

基于表型性状的中国大蒜资源遗传多样性分析

王海平¹, 李锡香¹, 沈 镒¹, 邱 杨¹, 宋江萍¹, 张晓辉¹, Philipp W. Simon²

(¹中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081; ² USDA-ARS Vegetable Crops Research Unit and Department of Horticulture, University of Wisconsin, 1575 Linden Drive, Madison, Wisconsin 53706, USA)

摘要:对资源圃保存的 212 份大蒜种质资源的表型性状进行了系统鉴定, 分析表明我国大蒜种质资源的表型变异丰富。主成分分析表明, 29 个性状可以归并为反映植株生长发育、产品特征和产量构成的 8 个主成分; 进一步的聚类分析将所有资源分为特点明显的 2 类 5 亚类。为了避免质量性状在种质评价中的主导作用, 与产量相关的鳞茎数量性状的主成分分析显示, 前 3 个主成分累积贡献率达 74.83%, 第一主成分中鳞茎重、鳞茎直径、鳞茎高和鳞芽数是影响产量的主要因子。主坐标排序将所有资源分为 6 类。通过综合评价, 将大蒜鳞茎产量分为 6 个级别, 筛选出单产大于 15 t/hm² 的资源 3 份。

关键词:大蒜; 遗传多样性; 表型性状

Evaluation on Genetic Diversity of Garlic (*Allium sativum* L.) Clones in China Based on Morphological Characters

WANG Hai-ping¹, LI Xi-xiang¹, SHEN Di¹, QIU Yang¹,

SONG Jiang-ping¹, ZHANG Xiao-hui¹, SIMON Philipp W.²

(¹Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081;

²USDA-ARS Vegetable Crops Research Unit and Department of Horticulture, University of Wisconsin, 1575 Linden Drive, Madison, Wisconsin 53706, USA)

Abstract: In this study, phenotypic diversity and classification of 212 accessions of garlic germplasm in China were studied based on morphological traits by methods of clustering, principal component analysis, and correlation analysis. The results of principle component analysis indicated that 8 component factors could represent 29 characters related with plant growth and development, germplasm characters, and yield composition. The cluster results showed that all the resource could be divided into 2 groups and 5 sub-groups. To avoid the overrating effect from qualitative traits, principal component analysis of quantitative traits related to bulb yield showed that the cumulative contribution proportion of the first three components including bulb weight, diameter, weight and clove number was up to 74.83% and could be the most important traits affecting bulb yield. All accessions of garlic germplasm were divided into 6 groups according to yield and the analysis of principal coordinates. Moreover, three accessions yielded above 15 t/hm² were selected out.

Key words: garlic; genetic diversity; morphological characteristics

大蒜 (*Allium sativum* L.) 属于百合科 (Liliaceae) 葱属 (*Allium*) 植物, 既是重要的调味蔬菜^[1], 又

是重要的药用植物^[2-4], 含有多种营养成分, 有“植物黄金”之称。我国大蒜收获面积和产量均居世界

收稿日期: 2013-04-01 修回日期: 2013-07-12 网络出版日期: 2013-12-19

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20131219.1312.030.html>

基金项目: 国家青年科学基金 (31000910); 公益性行业 (农业) 科研专项 (200903018-3); 国家科技支撑计划 (2013BAD01B04-8); 作物种质资源保护与利用项目 (NB2013-2130135-28); 农业部园艺作物生物学与种质创制重点实验室项目

第一作者研究方向为蔬菜种质资源。E-mail: wanghaiping@caas.cn

通信作者: 李锡香, 研究方向为蔬菜种质资源。E-mail: lee0612@gmail.com

之首,是大蒜的主要贸易国,占世界大蒜贸易总额的70%~80%^[5]。

资源评价是种质资源有效利用的前提。种质资源表型性状的评价相对分子评价而言更直接,具有不可替代性,广泛应用于核心种质构建和资源分类^[6-10]。在大蒜种质表型评价方面,国内外学者已做了大量的研究工作。美国学者通过对 USDA-ARS 植物推广站的 46 份大蒜资源的评价认为硬叶和软叶资源的鳞茎形状、大小变异很大^[11]。M. M. Jenderek 等^[12]对 195 份大蒜种质资源的抽薹性、花序形状、开花时间等 17 项表型性状进行了评价和分类。G. W. Dickerson 等^[13]以 9 个大蒜品种的不同大小鳞芽为试验材料考察栽培区域和鳞茎大小对植株生长发育和综合品质的影响,结果显示鳞芽大小对出苗率、植株长势及鳞茎大小均影响很大;对于同一个品种而言,鳞芽较大,出苗率较高、植株长势强,后代的鳞芽也较大;种植地区不同对综合品质影响较大。A. B. Camargo 等^[14]通过对 10 份大蒜资源的 11 种矿物质的分析探讨了基于矿物质含量对资源分类的可能性。这些基于表型性状的评价为大蒜育种和资源的深入研究提供了

