参照。

に着目して、伸長率の比較を行なった。この場合、ほぼ同一の暦日に発育した冠根は、早播きの水稻の第Ⅶ要素と遅播きの水稻の第Ⅳ要素の下位根、上位根および早播きの水稻の第Ⅷ要素と遅播きの水稻の第Ⅴ要素の下位根、上位根であつた。まず下位根についてみると(第4図)、伸長率は早播きの水稻の第Ⅶ要素より遅播きの水稻の第Ⅳ要素の方が、また早播きの水稻の第Ⅷ要素より遅播きの水稻の第Ⅴ要素の方がそれぞれ明らかに小であつた。また上位根についても(第5図)、下位根の場合に比較すればその差は小であるが、同様に低位の要素の伸長率が小であることが認められた。以上の結果、ほぼ同一の環境条件下に発育した下位根、上位根のいずれにおいても、伸長率が最大となる要素までの範囲では高位の要素の伸長率は低位の要素のそれより大であることが推定された。

II. 冠根の伸長にともなう2次根の発生の時間的経過について

1. 各採取日における水稻の各要素の下位根、上位根の基部から2次根の発生部位までの距離の測定値から、冠根の伸長曲線を求めた場合と同様な方法で、2次根の発生の様相を推定する曲線を求め、下位根、上



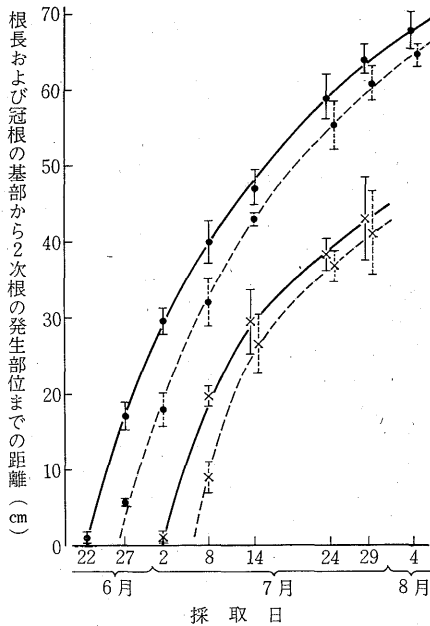
第5図 ほぼ同一の暦日に発育した上位根の伸長率の比較

第1, 4図説明参照。

位根の伸長にともなつて、その基部から向頂的に2次根の発生してゆく時間的な経過(以下“2次根の発生の速さ”という)を検討した。その結果、いずれの要素の下位根、上位根においても、2次根の発生の速さを示す曲線は、それぞれの下位根、上位根の伸長の様相を示す曲線とほぼ類似した曲線であつたが(一例として、第6図に早播きの水稻の第Ⅶ要素下位根、第Ⅷ要素上位根の場合を示す)、詳細にみると二つの曲線の傾きには若干の相違が認められ、冠根が伸長して長さが大となると、各採取日における両曲線の差は小となつた。

2. つぎに、発根した要素の相違とその2次根の発生の速さとの間には、冠根の伸長率についてみた場合とほぼ同様に、下位根および上位根のいずれにおいても、発根した要素が高くなるにつれて、その2次根の発生の速さは大となり、ある要素で最大となり、さらに高位の要素では小となる傾向が認められた。すなわち、早播きの水稻の下位根の場合を例にとれば、2次根の発生の速さは第Ⅵ要素から第Ⅸ要素までは要素が高くなるにつれて大となり、第Ⅸ・Ⅹ要素で最大となり、第Ⅺ要素では小となつた(第8図に第Ⅶ、Ⅷ要素下位根における場合を示す)。

3. このように、要素の相違により冠根からの2次根の発生の速さの異なることについても、冠根の伸長率の場合と同様な環境条件の影響が考えられるので、この点について検討してみた。まず、土壌を恒温状態として栽培した水稻の下位根の2次根の発生の速さは(第7図)、第Ⅴ要素よりも第Ⅷ要素の方が大であり、



