

DOI: 10.19462/j.cnki.zgzy.20231014001

基于变异系数和主成分分析花生 主要品质性状的遗传多样性评价

苗建利¹ 邓丽¹ 殷君华¹ 郭敏杰¹ 李艳² 任丽¹(¹开封市农林科学研究院,河南开封 475004; ²焦作大学,河南焦作 454003)

摘要:为了解花生籽仁品质多样性,对19个河南省夏直播花生品种的籽仁脂肪含量、蛋白质含量、油酸含量及亚油酸含量等主要品质性状,进行变异分析、相关分析、聚类分析、主成分分析以及综合评价。结果表明,花生籽仁主要品质指标差异较大,油酸含量和亚油酸含量变异系数均超过平均变异系数,脂肪含量变异系数最小。主成分分析结果表明,前2个主成分的累积贡献率达到了95.06%,第1主成分主要决定因子是高油酸、低亚油酸因子,第2主成分主要决定因子是高脂肪、低蛋白因子。19个花生品种可聚为两类,类群I包含开农71和农花11,类群II包含豫花47号、豫花9327、郑花013等17个品种。综合评价得知,排名前5位的品种是农花11、开农71、郑花013、豫花9327和豫花47号,其中农花11、开农71属于高油高油酸双高花生品种,花生亲本组合选配时,可以考虑选择这2个品种作为目标亲本加以利用。

关键词:花生;品质性状;变异系数;主成分分析;聚类分析;遗传多样性

Genetic Diversity Evaluation of Major Peanut Quality Characters Based on Coefficient of Variation and Principal Component Analysis

MIAO Jianli¹, DENG Li¹, YIN Junhua¹, GUO Minjie¹, LI Yan², REN Li¹(¹Kaifeng Academy of Agriculture and Forestry, Kaifeng 475004, Henan ; ²Jiaozuo University, Jiaozuo 454003, Henan)

花生(*Arachis hypogaea* L.)为我国重要的油料作物和经济作物。2011–2020年的近10年间,我国花生种植面积由435.8万hm²增加到475.4万hm²,总产量由1530万t上升到1799万t,面积和总产总体呈上升态势。2021年我国花生播种面积已达482.9万hm²,花生总产1830.8万t,其产能占油料总产的50.7%^[1]。新出台的第20个指导“三农”工作的中央一号文件重点提出了“多油并举扩大油料面积。在黄淮海和北方农牧交错带发展玉米花生轮作,因地制宜发展油葵、芝麻等特色油料生产”^[2]的建议。花生作为我国食用植物油的主要来源,其

稳步扩种将为我国“油瓶子”的基本安全提供保障。因此,对育种家来说,高产育种仍是永恒不变的主题,但随着生活水平的提高,人们对品质的关注也日益加深,品质性状的改良离不开亲本的合理选配,选择遗传差异较大的亲本进行杂交,可以产生广泛变异,更易筛选出性状超亲、适应性强的后代材料。

为更好地了解花生品质性状,姜慧芳等^[3]对6390份我国栽培种花生资源品质性状进行检测分析,研究表明,其含油量和油酸含量差异大,遗传改良潜力高。单世华等^[4]评价了我国5700余份花生品种资源,发现脂肪含量和蛋白质含量的变幅相当大,具有丰富的遗传多样性。房元瑾等^[5]研究发现我国285个花生种质资源具有丰富的外观性状。殷冬梅等^[6]对51个花生品种的主要品质性状进行综合评价,发现其品质性状存在较大差异。郭峰等^[7]利用

基金项目:财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系资助(CARS-13);河南省农业良种攻关项目(20220100001);河南省重大科技专项(221100110300);开封市重点研发专项(22ZDYF008)

通信作者:任丽

变异系数分析了 61 个花生品种品质性状的遗传特性,发现油亚比差异最大,含油量变化程度较小,蛋白质的变异系数要远大于含油量的变异系数。此外,夏友霖等^[8]、刘立峰等^[9]和吕建伟等^[10]也在花生种质资源品质性状的鉴定评价方面开展了大量工作。