重要的参考,然而各方在评价时没有统一的鉴定评价标准。IPGRI^[15]的葱属植物描述符对鳞茎相关数量性状给出了分级,但没有建立具体各级分级标准。《大蒜种质资源描述规范和数据标准》^[16]对大蒜数量性状采用了直接计数的办法,虽然更科学可靠,但在统计分析时,往往需要对大量数据进行分级以符合不同数学统计模型的要求。为深入了解保存大蒜资源的遗传背景,为我国资源创新、大蒜育种和生产提供基础数据,本研究对国家无性繁殖蔬菜资源圃中的 212 份代表性大蒜种质资源的形态性状进行了鉴定,并对重要农艺性状的分级标准进行了探讨;同时,基于 21 个数量性状和 8 个质量性状对资源进行分类和评价;分析了鳞茎产量构成性状与产量之间的关系。

1 材料与方法

1.1 试验材料

212 份大蒜资源来自我国 22 个省、市、自治区,覆盖了我国 8 大主要作物产区,另外包含国外资源 15 份(图 1)。

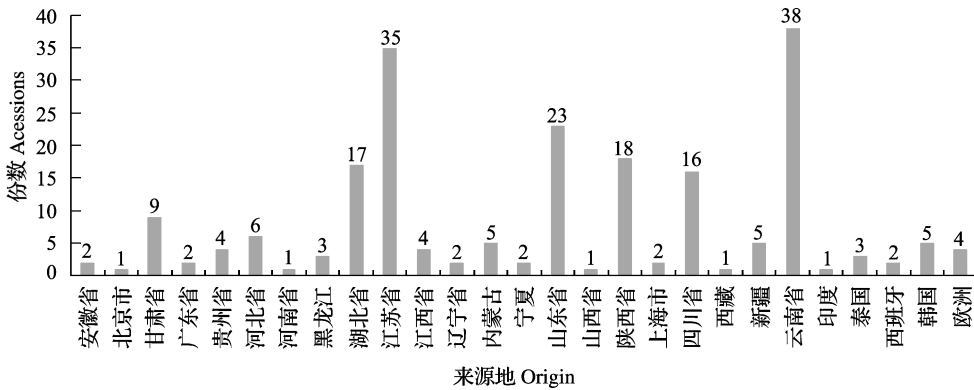


图 1 大蒜种质资源来源分布

Fig. 1 Geographic distribution of 212 accessions of garlic germplasm

1.2 性状调查

试验于 2006 – 2009 年在中国农业科学院廊坊万庄国际高新技术产业园区进行。每年 10 月中旬种植在塑料大棚内,小区面积 4.5 m²,群体 30 ~ 140 株。对 21 个数量性状和 8 个质量性状进行调查,数量性状包括株高、株幅、叶长、叶宽、叶片数、假茎高、假茎粗、鳞茎高、鳞茎直径、鳞茎重、鳞芽高、鳞芽背宽、鳞芽数、鳞茎盘厚、鳞茎盘直径、薹长、薹基部粗、薹中部粗、单薹重、花苞长、花苞宽。质量性状包括株型、叶片挺直度、叶色、叶面蜡粉、

抽薹性、鳞茎形状、鳞茎皮色、鳞芽排列。调查方法参考 IPGRI 的葱蒜类作物种质资源描述符及我国出版的《大蒜种质资源描述规范和数据标准》进行数据的采集和整理,每份资源每年随机调查 15 株。

1.3 统计分析

通过 ArcView 32 软件对 212 份资源进行地理信息定位。通过 SPSS13.0 软件计算 21 个数量性状和 8 个质量性状及鳞茎性状的平均值、标准差和变异系数,并进行方差分析、正态性检测、频次分布和

相关分析。对于正态分布性状,基于多年调查结果采用 $(\bar{x} - 1.2818S)$ 、 $(\bar{x} - 0.5426S)$ 、 $(\bar{x} + 0.5246S)$ 和 $(\bar{x} + 1.2818S)$ 4分点原则并提出各性状的分级标准。根据分级标准对各性状进行分级,同时将质量性状数量化。通过公式: $H' = - \sum P_i \ln P_i$ (其中*i*为某一性状的分级, P_i 为第*i*等级样品的频率,即在群体中所占的频率)计算各性状的多样性指数(H')。通过NTSYS3.10PC软件进行数据标准化整理,根据类平均法进行聚类分析。对构成鳞茎产量的数量性状进行主成分分析和主坐标分析,并对种质进行分类。

