

# 二十二份小白菜主要农艺性状的遗传及相关分析

孙 丽<sup>1</sup>, 赵 锋 亮<sup>2</sup>, 李 贞 霞<sup>1</sup>, 王 广 印<sup>1</sup>, 武 姗 姗<sup>1</sup>

(1. 河南科技学院 园艺园林学院, 河南 新乡 453003; 2. 河南省三门峡市陕县乾坤琪绿化有限公司, 河南 三门峡 472000)

**摘 要:**以新乡市农业科学院提供的 22 个小白菜为试材, 对小白菜的叶数、叶长、叶宽、叶柄长、叶厚、叶绿素含量、单株鲜重等 7 个农艺性状进行了遗传相关分析, 以掌握小白菜主要农艺性状的变化特点及相互关系。结果表明: 小白菜主要农艺性状的变异系数范围在 10.59%~65.53%, 叶数变异系数最小, 单株鲜重变异系数最大; 遗传力范围在 57.91%~97.44%, 叶绿素含量的遗传力较高, 叶数遗传力较低; 在 8 个杂交组合中, 叶厚和叶绿素含量的超亲优势不明显, 其它性状的超中优势与超亲优势都比较明显; 在小白菜 7 个农艺性状中, 单株鲜重与叶数、叶长、叶宽和叶柄长呈极显著正相关。

**关键词:**小白菜; 农艺性状; 遗传分析; 相关分析

**中图分类号:**S 634.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)17-0001-04

小白菜(*Brassica rapa* L. *Chinensis* Group)属十字花科芸薹属白菜种小白菜亚种, 原产中国。小白菜喜冷凉, 在 18~20℃, 光照充足下生长最好, -2~-3℃可安全越冬<sup>[1]</sup>。小白菜营养价值高, 富含蛋白质、胡萝卜素、维生素及钙、磷、铁等人体必需的营养物质<sup>[2]</sup>。目前人们越来越重视食品安全质量, 因而对蔬菜的质量提出了较高的要求, 了解不同小白菜农艺性状的遗传表现, 有利于提高育种质量, 加速育种进程。多元分析的方法已被广泛应用于各农作物的遗传研究, 在大白菜、菜豆<sup>[3]</sup>、大豆<sup>[4]</sup>、油菜、花生等作物上都有相关的研究。

新乡农业科学院经多年小白菜资源收集工作, 选出 22 份小白菜材料, 通过对 22 份小白菜材料主要农艺性状做相关分析, 旨在揭示 7 个农艺性状间的相关关系, 为小白菜的良种选择提供科学依据和理论参考<sup>[5]</sup>。通过对小白菜农艺性状的遗传及相关分析, 为小白菜进一步的推广应用和新品种植种提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试 22 份小白菜材料, 其中自交系有 7646、7807、9119、8092、8072、8233、8237、7850、8004、8062、9214、9195、8940、8952, 杂交组合有 7807×7646、7646×9119、8092×8072、8237×8233、7850×8004、8004×8062、8092×9214、

8072×9195, 均由新乡农业科学院提供。2010 年 9 月 3 日播种, 9 月 28 日定植; 行距 12 cm, 株距 15 cm; 小区面积 1.5 m<sup>2</sup>, 3 次重复。底肥每 667 m<sup>2</sup> 施 100 kg 复合肥, 其它管理与常规相同。

### 1.2 试验方法

材料采集时, 同一种植小区内每份材料分别采 3~5 株小白菜, 并且要求生长良好、无病虫害、生长环境一致。每个材料选 3 片大小一致功能叶, 选择叶片新鲜完好, 取叶片中部以上的材料, 剪碎混匀, 再按四分法取样, 称取 0.2 g, 3 次重复。

叶绿素含量测定采用浸提法<sup>[6]</sup>; 单株叶片数用 X1 表示; 叶长取最大叶的叶脉长度测量, 用 X2 表示; 叶宽用直尺量取叶片中部最宽的长度, 用 X3 表示; 叶柄长从叶柄基部向上测量至叶脉基部, 用 X4 表示; 叶厚取 10 株最大叶片叠加测其厚度再取平均值, 用 X5 表示; 叶绿素含量用 X6 表示; 单株鲜重用 X7 表示。

采用方差分析法<sup>[7]</sup>估测遗传力: 广义遗传力=基因型方差/表型方差。先对每个性状做方差分析, 然后再根据以下公式计算广义遗传力:  $V_g = (MS_g - MSe)/n$ ;  $V_e = MSe$ ;  $h^2(\%) = V_g / (V_g + V_e) \times 100$ , 其中  $MS_g$  代表处理间均方,  $MSe$  代表处理内均方,  $n$  代表重复数,  $V_g$  代表基因型方差,  $V_g + V_e$  代表表型方差。

