作物の諸特性についての統計学的解析

第6報 栽植密度条件一定のもとで、いくつかの窒素施用水準で栽培された
水稲品種をまとめて解析したときの形態的総合特性の品種間差異*

堀江正樹・山村 巖**・細山利雄**

(農林省農業技術研究所・**新潟県農業試験場)

前報²⁻⁶⁾までは新潟県農業試験場 堀之内試験地で栽培された水稲品種を、主として特定の窒素施用水準内の各栽植密度内でのデータ、または特定の窒素施用水準内の栽植密度3水準を一括したデータを対象として主成分分析法を適用し、水稲品種の形態的な総合特性の指標およびそれらの指標からなる総合特性の推定をおこなうとともに、その総合特性の品種間差異についての検討をこころみた。その結果、多くの場合において、ここでとりあつかった水稲品種の形態的総合特性は2つの指標によつて表わすことが可能で、しかも、第1の指標は主として与えられた条件のもとにおける品種個体の収量(1株穂重)の多少を示し、第2の指標は稈長、1株穂数、穂長および1穂重の4要素からなる草型を示すことが明らかにされた。また、第2の指標が与えられた栽植密度の変化にともなつていくつかの変化の型を示すこと、その変化について考えられる理由を1~2指摘した。

本報では、今までの解析とは別の観点にたつて、それぞれ同一の栽植密度水準内で、窒素施用量を異にする3つのデータを一括してとりあげ、前報と同様に主成分分析法を適用し、それぞれの栽植密度水準内での窒素施用量3水準をこみにしてみた場合の、水稲品種の形態的な総合特性の指標を推定し、さらにそれらの指標からなる総合特性の品種間差異についての解析、検討をこころみた。

方法および材料

それぞれの栽植密度ごとに水稲品種の形態的な総合特性をうる方法については、前報と同様に多変量解析法の1つである主成分分析法をもちいた。

供試した材料も前報と同じであるが、前にのべたとおりデータのとりあげ方を異にしている。すなわち、ここでは栽植密度(畦間は20cmで一定、株間5cm、15cmおよび25cmの3区)を一定とし、それぞれの栽植密度水準内で第IV報⁵⁾の第1表に示した窒素施用量3水準の各区で栽培された水稲各23品種をこみ

にして、計69のデータを一括して主成分分析法を適用した。とりあげた形質やその他の試験内容および方法は、すべて前報のとおりであつた。

実 験 結 果

とりあつかったそれぞれの形質についての分散分析の結果は、前報⁶⁾の分散分析表(第V報第2表)のとおりである。

それぞれの栽植密度水準ごとに一括した計69のデータについて、とりあげた6形質のあいだの相関係数を第1表に示した。表から、全体として各栽植密度水準のあいだにとくに大きな差異がみとめられないが、2~3の傾向を指摘することができる。すなわち、1株穂数は5cm区では他のすべての形質とのあいだに有意な相関関係のあることを示しているが、15cmおよび25cmの両区では稈長とのあいだの関連は有意とはならない。稈長と穂長および1穂重のあいだでは、5cmおよび15cmの両区では有意とはならなかつた相関関係が、25cm区では5%水準で有意となつている。また、1株全重と穂長および1穂重のあいだでは、5cm区では有意とはならなかつた相関関係が、15cmおよび25cmの両区では有意となり、このように形質間の相関係数は栽植密度水準のちがひによりいくらかの差異を生ずる。

それぞれの栽植密度水準ごとに、計69のデータにたいして主成分分析法を適用し、えられた結果を第2表に示した。表にはそれぞれの栽植密度水準ごとに第1から第3までの3主成分($X_1, \sim X_3$)と、それらの主成分に対応する固有値($\lambda_1, \sim \lambda_3$)を示した。これらによると、各栽植密度水準ともに第1および第2の2つの主成分に対応する2つの固有値の和が、 X_1 より X_6 までの全主成分に対応する全固有値(6個)の和(6)の約85%を占めており、しかもそれぞれの形質のもつ情報の大体75~85%が、第1および第2の2つの主成分における個々の形質の重み(固有ベクトル)によつて説明されている。このようなことから今までの報告²⁻⁶⁾におけると同様に、栽植密度水準とも

