

# 苦瓜主要经济性状的遗传及其与环境互作效应

张长远<sup>\*</sup>, 罗剑宁, 何晓莉, 郑晓明, 罗少波

(广东省农业科学院蔬菜研究所, 广州 510640)

**摘要:** 利用加性—显性—环境互作遗传模型, 分析了 7 个苦瓜亲本及其 21 个  $F_1$  代在春、秋两个栽培季节 8 个经济性状的数据, 估算了各项遗传方差分量。结果表明, 单株前期产量 (单株前产)、单瓜质量、果实纵径、果实横径、果肉厚和果形指数等 6 个性状主要由加性效应控制, 加性方差的比率分别为 45.2%、70.7%、89.4%、38.1%、41.2% 和 22.0%, 均达极显著水平; 单株产量和单株结果数则以加性  $\times$  环境效应占优势 (加性  $\times$  环境方差的比率分别为 24.5% 和 38.1%)。除单株结果数外, 其余性状的普通狭义遗传率和普通广义遗传率均达到极显著水平; 单株结果数的互作狭义和互作广义遗传率最高, 也达到了极显著水平。

**关键词:** 苦瓜; 经济性状; 基因型; 环境; 互作

**中图分类号:** S 642.5    **文献标识码:** A    **文章编号:** 0513-353X (2009) 12-1761-06

## Analysis of Genetic $\times$ Environment Effect for the Main Economic Traits in Bitter Melon (*Momordica charantia* L.)

ZHANG Chang-yuan<sup>\*</sup>, LUO Jian-ning, HE Xiao-li, ZHENG Xiao-ming, and LUO Shao-bo

(Institute of Vegetable Research, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** The genetic effects of main traits in bitter melon were analysed by using genotype  $\times$  environment interaction model with 7 inbred lines and their 21 hybrids culturing in spring and autumn. The results indicated that most tested traits including early fruit yield per plant (efy), fruit weight (fw), fruit length (fl), fruit diameter (fd), pericarp thickness (pt), index of fruit shape (ifs) were mainly controlled by the additive effects, their proportion of additive variances in phenotypic effective accountive was 45.2%, 70.7%, 89.4%, 38.1%, 41.2% and 22.0% respectively, all of which were significant at 0.01 level; However, fruit yield per plant (fy) and fruit number per plant (fn) were significantly more impacted by additive  $\times$  environment interaction than that by additive effects, the variance proportion of which were 24.5% and 38.1%. All the economic traits influenced by dominance or dominance  $\times$  environment, but their variance proportion was smaller compared to additive or additive  $\times$  environment. General heritabilities in the narrow and broad sense were significant at 0.01 level for all traits except fn. Interaction heritabilities in the narrow and broad sense for fn were the highest in those of the investigated traits and significant at 0.01 level.

**Key words:** bitter melon; economic trait; genotype; environment; interaction

苦瓜 (*Momordica charantia* L.) 起源于热带亚热带地区, 现广泛分布于热带、亚热带和温带地区, 其中以我国南方地区、印度、东南亚国家栽培最为普遍。各地在注重品种改良的基础上, 对其相关农艺性状的遗传基础研究也在不断加强。张玉灿等 (2006) 对苦瓜经济性状的遗传特点进行了观

收稿日期: 2009 - 08 - 18; 修回日期: 2009 - 11 - 11

基金项目: 广东省农业科技攻关项目 (2007A020200005); 农业部公益性行业科研专项 (nyhyzx07-007); 广州市科技攻关项目 (2006Z2-E0061); 广东省自然科学基金项目 (05006216); 国家产业技术体系资金项目

<sup>\*</sup> E-mail: cyzcy@yahoo.com.cn

察,许多学者针对苦瓜不同的农艺性状或产量相关性状开展了遗传分析 (Deepali et al, 1998; Ram et al, 2000; 胡开林和付群梅, 2001; 胡开林等, 2002; Rajeswari & Natarajan, 2002; Kutty & Dharmatti, 2004; 刘政国等, 2006; Raj et al, 2006; 栗建文等, 2007; 余中伟和向长萍, 2008)。

