

육성연대가 다른 벼 품종들의 수량형질 연차간 변이와 안정성

이점호*[†] · 정국현* · 김홍열* · 양세준* · 최해춘*

*작물시험장

Yearly Variation and Stability of Yield Characters in Rice Varieties Released in Different Years

Jeom Ho Lee*[†], Kuk Hyun Jung*, Hong Yeol Kim*, Sae Jun Yang* and Hae Chune Choi*

National Crop Experiment Station, RDA, Suweon, 441-100, Korea

ABSTRACT : This study was carried out to evaluate yearly variation and stability of yield and yield components of fifteen rice varieties. Yield stability and universal variety parameter of rice varieties were utilized for statistical model developed by Stroikey, Grafius, and Finlay respectively. The lowest yearly variation based on coefficient of variation was found in Dasanbyeol for number of panicles/hill, in Jodongji for number of grains/panicle, in Yongmoonbyeol for ripened grain ratio, in Nagdongbyeol for 1,000 grain weight, and in Dasanbyeol for grain yield. Stability analysis by Stroikey and Johnson's model revealed that Ilpumbyeol, Hwaseongbyeol, Dongjinbyeol in Japonica type, and Andabyeol and Dasanbyeol in Tongil type had the higher stability above average. Universal varieties analyzed by Grafius model were Ilpumbyeol, Dongjinbyeol, Hwaseongbyeol, Nagdongbyeol, and Jodongji in Japonica, and Dasanbyeol and Samgangbyeol in Tongil type. Damageum, Dongjinbyeol, Hwaseongbyeol and Ilpumbyeol in Japonica, and Dasanbyeol and Yongmoonbyeol in Tongil type were found to be highly stable as analyzed by Finlay & Wilkinson's model. In conclusion, with reference to both grain yield and stability based on above three methods, Ilpumbyeol, Hwaseongbyeol, and Dongjinbyeol in Japonica, and Dasanbyeol in Tongil type were evaluated to be highly year-stable and high-yielding.

Keywords : rice, variety, yield, yield component, yearly variation, stability.

일반적으로 작물은 동일한 품종을 같은 장소에서 계속 재배하여도 기상요인이나 병해충등과 같은 환경조건에 따라서 연차별 생육특성이 다소 다르게 나타날 수 있다. 이러한 변화는 각각의 형질과 환경과의 교호작용에 의해 품종에 따라 그 반응이 다르게 나타날 수 있는데, 여러가지 환경변화에 대하

여 적응력이 있으면서 연차간 균일한 생산력을 나타내는 것이 바람직한 품종일 것이다. 지금까지 벼에서는 다양한 환경에 적응하는 품종을 선발하기 위해서 많은 시험이 수행되었다(Choi & Lee, 1976; Kim *et al.*, 1993).

수량은 여러형질들이 관여하여 하나로 나타나는 복합형질로서 환경에 많은 영향을 받으며 육종 선발과정에서 표현형을 보고 선발하는 경우가 대부분이다. 따라서 관련 형질들의 발현이 수량에 어떤 영향을 미치는가를 알기 위하여 많은 연구가 이루어졌다(Back *et al.*, 1993; Gravois & Mecnew, 1993; Kwak, 1993).

생산의 안정성은 지역환경과 기상조건, 토양, 병해충, 재배조건등 여러가지 요인하에서 우수한 생산력을 지속적으로 나타내는 능력이라 할 수 있다. 일부 연구자들은 품종의 안정성과 적응성을 계량적인 통계방법을 이용하여 평가 한 바 있다(Stroikey & Johnson, 1973; Choi & Lee, 1976; Grafius, 1976; Finlay & Wilkinson, 1983).

본 연구는 우리나라에서 1900년대 초부터 장려되어 재배되었던 벼 15품종을 6년간 같은 장소에서 동일 방법으로 재배하여 얻은 성적을 이용하여 수량과 수량구성요소를 분석하고, 또한 이들 품종에 대한 계량적인 통계방법을 이용하여 연차간 수량의 안정성을 Stroikey and Johnson(1973)과 Finlay and wilkinson(1983)의 방법으로 조사하고, Grafius(1976)의 Universal variety의 만족조건을 분석하였던 바 그 몇가지 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

본 실험은 1994년부터 1999년까지 6년간 작물시험장 벼 연구 포장에서 수행하였으며, 공시품종은 재래종, 도입종, 육성종으로 연대별로 재배면적이 높았던 대표적인 15품종을 공시하였다(Table 1).

