

大蒜种质产量和品质性状主成分聚类分析与综合评价

陈书霞, 周静, 申晓青, 常燕霞, 杜俊娜, 孟焕文, 程智慧

(西北农林科技大学园艺学院/农业部西北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 陕西杨凌 712100)

摘要:以 40 个大蒜品种为供试材料, 依据数值分类学的性状选择原则, 分别于大蒜生长期和采收后进行农艺性状指标的采集。估算 40 个大蒜品种 16 个农艺性状及 4 个品质指标的主成分, 并以前 3 个主成分和遗传相似性系数为基础, 分别作二维散点图和系统聚类分析。40 份大蒜品种前 7 个主成分累计贡献率达 85%。根据品种性状主成分表现, 评选出性状优良的大蒜品种共 10 个。在聚类图中, 在 0.14 的遗传相似性水平上可以把 40 份品种分成 4 类, 即由 5 份种质组成的类群 I; 由 28 份种质聚成的类群 II; 由改良蒜等 4 份种质组成的类群 III, 及苏联蒜等 3 份种质组成的类群 IV。全部种质的遗传相似性系数在 0.07~0.64 之间, 很好地揭示了品种类群间存在的亲缘关系。

关键词:大蒜; 主成分; 聚类分析

Cluster Analysis and Evaluation of Garlic (*Allium sativum* L.) Germplasm Based on Principal Components

CHEN Shu-xia, ZHOU Jing, SHEN Xiao-qing, CHANG Yan-xia, DU Jun-na,
MENG Huan-wen, CHENG Zhi-hui

(College of Horticultural Science, Northwest A&F University/Key Laboratory of Horticultural Plant Germplasm
Resources Utilization in Northwest China, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: The agronomy traits of 40 garlic cultivars were investigated based on the principal of numerical classification, and the PCA (define) of 16 agronomic traits and 5 quality traits were analyzed. The scatter plot were drawn based on the first 3 principal (PC) and the clustering analysis was carried out based on the genetic coefficients. The first 7 PC accounted for 85% of variation among the cultivars. The top 10 cultivars were selected based on the principal component. The 40 cultivars can be classified into 4 groups when SM coefficient was 0.14 on the UPGMA dendrogram. The clustering based on the 0.07~0.64 SM coefficients, which explained the genetic relationship of 40 cultivars.

Key words: Garlic; Principal components; Cluster analysis

大蒜 (*Allium sativum* L.) 为百合科葱属植物球形鳞茎, 起源于中亚地区, 4000 多年前就已经开始种植, 具有药食两用的功效, 长期以来深受人们的喜爱。我国大蒜种植面积逾 60 万 hm^2 ^[1-2], 且品种资源丰富, 种植范围广泛, 占世界总产量的 75% 以上, 收获面积和总产量为世界之首^[3-4]。在大蒜贸易方面起着举足轻重的作用^[5-8]。

前人对大蒜种质的遗传多样性等方面已开展了

一些研究, 如关明等^[9-10]把 25 份不同地理居群的大蒜根据大蒜素通过聚类分析进行分类; Khar 等^[11]通过主成分分析用二维分类法将 93 份种质聚为 5 大类。Panthee 等^[12]利用主成分分析方法对 179 份大蒜种质的叶色、叶片直立程度等农艺性状进行了研究, 结果表明前 4 个主成了解释了总变异的 86%, 并在此基础上将这些大蒜种质分为 3 大类。王海平等^[13]对 52 份大蒜种质资源对蒜蛆的

收稿日期: 2011-10-02 修回日期: 2011-11-23

基金项目: 国家自然科学基金 (31071813); 西北农林科技大学科技大学唐仲英育种基金 (A212020911); 西北农林科技大学青年学术骨干支持计划 (01140303); 国家公益性行业专项 (200903018-7)

