

断根された水稲稚苗の移植後における冠根の原基形成および出現の経過

新田洋司*・本多舞・松田智明
(茨城大学)

要旨 : 移植時に断根された水稲稚苗の本田移植後における冠根の原基形成および出現の経過を形態学的に明らかにすることを目的として、葉齢3.2の苗を、出現根を基部から切除して水田に移植し、葉齢6.2まで経時的に個体を採取して、主茎の連続横断切片を作製し光学顕微鏡で観察した。その結果、断根処理によって、移植直後の4.2葉齢個体の冠根原基数が無処理の場合よりも有意に多くなったが、これは頂端側の茎の部分(第3“単位”以上)で冠根原基が多く形成されたためであった。また、5.2葉齢個体では出現冠根数が無処理の場合よりも有意に多かったが、これは頂端側の茎の部分(第3“単位”および第4“単位”以上)に形成された冠根の出現によるものであった。一方、断根処理によって、冠根原基の形成が認められた茎の範囲がより頂端側にまでおよび、その結果として、冠根が出現する茎の範囲もより頂端側にまでおよんだ。以上より、稚苗が断根された場合、その直後に、より頂端側の茎の部分で冠根原基が多数形成され、出現に至ることが示された。また、冠根の原基形成および出現が、断根によって、従来報告されていた出葉との間の時間的規則性よりも早く起こることが判明した。

キーワード : 移植, 活着, 冠根, 原基, 出葉, 水稲, 断根, 稚苗.

水稲の移植栽培で認められる本田移植後の生育の一時的な遅延、すなわち植え傷みは、移植時の根の切断や損傷が一因で引き起こされると考えられている(山本1991, 1995)。個体の植え傷みからの回復は、新しい根が出現して養水分の吸収が回復し、地上部の生長速度が回復するという経過をへて認められる(山本1991, 1995)。

著者らは前報(新田ら2003)で、稚苗(葉齢3.2)の根をすべて切除(全根切除処理)して水田に移植し、葉齢7.2のときに採取して、主茎における冠根の原基形成および出現の様相を検討した。その結果、全根切除処理によって主茎全体の冠根原基数ならびに出現冠根数が無処理に比べて多くなったが、それらの増加は、個体の生育に伴って基部側から形成される各“単位”で認められたものではなかったことから、断根処理後、冠根原基ならびに出現冠根が徐々にかつ継続的に増加した可能性を指摘した。しかしながらこの実験は、断根処理・移植後、葉齢が4経過したのちの個体の結果をみたものであり、上記のように、植え傷みからの生育回復過程で必要な、新しい根の出現の様相を直接観察したものではなかった。すなわち、移植時に稚苗の根が切れることによる冠根原基形成数および出現冠根数の増加が、個体の生育のどの時期に、茎のどの部分で起こるのかを明確にする必要があると考えられた。

本報では、断根された個体の、根の生育からみた回復経過を明らかにするために、処理後、短い葉齢間隔で個体を採取し、冠根の原基形成ならびに出現の経時的な様相について、茎の連続横断切片を作製して形態学的に検討した。

材料と方法

前報(新田ら2003)と同様の実験で得られた個体を用いた。すなわち、水稲品種コシヒカリを供試し、水稲育苗用粒状培土(信濃培養土社製, シナノソイル)を充填した育

苗箱に、2001年5月2日に1箱当たり乾粒換算で約100gの催芽粉を播種してガラス室内で育苗した。同16日に全個体を採取し、葉齢(不完全葉を第1葉と数える)が3.2で苗丈が揃いかつ根が切れていない個体を選んで水洗した。すべての根の最基部をハサミで切除する処理区(全根切除区)と、そのまま移植する無処理区とを設けた。各処理区約400個体を水田に移植(1株1本植え、植え付け深約2cm)し、慣行法で栽培した。なお、一部の個体は、苗丈を調査後、80℃で2日間以上乾燥させて乾物重を測定した。また、別の個体をFAA溶液(70%エタノール:ホルマリン:酢酸=18:1:1)で固定した。

多くの個体の葉齢が4.2, 5.2および6.2に到達した日(無処理区ではそれぞれ5月21日, 同24日, 同29日, 全根切除区ではそれぞれ5月22日, 同26日, 同30日)に、生育が揃い、最も頻度が高かった分けつ出現節位パターンの個体を各処理区で約50個体選び、採取・水洗した。そして、出現根数を数え、平均値に近い7個体を選んでFAA溶液で固定した。また、一部の個体は、草丈を調査後、80℃で2日間以上乾燥させて乾物重を測定した。