由于试验材料、试验环境等的差异,上述研究结果呈多样化,且均在单一环境下进行,并没有考虑基因型与环境的互作效应等。基因型与环境互作是一种普遍的生物现象 (吴吉祥和朱军, 1994)。基因型效应在不同环境条件下偏离其遗传效应的表现称为基因型  $\times$  环境互作效应,在棉花 (贾赵东等, 2006)、水稻 (陈建国和朱军, 1998; Bao et al, 2006)、烟草 (肖炳光等, 2006)等作物上得到了广泛研究,但在蔬菜作物的研究中利用很少 (曾国平和曹寿椿, 1997; 杨家付等, 2004),在苦瓜上尚未见到报道。

本研究中利用 7 个苦瓜自交系亲本材料,采用双列杂交设计,通过春、秋两季的环境差异,应用基因型与环境互作模型对苦瓜主要经济性状的遗传效应及其对环境的反应进行分析,以便为苦瓜新品种的选育和杂种优势利用提供理论参考。

## 1 材料与方法

试验采用 7 个高代自交系亲本材料 (P1 ~ P7),其中 P4 属于大顶苦瓜类型,其余 6 个属于滑身苦瓜 (油瓜) 类型。

采用 Griffing 双列杂交法 4, 2003 年春季配制 21 个杂交组合,2003 年秋季和 2004 年春季将 21 个  $F_1$  及 7 个亲本种植于广东省农业科学院白云基地。完全随机区组排列,3 次重复,小区面积 20 m<sup>2</sup>,畦长 10 m,畦宽 2 m (均包沟),株距 70 cm,每畦 2 行,每小区定植 24 株,育苗移栽。田间按常规管理。考察性状包括单株总产量、单株前期产量 (前产)、单株结果数、单瓜质量、果实纵径、果实横径、果肉厚、果形指数等 8 个,性状的调查从第一次收获开始,逐次记录小区产量、瓜条数至最后一次采收,期中盛收期进行相关果实性状的调查。性状表型值的测量和记载参照向长萍等 (2001) 和广东省苦瓜区域试验标准。

试验数据分析参照朱军 (1997) 的方法,采用 QGA Station 软件 (<http://ibi.zju.edu.cn/software/QGA.htm>) 中农艺性状的基因型与环境互作效应的加性—显性 (AD) 遗传模型和统计方法进行:采用最小范数二阶无偏估算法 (MNQUE 法) 估算各性状的加性、显性、加性  $\times$  环境、显性  $\times$  环境及剩余方差、表型方差,用调整无偏预测法 (AUP) 预测和分析亲本在各性状上的遗传效应值。采用 Jackknife 的方法,以区组为重复抽样单位,计算各性状遗传参数的标准误,并用  $t$  测验检验各遗传参数的显著性。遗传率按下列公式计算:普通狭义遗传率:  $h_N^2 = V_A / V_P$ ; 普通广义遗传率:  $h_B^2 = (V_A + V_D) / V_P$ ; 交互狭义遗传率:  $h_{NE}^2 = V_{AE} / V_P$ ; 交互广义遗传率:  $h_{BE}^2 = (V_{AE} + V_{DE}) / V_P$ 。式中:  $V_A$ 、 $V_D$ 、 $V_{AE}$ 、 $V_{DE}$  和  $V_P$  分别为加性方差、显性方差、加性  $\times$  环境方差、显性  $\times$  环境方差和表型方差。

## 2 结果与分析

### 2.1 亲本及其杂种一代主要性状的表现

由表 1 可见,8 个考察性状中,亲本和  $F_1$  在春秋两季中的平均表现并不一致:单株产量、单株结果数、果实纵径、果形指数等性状表现为春季优于秋季,单株前产、果实横径则表现秋季优于春季,而单瓜质量和果肉厚则在亲本间是春季表现优于秋季, $F_1$  是秋季稍优于春季。该差异应该是由春秋季节苦瓜生长发育环境不同及肥水供应的差异造成的,但也可能存在基因型与环境的互作效应。

表 1 苦瓜亲本和  $F_1$  各性状在春秋两季中的表现平均值

Table 1 Phenotypic value of parents and hybrids for traits in autumn and spring in bitter gourd

