

甘蓝主要农艺性状的遗传相关及因子分析

方 荣, 陈学军, 周坤华

(江西省农业科学院 蔬菜花卉研究所, 江西 南昌 330200)

摘要: 为掌握甘蓝主要农艺性状的变化特点及其相互关系, 以 14 个不同类型品种为试材, 对甘蓝开展度、外叶数、球高、球径、球形指数、中心柱长、中心柱长/球高、紧实度、生育期和叶球质量等 10 个性状进行遗传相关分析, 结果表明: 甘蓝主要农艺性状具有较高的遗传多态性, 其变异系数(CV) 范围为 6.97% (球高) ~ 25.44% (球径); 遗传力为 22.52% (球高) ~ 97.79% (生育期); 除球高外, 其他 9 个性状之间存在较为紧密的相关关系。因子分析表明: 10 个农艺性状集约于 3 个主因子上, F_1 为丰产因子, F_2 为中心柱长因子, F_3 为球高因子, 这 3 个主因子对变异的累计贡献率达 96.38%, 保持了 10 个性状的绝大部分信息。

关键词: 甘蓝; 农艺性状; 相关分析; 因子分析

中图分类号: S635.01 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2011)02-0248-06

Genetic Analysis of Main Agronomic Traits in Cabbage

FANG Rong, CHEN Xue-jun, ZHOU Kun-hua

(Vegetable and Flower Institute, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China)

Abstract: To realize the variations of the main agronomic characters of cabbage and their relationship, genetic analysis and correlation analysis of angular divergence, number of outer leaves, head height, head diameter, index of head shape, length of central column, length of central column/head height, density of head, growth period and head mean weight were conducted in 14 varieties of different types in *Brassica oleracea* var. *capitata*. The results showed the 10 traits had high genetic diversity, and the coefficient of variation (CV) of the 10 traits ranged from 6.97% (head height) to 25.44% (head diameter), and heritability ranged from 22.52% (head height) to 97.79% (growth period). Except head height, the other 9 traits had close correlation. Factor analysis indicated that the 10 traits of the varieties might be simplified to 3 independent traits groups controlled by 3 main factors. Factor 1 was a high-yield factor; Factor 2 was considered to control the length of central column; Factor 3 was a head height factor. The accumulative contribution rate of the 3 major factors to total variation accounted for 96.38%, maintaining most information of the 10 traits.

Key words: cabbage; agronomic traits; correlation; factor analysis

甘蓝(*Brassica oleracea* var. *capitata*) 为十字花科芸薹属蔬菜作物, 是我国主要叶菜之一^[1-2]。掌握了解甘蓝主要农艺性状的相互关系及其关联程度, 对于甘蓝遗传改良具有重要指导意义。近年来, 一些学者开展了甘蓝性状的遗传研究, 宋明等^[3]、张恩慧等^[4]和戴忠良等^[5]开展了甘蓝若干品质性状的相关研究; 王超等^[6]和张韬^[7]就甘蓝抽薹性状与部分农艺性状进行了相关和多元回归分析; Singh 等^[8]、

收稿日期: 2010-12-08 修回日期: 2011-01-30

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2008BAD96B04) 和江西省科技支撑计划项目(2008JX00024)

作者简介: 方荣(1965—), 女, 研究员, 主要从事蔬菜遗传育种与分子生物学技术研究, E-mail: fangrongrui@sohu.com。

吉立柱等^[9]和李成琼等^[10]开展了甘蓝叶球纵径、球形指数、中心柱长、紧实度和叶球重等的相关分析;陈锦秀等^[11]对帮叶比等8个甘蓝商品性状和农艺性状进行了遗传研究;缪体云等^[12]利用DH群体分析了甘蓝最大外叶柄长等8个主要农艺性状的遗传效应。但关于甘蓝球径、球形指数和生育期等性状遗传力的估测及甘蓝主要农艺性状的因子分析,尚未见报道。本文以熟性不同的14个秋甘蓝品种为试材,对甘蓝10个农艺性状进行遗传相关分析和因子分析,旨在为甘蓝育种实践提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

