

小豆品种形态特征研究及综合评价

周桂梅¹, 刘振兴¹, 陈健¹, 王振秋²

(¹唐山市农业科学研究院, 河北唐山 063001; ²唐山市农业畜牧水产局, 河北唐山 063000)

摘要:对 30 个小豆品种的 11 个形态性状进行了因子分析及聚类分析。结果表明, 11 个形态性状的变异系数在 5.66% ~ 26.38% 之间, 最大的为主茎分枝, 最小的为荚长; 将 11 个形态性状简化成生育期因子、单株荚数因子和粒重因子 3 个相互独立的主因子, 这 3 个主因子提供了原始性状 81.574% 的信息; 经综合评价优劣排序, 来源于唐山本地的 2 个品种排在前 2 位, 来自东北的材料位居最后; 经聚类分析, 30 个小豆品种划分为 4 大类群, 类群的划分与材料的地理来源有着密切的联系。因此在育种过程中, 应把主茎分枝、单株荚数和生育后期作为首要目标性状进行选择, 同时兼顾百粒重、株高等性状, 选育出综合性状优良的新种质。

关键词:小豆; 形态性状; 因子分析; 综合评价; 聚类分析

Factor Analysis and Comprehensive Assessment for Agronomic Traits of Adzuki Bean

ZHOU Gui-mei¹, LIU Zhen-xing¹, CHEN Jian¹, WANG Zhen-qi²

(¹Tangshan Academy of Agricultural Sciences, Tangshan Hebei 063001; ²Agriculture and Pasture Bureau of Academy of District of Tangshan, Tangshan Hebei 063000)

Abstract: 11 agronomic traits of 30 adzuki bean varieties were evaluated in the present study to provide helpful information for production or breeding. The results showed that abundant of variations among varieties and agronomic traits. The highest coefficient of variation was observed in number of branches per stem (26.38%), and the lowest was pod length (5.66%). Further study divided these traits into 3 main factors, namely growth period, pods per plant, and seed weight. The 3 factors represented 81.574% information of total traits. Cluster analysis divided the 30 adzuki bean varieties into 4 populations, which were agreeable to their geographic origins. It should take the plant branch, pod per plant and days after flowering as key trait during adzuki bean breeding, and then only by taking 100-seed weight, plant height, could we successfully select new cultivar with fine characters.

Key words: adzuki bean; agronomic traits; factor analysis; comprehensive assessment; cluster analysis

小豆是我国主要的食用豆类作物之一, 在出口贸易中占有重要的地位^[1]。但是生产上品种混杂, 优良品种推广较少, 限制了小豆产量和品质的提高。因此选育高产、稳产、优良新品种是育种工作的当务之急。

小豆形态性状的研究是种质资源合理利用和种质创新的基础, 不少学者对小豆形态性状进

行了遗传分析^[2-4]、相关分析^[6-7]、主成分分析^[8]和综合评价^[9-11], 为资源的合理利用提供了理论基础。而利用因子分析评价小豆形态性状的报道较少。因子分析不仅能将多个性状间错综复杂的网络关系降为综合相关性很小的主因子, 提高育种工作中目标性状选择的效率, 而且为种质资源的农艺性状综合评价提供较为准确的数理

收稿日期: 2013-12-10 修回日期: 2014-01-26 网络出版日期: 2014-08-07

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20140807.1422.032.html>

基金项目: 国家食用豆产业技术体系建设(CARS-09)

第一作者主要从事食用豆类资源研究与育种工作。E-mail: guimei-zhou999@sina.com

通信作者: 刘振兴, 主要从事食用豆类资源研究与育种工作。E-mail: luzhxing@sohu.com

学依据。简单地说,是将一些具有错综复杂关系的变量依据其相关性综合为少数几个主因子,用于样品的评价与分类,在许多领域都有成功应用^[12]。小豆是典型的短日照作物,光温反应敏感,具有一定的地域适应性。因此,本研究对地理来源不同的 30 个小豆品种的形态特征进行了因子分析,以揭示各形态性状间的相关性,分析了影响小豆品种形态特征的主要评价指标并对