变异系数(Coefficient of variation)是衡量各观测值变异程度的一个统计量^[11],用来分析性状的遗传变异程度^[12-14]。主成分分析法是将原始的多个变量通过线性组合提炼出几个主要的彼此独立的新变量的一种多元统计方法,在花生^[15]、棉花^[16]、小麦^[17]、水稻^[18]、紫苏^[19]、红麻^[20]、杧果^[21]、猕猴桃^[22]、番茄^[23]等农作物或果蔬中被广泛应用。本研究以 19 个花生品种为研究对象,对其主要品质性状进行变异分析和主成分分析,以期明确河南省夏直播花生的主要品质性状的多样性,为花生品质改良提供优异资源。

1 材料与方法

1.1 材料 本研究数据来源于 2013 年河南省夏直播花生区域试验汇总报告。参试品种是由河南省农业科学院经济作物研究所、开封市农林科学研究院、濮阳市农业科学院等单位选育出的花生新品种,花生品种及代码详见表 1。

表 1 花生品种及其代码

代码	品种名称	代码	品种名称
1	花 U105	11	豫航花 1 号
2	花 U204	12	豫花 36 号
3	俊达 66	13	豫花 46 号
4	开农 0508	14	豫花 47 号
5	开农 71	15	豫花 48 号
6	农花 11	16	远杂 12 号
7	濮花 28	17	郑花 013
8	濮花 35	18	驻花 8 号
9	渠花 202	19	豫花 9327
10	新花 4 号		

1.2 试验方法 试验采用随机区组排列,重复 3 次。小区长 6.67m,宽 2m,每小区 6 行,穴距 16.7cm,种植密度为 18 万穴/hm²,每穴 2 粒种子。品质分析由河南省农业科学院经济作物研究所从各参试地点取混合样送至农业农村部农产品质量监督检验测试中心(郑州)统一测试,测定花生籽仁脂肪含量(X_1)、蛋白质含量(X_2)、油酸含量(X_3)、亚油酸含量(X_4)和油酸含量/亚油酸含量比值(X_5)。

1.3 数据分析 采用 Excel 2010 进行数据统计和处理,利用 IBM SPSS Statistics 26 进行变异分析、相关性分析、主成分分析和聚类分析,聚类分析使用 ward(沃德联接法)进行系统聚类。采用 Shannon-Wiener's 遗传多样性指数(多样性指数 Shannon-wiener diversity index, H')进行遗传多样性评价,参照刘亚楠等^[24]的方法根据各表型性状的平均值和标准差来计算,计算公式 $H' = -\sum \{(Ni/N) \ln(Ni/N)\}$,式中 Ni 为某性状第 i 个代码出现的次数, N 为某性状所有代码出现的次数, Ni/N 表示某性状第 i 个代码出现的频率。为便于数量化和统计分析,对数量性状进行分级,多样性指数的划级方法如下:先计算参试材料总体平均数(X)和标准差(d),然后对数量性状划分为 10 级,即 1 级 $<X-2d$,10 级 $>X+2d$,中间每级间隔 $0.5d$ (d 为标准差),每一级的相对频率用于计算遗传多样性指数。

2 结果与分析

2.1 主要品质性状的变异分析 由表 2 可知,19 个花生品种的平均脂肪含量(X_1)为 57.28%、蛋白质含量(X_2)为 18.46%、油酸含量(X_3)为 44.77%、亚油酸含量(X_4)为 34.09%。5 个主要品质性状平均变异系数为 42.69%。各性状呈现不同程度的表型变异,脂肪含量(X_1)、蛋白质含量(X_2)的变异系数分别为 2.96%、8.68%,远远低于变异系数的平均值,方差波动较小,而多样性指数较高,分别为 1.8642

表 2 花生品种主要品质性状的变异分析

性状	变异范围(%)	方差	平均值(%)	标准差	变异系数(%)	多样性指数 H'
X_1	53.61~59.88	2.88	57.28	1.70	2.96	1.8642
X_2	15.63~21.42	2.57	18.46	1.60	8.68	1.8785
X_3	34.80~76.20	131.59	44.77	11.47	25.62	1.1943
X_4	6.60~42.40	99.63	34.09	9.98	29.28	1.2337
X_5	0.82~11.55	10.28	2.18	3.21	146.90	0.3365
平均值	22.29~42.29	49.39	31.36	5.59	42.69	1.3014

和 1.8785,表明其遗传特性相对稳定;油酸含量(X_3)和亚油酸含量(X_4)的变异系数分别为 25.62% 和 29.28%,方差波动较大,表明其遗传特性相对不稳定;油亚比值(X_5)的变异系数为 146.90%,远远高于变异系数的平均值,其多样性指数最低,为 0.3365,表明其遗传特性极不稳定。

