

研究論文

栽培

耕うん・播種法の相違が乾田直播水稻の出芽・生育ならびに収量に及ぼす影響

岡部 繭子¹⁾・玉井富士雄²⁾・元田義春²⁾・名越時秀²⁾・武田元吉²⁾

(¹⁾ 東京農業大学大学院農学研究科・²⁾ 東京農業大学農学部)

要旨：乾田直播栽培における、耕うん・播種法の相違が出芽や生育におよぼす影響について、小面積圃場試験によって検討した。水稻コシヒカリを供試し、播種時の土壌条件として耕起、不耕起および不耕起V溝（深さ5 cm）播種の条件を、さらに播種法として耕起条件では穴播きで播種深度1, 3 cm および5 cm、不耕起条件では穴播きで1 cm と3 cm、不耕起V溝播種では覆土少量、覆土多量の処理区を設定した。施肥は現地慣行の元肥少肥、追肥1回とし、土壌表面に散布した。参考として出穂後の調査には移植栽培も加えた。乾田直播では耕起5 cm区を除いて、70%以上の出芽率が確保された。処理区によっては、出芽するまでに特に第2節間が伸長した。初期の茎数の増加は抑制され、どの区も無効分げつの発生が少なかった。耕起1 cm区と3 cm区では7月下旬から茎数の増加がほとんど見られなくなった。穂首節から下の4節目の節から分けつする穂（高節位分けつ穂）が、耕起1 cm区および3 cm区以外の直播区で多発した。出穂後の茎葉の乾物重層別分布では、移植区に比較して直播区は茎葉が下層に多く分布していたが、耕起1 cm区は移植区にやや近い分布を示した。出芽から登熟にいたる生育全体を検討した結果、不耕起V溝覆土少量区がもっとも優れていたが、倒伏の危険が若干認められた。また、不耕起3 cm区では出芽率はほぼ80%で十分であり、倒伏も見られなかったが、茎数・穂数の確保がやや不良であった。生育全体を通してみると、不耕起栽培、とくに3 cmの深さに穴播きする栽培法が安定生産の面でいくつかの利点を持つことが明らかになった。

キーワード：乾田直播、茎葉層別刈取、高節位分けつ穂、耕うん法、出芽、播種法

今日の水稲栽培では省力・低コスト化が求められ、直播栽培が注目されてきている。その中でも、省力を押し進めた技術として労働力をより軽減できる栽培法である乾田直播は、我が国の水稲栽培において今後さらに発展する可能性があると考えられる。乾田直播において出芽の安定化は大きな問題であり、以前から直播における出芽と播種深度・覆土・播床の関係、幼芽の伸長・抽出力、冠水条件など様々な要因について研究されている（川延ら1963, 井之上ら1964, 1966, 1967, 1971, 太田ら1964, 1965, 1966, 上山1971, 佐藤1995）。

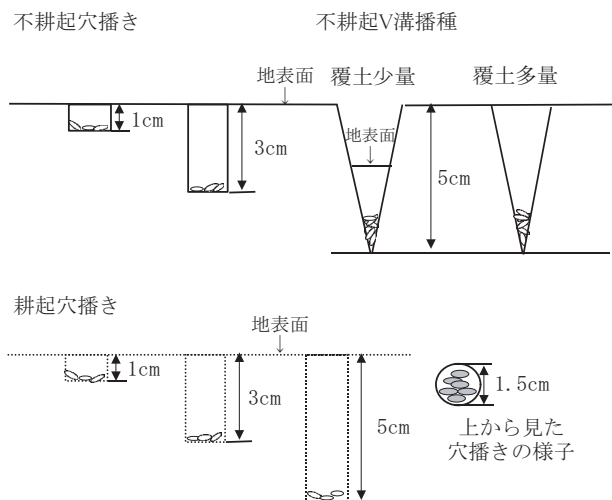
耕起乾田直播は、耕起・碎土により土壌が乾燥しやすく、発芽・苗立ちが降雨に影響される（澤村・松村1992）。それに対して、不耕起乾田直播は耕うん作業の必要がなく、最も省力的であり、播種時期の出芽・苗立ちへの降雨の影響をかなり軽減できる（鷲尾1999）。たとえば播種深度約2 cmの穴播きの岡山農試方式が普及してきた（岡武1998）。さらに1988年から1996年にかけて、（独）農業機械化研究所では、水稻・麦・大豆に汎用的に利用できる汎用型穴播き不耕起施肥播種機の開発が進められた（農業機械化研究所1996）。最近では不耕起のまま深さ5 cmのV字溝を作り、そこに肥料と種子を施用し、播種深度が1.5～2.0 cmとなるように覆土する愛知農試方式が普及し始

めている（中嶋ら1992, 小出ら1997）。著者らは良食味品種のコシヒカリを供試した場合に、不耕起穴播きにして3 cmの播種深度にすれば、倒伏抵抗性弱のコシヒカリでも出芽率を確保したまま倒伏を抑制できるのではないかと考え、ポット栽培や粋実験水田で検討を加えてきた（岡部ら2001, 2003a, 2003b, 2003c）。その結果、播種深度3 cmならば、出芽率はやや低下するものの実用的には問題は少なく、浅播きに比べて株の開度は狭く、耐倒伏性も高いことが認められ深播きの有効性が示唆されたが、穂数や1穂着粒数の不足が懸念された。

そこで著者らは、乾田直播栽培において耕起の有無、V溝などの耕うん法や播種法を組み合わせた条件の相違が出芽やその後の生育におよぼす影響について、小規模圃場試験によって比較検討した。その結果、不耕起穴播き深度3 cmの生育特性やその他の栽培法の生育特性について若干の知見が得られたので、ここに報告する。

材料と方法

2003年4月17日に品種コシヒカリの種子を神奈川県厚木市の水田地帯に位置する東京農業大学厚木農場棚沢水田に播種した。供試水田は周囲の農家水田の水利システムに組み入れられており、作土は灰色低地土壌（植壤土）であ



第1図 耕うん・播種法の模式図.