* 昭和44年6月30日受理

第1表 各栽植密度区内でのそれぞれ 69 個のデータについての
6 形質間の相関係数

栽植 密度	形質	穂 数 x_1	穂 長 x_2	穂 長 x_3	1 穂 重 x_4	1 株穂重 x_5	1 株全重 x_6
5 cm	x_1		0.342**	-0.529**	-0.604**	0.597**	0.682**
	x_2			0.199	0.164	0.617**	0.598**
	x_3				0.703**	0.029	-0.064
	x_4					0.134	-0.068
	x_5						0.890**
15 cm	x_1		0.215	-0.626**	-0.771**	0.674**	0.755**
	x_2			0.202	0.207	0.624**	0.582**
	x_3				0.675**	-0.262*	-0.316*
	x_4					-0.207	-0.373**
	x_5						0.901**
25 cm	x_1		0.163	-0.566**	-0.720**	0.625**	0.752**
	x_2			0.262*	0.280*	0.553**	0.505**
	x_3				0.713**	-0.249*	-0.258*
	x_4					-0.098	-0.263*
	x_5						0.922**

註：* 5% 有意, ** 1% 有意

第2表 各栽植密度区における第1～第3主成分およびそれらに
対応する固有値

	主 成 分	固 有 値
5 cm	$X_1 = 0.506 x_1 + 0.381 x_2 - 0.170 x_3 - 0.170 x_4 + 0.512 x_5 + 0.574 x_6$	$\lambda_1 = 2.953$
	$X_2 = -0.278 x_1 + 0.452 x_2 + 0.588 x_3 + 0.608 x_4 + 0.059 x_5 + 0.053 x_6$	$\lambda_2 = 2.088$
	$X_3 = -0.017 x_1 + 0.315 x_2 + 0.091 x_3 - 0.322 x_4 - 0.187 x_5 - 0.272 x_6$	$\lambda_3 = 0.458$
15 cm	$X_1 = 0.450 x_1 + 0.227 x_2 - 0.332 x_3 - 0.357 x_4 + 0.462 x_5 + 0.532 x_6$	$\lambda_1 = 3.378$
	$X_2 = -0.307 x_1 + 0.605 x_2 + 0.462 x_3 + 0.482 x_4 + 0.200 x_5 + 0.142 x_6$	$\lambda_2 = 1.830$
	$X_3 = 0.056 x_1 + 0.002 x_2 + 0.770 x_3 - 0.543 x_4 - 0.209 x_5 + 0.053 x_6$	$\lambda_3 = 0.365$
25 cm	$X_1 = 0.425 x_1 + 0.194 x_2 - 0.321 x_3 - 0.341 x_4 + 0.462 x_5 + 0.550 x_6$	$\lambda_1 = 3.146$
	$X_2 = -0.294 x_1 + 0.644 x_2 + 0.474 x_3 + 0.503 x_4 + 0.247 x_5 - 0.151 x_6$	$\lambda_2 = 1.987$
	$X_3 = 0.013 x_1 + 0.398 x_2 - 0.215 x_3 - 0.281 x_4 - 0.396 x_5 - 0.285 x_6$	$\lambda_3 = 0.378$

註：各区とも $\sum_{i=1}^6 \lambda_i = 6$

に第1および第2の2つの主成分によつて、ここにあげた水稻品種の形態的な総合特性を表わすことができ、さらにこれらの総合特性の品種間差異についても検討しうるものと考えられる。そこで、それぞれの栽植密度水準においてとりあげられた2つの主成分が、水稻品種の形態的な総合特性の指標としてそれぞれどのような意味をもつか検討してみよう。

個々の栽植密度水準におけるそれぞれの主成分について検討をこころみる前に、まず2つの主成分を各栽植密度水準のあいだで比較した。栽植密度3水準をつうじて、両主成分ともに個々の形質にかかる符号はすべて一致し、しかも個々の形質にかかる重みは傾向として大体類似している。このことから、それぞれの栽