超中优势与超亲优势采用公式计算:  $H_1 = [F_1 - (P_1 + P_2)/2] / [(P_1 + P_2)/2]$ , 超亲优势  $H_2 = (F_1 - Ph) / Ph$ ,  $H_1$  表示超中优势;  $H_2$  表示超亲优势;  $F_1$  表示杂种一代的平均值;  $P_1$  表示第 1 个亲本的平均值;  $P_2$  表示第 2 个亲本的平均值;  $Ph$  表示双亲中较优良的一个亲本的平均值。

**第一作者简介:**孙丽(1977-), 女, 吉林磐石人, 硕士, 实验师, 现主要从事植物生理生态等研究工作。E-mail: sunli0001977@126.com.

**基金项目:**河南省现代农业产业技术体系建设资助项目(S2010-03-G06); 河南省科技攻关重点资助项目(112102110023)。

**收稿日期:**2014-04-29

## 1.3 数据分析

试验数据采用 Excel 2003 软件进行处理,采用 DPS 软件进行统计分析。采用 Duncan 新复极差法进行多重比较。

## 2 结果与分析

## 2.1 小白菜主要农艺性状的变异系数及遗传力

由表 1 可以看出,在小白菜的 7 个农艺性状中,叶数变幅度为 9.67~17.67,其中叶数最多的是 8237×8233,最少的是 8004;叶长的变幅为 9.23~17.37 cm,其中最长的为 8237×8233,最短的是 8237;叶宽的变幅为 4.13~9.03 cm,其中最宽的是 8237×8233,最窄的是 8237;叶柄长的变幅是 3.60~7.50 cm,其中最长的为 8952,最短的是 8237;叶厚的变幅是 0.057~0.086 cm,其中最厚的是 8062,最薄的是 7646;叶绿素含量的变幅度

为 0.59~1.28 mg/g FW,其中含量最高的是 7807,最低的是 8237;单株鲜重的变幅为 17.54~128.01 g,其中最重的是 8237×8233,最轻的是 8237。

小白菜的 7 个农艺性状的变异系数在 10.59%(叶数)~65.53%(鲜重),遗传力在 57.91%~97.44%。变异系数最大的是鲜重,达 65.53%,其次是叶宽和叶柄长,这 3 个农艺性状的变异系数超过 19.00%,说明鲜重、叶宽和叶柄长具有较高的遗传多态性,人工选择潜力大,可通过人工选择来实现改良,叶厚的变异系数较小,为 10.59%,说明选择潜力相对较小。遗传力分析表明,叶绿素含量的遗传力较高,达到 97.44%,说明对其进行表型选择可获得较好的效果;其次是叶长、叶宽、叶柄长、单株鲜重的遗传力,其值在 80.00%~90.00%;叶数遗传力较低,为 57.91%。

表 1

小白菜主要农艺性状的变异系数及遗传力

Table Variable coefficient and heritability of main agronomic traits of Chinese cabbage