る。播種時の耕うん法として、第1図のように耕起穴播き、不耕起穴播きおよび不耕起V溝播種を設定した。耕起穴播き区では播種深度1、3および5 cmの3区を、不耕起穴播き区では1 cmと3 cmの2区を設け、直径1.5 cmの棒を用いて開けた穴に6粒ずつ乾籾を播種した。不耕起V溝播種では人力で深さ5 cmのV字型の溝を切り、6粒ずつ乾籾を点播し覆土をしたが、その際に覆土が少量（地表面までの約半分）の区と多量（地表面まで）の区を設けた。参考として、5月21日に苗床へ播種し、3葉齢の苗を6月9日に移植する移植栽培区を加え、出穂期以後の生育の比較を行った。以上のように、試験区は耕起穴播き区は1 cm、3 cmおよび5 cm区、不耕起穴播き区は1 cmおよび3 cm区、不耕起V溝播種区は覆土少量区および多量区とし、参考のために移植区を加えた8処理区を設定した。いずれの区も栽植密度は株間15 cm、条間30 cmとした。施肥量は元肥として10 a当りN成分量で2 kgの化成肥料（商品名：くみあい086）を、追肥として10 a当りN成分量で3 kgの化成肥料（商品名：くみあいNK化成）を土壌表面に施肥した。直播栽培の元肥としては極めて少ないが、コシヒカリの安全栽培として、この水田地帯での従来の直播栽培での経験から得た施肥基準に準じたものである。各試験区の面積は35 m²で、反復はない。各区とも3ヶ所から測定データを取り出し、統計処理は各区3回繰り返しの一元配置として計算した。ただし、層別刈り取り、およびその際に測定したLAIは2ヶ所を合わせた調査であり、統計処理を行わなかった。

出芽調査は、幼芽が地上部に0.5 cm出た時を出芽とし、各区120株について播種後約1ヶ月に当たる5月20日まで適時調査した。直播区は6月3日（4齢期）に湛水した。また、最終出芽率からm²当り苗立個体密度を計算した。

初期生育調査は5月20日に各区8株を抜き取り、そのうちの40個体について、出芽深度および幼植物各器官の調査をした。その後の生育調査は7月2日から9月3日ま

で1ヶ月間隔で各区10株について、草丈、生葉数、茎数、葉色を調査した。葉色の測定（SPAD-502）は追肥時期選定の指標としたため、生育調査以外の時期にも適時行った。多くの直播区で、穂首節から下に4節目の節位から分けつが発生したので、これらの分けつを高節位分けつ、それらに着生した穂を高節位分けつ穂と呼ぶこととする。高節位から発生した分けつ（以下高節位分けつ）の調査は9月3日と収量調査時に行ったが、本報告では収量調査時の結果のみ記述した。株の開度は、10株について株の左右の最外葉のなす角度で表し、7月下旬から9月上旬にかけて、分度器を用いて測定した。登熟期の茎葉層別分布調査として、出穂後10日目に当たる9月6日～9日にかけて、30 cm×30 cmの枠を用い各区2カ所を層別に刈り取り（地際から10 cm刻み）、各層の葉面積、茎葉別の乾物重を調査した。10月14日に各区15株ずつ収穫し、自然乾燥後に1株穂数、1穂全粒数、登熟歩合、精粉千粒重、地上部重および玄米重を調査した。

結 果

1. 出芽深度

各区の出芽深度を第1表に示した。多少のばらつきはあるが、それぞれの出芽深度はほぼ設定した播種深度に合致していた。V溝播種覆土少量区では2.1 cm、同覆土多量区では3.6 cmとなった。

2. 出芽速度、出芽率および苗立個体密度

出芽率の推移を第2図に示した。播種後19日目の出芽率をみると、おおよそ4群に分かれており、播種条件による出芽の遅速が認められた。最も出芽率が高かった群は不耕起穴播き1 cm区と同V溝播種覆土少量区で早くから出芽した。ついで耕起穴播1 cm区、同3 cm区がやや高く、播種後19日目には52～62%に達していた。出芽率がやや低かった区は不耕起穴播き3 cm区と同V溝播種覆土多量区であり、最も出芽率が低かった区は耕起穴播き5 cm区で、播種後19日目ではわずか7.8%であった。出芽速度が最も良好だった不耕起穴播き1 cm区は播種後19日目には80%を越していた。

最終的な出芽率（播種後33日目）は耕起穴播き5 cm区では53.1%に留まったが、不耕起穴播き1 cm区と同V溝播種覆土少量区では80%を越し、その他の区は70%を上回っていた。すなわち、不耕起で出芽深度が浅い場合に最終出芽率が高かった。

苗立個体密度はm²当り71～123の範囲であった。

3. 幼苗の形態

ほぼ出芽が終わった播種後33日目における幼植物は地中で鞘葉、第1葉などが伸長し、さらに中茎、第1節間、第2節間などが区によっては若干伸長した。それらの状態を第1表に示した。全般に深播きになるほど鞘葉と第1葉

第1表 各試験区における出芽・苗立個体密度と幼苗各器官長.