作者简介: 陈书霞, 副教授, 博士, 研究方向为蔬菜生理与生物技术

通讯作者: 程智慧, 教授, 博士生导师, 研究方向为蔬菜生理与生物技术。E-mail: chengzh@nwsuaf.edu.cn

抗性进行分析后,将 52 份种质资源分为 6 个类别。樊治成等^[14]对 73 份大蒜品种资源采用实验分类学和数量分类学研究表明,73 份大蒜品种分为 3 大生态型。

中国是世界大蒜主要生产国之一。长期以来,在不同生态环境下,通过人为定向选择培育和自然淘汰,形成了变异丰富的品种资源以及适宜一定生态环境的生态型,所栽培的品种一般具有明显的区域适应性。为了更有效地对所收集到的大蒜种质资源进行利用,就必须对所收集到的种质个体进行鉴定和评价,这也是拓展栽培种遗传基础和提高遗传育种水平的紧迫任务和重要条件^[15-17]。迄今为止,未见用主成分分析方法对大蒜种质产量、品质性状进行聚类分析与综合评价的报道。为了深化大蒜种

质资源的研究,为大蒜栽培和遗传育种研究提供理论依据,本研究对来自国内外的 40 份大蒜种质的产量性状进行了系统鉴定与综合评价,发掘性状优良的品种资源,为大蒜新品种选育、药用与食用等多用途综合开发利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

本研究所用的 40 份大蒜种质由西北农林科技大学园艺学院大蒜课题组保存。其中 37 份材料来自国内的 10 个省市(湖北、四川、陕西、山东、上海、江苏、云南、贵州、浙江、台湾);1 份来自埃塞俄比亚;1 份来自泰国;1 份来自韩国。这些品种分布于 15~36°N,供试材料名称和来源见表 1。

表 1 供试 40 份大蒜主栽品种编号、名称和来源

Table 1 Names and sources of the 40 major garlic cultivars tested in this study

编号 No.	品种名称 Cultivar	来源 Origin	编号 No.	品种名称 Cultivar	来源 Origin	编号 No.	品种名称 Cultivar	来源 Origin
1	襄樊二水早	湖北襄樊	15	襄樊红蒜选系	湖北襄樊	29	日本白皮	山东
2	温江红七星	四川温江	16	彭县晚熟	四川彭县	30	奉岗白皮	奉岗
3	彭县早熟	四川彭县	17	太仓白蒜	江苏太仓	31	31 号	陕西蒲城
4	彭县中熟	四川彭县	18	苏联蒜	山东泰安	32	32 号	台湾
5	嘉定 2 号	上海嘉定	19	陆良蒜	云南陆良	33	贵引 33 号	贵州
6	普陀大蒜	陕西洋县	20	毕节大蒜	贵州毕节	34	贵引 34 号	贵州
7	白河火蒜	陕西白河	21	21 号	陕西杨凌	35	贵引 35 号	贵州
8	泰国清迈蒜	泰国清迈	22	22 号	陕西杨凌	36	贵引 36 号	贵州
9	陇县火蒜	陕西陇县	23	徐州白蒜	江苏	37	贵引 37 号	贵州
10	兴平白皮	陕西兴平	24	四川紫蒜	陕西杨凌	38	韩国 solyeng	浙江
11	改良蒜	陕西杨凌	25	埃塞白蒜	埃塞俄比亚	39	宁强山蒜	陕西宁强
12	苍山蒜	山东苍山	26	汉中红蒜	陕西杨凌	40	韩引 40 号	韩国济州
13	蔡家坡七叶蒜	陕西岐山	27	四川红皮	陕西蔡家坡			
14	耀县红皮	陕西耀县	28	汉中紫皮	陕西蔡家坡			

1.2 指标测定与统计方法

1.2.1 大蒜农艺性状的测定 分别于 2008 年 9 月-2009 年 6 月和 2009 年 9 月-2010 年 6 月在西北农林科技大学园艺学院园艺场大蒜种质资源圃种植 40 份供试大蒜种质,20cm 距离开 10cm 深的播种沟,按照株距 15cm,挑选大小相近的蒜瓣进行播种。小区长 4m,畦宽 1.2m,田间管理同常规大蒜栽培。依据数值分类学的性状选择原则^[18],分别于大蒜生长期及采收后进行农艺性状指标的采集,每个品种选择 30 株挂牌调查,每 10 株为 1 个重复。在其生长期中每 7d

