

不耕起直播水稻の根域の拡大過程と根系の特徴*

北野順一・山中聡子・生杉佳弘**

栽培部

要 旨

土壌表面を削耕(浅耕)しながら播種溝を切り、播種し覆土する方式で播種された不耕起直播水稻の根域の拡大過程を内視鏡(OLYMPUS MARK II INDUSTRIAL BORESCOPE)を用いて観察調査し、さらに不耕起直播水稻の根系を耕起移植のそれと比較しその特徴を明らかにした。

不耕起直播水稻の生育初期における根域の拡大速度は非常に遅く、播種条からの距離が5cmの位置で初めて根が観察されたのは播種後20日、3.5葉期であった。入水により根の伸長が促進され、最高分けつ期の直前から幼穂形成期にかけて急速に拡大した。出穂期に観察された根の到達範囲は、播種条からの距離が5cm及び10cmでは深さ32.5cm、15cm及び20cmでは深さ15cm、そして25cmでは深さ10cmであった。

成熟期の根系は、不耕起直播では播種条の直下の深さ0~10cm層に総根長の60%が集中し、耕起移植に比べ播種条の直下と上層に多く分布していた。根長密度(根長/土壌容積)は、深さ0~10cmの上層では不耕起直播の方が耕起移植より大きく、深さ10~30cmの中層では逆に耕起移植の方が大きかった。

大型容器(縦54cm×横42cm×深さ33cm)で栽培した湛水直播水稻と削耕方式ならびにV溝方式で播種した不耕起直播水稻のそれぞれの根系を8.5葉期に掘取り調査した。根重密度は湛水直播が最も大きく、次いで削耕方式の不耕起直播、V溝方式の不耕起直播の順であった。また削耕方式の不耕起直播ではV溝方式のそれに比べ10~20cm層の根量が多くなった。

キーワード：水稻；不耕起直播；根域；根系

緒 言

植物の根は生長に伴い土壌内に広がって根系を形成し、水分や無機成分の吸収、地上部の固定・支持、植物ホルモンの生産などの機能を通して地上部の生育と密接に関わっている。不耕起直播水稻は、初期生育が緩慢で茎数が少なくなりやすく移植水稻や湛水直播水稻とは大きく異なる生育パターンを示し^{5),9)}、これは不耕起という特異な土壌環境^{2),9)}において形成される根系やその発達経過と深く関連していると考えられる。施肥や水管理などの栽培管理の効果は根を通して地上部の生育に現れることから、根系に関する情報を得ることは適切な生育制御を行う上で重要な意味がある。不耕起直播栽培では土壌からの無機化窒素供給量が少ないため施肥窒素への依存

度が高く、効率的な施肥技術の開発が課題として残されている。土壌由来の養分吸収パターンの把握や適正な施肥位置を明らかにするためには、根系の発達過程の解明が必要である。

著者らは、稲収穫後のコンバイン走行跡等の圃場凹凸や刈り株の除去、雑草の防除、播種及び覆土精度の向上を目的に冬の間土壌表層2~3cmの削耕(浅耕)による整地を行い、さらに全面を削耕しながら播種溝を切り、播種し覆土する全面削耕・作溝条播方式(以下削耕方式と略す)の不耕起直播栽培の技術開発に取り組んでいる。不耕起直播の根系に関しては多くの報告^{1),2),5),7),9),10)}があるが、根系の分布する範囲、すなわち根域の拡大について経時的な調査は行われていない。耕起・代掻きを行わ

* 本研究の一部は日本作物学会東海支部講演会(1995)において発表。

** 現企画振興部企画課

ない不耕起直播栽培では根系の形成は土壌条件や圃場の履歴に影響され、また播種様式の違いにも影響されると考えられる。そこで本県の代表的な水田土壌である細粒灰色低地土壌で耕起代かき移植栽培が行われてきた水田において削耕方式で不耕起播種された水稲の根は、どのように伸長して根域を拡げていくのかを内視鏡を用いて継続調査し、さらに形成された根系について耕起移植水稲と比較検討した結果、若干の知見を得たので報告する。

