

北部九州の早生良食味水稻における品種と環境の交互作用

第2報 出穂期と稈長について

今林 惣一郎・松江 勇次・浜地 勇次・吉田 智彦*

(福岡県農業総合試験場・*九州大学農学部)

1996年8月28日受理

要 旨: 極早生～早生水稻で良食味である福岡県の育成品種と対照品種を供試品種として、出穂期と稈長について品種と環境条件の交互作用を推定した。出穂期では、年次と品種、場所と品種、施肥量と品種、作期と品種の交互作用があった。交互作用が検出されたのは実験誤差の小さいことにもよっており、施肥量や作期での交互作用の場合、品種間差の変動は小さく、特に施肥量の違いでは1日以内の変動であった。稈長では、年次と品種、場所と品種の交互作用があったが、施肥量と品種、作期と品種の交互作用はなかった。また、出穂期や稈長について育成品種と対照品種は同程度の安定性を持っていた。従ってこれら品種で出穂期や稈長の品種間差を評価するとき、年次、場所を変えた試験は必要であるが、出穂期では施肥量、稈長では施肥量、作期を変えた試験の必要性は少ない。またこれら品種を県内に普及するとき、出穂期では施肥量、稈長では施肥量、作期が違っても既存品種との差はあまり変動しないとして栽培技術指針を作成してよい。

キーワード: 安定性, 育種, 回帰分析, 稈長, 交互作用, 出穂期, 水稻, 良食味.

Genotype×Environment Interaction for Early-maturing Rice Cultivars with High Palatability in Northern Kyushu II. Heading date and culm length: Souchirou IMABAYASHI, Yuji MATSUE, Yuji HAMACHI and Tomohiko YOSHIDA* (*Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818, Japan; *Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812-81, Japan*)

Abstract: Genotype×environment interactions of heading date and culm length in rice were estimated for cultivars with high palatability. Genotype×year, genotype×location, genotype×amount of fertilizer and genotype×cropping season interaction of heading date were significant. Though it was significant owing to small experimental error, the change of varietal difference in heading date under different amounts of fertilizer was very small. Genotype×year and genotype×location interaction of culm length were significant. Genotype×cropping season and genotype×amount of fertilizer interaction of culm length were not significant. Regression coefficients obtained by Finlay-Wilkinson's method for evaluating the stability of heading date and culm length were the same for newly bred cultivars as check cultivars. These results show that new cultivars with high palatability can be recommended by assuming that the difference in heading date from check cultivars may not differ according to the amount of fertilizer or in culm length according to the amount of fertilizer or cropping season.

Key words: Breeding, Culm length, Finlay-Wilkinson's method, Genotype×environment interaction, Heading date, High palatability, Rice, Stability.

いくつかの作物の品種を異なる環境条件下で栽培したとき、環境条件によって特定の形質の品種間差が異なる場合がみられる。このような品種と環境の交互作用について、前報⁶⁾で良食味水稻品種の収量に着目して報告した。収量以外の形質でも品種と環境の交互作用が存在し、作期の違いによって出穂期の品種間差が異なったり²⁾、施肥量の違いで稈長の品種間差が異なる⁵⁾ことが稲で報告されている。しかし最近育成の良食味水稻品種については、出穂期や稈長における品種と環境の交互作用を報告した例は見受けられない。出穂期は生育ステージ中最も重要な時期で、穂肥施用時期などの決定にとって重要な形質であり、また稈長は収量、品質に大きな影響を与える倒伏と密接に関連している。よって新品種の普及に必要な栽培技術指針の策定のためには、最

近育成の良食味品種の出穂期や稈長が、異なる環境下でどう反応するかを明らかにしておくことは欠かせない。また品種育成試験や奨励品種決定調査で年次、場所、施肥量等の各種条件を変えた多数の試験が通常実施されているが、品種とこれら環境条件との交互作用を評価しておくことは、多大な労力を要するこれら試験の効率化に役立つと思われる。

