

小白菜种质资源苗期表型 性状的多样性分析

马金健, 李 宁, 张淑娟, 鱼昭君, 惠麦侠

(西北农林科技大学 园艺学院, 旱区作物逆境生物学国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:以 50 份小白菜种质为研究对象, 利用 12 个数量性状和 8 个质量性状分析资源遗传多样性。结果表明: 苗期 12 个数量性状的变异系数为 20.69%~71.68%, 平均值为 34.30%, 其中单株重的变异系数最大, 叶宽的变异系数最小。经主成分分析, 将 20 个性状综合为 4 个主要成分, 其累计贡献率达 80.092%, 以植株大小和产量相关的性状贡献率最高, 达到 57.257%。聚类分析将 50 份材料划分为 3 个类群。

关键词:小白菜; 种质资源; 表型性状; 聚类分析; 主成分分析

中图分类号:S 634.302.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)17-0021-04

小白菜(*Brassica campestris* ssp. *chinensis*)属十字花科芸薹属一二年生草本植物, 又名不结球白菜、青菜。

第一作者简介:马金健(1990-), 男, 硕士研究生, 研究方向为蔬菜种质资源创新及分子育种。E-mail: 15909293714@163.com.

责任作者:惠麦侠(1968-), 女, 博士, 副教授, 研究方向为蔬菜种质资源创新及分子育种。E-mail: huimaixia@nwsuaf.edu.cn.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31272164, 31372062); 西安市科技计划资助项目(NC1204); 唐仲英育种专项资助项目。

收稿日期:2015-05-25

原产于我国, 南北各地均有分布, 在我国栽培十分广泛^[1-3]。种质资源是遗传改良的基础, 只有了解种质资源遗传变异信息及亲缘关系的远近, 才能有目的地选配亲本, 培育出优良品种。前人对不结球白菜的形态学、生物学特性、分类、遗传多样性等^[4-7]已进行了众多的研究, 表明起源于中国的小白菜资源极其丰富, 类型复杂多样。如韩建明等^[8]在不结球白菜种质资源的质量性状和数量性状调查基础上, 通过系统聚类, 把 125 份种质资源聚成 6 类, 普通白菜不同程度地分别与塌棵菜、菜心、

peel Ca content decreased. There were very significantly positive correlations between the flesh soluble solids content and the total length of single fruit cracks, and significantly positive correlation between the flesh soluble solids content and the average depth of cracks. Cutin layer thickness was found significantly positively correlated with the average width and depth of cracks. There were very significantly positive correlations among the peel N and Mg contents and the total length of single fruit cracks, the average width and depth of cracks and the average cracks number of single fruit; there were significantly negative correlations among the peel K contents and the average width of cracks, the average cracks number of single fruit; there were significantly negative correlations among the flesh K content and the total length of single fruit cracks, the average width and depth of cracks and the average cracks number of single fruit. There were significantly or very significantly positive correlations among the peel N/K, N/Ca, P/Ca and K/Ca ratio and the total length of single fruit cracks, the average width and depth of cracks and the average cracks number of single fruit. There were significantly or very significantly negative correlations among the peel K/Mg, Ca/Mg and K/Mg ratio and the total length of single fruit cracks, the average width and depth of cracks and the average cracks number of single fruit. There also were significantly positive correlations among the flesh P/K ratio and the total length of single fruit cracks and the average width of cracks. The normal apples in fruit cracking orchards appeared cracks in 19—23 hours after soaking into distilled water, and with the soaking time prolonged, fruit cracking degree was aggravated; the apples in control orchard didn't appear cracks in the first 3 days after soaking into distilled water, the slight cracks appeared until 4 days later after soaking.

Keywords: apple; fruit cracking; flesh cracking; cutin layer; mineral elements

分蘖菜和薹菜聚在一起,说明普通白菜与其它种类间存在一定的亲缘关系。为了研究不结球白菜内部的群体结构,秦艳梅等^[6]搜集了78份广泛种植的不结球白菜品种,使用SSR标记分析表明,所选的不结球白菜可分为4个亚类群。宋顺华等^[7]采用RAPD技术对64份大白菜种质资源的遗传多样性进行了研究,将其分为6个类群,小白菜(苏州青)和芜菁各成一类,共8个类群。上述研究集中在对我国江浙沿海小白菜种质资源的遗传多样性分析,西北农林科技大学白菜育种室通过征集、选育积累了大量的小白菜种质资源,为了有效的利用和保存这些宝贵资源,该研究在前期调查的基础上,以核心的50份小白菜品种(系)为材料,运用聚类分析和主成分分析的方法,研究小白菜种质资源的遗传多样性,以期对这些资源的合理利用及创新小白菜品种选育提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试50份小白菜材料编号、名称详见表1,其中1~39号为高代自交系材料,40~50号为商业栽培品种。20、31号为黄心乌,21、22为乌塌菜,28号为日本京水菜,其余为普通白菜类。