材料及び方法

試験1 不耕起直播水稲の根域の拡大過程

試験は三重県農業技術センター内の不耕起直播圃場で実施した。試験圃場は不耕起直播栽培初年目であり、土壌型は細粒灰色低地土壌で作土の土性は埴壤土である。圃場の履歴は過去10年間水稲単作で、稲わらは全量還元され、堆肥は施用されていない。コンバイン走行跡等の圃場凹凸や刈り株の除去、雑草の防除、播種及び覆土精度の向上を目的に、土壌表層2～3cmを削耕する整地作業を1月と3月に行った。キヌヒカリを供試し、1994年5月18日に浸種籾（乾籾0.5kg/a）を深さ3cm、条間30cmに削耕方式で不耕起播種した。施肥は、基肥として窒素0.5kg/a、リン酸0.75kg/a、カリ0.58kg/aを播種後に表面施肥し、穂肥として窒素0.4kg/a、カリ0.4kg/aを7月25日（出穂前12日）に施用した。水管理は、6月13日（播種26日後）に入水した後約1ヶ月間は湛水状態を維持し、その後は収穫直前まで間断灌水を行った。出穂期は8月6日、成熟期は9月8日であった。

試験圃場の最も外側の播種条から5cm間隔で7本のアクリル製の管（外径15mm、長さ60cm）を土壌表面から50cmの深さまで挿し込んだ。地上部に露出した部分は塩ビ管で蓋をして、アクリル管内は調査時以外は暗黒状態を保った。内視鏡（OLYMPUS MARK II INDUSTRIAL BORESCOPE）のスコープ部を土壌表面から2.5cm刻みで降下させ、各深さ毎に播種条に向けて270度回転させて、アクリル管の表面に到達した1次根、一部2次根を含む太い根の数を調査した（写真1、2）。調査は3反復したが、根数は3反復の合計本数で示した。



写真1 内視鏡による根系の調査

試験2 不耕起直播水稲と耕起移植水稲の根系の差異

不耕起直播は試験1の圃場で行ったが、耕起移植はヤマヒカリの稚苗移植圃場で調査した。耕起移植の耕種概要は次のとおりである。1994年6月12日に20日苗を21.2株/m²の栽植密度で機械移植した。施肥は、基肥として窒素0.48kg/a、リン酸0.72kg/a、カリ0.56kg/aを代掻き時に全面全層施肥し、穂肥として窒素0.4kg/a、カリ0.4kg/aを出穂20日前と9日前に分施した。水管理は、移植後35日から2週間程度中干しを行い、その後は収穫10日前まで間断灌水を行った。出穂期は8月27日、成熟期は10月3日であった。土壌型は細粒灰色低地土で作土の土性は埴壤土である。

不耕起直播区は9月8日、耕起移植区は9月15日に土壌を層別に採取し根量を調査した。最も外側の播種条および移植条に直交して外方向に35cmまで、10cm毎に深さ0～30cmの土壌を縦10cm・横10cm・幅30cmのブロック状に採土し、根を洗い出し新鮮重を測定した。さらにルートスキナーで根長を計測後、灰化処理法により乾物重を求めた。調査圃場の土壌硬度を不耕起直播圃場は播種時に、耕起移植圃場は中干し期間に貫入式土壌硬度計で測定した。

試験3 直播様式の違いと生育中期における根系の差異

農業技術センターの水田土（細粒灰色低地土壌）を充填した縦54cm×横42cm×深さ33cmのポットを用い、1995年に水稲を6株移植し栽培した。収穫後は不耕起のまま放置し、1996年5月14日にキヌヒカリを供試し、2種類の播種方式での不耕起直播と湛水直播を行い、8.5葉期（不完全葉は除く、以下同じ）の根系を比較した。不耕起直播の播種方式は、削耕方式と整地を行わず不耕起土壌にV字型の溝を切って条播する方式（以下V溝方式と略す）の2種類で、2方式共に浸種籾を深さ3cmに条播し覆土した。湛水直播は播種当日に深さ15cmに全面耕起・代掻きし、乾籾重量に対して2倍重のカルパー粉粒剤16をコーティングした催芽籾を5mmの深さに条播した。各播種様式とも1ポット当たり20粒を播種した。不耕起直播区は2葉期に達した5月30日に入水し、湛水直播区

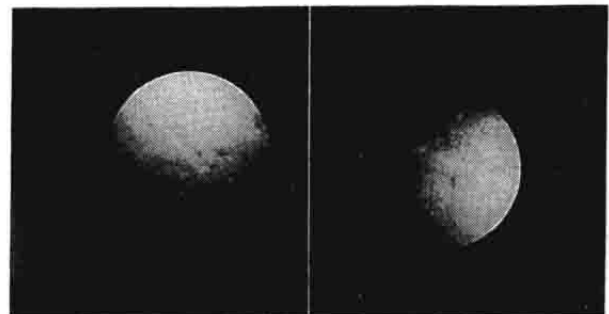


写真2 内視鏡で観察された根

は播種後5日間落水後、入水し、その後は調査時まで湛水管理した。

イネ8.5葉期の7月8日に内径5.5cm、長さ22cmの円筒を播種条の中央、播種条から10cm及び20cm離れた位置に打ち込み採土した。田面から5cm毎に区分して根を洗い出し、灰化処理法により乾物重を求めた。試験は2反復で実施した。