FAA溶液で固定した個体について、主茎の不伸長茎部の連続横断切片を既報(新田ら1996)と同様にして作製した。すなわち、水洗・脱水してパラフィンに誘導し、ブロックを作製した。そして、トリミングして組織を露出させた後、露出面をグリセリン溶液(グリセリン299 mL, 水200 mL, Tween20 1 mLを混ぜて500 mLとした溶液の適量を水で2倍に希釈して使用)に半日~1日浸漬して軟化処理した。なお、軟化処理したのは、パラフィンに誘導した試料のままでは組織が硬く、微細構造を破壊せず正常な状態で切片を作製することが困難であるためであった。その後、常法にしたがって厚さ14 μmの連続切片を作製し、光学顕微鏡で観察・写真撮影した。

横断切片の観察を既報(新田・星川1992, 新田ら1996)と同様にして行った。すなわち, 作製した横断切片のプレパラートを, 茎の頂端側から基部側へと280 μm おきに連続して観察し, 辺周部維管束環の形状に着目して冠根原基が形成される茎の部分を“単位”と構成部分に分けた。すなわち, 辺周部維管束環が葉鞘の中肋側で1~2箇所に分断される茎の部分を分断部I, 3箇所以上で分断される茎の部分を分断部II, 分断されない茎の部分を非分断部とした。そして, 茎の頂端側から基部側に向かって連続して現れるこれら3部分を1つの“単位”とし, 第n節横隔壁が含まれる“単位”を第n“単位”と呼んだ。

このようにして茎を“単位”に分けたのち, 冠根原基の数(冠根原基組織の中心部にあたるプレパラートで数える)およびそのうち出現に至ったものの数を調べた。冠根原基は辺周部維管束環の外側に接した組織に形成されるが, その分化は細胞層の並層分裂から始まり, 横分裂, 放射分裂の順に進むとされている(川田ら1972)。本実験は, 並層方向に5層程度以上の細胞層が認められ, 放射方向にも7~8層程度以上の細胞層が認められる段階を冠根原基とみなした。なお, 本実験で用いた染色液トルイジンブルーOは, 細胞壁や核を染色し(Sakai 1973, 中村・柄澤1995), このような組織を容易に識別することができた。

本実験では, 冠根の組織が茎の表皮の外側に少しでも出た場合に出現に至ったと判断した。そして, 冠根の原基が形成される茎の部分を明らかにする目的から, 出現に至っていない冠根の原基に加えて, 出現した冠根の茎内組織もあわせて冠根原基と呼んだ。なお, 出現した冠根の基部組織の直径は通常250~500 μm 程度であったため, 茎の連続横断切片を280 μm おきに観察した本実験では, 連続する切片や写真でそれらを見落とししたり重複したりすることなく数えることができた。また, 出現に至っていない冠根の原基は組織の直径が小さかったが, まず茎の皮層組織・細胞の不規則な配列でその形成部位が近くにある可能性をチェックし, その後, 通常行った280 μm おきの観察よりも短い間隔で切片を観察して, 見落とすことなく数えることができた。

なお, 本実験では, 切片作製作業上の不調によって, 茎の頂端側から基部側までの完全な連続横断切片が得られない個体があったが, 各区において最低4個体は完全な連続横断切片を得ることができた。

結 果

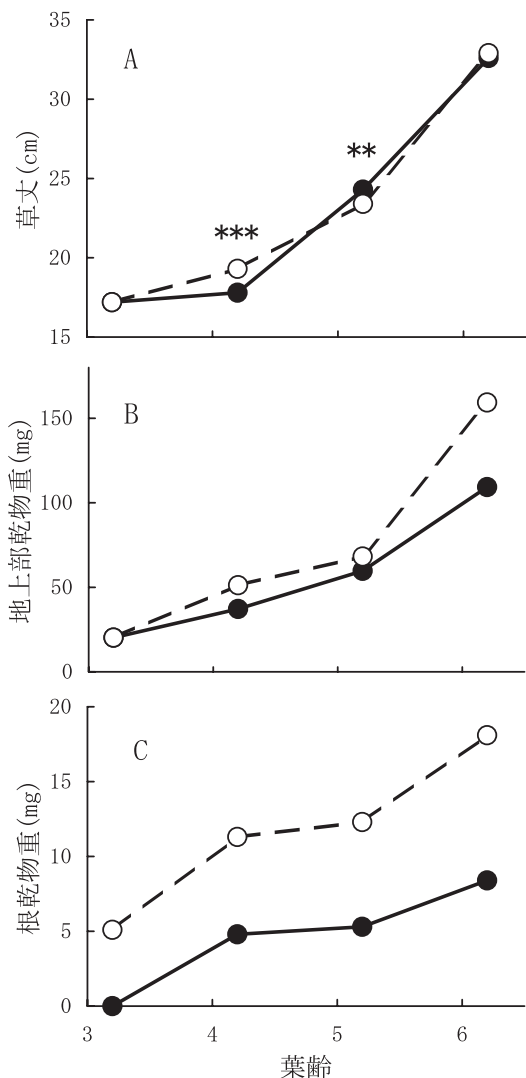
移植時(葉齢3.2)の主茎では, 基部側から第3“単位”までの茎の部分で冠根原基が形成されていた。形成されていた冠根原基は合計で13.5であり, そのうち8.0の冠根原基が出現に至っていた。“単位”別には, 冠根原基数および出現冠根数はいずれも第2“単位”で多かった(それぞれ6.8, 4.3)。

