

# 设施黄瓜新育成品种果实外观品质的遗传多样性分析

曹齐卫<sup>1</sup>, 李利斌<sup>1</sup>, 孔素萍<sup>1</sup>, 吕慎宝<sup>2</sup>, 王明德<sup>2</sup>, 戚业伟<sup>2</sup>, 付鑫峰<sup>1</sup>, 孙小镭<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>山东省农业科学院蔬菜花卉研究所/山东省设施蔬菜生物学重点实验室, 济南 250100; <sup>2</sup>沂南县蔬菜发展局, 沂南 276300)

**摘要:**对我国新育成的不同生态类型的 138 个设施黄瓜品种的 19 个果实外观性状进行了调查分析, 研究其遗传多样性。结果表明, 参试品种质量性状的遗传多样性指数都小于数量性状, 不同生态类型黄瓜品种果实外观性状的遗传多样性指数为华北型(1.33) > 华南型(1.25) > 欧洲温室型(1.0)。质量性状的遗传多样性指数为华南型(0.91) > 华北型(0.65) > 欧洲温室型(0.48); 数量性状的遗传多样性指数为华北型(1.94) > 华南型(1.56) > 欧洲温室型(1.47)。华南型品种果实数量性状的变异系数均高于华北型和欧洲温室型品种。主坐标轴分析(PCO)将所有种质划分为 3 个区组, 即 1 区为华北型种质优势区、2 区为华北型华南型和欧洲温室型种质混合分布区、3 区为华南型种质区。PCO 结果表明, 1 区和 2 区发生了基因渗透。对交流区域中华北型品种自交分离, 后代中出现的稀刺瘤和光皮种质的情况进一步验证了基因渗透的结果。参照育成品种的果实性状信息对黄瓜以后的育种工作提出了建议。

**关键词:** 黄瓜; 果实外观品质性状; 遗传多样性

## Analysis of Genetic Diversity of Newly-Bred Greenhouse Cucumber Cultivars Based on Fruit Appearance Quality Characters

CAO Qi-wei<sup>1</sup>, LI Li-bin<sup>1</sup>, KONG Su-ping<sup>1</sup>, LV Shen-bao<sup>2</sup>, WANG Ming-de<sup>2</sup>,  
QI Ye-wei<sup>2</sup>, FU Xin-feng<sup>1</sup>, SUN Xiao-lei<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Institute of Vegetables and Flowers, Shandong Academy of Agricultural Sciences/Shandong Key Laboratory for Biology of Greenhouse Vegetables, Jinan 250010; <sup>2</sup> Yinan County Development Bureau of Vegetable, Yinan 276300)

**Abstract:** In order to uncover the genetic diversity of cucumber breeding cultivars, 19 fruit appearance traits of 138 newly-bred greenhouse varieties belonging to different ecotypes were surveyed. The results showed that the genetic diversity index of qualitative traits among tested varieties was less than that of the quantitative traits. The genetic diversity index of fruit appearance of different ecotype varieties was arranged as North-China Ecotype > South-China Ecotype > European Greenhouse Ecotype. The genetic diversity index of qualitative traits was arranged as South-China Ecotype > North-China Ecotype > European Greenhouse Ecotype, whereas that of quantitative traits were arranged as North-China Ecotype > South-China Ecotype > European Ecotype. Coefficient of variability, of fruit quantitative traits is larger in South-China Ecotype cucumbers than those in North-China Ecotype and European ecotype. All these bred cultivars were classified into three groups based on principal coordinate analysis (PCO): group I is mainly composed of North-China Ecotype, group II contains both South-China Ecotype and European Ecotype, while Group III is European Ecotype. The PCO analysis revealed that there was gene interflow between group I and

收稿日期: 2013-07-14 修回日期: 2013-08-08 网络出版日期: 2014-01-24

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/10.13430/j.cnki.jpgr.2014.02.012.html>

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-25-G-24); “十二五”科技支撑项目(2012BAD02B03); 山东省自主创新成果转化重大专项(2011ZHZX1A0404)

第一作者研究方向为黄瓜遗传育种, E-mail: caoqiwei2004@sina.com。李利斌为共同第一作者

通信作者: 孙小镭, 研究方向为黄瓜遗传育种。E-mail: scssxl@163.com

group II. The sparse papilloma and light skin type were segregated in the progenies through self-crossing the gene-exchanged cultivars of North China Ecotype, which further demonstrated gene interflow between group I and group II germplasm. These findings gave some information for the cucumber breeding in future.

**Key words:** cucumber; fruit appearance characters; genetic diversity

2012年4月由中国园艺学会主办,黄瓜分会、沂南县人民政府、大宗蔬菜济南试验站、山东省农业科学院蔬菜花卉研究所承办的第3届黄瓜年会在山东沂南成功举办。该届年会搜集了全国育种单位育成的138个黄瓜新品种,类型丰富,基本上代表了目前我国设施栽培黄瓜品种的育种水平。展示单位提供了细致的管理,充分表现了品种的特征特性。

在品种的抗性和产量水平普遍提高的条件下,黄瓜的果实外观品质性状成为育种和品种推广应用的重要指标。一般包括皮色、光泽度、瓜条瓜把长度、心腔大小、瓜把形状、果肉颜色、刺瘤大小疏密及均匀度、棱沟的深浅、条纹长度等<sup>[1]</sup>。果实外观品质性状一直都是黄瓜研究的重点<sup>[2-8]</sup>。近几年,黄瓜种质资源的研究主要集中在利用分子标记评价其遗传多样性上<sup>[9-11]</sup>,而对其表型多样性研究相对较少。形态学性状的分析评价一直都是种质资源研究最基本的途径和方法<sup>[12-14]</sup>,通过植物学性状的遗传多样性研究,能有效地了解资源的丰富程度,为优良基因资源的发现和利用提供重要的信息。目前针对