結果

試験1 不耕起直播水稻の根域の拡大過程

不耕起直播の出芽・苗立は良好で播種7日後には出芽が揃い、調査箇所での平均苗立数は156本/m²であった。生育量は慣行の移植栽培に比べて小さく、最高分げつ数は370本/m²、成熟期の稈長は66.9cm、穂数は282本/m²、粒数は21,900粒/m²であった。

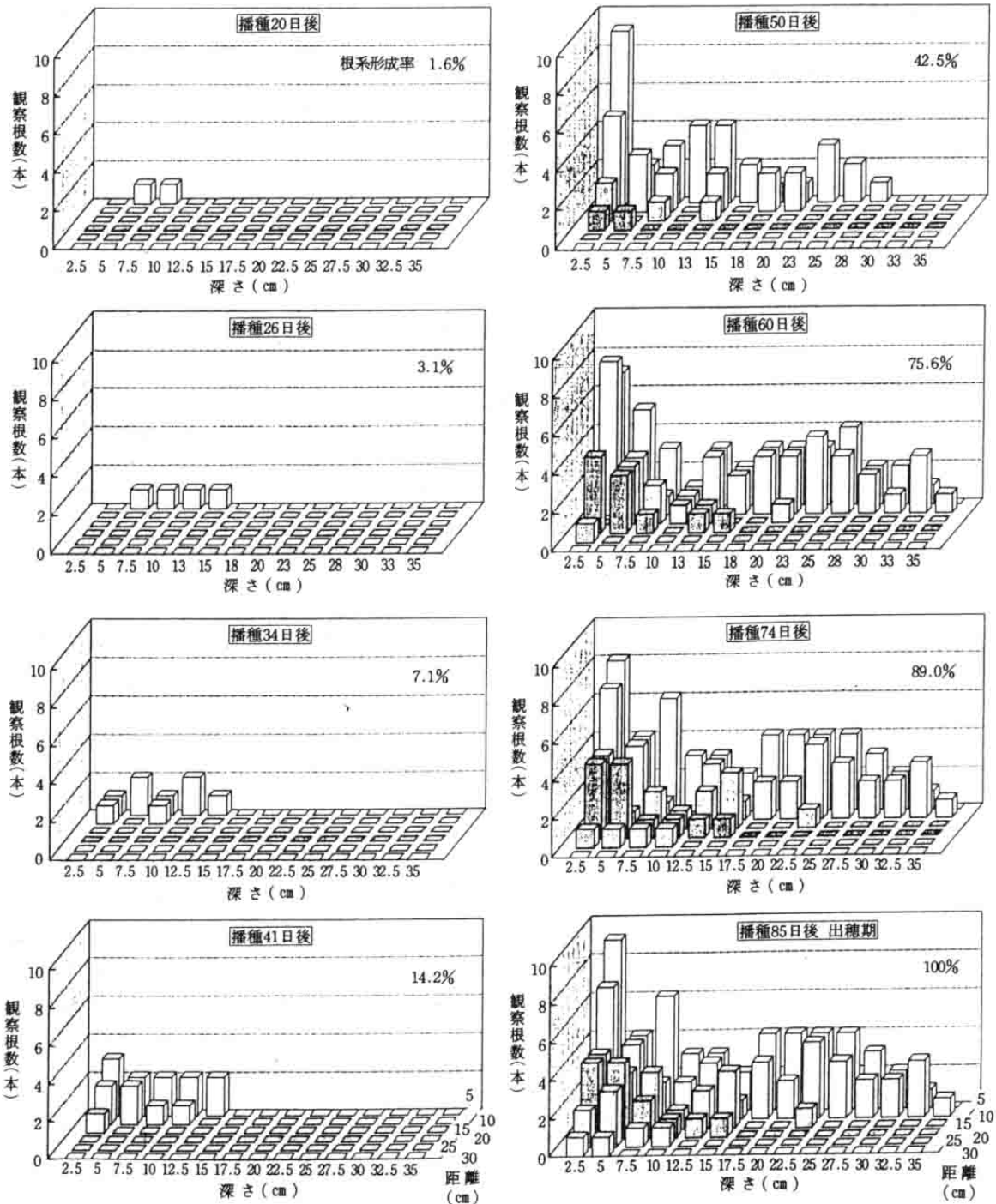


図1 内視鏡で観察された根の観察位置と根数の推移
 深さ：土壌表面からの深さ 距離：播種条からの距離

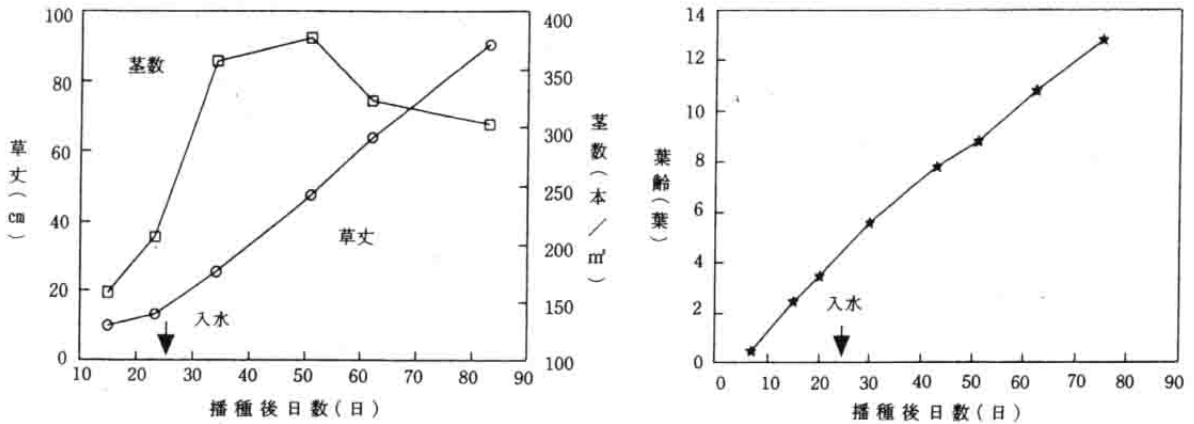


図2 不耕起直播の草丈、茎数、葉齢の推移

内視鏡で観察された根の状況を写真2に示した。根は鮮明に観察することができたが、観察された根の中にはアクリル管の壁面に沿って下方に伸長したものが認められた。そこで明らかにそれと確認された根または疑わしい根については観察本数に加えなかった。

内視鏡による観察結果を図1に、地上部の生育経過を図2にそれぞれ示した。根はアクリル管に1カ所ではか接していないと仮定して、出穂期の総根数に対する調査時期別の割合を根系形成率として求めた。

初めて根が観察されたのは播種後20日の3.5葉期で、播種条からの距離が5 cm、深さ7.5 cm及び10 cmの位置で根の到達が確認された。播種後26日の入水時には下方向への伸長が見られ、播種後34日からは横方向へも伸長が始まった。