2 结果与分析

2.1 大蒜种质资源数量性状变异

从表1可以看出,212份资源各性状存在不同

程度的变异,变异系数的分布范围为13.39% ~ 65.84%。变异系数从大到小依次为:单茎重、鳞茎重、花苞宽、鳞茎盘厚、株幅、叶宽、鳞芽数、假茎粗、茎长、茎中部粗、茎基部粗、鳞茎盘直径、鳞芽背宽、花苞长、假茎高、叶长、鳞茎直径、鳞芽高、株高、鳞茎高、叶片数。其中,构成鳞茎产量的8个性状均存在较大变异,变异系数依次为鳞芽高、鳞茎重、鳞芽数、鳞茎盘厚、鳞芽背宽、鳞茎盘直径、鳞茎直径、鳞茎高。可见,供试资源在蒜茎和鳞茎产量上均具有很大的高产资源潜力。

在21个数量性状中,多样性指数最大的为茎长($H' = 1.67$),最小为叶宽($H' = 1.34$)(表1)。在8个质量性状中,多样性指数最大的为鳞芽排列方式($H' = 1.16$),最小的为抽茎性($H' = 0.43$)。可见,变异系数大的性状,多样性指数不一定高。

表1 21个数量性状的变异情况

Table 1 Basic statistic information for 21 traits of garlic germplasm

数量性状 Quantitative traits	最大值 Max.	最小值 Min.	极差 Range	平均值 ± 标准差 Mean ± SD	变异系数 (%) CV	多样性指数 H'
株高 (cm) Plant height	90.50	27.50	63.00	58.19 ± 9.64	16.56	1.41
株幅 (cm) Plant width	70.10	9.01	61.09	35.82 ± 12.24	34.18	1.45
叶长 (cm) Leaf length	74.00	1.84	72.16	40.57 ± 8.88	21.88	1.42
叶宽 (cm) Leaf width	4.74	0.53	4.21	1.67 ± 0.53	31.87	1.34
叶片数 Leaf number	10.30	4.67	5.63	7.28 ± 0.97	13.39	1.47
假茎高 (cm) Pseudostem height	42.34	11.55	30.79	27.14 ± 6.43	23.68	1.47
假茎粗 (cm) Pseudostem diameter	2.55	0.48	2.07	1.12 ± 0.34	30.44	1.40
鳞茎高 (cm) Bulb height	6.54	2.10	4.44	3.52 ± 0.50	14.19	1.40
鳞茎直径 (cm) Bulb diameter	7.61	2.23	5.38	3.80 ± 0.67	17.67	1.39
鳞茎重 (g) Bulb weight	59.90	4.11	55.79	21.86 ± 10.40	47.57	1.38
鳞芽高 (cm) Clove height	4.26	1.68	2.58	2.85 ± 0.47	16.57	1.47
鳞芽背宽 (cm) Clove width	5.05	0.85	4.20	1.78 ± 0.46	25.68	1.37
鳞芽数 Clove number	12.60	1.00	11.60	6.42 ± 2.04	31.72	1.48
鳞茎盘厚 (cm) Thickness of shortened stem	1.55	0.20	1.35	0.50 ± 0.17	34.23	1.45
鳞茎盘直径 (cm) Diameter of shortened stem	3.33	0.48	2.85	1.46 ± 0.38	25.86	1.39
茎长 (cm) Bolt Length	68.04	0.48	67.56	43.06 ± 12.49	29.02	1.67
茎基部粗 (cm) Basal diameter of bolt	1.41	0.25	1.16	0.53 ± 0.14	26.59	1.45
茎中部粗 (cm) Mid-diameter of bolt	1.21	0.25	0.96	0.43 ± 0.12	28.51	1.46
单茎重 (g) Weight per bolt	51.50	2.67	48.83	8.48 ± 5.58	65.84	1.52
花苞长 (cm) Spathe length	37.10	0.70	36.40	21.27 ± 5.12	24.06	1.59
花苞宽 (cm) Spathe width	2.51	0.38	2.13	0.90 ± 0.36	39.92	1.54

