

苏彩霞,孟 珊,栾春荣,等. 江苏地区扁豆主要表型性状的多样性评价[J]. 江苏农业科学,2021,49(19):24-29.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.19.004

江苏地区扁豆主要表型性状的多样性评价

苏彩霞¹, 孟 珊², 栾春荣¹, 颜 伟², 狄佳春², 朱 银², 张 旭¹

(1. 江苏省泰兴市农业科学研究所, 江苏泰兴 225433; 2. 江苏省农业科学院种质资源与生物技术研究所, 江苏南京 210014)

摘要:利用表型特征,对收集的 101 份扁豆资源进行多样性评价。结果表明,花序长短、荚厚、单株荚数等与产量密切相关;播种至始花天数与单株荚数、单株产量的关系较为密切;播种至盛花天数、播种至采收的天数与单株荚数、单株产量的关系则不显著;而花序长短则影响着荚长、荚宽、单荚质量和产量;聚类分析表明,品种间存在显著的遗传差异,在欧氏距离为 0.74 阈值时,可将 101 份材料分为 5 类,形态与地理来源无严格的一致性关系。

关键词:扁豆;江苏省;表型特征;种质资源;多样性评价;遗传基础

中图分类号:S643.502 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)19-0024-05

扁豆[*Lablab - purpureus* (Linn.) Sweet]是豆科、扁豆属的一个栽培种,是多年生或一年生缠绕藤本植物,主要食用嫩荚或成熟豆粒。在我国,扁豆既可当粮食又可以当蔬菜用,在全国的种植面积约 21.6 万 hm^2 ,单季平均产鲜豆荚约 22 500 kg/hm^2 。近年来,随着市场的发展以及人们对扁豆营养价值的进一步认识,扁豆的产业化进程正在逐步加速,作为其支柱的品种创新和品质创新工作也被提上了议事日程,而种质资源的收集和鉴定是进行该工作的前提和基础。因此,笔者所在课题组近年来对江苏地区的扁豆种质资源进行了广泛的收集,为了更有效地对所收集的材料进行鉴定和利用,必须对其进行评价。

虽然用于研究植物种质变异和遗传关系有种子蛋白、同工酶等许多标记^[1],但种质评价和分类的第 1 步仍然是形态特征的鉴定^[2],即形态学标记是植物种间或种内分类的重要依据之一^[3]。据报道,形态学标记的多样性分析已用在芭蕉、草莓、甜瓜、甘蔗、菊苣等作物上^[4-9]。但在扁豆作物上,对

江苏地区扁豆多样性评价方面的研究却少见报道。

因此,本研究于 2019 年决定对收集自江苏地区的 101 份材料(含从上海地区引进的材料)进行植物形态学特征观测和鉴定,通过多元统计分析数量性状和质量性状,并以此为基础,进行相关性和聚类分析,以找出不同类型材料差异的主要性状,旨在为鉴别扁豆特异种质,扩大我国扁豆基因资源,以及扁豆新种质的创制等方面提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验地设在江苏省泰兴市农业科学研究所内,地理坐标为 $31^{\circ}58'12'' \sim 32^{\circ}23'05''\text{N}$, $119^{\circ}54'05'' \sim 120^{\circ}21'56''\text{E}$,季风显著,四季分明,气候温和,雨量充沛,日照充足。年平均气温 15.0°C ,年平均降水量 1 039.7 mm,年平均日照时数 1 984.5 h。年平均日照百分率 45%。

1.2 试验材料

供试扁豆种质主要来源于江苏地区第三次农作物种质资源普查材料(含从上海地区引进的 5 份材料),材料编号、名称及来源见表 1,总计 101 份。

1.3 试验内容与方法

试验采用一条龙区组设计,每个小区面积为 30 m^2 ,行距 60 cm,穴距 1 m,每穴 2~3 粒种子,最后留苗 1 株。四周设保护行。测定表型性状时,每个指标重复 10 次。具体测量数量指标有 12 个(播种至始花天数、播种至盛花天数、播种至采收天数、花序长、荚长、荚宽、荚厚、单荚粒数、单荚质量、单株荚数、单株产量、百粒质量),质量性状指标有 19

收稿日期:2021-02-22

基金项目:江苏省现代农业体系项目(编号:JATS[2021]274);2019 年泰兴市高层次人才培养工程培养对象科研资助项目(编号:泰人才办[2019]14 号);第三次全国农作物种质资源普查与收集行动(编号:111821301354052028)。