小豆品种进行综合评价,为品种的利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

参试材料为近年来国内各育种单位育成的小豆新品种(系)和个别优异的地方品种,共 30 份,品种名称及选育单位见表 1。

表 1 供试小豆品种及选育单位

Table 1 Breeding group and name of the tested varieties

编号 Code	品种 Cultivar	选育单位 Breeding group	编号 Code	品种 Cultivar	选育单位 Breeding group
XD-01	京农 6 号	北京农学院	XD-16	白红 3 号	白城市农业科学院
XD-02	京农 8 号	北京农学院	XD-17	白红 5 号	白城市农业科学院
XD-03	京农 131	北京农学院	XD-18	龙小豆 3 号	黑龙江省农业科学院
XD-04	京 F109	北京农学院	XD-19	冀红 9218	河北省农林科学院
XD-05	京 F122	北京农学院	XD-20	冀红 352	河北省农林科学院
XD-06	保 876-16	保定市农业科学研究所	XD-21	冀红 9612 反-4211-3	河北省农林科学院
XD-07	保红 947	保定市农业科学研究所	XD-22	冀红 0001-7	河北省农林科学院
XD-08	保红 2001-12	保定市农业科学研究所	XD-23	品红 2000-33	中国农业科学院
XD-09	保红 2001-15	保定市农业科学研究所	XD-24	品红 2000-19	中国农业科学院
XD-10	泥河湾小豆	张家口市农业科学院	XD-25	品红 2000-107	中国农业科学院
XD-11	唐山红小豆	唐山市农业科学研究院	XD-26	品红 2000-47	中国农业科学院
XD-12	TH37	唐山市农业科学研究院	XD-27	中红 7 号	中国农业科学院
XD-13	小丰 2 号	齐齐哈尔市农业科学院	XD-28	苏红 2 号	江苏省农业科学院
XD-14	吉红 7 号	吉林省农业科学院	XD-29	苏红 11-1	江苏省农业科学院
XD-15	吉红 10 号	吉林省农业科学院	XD-30	苏红 11-2	江苏省农业科学院

1.2 试验设计

试验于 2012 - 2013 年在唐山市农业科学研究院试验场进行,数据分析采用 2 年试验结果的平均值。试验设 30 个处理,即 30 个小豆品种,3 次重复,随机区组设计,4 行区,行长 5 m,行距 0.5 m,株距 16.7 cm。田间调查和室内考种方法参照程须珍等^[13]《小豆种质资源描述规范和数据标准》。调查 11 个主要性状指标:全生育期、生育前期、生育后期、株高、主茎分枝、主茎节数、单株荚数、荚长、单荚粒数、百粒重、单株粒重等,分别用 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 、 x_6 、 x_7 、 x_8 、 x_9 、 x_{10} 和 x_{11} 表示。

1.3 数据统计分析

对所得数据用 SPSS 17.0 进行统计分析,参照林海明等^[14]《主成分分析与因子分析的异同和 SPSS 软件》对小豆资源形态性状进行因子分析和综合评价。

2 结果与分析

2.1 小豆品种形态性状特征差异

根据 30 个小豆材料 11 个形态性状的原始数据,计算各性状的平均值、最小值、最大值、标准差及变异系数(表 2)。由表 2 可以看出,主茎分枝的变异系数最高,达 26.38%;其次为单株粒重,变异系数为 23.43%。单株荚数、百粒重、株高和生育后期的变异系数分列第 3、4、5、6 位,依次为 22.61%、18.92%、18.31% 和 16.45%;荚长的变异系数最小,仅为 5.66%,其次为全生育期,变异系数为 5.78%。可见小豆形态性状的差异主要是由主茎分枝、单株粒重、单株荚数、百粒重、株高、生育后期等因素引起的,对这些性状的选择是有效的。而荚长、全生育期、主茎节数、生育前期变异较小,选择的几率也较小。

表 2 小豆品种形态性状的变异情况

Table 2 Main characters variance of varieties

性状 Character	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	x ₁₁
平均值 Average	90.90	48.20	42.40	50.40	3.60	16.00	35.40	7.00	6.10	14.70	25.20
最小值 Minimum	76.00	36.00	28.00	39.00	2.10	13.70	25.70	6.10	5.20	9.40	14.70
最大值 Maximum	100.00	53.00	64.00	79.70	6.10	18.90	62.10	8.00	8.00	18.70	38.00
标准差 Standard error	5.2519	4.3824	6.9689	9.2387	0.9559	1.4125	7.9974	0.3939	0.6321	2.7836	5.9004
变异系数(%) Variation coefficient	5.78	9.10	16.45	18.31	26.38	8.84	22.61	5.66	10.31	18.92	23.43