2.2 主要质量性状分布

8个主要质量性状的分类及资源数量分布情况见表2。从表2可以看出,除半抽茎和叶面无蜡粉2

个质量性状在调查的212份资源中未有分布外,其他性状均在资源中得以表现,其中鳞茎形状的分布较为均一。

表 2 质量性状分类及资源分布

Table 2 Grades and distribution of quality traits

性状 Traits	级别 Grades	资源份数 Accessions	占总数的百分比(%) Percentage	多样性指数 H'
株型 Plant type	直立 Erect	66	31.13	0.83
	半直立 Semi-erect	133	62.74	
	开展 Spreading	13	6.13	
叶片挺直度 Leaf erect	下垂 Drooping	34	16.04	0.91
	半下垂 Semi-drooping	134	63.21	
	挺直 Erect	44	20.75	
叶色 Leaf color	黄绿 Yellowshi green	3	1.42	0.79
	浅绿 Light green	4	1.89	
	绿 Green	72	33.96	
	深绿 Dark green	133	62.74	
叶面蜡粉 Leaf wax	无 Absent	0	0	0.85
	少 Little	84	39.62	
	中 Medium	117	55.19	
	多 Much	11	5.19	
抽薹性 Bolting	不抽薹 No bolting	33	15.57	0.43
	半抽薹 Incomplete bolting	0	0	
	完全抽薹 Bolting	179	84.43	
鳞茎形状 Bulb type	扁圆 Flatly spherical	101	47.64	1.05
	近圆 Nealy spherical	47	22.17	
	高圆 High spherical	64	30.19	
鳞茎皮色 Bulb color	白 White	13	6.13	1.04
	浅黄 Light yellow	25	11.79	
	浅红 Light red	7	3.30	
	紫红 Purplish red	8	3.77	
	褐色 Brown	9	4.25	
	紫条纹 Purplish stripe	150	70.75	
鳞芽排列 Clove type	规则多轮 Regular multi-fan	1	0.47	1.16
	规则二轮 Regular two-fan	28	13.21	
	规则单轮 Regular single-fan	121	57.08	
	独头 Single	22	10.38	
	不规则 Irregular	40	18.87	

2.3 综合表型性状的主成分分析

对 29 个性状进行主成分分析表明,前 8 个主成分特征值大于 1,被入选为主成分,累积贡献率为 71.35%。其中第 1 和第 2 主成分的贡献率明显大于其他主成分。

在入选的 8 个主成分中,第 1 主成分中株高、株幅、叶长、叶宽、叶片数、假茎高、假茎粗、薹长、薹基部粗、薹中部粗、单薹重、花苞长、花苞宽、抽薹性的特征值较大,这些性状主要为植物地上部分的数量性状,可以认为第 1 主成分为植株数量性状因子;鳞

茎高、鳞茎直径、鳞茎重、鳞芽高、鳞芽数、鳞茎盘直径的特征值在第 2 主成分中较大,主要为鳞茎部分的数量性状,可认为是鳞茎数量性状因子,或者鳞茎产量因子。叶片挺直度在第 3 主成分中最大,可谓叶片姿态的因子。鳞芽背宽、鳞茎形状在第 4 主成分中最大,可称之为鳞茎形状因子。鳞芽排列、叶色、叶面蜡粉在第 5 主成分中特征值最大,是鳞芽排列方式和叶色因子。鳞茎盘厚在第 6 主成分中特征值较大,为鳞茎盘相对位置因子。株型在第 7 主成分中特征值最大,属株型因子。

2.4 基于数量性状和质量性状的大蒜种质分类研究

通过整合质量性状和数量性状数据,对 212 份大蒜种质资源进行聚类分析(图 2),所有资源分为两类,第 1 类资源(A)为不抽薹资源,第 2 类为完全抽薹资源。第 1 类资源可进一步分为两亚类(A1, A2),A1 亚类主要为高圆球鳞茎、叶片半下垂的资源,A2 亚类主要为深绿色叶、株型和叶片挺直的资源。第 2 类资源可进一步分 3 亚类(B1,B2,B3),B1 亚类资源的主要特点是:薹长为 5 级,单株叶片 6~7 片(3 级),薹较粗(5 级),中部与基部薹粗较一致。B2 亚类资源的主要特点为:鳞芽背宽 5 级,薹基部与中部粗度较一致(3 级)。其他资源为 B3 亚类。

2.5 鳞茎数量性状的评价及种质分类

2.5.1 鳞茎数量性状评价 按我国大蒜出口标准(山东省地方标准),鳞茎直径大于 6 cm 为特级,大于 5 cm 为一级,4~5 cm 为二级。在 212 份大蒜资源中,二级以上的资源有 65 份,占资源总数的 30% 以上。其中 6 份一级资源,分别为汤蒜(8N241)来自湖北省仙桃,直径 5.05 cm;大紫蒜(8N172)来自云南省丽江市永胜县,直径 5.14 cm;大蒜(8N232)来自湖北省),直径 5.33 cm;VF648(8N141)为山东省农科院蔬菜所选育品种,直径 5.35 cm;野蒜(8N355)来自云南,直径 5.55 cm。特级种质只有 2 份,Thermid Drome(8N367)来自欧洲,直径 6.39 cm;白皮大蒜(8N245)来自云南省剑川县沙溪镇长乐村,直径 7.61 cm。

2.5.2 鳞茎性状相关分析 从鳞茎 8 个数量性状与产量的相关分析结果(表 3)可以看出,除了鳞芽背宽和鳞茎盘厚外,单产与其他 6 个鳞茎性状相关性都达到了极显著水平。与鳞茎重和鳞茎直径相关系数分别达到 0.992 和 0.706。说明鳞茎重和鳞茎直径较大资源具有较强的增产趋势,鳞芽数较多的资源将有利于提高单产。

