

DOI:10.11829/j.issn.1001-0629.2016-0398

龙文靖,倪先林,刘天朋,赵甘霖,丁国祥.杂交高粱主要穗部性状与籽粒品质性状的关系.草业科学,2017,34(4):823-830.

Long W J, Ni X L, Liu T P, Zhao G L, Ding G X. Relationships between panicle and the grain quality traits of hybrid sorghum. Pratacultural Science, 2017, 34(4): 823-830.

杂交高粱主要穗部性状与 籽粒品质性状的关系

龙文靖^{1,2}, 倪先林^{1,2}, 刘天朋^{1,2}, 赵甘霖^{1,2}, 丁国祥^{1,2}

(1.四川省农业科学院水稻高粱研究所,四川 德阳 618000; 2.国家高粱改良中心四川分中心,四川 泸州 646000)

摘要:为明确杂交高粱(*Sorghum bicolor*)主要穗部性状与籽粒品质的关系,以 58 个杂交组合为材料,应用相关分析和灰色关联度分析方法对杂交高粱群体的穗长、穗轴长、一级枝梗数、二级枝梗数、穗粒数、千粒重、穗粒重等主要穗部性状和粗蛋白质、粗脂肪、粗淀粉、支链淀粉、单宁含量等籽粒品质性状进行了分析。结果表明,相关分析和灰色关联度分析的主要穗部性状之间的关系结果一致,穗部性状与穗粒重相关联的顺序是千粒重>穗粒数>二级枝梗数>一级枝梗数>穗长>穗轴长。两种分析方法在分析穗部性状与品质性状之间的关系存在一定差异。关联度分析表明,各穗部性状对单宁含量关联度较小,穗长、穗轴长、穗粒数这 3 个性状对各品质性状的关联度较大。而相关分析表明,粗脂肪含量与穗长和穗轴长呈极显著负相关($P<0.01$);粗淀粉含量与穗粒数呈显著负相关($P<0.05$),与千粒重呈显著正相关($P<0.05$);支链淀粉含量与穗长和穗粒数呈显著负相关($P<0.05$);单宁含量与一级枝梗数和二级枝梗数呈极显著负相关($P<0.01$),与千粒重呈显著负相关($P<0.05$)。相关分析结果比灰色关联度分析结果准确,其结果可为选育高产、优质杂交高粱新品种提供理论依据。

关键词:杂交高粱;穗部性状;籽粒品质;相关分析;灰色关联度分析

中图分类号:S514.351;S333.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-0629(2017)04-0823-08*

Relationships between panicle and the grain quality traits of hybrid sorghum

Long Wen-jing^{1,2}, Ni Xian-lin^{1,2}, Liu Tian-peng^{1,2}, Zhao Gan-lin^{1,2}, Ding Guo-xiang^{1,2}

(1. Rice and Sorghum Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Deyang 618000, China;

2. National Sorghum Improvement Center Sichuan Branch, Luzhou 646000, China)

Abstract: This study aimed to understand the relationships between panicle traits and the grain quality traits of hybrid sorghum. Using 58 hybrid combinations of sorghum, panicle traits (spike length, spike-stalk length, primary branch number, secondary branch number, grain number per spike, thousand seed weight, and single grain yield) and grain quality traits (crude protein, crude fat, starch, amylopectin, and tannins) were analysed by correlation and grey correlation analysis. Correlation and grey correlation analysis were based on the relationship between the main panicle traits and single grain yield showed similar results, and the sequence of the relationship was thousand seed weight>grain number per spike>secondary branch number>primary branch number>spike length>spike-stalk length. However, relationships between panicle traits and quality traits differed between the two methods of analysis. Grey correlation analysis showed a weak correlation between panicle character and tannin content¹, and that spike length, spike-stalk length or spike grain number and the three characters of grain quality traits had stronger correlation. Correlation analysis showed that crude fat content had

