

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

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、収量について品種と環境条件の交互作用を推定した。年次と品種、場所と品種に交互作用があり、収量の品種間差が年次や場所の違いで変動した。施肥量と品種、作期と品種の交互作用は認められなかった。品種の適応性を回帰分析によって評価したところ、福岡県の育成品種は対照品種のコシヒカリやキヌヒカリと同程度の適応性や安定性を持っていた。収量と食味との間には有意な品種間相関は認められず、さらに福岡県の育成品種と対照品種との収量は同程度であった。これらの結果から、北部九州において極早生～早生の良食味品種の収量を評価するときには年次や場所を変えた試験に重点を置いて行うべきであること、福岡県の育成品種の適応性や収量が既存の良食味である対照品種よりも劣ることはないことが明らかになった。

キーワード : 安定性, 育種, 回帰分析, 交互作用, 収量, 水稻, 適応性, 良食味.

Genotype×Environment Interaction for Early-maturing Rice Cultivars with High Palatability in Northern Kyushu I. Yield : Souichirou 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 grain yield in rice were estimated for early-maturing cultivars with high palatability. Genotype×year and genotype×location interaction of yield were significant. On the other hand, genotype×cropping season and genotype×amount of fertilizer interaction of yield were not significant. Regression coefficients obtained by Finlay-Wilkinson's method for evaluation of adaptability were the same for newly bred cultivars as check cultivars. There was only a slight difference found between newly bred cultivars and check cultivars in yield. No significant correlation was found between yield and palatability. These results show that varietal differences in yield differ under different environmental conditions as year and location and yield tests conducted under different years and locations were essential. Newly bred cultivars had the same adaptability and yield ability as high palatability check cultivars.

Key words ; Adaptability, Breeding, Finlay-Wilkinson's method, Genotype×environment interaction, Palatability, Rice, Stability, Yield.

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、それらが同一の反応を示すとは限らない。育種試験地では対照品種よりかなり多収な品種でも、異なる場所、年次等ではそれほどの差が認められない場合がみられる。このような品種と環境の交互作用は、異なる環境下で品種間差が異なることを示すものであり、統計的には反復付きの収量試験の分散分析における交互作用項の有意性として検出される。新品種育成において、特定の条件下で高い性能を発揮する品種の育成や、あるいは広い範囲でも安定して高い性能を発揮する品種の育成のためには、このような品種と環境の交互作用を考慮しながら選抜をする必要がある³⁾。

稲の収量においては、施肥量と品種、場所と品種、年次と品種の交互作用が既に報告されており^{5,12,18,21)}、交互作用の認められた環境条件下での収量試験の重要性が強調されている⁹⁾。オオムギで

は3年間、6カ所、3反復の試験が時間やコストの面も考慮すると品種間差の検定に最適とされている¹⁵⁾。

近年は米の食味に対する要求が非常に高い。福岡県で育成した品種はいずれもコシヒカリ並の高度の良食味である⁷⁾が、これらの良食味品種の収量について品種と環境条件の交互作用を各種の環境条件下で検討した報告は見あたらない。一方、良食味でしかも安定して多収な品種の育成や県内への普及を行うため、新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収量試験が通常実施されている。そこで品種とこれら環境条件と交互作用を評価し、どのような環境条件下で品種間差の変動が大きいのか、あるいは品種間差があまり異ならないのかを明らかにしておくことは、多大な労力を要する新品種育成試験や奨励品種決定調査の効率化に役立つと思われる。

本論文では、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合わせて供試品種とし、それからの供試品種を遺伝的背景とした場合の、北部九州地域での収量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、収量における品種の適応性を回帰分析により量的に評価した結果や、収量と食味との相関についても述べる。なお、食味における品種と環境の交互作用については別に報告した¹⁴⁾。

材料と方法

品種と場所の交互作用や適応性の検定を行ったものの以外の供試材料は福岡県農業総合試験場本場の砂壤土水田で栽培した。栽培方法は概ね、株間15 cm, 条間30 cm, 1株3本植, 1区7～8 m², 2～3反復とした。早期栽培は4月23～24日, 普通期栽培は6月10日に移植した。標準施肥は基肥が窒素成分で5 gm⁻², 穂肥が3.5 gm⁻², 多肥栽培は基肥が6 gm⁻², 穂肥が4 gm⁻²とした。試験場本場以外の場所での栽培方法は各地での標準的な方法によった。平均的な60株を刈取後, ガラス室で天日乾燥し, 玄米水分13.5～15%に調製した。玄米粒厚1.8 mm以上の精玄米重を収量とした。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たいくつかの交配組合せで1990～93年に育成された(育成中の系統を含む), 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いるコシヒカリ, 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。