季节 Season	世代 Generation	单株产量 / kg Fruit yield	单株前产 /g Early fruit yield	单株结果数 Fruit number	单瓜质量 /g Fruit weight	果实纵径 /cm Fruit length	果实横径 /mm Fruit diameter	果肉厚 /mm Pericarp thickness	果形指数 Index of fruit shape
秋季 Autumn	亲本 Parents	1.33 (0.46)	114.43 (81.56)	6.00 (1.32)	308.67 (68.05)	22.90 (6.06)	60.46 (7.08)	9.62 (0.64)	3.88 (1.16)
	杂种 $F_1$ Hybrid	1.44 (0.30)	162.43 (53.10)	6.23 (0.93)	330.24 (76.86)	24.43 (4.85)	59.22 (4.99)	9.88 (0.78)	4.16 (0.93)
春季 Spring	亲本 Parents	2.26 (0.29)	112.91 (99.17)	9.46 (1.36)	319.90 (76.94)	25.79 (6.87)	58.71 (6.00)	9.81 (0.42)	4.48 (1.31)
	杂种 $F_1$ Hybrid	2.66 (0.21)	151.84 (85.94)	10.64 (1.45)	329.89 (50.78)	26.17 (4.99)	58.04 (2.70)	9.84 (0.43)	4.53 (0.86)
平均 Average	亲本 Parents	1.80 (0.34)	113.72 (88.45)	7.74 (1.02)	314.43 (71.34)	24.35 (6.43)	59.58 (6.49)	9.71 (0.51)	4.19 (1.24)
	杂种 $F_1$ Hybrid	2.05 (0.20)	157.19 (5.49)	8.44 (0.93)	330.24 (61.27)	25.30 (4.61)	58.63 (3.29)	9.86 (0.58)	4.33 (0.85)

注: 括号内为标准误。

Note: SE is in bracket

## 2.2 主要经济性状的遗传方差分量

由表 2 可知, 苦瓜单株前产、单株产量和单株结果数 3 个性状基本以加性方差和加性  $\times$  环境方差为主, 这两种方差均达显著水平, 而受显性效应和显性  $\times$  环境效应影响较小, 其中单株前产未能检测到显性  $\times$  环境效应; 从遗传主效应的方差比率来看, 单株前产明显由加性效应控制, 其加性方差的比率为 45.2%, 达极显著水平, 表明单株前产在不同环境中表现相对比较一致; 而单株产量和单株结果数则以加性  $\times$  环境效应更占优势 (加性  $\times$  环境方差的比率分别为 24.5% 和 38.1%, 也均达极显著水平), 因此, 这两个性状在不同环境下利用杂种优势或对后代进行选择时效果不尽一致。

单瓜质量以加性方差和显性  $\times$  环境方差为主, 二者与表型方差的比率均达极显著水平, 但加性方差的比率达 70.7%, 显性  $\times$  环境方差的比率为 12.6%; 果实纵径、横径、肉厚和果形指数均主要由加性效应控制, 加性方差占表型方差的比率分别为 89.4%、38.1%、41.2% 和 22.0%, 均达极显著水平, 虽然果实纵径也受显性效应和显性  $\times$  环境效应影响, 肉厚也受显性效应和加性  $\times$  环境效应影响, 并且达显著水平, 但其占表型方差的比率均较小。上述各性状的剩余方差占表型方差的比率均达极显著水平, 表明苦瓜产量和果实性状均易受环境因素影响。

表 2 苦瓜经济性状的遗传方差分量比值的估算值

Table 2 Estimated proportions of variances components of economic traits in bitter gourd