材料 Material	叶数 Leaves	叶长 Leaf length /cm	叶宽 Leaf width /cm	叶柄长 Petiole length /cm	叶厚 Leaf thick /cm	叶绿素含量 Total chlorophyll content/(mg·g <sup>-1</sup> )FW	单株鲜重 Fresh weight per plant/g
7646	11.77	12.37	5.77	5.23	0.057	0.67	41.95
7646×9119	13.77	15.00	7.43	5.37	0.072	1.14	67.24
9119	12.00	13.93	7.57	4.60	0.080	1.09	38.94
7807	11.67	12.10	7.10	4.80	0.085	1.28	28.57
7807×7646	13.33	11.43	6.40	4.67	0.067	1.25	37.22
8092×9214	14.67	11.80	6.17	4.40	0.064	0.93	40.10
8092	14.67	11.67	5.27	4.17	0.070	1.17	26.07
9214	11.67	10.57	5.67	4.33	0.064	0.98	22.97
8092×8072	14.00	15.63	6.93	6.37	0.068	1.17	56.38
8072	10.67	12.93	5.67	5.57	0.064	1.05	26.37
8072×9195	15.00	15.50	7.30	5.97	0.069	0.99	59.32
8237×8233	17.67	17.37	9.03	6.73	0.074	0.95	128.01
8233	12.00	11.10	5.77	4.37	0.067	0.97	24.44
8237	11.33	9.23	4.13	3.60	0.060	0.59	17.54
7850×8004	14.00	16.97	8.90	6.93	0.073	0.93	106.04
7850	10.67	10.87	5.70	4.70	0.070	0.97	21.88
8004	9.67	12.93	5.90	5.10	0.069	0.94	30.24
8062	14.67	11.77	6.30	5.10	0.086	0.85	42.00
8004×8062	15.00	16.53	8.57	6.77	0.081	0.95	110.81
9195(深)	12.00	13.30	5.87	5.07	0.071	1.02	39.58
8940	12.00	12.57	6.67	5.53	0.079	1.01	38.83
8952	12.00	16.47	4.53	7.50	0.068	0.91	24.59
最大值 Maximum value	17.67	17.37	9.03	7.50	0.086	1.28	128.01
最小值 Minimum value	9.67	9.23	4.13	3.60	0.057	0.59	17.54
平均数 Average	12.92	13.27	6.48	5.31	0.071	0.99	46.77
标准差 Standard deviation	1.90	2.32	1.29	1.02	0.0075	0.16	30.65
变异系数 Variable coefficient/%	14.67	17.45	19.82	19.20	10.59	16.52	65.53
遗传力 Heritability/%	57.91	88.79	83.56	82.02	—	97.44	80.11

2.2 小白菜杂交组合 F<sub>1</sub> 性状杂种优势分析

杂种优势是生物界里的一种普遍现象,指 2 个具有不同性状的亲本杂交而产生的 F<sub>1</sub> 代在生活力、生长势、繁殖力、适应性以及产量、品质、对不良环境因素的抗逆

性等方面优于双亲的现象<sup>[8]</sup>。

由表 2 可知,从叶数看,8 个杂交组合均表现出正超中优势,其中 8072×9195、7850×8004 超中优势比较明显,杂种优势值均高于 0.30,在调查的 8 个材料中有 7 个

杂交组合表现出正超亲优势,其中 7850×8004 杂交组合优势较明显,8237×8233 和 8092×9214 的超亲优势为 0。

从叶长上看,在调查的 8 个材料中除了 7807×7646 杂交组合的超中优势和超亲优势为负值外,其它所有材料的超中优势和超亲优势均为正值。其中材料 8237×8233 正超中优势和正超亲优势值最高,分别达到 0.71、0.56。

从叶宽上看,在调查的 8 个材料中有 7 个杂交组合表现出正的超中优势,占全部杂交组合的 88%,其中 8237×8233 超中优势最高,为 0.82;其次是 7850×8004 和 8004×8062,其值分别为 0.53、0.40。在超亲优势方面有 6 个杂交组合表现为正值,占全部杂交组合的 75%,其中 8237×8233 超亲优势最高,为 0.56;其次是 7850×8004 和 8004×8062,分别为 0.51、0.36。

从叶柄长上看,在供试材料中有 7 个杂交组合表现出正的超中优势和正的超亲优势,其中 8237×8233 杂交组合的超中优势和超亲优势值均最高,为 0.69、0.54,杂

交组合 7807×7646 的超中优势和超亲优势值均最低,为 -0.069、-0.11。

从叶厚上看,在调查的 8 个材料中有 6 个杂交组合表现出正的超中优势,占全部杂交组合的 75%,其中 8237×8233 超中优势最高,为 0.17。在超亲优势方面有 2 个杂交组合表现为正值,占全部杂交组合的 25%,其中 8237×8233 超亲优势最高,为 0.10。

从叶绿素含量上看,在调查的 8 个材料中有 5 个杂交组合表现出正的超中优势,占全部杂交组合的 63%,其中 7646×9119 超中优势最高,为 0.29。在超亲优势方面有 3 个杂交组合表现为正值,占全部杂交组合的 38%,其中 7646×9119 超亲优势最高,为 0.04,由此说明叶绿素含量在杂交组合  $F_1$  代普遍降低。

从单株鲜重上看,在调查的 8 个杂交组合均表现出正超中优势,其中 8237×8233 超中优势最高,为 5.10。在超亲优势方面有 7 个杂交组合表现为正值,占全部杂交组合的 88%,其中 8237×8233 超亲优势最高,为 4.24。由此说明,供试小白菜的单株鲜重超中优势较明显。

表 2 不同材料小白菜杂交组合各性状杂种优势

Table 2 Chinese cabbage hybrid materials with different combination of heterosis of each character