試験区	出芽深度 (cm)	出芽率 (%)	苗立個体密度 (m ⁻²)	鞘葉長 (cm)	第1葉長 (cm)	中莖長 (cm)	第1節間長 (cm)	第2節間長 (cm)	
不耕起穴播き	1cm*	1.4±0.36	92 a	123 a	0.90 cd	1.80 c	0 b	0.02 bc	0 c
	3cm*	3.2±0.17	79 ab	106 ab	2.10 b	2.90 b	0.14 a	0.09 a	0.41 bc
不耕起V溝播種	覆土少量	2.1±0.43	88 ab	118 ab	1.20 cd	2.10 c	0.01 b	0.04 bc	0.09 bc
	覆土多量	3.6±0.18	76 b	101 d	3.00 a	3.40 a	0.19 a	0.06 ab	0.99 b
耕起穴播き	1cm*	1.4±0.40	74 b	98 b	0.80 d	1.80 c	0 b	0 c	0 c
	3cm*	2.8±0.13	83 ab	110 ab	1.50 bc	2.60 b	0.07 b	0.03 bc	0.07 bc
	5cm*	4.9±0.34	53 c	71 c	3.20 a	3.70 a	0.26 a	0.03 bc	2.21 a
有意差	—	**	**	**	**	**	*	**	

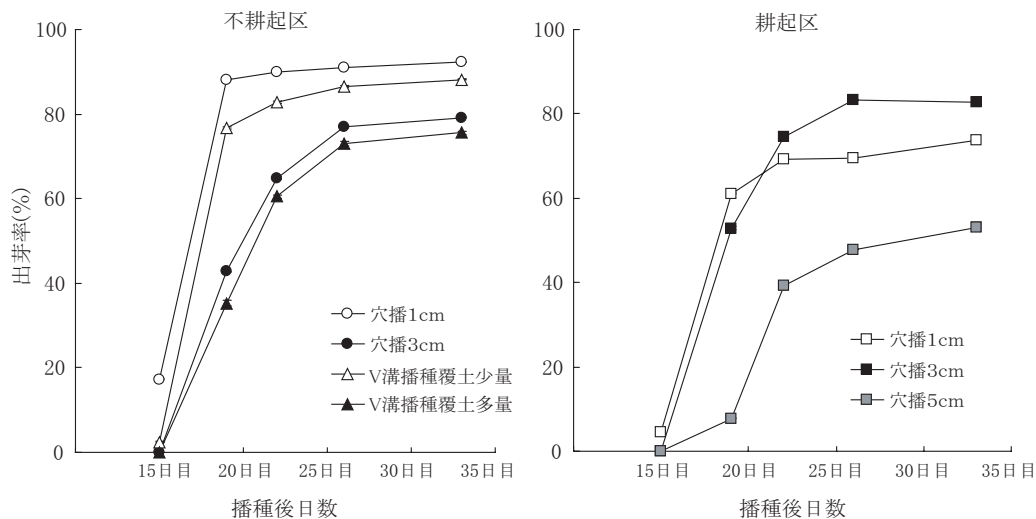
※は播種深度.

同一アルファベットのついた値間には有意差なし(Tukey法による).

有意差の*および**はそれぞれ5%, および1%水準で有意差があることを, n.s.は有意差がないことを示す.

—は検定していないことを示す.

出芽深度については, それぞれの標準偏差を示した.



第2図 出芽率の推移.

2003年4月17日播種. 棒線は標準誤差を示す.

は伸長するが, 耕起・不耕起の穴播き1cm区では第1葉が十分に地表に抽出しているのに対して, 耕起穴播き5cm区になると, 出芽深度が4.9cmなので地表に達していない. 一方, 出芽時には, 第2節間の方が第1節間よりもかなり伸長した区がみられた. すなわち, 第2節間は不耕起穴播き3cm区では0.4cm, V溝播種覆土多量区では1.0cm, 耕起穴播き5cm区では2.2cmの伸長がみられた. これらの伸長につれて, 根系の発達は種子根を除いて第2節間の上に移動したことになる.

なお, ごく深播きになる耕起穴播き5cm区では中莖がわずかに伸長していた.