1. 移植後の個体の概要

本実験では栽培期間中, 両処理区において枯死個体はなく, 移植したすべての個体が葉齢6.2まで生育した。

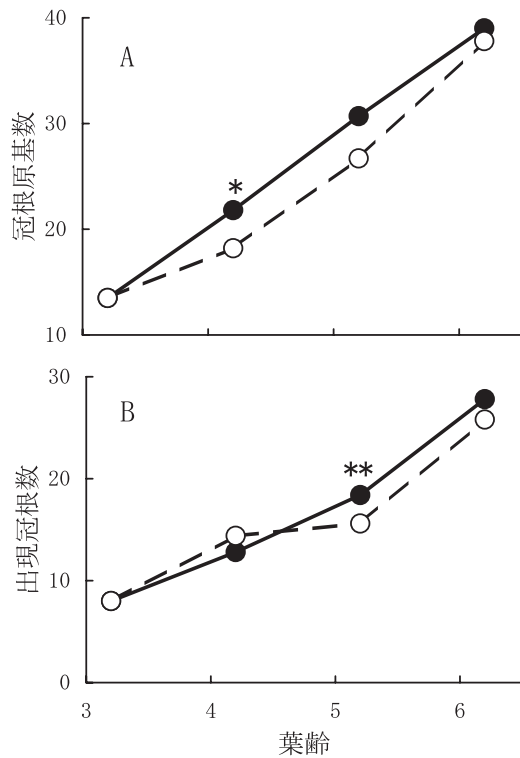
本実験では, 最も頻度が高かった分けつ出現節位パターンの個体を供試した。その分けつ出現節位は, 葉齢5.2の無処理区では第2節, 葉齢6.2の無処理区では第2, 3節, 全根切除区では第4節であった。なお, 葉齢4.2の両処理区および葉齢5.2の全根切除区では分けつの出現は認められなかった。

移植後の個体の草丈, 地上部乾物重および根乾物重の推移を第1図に示した。全根切除区の草丈は, 断根処理・移植直後(葉齢4.2)には無処理区よりも有意に低かったが, 葉齢5.2以降は無処理区と差がないかむしろそれにまさった(第1図A)。全根切除区の地上部乾物重および根乾物



第1図 移植後の個体の草丈(A), 地上部乾物重(B)および根乾物重(C)の推移。

○: 無処理区, ●: 全根切除区. A図で**, ***は処理区間で1, 0.1%水準での有意差があることを示す(無印は処理区間で有意差なし). B図およびC図では有意差検定を行っていない。