作者简介:苏彩霞(1974—),女,江苏泰兴人,硕士,高级农艺师,主要从事粮经作物新品种选育及配套栽培技术与示范。E-mail:2794785451@qq.com。

通信作者:栾春荣,硕士,农业推广研究员,主要从事粮经作物新品种选育及配套栽培技术与示范工作。E-mail:lctx@163.com。

表 1 供试材料名称与来源

田间号	品种名称	来源地	田间号	品种名称	来源地
1	扁豆	阜宁县	52	白扁豆	靖江市
2	白扁豆	阜宁县	53	紫扁豆	宿迁市
3	红扁豆	阜宁县	54	红扁豆	宜兴市
4	红扁豆	阜宁县	55	白扁豆	宿迁市泗阳县
5	小荚皮扁豆	溧阳市	56	葱管茶豆	宿迁市泗阳县
6	半边红扁豆	溧阳市	57	大刀片扁豆	阜宁县
7	阔扁豆	东台市	58	皮扁豆	溧阳市
8	羊角豆	东台市	59	白扁豆	如皋市
9	下灶扁豆	东台市	60	本地扁豆	仪征刘集镇
10	紫扁豆	盱眙县	61	泰兴扁豆	泰兴市黄桥镇
11	青扁豆	泰兴市河失镇	62	黑扁豆	东台市
12	白扁豆	兴化市	63	茶豆角	淮阴区
13	红扁豆	兴化市	64	青皮扁豆	如皋市
14	扁豆	句容市	65	长扁豆	睢宁县
15	红边白荚皮扁豆	溧阳市	66	本地扁豆	李中镇
16	兴化扁豆	兴化市戴窑镇	67	扁豆	宜兴市
17	兴化扁豆	兴化市戴窑镇	68	扁豆(紫色)	张家港市
18	白扁豆	句容市	69	扁茶豆	江苏省
19	白荚白边红扁豆	句容市	70	青皮茶豆	睢宁县
20	红蔓红边白扁豆	句容市	71	扁豆	如皋市
21	紫扁豆	阜宁县	72	苦米豆	赣榆区
22	眉豆	邳州市	73	本地扁豆	泗阳里
23	眉豆	邳州市	74	泗阳扁豆	泗阳县
24	扁豆	如东县	75	红扁豆	溧阳县
25	绿扁豆	睢宁县	76	暗红籽扁豆	泰兴市根思乡
26	红包扁豆	睢宁县	77	本地扁豆	月塘镇后营村
27	小红扁豆	宜兴市	78	白扁豆	句容市三台阁社区
28	青扁豆	宜兴市	79	yanvidou 红	常熟市梅李镇
29	黑扁豆	常熟市	80	yanvidou 青	常熟市梅李镇
30	眉豆	徐州市丰县	81	红花纹 1 号	泰兴市根思乡
31	扁梅豆	邳州市八路镇	82	黑籽扁豆	泰兴市根思乡
32	红边白扁豆	溧阳县上黄镇	83	红花纹-3	泰兴市根思乡
33	白扁豆	溧阳县溧城镇	84	扁豆(白色)	张家港市
34	扁豆	张家港市南丰镇	85	扁豆	赣榆区
35	扁豆(青白)	吴江区同里镇	86	棕花纹小粒	泰兴市
36	扁豆(红)	吴江区同里镇	87	红边扁豆	句容市
37	紫扁豆	江苏省太仓市	88	青扁豆	常熟市
38	青扁豆	江苏省太仓市	89	边红 6 号	江苏省农科院
39	扁豆	海安市	90	特优 2 号	江苏省农科院
40	刀扁豆	启东市	91	苏红绣鞋	江苏省农科院
41	红肉扁豆	启东市	92	交扁 6 号	上海市交通大学
42	白扁豆	启东市	93	交扁 5 号	上海市交通大学
43	绿扁豆	滨海县	94	交大青扁豆 2 号	上海市交通大学
44	绿扁豆	东台市	95	绿宝	上海市交通大学
45	红扁豆	东台市东台镇	96	艳红扁	上海市交通大学
46	叶子扁豆	东台市溱东镇	97	2 * 33	泰兴市农科所
47	老娘耳扁豆	东台市溱东镇	98	浅粉 4135	泰兴市农科所
48	白色花扁豆	盐城市大丰区	99	姜堰白沙豆	泰兴市农科所
49	本地马家红扁豆	镇江市丹阳市	100	苏扁 1605	泰兴市农科所
50	扁豆	镇江市扬中市	101	苏扁 1607	泰兴市农科所
51	红扁豆	靖江市滨江新区			