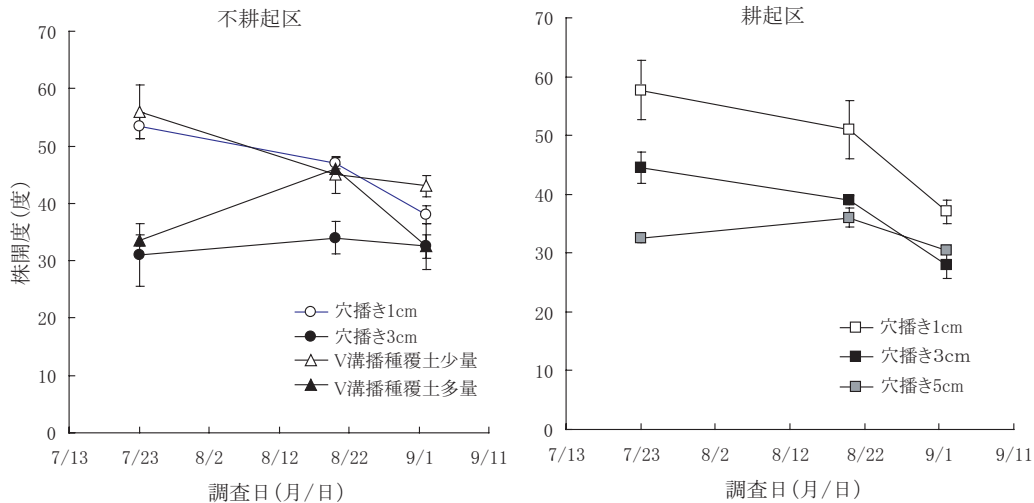
4. 株開度の推移

本報告の株開度は地際部の株全体の占有面積の大きさを示すものではなく, 地際部の莖の傾きに関係しているものである. このため, 倒伏の難易にも部分的に影響をもたら

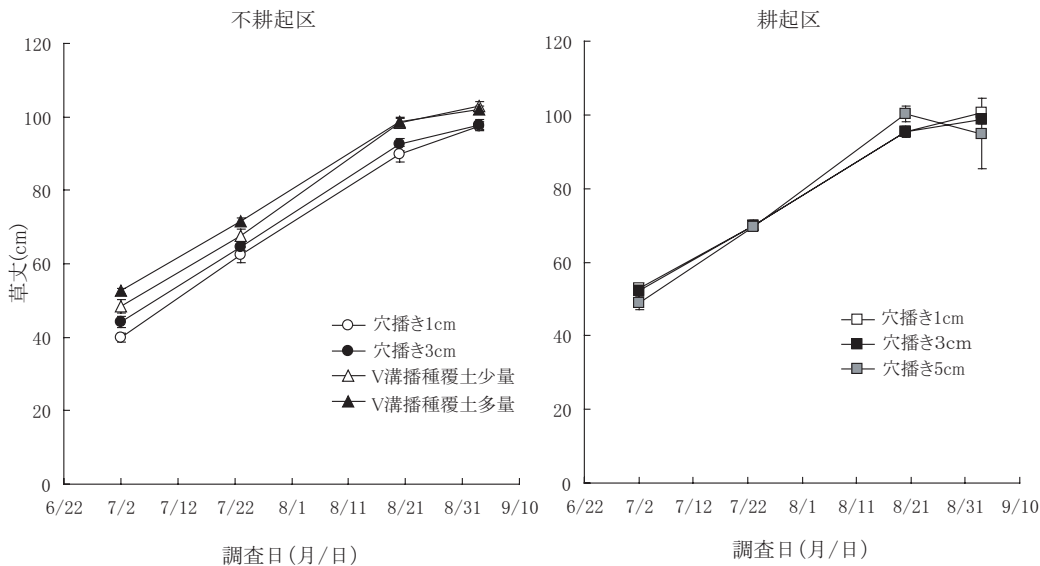
し, 角度の大きい方が倒伏しやすくなると思われる. 第3図によると, 莖数の増加途中である7月23日には, 区による差が大きい, 出穂期前後の8月22日から登熟期の9月1日にかけては差が減少している. しかし, 全体の傾向としては播種深度(出芽深度)の深い方の株開度が明らかに小さくなっていった. 特に7月23日には不耕起区の中の深播区(穴播き3cm区, V溝播種覆土多量区)において, 耕起穴播き5cm区と同程度に株開度が小さくなった.

5. 草丈・莖数・葉色の推移

草丈, 莖数, 葉色について7月2日(播種後76日目)から9月3日(登熟初期)にかけて調査した結果を第4図~第6図に示した. 第4図, 第2表に示したように, 草丈は不耕起区ではV溝播種区が穴播き区よりも長く推移したが, 最終的には大きな差はみられなかった. 一方, 第5図のように, 際立った特長が莖数の推移にみられた. どの区



第3図 株開度の推移。
棒線は標準誤差を示す。



第4図 草丈の推移。
棒線は標準誤差を示す。

も7月下旬(出穂期約35日前)の茎数は $191\sim 284$ 本 m^{-2} であり、どの区もその後無効分げつの発生がほとんどみられなかった。8月上旬以降に発生した分げつは後述するような高節位分げつが大半を占めた。一方、耕起穴播き1cm区および同3cm区では明らかに他の区とは違った推移を示した。すなわち、両区とも7月下旬までは他の区と同様な茎数増加がみられたが、その後の茎数増加はほとんどみられず、高節位分げつもごく少なかった。

葉色では耕起穴播き3cm区が7月以降低いSPAD値を示し、追肥の効果も登熟期まで持続しなかった(第6図)。

6. 高節位分げつ穂の発生

発生した高節位分げつの基部の節間と苞葉は10cm以上も母茎の葉鞘(上から数えて3枚目)に包み込まれており、

抽出展開葉は2枚である。高節位分げつの90%以上が有効分げつで、充実した粒を持つ穂をつけた。高節位分げつ穂は耕起穴播き1cm区および同3cm区ではわずかであったが、他の区は、全穂数の中の20%以上を占めていた(第3表)。

7. 登熟初期における茎葉の層別空間分布

第7図に登熟初期における茎葉乾物重の層別空間分布を示した。本研究では第2表に示したように、この時期の葉面積指数が極端に少なかった。しかし、個体群の状況が特に異常ということではなかったため、層別空間分布を調査した。直播区の特長を知るために参考として移植栽培の例もあげた。各図の左側には稈と葉鞘の合計、右側には葉身の相対乾物重を示した。大部分の直播区における稈・葉鞘お

第2表 出穂後の生育概要.

試験区	草丈(cm)	全茎数 (m^{-2})	LAI	倒伏程度 (10月8日)	出穂期 (月/日)	
不耕起穴播き	1cm [*]	97	467 a	2.83	0.4	8/27
	3cm [*]	98	424 abc	2.14	0.1	8/25
不耕起V溝播種	覆土少量	103	518 a	3.45	1.7	8/24
	覆土多量	102	442 ab	2.46	1.6	8/23
耕起穴播き	1cm [*]	101	313 bcd	2.67	1.8	8/24
	3cm [*]	99	280 cd	2.62	2.4	8/21
	5cm [*]	100	491 a	2.99	1.2	8/27
移植	98	262 d	3.91	0.1	9/7	
有意差	n.s.	**	—	—	—	

※は播種深度.