我国黄瓜种质资源表型性状的遗传多样性分析多以20世纪收集的80年代地方品种资源为主<sup>[15-16]</sup>,对育成品种遗传多样性分析还鲜见报道。本研究以国内自育的138份设施黄瓜品种为材料,通过对果实外观品质性状的遗传多样性分析,充分了解目前我国黄瓜的品质育种水平和信息,进一步为黄瓜育种提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

以2012年黄瓜年会征集的全国34家单位新育成的138个设施栽培黄瓜品种为试材,品种来源和生态类型详见表1。其中华北型品种76个,占55%,华南型品种38个,占28%,欧洲温室型品种24个,占17%,选育的单位来源于新疆、甘肃、陕西、北京、天津、山西、山东、安徽、江苏、浙江、上海、广东、四川、重庆、湖南、湖北、黑龙江、吉林、辽宁等省市自治区直辖市。该次年会征集的品种多,品种类型丰富,基本上代表了我国目前设施黄瓜的育种水平。

表1 黄瓜品种信息表

Table 1 Cucumber accessions used in the experiment

编号 Code	品种名称 Name	来源 Source	生态类型 Ecotype	编号 Code	品种名称 Name	来源 Source	生态类型 Ecotype
1	新黄瓜4号	新疆石河子蔬菜研究所	华北型	20	08119C	山东农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型
2	新黄瓜5号	新疆石河子蔬菜研究所	华南型	21	880	山东农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型
3	10-18	黑龙江省农业科学院园艺分院	华北型	22	C869	山东农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型
4	粤青1号	广东省农业科学院蔬菜研究所	华北型	23	C57	青岛市农业科学研究所	华北型
5	粤秀3号	广东省农业科学院蔬菜研究所	华北型	24	C133	青岛市农业科学研究所	华北型
6	P2008-16	吉林省蔬菜花卉科学研究所	华北型	25	IVF-1	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型
7	P2008-44	吉林省蔬菜花卉科学研究所	华北型	26	IVF-2	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型
8	HGS-1	天津科润黄瓜研究所	华北型	27	IVF-3	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型
9	HGS-2	天津科润黄瓜研究所	华北型	28	IVF-4	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型
10	HGS-3	天津科润黄瓜研究所	华北型	29	IVF-5	中国农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型
11	HGS-4	天津科润黄瓜研究所	华北型	30	中国农大33号	中国农业大学	华北型
12	HGS-5	天津科润黄瓜研究所	华北型	31	中国农大34号	中国农业大学	华北型
13	升级冬秀1	山东农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型	32	中国农大35号	中国农业大学	华北型
14	升级冬秀2	山东农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型	33	中国农大36号	中国农业大学	华北型
15	冬灵102	山东农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型	34	山农11-2	山东农业大学	华北型
16	C03	山东农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型	35	山农11-3	山东农业大学	华北型
17	C08	山东农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型	36	XN-2	西北农林科技大学园艺学院	华北型
18	08101D	山东农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型	37	扬大14号	扬州大学园艺与植物保护学院	华北型
19	08107	山东农业科学院蔬菜花卉研究所	华北型	38	申大5号	上海交通大学农业与生物学院	华北型

表 1 (续)

