

水稻品質食味要因の安定性に関する解析的研究 第1報 苗質がコシヒカリの初期生育と収量品質に およぼす影響*

井上健一**・湯浅佳織***

Analytical Studies on the Stability of the Factors Affecting Appearance of the Grain and Eating Quality in Rice

1. Effect of the Characters of Seedling on Vegetative Growth, Yield and Appearance of the Grain in Rice Cultivar, Koshihikari

Ken-ichi INOUE** and Kaoru YUASA***

育苗時の播種量、施肥量、灌水量、育苗期間および育苗温度を変えた試験区を設定し、稚苗の苗素質が移植後の初期生育や収量品質に及ぼす影響を明らかにするための試験を実施した。

苗の窒素保有量が多い中苗区、疎播区や多肥区では、活着および初期生育が良好であった。苗の窒素保有量と6月中旬の地上部乾物重や LAI (葉面積指数)の間には、高い正の相関関係が認められた。また、この時期の地上部乾物重と発根数にも同様な関係が認められるとともに、発根数が多いほど表層根の比率が高く、茎数が多いほど1茎あたり根数は少なかった。

移植後の気象が良好なことも関係し、苗質の違いによる収量、収量構成要素の差は比較的小さかったが、苗質良好な試験区の収量はわずかに高まった。一方、苗質不良な苗では、 m^2 あたり粉数が少ないにもかかわらず乳白粒が多く、さらに登熟期間の落水処理による乳白粒発生率の増加程度もやや大きかった。

Key Words: 苗素質、初期生育、収量、品質、根系

1. 緒言

水稻の移植栽培にとって、健苗を育成することが非常に重要であり、福井農試においても19世紀より苗代灌水試験が実施されるなど、育苗に関しては100年を超える試験研究の歴史がある¹⁾。従来の成苗移植体系に代わって稚苗機械移植栽培体系が確立される際には、稚苗の形態および発育の特徴が数多く研究調査されてきた。

星川²⁾は、稚苗とは機械移植のために育てる葉齢3.2の苗で、成苗より胚乳養分が残り、窒素含量が高いため発根、活着が良好で、分げつの発生も多く、このため低温条件での移植に優れ、早期栽培に適しているとしている。また、木根淵^{3,4)}は、稚苗を「種子胚乳養分の利用と葉および根部の生理作用の2つの生理的機能によって生育する段階の稲苗」と定義し、育苗方法から本田生育

までの幅広い研究を行っている。松浦ら⁵⁾は稚苗と成苗の生育を比較し、稚苗は出穂期以降の乾物重が大きく秋まさりの生育を示すが、登熟歩合が低下することを指摘した。さらに、今井ら⁶⁾も低温条件での初期生育安定のための育苗および本田管理法について研究し、育苗期の温度管理および窒素、磷酸追肥の重要性を指摘している。しかしながら、これらの研究は主に寒冷地の移植後が低温の条件で、いかに早く活着して初期生育を旺盛にし、生育量を増加させて多収穫を得るかとの視点を中心に行われているため、今日の良質良食味品種を用いた場合の生育過剰への対応や、品質食味への影響はあまり考慮されていない。また、根系に及ぼす影響や物質生産的な解析もそれほど行われていない。

一方、岩田⁷⁾は、福井県内の農家の育苗状態を調査した事例から、稚苗と中苗の区分があいまいな実態を指摘し、播種量が多くかつ育苗日数が長い苗では収量が低下

* 本報告の一部は日本作物学会北陸支部・北陸育種談話会第36回講演会で発表した。

** 福井県農業試験場作物経営部作物研究グループ

*** 現福井県農産園芸課

しやすいため、育苗条件を適正化する必要性を強調している。今日の育苗の現場においては、共同育苗施設における育苗規模の拡大および省力化によって、丁寧な育苗管理が行えず、育苗施設によってさまざまな苗質の苗が農家に供給されている。しかし、苗質と初期生育や根系の形態、さらに収量のみならず品質食味要因との関係について、長期的かつ定量的に調査、解析した研究報告は極めて少ない。また、米の品質や食味向上に対する要望は強く、栽培の改善法が模索されているが、苗質との関連性を指摘する報告は少ない。

そこで、近年の気温の上昇傾向を視野に入れながら、苗質の変動が大きいコシヒカリを用いて、育苗条件を大きく異にした育苗管理を行い、苗質と初期生育の関係だけでなく、本田での根系に与える影響や、収量品質との関係についても調査した。この結果をもとに、実用的な良質良食味米生産のための、苗質に関する基礎資料を得ることも目的の一つとした。

II. 試験方法

気象変動が苗質や本田生育に及ぼす影響を考慮して、類似した設計で1997～1999年の3年間にわたり試験を実施した。いずれも供試品種としてコシヒカリを用い、4月上中旬播種、播種量は乾燥切で120g/箱、苗箱あたり施肥量N、P₂O₅、K₂Oそれぞれ1.5g施用を標準区とし、播種量、施肥量、灌水量、育苗期間、育苗温度を変えた以下の各種試験区を設定した。なお、灌水については気象の日変動を考慮して経験的に決定し、毎日の灌水量を記録して育苗期間平均値で表示した。