本論文は、極早生～早生で良食味の、福岡県で最近育成された水稻品種とコシヒカリやキヌヒカリ等の対照品種を供試品種として、それらの供試品種を遺伝的背景とした場合の、北部九州地域での出穂期や稈長における品種と環境条件の交互作用を、年次、場所、施肥量、作期についてみた結果を報告する。同時に、回帰分析により品種の出穂期や稈長の安定性を検定した結果についても述べる。

材料と方法

供試品種は、主に暖地ではコシヒカリ～日本晴並の出穂期である極早生～早生の良食味品種で、福岡県農業総合試験場で育成した品種と、既存の対照品種とからなっている。育成品種は、主にコシヒカリを片親とし、ちくし・号と称するものである。対照品種は福岡県で広く普及してるコシヒカリ、キヌヒカリ、ミネアサヒ、日本晴等である。試験の種類によって品種構成は異なっている。出穂期や稈長における品種と環境条件の交互作用を2元配置における分散分析から求めた。たとえデータが完備しており3次以上の交互作用が計算できる場合でも、その解釈は複雑で実用的な意味も小さいので計算せず、2次の交互作用のみの計算を行った。

出穂期は、全茎数の40～50%の茎で穂（芒を除く）が止葉の葉鞘より抽出した日とし、観察により判定した。出穂期について分散分析をするとき、値は6月30日からの日数を用いた。稈長は、1区で20個体の最長稈の長さを計測し、その平均値とした。

1. 年次と品種の交互作用

1991～93年の3カ年に、5品種を3反復で普通期栽培した。標準施肥栽培と多肥栽培をした。その他、品種名や栽培方法の詳細は前報⁶⁾に記した。以下も同様である。標準施肥と多肥別に年次と品種の交互作用を計算した。

2. 場所と品種の交互作用

前報⁶⁾と同様に福岡県農業総合試験場本場と2つの分場の合計3カ所で、1991年と1992年に7品種、1993年に12品種を普通期栽培した。但し1991年の稈長では場所は2カ所である。いずれも2反復とした。年次別に場所と品種の交互作用の計算をした。

3. 施肥量と品種の交互作用

標準施肥（窒素施肥が合計で 8.5 gm^{-2} ）と多肥（同 10 gm^{-2} ）で、1991年に12品種を普通期で2反復で栽培した。1992年に同様に15品種、1993年に9品種を栽培した。年次別に施肥量と品種の交互作用の計算をした。

4. 作期と品種の交互作用

早期（4月22～23日移植）と普通期（同6月10日）で、1991年に11品種を2反復、1992年に6品種を3反復で栽培した。年次別に作期と品種の交互作用を計算した。

5. 安定性の検定

福岡県内の現地17カ所で、1992年に6品種を普通期栽培した。Finlay・Wilkinsonの方法⁴⁾で回帰分析をして、品種の適応性を量的に評価した。また、1991年～93年に4品種を農業総合試験場本場の場所の異なる2カ所、標準施肥と多肥の合計9（全部の組合せはない）の環境条件で普通期栽培した結果について同様に回帰分析を行った。収量の適応性についての解析とは異なり、出穂期や稈長では値の大きくなることが必ずしも好ましいことではないので、適応性の内の安定性のみについて考察し、回帰係数が1のときは平均安定性、1より大きいものは環境の影響を受けやすく安定性が低く、1より小さいものは環境の影響を受けにくく安定性が高いとした。

結 果

交互作用を検定した分散分析の結果、すべての環境条件で出穂期や稈長の品種間差は有意であった。

1. 年次と品種の交互作用

分散分析の結果を第1表に示した。出穂期では、年次間の差は標準施肥、多肥共に有意であった。年次と品種の交互作用は標準施肥、多肥共に有意で、出穂期の品種間差が年次で異なった。