収量における品種と環境条件の交互作用を2元配置の分散分析から求めた。各品種相互間の差の検出のためにDuncanの多重検定を行った。

1. 年次と品種の交互作用

1991～93年の3カ年, 5品種(ちくし6号(夢つくし), ちくし7号, コシヒカリ, キヌヒカリ, ミネアサヒ)を普通期で, 3反復の標準施肥栽培と2反復の多肥栽培を行った。

ここでは年次×品種の交互作用のみに着目し, 年次×品種×施肥量の交互作用は解釈が複雑になり, 実用的な意味も小さいので計算せず, 標準施肥と多肥別に計算を行った。2つの分散分析の計算結果は

反復的なものとして扱い, 年次×品種の交互作用が施肥量の違いによってもたらされる差については考察しなかった。以下の環境条件についても同様で, たとえデータが完備して3次以上の交互作用が計算できる場合でも, 2次の交互作用のみの計算と考察を行った。

2. 場所と品種の交互作用

福岡県農業総合試験場本場(筑紫野市; 県中央の山麓地～平坦地, 砂壤土), 同筑後分場(大木町; 県南の平坦肥沃地, 埴土), 同豊前分場(行橋市; 県北の平坦地, 埴土)の合計3カ所で, 1991年に7品種(ちくし4, 7, 8, 9号, コシヒカリ, キヌヒカリ, ミネアサヒ)を普通期で栽培した。同様に, 1992年に7品種(ちくし4～7号, コシヒカリ, キヌヒカリ, ミネアサヒ), 1993年に12品種(ちくし6, 7, 11, 12, 15, 16, 17号, コシヒカリ, キヌヒカリ, ミネアサヒ, 日本晴, 黄金晴)を栽培した。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

標準施肥と多肥で, 1991年に12品種(ちくし1～9号, コシヒカリ, キヌヒカリ, ミネアサヒ)を普通期で2反復で栽培した。1992年に同様に15品種(ちくし4～8, 11～14号, コシヒカリ, キヌヒカリ, ミネアサヒ, 日本晴, 黄金晴, ヒノヒカリ), 1993年に9品種(ちくし11, 12, 15, 16, 17号, 日本晴, 黄金晴, ほほえみ, 愛知92号)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

早期と普通期で, 1991年に11品種(ちくし1～9号, コシヒカリ, キヌヒカリ)を2反復で, 1992年に6品種(ちくし4～7号, コシヒカリ, キヌヒカリ)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. 適応性の検定

1992年に6品種(ちくし4～7号, コシヒカリ, キヌヒカリ)を福岡県内の現地8カ所で早期, 17カ所で普通期の標準施肥栽培をした。この合計25の試験の, 2～3反復された平均値について, Finlay・Wilkinsonの方法⁴⁾で回帰分析をして品種の適応性(Adaptability)を量的に評価した。また1991～93年に農業総合試験場本場で4品種(ちくし6, 7号, コシヒカリ, キヌヒカリ)を早期と普通期, 標準施肥と多肥の合計11(全部の組合せは

ない) の環境条件で栽培した結果についても同様に回帰分析を行った。回帰係数が1のときは平均安定性で⁸⁾、しかも平均値が高ければすべての環境によく適応していることを、1より大きいものは安定性が低い、好適環境には適応していることを、1より小さいものは安定性が高く、不良環境に適応していることを示す。品種と環境条件の交互作用を回帰による平方和とその残差に分割し、残差項を誤差としてF検定した。さらに現地の合計25試験の内19で、ちくし4~7号、コシヒカリ、キヌヒカリの食味をみた。食味試験は松江ら¹⁴⁾に記した方法に従って行い、食味の値はコシヒカリを基準とした食味総合評価値とした。

6. 収量と食味との関係

1991~95年の育成品種間で、収量と食味の相関係数を年次別に計算した。育成品種はいくつかの交配組合せからなっており、普通期で標準施肥栽培した。2~3反復をしたが、その平均値について計算した。品種数は年次で異なり、13~37であった。