编号 Code	品种名称 Name	来源 Source	生态类型 Ecotype	编号 Code	品种名称 Name	来源 Source	生态类型 Ecotype
39	晋密刺 2 号	山西省农业科学院蔬菜研究所	华北型	89	黄瓜新组合 302	广东省农业科学院蔬菜研究所	华南型
40	晋密刺 4 号	山西省农业科学院蔬菜研究所	华北型	90	RJ2011-1	黑龙江省农业科学院园艺分院	华南型
41	晋密刺 6 号	山西省农业科学院蔬菜研究所	华北型	91	10-14	黑龙江省农业科学院园艺分院	华南型
42	绿园 3 号	辽宁省农业科学院蔬菜研究所	华北型	92	吉杂 16	吉林省蔬菜花卉科学研究所	华南型
43	绿园 5 号	辽宁省农业科学院蔬菜研究所	华北型	93	吉 P45-906	吉林省蔬菜花卉科学研究所	华南型
44	绿园 6 号	辽宁省农业科学院蔬菜研究所	华北型	94	灵秀	烟台农业科学院蔬菜研究所	欧洲温室型
45	HN9	湖南省蔬菜研究所	华北型	95	烟台白黄瓜	烟台农业科学院蔬菜研究所	华南型
46	HN10	湖南省蔬菜研究所	华北型	96	YT24	烟台农业科学院蔬菜研究所	华南型
47	HN11	湖南省蔬菜研究所	华北型	97	C45	青岛市农业科学研究院	华南型
48	川菜 3 号黄瓜	四川省农业科学院园艺所	华北型	98	C89	青岛市农业科学研究院	华南型
49	川菜 4 号黄瓜	四川省农业科学院园艺所	华北型	99	C113	青岛市农业科学研究院	华南型
50	川菜 5 号黄瓜	四川省农业科学院园艺所	华北型	100	绿园 32 号	辽宁省农业科学院蔬菜研究所	华南型
51	川菜 6 号黄瓜	四川省农业科学院园艺所	华北型	101	中农大 11012	中国农业大学	欧洲温室型
52	川菜 7 号黄瓜	四川省农业科学院园艺所	华北型	102	中农大 11016	中国农业大学	欧洲温室型
53	DRT1	天津德瑞特种业有限公司	华北型	103	中农大 11202	中国农业大学	欧洲温室型
54	DRT2	天津德瑞特种业有限公司	华北型	104	中农大 11224	中国农业大学	欧洲温室型
55	DRT3	天津德瑞特种业有限公司	华北型	105	申绿 03	上海交通大学农业与生物学院	欧洲温室型
56	DRT4	天津德瑞特种业有限公司	华北型	106	申绿 05	上海交通大学农业与生物学院	欧洲温室型
57	DRT5	天津德瑞特种业有限公司	华北型	107	申绿 06	上海交通大学农业与生物学院	欧洲温室型
58	DRT6	天津德瑞特种业有限公司	华北型	108	申杂 4 号	上海交通大学农业与生物学院	华南型
59	DRT7	天津德瑞特种业有限公司	华北型	109	上海农科院 1 号	上海市农业科学院园艺分院	华南型
60	DRT8	天津德瑞特种业有限公司	华北型	110	上海农科院 2 号	上海市农业科学院园艺分院	华南型
61	京研 0366	北京蔬菜研究中心	华北型	111	上海农科院 3 号	上海市农业科学院园艺分院	华南型
62	京研 3256 黄瓜	北京蔬菜研究中心	华北型	112	上海农科院 4 号	上海市农业科学院园艺分院	华南型
63	京研 107 黄瓜	北京蔬菜研究中心	华北型	113	上海农科院 5 号	上海市农业科学院园艺分院	华南型
64	京研春美 1 号	北京蔬菜研究中心	华北型	114	扬大 10 号	扬州大学园艺与植物保护学院	欧洲温室型
65	京研春美 2 号	北京蔬菜研究中心	华北型	115	扬大 11 号	扬州大学园艺与植物保护学院	欧洲温室型
66	京研春美 3 号	北京蔬菜研究中心	华北型	116	扬大 12 号	扬州大学园艺与植物保护学院	欧洲温室型
67	京研春美 4 号	北京蔬菜研究中心	华北型	117	扬大 13 号	扬州大学园艺与植物保护学院	欧洲温室型
68	多美优	上海种都种业科技有限公司	华北型	118	南水 2 号	南京农业大学	欧洲温室型
69	世纪绿宝	上海种都种业科技有限公司	华北型	119	南水 3 号	南京农业大学	欧洲温室型
70	博娜	上海种都种业科技有限公司	华北型	120	XN-1	西北农林科技大学园艺学院	华南型
71	浙优 1 号	浙江省农业科学院蔬菜研究所	华北型	121	XN-3	西北农林科技大学园艺学院	华南型
72	09-78	济宁市农业科学院	华北型	122	山农小黄瓜	山东农业大学园艺学院	欧洲温室型
73	鄂皇九号黄瓜	湖北黄石蔬菜科学研究所	华南型	123	YB 燕白	重庆市农业科学院蔬菜研究所	华南型
74	鄂蔬百剑	湖北黄石蔬菜科学研究所	华南型	124	汉美瑞	上海种都种业科技有限公司	华南型
75	gs-A1	甘肃省农业科学院蔬菜研究所	华南型	125	曼迪露	上海种都种业科技有限公司	华南型
76	gs-A2	甘肃省农业科学院蔬菜研究所	华南型	126	碧维斯 F1	上海种都种业科技有限公司	欧洲温室型
77	HN6	湖南省蔬菜研究所	华南型	127	川菜 1 号黄瓜	四川农业科学院园艺所	华南型
78	HN7	湖南省蔬菜研究所	华南型	128	川菜 2 号黄瓜	四川农业科学院园艺所	华南型
79	HN8	湖南省蔬菜研究所	华南型	129	WZC01 (超美特)	温州市农业科学院	华南型
80	金碧春秋	安徽省农业科学院蔬菜研究所	欧洲温室型	130	浙秀 2 号	浙江省农业科学院蔬菜研究所	欧洲温室型
81	瑞光 2 号	北京蔬菜研究中心	华南型	131	16WC	重庆市农业科学院蔬菜研究所	华南型
82	迷你 5 号	北京蔬菜研究中心	欧洲温室型	132	86R	重庆市农业科学院蔬菜研究所	华南型
83	绿精灵	北京蔬菜研究中心	欧洲温室型	133	中农大 11001	中国农业大学	欧洲温室型
84	东农 1 号	东北农业大学黄瓜课题组	华南型	134	博优 1 号	山东种子公司	华北型
85	东农 2 号	东北农业大学黄瓜课题组	华南型	135	完美 1 号	青岛新干线蔬菜科技有限公司	华北型
86	东农 3 号	东北农业大学黄瓜课题组	欧洲温室型	136	完美 2 号	青岛新干线蔬菜科技有限公司	华北型
87	东农 4 号	东北农业大学黄瓜课题组	欧洲温室型	137	完美 3 号	青岛新干线蔬菜科技有限公司	华北型
88	东农 5 号	东北农业大学黄瓜课题组	欧洲温室型	138	完美 4 号	青岛新干线蔬菜科技有限公司	华北型

## 1.2 田间试验及性状记载

2011年12月20日在山东沂南科技示范园进行播种育苗,50孔穴盘育苗,采用黑子南瓜插接的方式进行。2月1日定植于山东沂南葛氏农庄早春日光温室,每品种种植一畦,畦宽80 cm,走道40 cm,双行定植,株距30 cm,每品种定植64株。3月20日左右进行采收,4月20日进入盛瓜期。在盛瓜期每个品种采收15条商品瓜条,对瓜条的质量性状和数量性状进行记载和测量。记载的性状如下:瓜把形状、瓜皮色、瓜肉色、瓜斑分布、瓜面光泽、瓜棱、瓜瘤大小、刺瘤疏密、瓜面蜡粉、瓜条长度、把长、横径、心腔、单瓜重、条纹长度。用直尺和游标卡尺测量长度和横径、心腔大小,单瓜重采用电子天平进行称量。计算把长和瓜长比值、心腔和横径比值、条纹长和瓜长比值、瓜长和横径比值(果形指数)。调查的标准按照《黄瓜种质资源描述规范和数据标准》<sup>[1]</sup>进行。

