

# 水稻产量及产量构成的稳定性和高产相关性分析

刘丽华<sup>1</sup>, 王新兵<sup>2</sup>, 汤凤兰<sup>3</sup>, 李红宇<sup>1</sup>,  
郑桂萍<sup>1</sup>, 左豫虎<sup>1</sup>

(1. 黑龙江八一农垦大学农学院, 黑龙江 大庆 163319; 2. 黑龙江省洪河农场, 黑龙江 同江 156332;  
3. 黑龙江省齐齐哈尔管理局种子管理局, 黑龙江 齐齐哈尔 161005)

**摘要:** 为了给干旱和半干旱地区水稻品种审定和推广应用提供科学依据, 将黑龙江省垦区 6 个水稻品种(系) 种植在 6 个不同生态点, 利用 AMMI 模型对水稻产量及产量构成因素(每穴穗数、穗粒数、千粒重、结实率) 进行了稳定性分析。结果表明: 基因型(G) × 环境(E) 对水稻产量和产量构成因素的影响明显; 本试验中的各水稻品种(系) 在不同地点种植, 产量和产量构成要素的稳定性存在差异, 垦稻 08-924 产量最稳定; 850 农场和军川农场较适合水稻进行区试试验; 二次枝梗数和穗长除与结实率、产量相关性不显著外, 与其他指标相关性均达到显著或极显著水平; 产量除与穗数达显著正相关外, 与其它性状均未达显著相关性。

**关键词:** AMMI 模型; 水稻; 产量及产量构成; 稳定性

**中图分类号:** S511.033 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)05-0084-05

## Stability of yield and yield components of rice and correlation analysis of high-yield related characters

LIU Li-hua<sup>1</sup>, WANG Xin-bing<sup>2</sup>, TANG Feng-lan<sup>3</sup>, LI Hong-yu<sup>1</sup>,  
ZHENG Gui-ping<sup>1</sup>, ZUO Yu-hu<sup>1\*</sup>

(1. College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319, China;

2. Honghe Farm, Tongjiang, Heilongjiang 156332, China; 3. Qiqihar Seed Management Bureau, Qiqihar, Heilongjiang 161005, China)

**Abstract:** In order to provide scientific basis for validation and application of rice varieties in arid and semi-arid areas, 6 rice varieties (lines) was planted in 6 different ecological sites in Heilongjiang Province to analyzed the stability of yield and yield components (spike per hole, grains per spike, 1000-grain weight, and seed setting rate) of rice by using AMMI model. The results showed that the interaction of genotype and environment (G × E) affected significantly on yield and yield components of rice. Under the condition of various rice varieties (lines) planted in different regions, the stability of yield and yield components was much different, in which the yield of Kendao 08-924 was the most stable. 850 Farm and Junchuan Farm were suitable for regional test of rice. The number of secondary rachis per spike and spike length were correlated with all characters at significant or extremely significant level, except for seed setting rate and yield. The rice yield was positively correlated with spike number at significant level, but it was not significantly correlated with other characters.

**Keywords:** AMMI model; rice; yield; yield component; stability

水稻产量的形成涉及生态环境和栽培技术措施等多项因素。因此, 研究不同环境条件下水稻产量的品种稳定性, 发掘对环境钝感的优质水稻品种(系), 是加快优质水稻品种培育与推广应用的有效途径, 尤其是在水分比较缺乏的干旱、半干旱地区,

对于科学有效的水稻选种育种工作更为重要, 既能达到节水增效, 又能为品种审定奠定良好的理论基础。作物品种区域化试验旨在鉴定品种的丰产性、稳定性和适应性。参加区试的品种在不同地点的产量表现往往是不一致的, 这表明品种的基因型和环

收稿日期: 2013-02-16

基金项目: 黑龙江省科技攻关重大项目(GA10B102); 黑龙江省农垦总局科技攻关项目(HNK11A-02-02); 黑龙江省重点学科群项目(2011-2015); 新农村科技服务计划项目(1251xnc109)

作者简介: 刘丽华(1979—), 女, 黑龙江省绥化人, 副教授, 博士研究生, 研究方向为水稻耕作与栽培。E-mail: llh1979\_2001@163.com。

通信作者: 左豫虎(1965—), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向为植物病理学。E-mail: zuoyuhu@163.com。