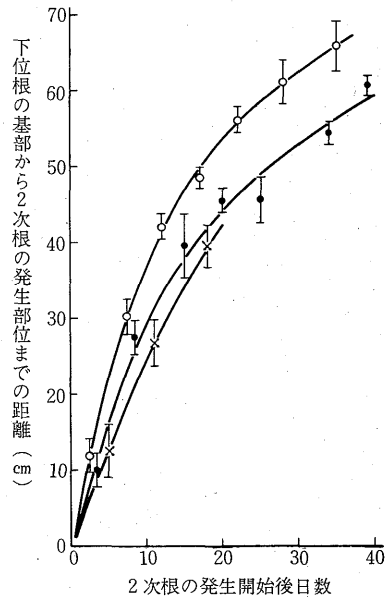
第6図 冠根の伸長にともなう2次根の発生の様相の一例(早播きの水稲)。

●：第Ⅶ要素下位根 ×：第Ⅷ要素上位根
 実線は冠根の伸長の様相、破線は2次根の発生の様相。縦線の中心の●、×は根長あるいは冠根の基部から2次根の発生部位までの距離の平均値、縦線はそれらの変異幅(標準偏差)。

第Ⅷ要素よりも第Ⅹ要素の方が小であつた。さらに、ほぼ同一の暦日に発育した異なつた要素の下位根について2次根の発生の速さを比較してみると(第8図)、低位の要素である遅播きの水稲の第ⅣおよびⅤ要素の方が、それぞれ高位の要素である早播きの水稲の第ⅦおよびⅧ要素より小であつた。このことから、ほぼ同一の環境条件の下で発育した下位根、上位根のいずれにおいても、2次根の発生の速さが最大となる要素までの範囲では高位の要素の2次根の発生の速さは低位の要素のそれより大であることが推定された。

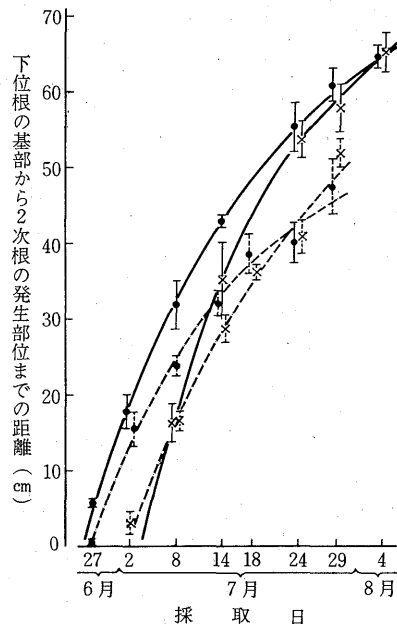
III. 冠根の直径について

1. 各要素の冠根の基部から先端方向への直径(測定値の平均値)の推移をみると(第9・10図)、要素によつては基部から6cmの部位までの間で直径がやや変化する場合もあるが、6cmの部位より先端方向に数cmの間は直径の変化が少なくほぼ一定で、さらに先端に近くなると小となる傾向が一般的に認められる。そこで、発根した要素の相違と冠根の直径との関



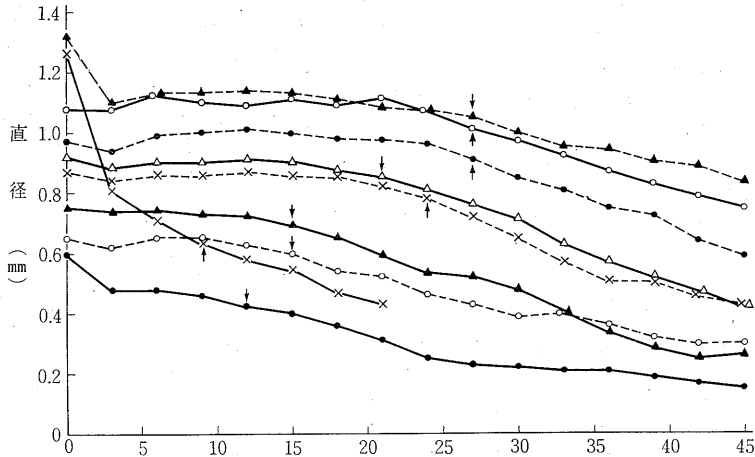
第7図 土壌を恒温状態として栽培した水稲の下位根における2次根の発生の速さの比較。