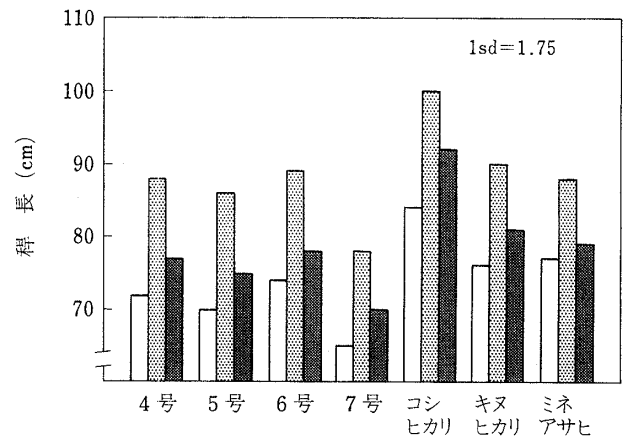
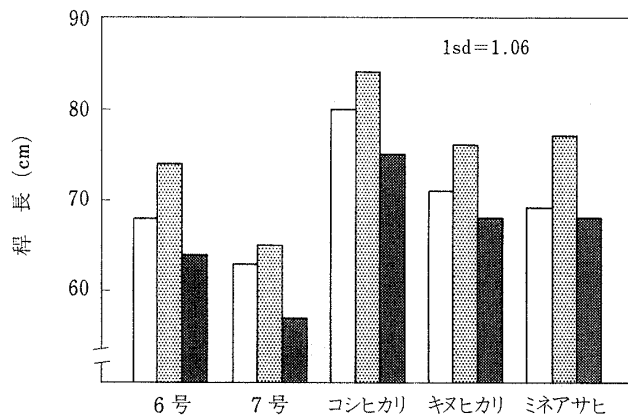
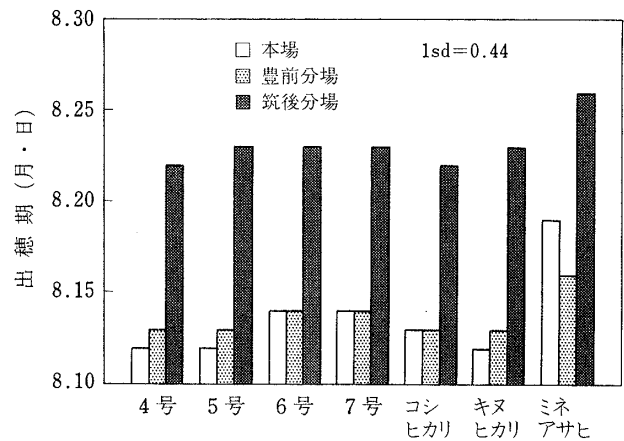
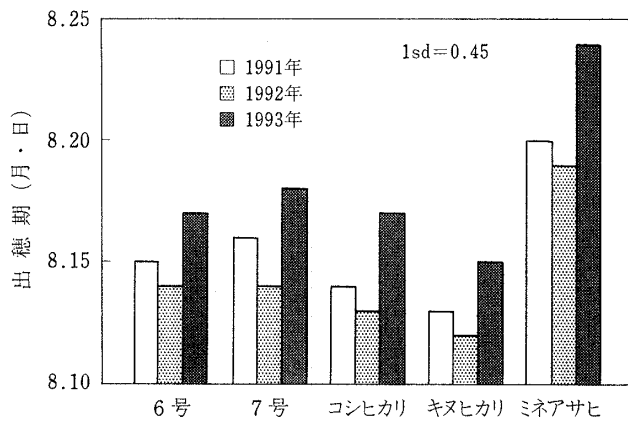
稈長では、年次間の差は標準施肥、多肥共に有意であった。年次と品種の交互作用は標準施肥では有意であったが、多肥では有意でなかった。

第1図に標準施肥における各品種の出穂期と稈長

第1表 年次と品種の交互作用

要因	標準施肥		多 肥	
	df	ms	df	ms
出穂期				
品種	4	87.7**	4	47.0**
年次	2	65.7**	2	70.2**
交互作用	8	1.52*	8	1.44**
反復	2	0.69 ns	1	0.53 ns
誤差	28	0.21	14	0.250
稈長				
品種	4	379**	4	259**
年次	2	287**	2	307**
交互作用	8	4.37**	8	3.43 ns
反復	2	0.689 ns	1	16.1*
誤差	28	1.21	14	2.21

df；自由度，ms；平均平方，ns；有意性なし，*；5%水準の有意性，**；1%水準の有意性，をそれぞれ示す。以下の表も同様。



第1図 年次別の各品種の出穂期と稈長 (標準施肥)
品種番号だけのものは、ちくし・号, 1sd; 品種
平均値の最小有意差。以下の図も同じ。

第2図 場所別の各品種の出穂期と稈長 (1993年)