第2図 主茎における冠根原基数 (A) および出現冠根数 (B) の推移。

図中のシンボルは第1図と同じ。*, **:処理区間で5, 1%水準での有意差があることを示す。無印は処理区間で有意差なし。

重は、終始、無処理区のそれらよりも小さかった (第1図 B, C)。

2. 主茎全体および各“単位”における冠根原基数および出現冠根数

移植後の主茎における冠根原基数および出現冠根数の推移を第2図に示した。全根切除区の冠根原基数は、無処理区に比べて、断根処理・移植直後の4.2葉齢時に有意に多

第1表 主茎の各“単位”における冠根原基数および出現冠根数の処理区間差。

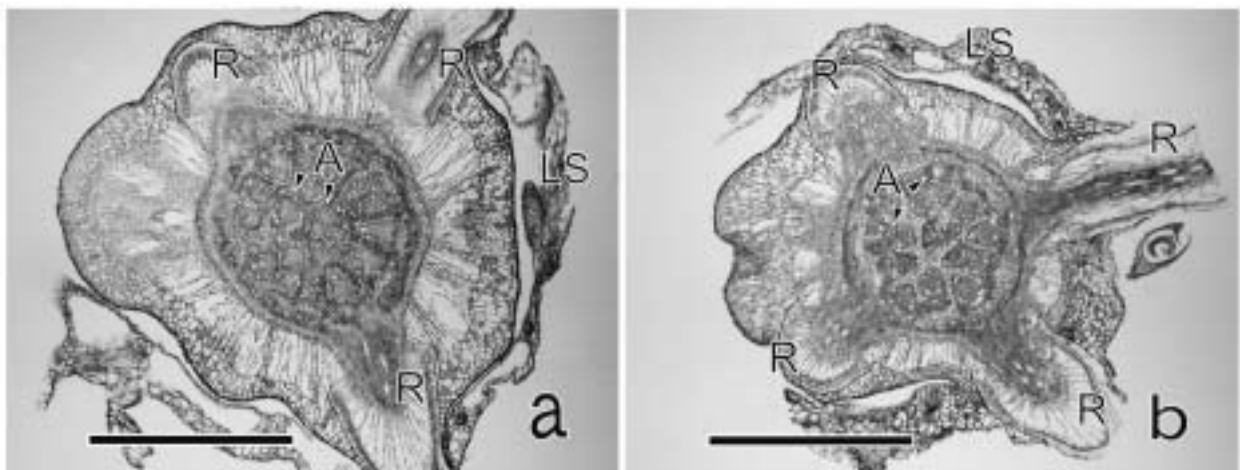
葉齢	“単位”	冠根原基数		出現冠根数	
		無処理区	全根切除区	無処理区	全根切除区
4.2	3以上	8.6	12.8 *	4.8	4.2 NS
	2	4.2	2.8 NS	4.2	2.6 NS
	1	3.8	5.0 NS	3.8	4.8 NS
	鞘葉	1.6	1.2 NS	1.6	1.2 NS
5.2	4以上	10.6	13.4 NS	0.0	1.1 **
	3	6.0	6.7 NS	5.4	6.7 *
	2	5.4	6.3 NS	5.4	6.3 NS
	1	2.1	1.9 NS	2.1	1.9 NS
	鞘葉	2.6	2.4 NS	2.6	2.4 NS
6.2	5以上	12.8	12.5 NS	0.8	1.5 NS
	4	9.5	8.3 NS	9.5	8.0 NS
	3	6.5	6.5 NS	6.5	6.5 NS
	2	5.8	6.3 NS	5.8	6.3 NS
	1	2.0	2.8 NS	2.0	2.8 NS
	鞘葉	1.3	2.8 NS	1.3	2.8 NS

表中の数値は平均値。*, **:処理区間で5, 1%水準での有意差があることを示す。NS:処理区間で有意差なし。

かった (第2図 A)。またそれ以降も、差は小さくなったが、終始、全根切除区の方が多い傾向にあった。一方、全根切除区の出現冠根数は、無処理区に比べて、5.2葉齢時に有意に多かった (第2図 B)。また、6.2葉齢時にも、全根切除区の方が多い傾向にあった。

これらの結果より、全根切除区の個体では、冠根原基数が、断根処理・移植直後の4.2葉齢時に無処理区よりも有意に多く、その後葉齢が1進む間にそれらの組織が伸長して、5.2葉齢時に出現に至ったことが示された。

第1表には、主茎の各“単位”における冠根原基数および出現冠根数を示した。全根切除区は無処理区に比べて、4.2葉齢時には第3“単位”以上の茎の部分で冠根原基数が多く、5.2葉齢時には第3“単位”および第4“単位”



第3図 5.2葉齢個体の第3“単位”非分断部における横断面の光学顕微鏡写真。

a:無処理区, b:全根切除区. A:節網維管束, LS:第2葉葉鞘, R:冠根原基の組織の一部. スケール:1mm.

以上の茎の部分で出現冠根数が多かった。また、6.2葉齢時には各“単位”における冠根原基数および出現冠根数に処理区間差は認められなかった。

なお、第3図には、5.2葉齢個体の第3“単位”非分断部における横断面の光学顕微鏡写真を示した。横断面の一例ではあるが、これらの写真では、全根切除区（第3図b）の方が無処理区（第3図a）よりも冠根原基の組織が多く観察された。

したがって、第2図Aで、4.2葉齢時に全根切除区の冠根原基数が無処理区よりも有意に多かったのは、茎の頂端側に位置する第3“単位”以上の部分で冠根原基が多く形成されたためであったことが明らかになった。また、第2図Bで、5.2葉齢時に全根切除区の出現冠根数が無処理区よりも有意に多かったのは、茎の頂端側に位置する、第3“単位”および第4“単位”以上の部分に形成された冠根原基が出現に至ったためであったことが判明した。