2.5.3 依据鳞茎数量性状的主成分分析 对 212 份资源的 8 个鳞茎性状进行主成分分析。从表 4 可以看出,前 3 个主成分累计贡献率达 71.58%。其中,第 1 主成分贡献率为 38.99%,第 2 主成分贡献率为 18.99%,第 3 主成分贡献率为 13.608%。

从表 5 中可以看出,在第 1 主成分的特征向量中,以鳞芽直径最大,鳞茎重次之,再次是鳞茎高和鳞芽数,主成分分析与相关分析表明影响产量的最主要因素是鳞茎重、鳞茎直径、鳞茎高和鳞芽数。第 2 主成分为鳞芽背宽,第 3 主成分为鳞茎盘厚,二者对产量同样有正向影响。

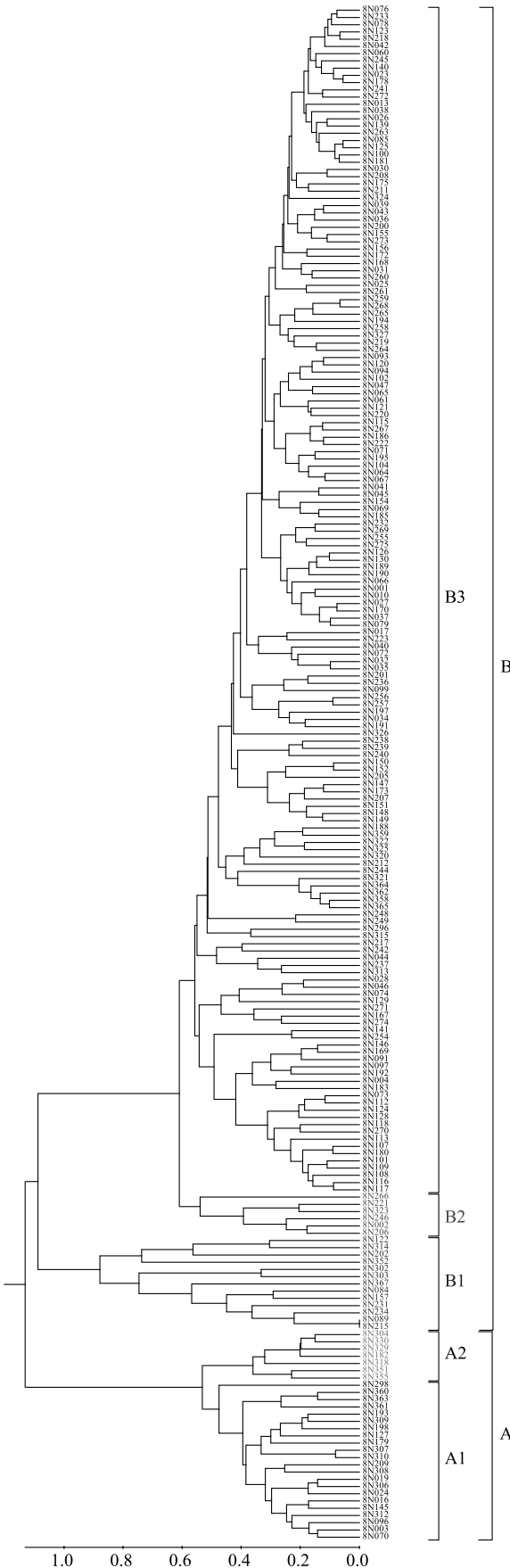


图 2 基于形态性状数据的 212 份大蒜种质资源聚类图
Fig.2 Cluster tree diagram based on morphological traits

表 3 性状间的相关性

Table 3 Pearson correlation coefficients between traits

性状 Traits	鳞茎高 Bulb height	鳞茎直径 Bulb diameter	鳞茎重 Bulb weight	鳞芽高 Clove height	鳞芽背宽 Clove width	鳞芽数 Clove number	鳞茎盘厚 Thickness of shortened stem	鳞茎盘直径 Thickness of shortened stem	产量 Yield
鳞茎直径	0.597 **								
鳞茎重	0.531 **	0.713 **							
鳞芽高	0.229 **	0.293 **	0.301 **						
鳞芽背宽	0.277 **	0.268 **	0.107	0.296 **					
鳞芽数	0.223 **	0.454 **	0.524 **	0.101	-0.442 **				
鳞茎盘厚	0.261 **	0.285 **	0.093	0.041	0.057	0.139 *			
鳞茎盘直径	0.307 **	0.415 **	0.297 **	0.225 **	0.145 *	0.358 **	0.334 **		
产量	0.528 **	0.706 **	0.992 **	0.299 **	0.109	0.516 **	0.091	0.289 **	

** 表示相关性达到了极显著水平, * 表示相关性达到了显著水平
** Correlation is significant at the 0.01 level. * Correlation is significant at the 0.05 level

