

水稻の根系形成に関する研究(1)

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者	川島, 長治
巻/号	57巻1号
掲載ページ	p. 8-18
発行年月	1988年3月

水稻の根系形成に関する研究

第1報 主稈における分枝根の生育*

川島長治

(秋田県立農業短期大学)

昭和62年1月7日受理

要旨 : 主稈葉数が中程度であるトヨニシキの主稈各要素根の分枝根の生育について検討した。

1. 2・3次根は1次根の伸長終了とほぼ同時ないしその直後に伸長を終了した。2・3次根の最終の長さは第IX要素根またはそれよりやや下位の要素根でもっとも長く(下位根と上位根, 分枝根の種類によって若干の違いがある), それより上位の要素根では短かった。

2. 細い2次根と太い2次根を合計した2次根数は1次根の基部を離れるにつれて多くなり, ある部位から何cmかにわたって最大値の部分となり, さらにそれより先端寄りでは減少した。最大値の部分の2次根数は下位根では第VII~第IX要素根でもっとも多く, 上位根では上位要素根ほど多く, その上・下位根間差は上位要素根ほど大きかった。

1次根1本当り2次根数は第VIII, 第IX要素根付近でもっとも多かった。1次根長1cm当り2次根数は下位根では1本当り2次根数と同様の傾向であったが, 上位根では上位の要素根において多かった。

3. 太い2次根長1cm当り3次根数は下位根, 上位根ともに, 最上位付近の要素根で多かった。

4. 分枝根の直径は最上位付近の要素根で細い傾向があった。

キーワード : 根系, 生育, 水稻。

Root System Formation in Rice Plant I. Development of lateral roots on the primary roots of the main stem: Choji KAWASHIMA (*Akita Prefectural College of Agriculture, Ohgata-mura, Akita 010-04, Japan*)

Abstract : The development of lateral roots on the primary roots of the main stem was studied. The lateral roots studied included all kinds of roots, i.e., secondary and tertiary, and the thin and the thick type of the secondary root. Comparisons were made among the different shoot units. The upper and the lower crown roots from the same shoot unit were also compared.

Elongation of the secondary as well as of the tertiary roots stopped by the time when the primary root completed its elongation or slightly afterwards. Lateral roots of the seventh to ninth shoot units had the longest final length.

Most secondary roots were located at around 6-30 cm from the base of the primary root. In this region of the lower crown roots, the number of the secondary roots was the largest at the seventh to ninth shoot unit. On the upper crown roots, there were more secondary roots at the higher-positioned shoot units.

There were more secondary roots per primary root in the eighth or ninth shoot unit.

The tertiary roots were more densely developed in the higher-positioned shoot units.

The higher-positioned shoot units developed thinner lateral roots.

Key words : Growth, Rice plant, Root system.

水稻の根は地上部の生育や収量に対して重要な役割を果たしている。したがって地上部の生育にともなう1個体または1株の根系形成について明らかにする必要がある。

本報告では主稈における分枝根の生育について報告する。1次根(冠根)の伸長の様相については先の報告⁸⁾を参照されたい。

材料と方法

材料は, 1985年に秋田県立農業短期大学においてつぎのように栽培したトヨニシキであった。

約1年間堆積・風乾状態にあった, 八郎瀧干拓地の比較的下層の土壌を, 45 l容ポリ容器(上部直径38 cm, 底部直径32 cm, 深さ49 cm)につめ, 5月30日に葉齢5.1の苗を1容器当り3株, 1株1本植えとして移植し, 終始湛水状態で栽培した。施肥は基肥として化成肥料13-17-12:10 gを全層施肥し, 7月2日に硫安5 gを追肥した。

第13葉抽出完了直前の7月15日から5~7日おきに材料を採取し, 主稈葉数16の個体について一つおきの第V, 第VII, 第IX, 第XI, 第XIII要素根(いずれも不完全葉を有する要素を第I要素として向頂的に数えた位置)の分枝根について調査した。主として1次根上の部位, 要素, 同一要素における

* 一部は第182回講演会(昭和61年10月)において発表。

上位根と下位根による分枝根の生育の違いを比較することにし、それぞれを“部位間差”，“要素間差”，“上・下位根間差”という。なお冠根の出現した最上位の要素は個体により第 XII 要素上位根または第 XIII 要素下位根であった。