結 果

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。3カ年をこみにした品種間差は標準施肥では有意でなく、多肥では有意であった。単年では標準施肥も1991年以外

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
品種	4	4.718 ns	4	6.663*
年次	2	758.0**	2	499.5**
交互作用	8	11.66*	8	9.016**
反復	2	1.887 ns	1	2.241 ns
誤差	28	5.013	14	1.509

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
品種	6	9.14 ns	6	15.2**	11	232**
場所	2	181**	2	50.4**	2	1263**
交互作用	12	3.91 ns	12	11.5*	22	6.12**
反復	1	18.0 ns	1	0.01 ns	1	4.86 ns
誤差	20	8.01	20	3.61	35	2.38

すべて品種間が有意であった(表は略)。1991年の収量が2回の台風の襲来もありやや不良、1992年はほぼ平年並み、1993年は異常な低温と寡照によりかなり低収となったことにより、年次間の差はいずれも有意であった。

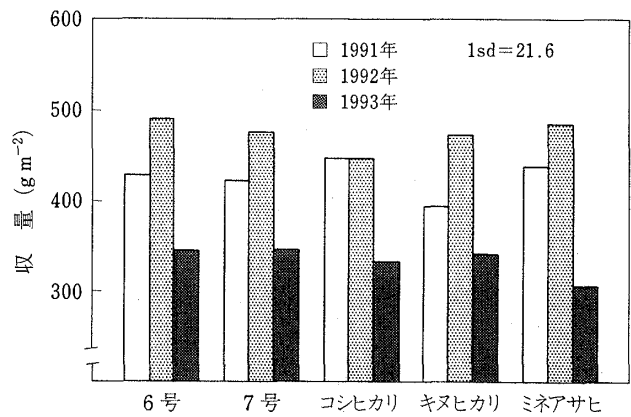
年次と品種の交互作用は標準施肥、多肥共に有意で、収量の品種間差が年次で異なった。第1図に標準施肥における各品種の収量を年次別に示した。図によると、コシヒカリ、ミネアサヒで年次による収量の違いが他品種での傾向と異なっていた。

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。1991年以外には品種間の差が有意であった。場所間の差はいずれも有意であった。1991年以外、場所と品種の交互作用は有意で、場所の違いにより収量の品種間差が異なった。第2図に1992年における各品種の収量を場所別に示した。図によると、場所によって収量の序列の逆転する品種があった。

3. 施肥量と品種の交互作用

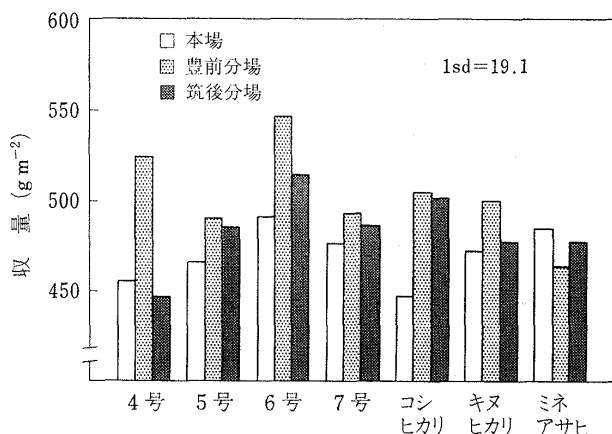
分散分析の結果を第3表に示した。どの年次も品種間差は有意であった。施肥量間差は1993年以外は有意であった。どの年次も交互作用は有意でな



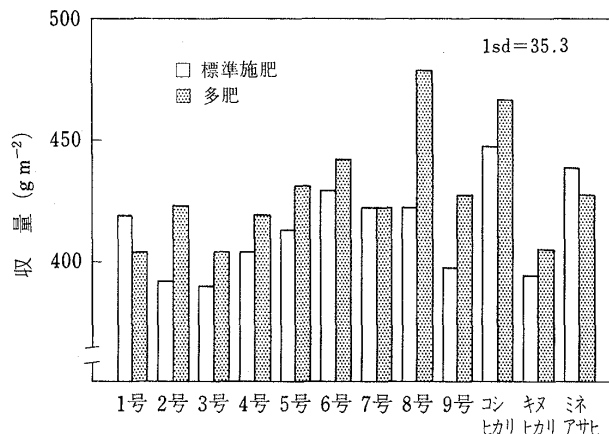
第1図 年次別の各品種の収量(標準施肥) 品種番号だけのものは、ちくし・号, 1sd; 品種平均値の最小有意差。以下の図も同じ。