3. 冠根原基の形成および冠根の出現が認められた主茎の軸方向の範囲

主茎の軸方向における冠根原基の形成および冠根の出現が認められた最頂端部位を第2表に示した。断根処理・移植直後の4.2葉齢時には、冠根原基は、茎基部から、無処理区、全根切除区でそれぞれ、第4“単位”基部から頂端側へ560 μm 、同1064 μm の部位までの範囲で形成されていた。これらの部分は、茎基部から、無処理区、全根切除区でそれぞれ、第4“単位”非分断部まで、第5“単位”非分断部までの茎の部分にあたり、後者ではより頂端側の茎の部分にまで冠根原基が形成されたことが明らかになった。なお、冠根の出現が認められた茎の軸方向の範囲には処理区間差は認められなかった。

つぎに、葉齢がさらに1進んだ5.2葉齢時には、冠根の出現は、茎基部から、無処理区、全根切除区でそれぞれ、第5“単位”基部から基部側へ2000 μm 、同1320 μm の

部位までの範囲で認められ、全根切除区ではより頂端側までの茎の部分で冠根が出現したことが有意差としてあらわれた。また、これらの部分は、茎基部から、無処理区、全根切除区でそれぞれ、第3“単位”分断部IIまで、第4“単位”非分断部までの茎の部分にあたり、後者は前者よりも頂端側にまでおよんだ。なお、冠根原基形成が認められた茎の軸方向の範囲には処理区間差は認められなかった。

葉齢がさらに1進んだ6.2葉齢時には、冠根の出現は、茎基部から、無処理区、全根切除区でそれぞれ、第4“単位”分断部Iまで、第5“単位”非分断部までの茎の部分で認められ、後者は前者よりも頂端側にまでおよんだ。なお、冠根原基形成が認められた茎の軸方向の範囲には処理区間差は認められなかった。

以上の結果、全根切除区では無処理区に比べて、断根処理・移植直後の4.2葉齢時には、冠根原基がより頂端側の茎の部分までにおいて形成され、葉齢がさらに1進んだ葉齢5.2以降は、冠根がより頂端側の茎の部分までにおいて出現に至ったことが判明した。

考 察

本実験では、葉齢が3.2の苗の根をすべて切除して水田に移植し、その後の冠根の原基形成および出現におよぼす影響を検討した。その結果、断根処理・移植を行ってから葉齢が1だけ進んだ4.2葉齢時には、全根切除区の冠根原基数が無処理区よりも有意に多かった。これは、頂端側に位置する第3“単位”以上の茎の部分で冠根原基が多く形成されたためであった。また、葉齢がさらに1進んだ5.2葉齢時には、全根切除区の出現冠根数が無処理区よりも有意に多かった。これは、茎の頂端側に位置する、第3“単位”および第4“単位”以上の部分に形成された冠根原基が出現に至ったためであった。なお、葉齢がさらに1進んだ6.2葉齢時には、各“単位”における冠根原基数および出現冠根数に処理区間差は認められなかった。

第2表 主茎の軸方向における冠根原基の形成および冠根の出現が認められた最頂端部位の処理区間差。

葉齢		冠根原基形成		冠根の出現	
		無処理区	全根切除区	無処理区	全根切除区
4.2	第4“単位”基部からの距離(μm) ¹⁾	+560	+1064 NS	-616	-336 NS
	該当“単位”と構成部分 ²⁾	4非	5非	3II	3II
5.2	第5“単位”基部からの距離(μm)	+520	+560 NS	-2000	-1320 **
	該当“単位”と構成部分	5II	5II	3II	4非
6.2	第6“単位”基部からの距離(μm)	+700	+770 NS	-1680	-1400 NS
	該当“単位”と構成部分	6II	6II	4I	5非

1) 平均値。+、-：それぞれ頂端側、基部側であることを示す。2) 平均値に基づく該当“単位”と構成部分。“単位”を表す算用数字と、辺周部維管束環の分断の様相(分断部I、分断部II、非分断部)の組み合わせで示した。**：処理区間で1%水準での有意差があることを示す。NS：処理区間で有意差なし。

一方、冠根原基の形成が認められた主茎の軸方向の範囲は、断根処理によってより頂端側にまでおよんだ。またその結果として、冠根の出現が認められた主茎の軸方向の範囲も、断根処理によってより頂端側にまでおよんだ。

1. 7.2 葉齢個体の結果との比較

既述のように著者らは前報(新田ら2003)で、本実験と同様の方法で、3.2葉齢苗のすべての根を切除して水田に移植し、7.2葉齢時に採取して、主茎における冠根の原基形成および出現の様相を検討した。その結果、主茎全体の冠根原基数および出現冠根数は断根処理で無処理に比べて多くなったが、個体の生育に伴って基部側から形成される各“単位”で顕著な差異は認められなかった。したがって、冠根原基数および出現冠根数が断根処理後ただちに短期間に増加したのではないものと判断された。しかしこの結果は、断根処理後ただちに(1葉齢経過した葉齢4.2の段階で)冠根原基数が増加し、その後(さらに1葉齢経過した葉齢5.2の段階で)出現冠根数が増加した、上述の本実験の結果とは、一見矛盾するようにみえる。

