

水稻の根系形成に関する研究

第2報 分げつ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：平均的な要素の分げつである分げつ VII の各要素の分枝根の生育は、主稈の第 IX より上位の要素根間の差の傾向に類似し、生育のすすんだ段階で発生した分げつほど、より下位の要素根から“より上位要素根的”な生育を示すことがわかった。その根拠となったデータはつぎのとおりである。

1. 伸長を終了した2・3次根の長さは、分げつ VII では上位の要素根ほど短い傾向があったが、分げつ間差は明瞭ではなかった。 2. 細い2次根と太い2次根を合計した2次根数をみると、分げつ VII では最大値の部分の2次根数、1次根1本当りおよび1次根長1cm 当り2次根数ともに、上位の要素根ほど少ない傾向があった。分げつ間では、下位根における最大値の部分の2次根数、1cm 当り2次根数、および上位根における1本当り2次根数は $V/\text{分 VI} > IV/\text{分 VII} > III/\text{分 VIII}$ であり、上位根における最大値の部分の2次根数および1cm 当り2次根数は $V/\text{分 VI} < IV/\text{分 VII} < III/\text{分 VIII}$ であった。 3. 太い2次根長1cm 当り3次根数は、分げつ VII では上位の要素根で多かった。分げつ間では、下位根においては $V/\text{分 VI} < IV/\text{分 VII} < III/\text{分 VIII}$ であったが、上位根では分げつにより異なった。 4. 分枝根の直径は、分げつ VII では上位の要素根で細かった。分げつ間では、下位根の2次根においては $V/\text{分 VI} > IV/\text{分 VII} > III/\text{分 VIII}$ であったが、その他は分げつにより異なった。

キーワード：根系、水稻、生育、分げつ。

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

Abstract : Following the previous paper on the development of lateral roots of the main stem, similar investigations were conducted on tillers.

As in the main stem, lateral roots emerged acropetally along the primary root of the tiller, and their elongation ceased at or slightly after the primary root stopped its elongation.

In the tiller VII whose appearance is considered as an average, the final length and the diameter of the laterals, the total number of the secondary roots per primary root, and the maximum density of the secondary roots on the primary root axis, all decreased towards the higher-positioned shoot units. On the contrary, the density of the tertiary roots (i.e., number per cm of the secondary root) increased towards the higher-positioned shoot units. These features were, in general, similarly found in the main stem for shoot units higher than the ninth.

Lateral roots development of later-appeared tillers was similar to those found in the higher-positioned shoot units of the tiller VII and the main stem.

Key words : Growth, Rice plant, Root system, Tiller.

水稻における根系形成の推移を明らかにすることを目的として、著者は先に分げつを含む1次根（冠根）の伸長の様相⁴⁾、および主稈における分枝根の生育⁵⁾について報告した。本報においては分げつにおける分枝根の生育について報告する。

材 料 と 方 法

前報^{4,5)} 同様1985年に秋田県立農業短期大学で45 l 容ポリ容器に栽培したトヨニシキ（主稈葉数16）を用い、まず、川田ら⁶⁾の“要素”による分げつ VII（従来の方法²⁾によれば第6号分げつまたは分げつ6）について検討した。分げつ VII において、冠根の出現した最上位の要素は第 VI 要素下位

根で、一つおきの第 II, 第 IV, 第 VI 要素根について分枝根の生育を調査し、1次根上の部位、要素、同一要素における上位根と下位根による生育の違い、すなわち“部位間差”、“要素間差”、“上・下位根間差”を比較した。なお作物統計⁸⁾によれば、多くの水稻の分げつ節位は第3～第6号および第21, 第31, 第41号である。その場合不完全葉を葉数として数えていない。すなわち分げつ VII はおおむね多くの水稻の平均の要素の分げつであると考えられる。

つぎに、異なる生育段階に発生した分げつ間の分枝根の生育の差異を知る目的で、分げつ VI の第 V 要素根と分げつ VIII の第 III 要素根について調査

し、分げつ VII の第 IV 要素根と比較した。これら 3 つの要素根は、いずれも冠根の出現した最上位の要素から数えて 3 番目の要素根⁴⁾であり、伸長した暦日もほぼ同じ⁴⁾であったから、それらの比較によって分げつ VI, VII, VIII の分枝根の生育の相互関係を推察できると考えた。これらの要素根間の差異を“分げつ間差”といい、要素の位置も付して記述する場合には、たとえば分げつ VII の第 IV 要素根を IV/分 VII として表した。