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
品種	11	15.24*	14	68.30**	8	13.9*
施肥量	1	37.99**	1	54.34**	1	0.83 ns
交互作用	11	4.842 ns	14	2.921 ns	8	4.99 ns
反復	1	0.725 ns	1	0.002 ns	1	7.20 ns
誤差	23	5.824	29	1.930	17	3.67



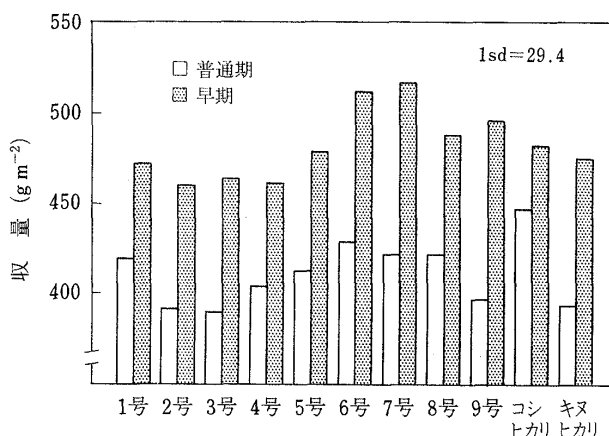
第2図 場所別の各品種の収量 (1992年)



第3図 施肥量別の各品種の収量 (1991年)

第4表 作期と品種の交互作用

要因	1991年		1992年	
	df	ms	df	ms
品種	10	10.17*	5	16.14 ns
作期	1	566.6**	1	385.5**
交互作用	10	5.846 ns	5	6.896 ns
反復	1	0.638 ns	2	8.190 ns
誤差	21	4.129	22	6.400



第4図 作期別の各品種の収量 (1991年)

った。第3図に1991年における各品種の収量を施肥量別に示した。図によると、一部逆転はあるものの標準施肥と多肥の差は、一部を除きどの品種もほぼ10~20 mg⁻²程度の一定した傾向であり(差の平均は14.5 mg⁻²)、本論文での施肥量の違いでは収量の施肥量間の差はどの品種でも変わらなかった。

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。品種間差は1991年は有意, 1992年は有意でなかった。作期間差は両年共に有意であった。交互作用は両年共に有意でなかった。第4図に1991年における各品種の収量を作期別に示した。図によると、コシヒカリ以外、早期と普通期栽培での収量の差はどの品種もほ

ぼ一定で、作期の違いによって品種間差は変わらなかった。

5. 適応性の検定

Finlay・Wilkinsonの回帰の品種間差についての分散分析の結果を第5表に示した。現地での品種間差は有意であり、本場の試験では品種間差は有意でなかった。いずれも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。

第6表に品種別の回帰係数および収量と食味の平

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
品種	5	23.24**	3	10.08 ns
環境	24	219.3**	10	111.1**
交互作用	120	5.027 ns	30	3.573 ns
回帰の品種間差	5	4.498 ns	3	2.448 ns
残差	115	5.05	27	3.677

第6表 回帰分析による品種別の回帰係数と、収量や食味の平均値

品種名	現 地		本 場		食 味
	回帰 係数	収量 (gm^{-2})	回帰 係数	収量 (gm^{-2})	
ちくし4号	0.97	470 bc	—	—	0.02 a
同 5	1.01	477 ab	—	—	0.06 a
同 6	1.07	487 a	1.07	454 a	0.21 a
同 7	0.94	470 bc	1.03	449 a	0.31 a
コシヒカリ	1.09	458 c	0.86	434 a	0.00 a
キヌヒカリ	0.91	472 bc	1.04	437 a	-0.08 a

収量や食味の値についての同一記号間には5%水準で有意差がない。

均値を示した。福岡県内の25現地試験では回帰係数は0.91~1.09、本場では0.86~1.07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。収量は現地試験の結果では、ちくし5号、6号がコシヒカリより有意に多収であった。本場内の試験では、ちくし6号の収量の値が一番高いが品種間に差は認められず、福岡県の育成品種と対照品種に有意な収量差はなかった。食味の平均値は、ちくし6号、7号の値がコシヒカリより高いが有意差はなかった。