1997年は4月15日に播種し、5月6日に苗質調査を行った。標準区のほかに、播種量を1/2の60g/箱とした疎播区、2倍量の240g/箱とした密播区、施肥量を0とした無肥料区、各成分2倍量の3.0g/箱とした多肥区、苗1葉期以降の灌水量を標準の63%とした少量灌水区、同様に標準の171%とした多量灌水区、播種期を9日早め、播種量を50gとして2回追肥を行った中苗区を設けた。また、播種量155g/箱で28日間育苗した老化苗区も調査に供した。

1998年は4月16日に播種し、5月6日に苗質調査を行った。多量灌水区に替えて、苗1葉期以降常時湛水条件で管理した湛水区を設定するとともに、苗1葉期以降農用ポリエチレンで二重被覆した高温区、4月1日に乾燥切で120および200g/箱播種し、36日間育苗した老化苗区を追加して実施した。

1999年は4月9日に播種し、4月30日に苗質を調査した。中苗区および灌水試験区を省き、3月18日に乾燥切で120および200g/箱播種し、43日間育苗した老化苗区を設けて継続実施した。

第1表 試験区の概要

試験区	1997	1998	1999 ^{a)}	育苗の内容
標準区	○	○	○	120g/箱播 20～21日間育苗
疎播区	○	○	○	60g/箱播
密播区	○	○	○	240g/箱播
無肥区	○	○	○	N, P, K 0g/箱
多肥区	○	○	○	N, P, K 3g/箱
少量灌水区	○	○	-	灌水量標準区の70%前後
湛水区	○	○	-	常時湛水あるいは多量灌水
高温区	-	○	○	二重被覆 気温標準+5℃
中苗区	○	○	-	50g/箱播 35日前後育苗
老化苗区	○	○	○	120～200g/箱 35～43日育苗

注) 1999年は各区に登熟期間落水区を設定

いずれの年次も床土は市販の粒状培土を用い、播種後32℃で3日間加温出芽させ、ビニールハウス内に広げて管理した。ハウスに展開後2日間は不織布で被覆して緑化させ、それ以降は設定条件以外は標準区と同様に温度、水を管理した。

各育苗試験区は、1区1/2箱または1箱の2区制で実施した。以上の試験区の概略を、第1表にとりまとめで示す。

苗質調査は、各区より14.9cm²の苗を円形に土ごとサンプリングし、土を丁寧に洗い流して、平均的苗20本を形態調査に供試するとともに、すべての苗を部位別に切断して、70℃3日間乾燥後乾物重を秤量した。

育苗期間中は、苗箱面の地上3cmに温度計(タバイエスベック社製 Thermo Recorder, RT-10)を設置し、通風して気温を測定した²⁴⁾。

各試験区の苗は、厳密に一株3本植えとし、栽植密度20.6株/m²で手植えした。移植時期は、1997、98年は5月6日、1999年は4月30日であった。本田施肥量は、窒素成分で基肥に0.3kg/a施用し、穂肥として0.2kg/aと0.1kg/aを出穂前18日と10日に分施した。本田では1区6.8～8.1m²とし、2～4区制で実施した。栽培管理は標準栽培に準じて行ったが、1999年には登熟期間の水管理に間断灌漑と落水処理を設け、苗質と登熟期間の水管理が主に品質に及ぼす影響について調査した。

本田での根系調査を3年間実施した。移植直後に直径13cm、深さ15cm、5mmメッシュの網筒を株を中心として埋め込み、6月中旬(1997～99年:各区2～4株)、穂揃い期(1998年:各区4株)、成熟期(1999年:各区6株)にそれぞれ土ごと丁寧に掘り上げて外周を水洗した。表層より5cm毎に区切って網筒より出た根の本数を測定し、これをもとに地表面との角度別本数と比率を算出した。

収量及び収量構成要素は、各区40～60株を坪刈りし、粗玄米を1.8mm篩で選別して収量を算出するとともに、

脱穀後の籾より千粒重を測定し、 m^2 当たり粒数を算出した。また、坪刈りした部分の全穂数を数え、一穂粒数は m^2 当たり粒数と穂数より算出した。登熟歩合は 1.06 の比重選により求めた。

見かけの品質は、各区 1000 粒を目視により分類し、粒数比で表示した。玄米窒素濃度は、NIRECO 社製インフラライザーを用いた近赤外分光分析により、苗茎葉の窒素濃度はケルダール法により分析した。

III. 試験結果

1. 苗質に及ぼす育苗条件の影響

ハウス育苗期間の外気温と日射量を第 2 表に示した。3 年間ともに育苗期間の外気温は平年より高く、特に 1998 年は平年値より $4^{\circ}C$ 以上も高かった。また、日射量もやや多かった。苗床面の気温は、保温と換気により外気温と同等かやや高く維持された。このため、3 年間とも各試験区に病害等の障害は認められず、苗の生育は順調であった。

標準区の苗質を年次間で比較すると、育苗期間の平均気温が高い 1998 年の苗丈や乾物重が最も大きく、苗床面気温の低い 1997 年が小さかった。葉令は 1999 年が最も進んでいた。苗の乾物重の違いは主に茎葉重の差が大きく、根や籾殻重の差は小さかった。

各試験区の苗質を供試年次で平均して比較すると、苗丈や乾物重は疎播区、中苗区および老化苗区で大きく、密播区、少量灌水区および無肥区で小さかった。多肥区および灌水区では苗丈が高く、茎葉重は良好だが根重が小さく、苗全体の乾物重では標準区をわずかに下回った。高温区でも苗丈は著しく大きいが乾物重は小さく、特に根重が少なかった(第 3 表)。標準区を 100 とした場合、苗丈の試験区間差は 63 ~ 141、乾物重の試験区間差は 77 ~ 193 と大きく変化した。また、葉令は標準区に対して $-0.5 \sim +1.5$ と 2 倍以上の差が認められた。