表1 供试50份小白菜材料

Table 1 The 50 non-heading Chinese cabbage materials

编号	名称	编号	名称	编号	名称	编号	名称	编号	名称
Code	Name	Code	Name	Code	Name	Code	Name	Code	Name
1	13Xs2	11	13Xs25	21	13Xs71	31	13Xs110	41	“春冠”
2	13Xs3	12	13Xs27	22	13Xs72	32	13Xs125	42	“绿香奶白”
3	13Xs7	13	13Xs44	23	13Xs90	33	13Xs129	43	“夏抗2号”
4	13Xs10	14	13Xs50	24	13Xs91	34	13Xs136	44	“夏抗”
5	13Xs11	15	13Xs51	25	13Xs92	35	13Xs137	45	“紫依”
6	13Xs13	16	13Xs53	26	13Xs94	36	13Xs141	46	“夏童”
7	13Xs17	17	13Xs58	27	13Xs95	37	13Xs146	47	“华秀”
8	13Xs18	18	13Xs59	28	13Xs97	38	13Xs156	48	“油靛”
9	13Xs20	19	13Xs61	29	13Xs98	39	13Xs197	49	“力丰五月慢”
10	13Xs23	20	13Xs70	30	13Xs105	40	“盛绿”	50	“春冠3号”

1.2 试验方法

在材料播种后20d的幼苗期,参考农业部不结球白菜《植物新品种的特异性、一致性和稳定性(DUS)测试指南》(2012版),对50份材料的12个数量性状和8个质量性状进行测定。每个材料选取3株,取平均值。

1.3 数据分析

对数量性状按照王述民等^[8]表述的方法,进行10级分类,1级 $<X-2S$,10级 $\geq X+2S$,中间每级间差 $0.5S$, S 为标准差, X 为平均值。用Excel 2003记录统计,采用SPSS 16.0软件对数据进行变异系数统计分析,采用DPS软件对标准化后的质量性状和数量性状进行聚类分析和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 小白菜苗期表型性状的变异分析

由表2可以看出,50份小白菜种质资源8个质量性状上有着较丰富的变异,变异系数的变幅为30.38%~216.67%。其中最大是叶缘裂刻(216.67%),其次为叶面光泽(156.45%)、叶面皱缩(82.27%)、束腰性(76.88%),较小的是叶缘翻卷(31.05%)和株型(30.38%)。叶缘裂刻、叶面光泽、叶面皱缩3个质量性状在较大范围内变动,表明不同材料间叶片的表型性状在长期的人工选择中,形成了各自相对稳定的表型特征。叶缘裂刻变异系数尽管最大,但是品种的分布相对比较集中,84%的参试材料表现为叶缘光滑无裂刻,仅有16%表现叶缘深裂,其余7个质量性状在其描述级别上均有分布,但不均匀(表3)。在苗期表现较强束腰性资源仅有8%,14%表现弱束腰性,88%资源在苗期不表现束腰性。叶片颜色的变异系数尽管不是最大,为54.98%,但分布最为广泛,有黄绿、浅绿、较绿、绿、深绿、鲜绿、灰绿、黑绿、紫色9种不同的类型,其中,绿色所占比例稍大为34%(表3)。12个数量性状相比质量性状变异相对较小(表4),其中单株重的变异系数最大,为71.68%,其次为叶重和叶柄宽,其变异系数分别为50.24%和43.00%,叶数、株幅和叶宽的变异系数较小,均为21%左右。供试品种产量相关性状变异丰富,在杂

表2 小白菜苗期质量性状的变异分析

Table 2 Variation analysis of qualitative traits for non-heading Chinese cabbage at seedling stage