播種後41日までは根系の拡大速度は緩やかであり、根が観察された範囲は播種条から5 cmの位置では深さ12.5 cmまで、10 cmでは深さ10 cmまで、そして播種条から15 cm離れた位置では2.5 cmの深さまでであった。播種後41日から60日にかけて下方向、横方向ともに急速な根系の拡大が見られた。この時期の地上部の生育は、茎数が急増し、ほぼ最高分げつ期に達する時期であり、播種後60日は幼穂形成期に相当した。その後出穂期まで観察を続けたが、深さ2.5 cm～10 cm層で横方向への拡大がみられたがその程度はわずかであった。出穂期には、播種条からの距離5 cm及び10 cmでは深さ32.5 cmまで、15 cm及び20 cmでは深さ15 cmまで、2.5 cm離れた位置では深さ10 cmまでの範囲で根が観察された。しかし、3反復全ての調査地点で根が観察されたのは、5 cm及び10 cm離れた位置では深さ25 cmまで、15 cm及び20 cmでは深さ7.5 cmまで、25 cmでは深さ5 cmまでであり、その根系は播種条の極周辺部並びに表層部に集中していた。

根系形成率は播種後41日が14.2%、播種後60日が75.6%であり、最高分げつ期の直前から幼穂形成期にかけて根系形成が急速に進んだと考えられた。

試験2 不耕起直播水稲と耕起移植水稲の根系の差異

表1 栽培法を異にする圃場における成熟期の生育および収量

栽培方法	稈長 (cm)	穂数 (本/m²)	粒数 (100粒/m²)	精玄米重 (kg/a)
不耕起直播	66.9	282	219	43.4
耕起移植	80.0	343	278	51.6