个(茎色、叶色、叶脉色、叶片大小、翼瓣色、花色、荚形、缝线色、嫩荚色、荚壁纤维、品质、熟性、抗病性、抗虫性、抗逆性、干籽粒种皮色、是否带花纹、粒形、光泽度)。熟性、抗病性、抗虫性、抗逆性在生长后期观察记载,干籽粒的种皮色、是否带花纹、粒形、光泽度、百粒质量,在种子收获晒干后测定。其他性状基本在花荚期测定。

1.4 统计分析

利用 Excel 软件对数量性状进行变异系数分析。利用 NTSYSpc 软件对性状进行材料间欧氏距离分析,质量性状指标首先在 Standardization 模块中标准化为(0,1)矩阵,再在 SAHN 模块中采用可变类平均法进行聚类分析(un-weighted pair-group method with arithmetic mean algorithm,UPGMA)。用 SPSS 17.0 软件对数量性状进行方差分析、相关分析,确定反映扁豆差异的主要形态学指标。

2 结果与分析

2.1 扁豆形态变异分析

对 101 份扁豆材料间主要数量性状变异情况进行分析(表 2)。结果显示,12 个数量性状差异均达到极显著水平,通过材料间 *F* 检验值比较,单株产量的 *F* 检验值最大(679 523.30),荚厚最小(7.65)。变异系数结果显示,荚厚的变异系数最大,达到 76.92%,说明荚厚潜力很大,其次为单株荚数(51.77%),播种至盛花天数最少,仅 10.91%,是比较稳定的植物学性状。从整体变异程度来看,播种至始花天数、播种至盛花天数、播种至采收天数等与熟性相关的性状变异程度要小于花序长短、荚厚、单株荚数等与产量密切相关性状的变异程度,表明扁豆不同性状间存在较大的遗传差异,品种的熟性主要由遗传因素决定,与产量性状相关的花序长短、荚厚、单株荚数等表型特征更容易受外界环境的影响。均值、标准差及变异系数等具体参数见表 2。

2.2 扁豆植物学形态指标之间的相关分析

将扁豆不同材料各植物学形态数量指标进行相关分析(表 3),结果表明,播种至始花天数与各性状均呈正相关,除与花序长短相关性不显著外,与其他数量性状的相关性均达到显著或极显著水平,说明开花期越早,与产量相关的荚长、荚宽、单株产量、单荚质量等也呈正增长;播种至盛花天数则与播种至采收天数、荚长、荚宽、荚厚、单荚粒数、单荚质量呈极显著正相关,与花序长短、单株产量、单株

表 2 供试材料数量性状

性状	均值	标准差	标准误	最小值	最大值	变异系数 (%)	材料间 <i>F</i> 检验值
播种至始花天数(d)	80.00	11.00	1.57	55.00	109.00	13.75	200.69**
播种至盛花天数(d)	93.40	10.19	0.99	77.00	117.00	10.91	424.52**
播种至采收天数(d)	105.00	15.21	1.00	78.00	132.00	14.49	938.09**
花序长短(cm)	12.65	6.17	0.11	0	23.30	48.77	12949.31**
荚长(cm)	9.40	2.24	0.10	4.10	15.57	23.83	2043.49**
荚宽(cm)	2.50	0.58	0.10	1.23	4.80	23.20	134.90**
荚厚(cm)	0.78	0.60	0.13	0.40	1.14	76.92	7.65**
单荚粒数(个)	4.39	0.48	0.10	3.20	5.40	10.93	91.83**
单荚质量(g)	8.21	2.57	0.10	4.67	18.80	31.30	2 574.2**
单株荚数(个)	126.00	65.23	1.05	31.00	323.00	51.77	16 147.63**
单株产量(g)	991.00	462.86	1.03	1.84	2 626.00	46.71	679 523.30**
百粒质量(g)	45.91	7.18	0.98	26.00	65.00	15.64	214.69**