性状	平均值	最大值	最小值	变幅	标准差	变异系数
Character	Mean	Maximum	Minimum	Variation	Standard deviation	Variable coefficient /%
株型 Plant type	3.72	5	1	1~5	1.13	30.38
束腰性 Corset character	1.60	5	1	1~5	1.23	76.88
叶色 Leaf color	4.14	9	1	1~9	1.73	41.79
叶柄色 Petiole color	3.64	7	1	1~7	1.59	43.68
叶面光泽 Foliar luster	0.62	3	0	0~3	0.97	156.45
叶面皱缩 Leaves shrivel	2.20	7	1	1~7	1.81	82.27
叶缘翻卷	4.96	9	1	1~9	1.54	31.05
Leaf margin folding						
叶缘裂刻 Leaf margin crack	0.18	1	0	0~1	0.39	216.67

表3 小白菜质量性状分布频率统计

Table 3 The frequency of qualitative traits for non-heading Chinese cabbage

性状	分布比例 Distribution proportion/%									
Character	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
株型 Plant type			4		56		40			
束腰性 Corset character		78		14		8				
叶色 Leaf color		2	16	16	34	16	2	10	2	2
叶柄色 Petiole color		18		34		46		2		
叶面光泽 Foliar luster	68	6	22	4						
叶面皱缩 Leaves shrivel		64		16		16		4		
叶缘翻卷 Leaf margin folding		6		6		78		4		6
叶缘裂刻 Leaf margin crack	84	16								

表 4 小白菜苗期数量性状的变异分析

Table 4 Variation analysis of quantitative traits for non-heading Chinese cabbage at seedling stage

性状 Character	平均值 Mean	最大值 Maximum	最小值 Minimum	变幅 Variation	标准差 Standard deviation	变异系数 Variable coefficient/%
基部粗 Base thick/cm	2.94	4.99	1.04	1.04~4.99	0.96	32.65
腰粗 Waist thick/cm	4.94	8.35	1.62	1.62~8.35	1.31	26.52
叶柄长 Petiole length/cm	5.94	11.00	1.00	1.00~11.00	1.80	30.30
叶柄厚 Petiole thick/cm	0.44	0.80	0.18	0.18~0.80	0.16	36.36
叶柄宽 Petiole width/cm	2.07	4.00	0.87	0.87~4.00	0.89	43.00
叶长 Leaf length/cm	20.13	46.30	11.37	11.37~46.30	6.21	30.85
叶数 Leaf number/片	10.32	19.00	5.00	5.00~19.00	2.23	21.61
叶重 Leaf weight/g	10.41	24.23	2.60	2.60~24.23	5.23	50.24
株幅 Plant canopy/cm	23.65	33.73	13.23	13.23~33.73	5.05	21.35
株高 Plant height/cm	19.05	29.97	11.07	11.07~29.97	5.02	26.35
单株重 Single fruit weight/g	52.09	152.13	8.33	8.33~152.13	37.34	71.68
叶宽 Leaf width/cm	9.28	13.03	4.87	4.87~13.03	1.92	20.69

交选育、品种遗传改良中利用潜力较大,而叶数、株幅和叶宽的在幼苗期变化较小,说明所有材料在叶片形状和长势上具有小白菜的共同特征。

2.2 小白菜苗期表型性状的聚类分析

对 50 份小白菜资源的 20 个苗期性状进行聚类分析,由图 1 可以看出,参试材料可聚为三大类。其中类

群I包括 21 份材料,全部为普通白菜,该类类群的主要特征有:叶帮较宽、较厚、叶帮占单叶重量比例大,具有一定束腰性,株型较矮。类群II包括 27 份材料,该类类群的主要特征为叶帮宽度中等或者细长、直立,叶帮薄,叶帮占叶重比例小,不束腰,植株较高。该类群同时混杂有类群I的帮宽、束腰性的 10 个品种,1 份日本京水菜(序号 28)也包含在该类群。类群III包括 2 份材料均为乌塌菜,其特点是株型塌地,叶帮窄细,叶片较小呈椭圆形。

2.3 小白菜苗期表型性状的主成分分析

为了揭示农艺性状指标的重要性,对 20 个农艺性状进行主成分分析。由表 5 可以看出,前 4 个主成分的

表 5 小白菜苗期表型性状的主成分分析

Table 5 Principal component analysis of phenotypic for non-heading Chinese cabbage