根系調査のための採土は、不耕起直播のキヌヒカリでは成熟期に、耕起移植のヤマヒカリではやや早く出穂後19日の糊熟期に行った。両栽培法での成熟期における収量及びその主要要素を表1に示した。不耕起直播では耕起移植に比べて穂数、粒数が少なく収量も低かった。

播種条および移植条に沿って採土したブロックの大きさは株の両側横5 cm、深さ10 cmで長さを30 cmとした。このブロック内の穂数は不耕起直播が25本、耕起移植が2株で33本であった。

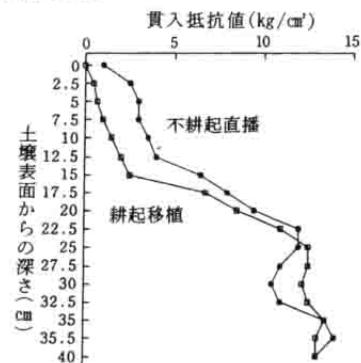


図3 根系調査圃場の貫入抵抗値

根系調査を行った不耕起直播圃場と耕起移植栽培圃場の土壌硬度を測定し結果を図3に示した。土壌表面から20 cmまでの範囲ではいずれの深さにおいても不耕起直播圃場の貫入抵抗値の方が大きく、特に15 cm深までの差は大きかった。

表2 不耕起直播と耕起移植栽培水稻の根長の層別分布割合(%)

	[不耕起直播栽培]					[耕起移植栽培]				
	播種条からの距離*(cm)					稲株からの距離*(cm)				
	-5-5	5-15	15-25	25-35	合計	-5-5	5-15	15-25	25-35	合計
0-10	60.0	18.7	7.4	1.7	87.8	36.5	27.8	7.3	2.5	74.0
深 10-20	4.1	1.7	0.7	0.3	6.7	9.6	6.5	1.4	0.4	17.8
さ 20-30	2.6	1.3	0.1	0.1	4.1	2.7	2.1	1.5	0.3	6.6
(cm) 30-40	0.9	0.4	0.1	0.1	1.3	0.8	0.5	0.3	0.1	1.6
合計	67.6	22.0	8.3	2.1	100.0	49.5	36.9	10.4	3.2	100.0

* 条(畦)の中心を0とした。

ルートスキャナーで測定した根長の層別分布割合を表2に示した。不耕起直播では播種条の両側5cm、深さ0~10cm部分に総根長の60%が集中しており、また0~10cmの浅層部に87.8%が分布した。耕起移植と比較する

と、明らかに播種条の周辺で深さ10cmまでの上層に根は局在した。分布割合が2%以上のブロックを見ると、不耕起直播は耕起移植に比べて根域が狭い傾向にあった。

表3 不耕起直播と耕起移植栽培水稻の根長密度*の比較

	[不耕起直播栽培]					[耕起移植栽培]				
	播種条からの距離**(cm)					稲株からの距離**(cm)				
	-5-5	5-15	15-25	25-35	平均	-5-5	5-15	15-25	25-35	平均
0-10	36.8	11.5	4.6	1.0	13.5	15.5	11.8	3.1	1.1	7.9
深 10-20	2.5	1.0	0.4	0.2	1.0	4.1	2.7	0.6	0.2	1.9
さ 20-30	1.6	0.8	0.1	0.1	0.6	1.2	0.9	0.6	0.1	0.7
(cm) 30-40	0.5	0.2	0.0	0.0	0.2	0.3	0.2	0.1	0.0	0.2
平均	10.4	3.4	1.3	0.3	3.8	5.3	3.9	1.1	0.3	2.7

* 根長密度 (cm/cm³): 根長/土壤容積

** 条(畦)の中心を0とした

層別の根長密度(根長/土壤容積)を表3に示した。播種条を中央に幅10cm、深さ10cm部分の根長密度は、耕起移植の15.5cm/cm³に対して、不耕起直播は36.8cm/cm³と2.4倍も大きな値を示し、深さ10cmの上層の平均根長密度は不耕起直播の方が倍近く大きくなった。しかし10~30cmの中下層域では、播種条の直下部を除くとむしろ移植水稻の方が大きい傾向が見られた。

各播種様式での8.5葉期における地上部生育概況を表4に示した。茎数は湛水直播が最も多く、次いで削耕方式の不耕起直播で、V溝方式の不耕起直播では明らかに少なかった。