2.2 主要品质性状间的相关分析 对 19 个花生品种的主要品质性状进行相关性分析(表 3),结果表

表 3 主要品质性状间的相关系数

性状	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
X_1	1				
X_2	-0.773**	1			
X_3	0.239	-0.137	1		
X_4	-0.269	0.156	-0.999**	1	
X_5	0.343	-0.206	0.975**	-0.977**	1

*表示 $P<0.05$,**表示 $P<0.01$,下同

明:脂肪含量(X_1)与蛋白质含量(X_2)呈极显著负相关($r=-0.773$);油酸含量(X_3)与亚油酸含量(X_4)呈极显著负相关($r=-0.999$);油亚比值(X_5)与油酸含量(X_3)呈极显著正相关($r=0.975$),与亚油酸含量(X_4)呈极显著负相关($r=-0.977$)。

2.3 品质性状的主成分分析和综合评价

2.3.1 主成分分析 主成分分析结果表明(表 4),花生品种 5 个主要品质性状共提取出 5 个主成分,每个主成分都有贡献,当特征值 >1.0 时,对 19 个花生品种的 5 个主要品质性状进行主成分提取,共提取到了 2 个主成分,第 1 主成分(F_1)和第 2 主成分(F_2)的特征值分别为 3.189 和 1.564,贡献率分别为 63.779% 和 31.285%,累计贡献率达 95.064%,说明前 2 个主成分能够有效地浓缩花生主要品质性状大部分信息。

表 4 主要品质性状的主成分因子的方差贡献率

主因子	提取载荷平方和			旋转平方载荷总和		
	特征值	贡献率(%)	累积贡献率(%)	特征值	贡献率(%)	累积贡献率(%)
F_1	3.189	63.779	63.779	2.958	59.168	59.168
F_2	1.564	31.285	95.064	1.795	35.896	95.064
F_3	0.221	4.415	99.479			
F_4	0.025	0.504	99.983			
F_5	0.001	0.017	100			

为清晰明确各主成分的载荷区分,将 2 个主成分经过正交方差最大旋转后(表 5),第 1 主成分 $F_1=0.180X_1-0.049X_2+0.994X_3-0.992X_4+0.976X_5$,其中,载荷较高且为正值的是油酸含量(X_3)和油亚比值(X_5),分别为 0.994 和 0.976,为负值且绝对值较大的是亚油酸含量(X_4),这几个性状均属于不饱和脂肪酸,因此,可以把第 1 主成分称为不饱和脂肪酸因子。第 2 主成分 $F_2=0.925X_1-0.944X_2+0.079X_3-0.105X_4+0.175X_5$,载荷绝对值最大的是蛋白质含量

表 5 旋转后的成分矩阵

性状	主成分	
	F_1	F_2
X_1	0.180	0.925
X_2	-0.049	-0.944
X_3	0.994	0.079
X_4	-0.992	-0.105
X_5	0.976	0.175

(X_2),载荷较高且为正值的是脂肪含量(X_1),这一主成分可称为高脂肪、低蛋白因子。

2.3.2 综合评价 根据上述 2 个主成分对花生品种进行综合分析(表 6),建立花生综合评价数学模型: $F=63.779/95.064 \times F_1+31.285/95.064 \times F_2$ [25]。利用该模型计算各花生品种主要品质性状综合得分并进行排序(表 6),若以综合得分作为评价指标,排名前 5 位的品种是农花 11、开农 71、郑花 013、豫花 9327 和豫花 47 号。其中,农花 11 和开农 71 为高油高油酸花生品种,可以作为目标亲本用于选育高油高油酸花生品种;郑花 013、豫花 9327 和豫花 47 号为高脂肪低蛋白花生品种,可作为目标亲本用于选育高脂肪的花生品种。

对各花生品种主要品质性状和综合得分进行相关分析,结果表明(表 7),综合得分与脂肪含量(X_1)、油酸含量(X_3)和油亚比值(X_5)呈极显著正相关,与蛋白质含量(X_2)、亚油酸含量(X_4)呈显著或