主成分 Principal component	主成分 1 Principal component 1	主成分 2 Principal component 2	主成分 3 Principal component 3	主成分 4 Principal component 4
特征值 Characteristic value	27.483	4.719	3.802	2.440
贡献率 Contribution rate/%	57.257	9.831	7.920	5.084
累计贡献率 Total contribution rate/%	57.257	67.088	75.008	80.092
株型 Plant type	-1.422	-0.609	-0.360	-1.166
束腰性 Corset character	-8.095	-2.186	-1.828	-1.050
叶色 Leaf color	-0.806	4.338	2.605	2.255
叶柄色 Petiole color	-1.725	3.589	-0.506	-1.361
叶面光泽 Foliar luster	-11.453	-0.924	0.754	0.080
叶面皱缩 Leaves shrivel	-6.692	1.948	-0.347	3.166
叶缘翻卷 Leaf margin folding	1.670	3.286	0.524	-2.802
叶缘裂刻 Leaf margin crack	-12.561	-1.343	0.606	-0.955
叶重 Leaf weight	3.291	-1.597	0.071	1.573
基部粗 Base thick	3.641	-0.566	-2.477	-0.571
腰粗 Waist thick	3.699	2.357	0.282	-0.209
叶长 Leaf length	3.656	-1.254	1.951	-2.396
叶柄长 Petiole length	3.571	-0.195	3.934	-1.454
叶柄宽 Petiole width	3.358	-1.139	-3.498	0.338
叶柄厚 Petiole thick	3.036	-1.505	-1.969	1.283
单株重 Single plant weight	2.751	-0.606	-1.554	0.639
叶宽 Leaf width	3.763	-2.574	0.098	-1.125
株幅 Plant canopy	3.960	-2.193	1.918	1.504
株高 Plant height	3.215	-2.078	2.767	2.043
叶数 Leaf number	3.141	3.251	-2.970	0.207

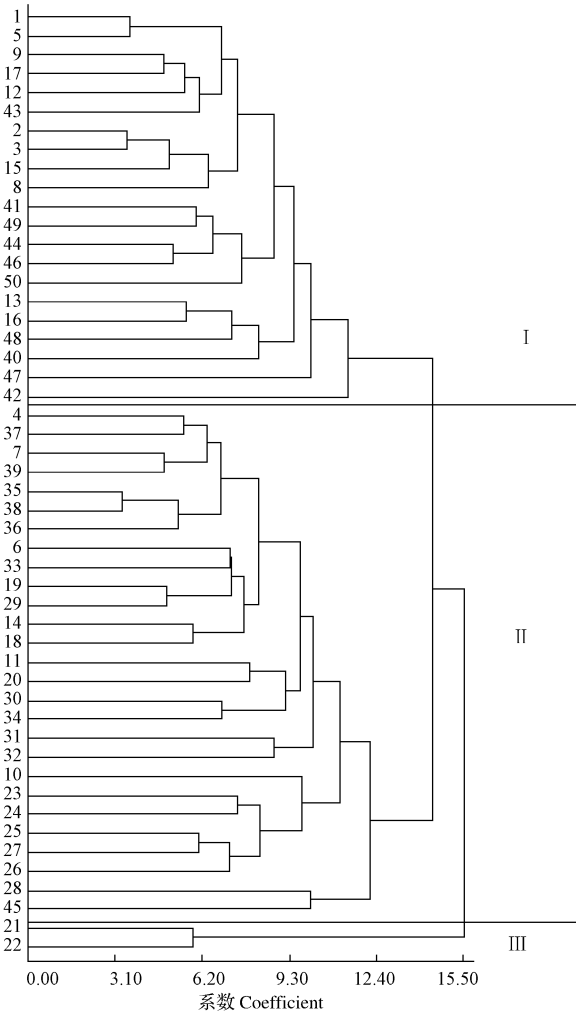


图 1 50 份小白菜苗期表型性状的聚类图

Fig. 1 Dendrogram of 50 non-heading Chinese cabbage materials based on phenotypic traits at seedling stage

累计贡献率达到 80.092%,第 1 主成分贡献率最大,为 57.257%。第 1 主成分主要反映了株幅、叶宽、腰粗、叶长和叶重等植株大小与重量性状的信息;第 2 主成分主要反映了叶色、叶柄色和叶缘翻卷;第 3 主成分主要反映了叶柄长、株高的信息;前 3 个主成分的累计贡献率达到 75.008%。第 1 主成分所包括的信息,如株幅、叶宽、叶长等的变异幅度较大,具有较大的育种和改良潜力。