方差分量 Variances components	单株前产 Early fruit yield	单株产量 Fruit yield	单株结果数 Fruit number	单瓜质量 Fruit weight	果实纵径 Fruit length	果实横径 Fruit diameter	果肉厚 Pericarp thickness	果形指数 Index of fruit shape
$V_A$	4 008.810 <sup>**</sup>	0.025 <sup>*</sup>	0.253 <sup>+</sup>	3 419.890 <sup>**</sup>	23.933 <sup>**</sup>	13.935 <sup>**</sup>	0.205 <sup>**</sup>	0.848 <sup>**</sup>
$V_D$	547.416 <sup>+</sup>	0.012 <sup>*</sup>	0.049 <sup>+</sup>	65.109 <sup>+</sup>	0.500 <sup>*</sup>	0	0.056 <sup>*</sup>	0
$V_{AE}$	527.800 <sup>*</sup>	0.033 <sup>**</sup>	0.862 <sup>**</sup>	0	0	0	0.053 <sup>*</sup>	0
$V_{DE}$	0	0.012 <sup>+</sup>	0.170 <sup>+</sup>	609.031 <sup>**</sup>	1.000 <sup>**</sup>	2.569 <sup>*</sup>	0	0.136 <sup>*</sup>
$V_R$	3 787.210 <sup>**</sup>	0.053 <sup>*</sup>	0.932 <sup>*</sup>	740.816 <sup>*</sup>	1.345 <sup>**</sup>	20.070 <sup>+</sup>	0.183 <sup>**</sup>	2.877
$V_P$	8 871.240 <sup>**</sup>	0.134 <sup>**</sup>	2.266 <sup>**</sup>	4 834.840 <sup>**</sup>	26.778 <sup>**</sup>	36.574 <sup>*</sup>	0.496 <sup>**</sup>	3.861 <sup>+</sup>
$V_A / V_P$	0.452 <sup>**</sup>	0.184 <sup>**</sup>	0.111 <sup>+</sup>	0.707 <sup>**</sup>	0.894 <sup>**</sup>	0.381 <sup>**</sup>	0.412 <sup>**</sup>	0.220 <sup>**</sup>
$V_D / V_P$	0.062	0.089 <sup>+</sup>	0.021	0.013	0.019 <sup>*</sup>	0	0.113 <sup>*</sup>	0
$V_{AE} / V_P$	0.059 <sup>*</sup>	0.245 <sup>**</sup>	0.381 <sup>**</sup>	0	0	0	0.106 <sup>*</sup>	0
$V_{DE} / V_P$	0	0.086	0.075	0.126 <sup>**</sup>	0.037 <sup>**</sup>	0.070	0	0.035
$V_R / V_P$	0.427 <sup>**</sup>	0.396 <sup>**</sup>	0.412 <sup>**</sup>	0.153 <sup>**</sup>	0.050 <sup>**</sup>	0.549 <sup>**</sup>	0.368 <sup>**</sup>	0.745 <sup>**</sup>

注:  $V_A$ 、 $V_D$ 、 $V_{AE}$ 、 $V_{DE}$ 、 $V_R$ 、 $V_P$  分别表示加性方差、显性方差、加性  $\times$  环境方差、显性  $\times$  环境方差、剩余方差和表型方差。+、\*、\*\* 分别表示 10%、5%、1% 显著水平。下同。

Note:  $V_A$ ,  $V_D$ ,  $V_{AE}$ ,  $V_{DE}$ ,  $V_R$ ,  $V_P$  represent variances of additive, dominance, additive  $\times$  environment, dominance  $\times$  environment, residual and phenotypic effective, respectively. +, \* and \*\* indicate significance at 0.1, 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively. The same below.

### 2.3 供试亲本经济性状的遗传效应

从表 3 中看出, 在加性效应方面, P4、P6、P7 等 3 个亲本具有能使单株前期产量增加的加性效应值, 其中以 P7 亲本贡献值最大, 并达到了极显著水平, P4 亲本次之, 贡献值也达到了显著水平; 但同时这 3 个亲本却也引起单瓜质量和果实纵径显著降低, 其余 4 个亲本则均能使单瓜质量和果实纵径显著提高, 其中以 P5 亲本最强。能使单株总产量显著增加的加性效应, 只有 P1 和 P2 亲本。结果数的加性正效应只有 P7 亲本达到极显著水平。果实横径的加性正效应只有 P4 亲本达到极显著水平, 而 P7 亲本达到极显著的负效应水平。P5 亲本对果肉厚和果形指数的加性效应均最大, 分别达到极显著和显著水平; P7 亲本则显著降低果肉厚, P4 亲本则显著降低果形指数。