## 1.3 数据分析

质量性状按照标准进行赋值计算,数量性状等级划分根据各性状的平均值( $X$ )和标准差( $\delta$ )分为10级,1级 $< X - 2\delta$ ,10级 $\geq X + 2\delta$ ,中间每级相差 $0.5\delta$ 。各性状的遗传多样性采用Shannon's信息指数( $H'$ )进行评价, $H' = -\sum P_i \ln P_i$ , $P_i$ 表示第*i*种变异类型出现频率,用所有相应的各个性状 $H'$ 的平均值表示一组或所有种质的遗传多样性程度。采用SPSS 17.0计算各性状的最大值、最小值、平均值、极差和变异系数,采用NTSYS-pc 2.10进行主坐标分析(PCO, principal coordinate analysis),种质间距离为欧式距离(Euclidean distance),聚类方法为非加权组平均法(UPGMA, unweighted pair-group method with arithmetic)。

## 2 结果与分析

### 2.1 黄瓜果实外观数量性状

138个黄瓜品种果实外观品质性状的分布状况见表2。从总体状况来看,华南型品种遗传多样性高于华北型和欧洲温室型品种。华南型品种在果实外观性状的各个性状等级均有分布。华北型品种以瓶颈把型(73.7%)、绿和深绿皮色(98.7%)、浅绿果肉(98.7%)、无瓜斑和瓜顶部瓜斑(97.4%)、灰暗和较光亮(86.8%)、中和少蜡粉(67.1%)、浅棱(81.6%)、瘤中等大小(92.1%)、密刺(89.5%)为主;欧洲温室型品种以钝圆把型(83.3%)、绿皮(95.8%)、果肉白绿(50.0%)和浅绿(50.0%)、无瓜斑(100%)、灰暗(83.3%)、微棱和浅棱(83.3%)、无刺瘤(91.7%)、无蜡粉(50.0%)为主;

华南型品种以钝圆把型(89.4%)、黄白、白绿、浅绿、绿皮色均匀分布、果肉白绿和浅绿(76.3%)、无瓜斑(81.6%)、灰暗(94.8%)、无棱(55.3%)、中大瘤(65.8%)、稀刺(73.7%)、无蜡粉(55.3%)为主。

表2 黄瓜品种果实外观质量性状分布状况

Table 2 Distribution of fruit appearance qualitative characters for the cucumber breeding cultivars (%)

性状 Trait	等级 Group	华北型	华南型	欧洲温室型
		NC	SC	EF
瓜把形状 FNC	瓶颈形 BNC	73.7	5.3	0
	溜肩形 DSS	22.4	5.3	16.7
	钝圆形 ORS	3.9	89.4	83.3
瓜皮色 FC	乳白 Mi	0	5.3	0
	黄白 YW	0	23.7	0
	白绿 WG	0	21.1	0
	浅绿 LG	1.3	28.8	4.2
	绿 G	56.6	21.1	95.8
瓜肉色 FFC	深绿 DG	42.1	0	0
	白 W	0	2.6	0
	黄白 YW	0	21.1	0
	白绿 WG	1.3	28.9	50.0
	浅绿 LG	98.7	47.4	50.0
瓜斑分布 FSD	无 N	31.6	81.6	100
	瓜顶部 FT	65.8	7.9	0
	少部分瓜面 SPFS	2.6	10.5	0
瓜面光泽 FSL	灰暗 Gr	55.2	94.8	83.3
	较光亮 LB	31.6	2.6	16.7
	光亮 B	13.2	2.6	0
瓜棱 FR	无 N	2.6	55.3	16.7
	微棱 MR	10.5	10.5	50.0
	浅棱 SR	81.6	26.3	33.3
	深棱 DR	5.3	7.9	0
瓜瘤大小 FWS	无 N	0	18.4	91.7
	小瘤 SW	7.9	15.8	8.3
	中瘤 MW	92.1	39.5	0
	大瘤 LW	0	26.3	0
刺瘤稀密 FWD	无 N	0	10.5	91.7
	稀 R	0	73.7	8.3
	中 M	10.5	15.8	0
瓜面蜡粉 FSW	密 T	89.5	0	0
	无 N	13.2	55.3	50.0
	少 L	34.2	10.5	12.5
	中 M	32.9	28.9	37.5
	多 Mu	19.7	5.3	0

NC:North-China ecotype,SC:South-China ecotype,EF:European fruit ecotype,FNC:Fruit neck shape,FC:Fruit color,FFC:Fruit flesh color,FSD:Fruit spot distribution,FSL:Fruit surface luster,FR:Fruit ridge,FWS:Fruit wart size,FWD:Fruit wart density,FSW:Fruit surface wax,BNC: Bottle neck shape,DSS: Droppy shoulder shape,ORS:Obtusely round shape,Mi: Milky,YW:Yellow and white,WG:White and green,LG:light green,G: Green,DG: Dark green,W:White,N:None,FT:Fruit top,SPFS:Small part fruit surface,Gr:Gray,LB:Less bright,B:Bright,MR:Minute ridge,SR:Shallow ridge,DR: Deep ridge,SW:Small wart,MW:Middle wart,LW: Large wart,R:Rare,M:Middle,T:Thick,L:Little,Mu:Much,the same as below