3 讨论

3.1 种质的遗传多样性

该试验通过对小白菜 50 个资源材料的 20 个表型性状进行观测和分析,发现参试材料的变异系数较大,在质量性状中,变异系数超过 50% 的就有束腰性、叶面光泽、叶面皱缩以及叶缘裂刻,数量性状中变异系数超过 50% 的有叶重和单株重,表明材料间遗传变异丰富,特别是叶重和单株重是决定小白菜产量的主要因素,较高的变异系数说明其基因的丰富程度,为培育出高产的小白菜品种提供了基础。

3.2 种质的亲缘关系

根据曹家树等^[9]分类方法,不结球白菜可分为普通白菜(“紫依小白菜”归为此类),塌菜(“黄心乌”归为此类)与分蘖菜(“京水菜”归为此类)、菜薹和薹菜几个类群。该研究根据苗期的形态性状将所参试 50 份小白菜分成三大类,类群 I 全为叶帮较宽、束腰的普通白菜,类群 III 为乌塌菜,而类群 II 是一个混杂群体,既有叶帮宽、束腰的普通白菜,也有叶缘裂刻较深、叶帮较窄的普通白菜、

高梗白、同时也包含 2 份黄心乌和 1 份京水菜。普通白菜不同程度地分别与黄心乌和京水菜聚在一起,一方面说明黄心乌、京水菜、普通白菜存在一定的亲缘关系,另一方面可能因为苗期调查形态性状具有一定的局限性,比如在苗期,由于生长时期较短,对于植株的束腰性的鉴定就不准确,同时一些数量性状如叶长,叶宽等形状由于生长时期短,使得原本差异较大的材料测得数据差异不明显,影响聚类结果,因此,该研究结论有待于和成株期表型性状及分子水平数据的结合与佐证。

参考文献

- [1] 侯喜林. 不结球白菜育种研究新进展[J]. 南京农业大学学报, 2003, 26(4): 111-115.
- [2] 侯喜林, 宋小明. 不结球白菜种质资源的研究与利用[J]. 南京农业大学学报, 2012, 35(5): 35-42.
- [3] 刘何. 白菜类作物种质材料的遗传多样性分析[D]. 保定: 河北农业大学, 2007.
- [4] 曹寿椿, 李式军. 白菜地方品种的初步研究-Ⅲ. 不结球白菜品种的园艺学分类[J]. 南京农业大学学报, 1982(2): 30-37.
- [5] 韩建明, 侯喜林, 徐海明, 等. 不结球白菜种质资源遗传多样性 RAPD 分析[J]. 南京农业大学学报, 2008(3): 31-36.
- [6] 秦艳梅, 李向, 赵建军, 等. 不结球白菜品种基于 SSR 标记的群体结构分析[J]. 华北农学报, 2013(3): 62-66.
- [7] 宋顺华, 郑晓鹰, 徐家炳, 等. 大白菜种质资源的遗传多样性分析[J]. 华北农学报, 2006(3): 86-90.
- [8] 王述民, 曹永生, REDDEN J, 等. 我国小豆种质资源形态多样性鉴定与分类研究[J]. 作物学报, 2002(6): 727-733.
- [9] 曹家树, 曹寿椿, 缪颖, 等. 中国白菜各类群的分支分析和演化关系研究[J]. 园艺学报, 1997(1): 36-43.

Diversity Analysis of Non-heading Chinese Cabbage Based on Seeding Phenotypic Traits

MA Jinjian, LI Ning, ZHANG Shujuan, YU Zhaojun, HUI Maixia

(College of Horticulture, Northwest Agricultural and Forestry University, National Key Laboratory of Crop Stress Biology in Arid Areas, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: The genetic diversity was studied on 50 kinds of non-heading Chinese cabbage germplasms based on 12 quantitative characters and 8 qualitative characters. The results showed that the variable coefficient of 12 quantitative traits was among 20.69%—71.68%, and the average value was 34.30%. The widest variation was found in plant weight which had a coefficient of variance 71.68%, leaf width was the smallest. The principle analysis showed that 20 characters were integrated into 4 principle components and their additive contributing rate came up to 80.092%, especially the yield factor (57.257%). By cluster analysis, 50 materials were clustered into 3 groups.

Keywords: non-heading Chinese cabbage; germplasm; phenotypic character; cluster analysis; principal components analysis