

苦瓜主要品质性状的遗传变异、相关和通径分析

刘政国^{1,2}, 龙明华², 秦荣耀², 王先裕²

(1. 湖南农业大学 园艺园林学院, 湖南长沙 410128; 2. 广西大学农学院, 广西南宁 530005)

摘要: 对23份苦瓜材料的10个品质性状进行了研究。结果表明, 苦瓜维生素C、还原糖、有机酸、果瘤、果色、果刺和苦味遗传变异系数大, 遗传力高; 水分含量遗传变异系数很小; 风味遗传变异系数较小, 遗传力低。苦瓜4个内在营养品质之间相关性小, 而4个外观品质性状之间关系密切。两个味觉品质与4个内在营养品质之间相关性小, 但与4个外观品质之间关系密切。内在营养品质与外观品质之间有一定关系。通径分析提出通过降低果实的苦味和有机酸含量来提高风味品质; 通过水分含量和果瘤两性状的直接选择来实现对维生素C的间接选择。

关键词: 苦瓜; 品质性状; 遗传变异; 遗传相关; 通径分析

中图分类号: Q943 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2005)05-0426-05

Studies on genetic variation, correlation and path analysis in bitter gourd (*Momordica charantia* L.)

LIU Zheng-guo^{1,2}, LONG Ming-hua²,
QIN Rong-yao², WANG Xian-yu²

(1. College of Horticulture and Gardening, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. Agricultural College, Guangxi University, Nanning 530005, China)

Abstract: 10 quality characters of 23 breeding materials of bitter gourd were researched in this experiment. The results showed that there were bigger genetic coefficients of variation and higher heritability for vitamin C, reducing sugar, organic acid, fruit tumor, fruit color, fruit thorn and bitterness, and very small genetic coefficients of variation for water contents; and small genetic coefficients of variation and lower heritability for flavor. Significant correlation was not found between 4 internal nutrient quality characters, but was found between 4 external quality characters. Less correlation was found between 2 taste quality characters and 4 nutrient quality characters, however, significant correlation was found between 2 taste quality characters and 4 external quality characters. There was some correlation between nutrient quality characters and external quality characters. It was put forward that the flavor can be improved by decreasing bitterness and organic acid and vitamin C selection can be carried out by direct selection of water contents and fruit tumor through path analysis.

Key words: bitter gourd; quality character; genetic variation; genetic correlation; path analysis

随着苦瓜生产的快速发展, 其遗传育种领域的研究也不断深入。国内学者在苦瓜杂种优势和农艺性状的相关上进行过研究(周微波等, 1989, 张长远

等, 2002), 作者也先后报道苦瓜产量杂种优势(刘政国, 2002), 苦瓜熟性亲子关系(刘政国等, 2003) 和主要经济性状的配合力和遗传相关(刘政国等,

收稿日期: 2004-07-14 修订日期: 2005-01-16

作者简介: 刘政国(1965-), 男, 湖南新化人, 在读博士, 讲师, 研究方向为苦瓜遗传育种。

2004)。在人民生活质量不断改善的今天,对蔬菜产品的品质要求越来越高,但目前有关苦瓜品质育种技术方面的研究尚无报道。因此,本试验研究了 23 份苦瓜材料的外观品质,内在营养品质和味觉品质,以期为苦瓜品种资源的利用和品质育种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

杂 1~杂 9 共 9 个杂种有 6 个和 3 个分别为绿苦瓜自交系×绿苦瓜自交系和绿苦瓜自交系×白苦瓜自交系。绿苦瓜高代自交系 9 个,其中有广西地方品种的自交后代、泰国正大高优好 2 号苦瓜的自交后代和广东长身苦瓜的自交后代。白苦瓜自交系 3 个,其中 2 个为泰国正大高优好 2 号苦瓜的自交后代,另一个为福建云霄苦瓜的自交后代。两个白刺苦瓜自交系分别为四川刺王和云南刺王的自交后代。共 23 份材料,于 2003 年 8 月 10 日播种,8 月 20 日定植于大田,两次重复,每个小区 20 株,小区面积为 7.5 m²。用授粉后 18~19 d 的商品瓜测定所有品质指标。