选取熟性不同的秋甘蓝品种共14个,其中,特早熟品种2个,早熟品种6个,中熟品种2个,晚熟品种4个,供试品种均由中国农业科学院蔬菜花卉研究所提供(表1)。

表1 供试甘蓝品种及其熟性

Tab.1 The varieties and their maturity in cabbage

品种 Variety	熟性 Maturity	品种 Variety	熟性 Maturity
AC101	早熟 Early maturing	AC 108	早熟 Early maturing
AC 102	早熟 Early maturing	AC 109	晚熟 Late maturing
AC 103	早熟 Early maturing	AC 110	中熟 Middle maturing
AC 104	特早熟 Extreme early maturing	AC 111	晚熟 Late maturing
AC 105	特早熟 Extreme early maturing	AC 112	中熟 Middle maturing
AC 106	早熟 Early maturing	AC 113	晚熟 Late maturing
AC 107	早熟 Early maturing	AC 114	晚熟 Late maturing

1.2 试验设计与方法

试验选在江西省农业科学院蔬菜花卉研究所试验园进行,土质为壤土,肥力中等,前茬为南瓜。上述材料于2009年8月11日播种育苗,9月3日分苗,9月22日定植,株行距为40 cm×40 cm。采用随机区组试验设计,3次重复,每小区种植46株。每小区施腐熟猪粪肥40 kg、复合肥1.0 kg、桔饼肥1.5 kg作基肥,其他管理与常规相同。

每个品种每小区随机选取5株进行定株,定时观测并记录,在包心期测定植物开展度,采收期记载测定外叶数、球高、球径、中心柱长、生育期和叶球质量等性状,计算球形指数、紧实度和中心柱长/球高。

各性状按以下方法进行测定:(1)开展度(X_1 , cm):用直尺量取植株外叶展开最宽处纵横两个方向,取平均值;(2)外叶数(X_2 , 片):未包成球的散叶数;(3)球高(X_3 , cm):用直尺量取叶球纵向最高处;(4)球径(X_4 , cm):用直尺量取叶球横向最宽处;(5)球形指数(X_5):球高除以球径所得的商;(6)中心柱长(X_6 , cm):用直尺量取叶球内中心柱长度;(7)中心柱长/球高(X_7):中心柱长除以球高所得的商;(8)紧实度(X_8): $6 X_{10} / (\pi X_3 X_4^2)$,其中, X_{10} 为叶球质量, X_3 为球高, X_4 为球径, $\pi = 3.14$;(9)生育期(X_9 , d):从播种至采收天数;(10)叶球质量(X_{10} , kg):所测叶球鲜重之和除以所测叶球数。

采用方差分析法^[13]估测遗传力: $H = V_g / V_p \times 100\%$ 。其中, V_p 为表型方差; V_g 为基因型方差。主因子分析参考陈学军等^[14]的方法进行,主因子的提取(extraction)使用主成分分析法,因子旋转(factor rotation)分别使用方差极大正交旋转(varimax rotation)和斜交因子旋转(promax rotation)方法。用Excel软件进行数据整理,SPSS12.0软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 甘蓝主要农艺性状的变异系数及遗传力

甘蓝10个农艺性状的变异系数在6.97%~26.94%,遗传力在22.52%~96.14%(表2)。变异系数最大的是叶球质量,达26.94%,其次是球径、球形指数和紧实度,这3个性状的变异系数均超过24%,说明叶球质量、球径、球形指数和紧实度具有较高的遗传多态性,人工选择潜力大,容易通过杂交

及人工选择来实现改良。开展度和球高的变异系数较小,其值均小于8%,说明其选择潜力相对较小。

遗传力分析表明,开展度、球径、生育期和叶球质量等4个性状的遗传力较高,均大于90%,说明对其进行表型选择可获得较好的效果;其次是外叶数、球形指数和紧实度的遗传力,其值在80%~90%;球高、中心柱长和中心柱长/球高遗传力较低,均小于50%。