表 4 相关矩阵的特征值

Table 4 Eigenvalues of the correlation matrix

主成份 Prinple	特征值 Eigenvalue	贡献率 Proportion	累计贡献率(%) Cumulative
1	3.118851	38.98563	38.98563
2	1.519124	18.98904	57.97468
3	1.088679	13.60848	71.58316
4	0.841324	10.51654	82.0997
5	0.583203	7.290033	89.38974
6	0.385048	4.813094	94.20283
7	0.243797	3.047457	97.25029
8	0.219977	2.749712	100

表 5 入选的特征值和特征向量

Table 5 Eigenvectors of principal component analysis

性状 Traits	主成份 Prinple		
	1	2	3
鳞茎高 Bulb height	0.780926	0.214677	-0.06374
鳞茎直径 Bulb diameter	0.888965	0.008684	-0.04053
鳞茎重 Bulb weight	0.810463	-0.11946	-0.31018
鳞芽高 Clove height	0.348204	0.334865	-0.519
鳞芽背宽 Clove width	0.158355	0.903122	0.013927
鳞芽数 Clove number	0.57736	-0.72022	-0.06364
鳞茎盘厚 Thickness of shortened stem	0.434104	0.093228	0.769397
鳞茎盘直径 Diameter of shortened stem	0.627522	0.059268	0.348116

2.5.4 依据鳞茎数量性状的资源主坐标分析与分类 通过三维主坐标对资源进行排序(图 3)可以看出,所有资源可分为 6 大类。第 I 类有 4 份资源,该类资源最大特点是鳞芽背宽较小,鳞茎盘直径较小,

鳞茎重中等以上,但鳞芽数相对较多,鳞芽重较小;第 II 类资源有 6 份,主要表现为鳞茎重较小,鳞芽高较小,但鳞茎盘直径在 3 cm 左右,鳞芽背宽较大;第 III 类资源有 136 份,这类资源鳞茎重、鳞茎直径中等;第 IV 类有 64 份资源,其特点为鳞茎重较重,在 16 g 以上,鳞茎直径中等偏大,鳞茎高较高但鳞芽高相对较小,即鳞芽充实性相对较差;这类资源集中了鳞茎重较大、鳞茎直径较大的资源,具有挖掘高产资源的潜力。第 V 类资源有 6 份资源,主要表现鳞芽背宽较宽,鳞芽数较少,鳞茎重量中等(3 级);第 VI 类有 6 份资源,主要特点为鳞茎重较小,鳞芽数中等,但鳞茎重和鳞芽数均明显比第 II 和第 V 类高。

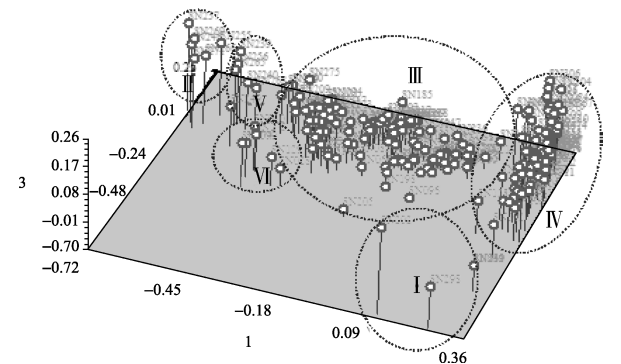


图 3 基于 8 个主要鳞茎数量性状主坐标分析的三维散点图
Fig. 3 The dimension plot of the principal coordinates analysis

结合主坐标分析结果,将 212 份资源按照产量高低分为高、较高、中、较低、低、极低 6 个类群(表 6)。其中,单产在 15 t/hm²以上的资源 3 份,分别为来自山东省 2 份(VF648, 济宁蒜)和来自湖北省 1

份(天蒜),占资源总份数的 1.42%;产量高于我国主栽品种平均产量(10 t/hm²,FAO,2007)的资源占资源保存总数的 57.24%;而大部份资源在 6 t/hm²以下,低于我国生产大蒜的平均产量。

表 6 192 份资源的产量分布
Table 6 Yield distribution of the 192 accessions

类群	产量级别	产量分布范围 (t/hm ²)	资源份数	占总数的 百分比(%)
Group	Categories	Yield range	Accessions	Percent
I	高	≥15	3	1.42
II	较高	12~15	20	9.43
III	中	6~12	101	47.64
IV	较低	4~6	58	2.36
V	低	<4	28	13.21
VI	极低	<2	2	0.94