4次以上の高次の分枝根は認められなかったので2次根と3次根についてつぎのとおり調査した。

I. 分枝根の発生・伸長

各要素の1次根に分枝根が発生・伸長する様相について、それぞれの採取日ごとにほぼ5本の1次根を無作為に選び、1次根の基部から4cm ほどの部位に分枝根の長さを測定した(第1表参照)。その場合、2次根については直径の比較的細い“細い2次根”と、比較的太い“太い2次根”に区分し(以下同様)、各部位付近の平均的な長さのものについて、3次根については、2次根長を測定した太い2次根上の、3次根の発生域の中央部付近の平均的な長さのものについて測定した。なお、1次根の基部付近ではそれより先端寄りの部位とは分枝根の伸長の様相が異なるように観察されたので、基部から2cm の部位も加えた。

測定値の平均値により分枝根の伸長の様相を求めた。

II. 分枝根の長さ

前項と同様の手順により、伸長を終了した分枝根の長さを求めた。

III. 2次根数

分枝根の発生・伸長が終了したと思われる採取日の1次根を、各要素の下位根、上位根ごとにほぼ5本ずつ無作為に選び、1次根の基部から2cm ごとに倍率10~16倍の実体顕微鏡下で2次根数を数えた。脱落している2次根もあったが、それらは1次根上の痕跡によって数えた。

1次根1本当りの2次根数(以下“1本当り2次根数”という)、および1次根の単位長さ(1cm)当り2次根数(以下“1cm 当り2次根数”という)がもっとも多い要素根がいずれであるかを探るため、下位根については第 VI, 第 VIII 要素根も加えて検討した。

IV. 3次根数

2次根数の調査に用いた1次根(第 VI, 第 VIII 要素根は除く)について、第1図に示した部位ごとに太い2次根7~8本を無作為に選び、10~16倍の実体顕微鏡下でそれぞれの3次根の総数を数えた。一方太い2次根の長さを測定し、太い2次根長1

cm 当りの3次根数(以下“1cm 当り3次根数”という)として表した。

V. 2次根の直径

2次根数を調査した1次根を用い、第1図に示した部位ごとに中庸と思われる太さの細い2次根6本、および3次根数を調査した太い2次根7~8本について、軸方向中央部の直径を40倍の実体顕微鏡下でマイクロメーターにより測定した。

VI. 3次根の直径

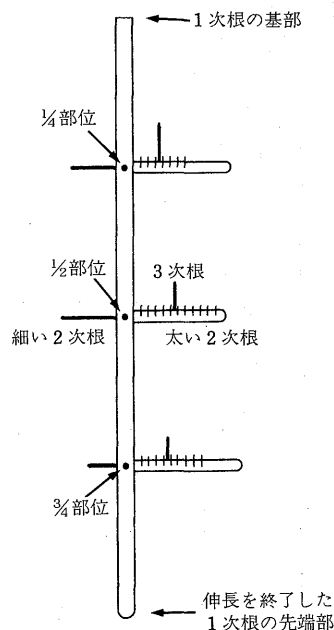
3次根数の調査と同じ材料の、3次根の発生域の中央部付近の3次根について、太い2次根1本につき1本、計7~8本の軸方向中央部の直径を、40倍の実体顕微鏡下でマイクロメーターにより測定した。

結 果

I. 分枝根の発生・伸長

一例を第 IX 要素根について第1表に示した。下位根、上位根とも、1次根の基部に近い2次根、3次根から発生・伸長が始まって次第に1次根の先端寄りにおよび、1次根の伸長終了とほぼ同時ないしその直後に分枝根の伸長も終了した。

なお川田・副島¹⁰⁾はいくつかの要素根上のもっとも長い2次根、3次根、…(記載が不十分である



第1図 3次根数および2・3次根の直径の測定部位を示す模式図。1/4等は、1次根の伸長終了時の長さに対する基部からの部位であり、太い2次根上の細い縦線は3次根の発生域を示す。

第1表 主稈の第IX要素根における2・3次根の発生・伸長の様相.

採取日	1次根の基部からの距離 (cm)										1次根長 (相対値)				
	2	4	8	12	16	20	24	28	32	36		40	44		
VII/15	下細	0.9	1.1	1.1	0.8	0.3							47		
	太	2.3(0)	1.7(0)	1.4(0)	1.1(0)										
	上細	1.2	1.1	0.8									55		
	太	0.9(0)													
/22	下細				1.3	1.3	1.2	0.9	0.3				71		
	太	(0.4)	3.1(0.4)	2.9(0.3)	2.3(0.2)	2.7(0.1)	1.9(0)	0.6(0)	0.5(0)						
	上細		1.4	1.1	0.9	0.5							70		
	太	2.8(0.4)	2.7(0.3)	1.9(0)	0.8(0)										
/29	下細						1.3	1.2	1.0	0.5			89		
	太				4.0(0.6)	4.5(0.6)	2.4(0.5)	2.2(0.3)	2.1(0.1)	2.0(0)					
	上細			1.4	1.5	1.3	1.1	0.7					85		
	太			2.7(0.7)	3.7(0.9)	3.0(0.6)	3.1(0.8)								
VIII/3	下細									1.4	1.4	1.1	0.4	94	
	太									4.4(0.8)	4.2(0.7)	3.8(0.3)	3.3(0.3)	2.7(0.2)	2.5(0)
	上細										0.8	0.8		100	
	太										3.0(0.5)	3.2(0.5)			
/8	下細												100		
	太														
	上細												100		
	太														