2.2 形态性状的因子分析

利用 SPSS 17.0 软件对小豆形态性状做因子分析,以综合评价 30 份小豆品种。SPSS 分析是通过“分析-降维-因子分析”过程来实现的,因子分析需要对主因子进行旋转,而旋转后的因子变量更具有可解释性。根据因子分析原理,提取主

因子要遵循特征值大于 1、累计贡献率大于 80% 这 2 个条件。由分析软件计算各主因子的特征值及累积贡献率,将特征值大于 1、累积贡献率大于 80% 的主因子列于表 3。表 3 中 3 个主因子的累积贡献率达到 81.574%, 可以作为评价小豆形态性状的综合指标。

表 3 主因子的特征根、贡献率及累积贡献率

Table 3 Characteristic root, contribution rate, and cumulative contribution rate of principal factors

主因子 Principal component	提取平方载荷总和 Extraction sums of loadings			旋转平方载荷总和 Rotation sums of loadings		
	特征根	贡献率(%)	累积贡献率(%)	特征根	贡献率(%)	累积贡献率(%)
	Eigenvalue	Contribution rate	Cumulative contribution rate	Eigenvalue	Contribution rate	Cumulative contribution rate
F ₁	5.473	49.750	49.750	4.821	43.830	43.830
F ₂	1.948	17.707	67.458	2.496	22.692	66.522
F ₃	1.553	14.116	81.574	1.656	15.052	81.574

对主因子进行方差最大正交旋转,得到旋转后因子的载荷造成矩阵(表 4)。从表 4 可知,第 1 主因子主要是由生育后期、全生育期 2 个因子决定的,其因子载荷分别为 0.910、0.871,可称之为生育期因子,第 2 主因子中,单株荚数、单荚粒数因子载荷最大,分别为 0.738、0.576,可称之为结荚数因子,因子载荷较高且符号为负的形态性状是百粒重(-0.812),表明所选株系单荚粒数越多,会相应地降低百粒重,所以在小豆高产优良材料的选择中,应选单荚粒数适当的株系。第 3 主因子主要受百粒重和单株粒重因子制约,可以称之为粒重因子,其因子载荷为 0.472、0.417。其他主因子的贡献率都很小。

综上所述,从主因子这一角度进行分析,对小豆品种形态贡献由大到小的顺序依次为生育期因子 > 结荚数因子 > 粒重因子。这 3 个主因子既相互促进,又相互制约。因此在小豆的育种工作中,应依据主因子的排序,协调好其间的关系。

结合因子分析和各性状的变异系数,可将小豆

形态性状评价因子简化为生育后期、主茎分枝、单株荚数、单荚粒数、单株粒重和百粒重 6 个因子,这 6 个因子基本反映了小豆的形态要求。

表 4 旋转后的因子载荷矩阵

Table 4 Rotated component matrix

	F ₁	F ₂	F ₃
x ₁	0.871	-0.245	-0.075
x ₂	-0.319	-0.783	-0.257
x ₃	0.910	0.356	0.162
x ₄	0.814	0.307	0.278
x ₅	0.741	0.226	0.097
x ₆	0.792	0.106	-0.475
x ₇	0.771	0.738	-0.057
x ₈	0.073	0.115	0.108
x ₉	0.186	0.576	0.146
x ₁₀	0.198	-0.812	0.472
x ₁₁	0.787	0.030	0.417

2.3 形态性状的主因子得分和综合评价

计算各品种的主因子得分,根据前3个主因子的贡献率和因子得分 F_1 ,建立小豆品种综合评价数学模型: $F = (43.830 \times F_1 + 22.692 \times F_2 + 15.052 \times F_3) / 81.574$,利用该数学模型计算小豆品种各性状的综合得分,根据此结果对30个小豆品种进行优良排序,结果列于表5。从表5可以看出,由唐山市农业科学研究院选育的XD-12(TH37)、XD-11(唐山红小豆)性状综合得分排在第1、2名,这2个品种生育期在100 d左右,其中生育后期占近2/3,分枝多,单株荚数在58个以上,单株粒重在37 g左右,具有良好的产量性状,

增产潜力大;第3~12名的品种依次为XD-07(保红947)、XD-28(苏红2号)、XD-08(保2001-12)、XD-10(泥河湾小豆)、XD-06(保876-16)、XD-22(冀红0001-7)、XD-19(冀红9218)、XD-04(京F109)、XD-05(京F122)和XD-25(品红2000-107),这些材料综合性状较好,生育期适中,适合在唐山地区种植;而来源于东北6个材料中的5个位居第26~30名,这些材料表现为生育期偏短,其中生育后期较短,植株较矮,主茎分枝少、单株粒重较小,说明东北的材料基本不适应在唐山地区种植;其他品种综合表现一般,综合排名在第13~25位。