表2 甘蓝主要农艺性状的变异系数及遗传力

Tab. 2 The coefficient of variation (VC) and heritability of the traits in cabbage

性状 Traits	变幅 Range	平均值 Mean	标准差 Std. Deviation	变异系数/% CV	遗传力/% Heritability
开展度/cm Angular divergence	51.75 ~ 66.20	60.589 3	4.537 54	7.49	93.05
外叶数/片 Number of outer leaves	12.60 ~ 17.40	15.535 7	1.550 98	9.98	82.03
球高/cm Head height	12.90 ~ 15.60	13.892 9	0.969 11	6.97	22.52
球径/cm Head diameter	12.00 ~ 24.80	17.942 9	4.564 19	25.44	95.43
球形指数 Index of head shape	0.54 ~ 1.13	0.822 1	0.205 81	25.03	89.84
中心柱长/cm Length of central column	4.00 ~ 5.70	4.828 6	0.553 91	11.47	47.87
中心柱长/球高 Length of central column/head height ratio	0.29 ~ 0.43	0.35	0.047 56	13.59	44.83
紧实度 Density of head	0.39 ~ 0.81	0.575 7	0.140 92	24.47	80.23
生育期/d Growth period	110 ~ 152	133.214 3	12.962 54	9.73	97.79
叶球质量/kg Head mean weight	0.82 ~ 1.78	1.272 9	0.342 89	26.94	96.14