表 3 供试亲本经济性状的加性效应 ( $A_i$ ) 和显性效应 ( $D_{ii}$ ) 的预测值

Table 3 Predictable values of additive and dominance effects of economic traits in bitter gourd parents

亲本 Parent	遗传效应 Parameter	单株前产 Early fruit yield	单株产量 Fruit yield	单株结果数 Fruit number	单瓜质量 Fruit weight	果实纵径 Fruit length	果实横径 Fruit diameter	果肉厚 Pericarp thickness	果形指数 Index of fruit shape
P1	$A_i$	- 27.484 <sup>**</sup>	0.208 <sup>**</sup>	0.403 <sup>+</sup>	31.103 <sup>**</sup>	2.038 <sup>**</sup>	0.790 <sup>*</sup>	- 0.044	0.152
	$D_{ii}$	- 41.807	- 0.089 <sup>*</sup>	- 0.171	- 7.956	- 0.543	-	- 0.203	-
P2	$A_i$	- 21.730 <sup>*</sup>	0.067 <sup>**</sup>	- 0.047	33.779 <sup>**</sup>	2.020 <sup>**</sup>	0.158	0.187 <sup>*</sup>	0.522
	$D_{ii}$	- 20.971	- 0.095	- 0.181	- 7.035	- 0.460	-	- 0.234 <sup>**</sup>	-
P3	$A_i$	- 36.036 <sup>**</sup>	0.003	- 0.165	20.235 <sup>**</sup>	2.298 <sup>**</sup>	- 0.360 <sup>*</sup>	- 0.089	0.284 <sup>+</sup>
	$D_{ii}$	- 17.478 <sup>+</sup>	- 0.116 <sup>+</sup>	- 0.215	- 3.960	0.103	-	- 0.099	-
P4	$A_i$	24.653 <sup>*</sup>	- 0.118 <sup>**</sup>	0.157	- 64.196 <sup>**</sup>	- 6.725 <sup>**</sup>	5.118 <sup>**</sup>	- 0.225 <sup>*</sup>	- 1.404 <sup>**</sup>
	$D_{ii}$	- 52.588 <sup>+</sup>	- 0.275 <sup>*</sup>	- 0.497	- 2.313	- 0.742 <sup>*</sup>	-	0.046	-
P5	$A_i$	- 48.209 <sup>**</sup>	- 0.100 <sup>*</sup>	- 0.680 <sup>*</sup>	39.955 <sup>**</sup>	3.054 <sup>**</sup>	- 0.579	0.617 <sup>**</sup>	0.434 <sup>*</sup>
	$D_{ii}$	- 13.327	- 0.138 <sup>*</sup>	- 0.140	- 6.688	- 0.490 <sup>**</sup>	-	- 0.344 <sup>*</sup>	-
P6	$A_i$	36.389	- 0.046 <sup>**</sup>	0.057	- 21.183 <sup>**</sup>	- 1.594 <sup>**</sup>	- 1.742 <sup>*</sup>	- 0.083	0.062
	$D_{ii}$	- 40.097	- 0.118 <sup>*</sup>	- 0.251	- 0.308	- 0.144	-	0.188	-
P7	$A_i$	72.417 <sup>**</sup>	- 0.014	0.276 <sup>**</sup>	- 39.693 <sup>**</sup>	- 1.091 <sup>**</sup>	- 3.384 <sup>**</sup>	- 0.362 <sup>**</sup>	- 0.052
	$D_{ii}$	0.989	- 0.149 <sup>*</sup>	- 0.244	- 8.535	- 0.905 <sup>*</sup>	-	- 0.062	-

在显性效应方面, 果实横径和果形指数在所有供试亲本中均未能检测到显著的显性效应, 此外, 除 P7 亲本的单株前产、P3 亲本的果实纵径、P4 亲本的果肉外, 其余各亲本的所有性状的显性效应均为负效应值, 预示着大多数杂种后代有自交衰退现象。

上述分析表明, 在早熟性杂交亲本的选择上, P7 亲本最适宜, 在丰产性杂交亲本的选择中, 可优先考虑 P1 亲本, P5 亲本在改良单瓜质量、果实纵径和果肉厚等果实性状上具有较大优势。根据育种目标不同, 合理选择、选配亲本是成功的重要关键因素。