4 次根より高次の分枝根は認められなかったので調査は 2 次根と 3 次根の長さ、数、直径について行ったが、2 次根については“細い 2 次根”と“太い 2 次根”に分けて調査した。調査方法は前報⁵⁾と同様であるが、概略はつぎのとおりであった。

I. 分枝根の長さ

各要素根の 1 次根の基部から 4 cm ごとの部位を測定部位とした。2 次根についてはその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、太い 2 次根の長さを測定した材料上における 3 次根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。各採取日の平均値によって伸長の様相を求め、伸長終了時の長さを分枝根の長さとした。

II. 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 次根について、基部から 2 cm ごとに倍率 10~16 倍の実体顕微鏡下で 2 次根数を数えた。

III. 3 次根数

2 次根数の測定に用いた 1 次根について、前報⁵⁾の第 1 図に示した部位ごとに太い 2 次根 7~8 本を無作為に選んだ。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、太い 2 次根長 1 cm 当りの 3 次根数、すなわち“1 cm 当り 3 次根数”を比較した。

IV. 2 次根の直径

前報⁵⁾の第 1 図に示した部位ごとに、中庸な太さの細い 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を用いて測定した。

V. 3 次根の直径

3 次根数の調査と同じ材料の、3 次根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。

なお分枝根の生育に関する主稈と分げつ間関係を主稈と分げつ VII について比較したところ、最下位の要素根から数えて同じ位置にある要素根どうしを比較するよりも、最上位の要素根から数えて同じ位置にある要素根どうしを比較した場合に、それぞれの茎の要素根間の差異に類似性がみられた（たとえば本報告の第 1 表と前報⁵⁾の第 3 表を比較参照）。その場合、上位根における 2・3 次根数が主稈の方が多かったことを除くと明瞭な差はなかった。したがって主稈と分げつ間の分枝根の生育の比較は記述しない。分枝根の発生・伸長についても主稈に準ずるので省略する。

結 果

I. 分枝根の長さ

主稈⁵⁾におけると同様、分枝根の長さの部位間差は明瞭ではなかった。1 次根上の各測定部位における分枝根の長さの平均値によって要素間差と上・下位根間差を比較するとつぎのとおりであった。

A. 分げつ VII

要素間差については（第 1 表）、第 IV 要素下位根における太い 2 次根と 3 次根を除くと下位根、上位根のいずれの分枝根ともに、上位の要素根となるにつれて短い傾向があった。