材料 Material	叶数 Leaves		叶长 Leaf length		叶宽 Leaf width		叶柄长 Petiole length		叶厚 Leaf thick		叶绿素含量 Total chlorophyll content		单株鲜重 Fresh weight per plant	
	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2
7646×9119	0.16	0.15	0.14	0.077	0.11	-0.018	0.093	0.027	0.051	-0.1	0.29	0.04	0.66	0.60
7807×7646	0.14	0.13	-0.066	-0.08	-0.0054	-0.099	-0.069	-0.11	-0.056	-0.21	0.28	-0.02	0.06	-0.11
8092×9214	0.11	0	0.061	0.011	0.13	0.08	0.055	0.055	-0.044	-0.086	-0.13	-0.21	0.64	0.54
8092×8072	0.10	-0.046	0.27	0.21	0.27	0.22	0.31	0.14	0.00	-0.029	0.05	0.00	1.15	1.14
8072×9195	0.32	0.25	0.18	0.17	0.27	0.24	0.12	0.071	0.022	-0.028	-0.04	-0.06	0.80	0.50
8237×8233	0.19	0	0.71	0.56	0.82	0.56	0.69	0.54	0.17	0.10	0.22	-0.02	5.10	4.24
7850×8004	0.38	0.31	0.43	0.31	0.53	0.51	0.41	0.36	0.050	0.043	-0.03	-0.04	3.07	2.51
8004×8062	0.23	0.022	0.34	0.28	0.40	0.36	0.33	0.33	0.045	-0.058	0.06	0.01	2.07	1.64

### 2.3 小白菜主要农艺性状的遗传相关

由表 3 可以看出,叶数与叶长、叶宽、单株鲜重呈极显著正相关,与其它性状无显著相关关系。叶长与叶数、叶宽、叶柄长和单株鲜重呈极显著正相关,与其它性状也无显著相关关系。叶宽与叶数、叶长、叶厚和单株鲜重呈极显著正相关,与叶柄长呈显著正相关。叶柄长

与叶长、单株鲜重呈极显著正相关,与叶宽呈显著正相关。叶厚与叶宽呈极显著正相关,与其它性状未达到显著相关水平。叶绿素含量与所有性状均未达到显著相关水平。单株鲜重与叶数、叶长、叶宽和叶柄长呈极显著正相关,与其它性状未达到显著相关水平。

表 3 小白菜主要农艺性状的相关分析

Table 3 Corelation analysis on main agronomic traits of Chinese cabbage

相关系数 Correlation index	叶数 Leave X1	叶长 Leaf length X2	叶宽 Leaf width X3	叶柄长 Petiole length X4	叶厚 Leaf thick X5	叶绿素含量 Total chlorophyll content X6	单株鲜重 Fresh weight per plant X7
X1	1.00	0.53**	0.61**	0.38	0.28	0.11	0.74**
X2	0.53**	1.00	0.69**	0.92**	0.28	0.15	0.79**
X3	0.61**	0.69**	1.00	0.51*	0.54**	0.30	0.88**
X4	0.38	0.92**	0.51*	1.00	0.22	0.02	0.66**
X5	0.28	0.28	0.54**	0.22	1.00	0.39	0.31
X6	0.11	0.15	0.3	0.02	0.39	1.00	0
X7	0.74**	0.79**	0.88**	0.66**	0.31	0	1.00

注:\*\*表示极显著相关( $P<0.01$ ),\*表示显著相关( $P<0.05$ )。

Note:\*\* mean very significant difference( $P<0.01$ ),\* mean significant difference( $P<0.05$ ).

### 3 结论与讨论

该试验中 8237×8233 在叶数、叶长、叶宽、单株鲜重这4个性状上均为最大值,8237 在叶长、叶宽、叶柄长、叶绿素含量和单株鲜重上均为最小值。叶宽、叶柄长和叶绿素含量3个性状变异系数和遗传力均较高,说明在小白菜遗传改良中,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<sup>[9]</sup>。

在小白菜7个农艺性状中,单株鲜重与叶数、叶长、叶宽和叶柄长呈极显著正相关,所以在小白菜丰产育种中,为了增加鲜重,可以把增加叶数、叶长、叶宽和叶柄长作为育种目标。而叶绿素含量与其它6个性状间差异均不显著,是否将叶绿素含量作为农艺性状选择的硬性指标还有待进一步研究。