6. 収量と食味との関係

第7表に、年次別の収量と食味の間的相关係数を示した。すべて負であるが1991、92年以外値は小さく、1991、92年を含めていずれの年次も収量と食味に有意な相関はなかった。

考 察

昨今の情勢からは、水稻の品種改良や奨励品種の選定の際に食味に重点を置くのは止むを得ないことであるが、一方安定多収も新品種への欠くことのできない要素である。そのため多くの環境条件下で品種間比較のための収量試験が行われているが、環境条件を変えても品種間差があまり変わらず、そのような条件での収量試験の意義が小さい場合や、逆に品種間差が大きく変動し、そのような条件での試験

第7表 収量と食味的相关係数

年次	df	相関係数
1991	11	-0.467 ns
1992	16	-0.457 ns
1993	16	-0.152 ns
1994	22	-0.073 ns
1995	35	-0.093 ns

が必須である場合がありうる。これらを明らかにするため、本報告では北部九州という地域、極早生~早生で良食味の品種という遺伝的背景のもとに、収量における数種環境条件と品種の交互作用を推定した。なおここでの福岡県の育成品種の食味は、適応性を検定した4品種はコシヒカリ並(第6表)、育成品種全体での食味の変異は0.16~0.96(平均値は-0.27、日本晴は-1.22。表は略)、対照品種は0.18~1.22であり、本報告はコシヒカリ並または日本晴以上の食味の品種を対象にして解析したものと云える。

検討した環境条件のうち、年次と品種に交互作用がみられた。これは、異常な低温・寡照年で特に収量低下の著しい品種があること、異常年でなくとも1991、92年の比較でも年次により品種間の変動が異なる(第1図)ためであり、年次の違いで品種間差は異なることが明らかになった。また1991年以外

の場所と品種には交互作用がみられ、場所の違いによって品種間差が異なった。これらは既報^{5,18)}の結果と一致し、早生良食味水稻品種の収量を評価する際も年次や場所を変えた試験の重要なことが示された。なお食味では、年次と品種の交互作用は認められたが、土壌型と品種の交互作用は認められていない¹⁴⁾。

施肥量と品種には交互作用が検出されず、本試験の範囲内での品種、施肥量では収量の品種間差はあまり変わらなかった。このことは、施肥量が増えれば収量は増加するがその増加程度はどの品種も一定で、特に施肥反応が良い品種があるといったことのないことを示しており、本試験の範囲内での多肥試験は意義が小さいと言えよう。

稲の収量についての過去の報告では、施肥量と品種の交互作用があるとしたもの^{6,12)}、逆でないとしたもの^{1,2,13)}と、結果は一定していない。また、耐肥性に品種間差があるとの報告^{17,19)}は、品種と施肥量との間に交互作用があることを示している。但し施肥量と品種の交互作用があるとすれば、それは施肥量の処理幅が大きかったり、耐倒伏性の弱い品種を含んでおり、倒伏などの障害のために交互作用がみられる場合が考えられる。このような場合は収量における交互作用というより、倒伏などの障害抵抗性における品種と施肥量の交互作用を検出することになる。本実験で倒伏はほとんどなく、そのような条件下では多肥による収量増加程度はどの品種も一定であった。もちろん、安定多収のために耐倒伏性などの障害抵抗性を具備した品種育成は重要であるので、そのためには本報告より多肥にした試験で耐倒伏性検定のための試験¹⁶⁾を実施する必要がある。なお食味にも施肥量と品種の交互作用は認められていない¹⁴⁾。

作期による品種間差の変動についても、幅の広い作期や品種を供試すれば^{9,10)}当然交互作用の存在が予想される。本試験の範囲内での品種、作期では作期と品種に交互作用は検出されず、収量の品種間差は作期が違ってもあまり変わらなかった。このことは、作期を変えた場合に特に多収になる品種があるといったことのないことを示しており、本試験の範囲内での作期を変えた試験は意義が小さいと言えよう。但し食味については作期と品種の交互作用があるので¹⁴⁾、良食味品種育成のためには作期を変えた試験が必要である。その場合、収量を評価するような規模で行う必要はなく、食味試験を行うのに必要