极显著负相关,说明综合得分可以作为花生品种的综合评价依据。

表 6 主要品质性状主成分值和综合得分值排名

品种名称	综合得分	排序
花 U105	-0.40	14
花 U204	-0.36	13
俊达 66	-0.43	15
开农 0508	-0.04	8
开农 71	1.85	2
农花 11	1.97	1
濮花 28	-0.18	9
濮花 35	-0.64	19
渠花 202	-0.58	17
新花 4 号	-0.34	12
豫航花 1 号	0.01	6
豫花 36 号	-0.46	16
豫花 46 号	-0.26	11
豫花 47 号	0.11	5
豫花 48 号	0	7
豫花 9327	0.19	4
远杂 12 号	-0.20	10
郑花 013	0.36	3
驻花 8 号	-0.60	18

表 7 主要品质性状与综合得分间的相关系数

性状	相关系数
X_1	0.634**
X_2	-0.532*
X_3	0.891**
X_4	-0.903**
X_5	0.925**

2.4 主要品质性状聚类分析 使用 ward 法对 19 个花生品种的主要品质性状进行系统聚类,以平方欧式测量距离 2.5 为分界线,将 19 个花生品种分为两大类群(图 1、表 8),类群 I 包含开农 71 和农花 11,这 2 个品种占参试品种 10.53%,这一类群的品种平均脂肪含量 59.03%,平均油酸含量为 76.10%,平均油亚比值 11.27;类群 II 包含豫花 47 号、豫花 9327、郑花 013 等 17 个品种(占比 89.47%),脂肪含量范围 53.61%~59.88%,蛋白质含量范围

15.63%~21.42%,平均油亚比值 1.11,此类群品种中,蛋白质含量较低的是豫花 9327 和郑花 013,分别为 16.30% 和 15.63%。

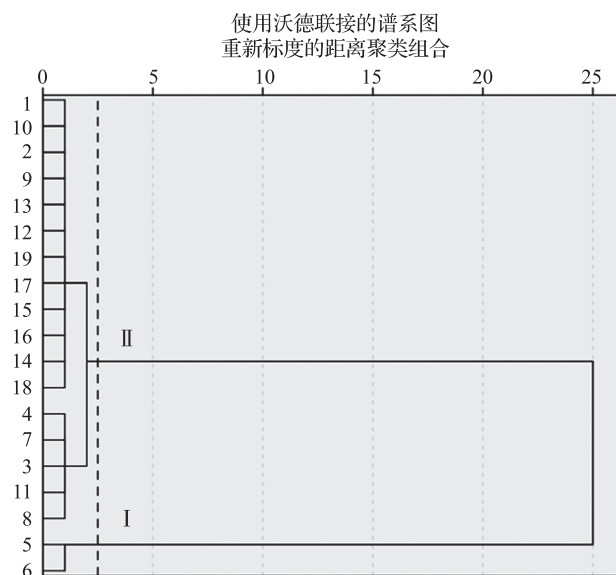


图 1 花生品种主要品质性状的聚类图

为进一步明确各类群花生品种的主要品质特征,对两大类群的花生品种各指标特征绘制箱形图(图 2),结果可知,类群 I 的特征是脂肪含量高,油酸含量高,亚油酸含量较低,油亚比值较大;类群 II 的特征是油酸含量较低、亚油酸含量较高,油亚比值较低。

3 结论

本研究利用变异系数和多样性指数来衡量 19 个花生品种主要品质性状的遗传多样性,结果表明,脂肪含量(X_1)、蛋白质含量(X_2)遗传特性相对稳定,而油酸含量(X_3)和亚油酸含量(X_4)变异系数较大,遗传特性极不稳定。除油亚比值(X_5)的多样性指数相对较低外,其余性状的多样性指数均大于 1,表明这些性状的多样性较为丰富。主成分分析结果显示,前 2 个主成分浓缩了花生品质性状的主要信息,分别为高油酸低亚油酸因子、高脂肪低蛋白因子。聚类分析把 19 个花生品种分为两大类群,类群 I 的脂肪含量高、油酸含量高,油亚比值较大;类群 II 的油酸含量较低、亚油酸含量较高,油亚比值较低。

作物品种选育过程中,高产是首选,花生也不例外,可结合既定的育种目标来挑选具有不同特质的种质进行亲本选配,提高育种选择的效率。近年

表8 不同类群花生主要品质性状概况

类群	项目	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
I	均值	59.03	17.47	76.10	6.76	11.27
	变幅	58.71~59.34	17.40~17.53	76.00~76.20	6.60~6.92	10.98~11.55
II	均值	57.08	18.58	41.08	37.31	1.11
	变幅	53.61~59.88	15.63~21.42	34.80~47.20	32.80~42.20	0.82~1.44