第 2 表 ハウス育苗期間の気象条件

年次	外気温** ($^{\circ}C$)	日射量** (MJ/ m^2 /日)	苗床面気温 ($^{\circ}C$)
1997	15.8	17.6	15.6
1998	19.0	16.8	19.3
1999	14.2	15.8	16.4

* 1997 年: 4.18 ~ 5.6 1998 年: 4.19 ~ 5.6 1999 年: 4.12 ~ 4.29

** 福井地方気象台の平均値

苗茎葉の窒素濃度は、標準区で平均 4.1 %、多肥区や疎播区では 4.7 ~ 5.0 %、無肥区では 1.8 % と差が大きかった。苗一本当たりの茎葉窒素保有量は、標準区の 0.5mg に対して、中苗では 1 mg 以上、疎播区および多肥区では 0.6 ~ 0.7mg と大きく、無肥区では 0.1 ~ 0.2mg、密播区および少量灌水区では 0.3 ~ 0.4mg と小さかった。老化苗区では窒素濃度は低いが保有量は標準区と同程度で、高温区では乾物重は明らかに小さいが、窒素濃度は標準区より高く、窒素保有量は小さかった。各試験区は、窒素濃度、保有量ともに高い疎播区、多肥区、窒素濃度は高いが保有量の少ない高温区、窒素濃度が低く保有量大きい中苗区、標準区と同等か低い試験区に区分された。

以上のような移植前の苗質の違いは、実用場面でも想定できるほど範囲が広く、苗質が初期生育や収量品質に及ぼす影響の評価に適用できると考えられた。

2. 苗質が初期生育と根系形成に及ぼす影響

各年次ともに、移植後 7 日間の気温は平年並からやや高く、日射条件も 1998 年以外は良好で、1999 年の高温区を除いて活着は良好であった。6 月中旬までの平均気温は平年値の $19.0^{\circ}C$ よりやや高く、日射量は 1999 年を除いてやや少なかった(第 4 表)。このため、一部試験区を除いて初期生育は順調であった。ただし、1999 年の高温区では活着が著しく不良で、枯死株が増加したた

第 3 表 苗質の比較

試験区	苗丈 (cm)	葉令	乾物重 (mg/本)				茎葉窒素	
			茎葉	根	籾殻	合計	濃度(%)	保有量(mg/本)
標準区③	12.4	2.4	12.3	3.9	5.9	22.1	4.1	0.51
疎播区③	114	+0.4	125	115	102	117	117	143
密播区③	104	-0.4	75	71	104	82	93	69
無肥区③	63	-0.4	67	101	116	86	46	30
多肥区③	103	0	102	59	106	96	124	125
少量灌水区②	65	-0.5	74	73	119	86	101	74
灌水区②	105	+0.3	104	75	101	98	98	101
高温区②	141	+0.3	75	56	94	77	105	78
中苗区②	131	+1.5	244	185	96	193	99	238
老化苗区③	124	+0.3	136	124	99	124	63	83

注) 丸数字は試験年数。標準区は 3 年間の平均値。疎播区以下は、試験年数平均値の標準区比、差。

第4表 移植後の平均気温と日射量*

年次	移植後7日間		移植～6月中旬**	
	平均気温	日射量	平均気温	日射量
	(°C)	(MJ/m ² /日)	(°C)	(MJ/m ² /日)
1997	19.5	19.1	19.6	16.7
1998	18.5	11.7	19.6	16.3
1999	15.8	22.4	19.3	19.0

* 福井地方気象台の値

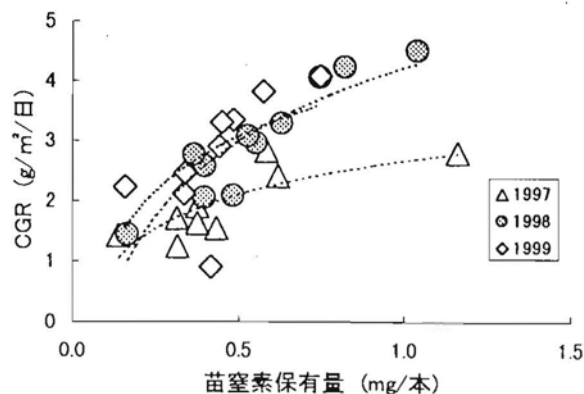
** 1997:5.6-6.17, 1998:5.6-6.18, 1999:4.30-6.21