* 收稿日期:2016-07-20 接受日期:2016-11-11

基金项目:国家高粱产业技术体系“酿酒(糯)用高粱品种选育”(CARS-06-01-05);四川省“十三五”农作物及畜禽育种攻关(2016NYZ029);“十二五”国家科技支撑计划“优质高粱高效生产技术研究示范”(2014BAD07B02)

第一作者:龙文靖(1990-),男,四川纳溪人,研究实习员,硕士,研究方向为高粱栽培育种。E-mail:longjing9012@163.com

通信作者:丁国祥(1962-),男,四川合江人,副研究员,学士,研究方向为高粱遗传育种。E-mail:dgx6132@163.com

strong significant negative correlation with spike length and spike-stalk length; Starch content had negative correlation with grain number per spike and was significantly positively related to thousand seed weight; Amylopectin had a significant negative correlation with grain number per spike and spike length; Tannins had strong significant negative correlation with primary branch number and secondary branch number, and was significantly negatively related to thousand seed weight. Correlation analysis results were more accurate than those of grey correlation degree analysis. As such, correlation analysis results can provide a theory basis for high yield and high quality sorghum hybrid breeding.

Key words: sorghum hybrid; panicle traits; grain quality; correlation analysis; grey correlation analysis

Corresponding author: Ding Guo-xiang E-mail: dgx6132@163.com

高粱(*Sorghum bicolor*)为禾本科须芒草族高粱属^[1],是我国主要旱粮作物之一,也是重要粮饲作物和酿造原料,在现代农业生产中占有重要的地位^[2]。随着畜牧业和酿造业的发展,我国高粱生产已难以满足国内外市场需求,目前我国已是世界高粱进口第一大国,占世界高粱进口总量的59.6%,2014年我国高粱进口就达到574.77万t,2015年进口更是高达1 070万t^[3]。但我国高粱的种植面积却在逐年下降^[4],在解决高粱的播种面积减少与需求量增加这一矛盾时,应不断提高单位面积产量,同时也必须改善品质。

穗型是穗部形态特征、空间分布及其相互关系,相应的理想穗型是适应一定生态环境和生产条件的穗部性状的最佳组合^[5],优良的穗型结构是作物高产优质的基础。目前,国内外对玉米(*Zea mays*)^[6]、水稻(*Oryza sativa*)^[7-10]等禾本科作物杂交种穗部性状与品质的关系有一定的研究。玉米穗部各主要性状对淀粉含量的灰色关联度顺序为轴粗>行粒数>容重>穗行数>穗长>穗粗>出籽率>百粒重^[6];王淑玲等^[10]发现,几乎所有的水稻穗部性状都对品质性状有不同程度的影响;水稻穗部性状对产量的影响明显大于其对品质性状的作用,穗部性状主要是通过粒型的作用影响稻米品质^[11]。针对高粱穗型结构的研究多集中于穗部性状与产量关系的分析^[4,12-15],而对高粱穗部结构与籽粒品质的关系未见报道。

相关分析是研究随机变量之间的相关关系的一种统计方法,用来分析现象之间是否存在某种依存关系。灰色关联度分析方法是分析目标性状关系程度的一种量化方法,通过比较各关联度的大小来判断待识别对象对研究对象的影响程度,具有不需满足某种理论分布、样本数量少、分析方法简单和结果准确等优点,这两种方法在作物性状关系研究中应用较为广泛^[16-17]。本研究通过对58个高粱杂交组合群体的主要穗部性状和籽粒品质进行相关分析和灰色关联度分析,明确主要穗部性状与籽粒品质的关系,旨在为高粱群体改