植密度水準における両主成分の形態的な総合特性の指標としてもつ意味は、全体の密度水準をつうじてかなり似たものと考えられる。

第1主成分, X_1 : それぞれの栽植密度水準における第1主成分 X_1 の個々の形質にかかる符号は、穂長および1穂重が負を示す以外はすべての形質が正である。個々の形質にかかる重みは、栽植密度水準が5 cm 区から25 cm 区、すなわち、密植区から疎植区へと変化するにともない、絶対値として穂長および1穂重は増加の傾向、他の4形質では大体減少の傾向がみられる。各品種についての第1主成分値ともとの形質値とのあいだの相関関係をみると、1株全重とのあいだにもつとも高

く、ついで1株穂重とのあいだに比較的高い相関係数がみいだされる。一方、各栽植密度水準における第1主成分のそれぞれの形質の重みと、第1表にあげたそれらに対応する各栽植密度水準の形質のあいだの相関係数を比較すると、1株全重と他の形質とのあいだの相関係数がいちじるしく傾向を同じくすることから、総合特性の指標としての X_1 は、主として与えられた条件のもとにおける品種個体の全重の多少、すなわち個体の地上部の風乾重の軽重を示しているものといえる。すなわち、個体の全重の重い品種は大きな第1主成分値を示し、個体の全重の軽い品種は小さい値を示すものといえる。

第2主成分, X_2 : それぞれの栽植密度水準における

第2主成分 X_2 の個々の形質にかかる符号は、1株穂数のみ負を示し、その他の5形質はすべて正である。個々の形質にかかる重みは稈長、穂長および1穂重がすべての密度水準で大きく、1株穂数がこれについている。1株全重にかかる重みはすべての密度水準でもつとも小さい。1株穂重の重みは5 cm 区では無視しうるほど小さいが、15 cm および 25 cm の両区では無視することができない程度の大きさとなる。これらの重みを絶対値としてみたときに、密度水準が5 cm 区から25 cm 区へと変化するにしたがい、穂長および1穂重の重みが減少する以外は、他形質のすべてで増加する傾向のあることがみとめられる。このようにしてみると、前報³⁻⁶⁾でえられたとおり第2主成分 X_2 は稈長が長く、1株穂数が少なく、穂長が長く1穂重が重い品種ほど大きな主成分値を示し、逆に稈長が短かくて1株穂数が多く、穂長が短かく1穂重の軽い品種ほど小さい値を示すといえよう。しかし、5 cm 区ではまったくこのとおりのことがいえようが、15 cm および 25 cm の両区では、以上の要素のうえにさらに1株穂重がくわわり、前報³⁻⁶⁾や5 cm 区の第2主成分にくらべてやや複雑な意味をもつ指標を示すものといえる。したがって以上のことを要約すると、第2主成分 X_2 としての総合特性の指標は、5 cm 区では長稈穂重型の品種ほど大きな値を示し、短稈穂数型の品種ほど小さい値を示すものといえる。しかし、15 cm および 25 cm の両区では、長稈穂重型でさらに1株穂重の重い品種ほど大きな値を示し、短稈穂数型でさらに1株穂重の軽い品種は小さい値を示すものといえる。

以上の総合特性の指標としての主成分に、各栽植密度水準のそれぞれの窒素施用区すべての品種の個々の形質の標準化した値を代入し、それぞれの品種の各主成分値をもとめ、 X_1 軸および X_2 軸よりなる直交座標上にプロットした。その結果をそれぞれの栽植密度水準ごとに第1図から第3図までに示した。図の中の数字は品種を表わし、その数字に対応する品種名は前報²⁻⁶⁾と同じである。

各図から、いずれの栽植密度水準についても X_1 軸にたいしては無窒素区から標準施用区へ、標準施用区から多窒素区へと窒素の施用量を増すにしたがつて、すべての品種は右側へ移行する。このことは当然のことながら、総合特性の指標としての1株全重が窒素の増施にともなうて増加していくことを示している。また、窒素施用量の増加にともなう各品種の右側への移行のし方は、標準施用区から多窒素区へと変化した場

第1図 5 cm 区における各品種の散布図
(図中の数字は品種番号で、番号に対応する品種名は前報に準ずる、以下同じ)