각 품종들은 육성(도입) 연대별로 자포니카형은 I~III, 통일

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6817 (E-mail) ljh@rda.go.kr

<Received May 4, 2000>

Table 1. List of rice varieties used in the experiment and varietal groups based on the year of their release or introduction.

Varietal group by chronological order	Variety	Heading date	Culm length (cm)	Year of released or introduction	Varietal type
I Before the 1930's	Jodongji	Aug. 12	112	-	Japonica
	Damageum	Aug. 21	128	1912	"
	Jungsaengeunbangju	Aug. 13	98	1922	"
II During the 1940's~1970's	Paldal	Aug. 15	103	1941	"
	Jinheung	Aug. 15	88	1961	"
	Nagdongbyeo	Aug. 17	85	1975	"
III After the 1980's	Dongjinbyeo	Aug. 20	89	1981	"
	Hwaseongbyeo	Aug. 13	83	1985	"
	Ilpumbyeo	Aug. 20	76	1992	"
IV The 1970's	Tongil	Aug. 14	65	1971	Tongil
	Milyang 23	Aug. 14	74	1976	"
V The 1980's	Samgangbyeo	Aug. 10	81	1982	"
	Yongmoonbyeo	Aug. 7	74	1986	"
VI The 1990's	Dasanbyeo (Suweon 405)	Aug. 10	72	1995	"
	Andabyeo (Suweon 431)	Aug. 11	82	1999	"

형은 IV~VI그룹으로 구분하였다. 자포니카형은 1930년대 이전의 품종을 I그룹, 1940년대~1970년대 품종을 II그룹, 1980년대 이후 품종을 III그룹으로 구분하였고, 통일형은 1970년대 육성 품종을 IV그룹, 1980년대 육성 품종을 V그룹, 1990년대 육성 품종을 VI그룹으로 구분하였다.

재배법은 매년 동일한 방법으로 4월 23일에 산과상자에 파종하여 이앙은 5월 23일에 재식밀도 30×15 cm, 주당본수 3~4본으로 손이앙 하였다. 시비량(N-P₂O₅-K₂O)은 11-7-8 kg/10a을 사용하였으며, 질소는 기비(50%), 분얼비(30%), 수비(20%)로 분시하였다. 병해충 방제는 기본방제를 하였으며 주요 조사 항목은 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준 (1983)에

준하여 조사하였다.

수량과 수량구성요소의 연차간 변이를 분석하였고, Stroike and Johnson(1973)의 안정성 검정법을 이용하여 연차 안정성을 조사하였는데 Environmental Index와 각품종 수량과의 회귀계수 및 평균편차평방화(Deviction mean square)를 이용하였다. 또한 Grafius(1976)의 모델을 이용한 Universal variety의 만족조건을 조사하였는데, 수량구성요소 즉 X(주당수수), Y(수당총립수×등숙비율), Z(천립중)을 산출하여 환산한 후 $X+Y+Z \geq 3$ 이거나 $X \cdot Y \cdot Z \geq 1$ 의 조건이려면 연차변이가 적은 안정된 품종이라 판정하였다. 또한 Finlay and Wilkinson (1983)의 모델을 이용하여 연차 안정성을 조사하였는데 공식

Table 2. Yearly variation of yield and yield components of 15 rice varieties.