第2表 場所と品種の交互作用

要因	1991年		1992年		1993年	
	df	ms	df	ms	df	ms
出穂期						
品種	6	6.98**	6	14.3**	11	91.5**
場所	2	315**	2	393**	2	191**
交互作用	12	0.794**	12	1.42**	22	7.39**
反復	1	0.0952 ns	1	0.381 ns	1	0.056 ns
誤差	20	0.145	20	0.131	35	0.169
稈長						
品種	6	144**	6	234**	11	232**
場所	1	12.9**	2	758**	2	1263**
交互作用	6	2.48 ns	12	3.36 ns	22	6.12**
反復	1	4.32 ns	1	2.29 ns	1	4.86 ns
誤差	13	1.400	20	2.15	35	2.38

を年次別に示した。図によると、出穂期では、ちくし7号とミネアサヒの年次間差が他品種の年次間差の傾向と異なっていた。稈長でも、ちくし7号とミネアサヒの年次間差は他品種の年次間差と傾向が異なっていた。

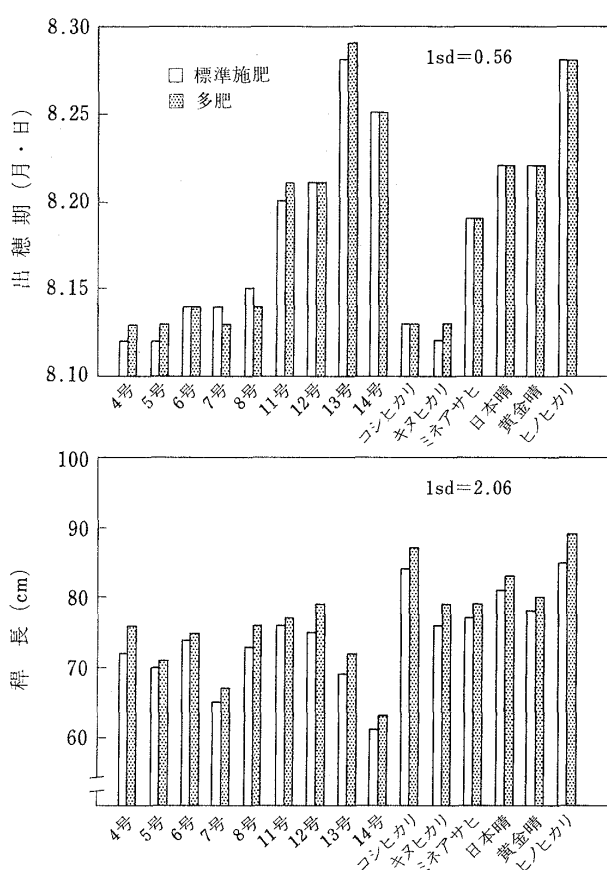
2. 場所と品種の交互作用

分散分析の結果を第2表に示した。出穂期では、場所間の差はいずれも有意であった。場所と品種の交互作用はすべての年次が有意で、場所の違いにより出穂期の品種間差が異なった。