进行 1 次测定,记录最大株高、最大假茎长、最大假茎粗、最大叶长、最大叶宽等生长期农艺性状。并于鳞茎采收风干后,测定鳞茎的单头重、蒜头横径、蒜头纵径、球型指数、蒜衣层数、外层瓣重占总重比例、腹背宽、蒜瓣纵径、平均蒜瓣数、平均蒜瓣重、瓣型指数共 16 个农艺学性状,两年间的数据平均值代表各个性状指标。

1.2.2 大蒜品质指标的测定 大蒜鳞茎风干后,每品种取样 10 个鳞茎,混匀,重复 3 次取其平均值。分别于 2008 年度和 2009 年度进行各指标的测定。测可溶性固形物、可溶性蛋白、游离氨

氨酸和大蒜素等品质指标,其含量测定分别采用折射仪法、考马斯亮蓝法、茚三酮法和苯胺法^[19]。

1.2.3 统计分析 在 40 份大蒜种质资源的 16 个产量、品质性状测定数据方差分析差异达显著水平的基础上,应用 DPS 软件中的主成分分析,并利用 SPSS 软件进行二维排序分析,评选出了高产性状优良的品种,利用 NTSYS-pc2.10e 软件估算大蒜两两

种质间的 SM 系数,构成相似系数矩阵,并进行了聚类分析。

2 结果与分析

2.1 主成分分析

用 DPS 数据处理系统得出的特征根和特征向量见表 2。从特征根及特征向量可以看出,前 7 个特征根累计贡献率接近 85%,且各主成分的因子载

表 2 入选的 7 个主成分及特征向量

Table 2 Principal component analysis of 16 quantitative characters

性状 Characters	主成分 Principal components						
	1	2	3	4	5	6	7
株高 Plant height	0.2741	0.2697	0.1336	-0.2012	-0.1694	0.0730	-0.0415
假茎长 Stem length	0.1731	-0.1652	0.3894	-0.2434	-0.1529	-0.0018	0.1756
假茎粗 Stem diameter	0.1410	0.3323	-0.3560	0.1835	-0.1068	0.0324	-0.2858
最大叶长 Maximum leaf length	0.1898	0.3996	0.0179	-0.1840	-0.3049	0.1122	-0.0359
最大叶宽 Maximum leaf width	0.1375	0.4560	-0.2470	-0.1315	-0.1045	0.0060	-0.1537
蒜头重 Bulbs mean weight	0.3632	-0.0915	-0.0736	-0.0223	0.1149	-0.0489	-0.0185
蒜头横径 Horizontal diameter of bulb	0.3425	-0.1307	-0.0461	-0.1129	0.2006	-0.0488	-0.0181
蒜头纵径 Hongitudinal diameter of bulb	0.3054	-0.0919	-0.1553	0.3141	-0.0141	-0.2124	0.1375
球型指数 Sphericity index	0.1873	-0.0615	0.0798	-0.4416	0.3086	0.2090	-0.1924
蒜衣层数 No. piles of the garlic garments	0.0919	-0.2661	0.2192	0.1290	-0.1366	0.3732	-0.4427
外层瓣重占比重 Ratio of the outer garlic clove	0.0923	0.0272	-0.2669	-0.4332	0.2061	0.0692	0.4380
腹背宽 Horizontal diameter of garlic clove	0.1452	0.2822	0.3617	0.1867	0.2738	-0.3000	0.0698
蒜瓣纵径 Hongitudinal diameter of garlic clove	0.3054	-0.0920	-0.1555	0.3139	-0.0143	-0.2126	0.1374
瓣型指数 Mean number of garlic clove	0.0025	0.3241	0.4578	0.0509	0.2873	-0.1972	0.0071
平均蒜瓣数 Mean number of garlic clove	0.3502	-0.1694	-0.0451	0.0293	0.0559	0.0357	-0.0585
平均蒜瓣重 Cloves Mean weight	0.3502	-0.1694	-0.0451	0.0293	0.0559	0.0357	-0.0585
可溶性固形物 Soluble solids	0.1601	0.0459	0.2143	0.1218	0.0838	0.1039	-0.2919
蛋白质 Protein	0.1659	0.0242	0.1495	0.0096	-0.3443	0.0131	0.3358
游离氨基酸 Amino acids	0.0630	0.0507	0.0371	0.2546	0.0094	0.5935	0.3604
大蒜素 Allicin	0.0222	0.2298	0.0593	0.2943	0.2399	0.4403	0.2209
特征值 Numerical value	6.9497	2.6438	2.2677	1.7220	1.6631	1.3603	1.2226
累计贡献率 Total account	33.09	45.68	56.48	64.68	72.60	79.08	85.10