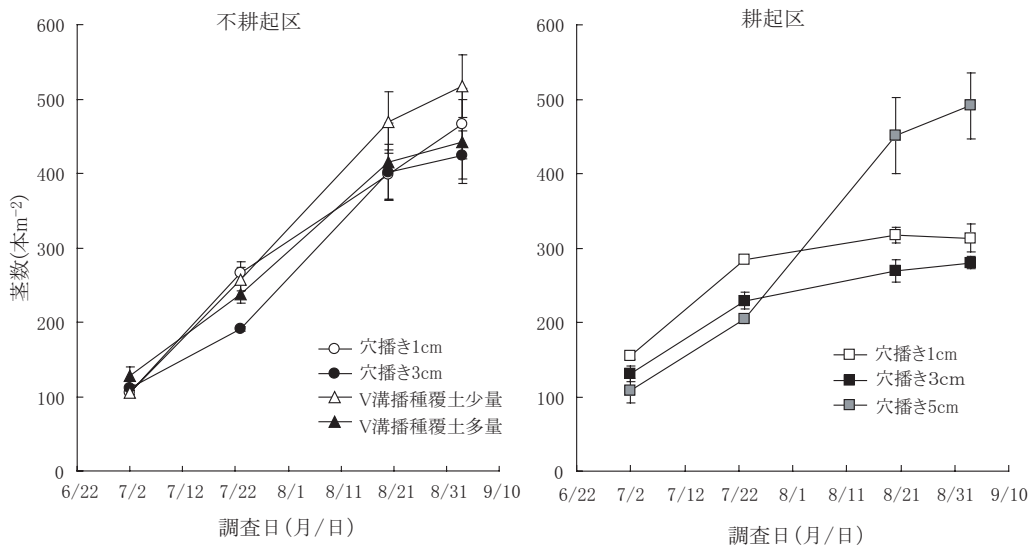
同一アルファベットのついた値間には有意差なし.

有意差の**は1%水準で有意差があることを, n.s.は有意差がないことを示す.

—は検定していないことを示す.

草丈・茎数は9月3日, LAIは草型の安定した9月6~9日に測定した. 倒伏程度は5段階とし,

0:直立~5:激甚としプロット全体の平均値を示した.



第5図 茎数の推移.

棒線は標準誤差を示す.

よび葉身分布は, 移植区に比べ下層に集中する傾向がみられた. 耕起穴播き1cm区のみは他の直播区と違って, 移植栽培区に近い分布を示した. また, 不耕起V溝播種両区と耕起穴播き5cm区では特に地際部の0~10cm部分の稈・葉鞘の割合が高かった.

以上のように, 耕起穴播き1cm区を除いて, 直播区では地際部の稈・葉鞘が充実しており, その点では倒伏しにくい構造になっていたと見ることができる.

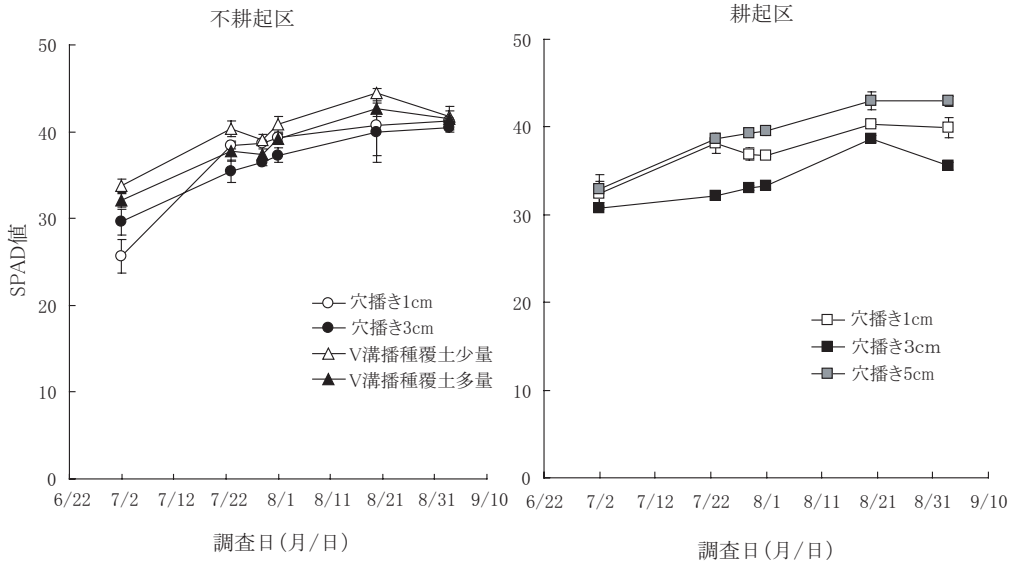
8. 倒伏

登熟期後半にやや倒伏が見られたが, 倒伏の様相は転び型倒伏であった. 10月8日に調査した結果を第2表, 第8図に示した. 倒伏程度は0を直立, 5を激甚とし, 6段階