このことについて、まず、本実験で、断根処理後ただちに(4.2葉齢時)冠根原基数が増加したのは第3“単位”以上の茎の部分であり(第1表)、主茎全体でみても有意差としてあらわれた(第2図)。しかしその後、葉齢が進むのに伴って処理区間差は縮まった(第1表、第2図)。そして、この処理区間差が縮まる傾向は、前報(新田ら2003)で取り扱った個体の葉齢(7.2)でも同様に認められると推定されることから、両実験の結果は矛盾なくつながっていると考えられる。

また、本実験でみられた断根処理後の出現冠根数の増加についても同様のことが言える。すなわち、出現冠根数が増加したのは5.2葉齢時の第3“単位”および第4“単位”以上の茎の部分であり(第1表)、主茎全体でみても有意差としてあらわれたが(第2図)、その後の6.2葉齢時には処理区間差は縮まった(第1表、第2図)。そして、その後の7.2葉齢時でも同様に処理区間差がないものと推定され、前報(新田ら2003)の結果と矛盾なくつながっていると考えられる。

加えて本報では、冠根の原基形成ならびに出現におよぼす断根の影響が、特定の葉齢や茎の部分で判断できるような単純なものではなく、葉齢の進行とともに変化するものであることがわかった。

2. 稚苗移植で活着に寄与する冠根について

移植後、苗が活着するためには新根の発生・伸長が前提条件であるが、このような根は活着根と呼ばれている(山本1995)。この定義を稚苗にそのまま適用すると、冠根の原基形成および出現がいずれも茎基部から第3“単位”までの茎の部分で認められること(新田ら2003)から、稚苗の活着根は第3“単位”の冠根であると考えられる。しか

し星川(1971)、山本(1995)は、第1節冠根[“単位”の分け方(新田ら1996)にあてはめるとおおむね第1“単位”の冠根]がそれであると報告している。

これらの見解の相違は、著者ら(新田ら2003)が解剖学的な観察によって冠根の組織が少しでも茎の外側に出た場合を出現とみなしたのに対して、星川(1971)、山本(1995)は外部形態の肉眼的観察により、ある程度(数mm以上)伸長しないと出現を確認できなかったためであると考えられる。しかし、実際栽培では、解剖学的に冠根の形態を観察することがほとんどないことや、稚苗の第1節冠根(おおむね第1“単位”の冠根)は著者らの観察によると移植時にはあまり長くはなく、移植作業であまり断根されないと考えられること、また移植後は伸長して養水分等の吸収に寄与すると考えられること(星川1971)から、星川(1971)、山本(1995)の報告のように、稚苗の活着根を第1節冠根とすることの方が実用的であると考えられる。なお、稚苗の第3“単位”の冠根は、移植時には長さがまだ1mm程度であり、養水分の吸収機能や地上部の支持機能などをまだ十分に果たしておらず、これらの点からも活着根と呼ぶにはふさわしくない。

一方、本報では、断根処理によって原基数および出現数が無処理区よりも多くなった第3“単位”以上の冠根(第1表)の、活着後の重要性を指摘しておきたい。苗の根が60%断根される(山本1991)通常の機械移植の場面でも、本実験結果と同様に冠根の原基数および出現数が実際に増えているものと推定される。これらの冠根は、活着後の生育時に養水分等の吸収に寄与するものと考えられる。今後は、このような、移植時の断根によって増える冠根が有する機能を詳細に解明する必要がある。

3. 切除された根の茎内残存組織が再伸長する可能性について

新田ら(2001b)は、本実験と同様の方法ですべての根を切除した稚苗を移植し、7.5葉齢時に個体を採取して冠根の原基形成および出現の様相を調査した。その結果、冠根原基数および出現冠根数は、いずれも各“単位”ならびに鞘葉“単位”から各“単位”までの茎の部分において無処理区との間に差は認められなかった。したがって同報告では、全根を切除した個体において、切除された根の茎内残存組織が再伸長して出現に至った可能性も考えられた。しかしながら、一般に、茎内残存組織には生長点や伸長帯は含まれないことから、それらが再伸長して出現に至ることはないと考えられるが(新田ら2001b, 2003)、もしそれが事実だとするとたいへん興味深い現象である。