第2図 15 cm 区における各品種の散布図

合の1株全重の増加の程度より、無窒素区から標準施用区へと変化した場合のその増加の程度のほうがほとんどすべての場合に大きい。 X_2 についてみると、5 cm 区では総合特性の指標としてもつ意味は、前報⁴⁻⁶⁾の結果とまったく同じである。しかし、解析の対象としたデータのとりあげ方が異なることから、ここでの品種の X_2 軸にたいする位置と、前報におけるそれらの位置は必ずしも対応しないし、窒素施用量

第3図 25 cm 区における各品種の散布図

のちがいによる変化の型も異なる。5 cm 区におけるそれぞれの品種の X_2 の値の窒素施用量のちがいによる変化のようすは、つぎの3つの変化の型にまとめられる。

(1) 窒素施用量の増加にともない、 X_2 の値が直線的に変化する品種。この場合、 X_2 の値がほとんど変化しない品種と、いちじるしく変化する品種。

(2) 窒素施用量の増加にともない、 X_2 の値が上に凸なる変化をする品種と、上に凹なる変化をする品種。

(3) (2) の特別の場合で、窒素施用量の増加にともない、 X_2 の値は連続した2つの窒素施用区の間ではほとんど変化がみとめられないが、他の1つの窒素施用区においてかなり変化する品種。

ここでは、(2) の変化を示す品種が多く、ついで(1) の変化をする品種がみいだされる。また、(1) の型の変化を示す品種は典型的な長稈穂重型および短稈穂数型の品種に多く、(2) および(3) の型の変化をする品種は中間型に多い。

15 cm および 25 cm の両区の X_2 は大体同じ内容をもつから、両区を一括してみることにする。第2および3図から、両区ともに品種群の分布がほぼ座標の第2象限から第4象限の方向に幅広く分布し、しかも窒素施用量の増加にともなう各品種の X_2 の値の変化は、各図の左下から右上の方向に変化し、その変化の傾向は一部の品種を除いて直線的な変化を示している。

考 察

本報では第Ⅲ⁴⁾、Ⅳ報⁵⁾とは異なり、栽植密度条件を一定とし、それぞれの栽植密度水準のもとにおける窒素施用量3水準で栽培された全品種を一括して主成分分析法を適用し、このような条件のもとにおける水稻品種の形態的な総合特性の指標、およびこれらの指標からなる総合特性の推定をおこなうとともに、総合特性についての品種間差異を検討した。その結果、いずれの栽植密度水準のもとにおいても、形態的な総合特性は2つの指標としての主成分によって表示できることが明らかにされた。しかし、これらの指標としての主成分のもつ意味は、第Ⅲ⁴⁾ およびⅣ報⁵⁾ の窒素施用量水準を一定として、栽植密度3水準を一括してとりあげた場合とかなり異なることが認められた。

すなわち、第1主成分 X_1 は、前報²⁻⁶⁾ では主として品種個体の収量(1株穂重)の多少にかかわる指標であつたが、本報ではいずれの栽植密度条件のもとにおいても、主として与えられた条件のもとにおける品種個体の1株全重の多少にかかわる指標であることが明らかにされた。

このことは、栽植密度が与えられた主たる条件のときは穂重という品種個体の一部分が主要な要素となつたが、窒素施用量を主たる条件としたときには、一株全重という品種個体の地上部の全体が主要な要素となることがうかがわれる。しかし、第2主成分 X_2 についてみると、5 cm 区では前報と同様に主として長稈穂重型ないしは短稈穂数型による草型にかかわる指標となるが、15 cm および 25 cm の両区においては、これらの草型にさらに1株穂重が付加された型によって指標が与えられ、前報におけるような単純な言葉によって表現しえない。

第1主成分 X_1 による品種個体の1株全重の差異は窒素施用量のちがいによって生ずるが、それぞれの窒素施用量内での品種の分布は、窒素施用量区相互のあいだでかなりいちじるしく重複している。また、前にのべたように X_1 軸にたいする窒素施用量の増加にともなう各品種の右側(すなわち、1株全重の重い方向)への移り方は、大部分の品種において無窒素区から標準施用区へと変化した場合の程度が、標準施用区から多窒素区へと変化した場合の増加の程度より大きい。このことはここにおける窒素施用量の差異の程度から当然のことと考えられる。しかし、この増加の程度の相対的な割合は品種によりかなり異なり、上にのべた一般的傾向とはまったく逆の傾向を示す品種も