播種条からの距離及び深さ別の根乾物重の分布割合および根重密度(根重/土壤容積)を表5および表6に示した。根乾物重の深さ別分布割合は湛水直播とV溝方式・不耕起直播は浅い層に多く、0~10cmにそれぞれ91.1%、94.6%の根が分布した。削耕方式・不耕起直播は湛水直播およびV溝方式・不耕起直播の両様式に比べ浅い層の分布割合が少なく、0~10cm層の分布割合は86.9%であった。根重密度は各層位とも湛水直播>削耕方式・不耕起直播>V溝方式・不耕起直播の傾向にあり、全体の平均根重密度は湛水直播が0.465mg/cm³、削耕方式・不耕起直播が0.352mg/cm³、V溝方式・不耕起直播が0.237mg/cm³であった。

試験3 直播様式の違いと生育中期における根系の差異

表4 8.5葉期の生育状況

播種様式	草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	
不耕起直播	削耕方式	53	190
	V溝方式	51	138
湛水直播	51	214	

表5 播種様式による層別の根重密度*の違い

直 播 様 式	深 さ (cm)	播種条からの距離 (cm)			平 均
		0	10	20	
削 耕 方 式 不 耕 起 直 播	0～5	2.770	0.215	0.182	1.056
	5～10	0.276	0.159	0.074	0.170
	10～15	0.105	0.171	0.013	0.096
	15～20	0.127	0.096	0.038	0.087
	平均	0.820	0.160	0.077	0.352
V 溝 方 式 不 耕 起 直 播	0～5	2.146	0.207	0.032	0.795
	5～10	0.234	0.038	0.038	0.103
	10～15	0.082	0.011	0.003	0.032
	15～20	0.036	0.008	0.011	0.018
	平均	0.625	0.066	0.021	0.237
湛 水 直 播	0～5	4.257	0.177	0.081	1.505
	5～10	0.379	0.092	0.103	0.191
	10～15	0.182	0.121	0.054	0.119
	15～20	0.069	0.028	0.041	0.046
	平均	1.222	0.105	0.070	0.465

* 根重密度 (mg/cm³) : 根乾物重/土壤容積

表6 播種様式と根乾物重の分布割合 (%)

直 播 様 式	深 さ (cm)	播種条からの距離 (cm)			計
		0	10	20	
削 耕 方 式 不 耕 起 直 播	0～5	65.5	5.1	4.3	74.9
	5～10	6.5	3.8	1.7	12.0
	10～15	2.5	4.0	0.3	6.8
	15～20	3.0	2.3	0.9	6.2
	計	77.6	15.2	7.3	100.0
V 溝 方 式 不 耕 起 直 播	0～5	75.4	7.3	1.1	83.8
	5～10	8.2	1.3	1.3	10.8
	10～15	2.9	0.4	0.1	3.4
	15～20	1.3	0.3	0.4	1.9
	計	87.8	9.3	2.9	100.0
湛 水 直 播	0～5	76.2	3.2	1.5	80.8
	5～10	6.8	1.6	1.8	10.3
	10～15	3.3	2.2	1.0	6.4
	15～20	1.2	0.5	0.7	2.5
	計	87.5	7.5	5.0	100.0

考 察

土壌表面を削耕しながら播種溝を切り、播種し覆土する全面削耕・作溝条播方式で播種された不耕起直播水稻を対象として根系の分布、形成過程を内視鏡を用いて観察した。1次根と思われる太い根の観察された位置と根数を経時的に調査した結果、根の到達した領域の拡大および根数から求めた根系形成過程は、生育初期は非常に緩やかに進み、播種後41日、最高分けつ期直前から播種後60日（出穂前25日）の幼穂形成期にかけて急速に進行し、それ以降の増加程度は比較的小さいことが明らかになった。

不耕起直播では初期生育が緩慢で、安定した収量確保のためには初期生育を促進することが栽培管理上重要である。根の初期生育については、新田ら⁷⁾は不耕起V字溝播種では初期の根の生育は耕起播種より劣るが、湛水後は土壌が柔らかくなり根の伸長は促進され、根数、根重とも多くなったと報告している。本調査でも入水した播種後26日までの根域の拡大速度は非常に遅く、入水後根系の発達が急速に進む傾向が認められた。中嶋ら⁸⁾は入水時期を早期に行うことを不耕起直播水稻における初期生育促進の対策としている。早期入水による生育促進の効果としては、湛水による保温や養分吸収の促進が挙げられるが、不耕起直播栽培では根系の発達促進に有効と考えられる。施肥技術としては、野々山⁹⁾は表面施用された窒素の利用率が劣る不耕起直播栽培では、播種時条間土中施肥は肥効が著しく高く、表面施肥に比べて12~24%増収したと報告している。削耕方式の不耕起直播栽培では、播種条から5cmの位置でも播種後20日、3.5葉期まで根は確認されなかった。このことから初期生育の確保に重点を置く場合には、少なくとも播種条から5cm以内の株に近い土中に施用することが必要と考えられる。