め補植を2回行った。また、2反復のうちの1区は試験区の1/2以上の株が枯死し、群落が成立しなかったため調査から除外した。

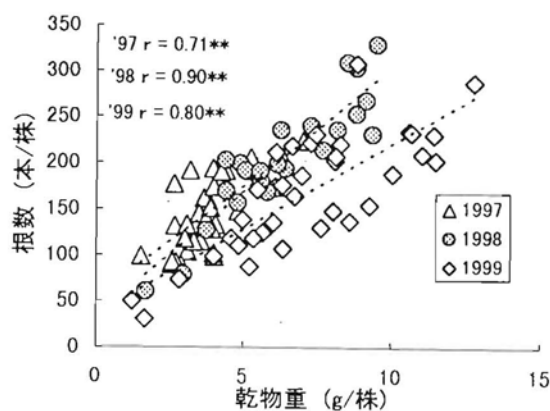
移植後の初期生育を6月上旬の茎数で比較すると、中苗区、疎播区などの苗乾物重が大きい区で明らかに標準区の生育を上回った。反面、高温区では著しく少なく、密播区、無肥区および老化苗区でも試験年次を通して標準区より20%以上少なかった。茎葉の乾物重およびLAIにも同様な傾向が認められ、中苗区、疎播区および多肥区では標準区を明らかに上回り、密播区、少量灌水区、無肥区および高温区では下回った。灌水区および老化苗区では標準区と同程度であった(第5表)。茎葉全体に占める葉身重の比率は、これら生育量の大きい区で低く、発育の早さが同化養分の配分に影響を及ぼしている点が示唆された。苗の窒素保有量と6月中旬までの乾物増加速度(CGR)の間には、年次により傾きがやや異なる指数関数で表される高い正の相関関係が認められた(第1図)。

この時期の根系を年次間で比較すると、1998年は茎数が少ないにもかかわらず根数が他の2年よりも多かった。これは1茎あたり根数が多かったためで、気象の影響は不明であった。また、1999年は角度38°以下の表層根の比率がやや低く、移植後の低温の影響と考えられた。

試験区間では、地上部の生育が旺盛な各区では茎数増



第1図 苗窒素保有量と生育初期CGRの関係



第2図 6月中旬の地上部重と根数の関係

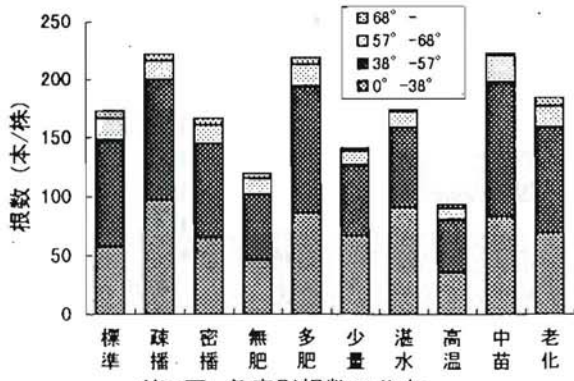
加に伴い明らかに根数が多く、茎数や地上部乾物重との間に高い正の相関関係が認められた(第2図)。また、これらの区では1茎あたり根数も多かった。無肥区や高温区では、明らかに株当たり根数、1茎根数ともに少なかった。発根部からの角度別の根数を比較すると、各区ともに80%以上の根が地際より57°以下の比較的浅い根であった。また、おおむね株あたり発根数が多い区で

第5表 初期生育の比較

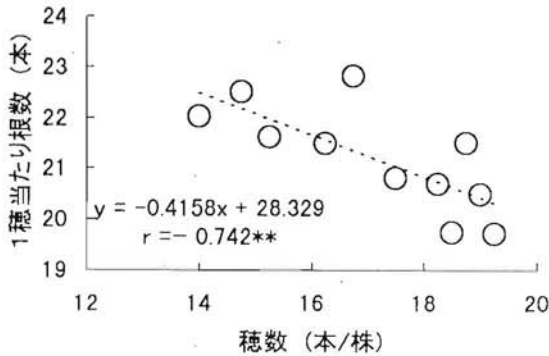
試験区	6月上旬		6月中旬 乾物重 (g/m ² ,%)				LAI	CGR (g/m ² /日)
	草丈(cm)	茎数(本/株)	葉身	葉鞘・茎	合計	葉身重比		
標準区③	32.1	14.9	54.5	70.9	125.4	43.4	1.3	2.7
疎播区③	106	117	126	136	132	96	126	133
密播区③	93	69	79	77	78	101	80	79
無肥区③	89	68	66	62	64	103	65	63
多肥区③	103	104	129	133	131	98	124	133
少量灌水区②	96	91	74	66	70	105	74	69
湛水区②	102	101	102	94	98	103	100	97
高温区②	87	33	47	45	46	102	45	47
中苗区②	110	104	144	152	149	96	131	148
老化苗区③	96	72	86	83	84	102	81	85

注) 丸数字は試験年数。標準区は3年間(6月上旬は1998, 99年の2年間)の平均値。

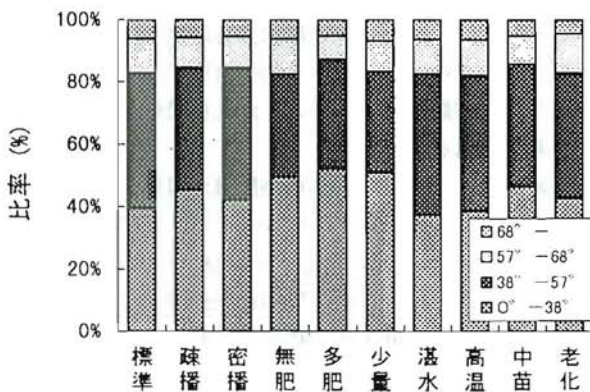
疎播区以下は、試験年数平均値の標準区比。



第3図 角度別根数の分布 (1997-99:6月中旬)



第4図 穂数と一穂当たり根数の関係 (1998:穂揃期)



第5図 角度別根数比率 (1998:穂揃期)