表5 小豆品种的各主因子得分、综合得分及优良排序

Table 5 Scores of principal components, general scores, and fine rank of each cultivar

编号 Code	品种 Cultivar	F_1	F_2	F_3	综合得分 General score	优良排序 Fine rank
XD-01	京农6号	-0.489	-0.345	0.667	-0.236	22
XD-02	京农8号	-0.687	0.139	-1.477	-0.603	26
XD-03	京农131	-0.073	-0.947	1.413	-0.042	15
XD-04	京F109	-0.119	-0.419	1.278	0.055	10
XD-05	京F122	-0.289	-0.430	1.637	0.027	11
XD-06	保876-16	0.605	-0.623	-0.285	0.099	7
XD-07	保红947	0.591	-0.080	1.184	0.514	3
XD-08	保红2001-12	0.189	0.454	0.419	0.305	5
XD-09	保红2001-15	0.322	-0.995	-1.164	-0.318	23
XD-10	泥河湾小豆	0.169	-0.943	1.995	0.197	6
XD-11	唐山红小豆	2.470	2.225	0.098	1.964	2
XD-12	TH37	2.182	2.486	0.808	2.013	1
XD-13	小丰2号	-0.920	1.599	0.076	-0.035	14
XD-14	吉红7号	-0.998	-0.137	-1.147	-0.786	29
XD-15	吉红10号	-0.776	-0.818	0.718	-0.512	25
XD-16	白红3号	-2.264	2.051	-0.029	-0.651	28
XD-17	白红5号	-1.831	1.295	-0.071	-0.637	27
XD-18	龙小豆3号	-1.568	0.160	-0.055	-0.808	30
XD-19	冀红9218	-0.047	0.555	-0.317	0.071	9
XD-20	冀红352	0.162	-0.122	-1.015	-0.134	19
XD-21	冀红9612反-4211-3	0.200	-0.637	-0.279	-0.121	18
XD-22	冀红0001-7	1.250	-1.513	-0.974	0.071	8
XD-23	品红2000-33	0.149	-0.245	-1.239	-0.217	21
XD-24	品红2000-19	0.454	-0.348	-1.282	-0.089	17
XD-25	品红2000-107	0.162	0.012	-0.376	0.021	12
XD-26	品红2000-47	0.539	-0.264	-1.206	-0.006	13
XD-27	中红7号	-0.321	-0.343	0.636	-0.151	20
XD-28	苏红2号	0.879	-0.158	-0.140	0.402	4
XD-29	苏红11-1	-0.014	-1.064	1.330	-0.058	16
XD-30	苏红11-2	0.072	-0.545	-1.201	-0.334	24

2.4 小豆种质资源形态性状的聚类分析

30 个小豆品种间形态变异的欧式平均遗传距离的变异范围在 0.8676 ~ 8.4261 之间,根据欧式距离系数,采用 UPGMA (unweighted pair-group method with arithmetic means) 方法进行系统聚类(图 1)。以遗传距离 4.2099 为分界线,可将 30 份小豆材料分为 4 大类群,各类群的形态性状统计结果见表 6。

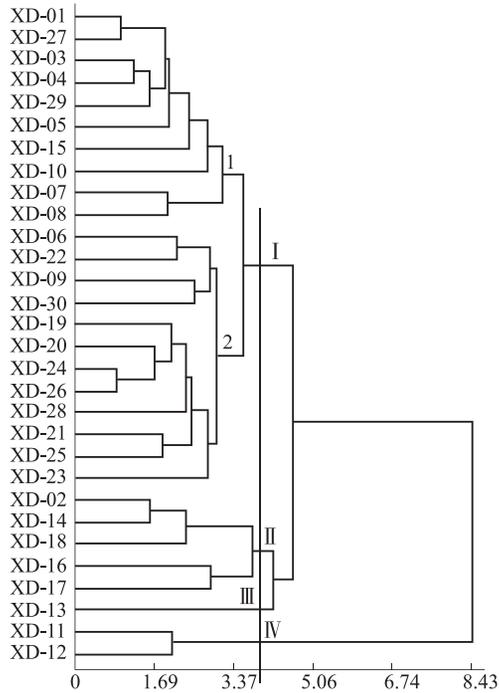


图 1 基于形态性状的小豆品种资源聚类图
Fig. 1 Dendrogram of cluster analysis based on morphological traits