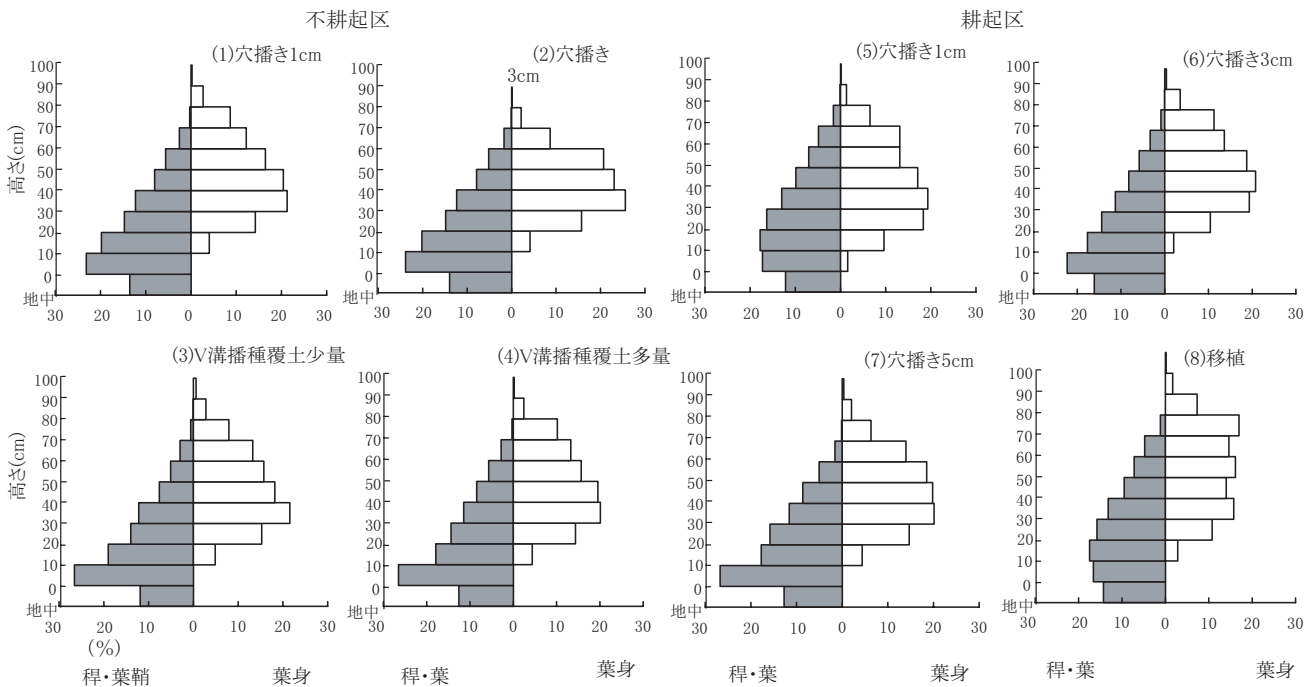
で各プロットごとに倒伏程度の割合を評価した. 不耕起穴播き3cm区が最も倒伏が少なく, ついで同1cm区が少なかった. 一方, 耕起穴播き1cm区と同3cm区では軽度の倒伏がみられ, 同5cm区でも同様であった. 不耕起でもV溝播種区は両区とも軽度の倒伏を生じた. しかし, いずれの区も収量性に大きな影響を与えるほどの倒伏ではないと判断された.

9. 収量を構成する形質

第3表に収量を構成する形質を示した. 区内反復のデータを示したが, 圃場での反復試験をしていないので, 収量性については傾向を示すに止まるが, それでもいくつかの傾向は認められた. 不耕起区では, 穴播き, V溝播種のい



第6図 葉色の推移.
棒線は標準誤差を示す.



第7図 登熟初期における茎葉乾物重の層別分布(相対値).
(1)~(4)は不耕起区, (5)~(7)は耕起区, (8)は移植区.

いずれも浅播のほうが穂数・地上部重および玄米収量が多い傾向にあった。特にV溝播種覆土少量区はこれらの形質のいずれも高い数値を示した。一方、穴播き3cm区は不耕起区の中では特に地上部重が小さく、生育全般にわたって分げつ・穂数の確保がやや不足であったことが示唆された。耕起区では穴播き1cm区と同3cm区の穂数が少なかった。第5図でみたような茎数の増加抑制が穂数減少に大きく影響したものと思われる。

考 察

省力・低コスト栽培法としてあげられる乾田直播栽培において、出芽・苗立ちの安定化は大きな課題の1つであり、その解決策の1つとして不耕起栽培が進められている(中嶋ら1992, 岡武1998)。本研究でも不耕起穴播, V溝播種のいずれも出芽深度が浅い場合に出芽・苗立ちがもっとも安定しており、耕起穴播き栽培よりも安定していることが確かめられた。本研究を実施した2003年は播種後の降雨

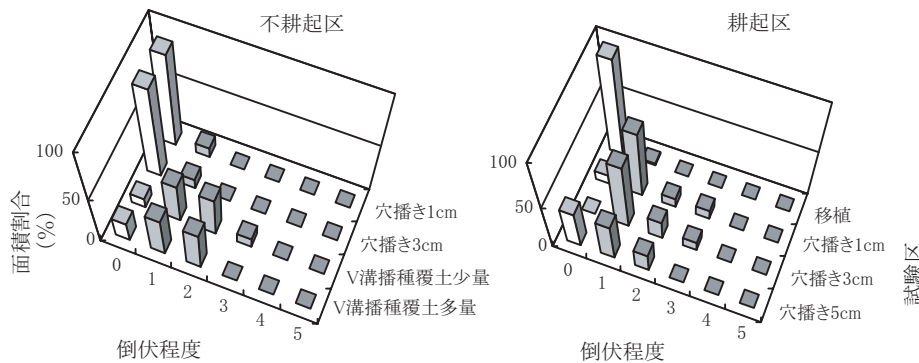
第3表 各試験区における収量の関連形質.

試験区	地上部重 (g m ⁻²)	玄米重 (g m ⁻²)	穂数 (m ⁻²)		1穂粒数 (粒)	精籾千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	
			全穂数	高節位分けつ				
不耕起 穴播き	1cm※	1276 ab	509 abc	427 ab	86 a	65.3 cd	24.1 ab	85.0 bc
	3cm※	1097 bc	452 bcd	394 abc	121 a	60.6 d	25.0 a	86.9 bc
不耕起 V溝播種	覆土少量	1464 a	580 a	505 a	150 a	63.0 cd	24.0 ab	86.1 bc
	覆土多量	1407 a	546 ab	442 ab	104 a	67.8 bcd	24.2 ab	88.6 ab
耕起 穴播き	1cm※	1319 ab	479 abc	319 bcd	13 b	81.0 a	24.3 ab	89.2 ab
	3cm※	1113 bc	394 cd	296 cd	22 b	70.4 bc	24.9 ab	91.9 a
	5cm※	1393 a	540 ab	452 a	113 a	72.0 abc	22.6 c	83.6 c
移植	1025 c	349 d	258 d	7 bb	77.3 ab	23.6 bc	82.8 c	
有意差	**	**	**	**	**	*	*	

※は播種深度.

