水稻の主茎に形成される冠根数の変動

——とくに分げつ葉を除去した主茎における場合——

川 田 信一郎・原 田 二 郎

(東京大学農学部)

昭和55年4月28日受理

水稻の茎に形成される冠根始原体数は、如何なる条件下において決定されるか、という問題について行なった二、三の観察結果は、一部、すでに報告した²⁾。すなわち、同一の主茎において、頂端側の“要素”に向うに従って冠根数が増加する場合を除くと、検討した生育条件の範囲内では、冠根始原体数が増加するが如き事例は得られなかったのであった。

そこでさらに著者等は、分げつ葉を連続的に除去した主茎において注1)、冠根数等が如何に変化するかという点について観察を行うことを試みた。以下、報告するところは、その結果の概要である。

観察材料および方法

材料とした水稻品種は無芒愛国で、1966年7月14日に第6葉が出葉中の苗を、千葉県印旛郡本埴村在の水田土壌を充填した1/2000a ワグナーポットに、1ポット当り3株、1株2個体植として移植し、常時湛水状態で生育させた。肥料は硫酸アンモニア、過リン酸石灰および塩化カリを、成分量として1ポット当り各1g、基肥として施用した。分げつ葉の除去は（以下、分げつ葉除去区と記す）、活着後より材料の採取時に至るまで、毎日、連続して行った。すなわち、主茎の葉腋より出葉している分げつ葉をすべて（葉身+葉鞘）拔取り注1)、主茎（以下、単に茎と記す）のみを残した。材料は穂揃期に採取し、ホルマリン・酢酸・アルコール (FAA) で固定したが、その場合の茎の止葉は、第16葉～第17葉であった。

観察は、前報²⁾において行った方法と同様であった。すなわち、茎を頂端側から基部側へ、連続的に、厚さ約100 μm の横断切片とし、この切片を用いて、各“要素”の“冠根始原体形成帯”¹⁾における冠根数、“茎中心部”²⁾の直径および茎軸方向の長さを観察・測定し、これ等の数値から“茎中心部”の側表面積の計算を行った。

なお、対照としては、前報²⁾における栽培条件が同

注1) 分げつは生育しなかった。

一の穂揃期の茎について得た諸結果を用いた。

観 察 結 果

1. 冠根数の“要素”別推移に着目した場合

分げつ葉を除去した場合、茎に形成される冠根数は如何に変化するかという点について観察を行い、以下の如きことを明らかにすることができた。

(1) 分げつ葉を除去した茎と対照区の茎とを肉眼的に、順次、頂端側の“要素”に向って、比較・観察してみると、出根した冠根を有している“要素”数が分げつ葉除去区の茎の場合、対照区の茎より増加する傾向が認められた。すなわち、対照区の茎においては、基部側の“要素”から第XII“要素”に至るまで冠根が出根していたが注2)、分げつ葉除去区の茎においては、第XIV“要素”まで冠根が出根していた。この場合、分げつ葉除去区における第XIIIおよび第XIV“要素”に出根した冠根は、先細り型に属する“いじけ”根³⁾であって、葉鞘を貫通して外部に出現することなく、葉鞘内に止まっていた⁴⁾。

(2) 対照区の茎においては、冠根始原体の段階で生育を停止している冠根（“生育停止”始原体）が見いだされ、その数は第IX“要素”より頂端側の“要素”となるに従って、次第に増加していた²⁾。一方、分げつ葉除去区の茎においても“生育停止”始原体は見出され、その数は第IX“要素”より頂端側の“要素”となるに従って、対照区の場合に比較して、その数は少なかったが、次第に増加していた（第1図）。

(3) “生育停止”始原体を考慮に入れて、分げつ葉除去区と対照区のそれぞれの茎の1“要素”当りの冠根数の推移をみてみると、何れの場合も、第V“要素”から第X“要素”まで、ほぼ直線的に増加していた（第1図）。しかし、第XIおよび第XII“要素”において冠根数の増加は緩慢となり、第XIII“要素”で、再