●：第Ⅴ要素 ○：第Ⅷ要素 ×：第Ⅹ要素
 縦線の中心の●、○、×は下位根の基部から2次根の発生部位までの距離の平均値、縦線はその変異幅(標準偏差)。(第8図についても同様)。



第8図 ほぼ同一の暦日に発育した下位根における2次根の発生の速さの比較。

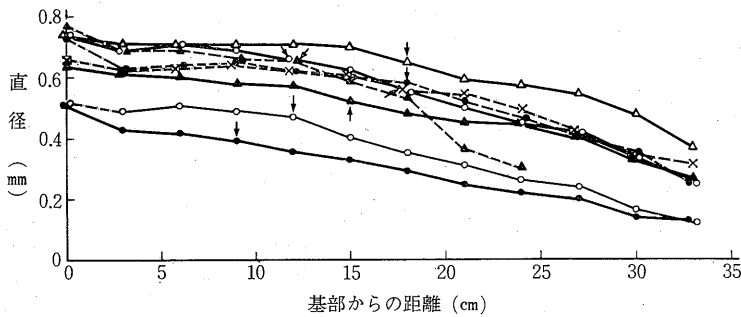
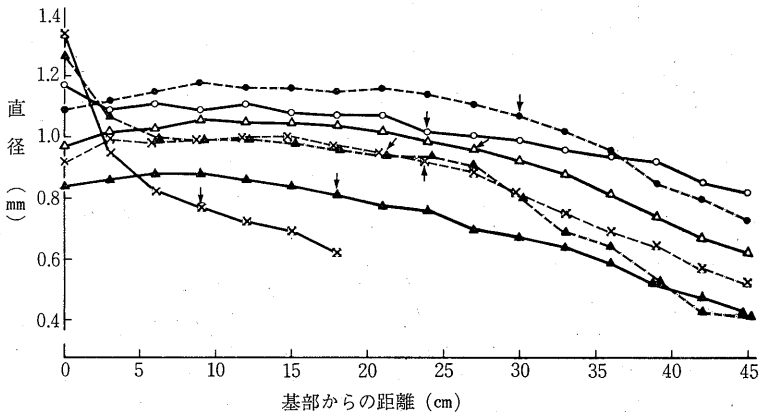
実線は早播きの水稲。●：第Ⅶ要素、×：第Ⅷ要素。
 破線は遅播きの水稲。●：第Ⅳ要素、×：第Ⅴ要素。
 第7図説明参照。



第9図 遅播きの水稲における下位根の直径

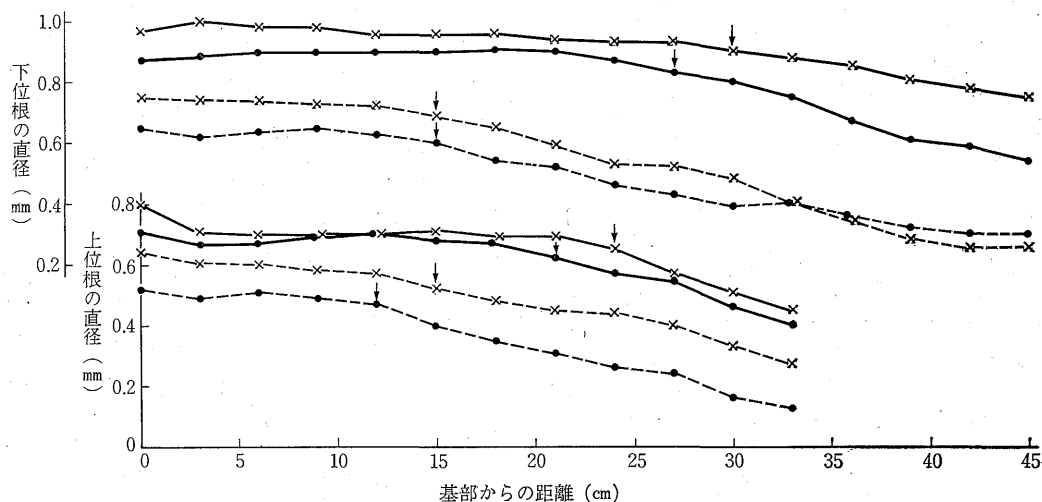
基部からの距離 (cm)

●: 第III要素 ○: 第IV要素 ▲: 第V要素 ×: 第VI要素 △: 第VII要素
 ●: 第VIII要素 ○: 第IX要素 ▲: 第X要素 ×: 第XI要素 (以下第10, 11
 図についても同様), 矢印は, 直径が基部から6cmの部位の直径の95%以下と
 なる部位(以下第10, 11, 12図についても同様).