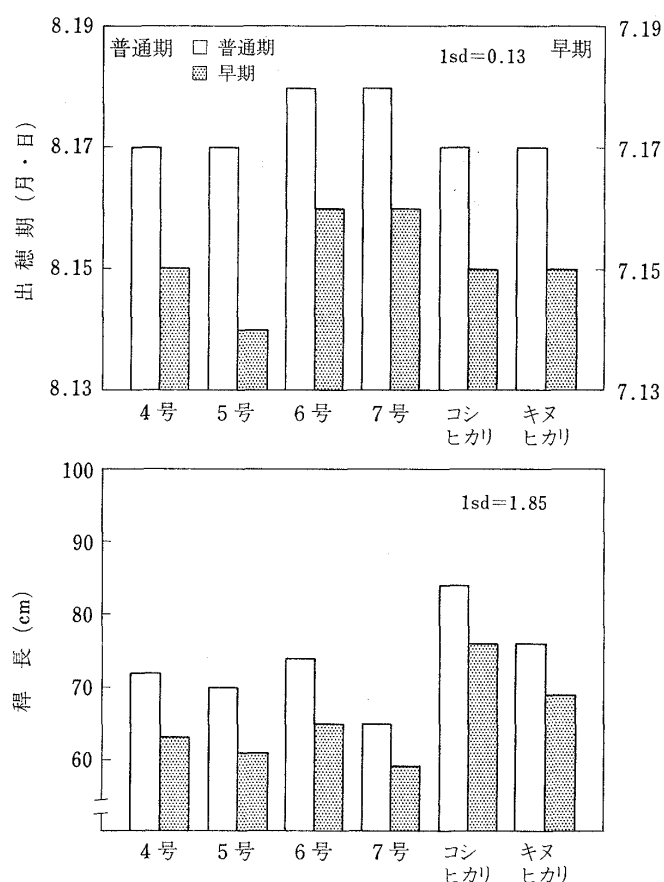
稈長では、場所間の差はいずれも有意であった。

第3表 施肥量と品種の交互作用

要因	1991年		1992年		1993年	
	df	ms	df	ms	df	ms
出穂期						
品種	11	23.0**	14	134**	8	14.7**
施肥量	1	0.333 ns	1	0.017 ns	1	0.44 ns
交互作用	11	0.288 ns	14	0.340*	8	0.26 ns
反復	1	0.083 ns	1	0.017 ns	1	0.11 ns
誤差	23	0.344	29	0.150	17	0.346
稈長						
品種	11	97.2**	14	185**	8	390**
施肥量	1	0.33 ns	1	120**	1	51.1**
交互作用	11	0.78 ns	14	0.95 ns	8	2.37 ns
反復	1	5.33 ns	1	6.02 ns	1	2.51 ns
誤差	23	1.85	29	2.02	17	1.90



第3図 施肥量別の各品種の出穂期と稈長 (1992年)



第4図 作期別の各品種の出穂期と稈長 (1992年)

1991, 92年は場所と品種の交互作用は有意でなく、場所の違いにより稈長の品種間差は異ならなかった。1993年は交互作用が有意で場所の違いにより稈長の品種間差が異なった。

第2図に1993年における出穂期と稈長を場所別に示した。図によると、本場の出穂期では、品種間の差が他の場所より大きかった。稈長では、交互作用

は検出されたが、全体的には場所が違っても品種間差はあまり変わらなかった。

3. 施肥量と品種の交互作用

分散分析の結果を第3表に示した。出穂期では、施肥量の違いの差はなかった。1992年以外、施肥量と品種の交互作用はなかった。

稈長では、1991年以外施肥量の違いによる差が

第4表 作期と品種の交互作用

要因	1991年		1992年	
	df	ms	df	ms
出穂期				
品種	10	6.44**	5	2.36**
作期	1	5591**	1	7140**
交互作用	10	3.72**	5	0.317 ns
反復	1	0.820 ns	2	0.194 ns
誤差	21	0.250	22	0.164
稈長				
品種	10	110**	5	255**
作期	1	5.82 ns	1	1420**
交互作用	10	2.77 ns	5	3.44 ns
反復	1	1.46 ns	2	1.36 ns
誤差	21	1.931	22	2.39

第5表 回帰の品種間差についての分散分析

要因	現 地		本 場	
	df	ms	df	ms
出穂期				
品種	5	9.25**	3	7.22**
環境	16	170**	8	27.8**
交互作用	80	0.597 ns	24	0.47 ns
回帰の品種間差	5	0.940 ns	3	0.44 ns
残差	75	0.468	21	0.477
稈長				
品種	5	740**	3	145**
環境	16	133**	8	571**
交互作用	80	1.96 ns	24	1.61 ns
回帰の品種間差	5	3.06 ns	3	5.11*
残差	75	1.88	21	1.11