境互作效应的存在。前人在研究作物品种稳定性和基因型与环境互作方面做了大量工作,提出了众多的稳定性分析统计模型和方法<sup>[1-7]</sup>。近年来一种更为有效的反映加性主效应乘积交互作用(Additive main effects and multiplicative interaction)的模型,即 AMMI 模型,已开始被用于多年多点的区域试验资料的分析(Crossa et al. 1990, Zobel et al. 1988)。该模型与方差分析模型、线性回归模型相比,其应用范围更广且更有效,至今已被广泛应用于不同作物品种区试评价中<sup>[8-14]</sup>。AMMI 模型在干旱和半干旱地区水稻产量及产量构成方面的应用较少。本研究利用 AMMI 模型对 2011 年黑龙江省垦区旱地水稻区

试品种产量及产量构成因素和穗部性状进行分析,通过比较品种产量及产量构成因素相对稳定性参数  $D_i$  来评价参试品种的稳定性,比较试点相对稳定性参数  $D_j$  估计试点对品种的鉴别力,评价品种对试点的特殊适应性,以期为干旱地区水稻高产稳产、品种审定和推广应用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

本研究来源于 2011 年黑龙江省农垦水稻区域试验数据。参试品种 6 个,试点 6 个,试验品种(系)和小区平均产量及代码见表 1。

表 1 试验品种(系)和小区平均产量及代码

Table 1 Tested varieties(lines), average yield and plot code

参试品种(系) Test varieties(lines)			试验点 Test sites		
代码 Code	名称 Name	平均产量 Average yield/(kg·hm <sup>-2</sup> )	代码 Code	试验点(农场) Locations(farm)	平均产量 Average yield/(kg·hm <sup>-2</sup> )
g1	龙粳 20 Longjing 20	10812.74	e1	850 农场 850 Farm	10340.46
g2	饶选 06-06 Raoxuan 06-06	9242.82	e2	查哈阳农场 Chahayang Farm	9746.36
g3	垦稻 08-924 Kendao 08-924	10042.91	e3	军川农场 Junchuan Farm	10971.49
g4	北粳 9005 Beijing 9005	9295.59	e4	梧桐河农场 Wutonghe Farm	9495.64
g5	建 07-1023 Jian 07-1023	10288.21	e5	290 农场 290 Farm	8825.49
g6	空育 131 Kongyu 131	9414.33	e6	853 农场 853 Farm	9717.17

### 1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验采用随机区组设计,3 次重复,小区面积为 30 m<sup>2</sup>,行距和穴距分别为 30 cm 和 12 cm,N、P、K 施肥水平和田间管理均按黑龙江省农垦水稻区域试验方案统一实施。

1.2.2 测试项目与方法 成熟期收获前调查每小区除边行外长势均匀的 1 行穴穗数,每小区按平均穴穗数取有代表性的中等植株 6 穴,把每穴按穗长大小顺序排列,测定其大、中、小穗的穗长(分别简称为大长、中长、小长)、一次枝梗数(分别简称为大一、中一、小一)和二次枝梗数(分别简称为大二、中二、小二);考察各穴穗数、穗粒数、结实率及千粒重;计算各处理的理论产量。

1.2.3 统计方法 本研究采用 AMMI 稳定性分析统计模型,将方差分析和主成分分析有机地结合在一起,该模型具有如下形式<sup>[15]</sup>:

$$Y_{ger} = u + \alpha_g + \beta_e + \sum_{i=1}^n \lambda_n r_{gn} \delta_{en} + \theta_{ger}$$

式中,  $Y_{ger}$  是第  $g$  个基因型在第  $e$  个环境中第  $r$  次重复的观测值;  $u$  代表总体平均值;  $\alpha_g$  是基因型平均偏差(各个基因型平均值减去总的平均值);  $\beta_e$  是环境的平均偏差(各个环境的平均值减去总的平均值);