荷在各种质间存在较大差异,表明大蒜变异的方向较多。第 1 主成分贡献率达 33.09%,蒜头重、蒜头横径、蒜头纵径、蒜瓣纵径、蒜瓣数、蒜瓣重等指标有较高的载荷,蒜头纵横径和蒜头重的相关系数最大,蒜头横径和纵径的相关关系次之。鉴于入选的特征根,把第 1 主成分称为大蒜产量构成因子。其向量间的关系表明,蒜头纵横径及蒜瓣纵径较长的品种,则平均单头重、平均蒜瓣重都较重。也就是说,蒜头纵径、蒜头横径、蒜瓣纵径是大蒜生物产量构成的关键性因子。第 2 主成分贡献率为 12.59%,特征向量的主要生物学信息是营养生长构成因子,性状特

征根中最大株高、最大假茎粗、最大叶长、最大叶宽、瓣型指数等的贡献最大。该主成分主要反映了大蒜营养生长构成要素,表明大蒜在充分的营养生长基础上,能形成较大的鳞茎,瓣型指数较高。第 3 主成分贡献率为 10.8%,其中最大假茎长、腹背宽和瓣型指数的载荷较高。第 4 主成分贡献率 8.2%,特征向量中游离氨基酸和大蒜素贡献最大,因此将该主成分称为营养品质构成因子。第 5 主成分贡献率为 7.92%,特征向量为球型指数和腹背宽,反映了外在品质指标。第 6 和第 7 主成分的贡献率分别为 6.48%、5.8%,主要是可溶性蛋白含量,反映了内在

品质指标。

从产量构成要素考虑,第1主成分宜越大越好,因此要获得生物产量高的品种,应加强对蒜头重、蒜瓣总重、蒜瓣重、蒜头横径、蒜头纵径、蒜瓣纵径的选择。从第2主成分性状因子间的特征向量关系可知,加强对株高、假茎粗、最大叶长和最大叶宽的选择,有利于加强大蒜的营养体生长,从而增加大蒜蒜瓣纵横径的比值,可选育出蒜瓣纵径较大的品种。而第3主成分特征向量间的关系表明,加强大蒜假茎长、腹背宽的选择,有助于增加瓣型指数,从而有助于增加相应的产量构成要素。而第4主成分的特征向量表明游离氨基酸和大蒜素则可能含量高。第5、第6、第7主成分则反映了这种正向关系。因此,

表3 7个优良品种的主成分值

Table 3 Coefficients of the first three principal components for 7 elite cultivars

品种代号 Code	品种名称 Name	主成分 Principal components						
		1	2	3	4	5	6	7
18	苏联蒜	7.6193	-1.4383	0.0254	-0.2407	-0.0524	1.7835	-0.5945
39	泰国清迈蒜	6.6080	1.3285	-0.7556	-0.8714	-0.7304	0.4872	0.4573
40	韩引40号	4.5827	4.2951	1.2876	0.4101	-0.0649	-1.5557	1.1843
11	改良蒜	3.6524	1.0316	-0.9427	-2.2286	-0.7220	-0.6422	-0.1669
22	22号	3.2052	-3.4277	-0.9281	-1.6508	3.3513	-0.6791	0.2229
13	蔡家坡七叶蒜	2.2150	1.5027	-1.9718	2.9271	-0.6142	0.9301	-0.3189
12	苍山蒜	1.0304	0.3606	0.7904	-1.1545	0.1973	-0.0079	0.6899