第6表 回帰分析による品種別の回帰係数

品種名	現 地		本 場	
	出穂期	稈長	出穂期	稈長
ちくし4号	1.03	1.05	—	—
同 5号	0.98	1.11	—	—
同 6号	0.96	0.98	0.92	1.04
同 7号	0.99	0.85	1.08	0.84
コシヒカリ	0.97	1.06	0.93	1.15
キヌヒカリ	1.08	0.96	1.07	0.97

有意であった。施肥量と品種の交互作用はどの年次も有意でなかった。

第3図に1992年における出穂期や稈長を施肥量別に示した。図に示したように、標準施肥と多肥の差は1日以内と小さく（平均0.2日）、施肥水準によって出穂期の品種間差が大きく異なることはなかった。稈長は多肥栽培によりどの品種もほぼ2~3 cm（平均2.5 cm）増加したが、品種ごとに安定した値を示した。

4. 作期と品種の交互作用

分散分析の結果を第4表に示した。出穂期における作期と品種の交互作用は1991年は有意、1992年は有意でなかった。

稈長では、作期の違いによる差は1991年は有意でなかったが、1992年は有意であった。交互作用は両年共に有意でなかった。

第4図に1992年における出穂期と稈長を作期別に示した。図によると、早期と普通期の出穂期の差はちくし5号が他の品種より1日大きかった。稈長は作期間の差はどの品種も同程度であり、作期の違いによって稈長の品種間差は変わらなかった。

5. 安定性の検定

Finlay・Wilkinsonの回帰分析による、回帰の品種間差についての分散分析の結果を第5表に、品種別の回帰係数の値を第6表に示した。

出穂期では、いずれも品種間差、環境間差が有意であるが回帰の品種間差は有意でなく、回帰分析によって適応性の品種間差を検出することはできなかった。回帰係数は、福岡県内の現地17カ所では0.96~1.08、本場では0.92~1.08とすべて1に非常に近く、供試品種はいずれも同程度の安定性であった。

稈長では、いずれも品種間差、環境間差は有意であり、回帰の品種間差は現地では有意でなく、本場では有意であった。回帰係数は、福岡県内の現地17カ所では0.85~1.11、とすべて1に非常に近く、供試品種はいずれも同程度の安定性であった。本場では0.84~1.15であり、コシヒカリの回帰直線の傾きが大きく、ちくし7号では小さく、コシヒカリは年次を含む環境条件の違いによる稈長の変化が他の品種より大きく、ちくし7号はそれほどでなく、他の2品種はその中間となった。

考 察

本報告では極早生~早生で良食味品種の、北部九州における出穂期や稈長における数種環境条件と品種の交互作用を検定した。なお供試品種はコシヒカリ並または日本晴以上の食味である⁶⁾。

出穂期では、検討した環境条件のうち、年次と品種、場所と品種の交互作用がみられ、年次の違い、場所の違いによって出穂期の品種間差が異なった。作期と品種の交互作用は2年の内1年で認められ

た。施肥量と品種の交互作用は3年の内1年で認められたが、その品種間差の変動は小さかった。

出穂期は感光性程度の異なる品種を供試すれば当然作期の違いによる品種間の差が大きくなり²⁾、作期と品種の交互作用がでてくる。極早生～早生品種はいずれも同程度の小さな感光性であり、これらの品種を供試した場合は作期の違いによる出穂期の品種間差の変動は少ない^{1,9)}、本報告の場合、作期による品種間差の変動は1日程度であり、交互作用が検出されたのは実験誤差(分散分析の誤差項の平均平方)が小さいことによっていると考えられる。施肥量の違いによる変動はさらに小さく、1日以内の品種間差の変動は実用上大きな問題はないと考えられるので、出穂期における施肥量と品種の交互作用は、たとえ存在するとしてもそれほど考慮しなくても差し支えないであろう。回帰分析の結果でも、どの品種の出穂期も同程度の安定性であることが示された。