$\lambda_n$  是第  $n$  个主成分分析的特征值;  $\gamma_{gn}$  是第  $n$  个主成分的基因型主成分得分;  $\delta_{en}$  是第  $n$  个主成分的环境主成分得分;  $n$  是模型主成分分析中主成分因子轴的总个数;  $\theta_{ger}$  为误差。  $\sum_{i=1}^n \lambda_n r_{gn} \delta_{en}$  ( $= \lambda_n^{0.5} \lambda_{gn} \times \lambda_n^{0.5} \delta_{en}$ ) 即为所估算的基因型与环境交互作用( $G \times E$ ),  $\lambda_n^{0.5} \lambda_{gn}$  和  $\lambda_n^{0.5} \delta_{en}$  分别为基因型 G 和环境 E 交互作用的第  $n$  个交互作用主成分(IPCAn)。在所有显著的 IPCA 上有较小值的基因型或环境就为稳定的基因型或环境,因此,在 IPCA 双标图上越接近坐标原点的基因型或环境越稳定<sup>[1]</sup>。

参照吴为人的方法<sup>[10]</sup> 计算品种稳定性参数  $D_i$ 。它是指一个品种(或基因型)在交互作用主成分(IPCA)空间中的位置与原点的欧氏距离:

$$D_i = \sqrt{\sum_{i=1}^n \omega_n \gamma_{in}}$$

式中,  $n$  为显著的 IPCA 个数;  $\gamma_{in}$  为第  $i$  个基因型在第  $n$  个 IPCA 上的得分;  $\omega_n$  为权重系数,它表示每个 IPCA 所解释的平方和占全部 IPCA 所解释的平方和的比例。用  $D_i$  可以对所有基因型给出相应的定量指标,品种的  $D_i$  值越小,其稳定性越好。

数据分析采用 Microsoft Excel 2000 和 DPS 7.05<sup>[15]</sup>完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 水稻产量及产量构成的 AMMI 模型分析

各试点的方差同质性检验表明,各试验点数据误差同质,在此基础上对供试水稻产量及产量构成进行联合方差分析(表 2)。基因型、环境及其互作平方和占处理平方和的百分比(即 SS%)大小可以反映它们对不同品质性状影响的大小。分析结果表

表 2 水稻产量及产量构成的基因型和环境互作效应分析

Table 2 Analysis of genotype (G) and environment (E) interaction for rice yield and yield components

变异来源 Source of variance	自由度 df	穗数/穴 Spikes per hole		千粒重 1000-grain weight		穗粒数 Grains per spike		结实率 Seed setting rate		产量 Yield	
		SS%	F 值 F-value	SS%	F 值 F-value	SS%	F 值 F-value	SS%	F 值 F-value	SS%	F 值 F-value
		处理 Treatment	35	100	16.75**	100	27.31**	100	9.96**	100	5.36**
基因型 G	5	19.65	23.04**	65.05	124.34**	54.90	38.30**	38.63	14.49**	25.45	6.29**
环境 E	5	53.19	62.36**	17.20	32.89**	18.87	13.16**	15.22	5.71**	34.02	8.40**
G × E	25	27.16	6.37**	17.75	6.79**	26.23	3.66**	46.15	3.46**	40.53	2.00**
IPCA <sub>1</sub>	9	48.93	7.23**	57.90	4.52**	55.90	6.78**	63.53	15.94**	54.92	10.88**
IPCA <sub>2</sub>	7	31.00	5.90**	26.41	2.65*	33.27	5.19**	23.31	7.51**	26.36	6.71**
IPCA <sub>1</sub> + IPCA <sub>2</sub>	—	79.93	—	84.31	—	89.17	—	86.84	—	81.28	—
残差 Error	9	3.01	—	5.70	—	3.66	—	1.79	—	2.24	—

注: \* 和 \*\* 分别表示达 1% 和 5% 显著水平。SS%: 占相应总平方和的百分比。

Note: \* \* and \* : Significant at 1% and 5%, respectively. SS%: Percentage of corresponding total sum of squares.