な面積や調査項目で行えばよい。

品種の適応性を回帰分析で評価したところ、供試品種の回帰係数は県内の多数現地試験の結果でも、試験場内での3カ年にわたる各種試験の結果でも値は1に近く、福岡県の育成品種と対照品種とで適応性についての差は検出できなかった。Finlay・Wilkinsonの分析による回帰係数は、オオムギで0.14~2.13⁴⁾、直播水稻で0.392~1.518¹³⁾、中晩生水稻で0.5~1.5²⁰⁾と、幅の広い品種間差が報告されている。それらに比べると、ここでの回帰係数の品種間差は小さかった。また、育成品種の収量を対照品種の値と比較すると同程度または高かった。これらのことから、福岡県の育成品種は既存のコシヒカリやキヌヒカリと同程度の収量性や、収量の適応性や安定性を有することが明らかになった。

以上のことから、北部九州において、極早生~早生良食味の水稻品種を対象とするとき、収量の品種間差は年次や場所の違いでは変化するが施肥量や作期の違いではあまり変わらず、そのため新品種育成試験や奨励品種決定調査で収量を評価する際には、年次や場所を変えた試験、つまり複数の場所での数年間の試験に重点を置いて広域適応性を有する品種、あるいは特定場所に適する品種の摘出を行うべきであることが明らかになった。また福岡県育成の良食味品種の適応性や収量が既存の良食味対照品種よりも劣ることはないことも明らかになった。これらの知見は良食味の新品種育成や普及、およびそのために必要な各種試験の効率化に参考になる点が大いと考えられる。

引用文献

1. 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.
2. De Datta, S.K. and F.E. Broadbent 1988. Methodology for evaluating nitrogen utilization efficiency by rice genotypes. *Agron. J.* 80: 793—798.
3. Fehr, W.R. 1987. Principles of Cultivar Development Volume 1 Theory and technique. Macmillan Publishing Co., New York, U.S.A. 247—260.
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. Gravois, K.A., K.A.K. Moldenhauer and P.C. Rohman 1991. Genetic and genotype×environment effects for rough rice and head rice yields. *Crop Sci.* 31: 907—911.

6. 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.
7. 今林惣一郎・浜地勇次・古野久美・西山 壽・松江勇次・吉野 稔・吉田智彦 1995. 水稻新品種 '夢つくし' の育成. 福岡県農総試研報 14: 1-10.
8. 菊池文雄 1983. 選抜における遺伝子型と環境の交互作用. 村上寛一監修, 作物育種の理論と方法. 養賢堂, 東京, 30-37.
9. 薦田快夫 1938. 水稻の晩播晩植に依る出穂期の移動. 日作紀 10: 183-196.
10. 松林 実・中村公則・村田孝雄・関村 栄 1959. 寒冷地の陸稲早期移植栽培について. 日作紀 28: 61-62.
11. 松江勇次・水田一枝・古野久美・吉田智彦 1991. 北部九州産米の食味に関する研究. 第1報 移植時期, 倒伏の時期が米の食味および理科学的特性に及ぼす影響. 日作紀 60: 490-496.
12. 松尾孝嶺・角田重三郎 1950. 草型を異にする稲品種の硫酸施用並びに栽植密度に対する反応. 日作紀 19: 94-98.
13. 長峰 司・和田 学 1982. 水稻の晩期乾田直播栽培における品種の適応性. 日作紀 51: 190-195.
14. 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.
15. Rasmusson, D.C. and J.W. Lambert 1961. Variety×environment interactions in barley variety tests. *Crop Sci.* 1: 261-262.
16. 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.
17. 高橋保夫・岩田岩保・馬場 赴 1959. 水稻品種の耐肥性に関する研究. 第1報 品種の耐肥性と窒素及び炭水化物代謝との関係. 日作紀 28: 22-24.
18. 戸田 修 1993. 富山県における奨励品種決定試験データを用いた水稻品種の適応性評価. 育雑 43: 575-588.
19. 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—生育中の窒素含有率について—. 日作紀 21: 209-210.
20. 和田 学 1984. 福岡県における水稻・小麦品種の適応性. 福岡農総試研報 A-3: 1-6.
21. 和田 学・矢野雅彦 1985. 水稻早・晩性品種の地域適応性. 福岡農総試研報 A-5: 1-6.