“下”は下位根, “上”は上位根, “細”は細い2次根, “太”は太い2次根を示す. “太”欄において, ()の外は太い2次根の長さ, ()内は3次根の長さを示し, 細い2次根の長さとともに cm. 表中の —, ----- はそれぞれ分枝根が未発生, 伸長終了を示す. 1次根長の相対値は伸長終了時の長さに対する割合.

第2表 主稈の第IX要素根における2・3次根の最長の値の推移。

採取日	1次根の基部からの距離 (cm)										1次根長 (相対値)		
	2	4	8	12	16	20	24	28	32	36		40	44
VII/29	下細	1.1	1.4	1.3	1.5	1.3	1.3	1.2	1.3	1.7	0.6		89
	大	3.2(0.5)	3.8(0.7)	2.4(0.3)	4.8(0.8)	5.8(1.0)	3.2(0.9)	3.8(0.7)	2.8(0.2)	2.6(0)			
	上細	1.6	1.7	1.5	1.5	1.8	1.4	0.7					85
	大	4.0(0.7)	4.0(0.7)	2.2(0.7)	3.9(1.1)	3.9(0.7)	4.8(1.5)						
VIII/3	下細	1.2	1.1	1.2	1.4	2.0	1.3	1.3	1.2	1.5	1.2	0.4	94
	大	3.2(0.3)	4.6(0.7)	4.6(0.7)	5.2(0.8)	5.8(0.5)	6.2(0.9)	4.7(1.0)	3.9(0.5)	4.6(0.5)	3.0(0.5)	3.6(0.3)	
	上細	0.7	1.6	1.8	1.7	1.5	0.9	1.2	1.2				100
	大	4.2(0.6)	4.2(0.6)	4.2(0.6)	5.4(0.7)	4.2(0.8)	4.2(1.0)	4.2(0.7)	3.2(0.5)				
/8	下細						1.8	1.9	1.5	1.8	2.2	1.4	100
	大						5.6(1.0)	5.2(0.9)	5.3(1.1)	4.2(1.2)	4.3(0.3)	2.9(0)	
	上細	1.6	2.1	2.2	1.7	1.6	1.6	1.6	1.1				100
	大	4.0(1.4)	5.9(1.7)	5.4(1.1)	3.2(1.0)	3.2(1.0)	3.0(0.6)	1.2(0)					
/13	下細								1.4	2.1	1.3	0.4	100
	大								4.7(1.0)	2.7(1.1)	2.5(0.4)		
	上細												100
	大												