上・下位根間差は明瞭ではなかった（第 1 表）。

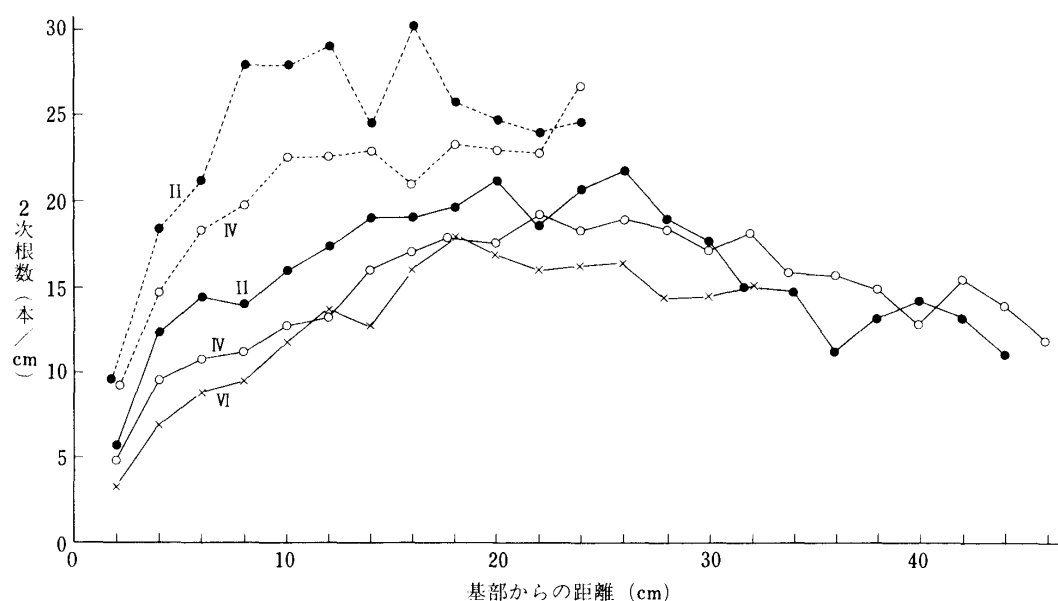
B. 分げつ間差

分枝根の種類、下位根・上位根によって分げつ間に種々の違いがあり（第 1 表）、分げつ間差は明瞭

第 1 表 分げつおよび要素別 2・3 次根の長さの平均値 (cm)。

| | 分 げ つ お よ び 要 素 | | | | | | | |
|---------|-----------------|-----|---------|-----|-----|-----|----------|-----|
| | 分げつ VI | | 分げつ VII | | | | 分げつ VIII | |
| | V | | II | | IV | | VI | |
| | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 | 下 | 上 |
| 細い 2 次根 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 1.1 |
| 太い 2 次根 | 2.3 | 1.3 | 2.8 | 2.8 | 2.1 | 2.3 | 2.3 | 2.6 |
| 3 次 根 | 0.2 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.5 |

“下”は下位根，“上”は上位根を示す。



第1図 分けつ VII の各要素根における部位別2次根数*

*：細い2次根と太い2次根の合計。実線は下位根，破線は上位根，ローマ数字は冠根の出現した要素を示す。

第2表 分けつおよび要素別2次根数（本）。

| | | 分けつおよび要素 | | | | |
|-----|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 分けつVI | 分けつVII | | | 分けつVIII |
| | | V | II | IV | VI | III |
| 下位根 | /本 | 716.0(54.7) | 717.4(34.2) | 679.4(54.1) | 461.7(43.1) | 677.8(54.1) |
| | /cm | 14.6(1.1) | 15.2(0.7) | 14.1(1.1) | 13.2(1.2) | 13.5(1.1) |
| 上位根 | /本 | 547.6(29.8) | 618.9(23.4) | 538.8(24.0) | | 513.8(29.6) |
| | /cm | 19.2(1.0) | 23.6(0.9) | 20.7(0.9) | | 22.3(1.3) |

/本は1次根1本当たり，/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。

ではなかった。ただし差のある場合でもその程度は小さく、また、それらのいずれもIV/分VIIより下位の要素根であるII/分VIIの分枝根の長さを超えることはなかった。

II. 2次根数

A. 分けつVII

1. 部位間差

(1) 下位根

差はわずかであるが、上位要素根ほど“最大値の部分（前報⁵⁾参照）”の2次根数が少なかった（第1図）。

(2) 上位根

最大値の部分の2次根数は第II要素根の方が多かった（第1図）。なお第II、第IV要素根ともに1次根の先端まで最大値の部分であった（第1図）。

(3) 上・下位根間差

第II、第IV要素根ともに下位根の方が、最大値

の部分の2次根数は少なかった（第1図）。

2. 1本当たり、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本当たりおよび1cm当り2次根数ともに、上位要素根ほど少なかった（第2表）。