みられる。すなわち、5 cm 区ではフジミノリ（1）、陸羽 132 号（10）、コシヒカリ（18）および千秋楽（22）、15 cm 区ではフジシノリ（1）、農林 1 号（2）、ハウネンワセ（5）、陸羽 132 号（10）および新 4 号（21）、25 cm 区ではハツニシキ（3）、トワダ（4）、ハウネンワセ（5）および越かおり（20）などである。このことは、それぞれの品種の与えられた栽植密度に対応したうでの窒素施用量にたいする反応特性とみることができよう。

第 2 主成分 X_2 は 5 cm 区では長稈穂重型ないしは短稈穂数型の草型を示しており、施用窒素量の増加にともなう X_2 の値の変化は、多くの品種が凹凸のある変化を示しているが、全体的にみて窒素施用量の増加にともなつて、一般に長稈穂重型の方向にむかつて草型を変えていく傾向のあることがみとめられる。このことは窒素施用量水準と栽植密度 3 水準のデータを一括して解析した第 V 報⁶⁾の 5 cm 区の結果と対比したとき、傾向としてはほぼ一致しているといえる。15 cm および 25 cm の両区では、5 cm 区におけるような単純な草型によつては示されず、これらの草型にさらに 1 株穂重（すなわち、品種個体の収量）の多少といったことが要素の 1 つとして付加されている。窒素施用量の増加にともなう X_2 の値の変化の傾向は 15 cm および 25 cm の両区でいちじるしく似ており、ほとんどすべての品種がより長稈穂重型で、しかも 1 株穂重の重い方向にむかつて直線的に変化する。このことは第 V 報⁶⁾における 15 cm および 25 cm の両区で、窒素施用量の増加にともない短稈穂数型へと変化したこととはかなり異なつた結果といえる。このことは対象としたデータのとりあげ方のちがいが主たる原因となつているものと考えられる。ここでそれぞれの品種の 1 株穂数は、施用窒素量の増大にともなつて増加するが、この程度の窒素の施用量の差ではあまりいちじるしくない。したがつて、 X_2 の値が大きくなることは 1 株穂数の増加をこえて、稈長、穂長、1 穂重ないしは 1 株穂重のいずれか、またはこれらすべての形質がより増加することを意味しているものといえる。すなわち、品種個体の占有しうる面積が一定の場合には、窒素施用量の増加は横への広がりよりは上の方向への広がりを相対的に増し、占有しうる面積が増加するにともなつて、その効果はさらに 1 株穂重の増加をもたらすものと考えられる。

このことから窒素施用量の増加は、相対的に品種個体の長稈化、1 穂重の増大、ひいては 1 株穂重の増大をもたらす。——すなわち、水稻品種個体の地上部全

量の増大とともに、上方向への容積の増大、それとともに収量の増加という効果が示されたものとする。さらにこのことはのちの機会に前報²⁻⁶⁾の結果との比較のうえで詳細に検討することとして、ここでは以上の点について指摘するにとどめる。

摘 要

（1）前報までは主として窒素施用量を一定にして、栽植密度 3 水準を一括したデータを対象として解析してきたが、本報では栽植密度を一定として、各密度水準における窒素施用量 3 水準で栽培された、それぞれ水稻 23 品種のデータを一括して主成分分析をおこない、水稻品種の形態的な総合特性の指標の推定およびそれらの指標よりなる総合特性の品種間差異について検討をおこなつた。

（2）主成分分析をおこなつた結果、いずれの栽植密度水準においても水稻品種の形態的な総合特性は、2 つの指標としての主成分によつて表わされることが明らかにされた。各主成分のもつ意味は、第 1 主成分による指標は、すべての密度水準において主として与えられた条件における品種個体の地上部全重（風乾重）の多少にかかわるもので、第 2 主成分による指標は、5 cm 区では主として長稈穂重型ないしは短稈穂数型の草型を示し、15 cm および 25 cm の両区では、これらの草型にさらに品種個体の収量が付加され、長稈穂重型で多収ないしは短稈穂数型で少収といった指標が示された。