不耕起直播を対象とした根域の拡大過程に関する報告は見られないが、川島³⁾は移植水稻を対象として根系の形成過程を調査し、出穂前32日の根系形成率は主稈が40%前後、第VII分けつが20%前後と小さく、根系の量的な形成は出穂前20日から急速に進行し、出穂期ころに根系が完成することを明らかにしている。これは3次根までの分枝根を含む根系全体についての量的な形成過程であり、1次根の根数に着目した場合には出穂前32日における形成率は主稈が70%、第VII分けつでは44%と報告している。本試験において観察された1次根（太い2次根も含む可能性はある）の総根数から求めた根系形成率は、播種後60日（出穂前25日）で75.6%であり、1次根に限ると幼穂形成期までの根系形成率は移植栽培とほぼ同程度と考えられる。また、個体当たりの分けつ発生数が少

なく主稈への依存度が高い不耕起直播栽培の根数からみた根系形成は、移植栽培に比べて早く進行する可能性が考えられる。

成熟期における不耕起直播水稻の根系について、大森²⁾は不耕起4年継続圃場の調査結果として、根は地表から15~20cm以内の層に密集し、20cmより深い土中へは土壌構造の亀裂に沿って伸長し、移植水稻の根群とは著しく異なるとしている。人見⁹⁾は不耕起4年継続圃場における不耕起直播水稻の根群は耕起直播に比べ、根毛の発達した根が表層部に多量に分布し、しかも作土深層部への伸長が良好であったとしている。また30年以上にわたって不耕起栽培を行った圃場での調査から、不耕起直播水稻は表層に細い根がマット状に発達するという特異な根群を形成することが報告されている⁴⁾。本試験では不耕起栽培初年目圃場の不耕起直播水稻と耕起移植水稻の根系を比較した。不耕起直播と耕起移植の根系には根の分布状況、根長密度に明らかな違いが認められ、不耕起直播の根系は全体として浅根型であり、表層に細い根が多く分布する傾向が認められ、播種様式や不耕起栽培継続年数が異なるにも関わらず、大森、人見らの報告と概ね同様の傾向であった。不耕起栽培では不耕起の継続による土壌の物理性、理化学性の変化が根系形成に影響すると考えられるが、不耕起初年目圃場でも形成された根系の特徴は不耕起継続圃場と同様の傾向を示したことから、本試験で得られた根系に関する情報は、耕起、代掻きを行わない不耕起直播栽培の特異な土壌環境で形成される根系の基本的な特徴と言える。

播種方式が異なる直播水稻の生育の特徴は、生育初中期の生育量の違いに見ることができる。そこで湛水直播水稻と削耕方式およびV溝方式で播種した不耕起直播水稻の8.5葉期における根系の違いを検討した結果、削耕方式の不耕起直播水稻の根重密度は湛水直播水稻に比べると小さくなったが、V溝方式に比べると地上部生育量、根重密度ともに大きく、さらに根系の分布が深くなる傾向が示された。野々山⁹⁾は、3cm浅耕と不耕起条件で無窒素の直播栽培を行った結果、収量および窒素吸収量は3cm浅耕が不耕起より多く、これは主に土壌窒素の供給量の多少によるとしている。本試験で認められた削耕方式とV溝方式の地上部生育量の違いも表層部の土壌窒素供給量の差が影響していると考えられるが、さらに根系発達が促進されたことが窒素吸収量を増加させ、地上部生育の増大に相乗的に作用したと推察される。

不耕起直播圃場は土壌の透水性が高く、土壌の還元化の進行が緩慢なため生育後期でも健全根が多く活力が高いと報告されている⁹⁾。本試験でも不耕起直播は耕起移植に比べて下層の根は太く、白く健全な根が多く観察さ