表 6 4 个组群主要性状的统计结果

Table 6 The main characters of four groups classified by morphological data

类群 Group	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	x ₁₁
I	92.2	49.4	42.3	50.4	3.6	16.1	34.1	7.0	6.0	16.1	26.1
I-1	90.2	47.9	42.3	51.4	3.3	15.1	31.9	7.3	6.0	17.3	27.5
I-2	93.5	50.5	42.3	49.7	3.8	16.8	35.7	6.7	6.0	15.2	25.2
II	83.4	48.8	34.6	40.7	2.5	14.7	30.0	6.7	6.2	11.3	17.5
III	82.0	42.0	40.0	43.7	5.0	14.9	39.8	7.2	5.8	9.6	18.6
IV	99.5	36.0	63.5	78.4	5.7	18.6	60.3	7.3	7.5	11.0	37.2

第IV类群:共 2 份材料(XD-11 和 XD-12),来源于唐山市农业科学研究所的 2 个本地材料,表现为植株高大,生育期偏长,生育后期较长,主茎分枝最多,单株荚数高达 60.3 个,单株粒重最大(37.2 g),具有良好的产量性状和较好的利用价值。

第 I 类群:该类群又分 2 个亚类,第 1 亚类有 10 份材料(XD-01、XD-03、XD-04、XD-05、XD-07、XD-08、XD-10、XD-15、XD-27、XD-29),包括来源于北京农学院的 4 份、保定市农业科学研究所的 2 份、中国农业科学院 1 份、张家口市农业科学院 1 份、江苏省农业科学院 1 份、吉林省农业科学院 1 份。这些材料表现为生育期短,生育前期略长于生育后期,植株较高,分枝中等,百粒重最大,单株粒重较大。第 2 亚类有 12 份材料(XD-06、XD-09、XD-19、XD-20、XD-21、XD-22、XD-23、XD-24、XD-25、XD-26、XD-28、XD-30),包括来源于河北省农林科学院的 4 份、中国农业科学院的 4 份、保定市农业科学研究所的 2 份、江苏省农业科学院的 2 份。这些材料表现为生育期较长,其中生育前期最长,单株荚数较多,百粒重和单株粒重较大。

第 II 类群:有 5 份材料(XD-02、XD-14、XD-16、XD-17、XD-18),以东北的材料为主,包括来源于吉林省农业科学院的 1 份、白城市农业科学院的 2 份、黑龙江省农业科学院的 1 份、北京农学院的 1 份。这些材料表现为生育后期最短、植株最矮、主茎分枝较少和单株荚数较少、单株粒重最小。

第 III 类群:包括 1 份材料(XD-13),来自齐齐哈尔市农业科学院的小丰 2 号,表现为生育期最短,生育前期和生育后期基本持平,株高中等,分枝较多,百粒重最小(9.6 g),单株粒重也较小(平均为 18.6 g)。

3 结论与讨论

3.1 小豆品种的形态特征

本研究对 30 份小豆品种 11 个形态性状的变异系数及相关性进行分析表明,11 个形态性状的变异

系数在 5.66% ~ 26.38% 之间,性状间存在丰富的多样性;主茎分枝、单株粒重、单株荚数、百粒重、株高、生育后期的变异系数较大。在育种过程中,应把主茎分枝、单株荚数和生育后期作为第一目标性状进行选择,同时兼顾百粒重、株高等性状,这与申慧芳等^[8]研究的结果基本一致。

3.2 形态性状的因子分析与综合评价

因子分析是一种多元统计分析方法,可把大量的相关性状综合为少数几个因子性状群,并再现原性状与因子群之间的相关关系,以便育种者在选育过程中利用少数几个因子进行选择 and 改良,以提高选择效率和鉴定的准确性^[18]。本研究借助因子分析法将 30 个小豆品种的 11 个形态性状简化成生育期、单株荚数和粒重 3 个相互独立的主因子,这 3 个主因子提供了原始性状 81.574% 的信息。在评价的 11 个形态性状指标中,生育后期、主茎分枝、单株荚数、单荚粒数、单株粒重和百粒重 6 个指标起决定作用。主因子分析和综合评判表明,唐山本地的 2 个品种综合表现最好,综合排序排在前 2 名;东北的材料排在最后,不适合在唐山地区种植;其他材料排在中间。但是,TH37 和唐山红小豆综合排序虽在最前,但株型高大、生育期偏长,这些性状已不应当代育种目标,不适合大面积生产利用,但因具有良好的产量性状,可作为优异资源加以利用^[19]。保红系列、冀红系列、中红系列的小豆品种在唐山地区有一定的优势,综合性状较好,优良排序也靠前,可作为唐山红小豆的改良亲本,也可在生产中直接推广应用。小豆属短日照作物,光温敏感,性状表现受外界环境影响较大。所以,对小豆的综合评价呈一定的地域性,评价结果也是相对的。