2) 太い2次根

太い2次根数は1本当たりでは第IV要素根でもっとも多いが、1cm当りでは第IV、第VI要素根のような上位の要素根で多かった（第2表）。

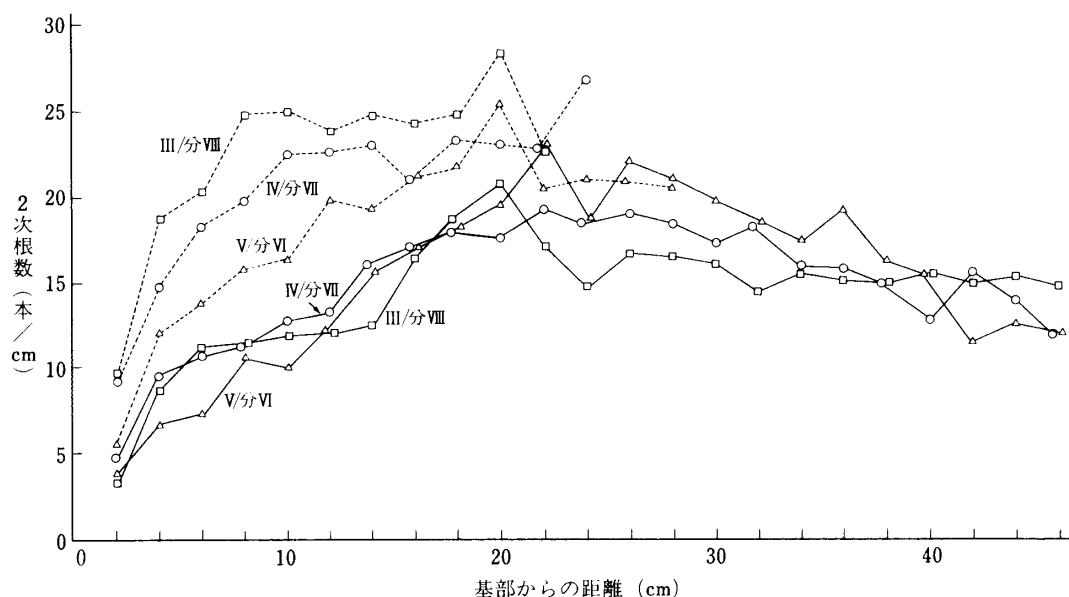
(2) 上位根

1) 細い2次根と太い2次根の合計

1本当たりおよび1cm当り2次根数ともに、第IV要素根の方が少なかった（第2表）。

2) 太い2次根

1本当たりおよび1cm当り2次根数ともに、要素間差はほとんどなかった（第2表）。



第2図 異なる生育段階に発生した分げつの冠根における部位別2次根数*

*: 細い2次根と太い2次根の合計。実線は下位根、破線は上位根を示す。

(3) 上・下位根間差

1) 細い2次根と太い2次根の合計

第II, 第IV要素根ともに, 1本当りでは下位根の方が多いが, 1cm 当りでは下位根の方が少なかった(第2表)。

2) 太い2次根

1本当りでは第II, 第IV要素根ともに下位根の方が多いが, 1cm 当りでは, 第II要素根においては下位根の方がやや少なく, 第IV要素根では下位根の方がやや多かった(第2表)。

B. 分げつ間差

1. 部位間差

(1) 下位根

最大値の部分の2次根数は V/分VI > IV/分VII > III/分VIII で多かった(第2図)。

(2) 上位根

最大値の部分の2次根数は III/分VIII > IV/分VII > V/分VI で多かった(第2図)。IV/分VII同様, V/分VI, III/分VIII においても1次根の先端まで最大値の部分であった(第2図)。

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次根数は(第2表) IV/分VII と III/分VIII とはほぼ等しく, V/分VI においてはそれらよりやや多かった。1cm 当り(第2表)では V/分VI > IV/分VII > III/分VIII でわずかながら多か

った。

2) 太い2次根

1本当り, 1cm 当り太い2次根数とも分げつ間差はなかった(第2表)。

(2) 上位根

1) 細い2次根と太い2次根の合計

1本当り2次根数は V/分VI > IV/分VII > III/分VIII で多く, 1cm 当りでは III/分VIII > IV/分VII > V/分VI で多かった(第2表)。

2) 太い2次根

1本当り太い2次根数は IV/分VII では V/分VI や III/分VIII よりやや少なく, 1cm 当りでは III/分VIII において V/分VI や IV/分VII よりやや多かった(第2表)。

III. 1cm 当り3次根数

1cm 当り3次根数は最少2.1本, 最高16.9本であり, 比較的大きな変動があった(第3表)。細かくみるとつぎのとおりであった。

A. 分げつVII

1. 下位根

第VI要素根のような最上位要素根で1cm 当り3次根数が多い傾向があった。

2. 上位根

第IV要素根で1cm 当り3次根数が多かった。

3. 上・下位根間差

1cm 当り3次根数は第II要素根の1/4部位を除いて下位根の方が少ないが, その差は第IV要素根

で著しかった。

B. 分げつ間差

1. 下位根

1 cm 当り 3 次根数は III/分 VIII>IV/分 VII>V/分 VI で多かった。

2. 上位根

1 cm 当り 3 次根数は III/分 VIII において、V/分 VI および IV/分 VII より多い傾向が認められるが、V/分 VI と IV/分 VII とでは部位により異なった。