2.2 二维排序分析

本研究以第1主成分作横坐标,分别以第2和第3主成分为纵坐标做成散点图(图1,图2),可以直观、简便地显示出各品种自然类型分类的特点。

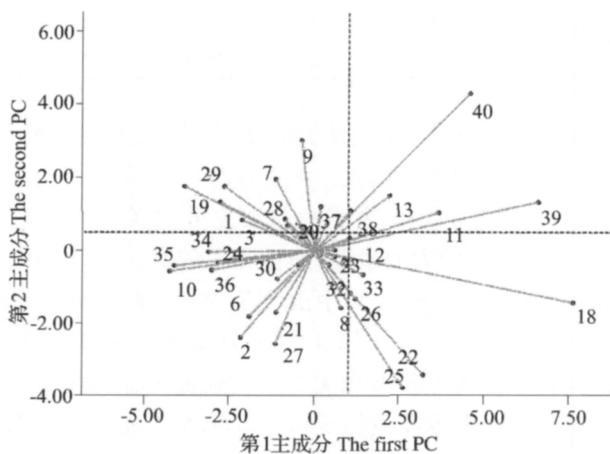


图1 40个大蒜品种第1和第2主成分二维排序图

Fig.1 Scatter plot based on the first and second PC

在大蒜品种选育中,为确保高产优质,应注意在对单头重等产量构成因子选择的同时,要结合其对营养生长指标及鳞茎外观品质进行综合选择才能筛选到高产优质的品种或者品系。

根据供试各品种主成分分量优劣的表现,评选出高产优质的品种有陇县火蒜、兴平白皮、改良蒜、苍山蒜、蔡家坡七叶蒜、苏联蒜、22号、韩国 solyeng、泰国清迈蒜、韩引40号共10个。其中,苏联蒜、泰国清迈蒜、韩引40号、改良蒜、22号、蔡家坡七叶蒜、苍山蒜等第1主成分最大,其丰产性最优良,这7个品种是40个供试品种中主要生长、产量、品质性状表现比较优良的品种(表3)。其次为陇县火蒜、兴平白皮和韩国 solyeng。

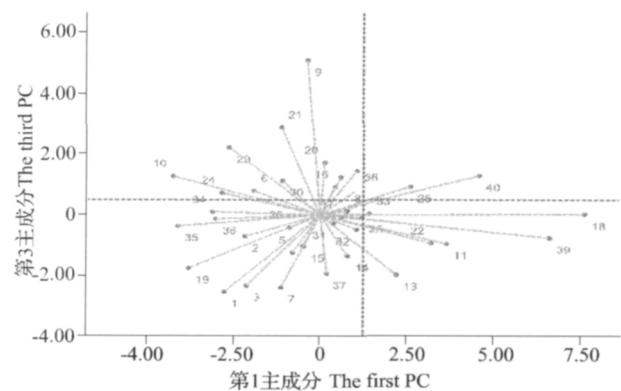


图2 40个大蒜品种第1和第3主成分二维排序图

Fig.2 Scatter plot based on the first and the third PC

二维排序图上品种的横坐标与纵坐标值越大,其产量性状越好,丰产性越高。从图1可见,韩引40号(40)、泰国清迈蒜(8)、韩国 solyeng(38)、改良蒜(11)、蔡家坡七叶蒜(13)、苏联蒜(18)等品种第1主成分值较大,具有丰产的潜力。襄樊二水早(1)、白河火蒜(7)、陇县火蒜(9)、陆良蒜(19)、日本白皮(29)、贵引37号(37)等品种的第2主成分值均高于1.5,这些品

种具有较旺盛的营养体生长,可以作为筛选青蒜、早蒜苗、晚蒜苗的理想品种。其中韩引 40 号(40)第 2 主成分值达 4.21,说明该品种既具有良好的营养生长,也具备较好的丰产能力。