## 2.2 果实数量性状的变异与分布状况

黄瓜品种果实数量性状变异结果见表3。不同生态类型不同性状间变异系数差别较大,华北型品种果实数量性状的变异系数在7.80%~53.10%之间;华南型品种在12.70%~180.00%之间;欧洲温室型品种在0~35.40%之间。华南型品种各性状的变异系数均高于华北型和欧洲温室型品种,条纹长和条纹/瓜长这2

个性状在华南型和华北型品种变异系数最大,超过50.0%,而在欧洲温室型品种中变异系数为0,表明不同性状在不同生态类型品种中差别很大。变异较小的性状如果型指数、瓜长(华北型)、横径、心腔、心腔/横径(华北型和欧洲温室型)、条纹长、条纹/瓜长(欧洲温室型)等性状的变异系数在13.0%以下,可能与长期的定向选择或种质类型有关。

表3 黄瓜品种果实数量性状变异表

Table 3 Variation of fruit appearance quantitative characters for the cucumber breeding cultivars

(cm)

生态类型 Ecotype	参数 Parameter	性状 Trait									
		瓜长 FL	条纹长 SL	条纹/瓜长 RSF	把长 FNL	把长/瓜长 RNF	横径 FD	心腔 SCD	心腔/横径 RSCF	果型 指数 FSI	单瓜重 (kg) SFW
华北型 NC	平均值 Mean	32.70	3.20	0.10	4.30	0.13	3.60	1.80	0.49	9.10	0.26
	最小值 Min.	18.80	0	0	1.50	0.06	2.50	1.00	0.40	6.60	0.08
	最大值 Max.	39.30	6.70	0.21	5.90	0.19	4.40	2.20	0.57	11.60	0.39
	标准差 <i>s</i>	3.10	1.70	0.05	0.92	0.03	0.31	0.20	0.04	0.95	0.05
华南型 SC	变异系数(%) CV	9.50	53.10	50.00	21.40	20.80	8.60	11.10	7.80	10.40	17.40
	平均值 Mean	18.40	2.50	0.15	3.60	0.21	3.00	1.50	0.47	6.10	0.12
	最小值 Min.	12.40	0	0	1.90	0.09	2.40	1.00	0.36	4.20	0.06
	最大值 Max.	33.90	14.60	1.00	7.60	0.55	4.20	2.20	0.61	9.00	0.40
欧洲温室型 EF	标准差 <i>s</i>	4.70	4.30	0.27	1.36	0.10	0.41	0.30	0.06	1.50	0.07
	变异系数(%) CV	25.50	172.00	180.00	37.80	47.60	13.50	20.60	12.70	24.50	56.10
	平均值 Mean	17.70	0	0	2.60	0.15	2.80	1.36	0.47	6.30	0.10
	最小值 Min.	12.40	0	0	1.40	0.07	2.40	1.00	0.38	3.70	0.06
欧洲温室型 EF	最大值 Max.	21.50	0	0	5.60	0.28	3.80	2.00	0.53	8.20	0.18
	标准差 <i>s</i>	2.30	0	0	0.92	0.01	0.31	0.10	0.04	0.98	0.03
	变异系数(%) CV	13.00	0	0	35.40	6.80	11.10	7.40	8.50	15.60	29.10

FL; Fruit length, SL; Stripe length, RSF; Ratio of stripe length to fruit length, FNL; Fruit neck length, RNF; Ratio of neck length to fruit length, FD; Fruit diameter, SCD; Seed chamber diameter, RSCF; Ratio of seed chamber diameter to fruit diameter, FSI; Fruit shape index, SFW; Simple fruit weight, the same as below

## 2.3 黄瓜品种果实性状遗传多样性

表4结果表明,华北型黄瓜品种果实性状遗传多样性指数在0.09~2.01之间,华南型在0.24~2.05之间,欧洲温室型在0~2.06之间。总体上比较,黄瓜品种果实外观数量性状的平均遗传多样性指数都高于质量性状。就不同生态类型黄瓜品种来讲,果实性状遗传多样性大小为华北型(1.33) > 华南型(1.25) > 欧洲温室型(1.00)。质量性状遗传多样性为华南型(0.91) > 华北型(0.65) > 欧洲温室型(0.48);数量性状为华北型(1.94) > 华南型(1.56) > 欧洲温室型(1.47)。从不同性状来看,不同生态类型各果实性状遗传多样性表现各有特点。华北型黄瓜品种瓜肉色的多样性指数最小(0.09),果型指数、把长/瓜长、条纹长的遗传多样性指数最

大(2.01);华南型品种中瓜面光泽最小(0.24),心腔/横径最大(2.05);欧洲温室型品种中瓜斑分布、条纹长、条纹/瓜长遗传多样性指数最小(0),瓜长的遗传多样性指数最大(2.06)。

## 2.4 形态性状的主坐标分析

对138个黄瓜品种的19个果实性状的统计数据行标准化处理,参试品种间采用欧式距离,采用NTSYS-pc2.10软件进行主坐标轴分析。结果表明第1主成分的贡献率为52.2%,第2主成分的贡献率为19.1%,合计为71.3%。将所有参试品种作为一个混合群体,以每份参试品种的二维主成分数据绘制聚类图。根据图1的分布情况可以划分为3个不同的区组,1区和2区形成相互渗透。其中1区为华北型黄瓜优势区,由76份华北型、3份华南型种质组成;

2 区为华南和欧洲温室型种质、华北型混合分布区,由 29 份华南型、24 份欧洲温室型、10 份华北型种质构成,华南型种质主要来源于我国胶东半岛、上海、东北地区、湖南和甘肃,24 份欧洲温室型种质主要依据国

表 4 黄瓜品种果实性状的遗传多样性指数比较

Table 4 Genetic diversity of fruit appearance characters for the cucumber breeding cultivars