VII/15とVII/22は省略し、その他の採取日については測定値のすべてを示した、その他は第1表に準ずる。

第3表 主桿の各要素根における2・3次根の伸長終了時の長さ。

要素		1次根の基部からの距離 (cm)											
		2	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
V	下細	1.0	1.2	1.2	1.3	1.3	1.1	1.0	1.1	0.9			
	大	—	2.4(0.2)	3.3(0.5)	4.1(0.6)	3.7(0.5)	3.1(0.4)	2.0(0.3)	1.6(0.2)	—			
上	細	1.1	1.0	1.2	1.1	1.1	0.8						
	大	—	5.4(0.5)	2.7(0.5)	3.4(0.4)	2.9(0.4)	1.7(0.2)						
VII	下細	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.2	1.1	1.0	1.1	1.2	1.3	1.0
	大	2.8(0.1)	2.9(0.2)	2.8(0.3)	3.6(0.5)	3.4(0.5)	3.5(0.6)	3.3(0.6)	3.2(0.5)	3.4(0.7)	3.6(0.7)	2.9(0.5)	—
上	細	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2	0.8	0.9	1.0				
	大	—	2.2(0.3)	2.7(0.5)	3.0(0.5)	3.2(0.7)	3.4(0.6)	2.6(0.7)	3.3(0.3)				
IX	下細	0.9	1.1	1.1	1.3	1.3	1.2	1.3	1.2	1.4	1.4	1.1	0.4
	大	2.3(0.4)	3.1(0.4)	2.9(0.3)	4.0(0.6)	4.5(0.6)	4.4(0.8)	4.2(0.7)	3.8(0.7)	3.3(0.7)	2.7(0.4)	2.5(0.2)	—
上	細	1.2	1.4	1.4	1.5	1.3	1.1	0.8	0.8				
	大	2.8(0.4)	2.7(0.3)	2.7(0.7)	3.7(0.9)	3.0(0.6)	3.1(0.8)	3.0(0.5)	3.2(0.5)				
XI	下細	0.7	0.9	1.0	1.0	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3	1.1	1.2	0.9
	大	2.0(0.2)	1.6(0.1)	2.3(0.2)	2.2(0.1)	2.4(0.2)	2.9(0.2)	3.1(0.3)	2.9(0.4)	2.9(0.3)	2.2(0.2)	1.9(0.2)	1.4(0)
上	細	1.0	1.3	1.4	1.2	1.1	0.8						
	大	2.2(0.3)	2.2(0.5)	2.6(0.6)	2.5(0.5)	1.9(0.5)	1.2(0.3)						
XIII	下細	0.7	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	0.8	0.3				
	大	2.6(0.5)	2.7(0.4)	2.2(0.2)	2.4(0.3)	2.4(0.2)	2.2(0.2)	2.0(0.2)	—				

—は太い2次根と3次根が存在しなかったことを示す。その他は第1表に準ずる。

第4表 主稈の各要素根における2・3次根の長さの平均値 (cm).

	要素									
	V		VII		IX		XI		XIII	
	下	上	下	上	下	上	下	上	下	
細い2次根	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	0.9	
太い2次根	2.9	2.7	3.2	2.9	3.4	3.0	2.3	2.1	2.4	
3次根	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.2	0.5	0.3	

“下”は下位根，“上”は上位根を示す。

が、そのように理解する)に着目して分枝根の伸長を検討している。近似的ではあるがその結果と比較する目的で、各測定部位の測定値の中から最長の値を選び、その推移を検討した。その結果(第2表)、前述と同様に、1次根の伸長終了とほぼ同時ないしその直後に分枝根の伸長も終了した。

II. 分枝根の長さ

1. 部位間差をみると(第3表)、要素、下位根と上位根、および分枝根の種類によって異なり、いずれかの部位が常に最長となる傾向は認められなかった。分枝根の長さの最長と最短の差は細い2次根では小さかった。

2. 各測定部位における分枝根の長さの平均値によって比較すると、要素間差については(第4表)、下位根、上位根のいずれにおいても、細い2次根、太い2次根、3次根ともに第IX要素根またはそれよりやや下位の要素根でもっとも長く、それらより下位の要素根でも比較的長かった。第XI、第XIII要素根のような最上位の2~3の要素根では短い傾向があった。

上・下位根間差については(第4表)、細い2次根では一定の傾向はなく、太い2次根ではいずれの要素根とも下位根の方が若干長かった。3次根の場合は第XI要素根のような上位の要素根で下位根の方が短かった。