1.2 外观品质性状观测记录

果色、果瘤、果形、果刺、苦味、风味等性状的表现不是数值形式,尚不能进行数学运算,对原始数据还需要通过编码处理,把所有状态记录都改写成数值形式。果色、果瘤、果形、果刺、苦味、风味等性状能表现为 3 个状态以上,能排列在一定次序上,属有序多态性状,其状态个数是有限的,又因其是有序的,可以将性状状态依次排列,然后以正整数 1,2,3……n,按华南绿苦瓜的育种目标分别表示其 n 个状态(徐克学,1999)。每个小区测 5 个果实取平均值。

1.3 苦味、风味的评价

每个小区取 3~5 条瓜,按四分法切分,每个样品切取约 50 g,切完后加清水约 25 mL 于锅内 100℃杀青 2~3 min,找 10 人以上对其苦味和风味进行品尝评分(每尝一个样后要用清水漱口,以免影响对下一个样品的评定)。

1.4 内在品质的测定

用 2,6-二氯酚靛酚钠滴定法测定 Vc 含量(张意静,1999)。用酸碱中和滴定法测定有机酸含量,用烘干称重法测定水分含量,用蒽酮法测定还原糖含量(汪沛洪,1985)。

表 1 外观品质和味觉品质性状值

Table 1 Character values of external quality and taste quality

性状 Character	1	2	3	4	5
果色 Fruit color	纯白	绿白	浅绿	绿	深绿
果瘤 Fruit tumor	小密瘤	大直瘤夹小密瘤	大直瘤夹大粒瘤	大直瘤	—
果形 Fruit shape	纺锤形(两头尖)	果肩不平(较尖)	果肩稍平(底部尖)	两头平(圆柱形)	—
果刺 Fruit thorn	多刺	较多刺	少刺	无刺	—
苦味 Bitterness	苦	较苦	稍苦	不苦	—
风味 Flavor	不好吃	一般	较好吃	好吃	—

1.5 统计分析方法

试验数据先以小区平均数为单位进行方差分析,然后计算遗传变异系数和遗传力。各性状两两之间进行协方差分析并计算遗传相关系数,再进行通径分析(高之仁,1986)。

2 结果与分析

2.1 品质性状的遗传变异分析

23 份苦瓜材料 10 个品质性状经方差分析,材料间风味的差异达 5%显著水平,其它性状均达 1%显著水平,故进一步进行遗传参数的计算。从表 2 可知,果瘤、果色和果刺三个性状的遗传力均很高,因而可在早代进行选择;维生素 C、还原糖、有机酸

和苦味遗传力也较高,也可以在较早世代进行选择;水分和果型遗传力居中,可在分离世代的中期进行选择;风味遗传力很低,宜在纯化的高代自交系间选择。10 个品质性状遗传变异系数相差很大,其中维生素 C 含量的最高,达 39.29%,变幅从 21.619 0~127.338 0 mg/100g。水分含量的遗传变异系数非常小,这与向长萍等的研究报道一致(向长萍等,2000)。风味也较小。其它 6 个品质性状的遗传变异系数均较大。综上所述,维生素 C、还原糖、有机酸、苦味、果瘤、果色和果刺 7 个性状遗传力和遗传变异系数均较大,在早期世代进行选择可获得较大的遗传进度。果型在较早世代进行选择也可获得较大的遗传进度。风味遗传力和遗传变异系数均小,只能在高世代进行选择来增大遗传获得量。水分含

量的遗传变异系数非常小,所以选择育种的遗传进度会很慢。

2.2 品质性状的遗传相关分析

从表 3 可知,苦味与风味、果瘤、果色、果形,果

瘤与果色、果形,果色与果形的遗传相关系数呈极显著正相关;维生素 C 与果瘤的遗传相关系数呈极显著负相关。其中果瘤与果色的遗传相关系数最大(0.751 8),说明大直瘤的苦瓜一般为绿色材料。