### 2.4 主要经济性状的遗传率

对苦瓜产量和果实性状的遗传率分析 (表 4) 发现, 除单株结果数外, 其余性状的普通狭义遗传

表 4 苦瓜产量和果实性状的遗传方差分量比值及遗传率的估算值

Table 4 Estimated heritability of economic traits in bitter gourd

遗传率 Heritability	单株前产 Early fruit yield	单株产量 Fruit yield	单株结果数 Fruit number	单瓜质量 Fruit weight	果实纵径 Fruit length	果实横径 Fruit diameter	果肉厚 Pericarp thickness	果形指数 Index of fruit shape
$h_N^2$	0.452 <sup>**</sup>	0.184 <sup>**</sup>	0.111 <sup>+</sup>	0.707 <sup>**</sup>	0.894 <sup>**</sup>	0.381 <sup>**</sup>	0.412 <sup>**</sup>	0.220 <sup>**</sup>
$h_B^2$	0.514 <sup>**</sup>	0.273 <sup>**</sup>	0.132 <sup>+</sup>	0.721 <sup>**</sup>	0.912 <sup>**</sup>	0.381 <sup>**</sup>	0.525 <sup>**</sup>	0.220 <sup>**</sup>
$h_{NE}^2$	0.059 <sup>*</sup>	0.245 <sup>**</sup>	0.381 <sup>**</sup>	0	0	0	0.106 <sup>*</sup>	0
$h_{BE}^2$	0.059	0.331 <sup>*</sup>	0.455 <sup>**</sup>	0.126 <sup>**</sup>	0.037 <sup>**</sup>	0.070	0.106 <sup>+</sup>	0.035

率均达到极显著水平, 数值介于 11.1% ~ 89.4%, 其中果实纵径最高, 为 89.4%, 其次是单瓜质量, 为 70.7%, 二者均可在低世代进行选择。果实纵径的普通广义遗传率最高, 其次是单瓜质量。结果数的互作狭义遗传率最高, 为 38.1%, 其次为单株产量、果肉厚和单株前产, 也达到了极显著或显著水平。结果数的互作广义遗传率也最高, 其次是单株产量、单瓜质量和果实纵径, 均达到了极显著或显著水平, 果形指数最低为 3.5%。

### 3 讨论

#### 3.1 经济性状的遗传方差分量

通过春秋两个栽培季节的环境差异, 利用基因型与环境互作模型分析苦瓜主要经济性状的遗传效应及其对环境的反应。结果表明, 多数性状均存在显著的加性  $\times$  环境或显性  $\times$  环境的互作, 说明苦瓜基因型与环境的互作是普遍存在的。产量性状 (单株前期产量、单株产量、结果数) 的加性  $\times$  环境互作明显大于显性  $\times$  环境的互作, 而果实性状 (除肉厚外, 包括单瓜质量、果实纵径、果实横径和果形指数) 则只存在显性  $\times$  环境的互作, 未能检测到加性  $\times$  环境的互作, 表明苦瓜果实性状 (除肉厚外) 的表现在不同环境下波动更大。因此, 在苦瓜新品种选育特别是品质育种 (外观品质改良) 中, 应注重多年份或多地点的试验, 只有在多个环境下对性状的表现进行综合鉴定, 才能客观反映新品种的利用价值和最适范围。

分析结果表明苦瓜单株前期产量、单瓜质量、果实纵径、果实横径、肉厚和果形指数主要由加性效应控制, 加性方差占表型方差的比率分别为 42.5%、70.7%、89.4%、38.1%、41.2% 和 22%, 均达极显著水平, 这与胡开林和付群梅 (2001)、Kutty 和 Dhamatti (2004) 的结论基本一致; 而单株产量和单株结果数的加性  $\times$  环境方差的比率分别为 24.5% 和 38.1%, 均大于其加性方差的比率 (分别为 18.4% 和 11.1%), 且均达极显著水平, 表明单株产量和单株结果数两个性状主要受加性  $\times$  环境互作的控制, 这是前人在单一环境下的研究不能得出的结果。8 个性状均受显性或显性  $\times$  环境的影响, 但都明显小于加性或加性  $\times$  环境的互作, 该结果预示苦瓜育种应更多注重加性和加性  $\times$  环境互作效应的应用, 系统选择是一种有效的方法, 杂种优势利用必须建立在双亲目标性状均优良的基础上。