浅い層に分布する根の比率が高い傾向が認められた。湛水区では特徴的に浅い層に分布する根の比率が高いが、これは初期の発根力の違いによると考えられる¹⁾。なお、老化苗区の根数や角度別分布には、標準区と大きな差は認められなかった(第3図)。

1998年の穂揃期の根系を比較すると、穂数や地上部乾物重が多い試験区で根数が多い傾向は、6月中旬の調

査と共通していた。また、穂数と一穂当たり根数には負の相関が認められた(第4図)。さらに、根の角度別分布にもやや試験区間差が認められた。標準区では、株もとから38°までの角度で伸長する表層根が約40%、38~57°の角度の中層根が40%、それより大きい角度の下層根が20%であるが、穂数が多い区に加え、少量湛水区および無肥区において表層根の比率がやや高まり、下層根の比率が低下した。また、老化苗区で下層根の比率がやや高まった(第5図)。

1999年に調査した成熟期の根数は、脱落により少なくなり、一穂当たり根数も1998年の穂揃期の1/2であった。しかし、角度別根数や一穂当たり根数の傾向は1998年の穂揃期とほぼ同様であり、無肥区、多肥区および老化苗区で一穂当たり根数が少なく、密播区、無肥区および湛水区で表層根の比率がやや高まった。

3. 苗質が収量品質に及ぼす影響

出穂期は、移植時の葉令や活着の良否による差が認められ、中苗区で最大4日早まり、密播区や湛水区で2~3日遅れた。成熟期についても同様な傾向が認められた。

成熟期の倒伏程度を比較すると、1997年は各区とも倒伏程度が大きく、1998、99年は小さかった。試験区間の倒伏程度の違いは年次間で一定でなく、おおむねm²あたり籾数が多い試験区や、発育が遅れた少量湛水区や無肥区で倒伏程度が大きかった。穂数が少なく、発育も遅れた湛水区や老化苗区では、倒伏程度もやや小さかった(第6表)。なお、1999年の登熟期間落水処理では、各区とも倒伏程度が増加した。

標準区の収量を比較すると、1999年と1997年は同程度で、1998年は30kg/10a少なかった。各年次の収量構成要素の特徴をみると、穂数には年次間で大きな差は認められず、一穂籾数は1999 > 1997 > 1998の順であった。このため、m²あたり籾数も同様に、1999年が多かった。登熟歩合は一穂籾数とは逆の順となり、千

第6表 出穂、成熟期と倒伏程度

試験区	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	倒伏程度 (0-5)
標準区	7.30	9.09	3.1
疎播区	-1	0	-0.1
密播区	+1	-1	-0.3
無肥区	0	+1	-0.2
多肥区	0	0	0
少量湛水区	+1	+1	-0.4
湛水区	0	0	-0.1
湛水区	0	0	-0.1
高温区	+3	+2	-0.7
中苗区	-3	-4	-0.2
老化苗区	-1	-1	-0.5

注) 2~3年間の平均値および標準区に対する差。

第7表 収量構成要素の比較

試験区	全重 (g/m ²)	ワラ重 (g/m ²)	籾重 (g/m ²)	穂数 (本/m ²)	一穂籾数 (粒)	m ² 籾数 (百粒)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	精玄米重 (g/m ²)
標準区③	1532	691	796	375	90.4	337	86.9	21.5	626
疎播区③	102	102	102	103	98	101	101	100	102
密播区③	99	98	98	93	105	98	100	100	98
無肥区③	97	95	98	97	100	97	101	100	99
多肥区③	101	100	102	98	102	100	100	101	102
少量灌水区②	102	106	97	105	92	97	100	100	97
湛水区②	100	102	97	100	97	97	100	101	98
高温区②	93	92	94	83	116	94	100	100	94
中苗区②	99	101	96	100	93	93	102	101	97
老化苗区③	98	98	99	96	101	98	102	100	99

注) 丸数字は試験年数。標準区は3年間の平均値。疎播区以下は、試験年数平均値の標準区比。

第8表 見かけの品質と玄米窒素濃度の比較 (粒数%)

試験区	完全粒	乳白粒	心白粒	腹白粒	褐色米	青米	その他	玄米窒素 濃度(%)
標準区③	73.6	13.8	1.0	2.9	2.9	3.8	2.1	1.354
疎播区③	99	107	88	103	96	92	93	99
密播区③	100	88	150	97	116	129	78	101
無肥区③	96	107	139	142	100	108	103	101
多肥区③	98	106	149	110	109	85	93	102
少量灌水区②	98	111	136	117	131	97	95	99
湛水区②	99	110	133	112	116	87	107	101
高温区②	107	70	139	70	135	171	42	103
中苗区②	100	116	82	102	130	55	147	101
老化苗区③	100	98	83	99	111	94	107	101

注) 丸数字は試験年数。標準区は3年間の平均値。疎播区以下は、試験年数平均値の標準区比。

粒重は年次間差が小さかった。3年間の平均値で比較すると、試験区間の収量差は小さいものの、標準区の収量を上回ったのは疎播区と多肥区で、その他の区ではいずれも標準区を下回った。特に高温区、少量灌水区および中苗区でやや低下程度が大きかった(第7表)。

収量がやや高かった2区は、いずれも全重が重く、m²あたり籾数あるいは千粒重がやや高かった。一方、収量がやや低かった試験区では、いずれもm²籾数が少なく、登熟歩合および千粒重はほぼ同程度であった。やや低収であった試験区の大部分は穂数、一穂籾数ともに標準区を下回り、初期生育が籾数確保に重要であることが明らかであった。