III. 2次根数

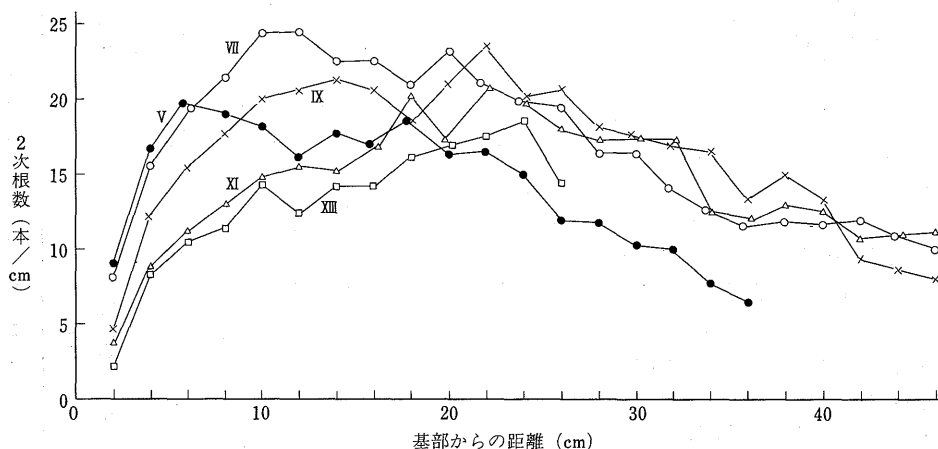
1. 部位間差

(1) 下位根

1) 細い2次根と太い2次根の合計

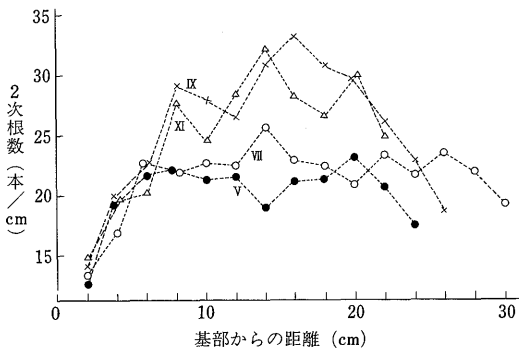
1次根長1cm 当り2次根数は各要素根とも基部を離れるにつれて増加し、ある部位から何cmの間は変動があるもののほぼ一定かつもっとも多い数を示し(後述の太い2次根や上位根の場合にもこのような傾向が認められるので、以下この部分を“最大値の部分”という)、それより先端では減少した(第2図)。

最大値の部分の2次根数は第VII~第IX要素根でもっとも多く、それより下位または上位の要素根となるにつれて少なかった(第2図)。上位の要素根となるにつれて、1次根の基部をより離れた部位



第2図 主稈の各要素の下位根における部位別2次根数*。

*: 細い2次根と太い2次根の合計。ローマ数字は冠根の出現した要素を示す(第3図についても同様)。



第3図 主稈の各要素の上位根における部位別2次根数.

から最大値の部分が始まり、その幅が広い傾向もあった(第2図).

2) 太い2次根

最大値の部分の太い2次根数は第XI, 第XIII要素根のような最上位の2~3の要素根で多かったが、多い場合でも1次根長1cm 当り3~4本であって、部位間差あるいはその要素間差は顕著ではなかった。このことは上位根に関しても同様であり、以下部位間差については細い2次根と太い2次根の合計についてのみ検討する。

(2) 上位根

最大値の部分の2次根数は第IX, 第XI要素根のような上位の要素根に多かった(第3図)。最大値の部分に至るまでの1次根の基部からの距離については要素間差が小さかったが、最大値の部分は第VII要素根でもっとも広がった(第3図)。第IX要素根を除き、1次根のほぼ先端部まで最大値の部分であった(第3図)。

(3) 上・下位根間差

最大値の部分の2次根数、最大値の部分に至るまでの距離、最大値の部分の幅ともに、第VII要素より下位の要素根では上・下位根間差は少なかった(第2図と第3図を比較参照)。第IX, 第XI要素根のような上位の要素根では、下位根の方が最大値の部分の2次根数が著しく少なく、また1次根の基部をより離れた部位から最大値の部分となり、最大値の部分が広がった。

2. 1本当り、および1cm 当り2次根数

(1) 下位根

1) 細い2次根と太い2次根の合計

1本当り2次根数(第5表)は、第VIII要素根までは上位の要素根となるにつれて多くなり、それより上位では上位要素根ほど少なかった。1cm 当

第5表 主稈の各要素根における2次根数(本).

		要素								
		V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
下位根	/本	487.1(15.6)	682.8(35.1)	738.0(34.0)	758.5(30.1)	731.9(35.7)		636.5(52.5)		373.5(31.6)
	/cm	14.8(0.5)	15.3(0.8)	16.0(0.7)	16.5(0.7)	15.7(0.8)		14.1(1.2)		12.5(1.1)
上位根	/本	447.1(18.2)		641.3(28.2)		747.0(24.6)		553.2(26.9)		
	/cm	19.4(0.8)		21.0(0.9)		26.7(0.9)		26.6(1.3)		

/本は1次根1本当り、/cmは1次根長1cm 当りの2次根数を示す。()の外は細い2次根数+太い2次根数、()内は太い2次根数。

り2次根数(第5表)についても1本当り2次根数と同様の傾向があったが、要素間差は1本当りの場合より小さかった。

2) 太い2次根

1本当り2次根数(第5表)は第V要素根において著しく少なかった。第VI~第IX要素根では第VIII要素根でやや少なかったことを除いてほぼ等しく、第XI要素根でもっとも多かった。1cm当り(第5表)では、第IX要素根までは1本当りと同様の傾向があり、第XIと第XIII要素根ではほぼ等しく、かつもっとも多かった。

(2) 上位根

1) 細い2次根と太い2次根の合計

1本当り2次根数(第5表)は第IX要素根付近までは上位要素根となるにつれて多くなり、それより上位の要素根では少なかった。1cm当り(第5表)については上位要素根となるにつれて多くなり、第IX~第XI要素根でもっとも多かった。