该试验结果与李晓锋等<sup>[10]</sup>在不结球白菜育种实践过程中,首先应该把单株叶重、叶宽、叶柄长和株高作为选育的重点标识性状的结论基本一致,但与曾国平等<sup>[11]</sup>研究的杂种优势主要表现在单株重、叶片重、叶柄重等产量性状上不同,当然由于与产量相关的各性状间存在一定程度的相关性,所以在小白菜高产优质育种中,应综合考虑各性状间的相互影响,才能选育出综合性状表现良好的高产优质组。

供试的小白菜杂交组合( $F_1$ )杂种优势表现比较明显,杂交育种应用潜力比较大。在8个杂交组合中,叶数的超中优势与超亲优势为正值的分别为8个和7个;叶长的超中优势与超亲优势为正值的均为7个;叶宽的超中优势与超亲优势为正值的分别为7个和6个;叶柄长的超中优势与超亲优势为正值的均为7;叶厚的超中优势与超亲优势为正值的分别为6个和2个;叶绿素含量的超中优势与超亲优势为正值的分别为5个和3个;

鲜重的超中优势与超亲优势为正值的分别为8个和7个。综上可知,叶厚和叶绿素总量的超亲优势不太明显,其它性状的超中优势与超亲优势都比较明显。

该试验对部分小白菜杂交组合( $F_1$ )的主要农艺性状的变异系数、遗传力以及杂种优势进行了分析,筛选出了一些较优良的材料如8237×8233、7850×8004,但小白菜遗传规律较为复杂,与其它作物相比,目前对其遗传规律和杂种优势的利用研究较少,需要今后通过更深入、更科学的研究得出更系统更科学的结论。

#### 参考文献

- [1] 程智慧. 蔬菜栽培学各论[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [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] 张运锋,黄光和,李希国,等. 普通菜豆农艺性状相关性分析及主成分[J]. 安徽农学报,2008,14(7):79-81.
- [4] 韩秉进,潘相文,金剑,等. 大豆农艺及产量性状的主成分分析[J]. 大豆科学,2008(2):67-73.
- [5] 李晴,韩玉珠,张光臣. 辣椒品种主要农艺性状的相关性和主成分分析[J]. 长江蔬菜,2010(6):29-33.
- [6] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2006:142-144.
- [7] 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.
- [8] 李明爽,傅洪拓,龚永生,等. 杂种优势预测研究进展[J]. 农业基础科学,2008,24(1):117-122.
- [9] 方荣,陈学军,周坤华. 甘蓝主要农艺性状的遗传相关及因子分析[J]. 江西农业大学学报,2011,33(2):248-253.
- [10] 李晓锋,朱玉英,侯瑞贤,等. 不结球白菜单株产量与相关农艺性状的灰色关联度分析初探[C]//中国十字花科蔬菜研究进展 2009-中国园艺学会十字花科分会第七届学术研讨会论文集,2009.
- [11] 曾国平,曹寿椿. 不结球白菜主要经济性状遗传规律的研究 XII. 15个农艺性状的遗传力和基因效应分析[J]. 南京农业大学学报,1998,21(1):31-35.

## Genetic Analysis and Correlation Analysis on Agronomic Traits of Twenty-two Chinese Cabbage

SUN Li<sup>1</sup>, ZHAO Feng-liang<sup>2</sup>, LI Zhen-xia<sup>1</sup>, WANG Guang-yin<sup>1</sup>, WU Shan-shan<sup>1</sup>

(1. College of Horticulture and Landscape, Henan Institute of Science and Technology, Xinxing, Henan 453003; 2. City Administration of Shaan County in Sanmenxia, Sanmenxia, Henan 472000)

**Abstract:** 22 varieties Chinese cabbage provided from Xinxing Academy of Agricultural Science were used as materials, the main agronomic characters(leaf number, leaf length, leaf width, petiole length, leaf thickness, chlorophyll content and fresh weight) of Chinese cabbage and their genetic correlation analysis were conducted, to realize the variations of main agronomic characters and their relationship. The results showed that the coefficient of variation(CV) of the 7 traits ranged from 10.59% to 65.53%, the highest CV was the fresh weight and the lowest CV was the leaf number, and heritability ranged from 57.91% to 97.44%, the highest heritability was the chlorophyll content and the lowest heritability was the leaf number. Except the heterobeltiosis of leaf thickness and chlorophyll were not obvious, the mid-parent heterosis and heterobeltiosis of other traits were obvious. Among 7 traits, the fresh weight had significant correlation with leaf number and leaf length and petiole length.

**Keywords:** Chinese cabbage; agronomic traits; genetic analysis; correlation analysis