表 2 品质性状的遗传参数
Table 2 Genetic parameters of quality characters

性状 Character	平均数 Average	变幅 Range	基因型方差 ($\delta^2 g$)	环境方差 ($\delta^2 e$)	遗传力 (Hb^2)	遗传变异系数 %(C. V. g)
苦味 Bitterness	2.865 9	1.640 0~3.590 0	0.144 3	0.029 0	0.832 7	13.25
风味 Flavor	2.312 8	1.905 0~2.810 0	0.018 3	0.039 0	0.319 4	5.85
维生素 C Vitamin C (mg/100g)	52.977 9	21.619 0~127.338 0	433.333 3	63.000 0	0.873 1	39.29
还原糖 Reducing sugar (%)	0.518 4	0.101 5~1.393 9	0.024 0	0.002 8	0.895 5	29.98
有机酸 Organic acid (%)	0.109 5	0.057 0~0.148 5	$3.310 0 \times 10^{-4}$	$5.500 0 \times 10^{-5}$	0.857 5	16.6
水分 Water (%)	94.678 7	93.000 0~95.300 0	$2.167 0 \times 10^{-5}$	7×10^{-6}	0.755 8	0.005
果瘤 Fruit tumor	3.201 8	1.000 0~4.000 0	0.596 6	0.027 0	0.956 7	24.12
果色 Fruit color	3.540 0	1.000 0~4.585 0	0.654 9	0.020 2	0.970 1	22.86
果形 Fruit shape	2.902 7	2.000 0~4.000 0	0.246 1	0.104 1	0.702 7	17.09
果刺 Fruit thorn	3.731 6	2.000 0~4.000 0	0.199 8	0.006 8	0.967 1	11.98

表 3 10 个品质性状的遗传相关系数
Table 3 Coefficients of genetic correlation of 10 quality characters

性状 Character	风味 Flavor	维生素 C Vitamin C	还原糖 Reducing sugar	有机酸 Organic acid	水分 Water	果瘤 Fruit tumor	果色 Fruit color	果形 Fruit shape	果刺 Fruit thorn
苦味 Bitterness	0.715 5 **	-0.338 5	-0.076	0.487 8 *	0.139 5	0.581 **	0.563 2 **	0.549 6 **	0.097 8
风味 Flavor		-0.075 1	0.027 5	-0.093 2	0.072 9	0.466 1 *	0.257 3	0.087 1	0.086 7
维生素 C Vitamin C			0.008 3	-0.292 9	0.402 6	-0.609 7 **	-0.435 8 *	-0.219 5	-0.128 3
还原糖 Reducing sugar				-0.152 2	-0.011 1	0.257 1	0.272	0.148 6	0.477 5 *
有机酸 Organic acid					-0.241 9	0.116 9	0.209 8	0.432 6 *	-0.124 7
水分 Water						-0.048 6	0.082 2	0.403 2	0.112 8
果瘤 Fruit tumor							0.751 8 **	0.572 2 **	0.487 6 *
果色 Fruit color								0.680 6 **	0.345 7
果形 Fruit shape									0.180 3

$r_{0.05}(1,22)=0.404$, $r_{0.01}(1,22)=0.515$ 。

其它相关系数依次为苦味与风味(0.715 5),果色与果形(0.680 6),维生素 C 与果瘤(-0.6097),苦味与果瘤(0.581 0),果瘤与果形(0.572 2),苦味与果色(0.563 2),苦味与果形(0.549 6)。苦味与有机酸,风味与果瘤,还原糖与果刺,有机酸与果形,果瘤与果刺遗传相关系数呈显著正相关;维生素 C 与果色的遗传相关系数呈显著负相关。这些遗传相关系数大小依次为:苦味与有机酸(0.487 8),果瘤与果刺(0.487 6),还原糖与果刺(0.477 5),风味与果瘤(0.466 1),维生素 C 与果色(-0.435 8),有机酸与果形(0.432 6)。

综上所述,苦瓜品质性状之间的遗传相关可归纳为以下几点:

(1)维生素 C、还原糖、有机酸和水分 4 个内在营养品质性状两两之间不相关或相关系数很小,在

育种中基本上不会因某一性状的变化而导致其它性状的变化。

(2)果瘤、果色、果型和果刺 4 个外观品质性状之间相关密切,往往某一性状的变化会带来其它性状的变化,在育种中应特别注意。相关系数显示大直瘤苦瓜材料一般表现为绿色、果型好且没有果刺,绿色苦瓜材料一般果型较好。由于这 4 个性状之间都是正相关,因而一个性状育种值的提高就会从整体上提高果实的外观品质。

(3)苦味和风味两个味觉品质性状之间呈高度正相关,这从根本上说明大多数消费者不喜食苦味的苦瓜。另外也说明苦味为风味的最重要构成性状。

(4)营养品质与外观品质之间呈现 4 个重要相互关系,即维生素 C 与果瘤、维生素 C 与果色、还原

糖与果刺、有机酸与果形。维生素 C 与果瘤、果色之间均为负相关,说明白色、密瘤的苦瓜材料维生素 C 含量高,这与绿苦瓜的育种目标矛盾。还原糖与果刺为正相关,显示无刺苦瓜材料还原糖含量高。有机酸与果形为正相关,不利于实现降低苦瓜果实中有机酸含量并兼顾果型的育种目标。

(5)苦味和风味两个味觉品质性状与 4 个营养品质性状之间相关性小,仅苦味和有机酸呈正相关,说明苦味轻的苦瓜材料有机酸含量高。两个味觉品质性状与 4 个外观品质性状之间相互关系密切,相关系数显示大直瘤、绿色、果形好的苦瓜材料苦味轻;大直瘤的苦瓜材料风味好。这与华南群众多年形成的苦瓜消费习惯思维一致。

2.3 品质性状通径分析

2.3.1 苦味和有机酸对风味的通径分析 以风味为依变量,其它 9 个品质性状为自变量,进行通径分析,最后仅苦味和有机酸对风味构成通径作用。

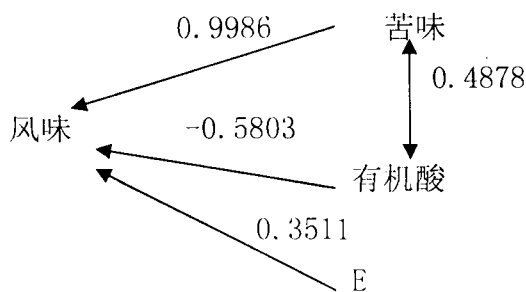


图 1 苦味和有机酸对风味的通径分析
Fig. 1 Path analysis of bitterness and organic acid on flavor

从图 1 可知,苦味和有机酸对风味的遗传直接通径作用分别为 0.998 6 和-0.580 3。虽然有机酸和风味之间相关系数不显著,但实际上有机酸对风味构成较大的负效应。风味遗传变异系数较小,遗传力低,直接选择的效果差。因此通过苦味和有机酸在较早世代实现对风味的间接选择实现较好的选择效果,即通过降低苦味和有机酸含量来提高风味。

2.3.2 水分和果瘤对维生素 C 的通径分析 以维生素 C 为依变量,其它 9 个品质性状为自变量,进行通径分析,最后仅水分和果瘤对维生素 C 构成通径作用。

从图 2 可知,水分和果瘤对维生素 C 的遗传直接通径作用分别为 0.373 9 和-0.591 3。维生素 C

是苦瓜营养品质的一个重要指标,但其测定较复杂。果瘤是外观品质,水分测定简单。因此高维生素 C 材料的选育可简化为高水分和密瘤材料的选育。

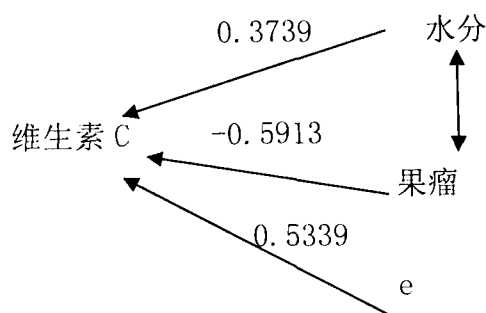


图 2 水分和果瘤对维生素 C 的通径分析
Fig. 2 Path analysis of water contents and fruit tumor on vitamin C