2) 太い2次根

1本当り2次根数(第5表)は第V要素根では少ないが、第VII~第XI要素根ではほぼ等しかった。1cm当り(第5表)では第V~第IX要素根においてはほぼ等しく、第XI要素根でもっとも多かった。

(3) 上・下位根間差

1) 細い2次根と太い2次根の合計

1本当り2次根数(第5表)は第V、第VII要素根のような下位の要素根では下位根の方が多いが、第IX要素根では下位根の方が少なく、第XI要素根では再び下位根の方が多かった。1cm当り(第5表)では、いずれの要素でも下位根の方が少なく、その差は上位要素根ほど大きかった。

2) 太い2次根

1本当り2次根数(第5表)は第V要素根を除いて下位根の方が多かった。1cm当り(第5表)では、差は小さいがすべての要素根で下位根の方が少ない傾向があった(第5表)。

IV. 1cm当り3次根数

1cm当り3次根数は最少4.6本、最高14.5本で下位根、上位根のいずれにおいても最上位の2~3の要素根に多かった(第6表)。

上・下位根間差をみると、いずれの部位においても下位根の方が少ない傾向があり、その差は第IX要素より上位の要素根で大きかった。

各要素根とも部位間差は明瞭ではなかった。

第6表 主稈の各要素根における1cm当り3次根数(本)。

要素	部 位		
	1/4	1/2	3/4
V 下位根	5.0	7.6	5.2
	5.9	8.4	8.0
VII 下位根	5.8	6.6	5.3
	7.1	6.4	8.9
IX 下位根	7.3	6.7	4.8
	8.2	11.0	10.5
XI 下位根	9.0	5.1	4.6
	13.0	14.5	12.8
XIII 下位根	12.7	9.1	5.8

V. 2次根の直径

2次根は極めて細く、多くの場合細い2次根は0.07~0.09mm、太い2次根はその2倍前後であったが、細かくみるとつぎのとおりであった(第7表)。

1. 細い2次根

(1) 下位根

部位間差をみると、1/4部位より1/2または3/4部位でやや太い傾向があった。要素間差については、第V要素根と第XIII要素根のような最下位と最上位付近の要素根でやや細かった。

(2) 上位根

各要素根とも部位間差はほとんどなかった。要素間差をみると、第XI要素根でやや細かった。

(3) 上・下位根間差

第XI要素根のような上位の要素根において下位根の方が太かった。

2. 太い2次根

(1) 下位根

部位間差は明らかでなかった。要素間差については、第V要素根と第XIII要素根のような最下位と最上位付近の要素根でやや細かった。

(2) 上位根

部位間では1/2または3/4部位でわずかに太い傾向があった。要素間差をみると、上位の要素根である第XI要素根でわずかに細かった。

(3) 上・下位根間差

第V~第IX要素根においては明瞭な差はなかったが、第XI要素根では下位根の方が太かった。

VI. 3次根の直径

3次根は細い2次根より若干細い程度であった(第7表)。部位間あるいは要素間の差は小さいが、

第7表 主稈の各要素根における2・3次根の直径 (mm).

要素		1/4 部位			1/2 部位			3/4 部位		
		2次根		3次根	2次根		3次根	2次根		3次根
		細	太		細	太		細	太	
V	下位根	0.07	0.13	0.06	0.09	0.17	0.06	0.08	0.16	0.06
	上位根	0.08	0.14	0.06	0.08	0.16	0.07	0.08	0.18	0.07
VII	下位根	0.09	0.16	0.07	0.10	0.17	0.07	0.09	0.19	0.08
	上位根	0.08	0.16	0.06	0.08	0.16	0.06	0.07	0.17	0.07
IX	下位根	0.08	0.17	0.06	0.08	0.16	0.06	0.09	0.19	0.07
	上位根	0.08	0.15	0.06	0.08	0.18	0.07	0.07	0.19	0.06
XI	下位根	0.09	0.21	0.05	0.09	0.20	0.07	0.09	0.18	0.07
	上位根	0.07	0.14	0.05	0.06	0.14	0.06	0.07	0.14	0.06
XIII	下位根	0.05	0.14	0.05	0.07	0.18	0.05	0.08	0.15	0.06