第10図 遅播きの水稲における上位根の直径.
第9図説明参照.第11図 土壌を恒温状態として栽培した水稲における下位根の直径.
第9図説明参照.

係を明らかにするために、直径がほぼ一定である部位の直径(基部から6cmの部位の直径を基準として、その±5%以内の直径)および基部から直径が小となりはじめる部位(直径が基部から6cmの部位の直径の95%以下となる部位、第10~13図に矢印で示した)までの距離(以下“直径が小となる距離”という)について比較した。

2. まず、遅播きの水稲の下位根についてみると(第9図)、直径がほぼ一定である部位の直径は、第III要素から第IX要素までは高位の要素となるにつれて大となり、第X要素は第IX要素とほぼ等しく、かつ最大であった。第XI要素は第X要素に比較していずれの部位でも直径は小であった。なお両要素とも基部から3cmまでの部位で直径が著しく小となった。直径が小となる距離は、相隣れる要素の間では明らかでない場合もあるが、おおむね低位の要素から高位の要素となるにつれて大となる傾向があり、第VIII~X要素で最大で、第XI要素では直径がほぼ一定である部位はなくこの距離は小であった。つぎに、上位根についてみると(第10図)、直径がほぼ一定である部位の直径は、第III要素から第VI要素までは高位の要素となるにつれて大となり、第VI~X要素では大差なく、かつ最大であった。直径が小となる



第12図 ほぼ同一の暦日に発育した冠根の直径の比較。

上段は下位根，下段は上位根。

実線は早播きの水稻。●：第VII要素，×：第VIII要素。

破線は遅播きの水稻。●：第IV要素，×：第V要素。

第9図説明参照。

距離は、低位の要素から高位の要素となるにつれて大となり、第VI～VIII要素で最大となり、第IX要素より高位の要素では小となった。つぎに、下位根と上位根とを比較してみると（第9・10図参照）、第V要素の下位根、上位根の直径が小となる距離が等しかった点を除くと、同一の要素では直径がほぼ一定である部位の直径および直径が小となる距離は上位根より下位根の方が大であった。また、発根した要素間のそれらの相違の程度は、上位根より下位根の方が大であった。なお、早播きの水稻の下位根、上位根についても、上述とほぼ同様な傾向が認められた。

3. 以上のように、下位根、上位根のいずれにおいても、直径がほぼ一定である部位の直径および直径が小となる距離が要素によつて異なることがわかったが、このような相違には環境条件の影響が考えられるので、この点について検討した。まず、土壌を恒温状態として栽培した水稻の下位根では（第11図）、直径がほぼ一定である部位の直径および直径が小となる距離は、いずれも低位の要素から高位の要素となるにつれて大となり、第VIII要素で最大となり、さらに高位の要素では小となった。なお、第X、XI要素では、基部の直径は各要素の間で最大であったが、基部から3cmまでの部位で直径が著しく小となった。つぎに、ほぼ同一の暦日に発育した冠根について比較すると（第12図）、直径がほぼ一定である部位の直径および直径が小となる距離は、いずれの場合にも低位の要

素である遅播きの水稻の第IVおよびV要素の下位根、上位根の方が、それぞれ高位の要素である早播きの水稻の第VIIおよびVIII要素の下位根、上位根より小であった。以上の結果、ほぼ同一の環境条件下に発育した下位根、上位根のいずれにおいても、高位の要素の直径がほぼ一定である部位の直径および直径が小となる距離は、それぞれが最大となる要素までの範囲では低位の要素のそれより大となることが推定された。