从第 1 和第 3 主成分二维排序图(图 2)可以看出,在供试品种中,韩引 40 号(40)、陇县火蒜(9)、21 号(21)、毕节大蒜(20)、嘉定 2 号(5)、日本白皮(29)等品种,可用于选育高产并具有良好外观鳞茎品质的优良品种。

2.3 系统聚类分析

40 份大蒜资源系统聚类结果如图 3,全部种质的遗传相似性系数在 0.07~0.64 之间,很好地揭示了品种类群间存在的亲缘关系。在 0.14 的相似性水平上可以把 40 份品种分成 4 个类群,即由襄樊二水早、陆良蒜、兴平白皮蒜、贵引 31 号及 22 号组成的类群 I;类群 II 包含了 28 份种质,这些种质的平均蒜头重为 16.32g,蒜瓣重为 2.06g,蒜头横径和蒜头纵径分别为 34.13mm 和 24.32mm,蒜瓣纵径为 24.32mm、蒜瓣数为 12.5 个,最大株高为 67.55 cm,最大假茎长为 21.82cm,可溶性固形物为 32.35,蛋白质含量为 45.56mg/g,游离酸为 17.16%。这些种质有不同的地理来源,来自湖北襄樊的 1 份、来自陕西的 2 份、来自云南陆良的 1 份、来自山东的 2 份。类群 II 的 28 份种质中来自贵州的 6 份、陕西的 9

份、四川 4 份、江苏和山东各 2 份,湖北、台湾、浙江、上海、泰国各 1 份。这些种质的蒜头重为 17.06 g,蒜瓣重为 2.15g,蒜头横径和蒜头纵径分别为 36.09mm 和 26.45mm,蒜瓣纵径为 26.45mm,蒜瓣数为 11.5 个,最大株高为 72.7cm,最大假茎长为 26.35cm,可溶性固形物为 36.25,蛋白质含量为 51.8 mg/g,游离氨基酸为 17.46%。从以上数据可以看出,这一类群种质产量性状和品质性状的平均值不高,但一些产量性状和品质性状较好的种质也被归为了这一类,如苍山蒜、蔡家坡七叶蒜等。类群 III 包含了分别来自陕西杨凌的改良蒜、埃塞俄比亚的埃塞白蒜、陕西蔡家坡的四川红皮和 21 号种质。这 4 份种质的平均蒜头重为 20.21g,蒜瓣重为 3.17g,蒜头横径和蒜头纵径分别为 36.86 mm 和 27.87mm,蒜瓣纵径为 27.87mm,蒜瓣数为 15.3 个,最大株高为 70.39 cm,最大假茎长为 35.62cm,可溶性固形物为 36.67,蛋白质含量为 50.14mg/g,游离氨基酸为 18.39%。总的来说,产量性状的表现优于类群 I 和类群 II。类群 IV 包含苏联蒜、宁强山蒜及韩引 40 等 3 份种质,蒜头重为 26.24g,蒜瓣重为 3.55g,蒜头横径和蒜头纵径分别为 41.56mm 和 28.55mm,蒜瓣纵径为 26.55mm,蒜瓣数为 10.1 个。从表现出的产量性状看,第 4 类大蒜种质的综合性状优于上述 3 个类群。