注:**表示在 0.01 水平上差异显著,*表示在 0.05 水平上差异显著,表 3 同。

表 3 扁豆植物学形态指标之间的相关分析

性状	相关系数									
	播种至始花 天数	播种至盛花 天数	播种至采收 天数	花序长短	荚长	荚宽	荚厚	单荚粒数	单荚质量	单株荚数
播种至盛花天数	0.870**									
播种至采收天数	0.817**	0.922**								
花序长短	0.115	0.014	-0.004							
荚长	0.507**	0.592**	0.540**	-0.039						
荚宽	0.551**	0.541**	0.453**	-0.074	0.606**					
荚厚	0.444**	0.441**	0.379**	0.270**	0.101	0.254**				
单荚粒数	0.697**	0.786**	0.719**	0.083	0.739**	0.503**	0.391**			
单荚质量	0.471**	0.474**	0.379**	-0.112	0.694**	0.822**	0.377**	0.520**		
单株荚数	0.215*	0.049	0.024	0.391**	0.034	0.059	0.228*	0.160	0.002	
单株产量	0.308**	0.124	0.069	0.223*	0.264**	0.320**	0.305**	0.261**	0.389**	0.868**

荚数正相关性不显著;播种至采收天数与花序长短呈负相关,但相关性不显著,与其他性状均呈正相关,且除单株产量、单株荚数外,正相关性均达到极显著水平;花序长短与荚长、荚宽、单荚质量呈负相关,与其他性状呈正相关,说明随着花序的增长,扁豆荚长、荚宽、单荚质量会减少,其原因可能与养分的供应、分配相关,如果分配给花器官的养分多了,则供应给嫩荚的养分必然有所减少;另外,荚长与荚厚、单株荚数呈不显著正相关,与荚宽、单荚粒数、单荚质量、单株产量呈极显著正相关;除单株荚数外,荚宽与其他性状均呈极显著正相关;除荚长外,荚厚与其他性状均呈显著或极显著正相关;其他几个性状彼此间也呈正相关(表 3)。总之,播种至始花天数与单株荚数、单株产量的关系较为密

切;播种至盛花天数、播种至采收天数与单株荚数、单株产量的关系则不显著;而花序长短则影响着荚长、荚宽、单荚质量和产量,说明如何选择一个适宜的始花期和适宜花序长度的品种,使产量、效益达到最大化,是进行新品种选育时值得关注的一个问题。

2.3 101 份扁豆种质聚类分析

为了研究扁豆种内亲缘关系,采用 12 个主要数量性状形态指标以及遗传上较为稳定、不易受环境影响的质量指标计算材料间的欧氏距离,利用可变类平均法进行聚类分析(图 1)。总体看,品种间存在显著的遗传差异。在欧氏距离为 0.74 阈值时,101 份材料分为 5 组,前 3 组材料占总材料的 98.02%,基本是按照荚形分为 3 个类型,即:(1)青