Varieties	No. of panicles/hill			No. of spikelets /panicle			Ripened grain ratio(%)			1,000-grain weight (g)			Milled rice yield (kg/10a)		
	Range	Mean	C.V. [†]	Range	Mean	C.V.	Range	Mean	C.V.	Range	Mean	C.V.	Range	Mean	C.V.
Jodongji	12-19	14.7	16.3	80-102	92	10.8	43-92	70	24.2	19.2-23.1	21.8	6.8	139-528	411	35.0
Damageum	11-15	13.2	9.8	51-103	83	22.8	45-92	73	24.6	20.1-24.0	21.1	7.1	219-442	340	27.3
Jungsaengeunangju	14-18	15.5	10.3	77-111	86	15.1	39-90	66	31.8	17.2-23.3	21.1	11.3	189-506	403	30.7
Paldal	13-17	14.8	13.5	62-104	85	17.6	35-95	69	44.9	18.9-23.8	21.8	9.1	165-493	375	35.2
Jinheung	12-18	14.0	16.4	62-127	91	25.2	38-85	66	39.3	19.0-24.2	22.7	8.8	167-550	446	31.8
Nagdongbyeo	14-19	15.8	13.9	62-106	88	17.0	41-96	77	28.6	19.2-21.5	20.6	3.8	235-553	450	25.1
Dongjinbyeo	13-16	14.3	10.5	66-125	92	21.7	68-97	86	15.1	20.9-23.6	22.2	4.5	292-564	487	20.1
Hwaseongbyeo	11-19	14.5	18.6	70-104	85	12.9	39-96	81	17.2	19.6-23.1	21.4	5.6	340-535	481	14.9
Ilpumbyeo	14-18	15.5	9.0	84-108	99	11.1	59-92	77	18.1	19.3-22.1	21.2	4.2	280-562	491	21.5
Tongil	13-16	14.7	8.2	96-139	114	15.7	37-74	61	29.5	20.3-24.7	23.1	6.4	237-590	492	27.0
Milyang 23	12-16	13.0	12.3	55-147	117	28.2	46-95	78	21.7	19.4-23.1	20.9	6.6	213-682	545	30.8
Samgangbyeo	13-16	14.2	9.1	79-142	124	18.5	48-96	83	20.4	17.1-21.3	19.1	7.3	395-698	597	18.5
Yongmoonbyeo	11-16	13.2	13.6	89-134	117	13.6	66-96	85	11.7	17.1-21.8	19.8	8.5	496-683	592	13.0
Dasanbyeo	12-14	12.8	7.0	95-157	123	16.2	64-87	79	12.6	21.6-24.1	23.0	4.3	599-728	652	6.5
Andabyeo	12-14	13.1	7.6	99-148	120	17.5	68-88	80	13.7	20.6-23.3	22.1	4.5	589-734	661	8.6

[†]Coefficient of variation (%).

품종의 10a당 수량을 X축으로 하고 전 품종의 평균치에 대한 각품종의 확정치와의 회귀계수 b값을 Y축으로하여 조사하였을 때 회귀계수가 1일때 평균안정성, 1보다 클수록 안정성이 낮으며, 1보다 작을수록 안정성이 높다고 판정하였다.

결과 및 고찰

품종별 수량구성요소 및 수량의 연차간 변이

수량구성요소 및 수량의 연차간 범위, 평균, 변이계수는 Table 2와 같이 품종에 따라 서로 다른 반응을 보였다.

주당수수에서 변이가 가장 작은 품종은 자포니카형에서 일품벼로 변이계수가 9.0%였으며 다음으로 다마금, 중생은방주였고, 통일형에서는 다산벼가 7.0%로 가장 작은 변이를 보였다. 반면 화성벼는 18.6%로 공시품종들 중에서 가장 큰 변이를 보

였다. 수당립수에서 변이가 가장 작은 품종은 자포니카형에서 조동지로 변이계수가 10.8%였고 진흥, 다마금, 동진벼는 20% 이상의 큰 변이를 보였다. 통일형에서는 용문벼가 13.6%로 가장 작은 변이를 보였다. 등숙비율에서 변이가 작은 품종은 자포니카형에서 동진벼, 화성벼, 일품벼 등이었으며, 통일형에서는 용문벼와 다산벼 등이었다. 반면 팔달은 공시품종 중에서 가장 큰 44.9%의 변이계수를 보였다. 천립중에서 변이가 작은 품종으로는 자포니카형에서 낙동벼, 일품벼, 동진벼 순이었으며, 변이가 큰 품종으로는 중생은방주가 13.3%로 가장 큰 변이계수를 보였다. 수량에서 변이계수가 가장 작은 품종으로는 자포니카형에서 화성벼로 14.9%였고 다음으로 동진벼, 일품벼 순이었으며 통일형에서는 다산벼가 6.5%로 가장 낮은 변이를 보였다. 반면 변이 폭이 컸던 품종으로는 자포니카형에서 팔달, 조동지, 진흥등이었고 통일형에서는 밀양23호와 통일이었다.