### 2.2 水稻产量及产量构成指标稳定性分析

水稻产量及产量构成的基因型和环境互作效应分析  $F$  值表明(表 2),处理间产量构成因子和产量主成份因子除千粒重 IPCA<sub>2</sub> 差异达显著水平外,其它的主成份因子差异均达极显著水平。产量及产量构成指标的  $G \times E$  第 1 和第 2 个交互作用的主成分之和(IPCA<sub>1</sub> + IPCA<sub>2</sub>)已分别解释  $G \times E$  总变异平方和的 79.93%、84.31%、89.17%、86.84% 和 81.28%,明显大于 50%。因此,这两个 AMMI 分量代表的互作部分,能对产量及产量构成因素的稳定性做出准确判断。表 3 列出了 6 个品种(系)和 6 个地点的 IPCA<sub>1</sub>、IPCA<sub>2</sub> 及相应稳定性参数和  $D_i$  值。 $D_i$  值越小,品种(系)产量及产量构成要素的稳定性越好。6 个供试品种(系)中北粳 9005 的穗数/穴稳定性最好,饶选 06-06 最差,但各品种(系)间  $D_i$  值差异不大, $D_i$  值范围为 1.67~2.09;建 07-1023 的千粒重和结实率稳定性最强,且各  $D_i$  值均较小,范围分别为 0.69~1.60 和 0.03~0.31;穗粒数稳定性以空育 131 最优,饶选 06-06 稳定性最差, $D_i$  值范围为 0.69~4.89;而对于产量而言,垦稻 08-924 最

明,基因型 G 对千粒重和穗粒数影响最大,SS% 分别达到 65.05% 和 54.90%;环境 E 对每穴穗数的形成影响最大,SS% 为 53.19%; $G \times E$  对试验中结实率和产量的形成影响最大,SS% 分别为 46.15% 和 40.53%,对其它性状影响均为较大。从表 2 中还可以看出,产量及产量构成指标在品种(系)间、环境间差异及  $G \times E$  互作效应上均达到显著或极显著水平,故利用 AMMI 模型对产量及产量构成指标进行稳定性分析。

稳定,其次是饶选 06-06,最差是北粳 9005。

$D_j$  值可以比较各试验地点对品种产量和产量构成要素的鉴别力大小, $D_j$  值越大,说明鉴别力越强,反之,越弱,鉴别力强的农场更适宜作为区试地点。由表 3 可以看出,本试验中 6 个试点中,对穗数/穴、千粒重、穗粒数鉴别力最强的是 853 农场;对结实率鉴别力最强的是梧桐河农场,其次是 853 农场;对产量鉴别力最强的是 850 农场,其次是军川农场。

由于产量的  $G \times E$  前两个主成分之和已能解释 81.28% 的总变异(表 2),故以 IPCA<sub>1</sub> 为  $X$  轴,IPCA<sub>2</sub> 为  $Y$  轴建立的 AMMI 双标图(图 1)也能较好地反映品种的稳定性和地点的鉴别力。在 AMMI 双标图上越接近坐标原点品种(系)稳定性越好,越远离坐标原点的地点鉴别力越强,双标图反映的品种稳定性和地点的鉴别力大小与表 3 的分析结果是一致的。本试验中的各个产量构成要素的  $G \times E$  前两个主成分之和也均解释了 80% 以上的总变异,也均可用 AMMI 双标图来反映品种的稳定性和地点的鉴别力。

表 3 参试品种与地点产量及构成要素的稳定性参数

Table 3 The stability parameters of yield and yield components of tested varieties (lines) and test sites