“細”は細い2次根, “太”は太い2次根を示す。

細かくみるとつぎのとおりであった (第7表)。

1. 下位根

部位間差をみると3/4部位でやや太い傾向があった。要素間差については、第V要素根と第XIII要素根のような最下位と最上位付近の要素根で細い傾向があった。

2. 上位根

部位間では1/2ないし3/4部位で太かった。要素間では第XI要素根でわずかに細かった。

3. 上・下位根間差

第V要素根では下位根の方が細く、第VII～第XI要素根では上位根の方がわずかに細い傾向があった。

考 察

1. 本研究は、水稻1個体あるいは1株の根系形成の推移を明らかにすることの一つとして、主稈を対象に要素ごとに分枝根の生育を検討したものである。水稻以外の作物を含めた同趣旨の報告をみると、その多くは外国で行われたものであるため1次根について特段の区分を行っていない^{1,2,15,16)}か、区分しても seminal axes と nodal axes に、nodal axes を early nodal と late nodal に分けている程度^{4,5)}にすぎない。我国における研究は少ないが、節³⁾または要素¹⁰⁾別に検討されていてその点で詳細である。しかし分枝根の発生³⁾または伸長¹⁰⁾についてのみの検討であったり上位の要素根¹⁰⁾に限られている。本研究においては1次根を要素別に区分し、しかも下位から上位の要素根にわたって、また根系の多くの構成要素について検討し、従来の研究より詳細に検討したといえよう。

2. 上述の結果を水稻に関する従来の結果と比較するとつぎのとおりである。

i. 2・3次根の発生については従来の結果^{3,6,7,11)}とほぼ同様であり、伸長については後述のとおり(3.参照)であった。伸長を終了した長さについてはつぎのとおりである。

まず部位間差に関して、細い2次根については、イ. 基部で短く、基部から5～10cmの部位で最大となり、それより先端寄りでは短く、ロ. 最大値を示す部位までの距離は、A型根で最大、ついでB型根、C型根の順 (A型根: 根端方向に徐々に直径が減少、B型根: 根端方向に、A型根より急激に直径が減少、C型根: 基部1cmの範囲内で急激に直径が減少し、さらに根端方向に徐々に減少) であり、また、下位根より上位根で短いという報告¹⁴⁾がある。しかし本研究では明瞭な部位間差は認められなかった。太い2次根や3次根については部位間差を検討した報告はない。

要素間差 (本研究の場合は各測定部位の長さの平均値) については、川田ら¹⁴⁾が細い2次根について最上位の2～3の要素根で短いとした結果と一致する。しかし太い2次根や3次根についての報告は見当たらない。上・下位根間差については、細い2次根の場合下位根の方が長い傾向があるとした報告¹⁴⁾と必ずしも一致しなかった。

なお2次根や3次根の長さの絶対値については、従来の報告に記されている結果^{10,12,13,14)}とほぼ同様であった。

ii. 2次根数についてはつぎのとおりであった。部位間差について、イ. 1次根の基部を離れるにつれて多くなり、ある部位でもっとも多くなってそれ

より先端寄りでは減少するという報告⁹⁾と、 α . 1次根の基部を離れるにつれて多くなり、ある部位で最大となってそれより先端寄りでは著しい変動を示さないとする報告¹⁴⁾とがある。本研究の結果は両者の中間ともいべきものであって、いずれの要素根でも“最大値の部分”があった。

部位間差の要素間差について直接比較できる報告はない。川田・芝山⁹⁾が α . 1次根の基部直径に要素間差が存在する一方、 α . 基部直径の大きな1次根ほど基部の2次根数は少なく、かつ2次根数のもっとも多い部位が1次根の先端寄りとなること、 α . しかしもっとも多い部位の2次根数は直径の大小にかかわらずほぼ等しいとしていることと間接的に比較し得るのみである。本研究では最大値の部分の2次根数に要素間差が認められ、この点は川田・芝山と異なった。しかし、とくに下位根において、1次根の基部から最大値の部分までの距離に要素間差が認められたことについては川田・芝山の結果と一致する。

1 cm 当り2次根数について上・下位根込みに要素間差を検討した結果はある⁹⁾が、下位根、上位根ごとに1本当り、および1 cm 当り2次根数の要素間差を比較した研究は見当らない(川田ら¹⁴⁾については記載が不明)。同一要素においては、1 cm 当り2次根数は上位根に多い¹⁴⁾という報告は認められ、本研究の結果はこれに一致する。

なお従来報告^{12,13,14)}に記されている1 cm 当り2次根数の絶対値と本研究の結果とはほぼ等しかった。

iii. 1 cm 当り3次根数については、要素間差を比較した報告は見当らないが、下位根より上位根に多いという報告¹⁴⁾がある。本研究においては最上位の2~3の要素根においてとくにそれが顕著であった。