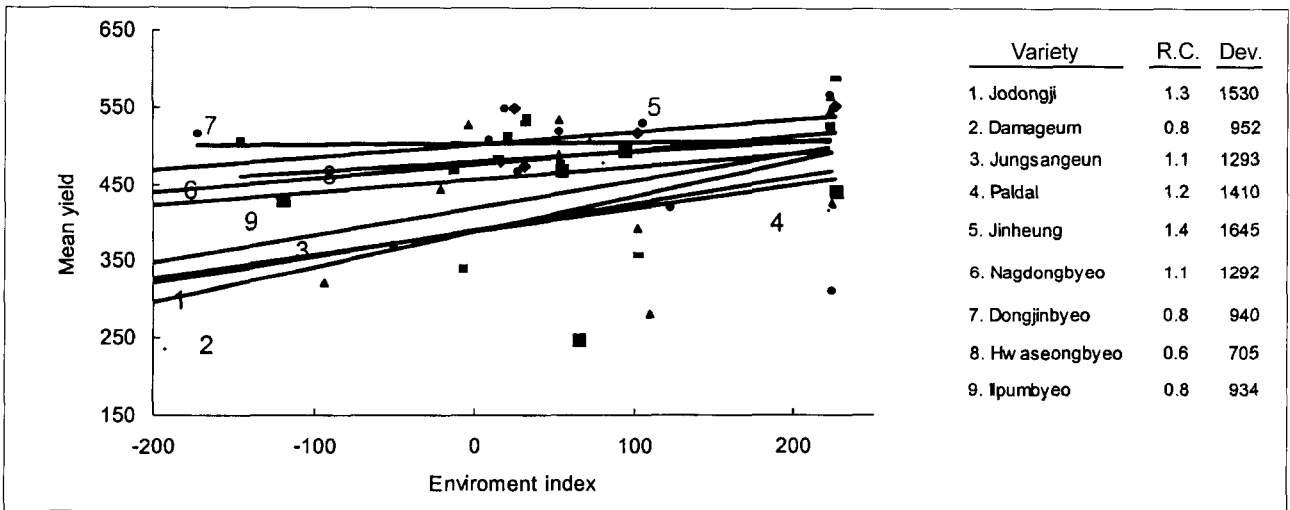


Fig. 1. Regression of yield of nine varieties (Japonica type) on environmental indexes of yearly trial.