一方、みかけの品質を比較すると、完全粒の比率は1997年が最も良好で、1998、99年はいずれも不良であった。品質不良の両年次は、検査等級に大きな影響を及ぼす乳白粒の発生率がいずれも20%前後と高かった。完全粒率は、高温区を除いたすべての区が標準区と同等か1~4%下回った。乳白粒率も、高温区と密播区を除いて、いずれの試験区も標準区を上回った(第8表)。乳白粒の少ない両区では青米の発生率が高いことから、発育や登熟の遅れがかえって円滑な登熟をもたらした可

能性が示唆される。また、特に1999年の高温区では、活着、初期生育が停滞した結果生育が遅れ、施肥条件が同一であったために秋まさりの生育経過をたどり、しかもm²当たり籾数が低下したことが乳白粒低下につながったと考えられる¹⁰⁾。

玄米中の窒素濃度は、本田施肥量がほぼ同じであったため、年次間で大差なかった。ただし、初期生育が停滞した1999年の高温区では、他の試験区より明らかに窒素濃度が高かった。それ以外の試験区間差も小さかったが、疎播区と少量灌水区が標準区より低下した以外は、いずれもわずかに高まる傾向が認められた(第8表)。このようなわずかな窒素濃度の違いが食味官能評価に及ぼす影響は小さいと考えられるが、初期生育が停滞するような苗質不良な苗を移植すると、同一施肥量では籾数あたりの窒素供給量が増加する可能性があるかと推察される。

1999年に設定した登熟期間落水処理により、収量や収量構成要素には大きな影響は認められなかった。これは、登熟後半に定期的に降雨があったことなどにより、強度の水分ストレスを与えられなかったためである。しかし、見かけの品質を見ると、落水試験区すべての平均

で完全粒歩合が5%低下し、乳白粒発生率が4%高まった。このことは、登熟歩合や千粒重に影響を及ぼさない程度の軽微な水分ストレスでも、登熟過程には影響が及ぶことを示している。

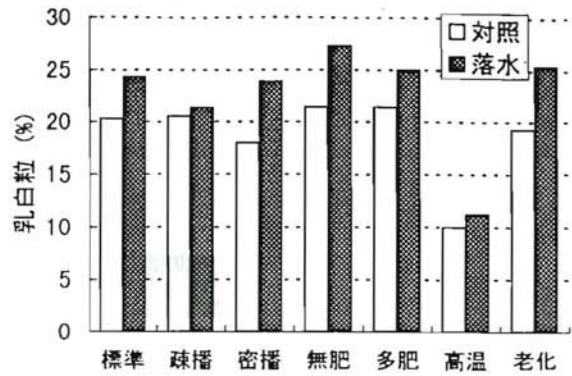
各試験区の間断灌水と落水条件の乳白粒発生率を比較すると、標準区では落水条件で3%の増加であったのに対して、密播区、無肥区および老化苗区では5%以上の増加であった。疎播区や高温区では、増加率は小さかった(第6図)。完全粒の比率にも同様な結果が認められ、乳白粒が増加した試験区の完全粒率の低下程度はやや大きかった。この結果は、苗質の違いによる根系の違いが、登熟期間の軽微な水分ストレスの影響をより強く受け、見かけの品質を低下させる可能性を示していると考えられる。

IV. 考 察

本試験では、さまざまな育苗管理によって、苗丈、葉令、莖葉乾物重および窒素保有量を大きく変えることができた。これらの苗質に関わる要素のうち、初期生育の良否に関連する6月中旬の莖葉乾物重やLAIとの相関が最も高かったのは、苗の窒素保有量であった。初期生育期間のCGRを求め、窒素保有量との関係を見ると、それぞれの年次で高い正の相関が認められた。この結果は、佐藤ら²³⁾が移植時の苗の窒素保有量が高いほど低節位の分けつ出現頻度が高く、移植後のLAIの増加が早まり、CGRが促進されるとした報告と同じであった。種田²⁴⁾は、4葉苗は2葉苗より活着、初期生育が遅れ、高次分けつが発生して登熟が低下するなど利点が少ないことを指摘しているが、本試験の中苗ではそのような問題はみられなかった。したがって、本田の初期生育向上のためには、いかに窒素を多く保有した大きな苗をつくるかが課題と考えられる。この点に関しては、橋川²⁵⁾が指摘するように、箱当たり120g播きでもまだ播種量が多く、本試験の疎播苗のようにさらに減量することで、初期生育を良くすることは可能と考えられる。苗箱への多肥や追肥の施用も苗の窒素保有量を高める手段であり、松浦ら²⁶⁾も窒素施用による初期生育促進効果を認めている。

窒素保有量の大きい苗では、試験した3年間ともに6月中旬の乾物重全体に占める葉身重の比率がやや小さく、葉鞘・莖の比率が高かった。この点より、窒素保有量の大きい苗では初期の低節位からの分けつ発生が良好で、相対的に早い時期から莖への同化産物の蓄積が始まっていると考えられる。

一方、苗質と6月中旬の根系の関係は、莖葉の生育が旺盛な試験区では根数が多く、明らかに地上部と根の生育程度は密接に関連していた。しかし、この時期の角度



第6図 登熟期間の落水と乳白粒 (1999)