考 察

著者らは、大型のポットに生育した水稻を用いて、発根した要素の相違とその冠根（下位根、上位根）の発育あるいは形態との関係について、冠根の伸長率、2次根の発生の速さ、冠根の直径がほぼ一定である部位の直径および直径が小となる距離に着目して観察を行ない、前述の結果を得た。これを要約すれば、いずれも低位の要素から高位の要素となるにつれて大となり、ある要素で最大となり、さらに高位の要素で小となる傾向がある；同一要素では下位根のそれらが上位根より小となることはない；環境条件の影響を考慮して、土壌を恒温状態として栽培した水稻の冠根あるいはほぼ同一の暦日に発育した異なる要素の冠根についてもほぼ同様な傾向がある；ということである。以上の観察結果と従来の研究結果、すなわち冠根数³⁾、2次根数³⁾、伸長を終了した時の冠根の長さ⁷⁾および冠根基部の直径³⁾などが発根した節位あるいは要素

によつて異なるということを考えあわせると、冠根の発育は発根した要素の違い、いいかえれば冠根が発根・伸長した時の生育段階の違いによつて相違することが容易に推察できる。さらに、水稻の地上部とくに葉の発育あるいは形態、すなわち葉の外形^{1,19)} (葉身長、葉鞘長および葉身幅)、伸長期間^{1,19)}、伸長率^{1)註3)}あるいは生存期間¹⁾などが下位葉から上位葉になるに応じて、一定の傾向をもつて変化することを合わせ考えると、水稻の地上部と地下部の諸器官の発育はともに、水稻の生育段階の相違によつて異なる、いいかえれば生育段階にともなつて変化する水稻体内の生理的条件によつて比較的強く規定されていると推定される。

ところで、水稻の葉の発育は、窒素の施用^{10,20)}、播種密度²⁰⁾あるいは遮光処理²¹⁾などによつて影響を受け、とくに環境条件の変化の著しい場合には、下位葉から上位葉へ一定の傾向をもつて変化する葉の発育・形態にさえ影響があらわれる^{20,21)}。冠根の発育についても、土壌の水分条件⁹⁾あるいは施肥条件¹⁵⁾などの影響することが知られており、したがつて環境条件が著しく異なる場合には、上述した要素の相違により冠根の発育あるいは形態の異なる傾向に変化の生ずることは当然考えられる (著者ら註4)は一時的に強遮光を行なうことによつて、そのような変化の生ずることを認めている)。この点に関しては、同一要素の下位根、上位根の相違も含めてさらに検討をすすめたい。

冠根の伸長率と2次根の発生の速さおよび冠根の直径との関係について考えてみたい。まず、冠根の伸長率と2次根の発生の速さとの関係をみると、冠根の伸長にともなつて各要素の下位根、上位根に2次根が発生してゆく様相を示す曲線が、冠根の伸長の様相を示す曲線とほぼ類似していることから(第6図)、発根した要素の違いによる冠根の伸長率と2次根の発生の速さの相違の傾向は、互いにほぼ対応的關係にあり、冠根の伸長率と2次根の発生の速さとが密接に關係していることがわかる。しかし、この両曲線を詳細にみると、二つの曲線の傾きには前述したような若干の相違があり、冠根が伸長してその長さが大となり、伸長率が小となりはじめている部位では両曲線の差は小となる、いいかえればそのような部位では冠根の伸長率が小さくなくても、その間の2次根の発生の速さは伸長率と

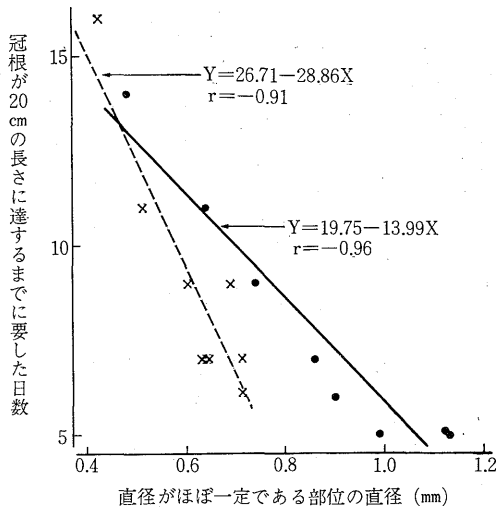
対応して小とならないことを示している。従来の研究により、根長が大となり伸長率が小となると、根端から2次根の発生部位までの距離が小となる⁴⁾ことが明らかにされているが、これは冠根の伸長率と2次根の発生の速さとがこのような關係にある結果と考えられる。