根の茎内残存組織が再伸長して出現することを立証するためには、冠根原基数および出現冠根数が、断根処理後のいずれの時期においても無処理区との間に差がないことがわかればよい。しかし本実験では、全根切除区が無処理区に比べて、4.2葉齢時には第3“単位”以上の茎の部分で

冠根原基数が有意に多く、5.2葉齢時には第3“単位”および第4“単位”以上の茎の部分で出現冠根数が有意に多かった(第1表)。したがって、根の茎内残存組織が再伸長することを確認することはできず、否定することもできなかった。今後は、個々の冠根レベルで、断根処理後の伸長を分枝根の伸長も視野に入れて解剖学的に追跡し検討したい。

4. 冠根の原基形成・出現と出葉との間の時間的規則性について

イネにおける冠根の原基形成・出現と出葉との間の時間的規則性については、藤井・田中(1957)によって報告されて以来、複数の研究者によって指摘されている(藤井1961, 川田ら1963, 原田・山崎1990, 森田2000)。研究者によって茎の部分の呼称方法が異なっているが、時間的規則性についての指摘はほぼ同様であり、森田(2000)によると、「基部側から数えて第 n 番目のファイトマーの葉が出現を始めたとき、第 $(n-1)$ 番目のファイトマーで冠根始原体(原基)が完成し、第 $(n-3)$ 番目のファイトマーから冠根が出現を始める」と要約される。そして、この時間的規則性は、品種や栽培条件が異なっても適用されて解析が行われ(川田ら1978, 森田ら1997など)、それが変動することなどについては検討例は見あたらなかった。

本実験では、主茎の軸方向において、冠根の原基形成および出現が認められた最頂端部位を調査した(第2表)。その結果、まず、冠根原基が形成された最頂端部位は、無処理区では、葉齢4.2, 5.2, 6.2でそれぞれ第4“単位”非分断部, 第5“単位”分断部Ⅱ, 第6“単位”分断部Ⅱであった。これを一般式であらわすと、「第 n 葉が抽出中(葉身長の2割程度出現したとき)に、第 $(n-1)$ “単位”の冠根原基が形成される」ことになる。“単位”とファイトマーとを単純に並べて置き換えることはできないが、本実験で認められた出葉位と冠根原基形成部位との間の時間的關係は、上記の従来の報告の規則性とおおむね一致するものと考えられる。

ところが全根切除区では、冠根原基が形成された最頂端部位は、葉齢4.2, 5.2, 6.2でそれぞれ第5“単位”非分断部, 第5“単位”分断部Ⅱ, 第6“単位”分断部Ⅱであり、葉齢5.2および6.2については無処理区と同様に「第 n 葉抽出中に第 $(n-1)$ “単位”の冠根原基が形成される」規則性が認められたが、断根処理直後の葉齢4.2においてはこの規則性よりも早く、より頂端側の部位に冠根原基が形成されていた。

一方、冠根の出現が認められた最頂端部位は、無処理区では、葉齢4.2, 5.2, 6.2でそれぞれ第3“単位”分断部Ⅱ, 第3“単位”分断部Ⅱ, 第4“単位”分断部Ⅰであった。このうち葉齢5.2および6.2においては、「第 n 葉抽出中に第 $(n-3)$ “単位”の冠根が出現に至る」結果が認められ、従来の報告の規則性とおおむね一致するものと

考えられるが、葉齢4.2においてはこの規則性よりも早く、より頂端側の部位で冠根が出現していた。

全根切除区では、葉齢4.2, 5.2, 6.2でそれぞれ第3“単位”分断部Ⅱ, 第4“単位”非分断部, 第5“単位”非分断部で冠根の出現が認められた。これらはいずれも「第 n 葉抽出中に第 $(n-2)$ “単位”の冠根が出現する」ことを示しており、従来の報告の規則性よりも1“単位”分早く、より頂端側の部位で冠根が出現していた。

これらの結果は、葉齢4.2の無処理区の結果を除けば、無処理区に比べて全根切除区では、断根処理直後に冠根原基の形成部位が頂端側に移動し、その後、冠根の出現部位も頂端側に移動することを示している。

著者らは既報(新田ら2001a)で、乳苗(葉齢2.1~2.2)を移植前に低温(10.0, 12.5℃)で5~20日間貯蔵した場合、葉齢は進まなかったが、冠根原基数は無貯蔵苗と比べて多くなり、移植後それらが出現に至ったことを報告した。この場合、貯蔵苗・無貯蔵苗ともに、冠根原基は茎基部から第2“単位”までの茎の部分で形成されていたが、貯蔵によって冠根原基数および出現冠根数が増加したのは鞘葉“単位”から第1“単位”までの部分であった。すなわち、乳苗の貯蔵による冠根原基の増加は、「第 n 葉抽出中に第 $(n-1)$ “単位”で形成される」で示されるよりも基部側で起こっていた。