代码 Code	品种(系) Varieties (lines)	穗数/穴 Spikes per hole			千粒重 1000-grain weight			穗粒数 Grains per spike			结实率 Seed setting rate			产量 Yield		
		IPCA <sub>1</sub>	IPCA <sub>2</sub>	D <sub>i</sub>	IPCA <sub>1</sub>	IPCA <sub>2</sub>	D <sub>i</sub>	IPCA <sub>1</sub>	IPCA <sub>2</sub>	D <sub>i</sub>	IPCA <sub>1</sub>	IPCA <sub>2</sub>	D <sub>i</sub>	IPCA <sub>1</sub>	IPCA <sub>2</sub>	D <sub>i</sub>
g1	龙粳 20 Longjing 20	-1.57	1.12	1.92	0.81	0.04	0.81	-0.14	1.66	1.67	0.02	0.10	0.11	-20.14	17.73	26.83
g2	饶选 06-06 Raouxuan 06-06	-2.02	-0.51	2.09	-1.54	-0.41	1.60	-4.64	-1.48	4.87	-0.21	-0.19	0.28	19.87	10.60	22.52
g3	垦稻 08-924 Kendao 08-924	1.78	0.34	1.82	0.57	-0.64	0.86	0.45	3.72	3.74	0.00	0.06	0.06	-13.83	-10.91	17.62
g4	北粳 9005 Beijing 9005	1.25	-1.10	1.67	0.00	0.96	0.96	3.40	-2.27	4.09	0.30	-0.10	0.31	34.65	-25.15	42.81
g5	建 07-1023 Jian 07-1023	-0.12	-1.72	1.73	-0.15	0.68	0.69	0.33	-1.47	1.51	-0.02	-0.02	0.03	10.39	26.76	28.71
g6	空育 131 Kongyu 131	0.68	1.88	2.00	0.31	-0.63	0.70	0.61	-0.16	0.63	-0.08	0.15	0.17	-30.93	-19.03	36.32
代码 Code	试验点 Test sites	IPCA <sub>1</sub>	IPCA <sub>2</sub>	D <sub>j</sub>	IPCA <sub>1</sub>	IPCA <sub>2</sub>	D <sub>j</sub>	IPCA <sub>1</sub>	IPCA <sub>2</sub>	D <sub>j</sub>	IPCA <sub>1</sub>	IPCA <sub>2</sub>	D <sub>j</sub>	IPCA <sub>1</sub>	IPCA <sub>2</sub>	D <sub>j</sub>
e1	850 农场 850 Farm	0.55	-0.42	0.69	-0.01	0.78	0.78	-2.16	1.81	2.82	0.14	-0.08	0.16	43.02	-13.99	45.23
e2	查哈阳农场 Chahayang Farm	0.65	-0.73	0.98	0.47	-1.14	1.24	-0.59	-2.83	2.90	-0.12	0.13	0.18	17.88	14.01	22.71
e3	军川农场 Junchuan Farm	-1.61	-1.29	2.07	-0.44	0.44	0.62	1.13	2.90	3.11	-0.05	-0.17	0.17	-7.47	36.82	37.57
e4	梧桐河农场 Wutonghe Farm	1.28	-0.96	1.60	0.83	0.35	0.90	-0.87	1.13	1.42	0.25	0.02	0.25	-14.97	-18.40	23.72
e5	290 农场 290 Farm	1.36	2.07	2.48	0.58	-0.08	0.59	-2.20	-2.03	3.00	-0.01	0.17	0.17	-25.05	-8.89	26.58
e6	853 农场 853 Farm	-2.23	1.33	2.59	-1.43	-0.34	1.47	4.69	-0.97	4.78	-0.20	-0.07	0.22	-13.41	-9.56	16.47

注:表中 IPCA<sub>1</sub> 和 IPCA<sub>2</sub> 栏的数字表示产量及构成要素的主成分值。

Note: The subscript number in IPCA<sub>1</sub> and IPCA<sub>2</sub> represents the principal component value of yield and yield components.

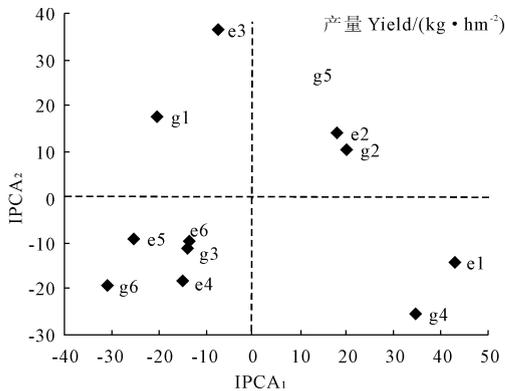


图 1 水稻产量的 AMMI 交互作用双标图

Fig.1 AMMI biplots (IPCA<sub>1</sub> - IPCA<sub>2</sub>) for yield of rice

品种在地点图标与原点连线上的垂直投影代表其在此试点的最大交互效应,在正向连线上的最大投影代表此品种(系)在此试点表现出最佳适应性,若垂直投影在地点和原点反向延长线上则表现不适应性。建 07-1023 在查哈阳农场、空育 131 在 853