別根数の違いは、主に発育の早さによって影響されたと考えられ²⁷⁾、活着および初期生育が良好な苗では分けつ数が多く、相対的に表層に分布する根数が増えると考えられる。根系形成がほぼ終了する穂揃い期でもこの傾向に大差ないが、一穂当たり根数は穂数が少ない株で多く、養水分の吸収と配分の観点からは、あまり多くの穂数を確保しないほうが品質向上の面で有利と考えられる。また、初期生育の不良な苗では穂数が少ないにも関わらずやや表層根の比率が高く、苗質の影響は生育後半まで及ぶ可能性が示唆される。

試験を実施した3年間のうち、明らかに苗質が原因で著しい減収となったのは1999年の高温区のみで、その他の年次や試験区では、収量に標準区比で5%以上の減収は認められなかった。この要因として、苗質、特に葉令や莖葉乾物重および窒素保有量の違いに起因する6月中旬までの初期生育の差は、出穂期までの生育を通して縮小し、 m^2 当たり初数に与える影響は比較的小さかったためと考えられる。しかも、初数がやや少なくなると、登熟歩合や千粒重がわずかに増加し、収量を補償する傾向にある。

青木ら¹⁾は、早生品種のホウネンワセと晩生のマンリョウを用いて継続して調査し、稚苗の苗素質が本田生育に及ぼす影響は初期の莖数に見られるが、徐々に差がなくなり、成熟期頃には苗の素質との関係は解消したとしている。また、椛木ら¹³⁾、桐山¹⁶⁾も稚苗と乳苗の生育収量を比較し、稚苗に比べて苗の乾物重が小さい乳苗では、初期生育は劣るが m^2 当たり初数は多く、同等の収量が得られることを報告している。このことは、本試験の無肥区や少量灌水区のような乳苗に近い苗で得られた結果とも一致する。反面、乾物重や窒素保有量の大きい苗では、肥培管理次第で生育が過剰となる可能性を示唆している。さらに小林ら¹³⁾は、単位面積当たり初数は、幼穂分化期の窒素保有量だけでなく、幼穂形成期間の窒素含有率の上昇によっても影響を受けることを示している。本試験の結果は、苗質がやや不良で初期生育が遅れても、

穂肥の適量施用により幼穂形成期間の窒素濃度を高く維持できれば、 m^2 あたり初数への影響は比較的小さくなることを示唆している。このことは、移植後の気温や日射条件が良好であれば、苗質の差による初期生育の遅れが、コシヒカリのような中生品種の収量に及ぼす影響は小さいことを示唆している。

乳白粒の発生率と m^2 あたり初数⁴⁾や登熟期間の1初重増加速度⁴⁾との間には、高い負の相関関係が認められるとともに、高温⁷⁾や登熟期間の水分ストレス⁷⁾および遮光処理¹⁰⁾はいずれも乳白粒を増加させることが報告されている。さらに著者¹⁰⁾は、コシヒカリを用いた4年間のさまざまな栽培試験結果をとりまとめ、気象条件に関わらず安定的に乳白粒を7%以下とするためには、 m^2 あたり初数を28,000粒以下に抑える必要があることを指摘した。

本試験の m^2 あたり初数は、標準区で平均33,000粒以上と多いため、乳白粒も10%以上発生していたが、初数が多い疎播区や多肥区以上に、初数がやや少ない無肥区や少量灌水区および湛水区で乳白粒が多かった。また、これらの区では完全粒率もやや低く、登熟期間の落水処理による乳白粒の増加率も高かった。根系が浅い稲は登熟歩合が影響を受けやすいことも指摘されている^{11,12)}が、乳白粒の場合、それより弱い水分ストレスでも発生しやすくなると考えられる。なお、最も苗質が不良であった高温区では、初期生育が最も遅れ、それが穂数や m^2 あたり初数に大きな影響を及ぼし、しかも施肥量が同等であったために生育後半まで葉色が濃く経過していた。このため、玄米窒素濃度は高まったが乳白粒の発生率は低く、見かけの品質は比較的良好であった。密播区でもやや類似した傾向が認められるとともに、登熟期間の落水処理により乳白粒の発生率は高まった。中苗区では、出穂期が早く最も高温条件での登熟となり乳白粒の発生率も高かった。したがって、苗質が劣る苗を移植した場合には、成熟期まで周到な栽培管理が必要になると考えられる。

以上のように、苗質の違いは初期生育に明らかに影響を及ぼすが、移植後の気象や栽培管理が良好であれば出穂期頃までにその差は縮まり、 m^2 あたり初数や収量の違いは小さかった。しかし、乳白粒など見かけの品質には苗質の影響が及びやすいことから、南北陸地域の高温年次には上位等級比率が低下しやすい¹³⁾ことも指摘されていることとあわせて、健苗育成の意義は良質米生産にとっても重要と思われる。

引用文献

1) 青木研一・松浦欣哉・前原貞一(1973) 稚苗の移植栽培に関する研究. 第3報 機械移植における稚苗の生育と本田生

育. 福井農試報告 10: 21-29.