2.2 甘蓝主要农艺性状的遗传相关

(1) 开展度: 开展度与外叶数、球径、中心柱长、生育期和叶球质量极显著正相关; 与中心柱长/球高显著正相关; 与球形指数和紧实度极显著负相关(表3)。

(2) 外叶数: 外叶数与开展度、球径、生育期和叶球质量极显著正相关; 与球形指数极显著负相关; 与紧实度显著负相关。

(3) 球高: 球高与其他9个性状的相关关系均没有达到显著水平。

(4) 球径: 球径与开展度、外叶数、中心柱长、中心柱长/球高、生育期和叶球质量极显著正相关; 与球形指数和紧实度极显著负相关。

(5) 球形指数: 球形指数与紧实度极显著正相关; 与开展度、外叶数、球径、中心柱长、中心柱长/球高、生育期和叶球质量极显著负相关。

(6) 中心柱长: 中心柱长与开展度、球径、中心柱长/球高和叶球质量极显著正相关; 与生育期显著正相关; 与球形指数和紧实度极显著负相关。

(7) 中心柱长/球高: 中心柱长/球高与球径、中心柱长极显著正相关; 与开展度、叶球质量显著正相关; 与球形指数极显著负相关; 与紧实度显著负相关。

(8) 紧实度: 紧实度与球形指数极显著正相关; 与开展度、球径、中心柱长、生育期和叶球质量极显著负相关; 与外叶数、中心柱长/球高显著负相关。

(9) 生育期: 生育期与开展度、外叶数、球径和叶球质量极显著正相关; 与中心柱长显著正相关; 与球形指数和紧实度极显著负相关。

(10) 叶球质量: 叶球质量与开展度、外叶数、球径、中心柱长和生育期极显著正相关; 与中心柱长/球高显著正相关; 与球形指数和紧实度极显著负相关。

表3 甘蓝主要农艺性状相关分析

Tab.3 Bivariate test among 10 traits in cabbage

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
X_1	1	0.806**	0.085	0.915**	-0.905**	0.749**	0.583*	-0.924**	0.941**	0.918**
X_2	0.806**	1	-0.161	0.747**	-0.789**	0.473	0.462	-0.634*	0.835**	0.773**
X_3	0.085	-0.161	1	-0.026	0.252	-0.012	-0.504	-0.253	0.153	-0.004
X_4	0.915**	0.747**	-0.026	1	-0.959**	0.788**	0.679**	-0.932**	0.907**	0.993**
X_5	-0.905**	-0.789**	0.252	-0.959**	1	-0.777**	-0.779**	0.860**	-0.856**	-0.946**
X_6	0.749**	0.473	-0.012	0.788**	-0.777**	1	0.867**	-0.795**	0.620*	0.775**
X_7	0.583*	0.462	-0.504	0.679**	-0.779**	0.867**	1	-0.553*	0.438	0.655*
X_8	-0.924**	-0.634*	-0.253	-0.932**	0.860**	-0.795**	-0.553*	1	-0.894**	-0.915**
X_9	0.941**	0.835**	0.153	0.907**	-0.856**	0.620*	0.438	-0.894**	1	0.920**
X_{10}	0.918**	0.773**	-0.004	0.993**	-0.946**	0.775**	0.655*	-0.915**	0.920**	1

** 表示相关极显著, * 表示相关显著(两尾测验)。

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed); * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

2.3 甘蓝主要农艺性状的因子分析

从表4可知,甘蓝主要农艺性状前3个主成分的特征值累计贡献率达96.38%,保持了10个农艺性状的绝大部分信息。第一主成分(F_1)的特征值为5.146,贡献率为51.46%,开展度、外叶数、球径、生育期和叶球质量的载荷值较大,且均为正值,说明开展度、外叶数、球径、生育期和叶球质量之间不存在相互制约关系,育种时对该因子施行正向独立选择,即选择 F_1 主因子大的品种或品系,可选育出叶重型丰产品种。从生物学意义分析, F_1 主因子主要体现了甘蓝叶器官、生育期和叶球质量的关系,因此,把 F_1 主因子定为丰产因子。第二主成分(F_2)的特征值为3.085,贡献率为30.84%,中心柱长、中心柱长/球高的载荷值较大,且均为正值,说明这2个性状存在相互促进的关系,可称为中心柱长因子。第三主成分(F_3)的特征值为1.408,贡献率为14.08%,球高载荷值较大,可称为球高因子。

斜交因子分析表明:3个主因子之间存在一定的相关性(表5)。 F_1 与 F_2 存在较大的正向相关,因此在对丰产因子进行选择时,不能忽视对中心柱长因子的关注; F_3 与 F_1 、 F_2 相关性较小。

3 讨 论

本文研究的甘蓝10个性状分别为开展度、外叶数、球高、球径、球形指数、中心柱长、中心柱长/球高、紧实度、生育期和叶球质量,而陈锦秀等^[11]涉及的性状有7个,分别为开展度、株高、外叶数、中心柱长/球高、紧实度和叶球质量,可见两者只有5个性状是相同的,即开展度、外叶数、中心柱长/球高、紧实度和叶球质量。本文甘蓝性状的变异系数在6.97%~26.94%,遗传力在22.52%~96.14%,其中,开展度、紧实度和叶球质量的遗传力分别为93.05%、80.14%和96.14%,与陈锦秀等报道的相近,但中心柱长/球高、外叶数的遗传力却有较大差异,这可能与所用试材不同有关。在10个甘蓝性状中,球径、球形指数和叶球质量3个性状变异系数和遗传力均较高,说明在甘蓝遗传改良中,可以在早代对这3个性状进行人工选择,且选择潜力大、选择效果好。

相关分析结果表明:叶球质量与开展度、外叶数、球径、中心柱长和生育期极显著正相关,与球形指数和紧实度极显著负相关。所以,在甘蓝丰产育种中,为了增加叶球质量,可以把增加开展度、外叶数、球径和降低球形指数作为育种目标,但对圆球形品种的选育,降低球形指数的可能性不大;而对扁球形品种的选育,可在考虑提高叶球纵径的基础上适当降低球形指数。中心柱长/球高、紧实度2个性状与