性状 Trait	华北型 NC	华南型 SC	欧洲温室型 EF
瓜把形状 FNC	0.70	0.41	0.45
瓜皮色 FC	0.75	1.51	0.17
瓜肉色 FFC	0.09	1.15	0.69
瓜斑分布 FSD	0.74	0.60	0
瓜面光泽 FSL	0.96	0.24	0.45
瓜棱 FR	0.66	1.12	0.97
瓜瘤大小 FWS	0.29	1.32	0.29
刺瘤稀密 FWD	0.35	0.75	0.29
瓜面蜡粉 FSW	1.31	1.08	0.97
瓜长 FL	1.95	1.76	2.06
把长 FNL	1.91	1.81	1.78
条纹长 RSF	2.01	0.74	0
横径 FD	1.72	1.88	1.81
心腔 SCD	1.95	1.89	2.03
单瓜重 SFW	1.82	1.44	1.88
把长/瓜长 RNF	2.01	1.60	1.27
条纹/瓜长 RSF	2.00	0.65	0
心腔/横径 RSCF	1.99	2.05	1.88
果型指数 FSI	2.01	1.73	2.01

外种质进行国产化选育而成;3 区为华南型黄瓜分布区,由 9 份华南型种质组成,此区域种质分布比较分散,主要来源于我国西南、西北地区地方资源。

### 3 讨论

#### 3.1 设施黄瓜育成品种果实性状遗传多样性

从育成品种果实性状的遗传多样性指数来看,华北型品种中 8 个性状、华南型品种中 6 个性状、欧洲温室型中 11 个性状,其遗传多样性指数均小于 1.0,遗传多样性指数低与品种长期定向选择,品种外观性状要求单一有关(华北型品种要求浅绿果肉、小瘤、密刺等,欧洲温室型黄瓜要求皮色绿、无棱或微棱、光滑无刺瘤等);与种质材料来源狭窄有关,如国内选育的欧洲温室型品种多数是以欧洲种子的商业品种为育种材料选育出来的;种质类型特有性状也是遗传多样性低的一个原因,如无条纹(欧洲温室型)、刺瘤较稀(华南型)等性状。3 种生态类型品种中,果实数量性状的平均遗传多样性指数都要大于质量性状,说明质量性状在品种的选育过程中更加直观,受环境影响小,定向选择效果明显。华南型品种果实质量性状的遗传多样性指数高于华北型和欧洲温室型品种,表明了华南型品种在果实外观性状的育种目标相对比较分散,消费需求的多元性可能是导致该类型育成品种果实质量性状遗传多样性高的主要原因。此外,华南型品种果实

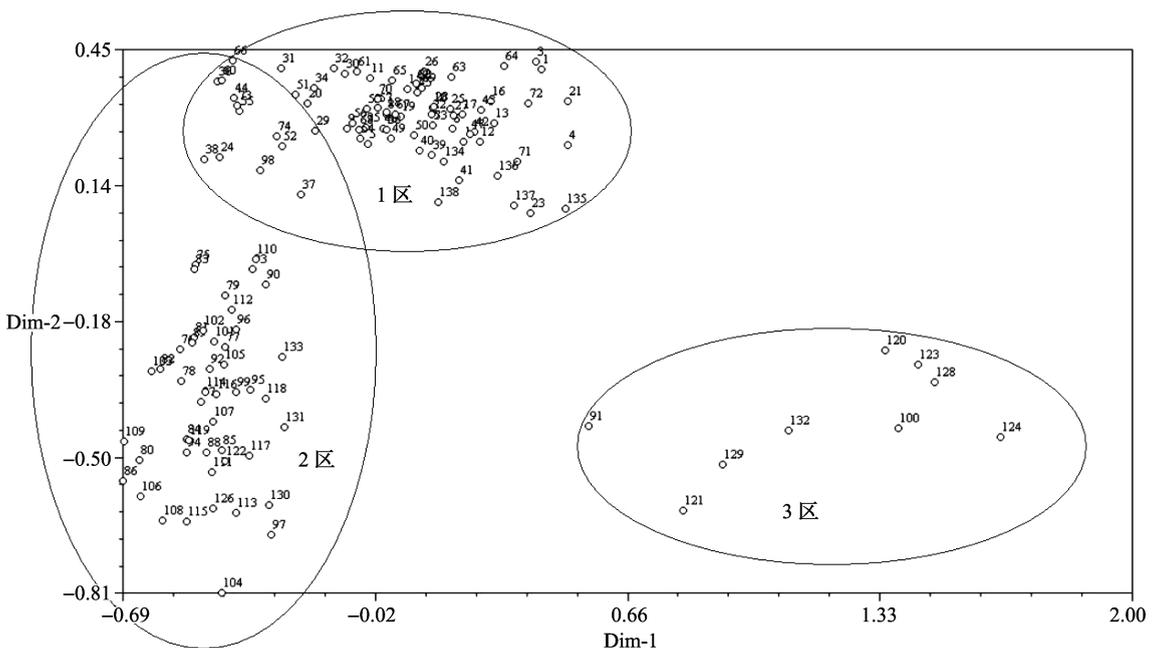


图 1 基于黄瓜形态性状的主坐标分析图

Fig. 1 PCO diagram based on morphological characters of cucumber germplasms

各数量性状的变异系数都要高于华北型和欧洲温室型,表明该类型品种中存在一些特殊的性状材料,如在瓜长性状中最短的为 gs-A2(甘肃,12.4 cm),最长的为鄂蔬百剑(湖北,33.9 cm),市场对该类型品种具有特殊化需求。前人的研究表明,品种选育和杂优化不仅使黄瓜自然资源的多样性受到侵蚀,而且使栽培品种的遗传背景变得狭窄<sup>[17-18]</sup>,本研究结果支持了上述观点。但是需要明确指出,目前我国华北型品种果实性状总体上遗传多样性指数较高,尤其是数量性状,多样性指数丰富。欧洲温室型品种作为国外种质,遗传多样性指数也较高,可用来拓宽我国黄瓜品种的遗传背景。