（3）第 1 主成分により示される品種個体の地上部全重の大きさは、各栽植密度水準内で施用窒素量の増加にともなつて大きい方向にむかつて移行するが、それぞれの窒素施用区内の品種群の分布は、相互にかなりいちじるしく重複する。

（4）第 2 主成分による草型ないしはこの草型に収量の付加された指標は、窒素施用量の増加にともなつて、5 cm 区においては上に凸ないし上に凹なる変化を示す。しかし、15 cm および 25 cm の両区では窒素の増施にともなつて長稈穂重型で個体の収量が大きな方向に直線的に変化する。

引 用 文 献

1. ANDERSON, T.W. 1958. Introduction to multivariate statistical analysis. Wiley, New York.
2. 堀江正樹・山村 巖・細山利雄. 1966. 作物の諸特性についての統計学的解析, I. 水稻における

- 形態的総合特性の品種間差異. 日作紀 **35**: 142—147.
3. 堀江正樹・山村 巖・細山利雄 1966. 作物の諸特性についての統計学的解析, II. いくつかの栽植密度における水稻の形態的総合特性の品種間差異. 日作紀 **35**: 148—154.
 4. 堀江正樹・山村 巖・細山利雄 1966. 作物の諸特性についての統計学的解析, III. いくつかの栽植密度における水稻品種を一括したときの形態的総合特性の品種間差異. 日作紀 **35**: 155—160.
 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, IV. 2つの窒素水準における, いくつかの栽植密度ごとに水稻品種を一括したときの形態的総合特性の品種間差異. 日作紀 **36**: 173—178.
 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用窒素量を異にした水稻品種を一括したときの形態的総合特性の品種間差異. 日作紀 **36**: 179—184.
 7. KENDALL, M. G. 1957. A course in multivariate analysis. Charles Griffin. London.
 8. SEAL, H. L. 1964. Multivariate statistical analysis for biologists. Methuen. London.

Statistical Studies on Various Characteristics of Crop Plants

VI. Varietal differences of a morphological complex characteristic of rice varieties when three nitrogen fertilizer levels at various levels of plant spacing put together

Masaki HORIE, Iwao YAMAMURA* and Toshio HOSoyAMA*

(National Institute of Agricultural Science, Nishigahara, Kita-ku, Tokyo;
Niigata Agricultural Experiment Station, Nagaoka, Niigata)

Summary

In this paper, a morphological complex characteristic of rice varieties was estimated by principal component analysis using all the data of three nitrogen fertilizer levels at each plant spacing level (spacings in the row were 5 cm, 15 cm and 25 cm, respectively).

The present results obtained were as follows:

(1) A morphological complex characteristic of each variety at each plant spacing level can be shown by two principal components which are indices of the morphological characteristic.

These indices were as follows:

5 cm plot

$$X_1 = 0.506 x_1 + 0.381 x_2 - 0.170 x_3 - 0.170 x_4 + 0.512 x_5 + 0.574 x_6$$

$$X_2 = -0.278 x_1 + 0.452 x_2 + 0.588 x_3 + 0.608 x_4 + 0.059 x_5 + 0.053 x_6$$

15 cm plot

$$X_1 = 0.450 x_1 + 0.227 x_2 - 0.332 x_3 - 0.357 x_4 + 0.462 x_5 + 0.532 x_6$$

$$X_2 = -0.307 x_1 + 0.605 x_2 + 0.462 x_3 + 0.482 x_4 + 0.200 x_5 + 0.142 x_6$$

25 mm plot

$$X_1 = 0.425 x_1 + 0.194 x_2 - 0.321 x_3 - 0.341 x_4 + 0.462 x_5 + 0.550 x_6$$

$$X_2 = -0.294 x_1 + 0.644 x_2 + 0.474 x_3 + 0.503 x_4 + 0.247 x_5 + 0.151 x_6$$

(2) The meaning of the first index in each plant spacing was mainly concerned with the total weight per plant of the variety at given condition.

(3) The meaning of the second index was different in each plant spacing; namely, in the 5cm plot it was mainly concerned with the plant type whether variety was a long-culmed, heavy-panicle type or short-culmed, tillering type. But, in the 15 cm and 25 cm plots, these were concerned with the quantity of individual plant yield of variety together with the plant type mentioned above.