遗传率分析表明, 除单株结果数外, 其余性状的普通狭义遗传率均达到极显著水平, 且果实纵径和单瓜质量较大, 适宜在早期世代选择; 所有性状的遗传率与环境都有互作效应, 尤以结果数最为明显, 因此, 对这些性状的选择都应考虑环境的影响, 特别是对结果数的鉴定和选择应更为慎重。

#### 3.2 供试亲本的遗传效应

对供试亲本的遗传分析表明, 同一亲本对不同性状的贡献值是不同的, 并且作用方向也不尽相同, 有的起增量的正向加性效应, 有的则起减量的负效应。因此, 在苦瓜新品种选育中, 应明确选育目标, 针对目标性状合理选配亲本。本研究表明早熟品种选育中, P7 亲本最适宜; 丰产选育中, 可优先考虑 P1 亲本; P5 亲本在改良单瓜质量、果实纵径和果肉厚等果实性状中具有较大优势。

### References

- Bao J S, Shen S Q, Xia Y W. 2006. Analysis of genotype  $\times$  environment interaction effects for starch pasting viscosity characteristics in *Indica* rice. *Acta Genetica Sinica*, 33 (11): 1007 - 1013.
- Chen Jian-guo, Zhu Jun. 1998. Genetic effects and genotype  $\times$  environment interactions for appearance quality traits in *Indica - Japonica* crosses of rice (*Oryza sativa* L.). *Scientia Agricultura Sinica*, 31 (4): 1 - 7. (in Chinese)
- 陈建国, 朱 军. 1998. 籼粳杂交稻米外观品质性状的遗传及基因型  $\times$  环境互作效应研究. *中国农业科学*, 31 (4): 1 - 7.
- Deepali T, Ram H H, Jaiswal H R. 1998. Gene effects for various horticultural traits in bitter gourd (*Momordica charantia* L.). *Vegetable Science*, 25 (2): 159 - 161.