### 3.2 育成品种的主坐标轴分析

本研究对 138 个品种的 19 个果实性状进行主坐标轴分析(PCO),前 2 个特征向量共解释了 71.3% 的总变异,说明 PCO 所包含的特征向量代表黄瓜表型总变异中的大部分,PCO 图具有可靠性。尽管本研究分析了大量育成品种多个差异明显的果实形态性状,但 PCO 图并没有严格地按照品种的生态类型(华北型、华南型、欧洲温室型)将其划分。李锡香<sup>[15]</sup>利用 34 个形态学标记和 AFLP 分子标记分析 70 份来源不同的黄瓜种质资源的遗传多样性和亲缘关系,得出除西双版纳外的中国范围内的其他栽培种质的遗传关系与形态特征和地域分布,虽然存在一定的相关性,但没有必然的关联,不能将传统上讲的华南型和华北型种质严格的划分开。张永兵等<sup>[13]</sup>、陈芸等<sup>[19]</sup>和姚国新等<sup>[20]</sup>分别利用形态性状、RAPD 和 SRAP 分子标记分析我国甜瓜的遗传多样性时,也无法将甜瓜种质按照已报道的分类方法或来源地加以区分。这充分表明了表型性状的变异和 DNA 水平上的变异均具有不可预知性,可能与这些种质的遗传背景复杂有关,在品种的选育过程中发生了不同类型种质基因的渗透。PCO 图结果表明 1 区和 2 区之间形成了交流渗透,在交流区域如扬大 14 号、申大 5 号、C133、京研春美 3 号、DRT3、川菜 7 号、IVF5 等华北型品种经过自交分离,后代群体中都出现了稀刺瘤或光皮材料,充分验证了在这些品种的选育过程有华南型或欧洲温室型种质参与。2 区组中华南型种质和欧洲温室型种质也进行了相互渗透交流,在该区组的中下部欧洲温室型品种呈集中聚合分布状态,华南型品种呈现较分散的分布状态。试材中多数华南型品种为强雌或全雌类型,雌性基因的来源可能与欧洲温室型品种有关,加之二者果实长度相当,导致这两类品种划分

在一起,如迷你 5 号选育过程中有华南型种质(来源日本)和欧洲温室型种质参与杂交<sup>[21]</sup>为 2 区相互渗透提供一个有力的证据。其他品种进一步的分析验证还需要从其他角度如分子水平上进行。3 区组包括了 9 个华南型品种,呈较分散的状态进行分布,这些品种多数果实商品性状特殊,如皮色白或乳白中带青丝,瘤大有褐刺、瓜把处颜色浓绿等。从其他性状上看,多数品种生长势旺盛,叶片巨大,也有别于其他华南型品种。

### 3.3 育成品种的信息对黄瓜育种工作的启示

本研究通过对不同生态类型 138 个育成品种果实外观品质性状信息调查分析,了解掌握了目前黄瓜品质育种动态,根据相关信息,可以有效地进行资源的利用和品种选育。

76 份华北型黄瓜品种主要以瓶颈把型为主,钝圆把型较少(占 3.9%),这类品种瓜条上下均匀性好、瓜把短、果实的商品性优良,建议加强钝圆把型品种的选育。钝圆把型种质的创制除了在原有华北密刺型地方种质中筛选外,可以利用华南或欧洲温室型种质进行改良。华北型品种瓜条长度也是影响品种推广应用的重要指标,如在山东沂南、苍山等黄瓜主产区以长瓜条品种为主,寿光和济阳产区以中长瓜和长瓜类型为主,辽宁凌源以中短和中长瓜为主。本试验结果表明华北型品种中短瓜(29.0 ~ 30.9 cm)占 13.5%,中长瓜(31.0 ~ 32.9 cm)占 32.4%,较长瓜(33.0 ~ 34.9 cm)占 29.7%,长瓜(超过 35.0 cm 以上)的品种占 17.6%,各育种单位可以依据不同的黄瓜产区需求有针对性地进行新品种的推广应用。建议加大开展中短及中长钝圆把型品种选育,以便于适应未来黄瓜产品的标准化销售模式。条纹长度直接影响瓜条的果色均匀度,条纹的有无及长短成为华北型品种外观品质的一个重要指标。从本研究的调查结果来看,瓜条端部黄线的品种占 65.8%,无条纹的品种仅有 7 个。无条纹性状仍然是华北型品种选育的难点。有研究表明,条纹长度的遗传受环境影响较大<sup>[4]</sup>,因此在亲本选择利用上一定要注意亲本种质在低温弱光 and 高温条件瓜条条纹的变化情况。李红斌<sup>[22]</sup>研究表明,利用无条纹的欧洲温室型黄瓜与有条纹的华北型黄瓜杂交,杂交组合表现瓜顶部有少量的条纹。本研究的调查结果表明欧洲温室型种质果实皮色均匀度高,应该充分利用该类种质进行杂交回交转育,提高华北种质的果色均匀度。在提高果实光泽度和无蜡粉方面,可以适当地降低育种难度,采用白子南瓜砧