つぎに、冠根の伸長率と直径との關係を検討してみると、冠根の伸長率および直径がほぼ一定である部位の直径は、いずれも低位の要素から高位の要素となるにつれて大となり、ある要素で最大、さらに高位の要素では再び小となる傾向があつた。そこで選播きの水稻について、両者の關係をさらに詳しく検討してみた。すなわち、冠根の伸長率を表わすものとして、各要素の下位根、上位根がそれぞれ20cmの長さ到達するまでに要した日数を取り(日数が小であるほど伸長率は大)、これと直径がほぼ一定である部位の直径(冠根の基部から6cmの部位の直径をもつて表わす)との間の相關係数を求めたところ、両者の間には -0.81 (0.1%水準で有意)で相關係のあることがわかつた(第13図)。従来の研究によると、根の伸長率と直径との間に相關係のあることはいくつかの植物で知られており^{9,12,17,18)}、Wilcox¹⁷⁾によればオニヒバの根の一日当り伸長率と中心柱の直径註5)との間の相關係数は0.93である。以上のことから、根の伸長率と直径との間には比較的密接な關係のあることが推察される。ところで第13図について、下位根と上位根とを区別して相關係数を求めたところ、それぞれ -0.96 (0.1%水準で有意)、 -0.91 (0.5%水準で有意)で相關係があり、さらに回帰直線を求めて両者を比較してみると、回帰直線の傾きは1%の水準で有意差のあることがわかつた。このことは、下位根と上位根では同一直径であつてもその伸長率が異なる場合のあること、いいかえれば下位根と上位根では伸長率と直径との相對的關係が異なることを示している。また、第13図を詳細にみると、下位根の直径が1.0mm以上となると、それ以上大となつても伸長率は大とならない傾向を示しており、さらに、直径がほぼ一定である部位より根端寄りでは直径が小となつても、冠根の伸長率はそれと対応して必ずしも小とはならない場合も認められた(第2図と第9・10図を比較参照)。従来の研究^{2,11)}によると、生長調節物質を加えて培養あるいは栽培した根でも、伸長率と直径との間に一定の關係の認められない場合がある。したがつて、冠根の伸長

註3) 嵐はこの点について詳しくふれていないが、その第1, 2図によると葉位によつて相違のあることが推定される。

註4) 未発表

註5) 根全体の直径をとつても、同様に高い相關係のあることを認めている。



第 13 図 冠根の伸長率*と直径がほぼ一定である部位の直径**との関係*** (遅播きの水稻)。

●, 実線: 下位根 ×, 破線: 上位根

*: 冠根が 20 cm の長さには達するまでに要した日数。

** : 冠根の基部から 6 cm の部位の直径。

*** : 直径が基部から著しく小となり, 直径がほぼ一定である部位の認められない第 IX 要素下位根は除いた。

率と直径との間には, 相関関係が存在する場合も比較的多く認められるが, 詳細にみると両者は上述のごとく単純な関係にあるものではなくさらに検討をすすめるなければならない問題と考えている。