同一アルファベットのついた値間には有意差なし.

有意差の*および**はそれぞれ5%, および1%水準で有意差があることを示す.



第8図 登熟期における倒伏程度.

左は不耕起区, 右は耕起区. 0を倒伏無し, 5を激甚として, 倒伏程度を目視で判定した.

量はごく少なかった年であり, 不耕起栽培の出芽に有利な条件となったと思われる. V溝の場合, 播種された種子の付近とその上部の覆土部分はかなり耕起条件に近いが, 全体としてその周りの不耕起部分の土壌が種子への水分供給の役割を果たすものと思われる.

本研究では, すべての区の施肥が出芽後の土壌表面への施用である. それでも不耕起V溝播種覆土少量区は出芽速度, 出芽率が高かった勢いが生育全般におよび, 収量性まで良好な結果を示した. おそらく愛知方式(中嶋ら1992, 小出ら1997)のように, V溝土中に施肥をすれば, さらに安定した生育を示すものと思われる. しかし, 不耕起穴播きに比べて, V溝播種はやや倒伏しやすいことが本研究で確かめられた. 本研究の場合は少肥施用であったので倒伏は軽度であった. したがって, 実用の場合には施肥量の調節, 耐倒伏性品種の導入などが必要であると思われる.

現在行われている不耕起穴播き栽培では播種深度はおおよそ1~2cmである. 著者らは不耕起穴播き栽培の場合, 播種深度を3cmにしても実用性があるのではないかと考え, ポットで穴播き栽培を行い, 播種深度(出芽深度)を変えたときの生育を比較してきた(岡部ら2001, 2003b). 本研

究で水田での不耕起穴播き栽培を比較検討したところ, 3cm区は1cm区に比べて出芽率や苗立個体密度が低く, 穂数, 1穂粒数が少なく, 玄米収量も低い傾向にあった. しかし, 3cm区における苗立個体密度の低下程度は小さかった. 他の研究報告例では, ある程度の苗立ち密度の範囲では稈長や収量に大きな差はみられないと述べられている(三石ら1990, 尾形・松江1998). したがって, 本研究での3cm区では, 出芽後の生育に深播きの影響が現れて, 穂数や玄米収量の減少に結びついたものと思われる. 3cm区で収量性をさらに高めるためには, 施肥法を変えるか, 品種を変えることを考慮する必要がある. 試験方法で述べたように, 本研究の基肥の施肥水準は極めて低かったのでこの点の再検討が特に必要であろう. 千粒重は3cm区でも劣らなかった. したがって, 実際栽培において, コシヒカリ種子を深度3cmまで深く播種しても, 収量性はやや低下するが安定した良質米栽培, 耐倒伏性向上が期待できるとと思われる. ただし, 食味などの品質についてはさらに分析を加える必要がある. いずれにしても不耕起穴播栽培は耕起穴播き栽培よりも耐倒伏性に優れていることは本研究でも認められ, 他の生育上のいくつかの特性もあわ

せてみると、不耕起穴播き栽培の持ついくつかの利点を確かめることができたといえよう。

出芽に関わる形質について、出芽深度が3 cm前後から深くなると、出芽時に中茎、鞘葉、第1節間、第1葉、第2節間、第2葉などの伸長がみられた。これらの器官の生育の遅速が、出芽の良否、遅速に影響したものと考えられる。これらの各器官の生長は主に温度、土壤水分、光条件に対する反応や生育速度の遅速が異なることに起因する可能性がある (Takahashi 1978)。これまでに、光によって鞘葉の伸長が抑制されることや、高温前処理によって中茎が伸長する事などが明らかにされているが (Inouye ら 1969, 井之上 1972, 井之上・日比 1972, Suge 1972)、今後さらに環境要因や種子条件と器官成長との関係について明らかにしていくことが必要であろう。

本研究では、生育後期において不耕起区と耕起穴播き5 cm区に高節位分けつが多発した。一般の生育では、分けつ発生はこれより2節~4節下位で止まるものと思われる (星川 1975)。これらの高節位分けつ穂はその約90%が籾生産に寄与していたので、収量性、品質の両面から無視できない。高節位分けつの発生原因は明らかではないが、初期生育中に無効分けつの発生が極端に抑制されていたこととの関係も考えられる。しかし、若干ではあるがこれまでポット栽培実験でもよくみられた現象であったので、今後の検討課題であろう。