木(火凤凰、青研砧木 1 号等)嫁接栽培的方式,达到去除果面蜡粉提高果实光泽度的目的<sup>[23]</sup>。

华南型品种果实性状的选育目标没有华北型品种严格单一。依据本研究结果并结合我国华南型黄瓜地域优异地方种质分布的特点<sup>[24]</sup>,表明目前我国华南型品种选育主要是依据本地优势种质资源开展适合本地区种植销售的品种。继续进行分散式华南型黄瓜品种的选育,可以促使华南型地方优异种质资源得到长期的保存开发利用,对丰富我国黄瓜的遗传多样性具有重要的意义。此外我国白皮华南型黄瓜具有果实品质优良的特点<sup>[25]</sup>,白皮品种果实市场售价高,深受市场欢迎。在本次品种展示中如山东胶东半岛、湖南、陕西、四川、甘肃等地都有该类型品种,在果实长短、刺瘤大小疏密、有无果肩、上下粗细均匀方面都有差异,如 gs-A2(甘肃,白皮大瘤较密型)、HN7(湖南,白皮小瘤稀刺型)、烟台地黄瓜(山东,乳白大瘤刺稀型)等白皮黄瓜品种各具特点。该类型品种建议在皮色、果实的刺瘤大小、果实上下均匀性、瓜把形状等性状上加强选育,如选育纯白或乳白、小瘤稀刺,果实上下均匀一致,无果肩钝圆把型、长度在 15 cm 以内的品种,以便适合包装进行标准化销售,提高产品的外观品质。

本次调查的 24 个欧洲温室型品种果实无瓜斑、无条纹,多数品种为钝圆把型,这些优良的性状可以转育到华北和华南型种质中,创制新种质。此外,建议育种科研单位积极引进长瓜条的欧洲温室型品种,与我国优秀的地方品种资源进行杂交,形成中间类型品种,拓宽品种改良的渠道。

#### 参考文献

- [1] 李锡香,朱德蔚. 黄瓜种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2005
- [2] 顾兴芳,方秀娟. 黄瓜瓜把长度遗传规律研究初报[J]. 中国蔬菜,1994(2):33-34
- [3] 张磊,司龙亭,李坤. 黄瓜瓜条长度的遗传分析[J]. 西北农业

- 学报,2012,21(3):114-117,147
- [4] 罗晓梅,司龙亭,尹维娜. 黄瓜黄色线与瓜长比的主基因+多基因的遗传分析[J]. 华北农学报,2008,23(2):88-91
- [5] 曹齐卫,张卫华,王志峰,等. 黄瓜果实性状的 Hayman 遗传分析[J]. 西南农业学报,2009,22(3):773-776
- [6] 孙小镭,王永强,王冰,等. 黄瓜嫩果果皮叶绿素含量的遗传[J]. 园艺学报,2004,1(3):327-331
- [7] 孙晓丹,商庆梅,秦智伟. 黄瓜嫩果白色果皮颜色遗传规律及 AFLP 标记研究[J]. 北方园艺,2011(3):135-140
- [8] 董邵云,苗晗,张圣平,等. 黄瓜果皮光泽性状的遗传分析及基因定位研究[J]. 园艺学报,2013,40(2):247-25
- [9] 杨福强,李琳,李明远,等. 中国刺瘤型黄瓜种质遗传多样性和亲缘关系的 AFLP 分析[J]. 西北农业学报,2009,18(6):205-211
- [10] 穆生奇,顾兴芳,张圣平,等. 栽培黄瓜种质遗传多样性的 SSR 鉴定[J]. 园艺学报,2008,35(9):1323-1330
- [11] 李锡香,朱德蔚,杜永臣,等. 黄瓜种质资源遗传多样性及其亲缘关系的 AFLP 分析[J]. 园艺学报,2004,31(3):309-314
- [12] 贺晨帮,宗绪晓. 豌豆种质资源形态标记遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(1):42-48
- [13] 张永兵,李霖华,吴海波,等. 新疆甜瓜地方品种资源的表型遗传多样性[J]. 园艺学报,2012,39(2):305-314
- [14] 王炜勇,俞少华,李鲁峰,等. 浙江省薄皮甜瓜地方品种的表型遗传多样性[J]. 植物遗传资源学报,2013,14(3):448-454
- [15] 李锡香. 黄瓜种质遗传多样性的形态和分子评价及其亲缘关系研究[D]. 北京:中国农业科学院,2002
- [16] 曹齐卫,张卫华,王志峰,等. 山东黄瓜地方品种资源果实外观品质的评价[J]. 植物遗传资源学报,2009,10(4):578-582
- [17] 张海英,王永健,许勇,等. 黄瓜种质资源遗传亲缘关系的 RAPD 分析[J]. 园艺学报,1998,25(4):345-349
- [18] Kner L D, Staub J E, Holder D J, et al. Genetic diversity in *Cucumis sativus* L. assessed by variation at 18 allozyme coding loci [J]. Theor Appl Genet, 1989, 78:119-128
- [19] 陈芸,李冠,王贤磊. 甜瓜种质资源遗传多样性的 SRAP 分析[J]. 遗传,2010,32(7):744-751
- [20] 姚国新,刘玲,郭永强,等. 利用 RAPD 标记分析甜瓜种质资源遗传多样性[J]. 首都师范大学学报:自然科学版,2006,27(5):56-67
- [21] 毛爱军,张丽蓉,王永健,等. 水果黄瓜新品种京研迷你 5 号的选育[J]. 中国蔬菜,2013(6):96-98
- [22] 李红斌. 强雌性水果黄瓜遗传规律研究[J]. 北方园艺,2008(10):58-59
- [23] 刘青,魏珉,田雪梅,等. 不同脱蜡粉类型砧木对嫁接黄瓜生长及硅吸收分配特性的影响[J]. 山东农业大学学报:自然科学版,2012,43((3):335-340
- [24] 中国农业科学院蔬菜花卉研究所. 中国蔬菜品种志[M]. 北京:中国农业科技出版社,2001:3-92
- [25] 李加旺,李恩鹤,刘凤堂. 浅析我国黄瓜种质资源[J]. 农业科技通讯,2008(8):8-10