IV. 2 次根の直径

多くの場合細い 2 次根は 0.07~0.10 mm, 太い 2 次根はその 2 倍前後であった (第 4 表)。細かくみるとつぎのとおりであった。

第 3 表 分げつおよび要素別 1 cm 当り*3 次根数 (本)。

| 要素 | 部 位 | | |
|-----------|------|------|------|
| | 1/4 | 1/2 | 3/4 |
| —分げつVI— | | | |
| V 下 位 根 | 2.1 | 2.4 | 3.0 |
| 上 位 根 | 16.9 | 13.0 | 5.6 |
| —分げつVII— | | | |
| II 下 位 根 | 7.1 | 6.3 | 4.7 |
| 上 位 根 | 6.7 | 8.0 | 8.7 |
| IV 下 位 根 | 4.2 | 4.4 | 5.6 |
| 上 位 根 | 11.3 | 11.8 | 9.3 |
| VI 下 位 根 | 8.4 | 8.3 | 4.4 |
| —分げつVIII— | | | |
| III 下 位 根 | 6.8 | 6.0 | 8.7 |
| 上 位 根 | 13.5 | 16.1 | 13.6 |

*: 太い 2 次根長 1 cm 当り。部位については前報⁵⁾ 第 1 図参照。

A. 分げつ VII

1. 細い 2 次根

(1) 下位根

部位間では 3/4 部位で太かった。要素間差については、第 II 要素根と第 IV 要素根とはほぼ等しかったが、第 VI 要素根ではそれらより細かった。

(2) 上位根

部位間、要素間ともに差はなかった。

(3) 上・下位根間差

いずれの要素根においても、下位根の方が太い傾向があった。

2. 太い 2 次根

(1) 下位根

部位間では 3/4 部位で太く、要素間では上位の要素根ほど細かった。

(2) 上位根

部位間差は明瞭ではなかった。要素間では、いずれの部位でも第 II 要素根より第 IV 要素根の方が細かった。

(3) 上・下位根間差

いずれの要素のいずれの部位とも、下位根の方が太かった。

B. 分げつ間差

1. 細い 2 次根

(1) 下位根

1/4 部位では差がなかったが、1/2 や 3/4 部位においては V/分 VI>IV/分 VII>III/分 VIII で太かった。

(2) 上位根

第 4 表 分げつおよび要素別 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 | |
| | —分げつⅥ— | | | | | | | | | |
| V | 下 位 根 | 0.08 | 0.23 | 0.05 | 0.10 | 0.23 | 0.07 | 0.12 | 0.21 | 0.05 |
| | 上 位 根 | 0.07 | 0.16 | 0.05 | 0.07 | 0.15 | 0.05 | 0.06 | 0.14 | 0.05 |
| | —分げつⅦ— | | | | | | | | | |
| II | 下 位 根 | 0.08 | 0.19 | 0.07 | 0.07 | 0.21 | 0.07 | 0.10 | 0.23 | 0.07 |
| | 上 位 根 | 0.07 | 0.15 | 0.06 | 0.07 | 0.15 | 0.05 | 0.07 | 0.17 | 0.06 |
| IV | 下 位 根 | 0.08 | 0.17 | 0.06 | 0.08 | 0.18 | 0.05 | 0.10 | 0.24 | 0.06 |
| | 上 位 根 | 0.07 | 0.14 | 0.05 | 0.07 | 0.14 | 0.04 | 0.07 | 0.13 | 0.05 |
| VI | 下 位 根 | 0.06 | 0.16 | 0.05 | 0.06 | 0.16 | 0.05 | 0.08 | 0.19 | 0.07 |
| | —分げつⅧ— | | | | | | | | | |
| III | 下 位 根 | 0.08 | 0.18 | 0.05 | 0.07 | 0.16 | 0.05 | 0.09 | 0.18 | 0.05 |
| | 上 位 根 | 0.06 | 0.14 | 0.05 | 0.07 | 0.18 | 0.05 | 0.06 | 0.15 | 0.06 |

“細” は細い 2 次根, “太” は太い 2 次根を示す。部位については前報⁹⁾ 第 1 図参照。

IV/分 VII より III/分 VIII でわずかに細かったが、V/分 VI と IV/分 VII, V/分 VI と III/分 VIII との差は明瞭ではなかった。