引用文献

- 嵐 嘉一・江口 広 1954. 水稻の葉の発育経過に関する研究. (第 1 報) 葉身ならびに葉鞘の発育経過. 日作紀 23 : 21—25.
- BUTCHER, D. N. and H. E. STREET 1960. The effects of gibberellins on the growth of excised tomato roots. J. Exp. Bot. 11 : 206—216.
- 藤井義典 1961. 稲麦における根の生育の規則性に関する研究. 佐賀大学農学彙報 12 : 1—117.
- HEIMSCH, C. 1951. Development of vascular tissues in barley roots. Amer. J. Bot. 38 : 523—537.
- 稲田勝美 1967. 水稻根の生理的特性に関する研究. とくに生育段階ならびに根の age の観点において. 農技研報告 D16 : 19—156.
- 川島長治・石原 邦・小倉忠治 1969. 水稻冠根の伸長の様相について. 日作紀 38 別 1 : 177—178.
- 川田信一郎・山崎耕宇・石原 邦・芝山秀次郎・頼 光隆 1963. 水稻における根群の形態形成について, とくに生育段階に着目した場合の一例. 日作紀 32 : 163—180.
- ・芝山秀次郎 1966. 水稻冠根における 2 次根の分枝の様相. 日作紀 35 : 59—70.
- MASON, G. F., D. S. BHAR and R. J. HILTON 1970. Root growth studies on Mugho pine. Can. J. Bot. 48 : 43—47.
- 松島省三・田中孝幸 1963. 水稻収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究. 第 66 報 稲の姿勢を任意に調節する方法の研究. 日作紀 32 : 44—47.
- ODHNOFF, C. 1961. The influence of boric acid and phenylboric acid on the growth of bean (*Phaseolus vulgaris*). Physiol. Plant. 14 : 187—220.
- ROBBINS, W. J. and V. KAVANAGH 1943. Growth of excised roots of polyploid tomatoes. Amer. J. Bot. 30 : 602—605.
- 佐々木喬 1932. 水稻の根群の形貌に関する予報. 日作紀 4 : 200—225.
- 佐藤健吉 1937. 水稻の根の発育について. 朝鮮総督府農試彙報 9 : 357—378.
- 1938. 水稻の根の発育に及ぼす肥料の影響. 朝鮮総督府農試彙報 9 : 475—492.
- 植木健至 1971. 南九州とくにシラス地帯における水稻生育に及ぼす灌漑水温の影響. 鹿大農学部学術報告 21 : 1—41.
- WILCOX, H. 1962. Growth studies of the root of incense cedar, *Libocedurus decurrens*. II Morphological features of the root system and growth behavior. Amer. J. Bot. 49 : 237—245.
- 1968. Morphological studies of the root of red pine, *Pinus resinosa*. I Growth characteristics and patterns of branching. Amer. J. Bot. 55 : 247—254.
- 山崎耕宇 1963. 水稻の葉の形態形成に関する研究. II 葉位を異にした場合の葉の発育の相違について. 日作紀 32 : 81—88.
- 1963. ————. III —, —, —.

二の環境条件が葉の形態形成におよぼす影響.

日作紀 32: 145—151.

21. ——— 1964. ———. IV 葉の

形態形成を解明する二, 三の実験. 日作紀 32

: 237—242.

On the Development of Crown Roots in Various Growth Stages of the Rice Plant

Choji KAWASHIMA*, Kuni ISHIHARA and Tadaharu OGURA

(Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo)

Summary

It was reported⁷⁾ that a shoot of rice plants is composed of shoot units, each of which consists of an apical leaf, a basal bud and an apical and basal root zones, and that the crown root emergence of a shoot unit is usually synchronized with the emergence of the leaf of the third upper shoot unit. The present study was carried out, with early-sown and late-sown rice plants and rice plants with soil kept in constant temperature during the growing period as materials, in order to clarify the pattern of development of crown roots emerged from shoot units of the main stem, with special reference to the rate of elongation and the diameter of crown roots and the acropetal emergence of secondary roots.

The rate of elongation of crown roots increased from lower to upper shoot units with the highest rate in the ninth or the tenth unit, upper than which the rate declined upto the eleventh shoot unit which was the highest one with crown root emerged, in both cases of natural and controlled soil temperature conditions. The elongating rate of rapidly growing crown roots of early-sown rice plants at the stage of the thirteenth leaf emerging was found to be bigger than that of crown roots which emerged on the same day of late-sown rice plants at the stage of the tenth leaf emerging. The diameter of crown roots and the rate of acropetal emergence of secondary roots of the former plants were also bigger than those of the latter plants. As to the diameter, the rate of elongation of the primary roots and the rate of acropetal emergence of the secondary roots as associated with the growth of the primary roots, the crown roots from the upper root zone were not superior to those from the lower root zone of the same shoot unit. Furthermore, a high positive correlation was found between the diameter and the rate of elongation in crown roots.

From these results, it may be said that the development of crown roots of each shoot units is affected not only by environmental factors but also by the physiological situations of rice plants which depend on the developmental stages.

* present address: Akita Prefectural Junior College of Agriculture, Ogata-mura, Akita