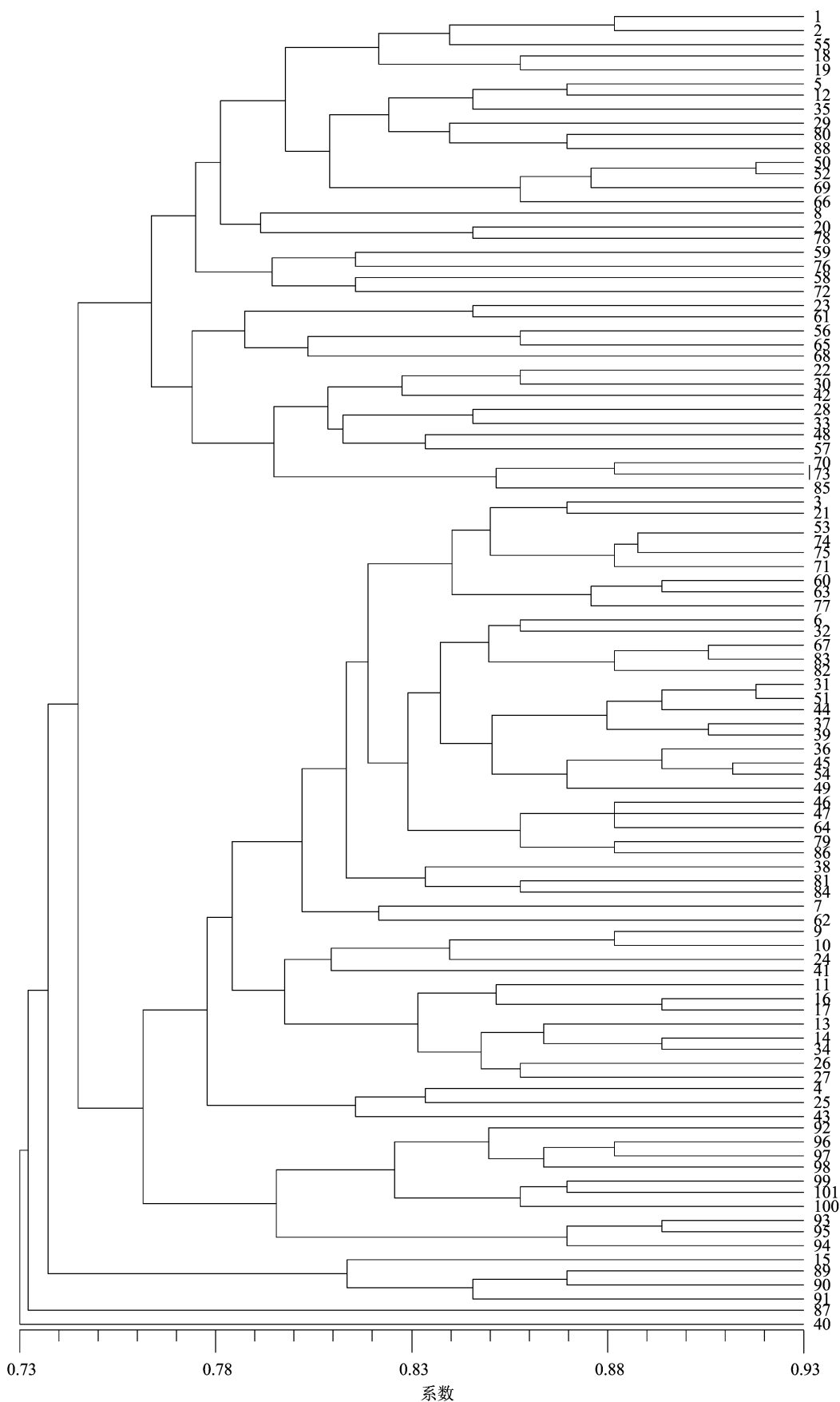


图1 101 份扁豆聚类分析

皮、白皮嫩荚、直刀皮条白花型;(2)紫花、紫红嫩荚、镰刀型;(3)青白红边嫩荚、紫花型。第 1 组材料 37 份(材料编号主要为 1、2、5、8、12、18、19、20 等),约占总材料的 36.63%,这部分材料大多为白皮扁豆,皮薄,籽粒大,糯性强,但纤维稍多,易老化,口感稍差;第 2 组材料 62 份(材料编号主要为 3、21、53、24、75、71 等),约占总材料的 61.38%,这部分材料大多花青素含量高,肉质厚,籽粒大,纤维含量少,口感优良;第 3 组材料 4 份(材料编号为 15、89、90、91),这部分材料早期为青白红边,生长中期见光部分逐步由沙红色到红色,老熟时红色又逐步消失,可能是第 1 组和第 2 组的中间过渡型;第 4 组是 87 号,名为句容红边扁豆,花色紫,无花序或超短花序,鲜豆荚长镰刀形,红色缝线,青白带沙红色嫩荚。但嫩荚比一般扁豆更长、更宽;第 5 组是 40 号启东刀扁豆,花色白,中长花序,鲜豆荚葱管形、青绿色缝线,青白色嫩荚,在扁豆的荚型中也是独树一帜。从图 1 中还可以看出,上海市的 5 个品种(编号为 92、93、94、95、96)荚形虽均为猪耳朵,嫩荚较厚,但均在第 2 组,可见形态与地理来源无严格的一致性关系。