农场、北粳 9005 在 850 农场、龙粳 20 在军川农场,这些图标与原点的连线有较大的垂直投影,表明这些品种(系)的产量在这些试点表现出最佳适应性。

### 2.3 水稻穗部性状、产量构成及产量相关性分析

直接着生在穗轴上、大于两粒的枝梗称一次枝梗;着生在一次枝梗上、大于两粒的枝梗称二次枝梗;穗长是指从穗颈节到顶端穗粒稻芒的长度。通过对寒地不同区域水稻大、中、小穗的穗部性状、产量构成及产量分别进行相关分析表明:一次枝梗数和二次枝梗数关系呈现极显著正相关;除小穗的一次枝梗数和穗长呈极显著正相关外,大、中穗的一次枝梗数和穗长均无显著相关性,但二次枝梗数和穗长相关性达到极显著水平;二次枝梗数与穗数、千粒重呈极显著负相关;穗长与穗数、千粒重呈显著或极显著负相关;穗数和千粒重呈显著正相关,与产量呈极显著正相关;穗粒数与一次枝梗数、二次枝梗数、穗长均呈显著正相关,与穗数、千粒数均呈显著负相关;结实率和千粒重呈极显著正相关。

表 4 产量、产量构成及穗部性状相关性分析

Table 4 Correlation analysis among yield, yield components and panicle traits

相关系数 Correlation coefficient	大一 PB	中一 PM	小一 PL	大二 SB	中二 SM	小二 SL	大长 LB	中长 LM	小长 LL	穗数 SPH	千粒重 TGW	穗粒数 GPS	结实率 SSR	产量 Y
大一 PB	1													
中一 PM	0.50**	1												
小一 PL	0.43**	0.40**	1											
大二 SB	0.24**	0.16*	0.1	1										
中二 SM	0.11	0.20**	0.14*	0.72**	1									
小二 SL	0.05	0.01	0.30**	0.48**	0.54**	1								
大长 LB	0.12	0.06	0.02	0.52**	0.45**	0.33**	1							
中长 LM	0.08	0.11	0.08	0.44**	0.51**	0.38**	0.84**	1						
小长 LL	0.12	0.09	0.29**	0.36**	0.46**	0.54**	0.70**	0.78**	1					
穗数 SPH	-0.13	-0.14*	-0.12	-0.42**	-0.45**	-0.33**	-0.15*	-0.15*	-0.25**	1				
千粒重 TGW	-0.07	0.03	0.05	-0.41**	-0.48**	-0.23**	-0.18*	-0.17*	-0.14*	0.15*	1			
穗粒数 GPS	0.32**	0.33**	0.31**	0.80**	0.81**	0.64**	0.49**	0.50**	0.52**	-0.55**	-0.46**	1		
结实率 SSR	-0.02	-0.11	0.06	-0.13	-0.13	0.03	0.01	0.04	0.13	0.02	0.24**	-0.13	1	
产量 Y	0.12	0.02	0.03	-0.1	-0.01	-0.05	-0.01	0.02	0.08	0.23**	0.11	-0.07	0.09	1

Note: PB: Primary rachis in big spike; PM: Primary rachis in middle spike; PL: Primary rachis in little spike; SB: Secondary rachis in big spike; SM: Secondary rachis in middle spike; SL: Secondary rachis in little spike; LB: Length of big spike; LM: Length of middle spike; LL: Length of little spike; SPH: Spike per hole; TGW: 1000 - grain weight; GPS: Grains per spike; SSR: Seed setting rate; Y: Yield.

### 3 结 论

1) 通过基因型与环境互作的 AMMI 模型分析可知:6 个参试水稻品种(系)在不同地点种植,产量和产量构成要素的稳定性存在差异, $G \times E$  对试验中结实率和产量的形成影响最大,SS% 分别为 46.15% 和 40.53%,对其它产量构成性状影响均为较大。总体来讲, $G \times E$  对水稻产量和产量构成因素的影响最大。

2) 生态环境不同,产量和产量构成要素的稳定性有差异,除了穗粒数稳定性参数  $D_i$  范围在 0.69 ~ 4.89 外,其他产量构成的稳定性参数  $D_i$  差异均较小,从产量稳定性参数  $D_i$  可知,垦稻 08 - 924 产量最稳定,其次是饶选 06 - 06,最差是北粳 9005。通过水稻产量的 AMMI 交互作用双标图分析可知,850 农场和军川农场的  $D_j$  值较大,对水稻产量的鉴别力较大,较适合水稻进行区试试验。

3) 在本试验条件下,二次枝梗数和穗长除与结实率、产量相关性不显著外,与其他指标相关性均达到显著或极显著水平;穗粒数除了和结实率、产量未达显著水平外,与所有指标间均达极显著相关;结实率除与千粒重呈极显著正相关外,与其它性状相关性均未达显著水平;产量除与穗数达显著正相关外,与其它性状均未达显著相关性。