表4 方差极大正交旋转后主因子载荷矩阵
Tab.4 Factor loading matrix after varimax rotation

性状 Traits	因子 Factor		
	1	2	3
开展度 Angular divergence	0.853	0.459	0.099
外叶数 Number of outer leaves	0.923	0.085	-0.222
球高 Head height	0.034	-0.084	0.989
球径 Head diameter	0.801	0.565	0.007
球形指数 Index of head shape	-0.786	-0.561	0.220
中心柱长 Length of central column	0.380	0.905	0.030
中心柱长/球高 Length of central column/head height	0.283	0.835	-0.459
紧实度 Density of head	-0.734	-0.587	-0.295
生育期 Growth period	0.930	0.291	0.154
单球重 Head mean weight	0.823	0.530	0.019
特征值 Eigenvalues	5.146	3.085	1.408
累计贡献率/% Cumulative rate	51.46	82.30	96.38

表5 斜交因子相关矩阵
Tab.5 Factor correlation matrix after promax rotation

因子 Factor	1	2	3
1	1.000	0.704	0.121
2	0.704	1.000	-0.013
3	0.121	-0.013	1.000

甘蓝品质密切相关,本研究结果显示,开展度与中心柱长/球高、紧实度极显著相关,因此可以利用开展度对中心柱长/球高、紧实度进行间接选择。本文结果也较好地解释了目前扁球形品种的叶球质量要普遍大于圆球形品种,以及晚熟品种产量高于早熟品种的现象。本研究报道的叶球质量与球径、中心柱长的关系与吉立柱等^[9]和李成琼等^[10]的研究结果是一致的,但叶球质量与外叶数、球高的相关关系与李成琼等的研究结果不同,这可能与后者试材来源单一有关。

在作物遗传改良中,对品种资源的分析与评价常涉及多个农艺性状,但这些性状之间往往存在一定的相关性,使得观测数据所反映的信息存在重叠现象。为了尽量避免信息重叠和减轻工作量,人们往往希望能找出少数几个互不相关的综合变量来尽可能地反映原来数据所含有的绝大部分信息,因子分析正是为解决此类问题而产生的多元统计分析方法^[15]。利用因子分析,可使育种者在各世代把握少数几个主因子,对育种材料进行选择、改良,从而提高选择的准确性和选择效率。本研究将甘蓝10个农艺性状归属于3个主因子,即F₁丰产因子,F₂中心柱长因子,F₃球高因子。丰产因子是第一主因子,其解释的总体变异百分率最高,因此在甘蓝遗传改良中,丰产因子是育种者首要考虑的因子;同时,中心柱长因子所控制的主要性状如中心柱长、中心柱长/球高等与丰产因子关系较为密切,因此在甘蓝丰产育种中,要重视以F₁主因子为单位的集团选择,以获得最佳选择效果;F₃球高因子解释的总体变异百分率较低,且与F₁、F₂因子相关性较小,因此在甘蓝丰产育种中,可以忽略对球高因子的选择。

参考文献:

- [1] 中国农业科学院蔬菜花卉所. 中国蔬菜品种志 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2001: 620 - 671.
- [2] 周长久. 现代蔬菜育种学 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1996.
- [3] 宋明, 王晓佳, 陈世儒, 等. 结球甘蓝若干品质性状间的相关性分析 [J]. 西南农业大学学报, 1990, 12(2): 164 - 165.
- [4] 张恩慧, 干正荣, 鲁玉妙, 等. 甘蓝主要品质性状相关性分析 [J]. 陕西农业科学, 1993(5): 24 - 25.
- [5] 戴忠良, 侯喜林, 潘跃平. 结球甘蓝种质资源主要品质性状的研究 [J]. 上海农业学报, 2007, 23(1): 44 - 47.