3 讨论与结论

种群内遗传变异的大小及种群结构决定了一个物种的进化潜力和抵御不良环境的能力^[10]。表型性状是种质遗传多样性分析的最常用方式^[11]。本研究中,扁豆不同材料间存在显著的遗传变异,各性状间均有一定程度的相关性,且大部分达到极显著相关性。其中,与熟性相关的性状变异程度总体小于与产量相关的性状变异程度,说明产量性状的遗传潜力巨大,可以通过栽培措施来影响产量相关部分性状,尤其是荚厚、单株荚数等,从而提高产量,增加效益。姜永平等曾指出,在评价品种间遗传差异时,不能仅以地理来源为依据^[12],对扁豆主要农艺性状变异系数的分析表明,荚厚、单株产量、单株荚数等性状的变异系数较大,超过了 30%,而播种至始花天数、播种至盛花天数、播种至采收天数性状的变异系数较小,说明扁豆种质资源中,荚厚、花序长短、单株产量的变异较为丰富,虽然熟期有些单一,但可引进不同成熟期的种质资源以丰富变异类型,从而选育不同生育期的品种。

表 3 中,播种至始花天数与单株荚数、单株产量有显著或极显著的相关性;播种至盛花天数、播种

至采收天数与单株荚数、单株产量的关系则不显著;说明播种至始花天数的重要性。生产上,我们常用播种至采收天数确定品种的熟性,本研究认为,应以播种至始花天数作为其主要的依据更为恰当。在进行扁豆新品种选育时,我们本能地以长花序品种作为优良亲本的首选,研究表明,要结合荚厚、单株荚数综合考虑,使产量效益达到最大值时的花序长度才是最合适的。

在驯化物种演化过程中,地理因素发挥了重要的作用^[13],用形态性状进行聚类分析,能粗略地反映出材料之间的亲缘关系。本研究所用 101 份材料,几乎涵盖了目前长三角地区绝大部分扁豆品种,通过聚类分析图 1,可将其分为 5 类,第 1 类、第 2 类数量较多,87 号句容红边扁豆、40 号启东刀扁豆则各自成为一类,说明他们与其他品种性状间存在显著差异;上海市的 5 个品种(编号为 92、93、94、95、96)均在第 2 类,表明本研究中收集的扁豆资源不存在地域特异差异,各资源分类并不与地域相关。这与国内外同行研究的结果^[14-16]相同。

由于目前扁豆尚未进行全基因组测序,可用的标记太少,本试验只进行了表型分析,至于通过分子标记来检测和分析遗传多样性结果如何,有待进一步考证。

参考文献:

- [1]何庆元,王吴斌,杨红燕,等. 利用 SCoT 标记分析不同秋眠型苜蓿的遗传多样性[J]. 草业学报,2012,21(2):133-140.
- [2]Smith J S C,Smith O S. The description and assessment of distances between inbred lines of maize: the utility of morphological, biochemical and genetic descriptors and a scheme for the testing of distinctiveness between inbred lines[J]. Maydica,1989,34:151-161.
- [3]周波,江海东,张秀新,等. 部分引进牡丹品种的形态多样性[J]. 生物多样性,2011,19(5):543-550.
- [4]Ortiz R. Morphological variation in *Musa* germplasm[J]. Genetic Resources and Crop Evolution,1997,44(5):393-404.
- [5]Swennen R,Vuytsteke D,Ortiz R. Phenotypic diversity and patterns of variation in west and central African Plantains(*Musa* spp., AAB Group Musaceae)[J]. Economic Botany,1995,49:320-327.
- [6]Harrison R E,Luby J J,Furnier G R,et al. Differences in the apportionment of molecular and morphological variation in North American strawberry and the consequences for genetic resource management[J]. Genetic Resources and Crop Evolution,2000,47(6):647-657.
- [7]Muthy H N,Manohar S H. Estimation of phenotypic divergence in a collection of *Cucumis melo*, including shelf-life of fruit[J]. Scientia Horticulturae,2012,148:74-82.

葛 洁,樊继德,杨青青,等. 蒜黄种质资源农艺性状的综合评价及聚类分析[J]. 江苏农业科学,2021,49(19):29-34.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.19.005

蒜黄种质资源农艺性状的综合评价及聚类分析

葛 洁,樊继德,杨青青,陆信娟,刘灿玉,赵永强,史新敏,李 勇,张碧薇,杨 峰

(江苏徐淮地区徐州农业科学研究所,江苏徐州 221121)