注2) 対照区の茎の第XIII“要素”には、冠根の出根は認められなかった。まれに、出根している場合でも、その数は、1“要素”当り1～2本にすぎなかった。

第1図 1“要素”当り冠根数および“生育停止”始原体数の“要素”別推移

無地の部分は出根した冠根数、斜線の部分は“生育停止”始原体数を示す。

第2図 上位根数および下位根数の“要素”別推移

無地の部分は上位根数、黒点の部分は下位根数を示す。

び、急激に増加した。換言すれば、分けつ葉除去区の茎の1“要素”当り冠根数は、対照区の茎の1“要素”当り冠根数に比較して増加していたが、あい対応した様相で“要素”別推移を示していた。その場合、両区の茎の“要素”に着目して、冠根数を上位根・下位根別に比較してみる(第2図)と、何れの“要素”においても、分けつ葉除去区の下位根数は、対照区の下位根数に比較して、増加していた。これに対して、分けつ葉除去区の上位根数は、対照区の上位根数に比較して、ほとんど差異はなかった。

2. “要素”茎部²⁾の形態的諸形質の変化

著者らは、かねて、冠根始原体の分化には、辺周部維管束環の周辺側に接している冠根始原体を分化する可能性をもつ細胞群の容積が関係しているのではないかと考え¹⁾、冠根数と茎の形態的諸形質との関係を検討した²⁾。そこで、分けつ葉を除去した場合に、茎の形態的諸形質が如何に変化するかという点について、“茎中心部”側表面積、“茎中心部”の直径および“冠根始原体形成帯”の茎軸方向の長さに着目して観察を行い、以下の如きことを認めることができた。

(1) 1“要素”当りの“茎中心部”側表面積について、“要素”別の推移に着目し、分けつ葉除去区と対照区を比較してみる(第3図)と、何れの場合も、“要素茎中心部”側表面積は、第V“要素”から頂端側の“要素”に向うに従って、ほぼ直線的に増大し、第XII“要素”において最大となり、第XIII“要素”に至ると減少していた。換言すれば、分けつ葉除去区の“要素茎中心部”側表面積は、対照区の“要素茎中心部”側表面積に比較して増大していたが、相い対応した様相で“要素”別推移を示していたということである。その場合、両区間の“要素”別推移に伴う増大量は、第V“要素”から第X“要素”までは、ほぼ一定であったが、それに対して、第XI、第XIIおよび第XIII“要素”においては、分けつ葉除去区における“茎中心部”側表面積の増大量は著しく大となっていた。

この場合、各“要素”について、両区の“茎中心部”側表面積を、“上位根始原体形成帯”と“下位根始原体形成帯”別に比較してみると、何れの“要素”においても、分けつ葉除去区における“下位根始原体形成帯”の“茎中心部”側表面積は、対照区における“下位根始原体形成帯”の“茎中心部”側表面積と比較して、増大していた。その増大量は“要素茎中心部”側表面積の増大量と、ほぼ等しかった。これに対して、分けつ葉除去区における“上位根始原体形成帯”の“茎中心部”側表面積は、対照区における“上位根

第3図 “冠根始原体形成帯”の“茎中心部”側表面積の“要素”別推移

無地の部分は“上位根始原体形成帯”，黒点の部分は“下位根始原体形成帯”を示す。

始原体形成帯”の“茎中心部”側表面積に比較して、ほとんど差異は認められなかった。

(2) “茎中心部”の直径^{注3)}について、“要素”別の推移に着目し、分げつ葉除去区と対照区を比較してみる(第4図)と、何れの場合も、“茎中心部”の直径は、第V“要素”から第XI“要素”までは、あい対応した様相で、“要素”別に推移を示した。換言すれば、頂端側の“要素”に向うに従って“茎中心部”の直径は、次第に、増大していくが、第XIIおよび第XIII“要素”においては、対照区の“茎中心部”直径は減少し、これに対して、分げつ葉除去区の“茎中心部”直径は増大を続けたということである。しかし、両区の“茎中心部”直径を、各“要素”について、それぞれ比較してみると、分げつ葉除去区の“茎中心部”直径は対照区の“茎中心部”直径に比較して、何れの“要素”においても増大していた。しかし、その場合、両区間の“要素”別推移に伴う増大量は、第V“要素”から第X“要素”までは、ほぼ一定であった。これに対し、分げつ葉除去区の第XI、第XIIおよび第XIII“要素”においては、著しく大となっていた。

注3) 中肋と直角方向の直径²⁾について記す。中肋方向の直径²⁾についても、ほとんど同様な結果を得ている。

第4図 “茎中心部”直径の“要素”別推移

第5図 “冠根始原体形成帯”の茎軸方向の長さの“要素”別推移

無地の部分は“上位根始原体形成帯”，黒点の部分は“下位根始原体形成帯”を示す。

(3) 1“要素”当りの“冠根始原体形成帯”における茎軸方向の長さ^{注4)}について、“要素”別の推移に着目し、分げつ葉除去区と対照区を比較してみる(第5図)と、何れの場合も、1“要素”当りの茎軸方向の