### 4 讨 论

水稻稳产对国家粮食安全至关重要<sup>[16]</sup>。水稻品种稳定性和基因型与环境互动等诸多因素在不同程度上影响着水稻的产量。在分析品种稳定性的众多数学模型中,AMMI 模型分析效果最好<sup>[7]</sup>,利用此模型分析干旱、半干旱地区的水稻区域试验,在水稻育种、选种方面既节水,又高效。本试验中 AMMI 模型分析结果表明,生态环境不同,不同品种(系)产量和产量构成要素的稳定性有差异,但相关性是否显著有待于进一步研究,也是此模型有待于完善之处。此外,通过水稻产量的 AMMI 交互作用双标图分析可知,850 农场和军川农场的  $D_j$  值较大,对水稻产量的鉴别力较大,较适合水稻进行区试试验,这为黑龙江垦区水稻选择区试点提供理论依据,同时也为干旱、半干旱地区的水稻生产提供技术支撑。

增加穗粒数和千粒重是超高产品种高产的直接原因,尤其在高产条件下关系更为密切<sup>[17]</sup>。本试验条件下,产量和穗粒数和千粒重相关性均未达显著水平,这可能是试验误差导致的,也有可能是由于本区试试验未达到水稻高产的条件,有待于进一步研究。穗粒数与所有指标间均达极显著相关,说明穗粒数对结实率和产量影响不显著,但与所有穗型的一次枝梗数和二次枝梗数、穗长、穗数和千粒重关系密切。

(下转第 94 页)

高马铃薯的地上生物量和大中薯率,是一项高产出的农业栽培技术。而此项技术对以地上产量为主的作物产量及耕作层土壤养分的影响正在进一步的研究中。

**致谢:**感谢郭志彬博士、金胜利高级农技师对野外试验的帮助。

#### 参考文献:

- [1] 杜世平,王留芳,龙明秀.宁南山区旱地紫花苜蓿土壤水分及产量动态研究[J].草业科学,1999,16(1):12-17.
- [2] 黄乾,赵蛟,谭媛媛,等.北方农业雨水利用实践与发展前景展望[J].节水灌溉,2006,4(4):22-25.
- [3] Zhao S L, Li F M, Wang, J. Discussion on development of water-harvested agriculture in semi-arid region Northwest China[J]. Acta Botan Boreali-Occidental Sin, 1995,15(8):9-12.
- [4] 林茂兹,王静,雷新周.地槽贮水及其对土壤水分的影响[J].四川水利,2004,(增刊):86-89.
- [5] A Ramakrishna, Hoang Minh Tam, Suhas P Wani, et al. Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam[J]. Field Crops Research, 2006,95:115-125.
- [6] Wang X L, Li F M, Jia Y, et al. Increasing potato yields with additional water and increased soil temperature[J]. Agric. Water Manag, 2005,78:181-194.
- [7] 张海云,王振同,路广平,等.秸秆深埋蓄水抗旱耕作技术研究

[J].山西水土保持科技,2001,(2):23-25.

- [8] 林茂兹,王静,周丽敏.地槽贮水对春小麦生长与产量的影响[J].草业科学,2006,15(5):52-58.
- [9] 秦舒浩,张俊莲,王蒂,等.半干旱雨养农业区集雨补灌对马铃薯田水分运移的影响[J].水土保持学报,2011,25(4):179-182.
- [10] 张信宝,安芷生.减少地面蒸发,充分利用降水资源——黄土高原旱坡地生态农业的思考[J].水土保持通报,1997,17(1):57-62.
- [11] 张信宝,朱波,张建辉,等.地下地膜截水墙——一种新的节水农业技术[J].山地学报,1999,(5):115-118.
- [12] 张德奇,廖允成,贾志宽.旱区地膜覆盖技术的研究进展及发展前景[J].干旱地区农业研究,2005,23(1):208-213.
- [13] 刑恩荣.地膜覆盖对土壤及玉米产量的影响[J].土壤,1989,20(3):156-157.
- [14] 李志军,简毓峰,赵爱萍.旱地大豆垄沟周年覆膜栽培水肥效应研究[J].中国生态农业学报,2007,15(3):61-74.
- [15] Liu C A, Li F R, Zhou L M, et al. Effect of organic manure and fertilizer on soil water and crop yields in newly-built terraces with loess soils in a semi-arid environment[J]. Agricultural Water Management, 2013,117:123-132.
- [16] 王俊,李凤民,宋秋华.地膜覆盖对土壤水温和春小麦产量形成的影响[J].应用生态学报,2003,14(2):205-210.
- [17] 山仓,陈国良.黄土高原旱地农业的理论与实践[M].北京:科学出版社,1993.
- [18] 贾昕,杨兴中,潘晓云,等.喜旱莲子草营养繁殖特征对干扰的响应[J].生物多样性,2008,16(3):229-235.