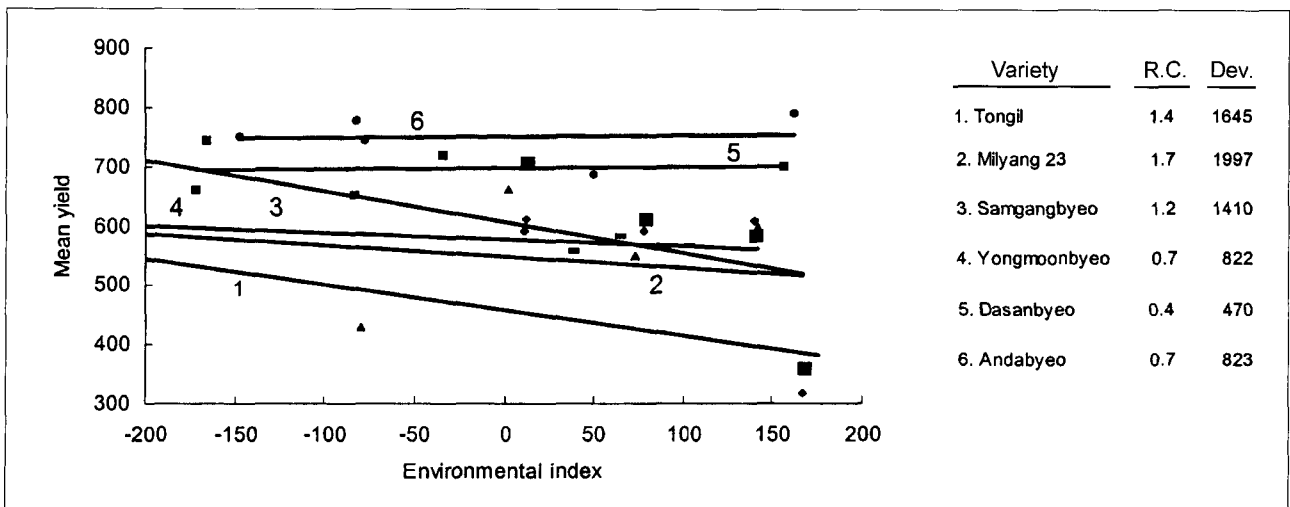


Fig. 2. Regression of yield of six varieties (Tongil type) on environmental indexes of yearly trial.

재배년차에 따른 품종의 안정성 검정

1. Stroike and Johnson의 안정성 검정

각품종의 연차 환경변이에 대한 수량의 안정성 척도를 Stroike and Johnson(1973)의 방법을 이용하여 조사한 결과 Fig. 1, 2와 같다.

각품종들은 평균수량에 대한 환경지수에 큰 차이가 있을 뿐 아니라 환경 생산력과 품종 수량과의 회귀계수 및 회귀에서 기인하는 평균편차평방화도 현저한 차이가 있음을 알 수 있다. 자포니카형에서 III그룹의 일품벼, 화성벼, 동진벼는 평균수량이 높으면서 회귀계수는 각각 0.8, 0.6, 0.8로 낮아 연차간의 수량차가 크지 않으며 평균편차평방화도 매우 작아 다른 품종에 비하여 연차간 안정적인 품종임을 알 수 있었다. 다마금은 회귀계수가 0.8로 낮아 연차간 안정적이었으나 수량성이 낮았으며, 진흥과 조동지는 수량성은 다마금에 비하여 높았으나 회귀계수가 높아 연차간 안정성이 낮은 경향을 보였다(Fig. 1). 통일형에서는 안다벼와 다산벼가 평균수량이 높으면서 회귀계수는 각각 0.7, 0.4로 낮아 연차간의 수량차가 크지 않으며 평균편차평방화도 매우 작아 다른 품종에 비하여 연차간 안정적인 품종임을 알 수 있었으나 밀양 23호와 통일은 수량성은 낮고 회귀계수는 높아 연차간 안정성이 낮았다(Fig. 2).

2. Grafius의 Universal variety의 만족조건 검정

수량은 수량구성요소가 증가할 때 증수되는 것이므로 몇 가지 수량구성요소의 연차간 성적을 가지고 그 값을 기하학적으로 해석하여 X(주당수수), Y(수당총립수 등숙비율), Z(등숙비율)를 산출한 후 그 값을 이용하여 Grafius(1976)의 Universal variety의 만족조건을 검정한 결과를 보면 Table 3과 같다.

공시된 15품종 가운데 universal variety의 만족 조건을 충족시키기 위하여 X, Y, Z의 합계치가 3보다 크고 X, Y, Z의 곱한 값이 1이상인 품종을 조사한 결과 자포니카형에서 I그룹

의 조동지, II그룹의 낙동벼, III그룹의 일품벼, 동진벼, 화성벼 등이었으며, 통일형에서는 V그룹의 삼강벼, VI그룹의 다산벼와 안다벼등이었다. 공시품종 중에서 수량성이 가장 높으면서 universal variety의 조건을 충족시키는 품종으로 자포니카형에서 일품벼, 동진벼, 화성벼 순이었으며 통일형에서는 안다벼, 다산벼, 삼강벼 순으로 나타났다. 이와같은 결과는 수량을 구성하는 각 형질들이 상호 보완적으로 작용하여 높은 수량성을 나타내는 것으로 생각되며 앞으로 육종현장에서 품종육성의 기초자료로서 교배모본이나 중간모본 선발시 이와 같은 방법으로 선발된 계통이나 품종을 이용할 수도 있을 것으로 생각된다.