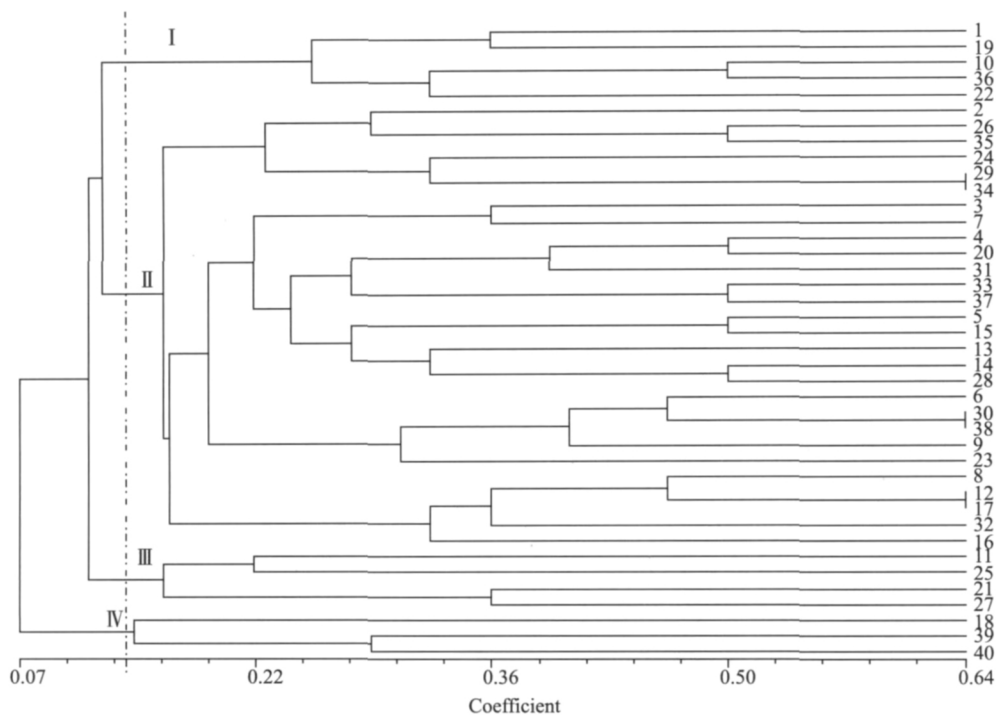


图 3 40 个大蒜品种基于形态学的聚类分析

Fig. 3 UPGMA dendrogram of 40 garlic cultivars on the basis of morphological markers

3 讨论

3.1 大蒜种质遗传多样性及优良品种的评价

大蒜在我国栽培历史悠久,而且在世界各地普遍种植,分布地区广泛。在不同生态环境下,通过人为定向选择培育和自然淘汰,形成了变异丰富的品种资源以及适宜一定生态环境的生态型,所栽培的品种一般具有明显的区域适应性。为了更有效地对所收集到的大蒜种质资源进行利用,就必须对所收集到的种质个体进行评价。以便对我国大蒜栽培和育种工作起到指导作用。

本研究从营养生长、产量及品质指标 3 个方面对 40 份大蒜种质遗传多样性进行了研究,结果表明大蒜种质各性状表现出丰富的多样性,各品种间的农艺性状及品质性状存在着显著的差异。从大蒜种质主成分分析结果可以看出,7 个主成分包含了产量构成因子、营养生长构成因子、鳞茎外观品质构成因子、营养品质构成因子等大蒜产量及品质多个方面,能够较客观地揭示大蒜种质的特点。同时因筛选出的主成分数目较多,也反映了各性状的贡献率分散,累积贡献率增长不明显,说明大蒜性状变异的多向性,各种质之间遗传多样性。本研究从 40 份大蒜种质中筛选出陇县火蒜、兴平白皮、改良蒜、苍山蒜、蔡家坡七叶蒜、苏联蒜、22 号、韩国 solyeng、泰国清迈蒜、韩引 40 号等 10 个高产优质的品种,可以将其作为优良品种的重要选育材料来源。

3.2 大蒜种质聚类分析与二维排序分析

本研究把 40 份供试大蒜种质资源分成 4 个大类,全部种质的遗传相似性系数在 0.07 ~ 0.64 之间,说明大部分种质广泛地存在变异,这些差异一方面是由品种特性所决定的,同时也与常年无性繁殖,体细胞发生自然突变、细胞突变累积产生变异有关^[17]。但也有一些种质农艺性状之间差异较小,如日本白皮和贵引 34 号、奉岗白皮和韩国 solyeng、苍山蒜和太仓白蒜都是分别在 0.64 的遗传水平聚在一起,表明上述每对种质之间的形态差异较小,各对之间所调查的形态很相似^[20]。系统聚类结果很好地揭示了品种类群间存在的亲缘关系。