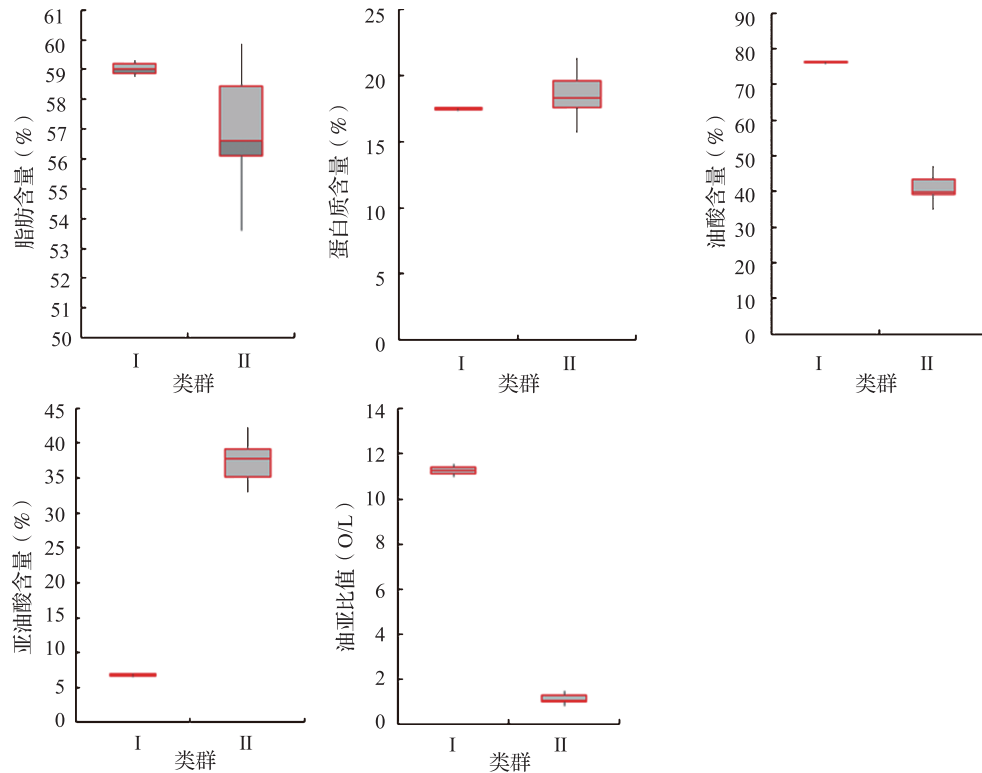


图2 2个类群花生品种5个主要品质性状箱形图

来,在围绕花生高产育种的同时,越来越注重花生品质的提升。本研究结果显示,19个花生品种含油量高,蛋白质含量普遍低,这与姜慧芳等^[26-27]对不同地理来源花生种质的品质差异比较分析结果相一致,即认为河南地方品种的蛋白质含量最低,含油量最高(化学分析)。针对河南花生种质资源中缺乏高蛋白含量品种这一问题,育种家在亲本选配时,可以通过引进省外高蛋白种质资源的方法加以改良,例如可以选择中国农业科学院油料作物研究所宜恩长潭河花生(蛋白质含量为36.71%)或国外引进的国际半干旱热带地区作物研究所(ICRISAT) IGGS(E)₁₈(蛋白质含量为36.82%)作为高蛋白基因资源加以利用^[4]。本研究中,同时兼顾高油酸和高脂肪优良特性的双高花生种质资源为开农71和农花11,这2个双高品种为未来花生品质性状选择及育种提供了优异种质资源。