3. Finlay and Wilkinson의 안정성 검정

이 방법은 Finlay and Wilkinson(1983)에 의하여 시도된 것으로 벼에서 환경조건이 다르더라도 품종 고유의 수량 능력을 안정되게 발휘하는 품종을 결정하는데 적용하였다.

Fig. 3은 각품종의 수량 반응을 연차간 생산력의 직선회귀계수로 표시한 안정성 검정으로 공시품종의 10a당 평균 수량을 X축으로 하고 전 품종의 평균치에 대한 각품종의 확정치와의 회귀계수 b값을 Y축으로 하여 각 품종의 연차간 안정성을 검정한 결과이다. 공시품종 중에서 수량이 높으면서 연차간 안정성이 높은 품종은 자포니카에서는 III그룹에 화성벼, 동진벼, 일품벼 등이었으며, 통일형에서는 V그룹의 용문벼, VI그룹의 다산벼와 안다벼등이 연차간 안정성이 높은 품종이었다. 반면 다마금은 수량성은 낮았으나 연차간 안정적인 적응성을 보였으며, 반대로 밀양23호와 삼강벼는 수량성은 높았으나 평균 안정성 이하인 것으로 나타났다.

이상 세가지 방법을 가지고 연차간 안정성을 검정한 결과 자포니카형에서 화성벼, 일품벼, 동진벼등 1980년대 이후에 육성된 품종들은 대체로 안정적이었고, 통일형에서도 안다벼와

Table 3. Yield components expressed as a rate of the mean for six year of each varieties.

Group	Varieties	X [†]	Y	Z	X+Y+Z	X · Y · Z	Yield (kg/10a)	Yield order
I	Jodongji	0.998	1.000	1.012	3.101	1.010	412	6
	Damageum	0.902	0.919	0.982	2.803	0.814	340	9
	Jungsangeunbangju	1.054	0.860	0.978	2.892	0.886	404	7
II	Paldal	1.007	0.836	1.011	2.854	0.851	375	8
	Jinheung	0.950	0.878	1.050	2.877	0.875	447	5
	Nagdongbyeo	1.074	1.030	0.957	3.061	1.058	451	4
III	Dongjinbyeo	0.976	1.227	1.033	3.236	1.237	487	2
	Hwaseongbyeo	0.981	1.078	0.993	3.052	1.051	481	3
	Ilpumbyeo	1.058	1.200	0.985	3.243	1.251	491	1
IV	Tongil	1.081	0.720	1.090	2.892	0.849	492	6
	Milyang 23	0.958	0.970	0.989	2.916	0.918	546	5
V	Samgangbyeo	1.044	1.079	0.903	3.026	1.018	597	3
	Yongmoonbyeo	0.968	1.033	0.933	2.934	0.933	592	4
VI	Dasanbyeo	0.948	1.013	1.085	3.046	1.042	652	2
	Andabyeo	0.991	1.011	1.031	3.033	1.033	661	1

[†]X : Number of panicles/hill, Y : (Number of grains/panicle × Ripened grain ratio)
Z : 1,000 grain weight.

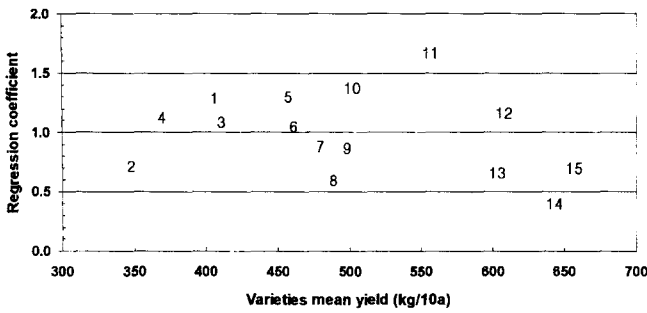


Fig. 3. The relationship of regression coefficients and variety mean yield. 1. Jodongji, 2. Damageum, 3. Jungsangeunbangju, 4. Paldal 5. Jinheung, 6. Nagdongbyeo, 7. Dongjinbyeo, 8. Hwaseongbyeo, 9. Ilpumbyeo, 10. Tongil, 11. Milyang 23, 12. Samgangbyeo, 13. Yongmoonbyeo, 14. Dasanbyeo, 15. Andabyeo.