- 2) 橋川 潮(1996) 低投入稲作は可能. 農文協: 1-234.
- 3) 星川清親(1975) イネの生長. 農文協: 1-317.
- 4) 今井良衛・種田貞義・藍沢喜久治・成保俊一・細川平太郎・国武正彦・佐々木康之・山口政栄・長谷川惣作(1979) 稚苗稲作の初期生育促進要因の解析と組立. 新潟農試研報 28: 43-52.
- 5) 井上健一(1996) 最近の水稻作の概況と気象の特徴. 5) 福井県における水稻作概況. 北陸農業研究資料 34: 23-28.
- 6) 井上健一・林 恒夫・湯浅佳織・笈田豊彦(1997) 良質良食味品種の収量・品質から見た物質生産の解析. 1. コシヒカリの登熟期間の物質生産が品質食味要因に及ぼす影響. 日作紀 66 別2: 109-110.
- 7) 井上健一・湯浅佳織・笈田豊彦(1998) 良質良食味品種の収量・品質から見た物質生産の解析. 2. 登熟期間の水管理と高温処理が収量品質要因に及ぼす影響. 日作紀 67 別2: 8-9.
- 8) 井上健一(1999) 水稻早生品種の登熟期間の物質生産と品質食味要因の關係の解析. II. 初重増加および窒素吸収と収量, 品質食味要因の關係. 北陸作物学会報 34: 27-29.
- 9) 井上健一・湯浅佳織・笈田豊彦(2000) 良質良食味品種の収量・品質から見た物質生産の解析. 4. 福井県における1999年産水稻の物質生産と見かけの品質の關係. 日作紀 69 別1: 36-37.
- 10) 井上健一(2000) 乳白粒発生軽減のための「コシヒカリ」の適正初数と栽培法. 北陸農業の新技术 13: 11-13.
- 11) 岩田忠寿・湯浅佳織・井上健一(1984) 昭和58年度水稻作柄の低下と根群の分布との関連について. 日作紀 53(別1): 168-169.
- 12) 岩田忠寿(1986) 福井県における稲作技術の現状と収量の変動要因. 北陸農業研究資料 15: 23-38.
- 13) 榎木信幸・金 忠男(1991) 水稻の稚苗・乳苗・直播栽培における生育収量特性について. 北陸作物学会報 26: 22-24.
- 14) 木根測旨光(1974). 械化稚苗稲作技術と営農. 農業図書: 1-338.
- 15) 木根測旨光(1969) 水稻稚苗栽培技術の確立ならびに機械化技術における実証的研究. 東北農試報告 38: 1-151.
- 16) 桐山 隆(1994) 乳苗移植栽培に関する研究. 一本田における生育の特徴. 石川農試研報 18: 11-20.
- 17) 小林和広・堀江 武(1994) 水稻の穎花ならびに枝梗分化に及ぼす生殖生長期の体内窒素の影響. 日作紀 63: 193-199.
- 18) 楠谷彰人・天野高久・佐々木右治・小林 聡(1986) 水稻の冷温登熟性に関する研究. 第2報 根系の登熟に対する貢献. 日作紀 55: 321-326.
- 19) 松浦欣哉・岩田忠寿(1973) 物質生産からみた稚苗水稻生育についての一考察. 日作紀 42(別1): 73-74.
- 20) 松浦欣哉・青木研一(1973) 稚苗の移植栽培に関する研究. 第2報 稚苗移植における施肥効果. 福井農試報告 10: 11-19.

- 21) 間脇正博 (1988) 根の機能と生理. 農業技術大系・作物編. 追録第 10 号: 246 の 114-121.
- 22) 佐藤 勉・松本範裕・畠山 武・北野 弘 (1979) 密播条件下の育苗諸要因による苗素質の経時的変化と本田初期生育との関係. 石川農試研報 10: 36-49.
- 23) 種田貞義 (1972) 機械移植栽培における苗の大きさと稲の生育の差異. 日作北陸会報 7: 16-18.
- 24) 山田 登・太田保夫 (1957) 水稻苗の素質に関する研究. 日作紀 26: 78-80.
- 25) 福井県農業試験場百年史 (2000) 福井県農業試験場: 34.
- 26) 農業気象の測器と測定法 (1988) 日本農業気象学会関東支部編: 59-61.

Analytical Studies on the Stability of the Factors Affecting Appearance of the Grain and Eating Quality in Rice

1. Effect of the Characters of Seedling on Vegetative Growth, Yield and Appearance of the Grain in Rice Cultivar, Koshihikari

Ken-ichi INOUE** and Kaoru YUASA***

Summary

The influence of the characters of rice seedling (mainly young seedling with 3.0 to 3.5 leaf stage) on the vegetative growth after transplanting, yield and appearance of grain was studied. The experiments were conducted in three years by changing the seeding density, the amount of fertilizer applied, the amount of irrigation water used and the air temperature in which the seedlings were grown during nursery periods.

The seedlings, which contained much nitrogen in the shoot, showed high rooting ability and vigorous growth during the transplantation to the maximum tiller number stage. A high positive correlation was recognized between the amount of nitrogen content in the shoot at transplanting and top dry weight at the maximum tiller number stage. At the maximum tiller number stage, the same relationship was observed between shoot dry weight and the root number. The higher the root number, the higher the ratio of total root to surface root numbers. A negative correlation appeared between the tiller number and the number of roots per tiller. In plots containing: less irrigated seedlings, non-fertilized and double fertilized seedlings, the ratios of total root to surface root numbers were slightly higher than other plots at heading stage.

There was a few differences on yield and yield components among plots. The yield was slightly higher in the plots, which were transplanted with superior seedlings. Plots, which were transplanted with inferior seedlings, had less spikelets, yield and an inferior appearance of grain. The drainage treatment during ripening period caused a high increase of milky white rice kernels in these inferior seedling plots.