为了更进一步地了解大蒜种质所提供的信息,在聚类分析中引入了主成分分析。本研究在大蒜种质资源数量分类研究中,根据第 1、第 2 和第 3 主成分贡献率大的特点,以第 1 主成分为横坐标,分别以第 2 和第 3 主成分为纵坐标作二维排序分析,简洁、直观地反映了各供试品种的分

布特征。如在二维排序中能较清楚地揭示性状优良品种的分布情况及位置特点。两种分析方法有其共同点,如苏联蒜和陇县火蒜聚在同一小类或同一像限中,对于其他种质来说,系统聚类与二维排序分析也有同样的趋势。两种方法在揭示品种相似性与差异上既有共性又有各自的特点。若两种方法综合应用可以更好地了解各种质的亲缘关系和优良品种的分布情况,为大蒜品种遗传改良的种质利用提供科学客观的依据。

参考文献

- [1] 樊治成,高兆波,李建友,等.我国葱蒜类蔬菜种质资源和育种研究现状[J].中国蔬菜,2004(6):38-41
- [2] 樊治成,郭洪芸,张曙东,等.大蒜不同品种干物质生产与氮、磷、钾和硫的吸收特性[J].植物营养与肥料学报,2005,11(2):248-253
- [3] 王海平,李锡香,沈镛,等.大蒜种质资源研究进展[J].中国蔬菜,2006(增刊):15-18
- [4] 陈昕,周涵韬,杨志伟.大蒜种质资源遗传多样性的分子标记研究[J].厦门大学学报:自然科学版,2005,44(6):144-149
- [5] 徐培文.国外大蒜生产[J].世界农业,2000,257(9):22-23
- [6] 丁超.2009年度蒜薹产销形势及2010年展望[J].中国蔬菜,2010(11):12-14
- [7] 丁超.浅析大蒜价格暴涨的原因[J].中国蔬菜,2010(15):11-12
- [8] 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]. J Food Compos Anal, 2010, 23: 586-591
- [9] 关明,李晓静,郭勇,等.不同地理居群大蒜 FTIR 图谱比较研究[J].光谱学与光谱分析,2011,31(6):1494-1497
- [10] 关明,陈利新,佟小强,等.不同地理居群大蒜中潜在大蒜辣素的含量测定及聚类分析[J].食品科学,2011,32(8):186-192
- [11] Khar A, Banerjee K, Jadhav M R, et al. Evaluation of garlic ecotypes for allicin and other allyl thiosulphinates [J]. Food Chem, 2011, 128: 988-996
- [12] Panthee D R, KC R B, Regmi H N, et al. Diversity analysis of garlic (*Allium sativum* L.) germplasms available in Nepal based on morphological characters [J]. Genet Resour Crop Evol, 2006, 53: 205-212
- [13] 王海平,李锡香,沈镛,等.大蒜种质资源对蒜蛆的抗性评价[J].植物遗传资源学报,2010,11(5):578-582
- [14] 樊治成,陆帼一,杜慧芳.大蒜品种生态型的数量分类研究[J].植物生态学报,1997,21(2):169-174
- [15] Tsukazaki H, Honjo M, Yamashita K, et al. Classification and identification of bunching onion (*Allium fistulosum*) varieties based on SSR markers [J]. Breed Sci, 2010, 60: 139-152
- [16] 陶爱芬,祁建林,林培青,等.红麻优异种质产量和品质性状主成分聚类分析与综合评价[J].中国农业科学,2008,41(9):2859-2867
- [17] 徐培文,刘冰江,孔素萍,等.大蒜种质创新和育种研究进展[J].中国蔬菜,2006(6):31-33
- [18] 徐克学.数量分类学[M].北京:科学出版社,1994
- [19] 赵世杰,史国安,董新纯.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业科学技术出版社,2002:47-48
- [20] 周静.大蒜种质亲缘关系的形态学和分子标记研究[D].杨凌:西北农林科技大学园艺学院,2010:21-24