水稻の草高³⁾や稈長⁵⁾で、施肥量と品種の交互作用が認められている。また施肥による節間伸長に品種間差⁸⁾があるとされている。一方耐肥性に品種間差があるとしたものの、稈長での品種と施肥量の交互作用は不明とした報告もある¹⁰⁾。稈長において本報告では、標準施肥で年次と品種、3年の内1年で場所と品種に交互作用が認められたが、施肥量や作期の違いでは稈長の品種間差は変化しにくいことが明らかになった。場所による品種間差の違いもわずかであった。回帰分析による稈長の安定性の評価でも、年次を異にする試験を含む本場の試験結果ではわずかながら安定性に品種間差が認められたが、県内の現地試験の結果では安定性の品種間差が認められなかった。

以上のことから、北部九州において、極早生～早生良食味の水稲品種を対象にすると、出穂期では、年次や場所等の環境条件と品種の交互作用は検出されたものの品種間差の変動は小さく、特に施肥量の違いによる変動は小さく、実用上は施肥量と品種の交互作用は考慮しなくても良いことが示された。また稈長では、年次により品種間差が変わることがあるが、本実験の範囲での作期、施肥量の違いでは品種間差が変わらないことが明らかになった。従って、単にこれら良食味品種における出穂期や稈長の品種間差をみるときは、出穂期では年次や場

所、稈長では年次を変えて試験を行う必要があるが、出穂期では施肥量、稈長では施肥量、作期を変えた試験の必要性は少ないと言える。またこれらの品種を県内に普及するとき、施肥量が違っても既存品種との出穂期の差はあまり変動しない、施肥量や作期が違っても、稈長の差はあまり変動しないとして栽培技術指針を作成してもよいであろう。

なお、収量には場所と品種の交互作用が⁶⁾、また食味には作期と品種の交互作用が認められたので⁷⁾、良食味多収品種の育成には場所、作期を変えた試験が必要である。但しそのとき、場所や作期を変えても稈長の品種間差はあまり変わらないので、稈長の品種間差を把握するために行う稈長の調査はどれか一つ、たとえば本場の普通期栽培で行えば十分と思われる。

引用文献

1. 天本真登・御厨初子・横尾浩明 1996. 佐賀県下の中山間地水田における野菜導入のための水稻の作期と品種. 日作九支報 62: 23-26.
2. 朝隈純隆 1958. 水稻の出穂に関する生態的研究 (I 報) 2, 3 条件と出穂日数に就いて (II 報) 日本稲の基本栄養生長性, 感光性, 感温性に就いて. 日作紀 27: 61-66.
3. Dat, T.V., M.L. Peterson and J.N. Rutger 1978. Performance of rice composites dimorphic for plant height and for pubescence. Crop Sci. 18: 1-4.
4. Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. Aust. J. Agric. Res. 14: 742-752.
5. 堀江正樹・山村 巖・細山利雄 1967. 作物の諸特性についての統計学的解析. V. それぞれ3水準の栽植密度および施肥窒素量を異にした水稻品種を一括したときの形態総合特性の品種間差異. 日作紀 36: 179-184.
6. 今林惣一郎・松江勇次・浜地勇次・吉田智彦 1997. 北部九州の早生良食味水稻における品種と環境の交互作用 第1報 収量について. 日作紀 66: 538-544.
7. 大里久美・浜地勇次・松江勇次・吉田智彦 1996. 品種と環境要因の交互作用からみた米の食味評価. 日作紀 65: 585-589.
8. 瀬古秀生 1962. 水稻の倒伏に関する研究. 九州農試彙報 7: 419-499.
9. 田中浩平・真鍋尚義 1990. 福岡県における平成元年水稻の移植時期, 気象要素と生育・収量・品質. 日作九支報 57: 21-24.
10. 角田重三郎 1953. 水稻の肥沃地向品種と瘠地向品種との比較一生育中の窒素含有率について一. 日作紀 21: 209-210.