参考文献

- [1] 国家统计局. 中国统计年鉴 2022. [2023-10-14]. <http://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/2022/indexch.htm>
- [2] 中华人民共和国农业农村部种植业管理司. 农业农村部关于落实党中央、国务院2023年全面推进乡村振兴重点工作部署的实施意见. (2023-02-21) [2023-10-14]. http://www.zzys.moa.gov.cn/zcjd/202304/t20230419_6425664.htm
- [3] 姜慧芳,任小平. 我国栽培种花生资源农艺和品质性状的遗传多样性. 中国油料作物学报, 2006, 28(4): 421-426
- [4] 单世华,万书波,邱庆树,李春娟,许婷婷,宫清轩. 我国花生种质资源品质性状评价. 山东农业科学, 2007(6): 40-42
- [5] 房元瑾,孙子淇,苗利娟,齐飞艳,黄冰艳,郑峥,董文召,汤丰收,张新友. 花生籽仁外观和营养品质特征及食用型花生育种利用分析. 植物遗传资源学报, 2018, 19(5): 875-886
- [6] 殷冬梅,张苹果,王允,崔党群. 花生主要品质性状的主成分分析与综合评价. 植物遗传资源学报, 2011, 12(4): 507-512, 518
- [7] 郭峰,阮建,王莹莹,彭振英. 利用变异系数分析花生品质性状对环境变化的遗传稳定性研究. 山东农业科学, 2017, 49(9): 25-31
- [8] 夏友霖,赖明芳,曾彦,漆燕,崔富华,曾孝平. 花生产量和品质

- 性状的配合力及相对遗传力分析. 西南农业学报, 2006, 19 (2): 260-264
- [9] 刘立峰, 耿立格, 王静华, 孟成生, 王丽娜. 河北省花生地方品种农艺性状和品质性状的遗传分化. 植物遗传资源学报, 2008, 9 (2): 190-194
- [10] 吕建伟, 姜慧芳, 任小平, 黄家权, 雷永, 王圣玉, 廖伯寿. 国际半干旱热带地区作物研究所花生微核心种质含油量及脂肪酸分析与鉴定. 植物遗传资源学报, 2010, 11 (5): 555-559
- [11] 罗良清, 魏和清. 实用统计学. 北京: 中国财政经济出版社, 2011
- [12] 罗自舒, 王志坚, 周易, Dossou S S K, 周榕, 张艳欣, 黎冬华, 游均, 王林海. 不同颜色芝麻营养品质性状遗传变异分析. 植物遗传资源学报, 2023, 24 (2): 365-375
- [13] 张金巍, 韩粉霞, 孙君明, 于福宽, 马磊, 陈明阳, 张晶莹, 闫淑荣, 杨华. 大豆蛋白质含量的遗传变异及其与主要农艺性状的相关性分析. 植物遗传资源学报, 2011, 12 (4): 501-506
- [14] 李建武, 王国宏, 李高峰, 王一航, 贾小霞, 张荣, 马胜. 陇薯系列高淀粉马铃薯品种的淀粉产量及品质性状综合评价. 核农学报, 2020, 34 (2): 329-338
- [15] 郭敏杰, 邓丽, 李玉荣, 王瑾, 任丽. 基于主成分和聚类分析的冀花高油酸花生品种综合评价. 中国油料作物学报, 2022, 44 (6): 1210-1217
- [16] 张华崇, 闫振华, 赵树琪, 黄晓莉, 戴宝生, 李蔚. 46份棉花杂交组合主要性状主成分和聚类分析. 种子, 2022, 5 (41): 60-65
- [17] 宋晓, 张珂珂, 黄晨晨, 黄绍敏, 郭斗斗, 岳克, 张水清. 基于主成分分析的氮高效小麦品种的筛选. 河南农业科学, 2020, 49 (12): 10-16
- [18] 李红宇, 李逸, 司洋, 杜春颖, 周雪松, 刘梦红, 宁洪钰, 叶飘飘. 北方粳稻耐盐碱相关性状主成分分析及综合评价. 核农学报, 2020, 34 (8): 1862-1871
- [19] 于二汝, 李慧琳, 杨航, 杨胜先, 奉斌, 魏忠芬. 贵州紫苏资源主要品质性状的分析与评价. 中国油料作物学报, 2020, 42 (1): 78-84
- [20] 陶爱芬, 祁建民, 林培青, 方平平, 吴建梅, 林荔辉. 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. 中国农业科学, 2008, 41 (9): 2859-2867
- [21] 代涛, 万嘉欣, 黎洁华, 骆国亮, 李丽, 武红霞, 许文天, 郑斌, 王松标, 罗聪, 梁清志. 基于主成分与聚类分析综合评价杜果种质资源果实糖酸品质. 果树学报, 2022, 39 (12): 2253-2263
- [22] 王英珍, 潘芝梅. 二十二份毛花猕猴桃种质资源果实品质的主成分分析与综合评价. 浙江农业学报, 2021, 33 (5): 825-830.
- [23] 李洪磊, 王晓敏, 郑福顺, 李国花, 刘珮君, 胡新华, 付金军, 高艳明, 李建设. 基于主成分和隶属函数分析的不同果色番茄品种引种初步评价. 云南大学学报: 自然科学版, 2021, 43 (2): 402-411
- [24] 刘亚楠, 潘雨涵, 郭晖, 朱明超, 文正怀, 吕超, 郭宝健, 许如根. 六棱大麦种质表型遗传多样性评价. 植物遗传资源学报, 2018, 19 (5): 846-856
- [25] 周桂梅, 刘振兴, 陈健, 王振秋. 小豆品种形态特征研究及综合评价. 植物遗传资源学报, 2014, 15 (5): 1144-1149
- [26] 姜慧芳, 段乃雄. 花生品种蛋白质含量、含油量及脂肪酸组成的分析. 作物品种资源, 1994 (4): 29-31
- [27] 姜慧芳, 段乃雄. 不同地区花生品种的主要性状分析. 花生科技, 1995 (1): 1-4