第6図 分げつ葉除去区における1“要素”当りの冠根数と“要素茎中心部”側表面積との関係
破線で囲まれている黒点は、破線で囲まれた部分の傍に付した番号の“要素”に属している。

長さは、第V“要素”から第XII“要素”までは、ほぼあい対応した様相で、“要素”別に推移を示し、頂端側の“要素”に向うに従って、次第に、増大していた。しかし、第XIII“要素”においては、対照区における1“要素”当りの茎軸方向の長さは減少し、これに対して、分げつ葉除去区における1“要素”当りの茎軸方向の長さは増大を続けていた。しかし、両区における1“要素”当りの茎軸方向の長さを比較してみると、分げつ葉除去区における1“要素”当りの茎軸方向の長さは、対照区における1“要素”当りの茎軸方向の長さと比較して、増大する傾向が認められた。その場合、両区間の1“要素”当りの茎軸方向の長さの増大量は、第V“要素”から第X“要素”までは、おおよそ一定であったが、これに対し、第XI、第XIIおよび第XIII“要素”においては、両区間に著しい増大量の差異があった。

この場合、各“要素”において、両区の“冠根始原体形成帯”の茎軸方向の長さを、“上位根始原体形成帯”と“下位根始原体形成帯”に分け、別々に比較してみると、何れの“要素”においても、分げつ葉除去区における“下位根始原体形成帯”の茎軸方向の長さ

注4) “上位根始原体形成帯”および“下位根始原体形成帯”におけるそれぞれの茎軸方向の長さの和とした。以下、単に、1“要素”当りの茎軸方向の長さとして記す。

第7図 分げつ葉除去区における上位根数と“上位根始原体形成帯”の“茎中心部”側表面積との関係。第6図の説明参照。

第8図 分げつ葉除去区における下位根数と“下位根始原体形成帯”の“茎中心部”側表面積との関係。第6図の説明参照。

は、対照区における“下位根始原体形成帯”の茎軸方向の長さと比較して、増大していた。その場合、“下位根始原体形成帯”の茎軸方向の長さの増大量は、1“要素”当りの茎軸方向の長さの増大量と、おおよそ等しかった。これに対して、分げつ葉除去区における“上位根始原体形成帯”の茎軸方向の長さは、何れの“要素”においても、対照区における“上位根始原体形成帯”の茎軸方向の長さと比較して、ほとんど差異が認められなかった。

3. 分げつ葉除去区における冠根数と“茎中心部”側表面積の関係

分げつ葉を除去した場合、冠根数および茎の形態的諸形質は、以上、記した如き変化を示した。この場合、冠根数と“茎中心部”側表面積との関係は如何なるものとなるであろうか。観察した結果は、以下の如きものであった。

すなわち、まず、1“要素”当りの冠根数と“要素茎中心部”側表面積の関係についてみると、両者の間には高い正の相関関係があった（第6図）。また、“上位根始原体形成帯”および“下位根始原体形成帯”のそれぞれについてみると、上位根数と“上位根始原体形成帯”の“茎中心部”側表面積の間にも、下位根数と“下位根始原体形成帯”の“茎中心部”側表面積の間にも、何れも、高い正の相関関係が認められた（第7図および第8図）。

しかし、これらの関係を“要素”別に詳細に検討してみた結果、以下の如きことを知ったのであった。

すなわち、1“要素”当りの冠根数と“要素茎中心部”側表面積との関係、上位根数と“上位根始原体形成帯”の“茎中心部”側表面積との関係および下位根数と“下位根始原体形成帯”の“茎中心部”側表面積との関係の、何れの関係をみても、第XIおよび第XII“要素”の値は、上記の如き相関関係を有しているとは必ずしも認められなかった。そこで、第V“要素”から第X“要素”までの“要素”のみについて、冠根数と“茎中心部”側表面積の関係をみてみたところ、何れの関係においても、著しく高い正の相関関係が認められた。一方、第XI、第XIIおよび第XIII“要素”の場合は、冠根数と“茎中心部”側表面積との間に、一定の関係は認め難かった。

考 察

光合成産物等を主茎のみに集中せしめるという意図のもとに、分げつの生育を抑制した主茎（以下、単に茎と記す）において、冠根数および茎の形態的諸形質が如何に変動するか、という点に着目して観察した結果は、以上の如きものであった。以下、得られた結果について、若干、考察を行ってみたい。