摘要:通过对 15 个蒜黄种质资源的 12 个数量性状进行主成分分析和聚类分析,旨在建立蒜黄品种的综合评价标准。结果表明,不同蒜黄材料间性状变异程度较大,变异系数为 7%~29%;性状间存在不同程度的相关性,其中产量与株高、叶长显著相关,与地上部假茎长极显著相关,生长指标与产量间信息重叠。主成分分析法将蒜黄的 12 个数量性状综合为 4 个指标,即蒜黄生长因子、产量因子、口感因子和风味因子,集中了原始性状 79% 以上的信息。依据主成分贡献率大小进行综合评判,选择植株高大、叶片肥大、产量高、纤维素含量高、大蒜素含量高的蒜黄作为优质材料。通过聚类分析将供试材料分为 3 个类群,对照主成分分析综合评价得分情况可知,类群 I 的综合性状表现相对较好,类群 II 的表现中等,类群 III 的表现则较差。

关键词:蒜黄;相关性分析;主成分分析;聚类分析;综合评价;农艺性状

中图分类号: S633.402.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)19-0029-06

蒜黄是将大蒜鳞茎在黑暗条件下进行软化栽培形成的产品,其叶呈蜡黄色,基部嫩白,食用部位为其柔嫩的黄色蒜叶及叶鞘^[1]。蒜黄具有蒜的香辣味道,但辣味不浓,鲜嫩营养,有抑菌、杀菌作用,是人们普遍种植和喜食的蔬菜^[2-4]。随着人们生活水平的不断提高,市场上蒜黄需求量日益增大,对其品质及安全性提出了更高要求^[5]。蒜黄种质资源

源的筛选是提高其产量和改善其品质的有效方法。

种质资源评价有利于资源的高效利用和遗传信息的挖掘,表型多样性是遗传多样性的直观表达^[6-7]。种质资源的鉴定需要综合性状指标进行,目前主成分分析和聚类分析方法被广泛应用于作物资源评价和分类中^[8]。李菊等结合海拔高度对 81 份大蒜种质资源进行鉴定与评价,为四川地区大蒜育种及栽培奠定了理论依据^[9];刘国伟等对我国各地的 57 个大蒜种质资源性状进行调查,通过主成分分析筛选出优良的品种资源,并通过聚类分析揭示了不同地区大蒜的亲缘关系^[10];王海平等将 29 个大蒜种质资源的性状归为 8 个主成分,并找出影响产量的主要因子为鳞茎质量、鳞茎直径、鳞茎高和鳞芽数^[11];陈书霞等通过性状主成分表现,在 40

收稿日期:2021-02-11

基金项目:国家特色蔬菜产业技术体系(编号:CARS-24-A-07);江苏现代农业产业技术体系建设专项资金(编号:JATS[2020]043)。

作者简介:葛 洁(1994—),女,河北唐山人,硕士,研究实习员,主要从事蔬菜栽培生理与分子育种研究。E-mail:gxznky@163.com。

通信作者:杨 峰,博士,研究员,主要从事大蒜育种与配套高效栽培技术等研究工作。E-mail:xz-yangfeng@163.com。

[8]刘新龙,马 丽,蔡 青,等. 云南甘蔗品种表型性状的遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2010,11(6):703-708.

[9]梁小玉,张新全,白史且,等. 菊苣主要表型性状的多元统计分析[J]. 草业学报,2013,22(6):257-267.

[10]Grant P R, Grant B R. Hybridization of bird species[J]. Science, 1992, 256(554):193-197.

[11]Fufa H, Baenziger P S, Beecher B S, et al. Comparison of phenotypic and molecular marker-based classifications of hard red winter wheat cultivars[J]. Euphytica, 2005, 145(1):133-146.

[12]姜永平,吴春芳,陈 惠. 12 个鲜食大豆数量性状的主成分和遗传距离分析[J]. 中国农学通报,2007,23(8):193-197.

[13]Jaradat A A, Shahid M. Patterns of phenotypic variation in a germplasm collection of *Carthamus tinctorius* L. from the Middle

East[J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2006, 53(2):225-244.

[14]Maass B L, Jamnadass R H, Hanson J, et al. Determining sources of diversity in cultivated and wild lablab purpureus related to provenance of germplasm by using amplified fragment length polymorphism[J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2005, 52(6):683-695.

[15]Esther N K, Francis N W, Miriam G K. Molecular diversity of Kenyan lablab bean [*Lablab purpureus* (L.) Sweet] accessions using amplified fragment length polymorphism markers[J]. American Journal of Plant Sciences, 2012, 3:313-321.

[16]姚陆铭,武天龙. 利用 SSR 标记及表型多样性对扁豆遗传多样性的研究[J]. 上海农业学报, 2016, 32(5):1-7.