2. 太い2次根

(1) 下位根

部位により変動があるが V/分 VI > IV/分 VII > III/分 VIII で太い傾向があった。

(2) 上位根

部位により変動があるが III/分 VIII > V/分 VI > IV/分 VII で太い傾向があった。

V. 3次根の直径

多くの場合 0.05~0.07 mm であった (第4表)。細かくみるとつぎのとおりであった。

A. 分げつ VII

1. 下位根

部位間差は明瞭ではなかった。要素間では第 II 要素根がもっとも太く、第 IV 要素根と第 VI 要素根との差は明瞭ではなかった。

2. 上位根

第 II, 第 IV 要素根とも 1/2 部位で細かった。要素間では第 II 要素根より第 IV 要素根の方がいずれの部位でも細かった。

3. 上・下位根間差

いずれの要素のいずれの部位とも、下位根の方が太かった。

B. 分げつ間差

下位根、上位根ともに部位により変動があり差は明瞭ではなかった。

考 察

1. 分げつの根系に関する従来の報告をみると、岩槻¹⁾の節位別1次根数、川田・片野²⁾の分げつおよび要素別冠根の伸長方向、川島・伊藤³⁾の分げつ別冠根の出現する要素数、川島⁴⁾の分げつおよび要素別1次根の伸長の様相にとどまる。すなわち分げつでは1次根ですら研究は少なく、分枝根についてはほとんど検討されていない。

2. 分げつ VII における要素間差にはつぎの傾向が認められた。まず、分枝根の長さ、最大値の部分の2次根数、1本当りおよび1 cm 当り2次根数、2・3次根の直径は上位要素根ほど小であった。一方1 cm 当り3次根数は最上位の要素付近の要素根に多かった。

なお上述は、前述のとおり主稈の第 IX 要素根より上位の要素根間の差の傾向に類似していたが、上

位根における2・3次根数が主稈の方が多かったことを除いて主稈との間に明瞭な差は認められなかった。

3. 分げつ間差についてみると、分枝根の長さや上位根における2・3次根の直径等のように明瞭な差のなかったものもある。しかし下位根における最大値の部分の2次根数、1 cm 当り2次根数、2次根の直径、および上位根における1本当り2次根数は分げつ VI > 分げつ VII > 分げつ VIII で大であった。また、下位根における1 cm 当り3次根数、および上位根における最大値の部分の2次根数、1 cm 当り2次根数は分げつ VI < 分げつ VII < 分げつ VIII で大である傾向があった。そしてこれらの傾向は、主稈の第 IX 要素根より上位や分げつ VII において上位の要素根となるにつれてみられる傾向であった。すなわち分げつ VI より分げつ VII で、さらにそれらより分げつ VIII で“より上位要素根的”な生育の様相を示したといえよう。その場合分げつ間差を詳しくいえば、V/分 VI, IV/分 VII, III/分 VIII の比較であったから、生育のすすんだ段階で発生した分げつほど、より下位の要素根から“より上位要素根的”な生育の様相を示す傾向があるといえることができる。ただしその場合の差は、主稈や分げつ VII の要素間差にくらべると小さかったことをつけ加えておかなければならない。

なお1次根についても、生育のすすんだ段階で発生した分げつほど、より下位の要素根から“より上位要素型的”な伸長の様相を示すことを先に報告した⁴⁾。そうしてみると、1次根の伸長と分枝根の発生・生育のすべてを含めて、生育のすすんだ段階で発生した分げつほど、より下位の要素根から“より上位要素根的”な生育を示すものと考えられる。

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. 岩槻信治 1932. 水稻の根に関する研究. 農及園 7: 64-70.
2. 片山 佃 1951. 稲・麦の分蘖研究. 一稲・麦の分蘖秩序に関する研究一. 養賢堂, 東京.
3. 川島長治・伊藤文円 1977. 水稻における主稈葉数と冠根の出現した要素数との関係. 日作紀 46: 343-351.

-
4. —— 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.
 5. —— 1988. 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. 日作紀 57: 8—18.
 6. 川田信一郎・山崎耕字・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.
 7. ——・片野 学 1976. 水稻冠根の土壌中における伸長方向について. 日作紀 45: 471—483.
 8. 農林水産省経済局 1985. 昭和 59 年産作物統計. 農林統計協会, 東京. 172—204.
-