3 讨论与结论

3.1 表型数据在资源分类中的应用

大多学者认为数量性状属于连续变异性状,对数量性状分级会造成人为误差^[7]。然而,在生产和育种实践中,对数量性状分级将使得调查和分析更为直观和实用。同时,对数量性状进行合理分级,有利于用有关的统计模型解决科学问题。所以,国内外学者就如何更好地对数量性状分级做了较多研究工作^[7,9,17-21]。孙升^[22]在对李种质资源数量分级时,采用 1、3、5、7、9 级分类系统。王力荣等^[7]对桃树数量性状进行分级时,认为数量性状为连续性的性状,采用 1~5 级连续分级方法更好。但本研究认为,分级是对数量性状的赋值,并不意味着更接近连续数量性状的特点。采用 1、3、5、7、9 的 5 级标准更符合惯例,对数量性状能产生放大作用,更直观,而且更利于分级的可塑性。我国 212 份资源的聚类族群划分与其来源地没有明显的关系,这可能是由于资源圃保存的大蒜资源主要是来自全国各地的栽培品种,而各地蒜农为了防止品种退化,有相互交换种源的习惯,如山东莱芜与河南中牟的蒜农每年都相互更换蒜种,造成各地品种资源超越地域限制而相互渗透。同时,表型数据与分子水平的评价相结合将有利于更深入了解大蒜资源的亲缘关系和遗传背景。

3.2 大蒜表型评价和分类中分析方法和数据的选择应用

主成分分析是将多指标转化为少数几个综合指

标的统计方法。在种质资源评价中,对受众多因子影响的性状进行统计分析时,确定几个主要的影响因子,更有利于种质资源的分类,对种质资源的评价和品种选育达到事半功倍的效果^[5]。本研究分别基于所有 29 个表型性状和构成鳞茎产量的 8 个数量性状进行了主成分分析,前者获得了 8 个主成分,分别代表了植株性状因子、鳞茎产量因子、叶片姿态因子、鳞茎形状因子、鳞芽排列方式因子、鳞茎盘相对位置因子、株型因子等;后者得出鳞茎重、鳞茎直径、鳞茎高和鳞芽数是评价产量性状的重要因子,并且这一结果得到了性状间相关分析结果的验证。

对资源的分类研究,过去多采用聚类分析^[9]。然而,主坐标分析相对聚类分析,能够给出更多的信息量,尤其是在解释亲缘关系较近资源的内部关系时,主坐标排序能从不同层面清晰地反映个体之间的相互关系。本研究通过二维主坐标排序,明显将所有资源分为 6 类。然而,在三维坐标上,各类资源内部没有明显的排序差异。通过综合评价,将大蒜鳞茎产量分为 6 个级别,为大蒜高产品种选育提供参考。

在基于所有性状的聚类分析中,发现质量性状对资源的分类起主导作用,而使得数量性状在分类中的作用相对减弱。为了避免质量性状在种质评价中的主导作用,对重要数量性状应进行进一步的重点分析。本研究对构成产量的主要数量性状的重点分析发现,构成产量的数量性状均表现较大变异;鳞茎重、鳞茎直径、鳞芽数、鳞茎高与产量显著相关,在品种选育过程中针对上述性状进行材料筛选鳞茎,有望获得高产品种。

通过对资源圃保存的 212 份大蒜种质资源的 29 个表型性状的鉴定和统计分析,提出了 21 个数量性状的分级标准。大蒜资源变异系数最大的为单茎重(65.84),最小为叶片数(13.39)。基于 21 个数量性状和 8 个质量性状对资源进行的主成分分析表明,29 个性状可以归并为反映植株生长发育、产品特征和产量构成的 8 个主成分;进一步的聚类分析将所有资源分为特点明显的 2 类 5 亚类。同时,表型评价引入过多的性状将使分类更详细,更准确,但也会使分类更为复杂,尤其在对质量性状和数量性状进行综合分析时,质量性状的主导作用较为明显,而数量性状的贡献将相对缩小,使得对重要数量性状的分析变得较困难。对产量相关的鳞茎数量性状的重点主成分和相关分析结果表明,鳞茎重、鳞茎

直径、鳞茎高、鳞芽数是影响产量的主要因子。基于鳞茎数量性状的主坐标排序明显将所有资源分为 6 类。通过综合评价,将大蒜鳞茎产量分为 6 个级别,筛选出单产在 15 t/hm² 以上的资源 3 份。

参考文献

[1] Singh N, Singh P. Amaranth: Potential Source for Flour Enrichment [M]// Victor R P, Ross W R, Vinood B P. Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention. San Diego: Academic Press, 2011: 101-111

[2] Kamkar B, Koocheki A, Mahallati M N, et al. Fungal diseases and inappropriate sowing dates, the most important reducing factors in cumin fields of Iran, a case study in Khorasan provinces [J]. Crop Protection, 2011, 30(2): 208-215

[3] Leonti M. The future is written: Impact of scripts on the cognition, selection, knowledge and transmission of medicinal plant use and its implications for ethnobotany and ethnopharmacology [J]. J Ethnopharmacol, 2011, 134(3): 542-555