3 讨论

3.1 苦瓜品质育种技术的基本思路

在实际育种工作中,育种工作者在尽可能提高主要品质性状的同时,还要确保大多数品质性状指标符合市场需要。苦瓜 4 个试验的内在品质之间基本不存在相互关系,均可独立进行选择;而 4 个试验的外观品质性状之间关系密切,且均为正相关,可通过对一个性状的选择同时实现对几个性状的选择。例如对大直瘤的选择可同时实现对绿色、果型好和果刺少的选择。味觉品质与内在品质之间相关小,因此味觉品质的提高不会降低营养物质的含量。另外,味觉品质与外观品质之间关系密切,且为正相关,可通过选育大直瘤、绿色的果实来降低苦味,提高风味。但要注意内在品质与外观品质之间的负相关关系,加强对大直瘤和果色的选育会降低果实中维生素 C 的含量,而维生素 C 是苦瓜的一个非常重要的营养品质指标。因此在选育大直瘤、绿色的果实的同时要兼顾提高果实中维生素 C 的含量。

3.2 提高绿苦瓜果实维生素 C 含量的育种技术

本试验相关分析和通径分析表明选育白色、小密瘤的苦瓜材料能提高维生素 C 的含量,这对白苦瓜育种极为有利,但对绿苦瓜育种不利。从目前国内现有育成的苦瓜品种来看,白苦瓜维生素 C 含量普遍高于绿苦瓜(旷碧锋等,1997;范淑英等,2002;薛大煜等,1996;黄炎武等,2000;叶君营等,2001;方

锋学等,2001)。如何提高绿苦瓜中维生素 C 的含量将是苦瓜品质育种技术上的一个难点。华南苦瓜的品种资源大多为绿苦瓜,但本研究中发现原产云南、福建和四川等地的白苦瓜和白刺苦瓜其维生素 C 的含量普遍高于绿苦瓜,最高的达 127.338 0 mg/100g,是低维生素 C 含量绿苦瓜的 6 倍多。胡开林等的研究认为苦瓜果色性状为一对基因控制,绿色对白色为显性(胡开林等,2002)。根据我们多年的仔细观察,绿色对白色、小密瘤对大直瘤均应为部分显性,可能为少数几对基因控制。因此,作者认为,可利用维生素 C 遗传力高的特点,首先用一组维生素 C 含量很高的白苦瓜同另一组绿苦瓜进行配组来测定配合力,然后选一般配合力高的白苦瓜同综合品质好的绿苦瓜进行杂交,最后从分离后代中选育出维生素 C 含量高、综合品质优良的绿苦瓜材料。

3.3 有机酸与风味之间的关系

有机酸与风味相关系数达不到显著水平,但通径分析显示有机酸对风味有较大的负效应,且达到显著水平,因此认为降低有机酸含量能提高风味品质。

4 结 论

(1) 苦瓜维生素 C、还原糖、有机酸、果瘤、果色、果刺和苦味遗传变异系数大,遗传力高;水分遗传变异系数很小;风味遗传变异系数较小,遗传力低。

(2) 苦瓜 4 个内在营养品质之间相关性小,而 4 个外观品质性状之间关系密切。两个味觉品质与 4 个内在营养品质之间相关性小,但与 4 个外观品质之间关系密切。内在营养品质与外观品质之间有一定关系。

(3) 通径分析提出降低果实的苦味和有机酸含量来提高风味品质;通过水分和果瘤两性状的直接选择来实现对维生素 C 的间接选择。

参考文献:

汪沛洪. 1985. 基础生物化学指导[M]. 陕西科学技术出版社.
张意静. 1999. 食品分析[M]. 中国轻工业出版社.
徐克学. 1999. 生物数学[M]. 北京:科学出版社.
高之仁. 1986. 数量遗传学[M]. 四川大学出版社.
Fan SY(范淑英), Wu CJ(吴才君), Zhang AB(张安波). 2002. Selection and breeding of new cross baiyu bitter gourd NO. 3

(苦瓜新组合白玉 3 号的选育)[J]. *J Jiangxi Agricul Univ* (江西农业大学学报,自然科学版), 24(6): 777-780.
Fang FX(方锋学), Li WJ(李文嘉), Huang RK(黄如葵). 2001. Selection and breeding of darou bitter gourd No. 1(大肉 1 号苦瓜的选育)[J]. *China Vegetable* (中国蔬菜), (5): 25-26.
Huang YW(黄炎武), Xue DY(薛大煜). 2000. Selection and breeding of new variety xiang bitter gourd No. 4(苦瓜新品种湘苦瓜 4 号的选育)[J]. *China Vegetable* (中国蔬菜), (1): 23-25.
Hu HL(胡开林), Fu(付群梅), Wang GP(汪国平), et al. 2002. Preliminary studies on genetics of fruit color in bitter gourd(苦瓜果色遗传的初步研究)[J]. *China Vegetable* (中国蔬菜), (6): 1-12.
Kuang BF(旷碧锋), Xiao CH(肖昌华), Huang ZX(黄振湘), et al. 1997. Selection and breeding of early ripening variety hengza bitter gourd No. 1(早熟苦瓜新品种衡杂苦瓜 1 号的选育)[J]. *J Hunan Agric Univ* (湖南农业大学学报), 23(4): 331-335.
Liu ZG(刘政国). 2002. Studies of heterosis and combining ability of yield in bitter gourd(苦瓜产量杂种优势和配合力的研究)[J]. *J Guangxi Agric Bio Sci* (广西农业生物科学), (4): 238-241.
Liu ZG(刘政国), Wei JQ(韦娇青), Xiao XZ(肖喜祝). 2003. Heterosis of node of the first female flower and number of female flowers in bitter gourd(苦瓜第一雌花节位和雌花数的杂种优势)[J]. *China Vegetable* (中国蔬菜), (5): 8-10.
Liu ZG(刘政国), Xiao XZ(肖喜祝). 2004. Studies of combining ability and genetic correlation for economic characters in bitter gourd(苦瓜主要经济性状配合力与遗传相关的研究)[J]. *J Guangxi Agric Bio Sci* (广西农业生物科学), (1): 15-19.
Xiang CP(向长萍), Wu CY(吴昌银), Wang LP(汪立平). 2000. Analysis and utilization of nutrient composition in bitter gourd(苦瓜营养成分分析及利用评价)[J]. *J Huazhong Agric Univ* (华中农业大学学报), 19(4): 388-390.
Xue DY(薛大煜), Huang YW(黄炎武). 1996. Selection and breeding of early ripening variety xiang bitter gourd No. 1 (xiangfeng No. 1)(早熟苦瓜新品种湘苦瓜 1 号(湘丰 1 号)的选育)[J]. *China Vegetable* (中国蔬菜), (6): 3-5.
Ye JY(叶君营), Zhu MH(朱美华), Zheng HP(郑汉藩). 2001. Selection and breeding of new variety baihsa bitter gourd No. 3 白沙早丰 3 号苦瓜的选育[J]. *J Guangdong Agric Sci* (广东农业科学), (6): 14-15.
Zhou WB(周微波), Zhuo QY(卓齐勇), Wen Q(温 荃), et al. 1989. Preliminary report of heterosis utilization in bitter gourd(苦瓜杂种优势利用初报)[J]. *China Vegetable* (中国蔬菜), (6): 10-12.
Zhang CY(张长远), Luo SB(罗少波), LUO JL(罗剑宁), et al. 2002. Correlation and path analysis of agricultural characters in bitter gourd(苦瓜主要农艺性状的相关及通径分析)[J]. *China Vegetable* (中国蔬菜), (3): 11-13.