なお従来報告^{12,13,14)}に記されている1 cm 当り3次根数の絶対値をみると、本研究の結果より多い傾向がある。これは測定法の違いによると思われる。すなわち川田ら¹⁴⁾は太い2次根の中央部についてのみ測定した(川田・副島^{12,13)}については測定法が不明であるが恐らく川田¹⁴⁾と同様と思われる)のに対し、本研究では太い2次根の先端部における3次根が生じていない部分も含めた密度として表示しているためであろう。

iv. 2次根の直径については、要素間差や部位間差、上・下位根間差のいずれの報告も見当らない。

なお、従来の測定値^{12,13)}と本研究の結果を比較してみると、細い2次根、太い2次根ともにおおむね等しいが、部分的には本研究より著しく太い測定値も認められる。

3次根の直径についても要素間差や部位間差、上・下位根間差を検討した報告は認められない。

以上を省りみると、従来の研究において未検討であった点が多いといえよう。なお比較できた点についてはおおむね一致し、細い2次根の長さの部位間差や上・下位根間差についてと、2次根数の部位間差に明瞭な傾向があるか否かという点、および最大値の部分の2次根数に要素間差が存在するか否かという点が異なった。

3. 川田・副島¹⁰⁾は、分枝根の生育は1次根の伸長が終了した後もしばらく続くとしている。本研究では1次根の伸長終了とほぼ同時ないしその直後に分枝根の伸長も終了した。本研究ではさらに、各測定部位の測定値の中でもっとも長い分枝根に着目して検討したが、その場合にも1次根の伸長終了とほぼ同時ないしその直後に伸長を終了した。湛水状態のみならず畑状態においても、分枝根の伸長が1次根の伸長終了とほぼ同時に終了することは川島ら⁹⁾も認めているが、この点については続報で改めて考察することとした。

4. 本研究においては分枝根の生育と栽培条件や土壌条件との関係の検討を行わなかった。今後それらの条件との関係の検討が必要である。ただし根の生育はそれが発根・生育した時の地上部の生育段階の影響を受ける⁷⁾から、上述の要素間差はその影響を反映したものと推察される。すなわち本研究の結果には一定の普遍性があり、根系は、上述の結果を基本としてこれに栽培条件や土壌条件の影響が加わるかたちで形成されると考えられる。

謝辞 本研究を行うにあたり名古屋大学助教授河野恭広博士からご助言をいただき、また本学山口邦夫教授には本論文のご校閲をいただいた。記して謝意を表します。

引用文献

1. Dittmer, H.J. 1937. A quantitative study of the roots and root hair of a winter rye plant (*Secale cereale*). Amer. J. Bot. 24: 417-420.
2. ——— 1938. A quantitative study of the subterranean members of three field classes. Amer. J. Bot. 25: 654-657.

3. 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: 1-119.
4. Hackett, C. 1968. A study of the root system of barley. I. Effects of nutrition on two varieties. *New Phytol.* 67: 287-299.
5. ——— 1969. ———. II. Relationships between root dimensions and nutrient uptake. *New Phytol.* 68: 1023-1030.
6. 川島長治・Iskandar Zulkarnaini・石原 邦・小倉忠治 1967. 水稻種子根の発育について. 特に2次根の発育に着目して. 日作紀 36: 290-291.
7. ———・石原 邦・小倉忠治 1973. 異なる生育段階に発根した水稻冠根の発育について. 日作紀 42: 197-206.
8. ——— 1986. 水稻における, 地上部の生育にともなう冠根の伸長の様相について. 日作紀 55: 408-419.
9. 川田信一郎・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.
10. ———・副島増夫 1974. 水稻における“うわ根”の形成過程, とくに生育段階に着目した場合の一例. 日作紀 43: 354-374.
11. ———・石原愛也・松井重雄・咲花茂樹 1957. 水稻種子根の培養, とくに糖の種類, 濃度および供給方法が根の生育におよぼす影響. 日作紀 44: 93-108.
12. ———・副島増夫 1976. 水稻根の生育, とくに“うわ根”の形成と堆肥施用との関係について. 日作紀 45: 99-116.
13. ———・——— 1978. 水稻における“うわ根”の形成におよぼす遮光, 除穂およびブドウ糖・尿素の葉面散布の影響. 日作紀 47: 300-311.
14. ———・佐々木修・山崎耕宇 1980. 水稻根における分枝の様相, とくに冠根の直径と分枝との関係について. 日作紀 49: 103-111.
15. May, L.H., F.H. Chapman and D. Aspinall 1965. Quantitative studies of root development. I. The influence of nutrient concentrations. *Aust. J. Biol. Sci.* 18: 25-35.
16. ———, ———, ——— and L.G. Paleg 1967. ———. II. Growth in the early stage of development. *Aust. J. Biol. Sci.* 20: 273-283.