3.3 小豆品种材料的形态多样性聚类分析

通过对 30 份小豆品种材料进行聚类分析,将其划分为 4 大类,地理来源相同或相近的材料大部分聚集在一起,表明类群的划分与材料的地理来源有着密切的联系,这与前人的研究相同^[20-23];在 30 份小豆材料中,超过 2/3 的材料聚集在第 I 大类,说明这些材料存在一定的血缘关系,亲缘关系较近,反映

出我国小豆遗传基础相对狭窄。以后应注重地方种质资源的开发利用,结合其他育种手段创造新种质,拓宽小豆的遗传基因。

参考文献

- [1] 程须珍,王述民. 中国食用豆类品种志[M]. 北京:中国农业出版社,2009
- [2] 田静,范保杰. 河北省小豆品种资源主要农艺性状的遗传变异分析[J]. 河北农业大学学报,2002,25(2):17-20
- [3] 刘振兴,龚振平,范艳. 唐山红小豆地方品种资源数量性状的遗传变异分析[J]. 中国农学通报,2009,25(12):257-259
- [4] 刘长友,田静,范保杰,等. 河北省小豆种质资源遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2009,10(1):73-76
- [5] 余跃辉,荣廷昭,粟生群,等. 四种小豆地方品种资源的平均表现及相关分析[J]. 四川农业大学学报,2006,24(3):276-280
- [6] 申慧芳,李国柱. 红小豆主要农艺性状的灰色关联及相关性分析[J]. 山西农业大学学报,2012,32(1):1-4
- [7] 韩粉霞,李桂英,李新美. 小豆主要农艺性状的相关分析[J]. 中国农学通报,1997,13(6):53-54
- [8] 申慧芳,李国柱. 红小豆主要数量性状的主成分与聚类分析[J]. 山西农业科学,2012,40(4):310-313
- [9] 刘振兴,周桂梅,陈健,等. 红小豆新品种的适应性鉴定与评价[J]. 河北农业大学学报,2013,36(5):19-23
- [10] 刘振兴,龚振平. 唐山红小豆种质资源主要数量性状的鉴定与评价[J]. 杂粮作物,2009,29(3):186-188
- [11] 刘振兴,周桂梅,程须珍,等. 多目标决策在小豆种质资源评价中的应用[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(1):54-58
- [12] 樊保国,李登科. 制干枣品种品质性状的因子分析与综合评价[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(5):716-720
- [13] 程须珍,王素华,王丽侠. 小豆种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006
- [14] 林海明,张文霖. 主成分分析与因子分析的异同和 SPSS 软件[J]. 统计研究,2005(3):65-69
- [15] 荣廷昭,潘光堂,黄玉碧. 数量遗传学[M]. 北京:中国科学技术出版社,2003:250-266
- [16] 薛香,郜庆炉,杨忠强. 小麦品质性状的主成分分析[J]. 中国农学通报,2011,27(7):38-41
- [17] 李瑞国,高冬丽,柴岩,等. 苦荞资源农艺性状因子聚类分析[J]. 干旱地区农业研究,2007,25(6):80-84
- [18] 朱峰,王长发,苗芳,等. 冬小麦品种(系)叶绿素荧光参数的因子分析[J]. 麦类作物学报,2010,30(2):290-295
- [19] 刘振兴,程须珍,王丽侠,等. 天津和唐山红小豆地方品种遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(5):679-685
- [20] 宫慧慧,谢华,马荣才,等. 利用 SSR 分析小豆种质遗传多样性[J]. 农业生物技术学报,2008,16(5):872-880
- [21] 叶剑,赵波,佟星. 栽培小豆种质资源遗传多样性 SSR 标记分析[J]. 北京农学院学报,2008,23(1):8-13
- [22] 徐宇. 中国小豆核心种质构建及其遗传多样性研究[D]. 北京:中国农业科学院,2008
- [23] 王丽侠,程须珍,王素华. 应用 SSR 标记对小豆种质资源的遗传多样性分析[J]. 作物学报,2009,35(10):1858-1865