[4] 王海平, 李锡香, 刘新艳, 等. 大蒜辣素 UPLC 检测体系优化及其在大蒜资源评价中的应用 [J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(6): 936-945

[5] Faostat. Crop production (2009) [EB/OL] [2010-11-19] <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>

[6] 李国强, 李锡香, 沈镛, 等. 基于形态数据的大白菜核心种质构建方法的研究 [J]. 园艺学报, 2008, 35(12): 1759-1766

[7] 王力荣, 朱更瑞, 方伟超. 桃 (*Prunus persica* L.) 种质资源果实数量性状评价指标探讨 [J]. 园艺学报, 2005, 32(1): 1-5

[8] 李兰芬. 玉米新品种 dus 测试及数量性状一致性评价 [J]. 黑龙江农业科学, 2006(4): 78-80

[9] 郭贵敏. 21 个花生地方品种的数量性状分析和聚类分析 [J]. 花生学报, 2004, 33(3): 29-31, 40

[10] 周俊国, 李桂荣, 杨鹏鸣. 南瓜自交系数量性状分析与聚类分

析 [J]. 河北农业大学学报, 2006, 29(4): 19-22

[11] USDA. 1997/1998 Garlic germplasm evaluation [EB/OL] [2009-07-07] <http://www.ars.usda.gov/sp2UserFiles/Place/53481500/re-ports/2000w6rep.pdf>

[12] Jenderek M M, Hannan R M. Variation in reproductive characteristics and seed production in the USDA garlic germplasm collection [J]. Hort Sci, 2004, 39(3): 485-488

[13] Dickerson G W, Wall M. Varietal evaluation of garlic in New Mexico [R]. New Mexico state university: Agricultural Experiment Station Research Report, 1997

[14] Camargo A B, Resnizky S, Marchevsky E J, et al. Use of the Argentinean garlic (*Allium sativum* L.) germplasm mineral profile for determining geographic origin [J]. JFCA, 2010, 23(6): 586-591

[15] IPGRI. Descriptors for Allium (*Allium* spp.) [M]. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 2001

[16] 李锡香, 朱德蔚. 大蒜种质资源描述规范和数据标准 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006

[17] Henzi M X, Christey M C, McNeil D L. Morphological characterisation and agronomic evaluation of transgenic broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) containing an antisense ACC oxidase gene [J]. Euphytica, 2000, 113(1): 9-18

[18] Kitazawa C, Nishimura H, Yamaguchi T, et al. Novel morphological traits in the early developmental stages of *temnopleurus toreumaticus* [J]. Biol Bull, 2009, 217(3): 215-221

[19] Pagnotta M A, Mondini L, Atallah M. Morphological and molecular characterization of Italian emmer wheat accessions [J]. Euphytica, 2005, 146(1-2): 29-37

[20] 蒋向辉, 伍贤进, 余朝文, 等. 鱼腥草主要数量性状对地下茎产量的通径分析 [J]. 湖北农业科学, 2006, 45(4): 486-489

[21] 陈运起, 高莉敏, 刘洪星. 大葱部分种质资源数量性状聚类分析 [J]. 中国蔬菜, 2006(8): 25-26

[22] 孙升. 李属资源若干数量性状评价标准探讨 [J]. 园艺学报, 1999, 26(1): 7-12

(上接第 23 页)

[29] Yohei T, Kanenori T, Hisashi H. Genetic variation of high-molecular-weight glutenin subunit composition in Asian wheat [J]. Genet Resour Crop Evol, 2011, 58: 283-289

[30] 赵继新, 武军, 陈新宏, 等. 黄淮麦区部分小麦新品系高分子量谷蛋白亚基的组成研究 [J]. 安徽农业大学学报, 2008, 35(2): 284-288

[31] 张丽琴, 刘春雷, 杨雪, 等. 黄淮麦区小麦新品种(系)高分子量谷蛋白亚基多态性分析 [J]. 麦类作物学报, 2012, 32(1): 79-82

[32] 金广慧, 杜向红, 谭秀芳, 等. 硬粒小麦和野生二粒小麦高分

子量谷蛋白亚基的遗传多样性 [J]. 麦类作物学报, 2010, 30(2): 227-232

[33] Feng B, An X L, Xu Z B, et al. Molecular cloning of a novel chimeric HMW glutenin subunit gene 1Dx5' from a common wheat line W958 [J]. Mol Breeding, 2011, 28: 163-170

[34] Fu X Y, Jia D, Li M J, et al. Composition analysis of HMW-GS in Australian wheat cultivars [J]. Agr Sci Technol, 2011, 12(7): 1010-1012

[35] 张玲丽, 李秀全, 杨欣明, 等. 小麦优良种质资源高分子量谷蛋白亚基组成分析 [J]. 中国农业科学, 2006, 39(12): 2406-2414