(上接第 88 页)

穴穗数与穗粒数呈极显著负相关,说明二者间是相互制约的,穗粒数是建立在穴穗数之上的,此结论与陈温福<sup>[18]</sup>和李金峰<sup>[19]</sup>的研究结论一致。在本试验条件下,二次枝梗数除与结实率、产量相关性不显著外,与其他指标相关性均达到显著或极显著水平,说明二次枝梗数与除结实率外的产量构成因素及不同穗型的一次枝梗数和穗长关系密切,水稻穗部一次枝梗数和二次枝梗数方面的研究未见报道。另外,本试验条件下,水稻产量除与穗数达显著正相关外,与其它性状均未达显著相关性,此结论有待于进一步探讨。

#### 参考文献:

- [1] 蒋开锋,郑家奎,赵甘霖.杂交水稻产量性状稳定性及其相关性研究[J].中国水稻科学,2001,15(1):67-69.
- [2] 吴元奇,潘光堂,荣廷昭.作物稳定性研究进展[J].四川农业大学学报,2005,23(4):482-489.
- [3] 胡秉民,耿旭.作物稳定性分析法[M].北京:科学出版社,1993.
- [4] 张群远,孔繁玲.作物品种区域试验统计分析模型比较[J].中国农业科学,2002,35(4):365-371.
- [5] Piepho H P. Stability analysis using the SAS system[J]. Agronomy Journal, 1999,91(1):154-160.
- [6] 冀建华,刘光荣,李祖章,等.基于 AMMI 模型评价长期定位施肥对双季稻总产量稳定性的影响[J].中国农业科学,2012,45

(4):685-696.

- [7] 胡希远,尤海磊,宋喜芳.作物品种稳定性分析不同模型比较[J].麦类作物学报,2009,29(1):110-117.
- [8] 刘文江,李浩杰,汪旭东.用 AMMI 模型分析杂交水稻基本性状的稳定性[J].作物学报,2002,28(4):569-573.
- [9] 胡希远,尤海磊,宋喜芳.作物品种稳定性分析不同模型比较[J].麦类作物学报,2009,29(1):110-117.
- [10] 吴为人.对基于 AMMI 模型的品种稳定性分析方法的一点改进[J].遗传,2000,22(1):31-32.
- [11] 余本勋,张时龙,何友勋,等. AMMI 模型在水稻品种稳定性和适应性评价中的应用[J].贵州农业科学,2010,38(2):64-66.
- [12] 姚霞,李伟,颜泽洪. AMMI 模型在小麦区域试验产量组成性状分析中的应用[J].麦类作物学报,2005,(6):103-107.
- [13] 高海涛,王书子,王翠玲. AMMI 模型在旱地小麦区域试验中的应用[J].麦类作物学报,2003,23(4):43-46.
- [14] 张群远,孔繁玲.作物品种区域试验统计分析模型比较[J].中国农业科学,2002,35(4):365-371.
- [15] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002.
- [16] 曹凑贵,蔡明历,张似松,等.湖北省水稻生产状况及技术对策[J].湖北农业科学,2004,(4):28-30.
- [17] 张学军,徐正进.水稻个别产量构成要素与产量的相关分析[J].沈阳农业大学学报,2003,34(5):362-364.
- [18] 陈温福,徐正进,张龙步.水稻超高产育种[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,2003.
- [19] 李金峰,钱永德,吕艳东,等.空育 131 高产群体的产量构成和分蘖利用[J].沈阳农业大学学报,2004,35(4):308-312.