(收稿日期: 2023-10-14)

(上接第81页)

参考文献

- [1] 徐丽, 赵久然, 卢柏山, 史亚兴, 樊艳丽. 我国鲜食玉米种业现状及发展趋势. 中国种业, 2020 (10): 14-18
- [2] 邓聚龙. 农业系统灰色理论与方法. 济南: 山东科学技术出版社, 1988
- [3] 郑霄, 闫新焕, 郑晓冬, 刘雪梅, 谭梦男, 曹宁, 宋焯, 吴茂玉, 潘少香. 基于灰色关联度分析的鲜食桃果实综合品质评价. 中国果菜, 2023, 43 (10): 36-41, 52
- [4] 孙晓妍, 包鹏飞, 汪李平. 8个襄阳大头菜优良自交系杂种优势及灰色关联度分析. 长江蔬菜, 2023 (18): 44-50
- [5] 李淑霞, 徐占宏, 程砚玺, 党拥华, 有源有. 灰色关联度分析在玉米杂交种综合评判上的应用初探. 辽宁农业科学, 1992 (1): 47-50
- [6] 税红霞, 王秀全, 何丹, 张华, 卢庭启, 蒋晓芳, 庞启华. 西南区玉米新品种主要农艺性状与产量的灰色关联度分析. 耕作与栽培, 2015 (5): 4-6
- [7] 蔡成雄, 陈荣丽, 周彦民, 易红华, 蔡治荣, 周汝平. 糯玉米鲜穗产量与农艺性状灰色关联度分析. 中国农学通报, 2014, 30 (3): 214-218
- [8] 黄晓琴. 不同鲜食糯玉米品种主要农艺性状灰色关联度分析. 中国种业, 2023 (2): 94-99, 105
- [9] 吴兰芳, 岑庆宋, 张超, 钟维, 韦德斌, 费永红, 向英. 不同玉米品种主要农艺性状与产量的灰色关联度分析. 耕作与栽培, 2022, 42 (6): 5-9
- [10] 龙舟, 杨威, 冯艳飞, 任国鑫, 刘丽滨, 冯东升. 玉米杂交种产量与主要农艺性状的关联分析. 黑龙江八一农垦大学学报, 2022, 34 (5): 1-5
- [11] 马兴业, 王平喜, 吴向远, 进茜宁, 王辉, 陈士林. 玉米农艺性状与单株产量的灰色关联度和通径分析. 河南科技学院学报: 自然科学版, 2023, 51 (3): 7-13
- [12] 程芳丽, 马全姿, 莫云锦, 候定基, 石志斯, 陈辉云. 鲜食糯玉米新品种主要农艺性状与产量灰色关联度分析. 农业科技通讯, 2019 (10): 138-141
- [13] 吴荣华, 庄克章, 张春艳, 李龙, 齐孝峰. 鲁南地区玉米产量与主要农艺性状的灰色关联度分析. 作物研究, 2019, 33 (6): 524-527
- [14] 门洪文, 丁照华, 王桂娥, 庞尚水, 于金友. 济南市鲜食玉米品种筛选及品质鉴定. 中国种业, 2021 (7): 48-52

(收稿日期: 2023-10-10)