第1、分げつの生育を抑制すると、ほとんどの“要素”において1“要素”当りの冠根数は、増加することがわかった（観察結果の1）。この場合、冠根数の変動の様相を、上位根、下位根別にみると、上位根数の変動は顕著ではなかったが、下位根数は著しく変動し、増加していることが明らかとなった。

すでに著者等²⁾は、異なる条件下で生育した茎に形成される冠根数が変動する場合、上位根数は変動するが、下位根数はほとんど変動しないということを認めた。すなわち、冠根始原体数が変動する場合、上位根始原体の数は環境条件の影響を受けて変動しやすく、下位根始原体の数は変動しがたいことを指摘したのである。しかし、本研究における観察結果から考えてみると、このような指摘は、必ずしも結論的なものではない、ということが示唆されていると思う。

しかし、ここで一つだけ考えておきたいことがある。すなわち、本研究で得られた結果は、分げつ葉を除去することによって冠根数が如何に変動（増加）するかという点に着目して観察した結果であるが、上述した、すでに得た著者等の観察結果²⁾は、窒素施肥量および光の照度を小とすることによって冠根数が如何に変動（減少）するかという点に着目して得た観察結果であるということである。すなわち、冠根数が減少するが如き栽培条件下では、上位根数が変動（減少）し、冠根数が増加するが如き栽培条件下では下位根数が変動（増加）するという点は、今後、さらに検討するに値する問題ではないかと思う。

第2、著者等は、分げつ葉を除去した茎について、1“要素”当りの冠根数と“要素茎中心部”側表面積との関係、上位根数と“上位根始原体形成帯”の“茎中心部”側表面積との関係および下位根数と“下位根始原体形成帯”の“茎中心部”側表面積との関係を検討した。その場合、“要素”別に詳細にみると、何れの場合においても、第V“要素”から第X“要素”までの“要素”においては、著しく高い正の相関関係が認められた。しかし、第XI、第XIIおよび第XIII“要素”においては、一定の関係は認め難いことを知ったのであった（観察結果の3）。一方、分げつ葉を除去しなかった茎（対照区）の場合にも、かくの如き関係はみられた（文献2の第7図、第8図および第9図を参照）のであって、このような関係が如何にして生じてくるのであろうかという点も、また問題となる。ここでは事実の指摘にとどめておき、今後の研究にまきたい。

本研究を遂行するに当って、東京大学農学部 山崎耕宇助教授（現教授）に、種々、ご協力願った。記して、厚くお礼申し上げる。

引 用 文 献

1. 川田信一郎・原田二郎・山崎耕宇 1972. 水稻茎部における冠根始原体の形成について. 日作紀 41:

- 296—309.
2. ————・————・———— 1978. 水稻基部に形成される冠根始原体の数 および 直径について. 日作紀 **47**: 644—654.
 3. ————・S. M. エルアイシー・山崎耕宇 1978. 水稻冠根における“いじけ”根の形態について—現地の水田において観察された1事例— 日作紀 **47**: 286—292.
 4. ————・————・———— 1978. 水稻根群における“いじけ”根の形成部分について, とくに現地水田より採集した材料を中心として. 日作紀 **47**: 609—616.

The Effect of Defoliating Tiller Leaves on the Crown Root Formation in the Main Stem of Rice Plants

Shin-ichiro KAWATA and Jiro HARADA

(Faculty of Agriculture, University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo 113)

Summary

The growth of tillers was depressed by defoliating their leaves successively and the influence on the main stem was investigated with respect to the number of crown roots formed and to the size of stem parts as well.

The number of 'dormant' root primordia²⁾ increased in the main stems of treated plants as compared with that of untreated ones. In any shoot unit, the total number of crown roots, including the 'dormant' root primordia, also increased by the treatment (Fig. 1). This increase depends on the number of the lower roots rather than that of the upper roots in the same shoot unit (Fig. 2).

In main stems, the surface area, the diameter and the length of root forming zones (stem parts, which form the upper or lower roots respectively, delimited by the peripheral cylinder of vascular bundles¹⁾) were examined. In each shoot unit (consisting of the upper and the lower root forming zones), or restrictedly in each lower root forming zone, these three parameters were found to be increased by the treatment (Figs. 3, 4, 5). As to the upper root forming zone, however, no clear effect of the treatment was found.

From the 5th to 10th shoot unit, there was close correlation between the number of crown roots and the surface area of root forming zone, with respect to the shoot unit, separately, to the upper or the lower root forming zone. On the other hand, no such correlation was recognized in the 11th, 12th and 13th shoot units (Figs. 6, 7, 8).