- [6] 王超, 张韬, 范金霞. 春甘蓝抽薹特性的研究. III. 农艺性状间遗传相关与通径分析 [J]. 东北农业大学学报, 2004, 35(1): 17-20.
- [7] 张韬. 春甘蓝抽薹性状遗传及相关研究 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2002: 13-18.
- [8] Singh B K, Sharma S R, Kalia P, et al. Character association and path analysis of morphological and economic traits in cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) [J]. The Indian Journal of Agricultural Sciences, 2010, 80(2): 116-118.
- [9] 吉立柱, 贾占温, 孙德岭. 早熟甘蓝几个性状的相关和通径分析 [J]. 天津农业科学, 2005, 11(3): 12-13.
- [10] 李成琼, 陈世儒, 雷建军. 甘蓝主要性状的相关和通径分析 [J]. 西南农业大学学报, 1990, 12(2): 166-169.
- [11] 陈锦秀, 薄天岳, 任云英, 等. 结球甘蓝主要商品性状与农艺性状的遗传相关分析 [J]. 上海农业学报, 2007, 23(2): 57-60.
- [12] 缪体云, 刘玉梅, 方智远, 等. 一个结球甘蓝 DH 群体主要农艺性状的遗传效应分析 [J]. 园艺学报, 2008, 35(1): 59-64.
- [13] 陈学军. 辣椒早熟性状遗传分析、相关基因分子标记及辣椒属栽培种遗传多样性研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2006: 35-37.
- [14] 陈学军, 方荣, 缪南生, 等. 辣椒属栽培种主要表型性状的因子分析 [J]. 中国蔬菜, 2009(2): 21-25.
- [15] 袁志发, 周静芋. 多元统计分析 [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 207-215.

(上接第 233 页)

- [4] 毛凯, 周寿荣. 一年生春性牧草混播种群生物量动态研究 [J]. 草业学报, 1996, 5(2): 4-7.
- [5] 杨春华, 李向林, 张新全, 等. 扁穗牛鞭草和红三叶混播草地生物量及种间竞争的动态研究 [J]. 四川农业大学学报, 2006, 24(1): 32-36.
- [6] 马春晖, 韩建国, 毛培胜. 一年生饲用燕麦与豌豆混播最佳刈割期的研究 [J]. 西北农业学报, 2001, 10(4): 76-79.
- [7] Cadisch G, Schunke R M, Giller K E. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil [J]. Tropical Grasslands, 1994, 28(1): 43-52.
- [8] Thomas R J. Role of legumes in proving N for sustainable tropical pasture systems [J]. Plant and Soil, 1995, 174(1): 103-118.
- [9] Thomas R J. The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pasture [J]. Grass and Forage Science, 1992, 47(2): 133-142.
- [10] 贾慎修. 草地学 [M]. 2 版. 北京: 农业出版社, 1995: 85-114, 210-215.
- [11] Marten G C. 李永宏, 汪诗平, 尹永军, 等. 译. 放牧研究: 设计方法与分析 [M]. 北京: 气象出版社, 1997: 8-18.
- [12] 申忠宝, 王建丽, 李成权, 等. 苜蓿和无芒雀麦混播草地株高、产草量动态研究 [J]. 黑龙江农业科学, 2007, 34(5): 70-73.
- [13] 马春晖, 韩建国, 李鸿祥, 等. 一年生混播草地生物量和品质以及种间竞争动态研究 [J]. 草地学报, 1999, 7(1): 62-70.
- [14] 马春晖, 韩建国, 李鸿祥, 等. 冬牧 70 黑麦和箭舌豌豆混播草地生物量、品质及种间竞争的动态研究 [J]. 草业学报, 1999, 8(4): 56-64.
- [15] Marten G C. Nutritional value of the legume in temperate pastures of the U. S [M]. // Barnes R F. Forage legumes for energy-efficient animal production. Proc Trilateral Workshop, Palmerston North, NZ, USDA, Washington D C, 1985: 204-212.
- [16] Springer T L, Aiken G E, McNew R W. Combining ability of binary mixtures of native, warm-season grasses and legumes [J]. Crop Science, 2001, 41(3): 818-823.