다산벼 등 1990년대 이후에 육성된 품종들이 통일형 초기에 육성되었던 품종들보다 연차간 안정적인 것을 알 수 있었다.

이와 같은 수량의 안정성 검정을 위한 parameter로서 Stroike and Johnson(1973)의 방법 등 세 가지 계량 통계적인 평가 방법을 이용하였는데, 각품종의 연차간 수량반응을 생산력에 대한 통계적인 방법으로 표와 그림상의 좌표점을 가지고 각 품종들의 안정성을 평가함으로써 품종들이 가지는 특징을 해석할 수 있다는 점에서 좋은 방법이라 할 수 있다. 다만 여기에서 주의해야 할 것은 공시된 품종들의 종류와 수에 따라 환경 생산력이 좌우되므로 이를 기초로한 개개 품종의 평가가 강하게 영향받을 가능성이 있다는 것과 환경 요인중 어느 요인이 안정성에 크게 영향하였는지 명백하지 않다는 단점을 가지고 있다.

앞으로 벼의 제환경 조건에 대한 수량 안정성의 정밀한 해석에는 여러 가지 형질들 간의 발육단계별 생리, 생태를 기초로한 연구가 병행되어야 할 것으로 생각된다.

적 요

20세기에 재배되었던 우리나라 벼 품종 중에서 육성년대별로 비교적 널리 보급되었던 15개 품종에 대하여 수량구성요소를 분석하고 수량의 연차간 안정성을 검정한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 수량구성요소 가운데 연차간 변이가 가장 작은 품종은 주

당수수에서 다산벼, 수당립수에서 조동지, 등숙비율에서 용문벼, 천립중에서 낙동벼, 수량에서 다산벼였다.

2. Stroike and Johnson의 모델을 이용한 분석결과 자포니카에서 일품벼, 화성벼, 동진벼 통일형에서 안다벼, 다산벼가 평균 이상의 연차간 안정성을 보였다.

3. Grafius의 모델을 이용한 분석에서 universal variety의 만족조건을 충족시키는 품종으로는 자포니카에서 일품벼, 동진벼, 화성벼, 낙동벼, 조동지 등이었고, 통일형에서 다산벼와 삼강벼 등이었다.

4. Finlay and Wilkinson의 모델을 이용하여 안정성을 검정한 결과 자포니카에서 다마금, 동진벼, 화성벼, 일품벼 통일형에서 다산벼와 용문벼가 연차간 환경변이에 대하여 적응성이 높았다.

5. 이상의 3가지 검정방법으로 연차간 수량과 안정성을 추정하여 볼 때 공시품종중에 최근 육성 품종들이 높은 안정성과 수량성을 보이는 것으로 평가 되었다.

인용문헌

Back, J. H., S. S. Lee, and S. B. Hong. 1993. Growth and yield performance of paddy rice at different cultural methods. *Korean J. Crop Sci.* 37(6):550-556.

Choi, H. O. and J. H. Lee. 1976. Studies of evaluation of regional adaptability and yield stability of rice varieties. *RDA. J. Agri. Sci.* 16:17-33.

Finlay, K. W. and G. N. Wilkinson. 1983. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Austr. J. Agric. Res.* 14:742-754.

Grafius, I. E. 1976. Components of yield in oats: A geometrical interpretation. *Agric. J.* 48:419-423.

Gravois, K. A., and R. W. Mecnew. 1993. Genetic relationships among and selection for rice yield and yield components. *Crop Sci.* 33:249-252.

Kim, S. C., B. T. Jun, and S. K. Lee. 1993. Productivity and stability of high ridged dry seeded rice. *RDA. J. Agri. Sci.* 35(1):1-7.

Kwak, T. S. 1993. Environmental Mechanism on seeding stage and ripening period in labour saving direct sowing rice culture. *Korean J. Crop Sci.* 37(6):541-549.

RDA. 1983. Standard investigation methods for agricultural experiment. pp.453.

Stroike, J. E. and V. A. Johnson. 1973. Winter wheat cultivar performance in an international array of environments. *Nebr. Agr. Res. Bull.* 1-48.