このように、従来報告されていた冠根の原基形成・出現と出葉との間の時間的關係は、断根などの生育ストレスを受けた場合や生育環境の変動などによってずれが生じる場合があることを示しており、イネの根系形成過程を把握するうえでたいへん重要な事実である。今後、茎の部分や辺周部維管束環の大きさ、冠根原基の太さなどの変動とあわせて、移植後の時間や葉齢の進行、環境条件、品種間差などの残された課題を含めて詳細に検討したい。

引用文献

- 藤井義典・田中典幸 1957. 水稲における地上部と根の生育の相関について. 日作紀 25: 226—227.
- 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.
- 原田二郎・山崎耕宇 1990. 根の形態と発育. 松尾孝嶺他編, 稲学大成形態編. 農文協, 東京. 97—120.
- 星川清親 1971. 稚苗の生理と育苗技術. 農文協, 東京. 1—236.
- 川田信一郎・山崎耕宇・石原邦・芝山秀次郎・頼光隆 1963. 水稲における根群の形態形成について、とくにその生育段階に着目した場合の一例. 日作紀 32: 163—180.
- 川田信一郎・原田二郎・山崎耕宇 1972. 水稲茎部における冠根始原体の形成について. 日作紀 41: 296—309.
- 川田信一郎・原田二郎・山崎耕宇 1978. 水稲茎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.
- 森田茂紀・萩沢芳和・阿部淳 1997. ファイトマーの数と大きさに着目したイネの根系形成の解析—ポット試験による根量の品種間差の解析例—. 日作紀 66: 195—201.
- 森田茂紀 2000. 根の発育学. 東京大学出版会, 東京. 70—97.
- 中村貞二・柄澤明 1995. 細胞・組織実験法. 日向康吉・羽柴輝良編,

- 植物生産農学実験マニュアル, ソフトサイエンス社, 東京, 15—34.
- 新田洋司・星川清親 1992. 水稻の冠根原基の形成に関する研究. 第1報 不伸長茎部における冠根原基の形成部位について. 日作紀 61 : 339—348.
- 新田洋司・山本由徳・一柳尚輝 1996. 水稻の冠根原基の形成に関する研究. 第2報 不伸長茎部基部側における冠根原基の形成. 日作紀 65 : 465—472.
- 新田洋司・山本由徳・河村剛英・関野亜紀・松田智明 2001a. 水稻乳苗における移植前低温貯蔵が苗の内部形態におよぼす影響. 日作紀 70 : 17—22.
- 新田洋司・田高春美・松田智明 2001b. 切除された水稻根の茎内残存組織は再伸長するか? 日作関東支報 16 : 76—77.
- 新田洋司・船越康聖・本多舞・松田智明 2003. 移植時に断根された水稻苗の根の生育回復. 日作紀 72 : 76—81.
- Sakai, W. S. 1973. Simple method for differential staining of paraffin embedded plant material using toluidine blue O. Stain Technol. 48 : 247—249.
- 山本由徳 1991. 水稻の移植における植傷みとその意義に関する研究. 高知大農紀要 54 : 1—167.
- 山本由徳 1995. 植物の根に関する諸問題 [29] —水稻苗の発根と活着—. 農及園 70 : 1333—1340.

Formation and Emergence of Crown Roots in Rice Seedlings Transplanted after Root-Pruning : Youji NITTA*, Mai HONDA and Toshiaki MATSUDA (*School of Agr., Ibaraki Univ., Ami, Ibaraki 300-393, Japan*)

Abstract : Effects of root pruning on the formation and the emergence of crown roots in young rice seedlings were examined. The seedlings at the 3.2 leaf stage after pruning all roots were transplanted to the paddy field. Then serial cross-sections of the main stems of the seedlings at 4.2, 5.2 and 6.2 leaf stages were prepared and observed under a light microscope. The number of the crown root primordia at the 4.2 leaf age increased by pruning the roots. The increase was mainly found in the third 'unit' and upward of the stem. At the 5.2 leaf age, the developed roots emerged from the third and fourth 'units' and upward of the stem. In addition to the increase in the root number, the stem portion, where the crown root primordia were formed, was extended upward by the pruning. Consequently, the emerged portion of crown roots extended upwardly in the stem. The time of formation and emergence of crown roots was earlier in the root-pruned seedlings than in the intact seedlings. The already-known relationship between the timing of root growth and leaf emergence hitherto known in intact seedlings may not be applicable to the root-pruned seedlings.

Key words : Crown root, Leaf emergence, Primordia, Rice (*Oryza sativa* L.), Root pruning, Rooting, Transplanting, Young seedling.