引用文献

- 星川清親 1975. 解剖図説イネの生長. 農山漁村文化協会 158-159.
- 井之上準・片山佃 1964. 水稲直播栽培における出芽に関する研究. 第1報 出芽するまでの幼芽の伸長. 日作紀 34: 237-242.
- 井之上準・岡田芳一・片山佃 1966. 水稲直播栽培における出芽に関する研究. 第3報 ストレーンメーカーによる幼芽抽出力の測定. 日作紀 35: 161-167.
- 井之上準・穴山彊・片山佃 1967. 水稲直播栽培における出芽に関する研究. 第2報 出芽に及ぼす冠水の影響. 日作紀 36: 25-31.
- Inouye, J., T. Anayama and K. Ito. 1969. Heat stimulation for the mesocotyl elongation in paddy rice plants, *O. sativa* L. in japonica type. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University.* 15: 305-309.
- 井之上準・穴山彊 1971. 水稲直播栽培における出芽に関する研究. 第4報 水稲幼芽の抽出力. 日作紀 40: 415-419.
- 井之上準 1972. 水稲直播栽培における出芽に関する研究. 第5報 籾の湿潤・高温処理による中茎の伸長促進と出芽. 日作紀 41: 68-72.
- 井之上準・日比克彦 1972. 水稲直播栽培における出芽に関する研究. 第6報 日本型水稲における種子の湿潤・高温処理による中茎の伸長促進の品種間差異. 日作紀 41: 73-77.
- 川延謹造・星川清親・高島好文 1963. 乾田直播における水稲の苗立ちの良否と幼植物の形態について. 日作紀 31: 267-271.
- 小出俊則・高松美智則・伊藤幸司・吉田朋史 1997. 不耕起乾田直播栽培における水稲の生育特性. 愛知農総試研報 29: 27-32.
- 中嶋泰則・関稔・加藤裕司・濱田千裕 1992. 水稲の不耕起乾田直播栽培に関する研究. 愛知農総試研報 24: 11-18.
- (独) 農業・生物系特定産業技術研究機構生物系特定産業技術研究支援センター農業機械化研究所 1996. 穴播き式不耕起施肥播種機の開発. 農業機械化研究所 研究成績 8-1: 1-9
- 三石昭三・森田脩・中島敦司・服部健 1990. 水稲湛水土壤中直播栽培における苗立ち密度が生育・収量に及ぼす影響. 三重大学農学部農場報告 8: 1-10.
- 尾形武文・松江勇次 1998. 北部九州における水稲湛水直播栽培に関する研究—苗立ち密度ならびに播種様式が水稲の生育、収量および米の食味特性に及ぼす影響—. 日作紀 67: 485-491.
- 岡部繭子・玉井富士雄・元田義春・田邊猛 2001. 播種深度の相違が不耕起乾田直播水稲における生育・生産に及ぼす影響. 日作紀 70 (別2): 73-74.
- 岡部繭子・玉井富士雄・元田義春・武田元吉 2003a. 播種深度並びに栽植密度の相違が直播水稲の生育におよぼす影響. 日作紀 72 (別1): 8-9.
- 岡部繭子・玉井富士雄・元田義春・田邊猛・武田元吉 2003b. 不耕起乾田条件における出芽深度の相違が水稲の出芽率・苗立ち並びに生育に及ぼす影響. 東京農業大学農学集報 48: 30-34.
- 岡部繭子・玉井富士雄・元田義春・武田元吉 2003c. 播種深度並びに耕起条件の相違が乾田直播水稲の生育におよぼす影響. 作物学会関東支部会報 18: 46-47.
- 岡武三郎 1998. 水稲の乾田不耕起直播栽培技術の確立. 農業技術 53: 8-11.
- 太田勝一・安江多輔 1964. 出芽過程における水稲幼芽の伸長とその強さ. 岐阜大学農学部研究報告 19: 1-8.
- 太田勝一・安江多輔 1965. 水稲乾田直播における出芽に関する研究 I 鞘葉の生理生態学的研究. 岐阜大学農学部研究報告 21: 1-5.
- 太田勝一・安江多輔 1966. 水稲乾田直播における出芽に関する研究 II 覆土条件が鞘葉、本葉の伸長ならびに出芽におよぼす影響. 岐阜大学農学部研究報告 22: 1-9.
- 佐藤勉 1995. 乾田直播栽培における覆土深および土壤水分が出芽苗立ちに及ぼす影響. 農業および園芸 70: 50-52.
- 澤村篤・松村修 1992. 水稲直播栽培のための作業技術研究の最近の動向. 農業技術 47: 391-395.
- Suge, H. 1972. Mesocotyl elongation in japonica rice: Effect of high temperature pre-treatment and ethylene. *Plant & Cell Physiol.* 13: 401-405.
- Takahashi, N. 1978. Adaptive Importance of Mesocotyl and Coleoptile Growth in Rice under Different Moisture Regimes. *Aust. J. Plant Physiol.* 5: 511-517.
- 上山泰 1971. 覆土の厚さが乾田直播された水稲の生育・収量に及ぼす影響. 神戸大学農学部研究報告 9: 81-85.
- 鷲尾養 1999. さまよえる水稲直播. 農業技術 54: 330-332

Effect of Tilling and Seeding Methods on Seedling Emergence, Growth and Yield of Rice Direct-seeded in Well-drained Paddy Field : Mayuko OKABE¹⁾, Fujio TAMAI²⁾, Yoshiharu MOTODA²⁾, Tokihide NAGOSHI²⁾ and Genkichi TAKEDA²⁾(¹⁾Grad. School of Tokyo Univ. of Agri. Kanagawa 243-0034 Japan ; ²⁾Fac. of Agri., Tokyo Univ. of Agri.)

Abstract : This study was conducted to examine the effects of tilling and seeding methods on the growth of rice direct-seeded in well-drained paddy field. The tilling methods used were plowing, non-tilling, and non-tilling-V-shape furrowing. The seeding methods used were dibbling at 1, 3 and 5 cm depth under the plowing condition, dibbling at 1 and 3 cm depth under non-tilling condition, and shallow and deep soil covering under the non-tilling-V-shape furrowing condition. Cultivar Koshihikari was used in this study. The percentage of emergence in most plots was higher than 70%, except for dibbling at 5 cm depth under plowing condition. Mesocotyl and the second internode elongated in some plots. In all plots, non-productive tillers rarely appeared. Many panicles differentiated on the tillers at nodal positions higher than the fourth node from the neck node of panicle, except for the plants seeded by dibbling at a 1 and 3 cm depth under a plowing condition. Dry matter weights of leaves and culms in direct-seeded plants were biased to the lower part of the plants compared with the transplanted plants. As a whole, the plants seeded by soil covering under non-tilling-V-shape furrowing condition showed the best growth, although there is a possibility of lodging in the field. When seeded by dibbling at a 3 cm depth under a non-tilling condition, the emergence was good and the lodging was not observed, but the panicle number was somewhat low.

Key words : Direct seeding in well-drained paddy field, Emergence, Panicle differentiated from high nodal position, Seeding method, Tilling method, Stratified clip method.