- Hu Kai-lin, Fu Qun-mei. 2001. Genetic effects analysis of economic characters in *Momordica charantia* L. *Acta Horticulturae Sinica*, 28 (4): 323 - 326. (in Chinese)
- 胡开林, 付群梅. 2001. 苦瓜主要经济性状的遗传效应分析. *园艺学报*, 28 (4): 323 - 326
- Hu Kai-lin, Fu Qun-mei, Wang Guo-ping, Hu Zhi-qun. 2002. Study on the heredity of fruit colour of *Momordica charantia* L. *China Vegetables*, (6): 11 - 12. (in Chinese)
- 胡开林, 付群梅, 汪国平, 胡志群. 2002. 苦瓜果色遗传的初步研究. *中国蔬菜*, (6): 11 - 12
- Jia Zhao-dong, Sun Jing, Zhang Tian-zhen. 2006. Diallel analysis of quantitative traits of hybrid between *Gossypium barbadense* L. and *G. hirsutum* L. using 7 substitution and introgression lines. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 29 (2): 6 - 10. (in Chinese)
- 贾赵东, 孙 敬, 张天真. 2006. 利用 7 个置换系和渐渗系的双列杂交研究海陆杂种的数量性状遗传. *南京农业大学学报*, 29 (2): 6 - 10.
- Kutty M S, Dhamatti P R. 2004. Genetic variability studies in bitter gourd (*Momordica charantia* L.). *Karnataka Journal of Horticulture*, 1 (1): 11 - 15.
- Liu Zheng-guo, Wang Xian-yu, Liu Zhi-min, Xiao Xi-zhu. 2006. Genetic analysis of main botanical characters in bitter gourd. *Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences*, 32 (4): 389 - 392.
- Rajeswari K S, Natarajan S. 2002. Genetics and inheritance of yield and its components in bitter gourd (*Momordica charantia* L.). *South Indian Horticulture*, 50 (1/3): 82 - 90.
- Raj N, Ahmed N, Shahnaz M. 2006. Evaluation of some bitter gourd genotypes for yield traits and genetic parameters under Kashmir conditions. *Environment and Ecology*, 24S (Special 3A): 750 - 752.
- Ram D, Kalbo G, Major Singh. 2000. Genetic analysis in bitter gourd (*Momordica charantia*) using modified triple test cross. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 70 (10): 671 - 673.
- Su Jian-wen, Hu Xin-jun, Yuan Zu-hua, Li Yong-qi, Liu Xue-yuan. 2007. The inheritance of resistance to powdery mildew in bitter gourd. *China Vegetables*, (9): 24 - 26. (in Chinese)
- 粟建文, 胡新军, 袁祖华, 李勇奇, 刘雪源. 2007. 苦瓜白粉病抗性遗传规律研究. *中国蔬菜*, (9): 24 - 26
- Wu Ji-xiang, Zhu Jun. 1994. Methods for predicting genotypic value and heterosis of crop hybrids offspring at different environments. *Journal of Zhejiang Agriculture University*, 20 (6): 587 - 592. (in Chinese)
- 吴吉祥, 朱 军. 1994. 不同环境下作物基因型值和杂种优势的分析方法. *浙江农业大学学报*, 20 (6): 587 - 592
- Xiang Chang-ping, Xie Jun, Nie Qi-jun, Wang Li-ping. 2001. Principal component analysis on characters of balsam pear. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 20 (4): 378 - 381. (in Chinese)
- 向长萍, 谢 军, 聂启军, 汪李平. 2001. 23 个苦瓜品种 (系) 农艺性状的主成分分析. *华中农业大学学报*, 20 (4): 378 - 381.
- Xiao Bing-guang, Zhu Jun, Lu Xi-ping, Bai Yong-fu, Li Yong-ping. 2006. Genetic and correlation analysis for agronomic traits in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Hereditas*, 28 (3): 317 - 323. (in Chinese)
- 肖炳光, 朱 军, 卢秀萍, 白永富, 李永平. 2006. 烤烟主要农艺性状的遗传与分析相关. *遗传*, 28 (3): 317 - 323.
- Yang Jia-fu, Rao Li-bing, Gu Hong-hui. 2004. Analysis in genetic effects and genotype  $\times$  environment interactions for maturity traits of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.). *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 16 (4): 182 - 185.
- 杨加付, 饶立兵, 顾宏辉. 2004. 花椰菜熟期性状的遗传效应及其与环境互作分析. *浙江农业学报*, 16 (4): 182 - 185.
- Yu Zhong-wei, Xiang Chang-ping. 2008. Combining ability and genetic parameter for major economic characters in 7 bitter melon inbred lines. *Northern Horticulture*, (11): 21 - 24. (in Chinese)
- 余中伟, 向长萍. 2008. 七个苦瓜自交系主要经济性状配合力和遗传参数分析. *北方园艺*, (11): 21 - 24.
- Zeng Guo-ping, Cao Shou-chun. 1997. Analysis of genetic effects of some nutrient quality characters in non heading Chinese cabbage. *Acta Horticulturae Sinica*, 24 (1): 43 - 47. (in Chinese)
- 曾国平, 曹寿椿. 1997. 不结球白菜主要品质性状遗传效应分析. *园艺学报*, 24 (1): 43 - 47.
- Zhang Yu-can, Li Hong-long, Huang Xian-gui, Li Zu-liang, Zhang Wei-guang. 2006. Observation on few economic and inheritance characteristics of balsam pear. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 4: 350 - 353. (in Chinese)
- 张玉灿, 李洪龙, 黄贤贵, 李祖亮, 张伟光. 2006. 苦瓜若干经济性状的遗传特点观察. *福建农业学报*, 21 (4): 350 - 353
- Zhu Jun. 1997. Genetic model and analysis methods. Beijing: China Agriculture Press. (in Chinese)
- 朱 军. 1997. 遗传模型分析方法. 北京: 中国农业出版社.