れたが、根系全体としては耕起移植に比べ根域が浅く狭く、また湛水直播に比べて根量が少ない特徴がみられ、このことが地上部生育量の不足に直接的に影響していると考えられた。根が下層に多く分布することは、土壤の養分吸収に有利であり、耐倒伏性の強化につながり、また様々な環境ストレスに対する耐性も高くなると考えられる。土壤表層を極く浅く耕起する削耕方式の不耕起直播は、完全な不耕起直播に比べると根系を深くできる可能性が示唆された。しかし根の初期伸長は緩やかであり、慣行の耕起移植に比べると明らかに根域が浅い特異な根系となることから、地上部生育量の確保と収量の安定化を図るためには、根系の改善、根域の拡大が必要であり、施肥、水管理などの栽培管理の効果についても根系形成に着目した検討が今後必要と考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり名古屋大学農学部資源生物環境学科山内 章助教授には根長の測定についてご指導を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 井手一浩・徳安雅行・下村忠夫・小林 淳(1970)：不耕起栽培継続に関する研究 稲・麦の連続不耕起栽培試験, 佐賀農試研報, 11, 91-109.
- 2) 大森 正(1980)：水稻の不耕起直播栽培に関する土壤・肥料学的研究, 岡山農試臨報, 71, 1-80.
- 3) 川島長治(1988)：水稻の根系形成に関する研究 第3報 根の数, 長さ, 体積, 表面積の推移, 日作紀, 57(1), 26-36.
- 4) 長期不耕起栽培圃場研究グループ(1994)：長期不耕起直播田の土壤及び水稻栽培の実態調査, 農業技術, 49, 251-256.
- 5) 中嶋泰則・関 稔・加藤祐司・浜田千裕(1992)：水稻の不耕起乾田直播栽培に関する研究 出芽率及び初期生育の促進法, 愛知農総試研報, 24, 11-18.
- 6) 二見敬三・今井太磨雄・藤井 浩(1976)：機械化栽培における施肥法に関する研究 第8報 稲・麦の不耕起直播栽培継続による収量の推移と土壤の理化学性変化, 兵庫農総セ研報, 25, 19-24.
- 7) 新田英雄・常松定信・重栖陸弘・北山 茂(1971)：水稻不耕起直播（V字溝）栽培における初期の根群発達の特異性, 作物学研究集録, 14, 6-7.
- 8) 野々山芳夫(1981)：水稻の不耕起直播に関する土壤肥料学的研究, 中国農試報, E18, 1-62.
- 9) 人見進(1976)：水稻の不耕起直播栽培法の確立に関する基礎的研究, 岡山農試臨時報告, 68, 1-50.

- 10) 宮崎 計・宮本信義・井田 勉・川波与継(1972)：水稻不耕起直播栽培の経年変化について, 三重農技セ研報, 1, 18-23.

Developmental Processes and Characters of Rice Root System of Non-tillage Direct Sowing Cultivation on Well-Drained Paddy Field.

Jun'ichi Kitano, Satoko Yamanaka and Yoshihiro Ikesugi

Abstract

Developmental process of root system in rice plants under non-tillage direct sowing cultivation was observed with a fiberscope. The method of direct sowing cultivation was employed as follows: Soaked seeds were sown at the rate of 5kg/10a in rows of 30cm apart from each other on well-drained paddy fields after being plowed 2~3cm in depth. Field was kept drained until about 30 days after sowing, and then held to be water-logged.

Rooting zone in non-tillage direct sowing cultivation enlarged very slowly at the early growth stage (until 41 days after sowing).

Irrigation accelerated the rate of root elongation. Rooting zone rapidly enlarged from just before maximum tiller number stage (41 days after sowing) to panicle formation stage (60 days after sowing). Roots distributed in the soil at heading stage ranged 0~32.5cm in depth at a distance of 5 and 10cm from sowing rows, roots was found in the depth of 0~15cm at a distance of 15 and 20cm from sowing rows, and in the depth of 0~10cm at a distance of 25cm from sowing rows respectively.

Comparison of root system was also made between in the non-tillage direct sowing rice and in the transplanted rice. The total root length in 0~10cm soil depth close to the sowing row accounted for 60% on non-tillage direct sowing cultivation at maturing stage. The root mass in 0~10cm soil depth of non-tillage direct sowing rice was larger than that of transplanted rice. The root length density (root length/soil volume) in 0~10cm soil depth was higher on non-tillage direct sowing rice than on transplanted rice. The root length density in 10~40cm soil depth was lower in non-tillage direct sowing rice than in transplanted rice.

Differences in root system of rice plants at 8.5-leaf age among three types of direct sowing cultivation were investigated. The order of root weight density (root weight/soil volume) was as follows: direct sowing in flooded paddy field > direct sowing on paddy field plowed in 3cm depth > direct sowing on nonplowed paddy field. The root weight at 10~20cm soil depth of direct sowing on paddy field plowed 3cm in depth was greater than that of direct sowing on nonplowed paddy field.

Key word: Non-tillage direct sowing; Rice; Root system; Rooting zone