良和杂交高粱选育提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

高粱杂交组合群体58份(表1),由四川省农业科学院水稻高粱研究所组配。

1.2 试验方法

2015年春季在四川泸州国家高粱原原种繁育基地配置杂交组合,收获F₁种子。2015年秋季在云南省元江县高粱试验地进行田间试验。试验采用随机区组设计,3次重复,每重复3行区,每行10穴,每穴双苗,行株距55 cm×30 cm,其它田间管理同大田生产。成熟时每小区取中间连续12株为样本,室内考种调查穗长、穗轴长、一级枝梗数、二级枝梗数、穗粒数、千粒重、穗粒重等性状。化学分析测定粗蛋白质、粗脂肪、粗淀粉、支链淀粉和单宁含量等籽粒品质性状,所有调查测定标准均参照文献^[18]。

1.3 数据处理

数据统计采用EXCEL 2007软件,相关分析和灰色关联度分析采用DPS 7.05软件^[19]完成,根据邓聚龙^[20]灰色系统理论,分别将58个杂交高粱群体的主要穗部性状与籽粒品质性状指标视为同一灰色系统。为了消除原始数据量纲(或单位),转化为可比较的数据序列,选择均值化变换然后按分辨系数为0.1进行关联度分析。

2 结果与分析

2.1 杂交高粱主要穗部性状的基本统计分析

不同杂交高粱组合主要穗部性状之间存在着较大的差异(表2)。穗长为28.60~40.27 cm,平均33.35 cm;穗轴长为22.90~34.90 cm,平均28.23 cm;一级枝梗数为53~92,平均71;二级枝梗数为395~655,平均523;穗粒数为2 118~4 408粒,平均3 191粒;千粒重为11.83~27.39 g,平均21.19 g;穗粒重为

表1 高粱杂交组合群体编号和组合名称

Table 1 Sorghum hybrid combination number and name

编号 No.	杂交组合 Hybrid combination	编号 No.	杂交组合 Hybrid combination	编号 No.	杂交组合 Hybrid combination
1	128A×213R	21	1358A×213R	41	3401A×217R
2	128A×272R	22	1358A×272R	42	3401A×272R
3	128A×381R	23	1358A×381R	43	3401A×381R
4	128A×9.1R	24	1358A×9.1R	44	3401A×9.1R
5	128A×矮(Dwarf)182R	25	1358A×矮(Dwarf)182R	45	3401A×矮(Dwarf)182R
6	128A×早(Early)21R	26	1358A×早(Early)21R	46	3401A×早(Early)21R
7	1305A×279R	27	1429A×279R	47	407A×1311R
8	13163A×213R	28	1431A×279R	48	407A×213R
9	13163A×272R	29	165A×1311R	49	407A×272R
10	13163A×279R	30	165A×272R	50	407A×279R
11	13163A×381R	31	165A×9.1R	51	407A×381R
12	13163A×83625R	32	165A×矮(Dwarf)182R	52	407A×9.1R
13	13163A×9.1R	33	165A×早(Early)21R	53	407A×矮(Dwarf)182R
14	13163A×矮(Dwarf)182R	34	3307A×213R	54	407A×早(Early)21R
15	13163A×早(Early)21R	35	3307A×272R	55	407A×早(Early)21R
16	1320A×279R	36	3307A×279R	56	45A×279R
17	13218A×279R	37	3307A×矮(Dwarf)182R	57	45A×恢(Restorer)1R
18	1335A×279R	38	3307A×早(Early)21R	58	BC116A×7.7R
19	1342A×279R	39	3401A×1311R		
20	1342A×83625R	40	3401A×182R		

表2 高粱杂交组合的主要穗部性状分析

Table 2 Main panicle traits of sorghum hybrid combinations

性状 Character	穗长 Spike length/cm	穗轴长 Spike-stalk length/cm	一级枝梗数 Primary branch number	二级枝梗数 Secondary branch number	穗粒数 Grain number per spike	千粒重 Thousand seed weight/g	穗粒重 Weight per spike/g
最大值 Max.	40.27	34.90	92	655	4 408	27.39	109.62
最小值 Min.	28.60	22.90	53	395	2 118	11.83	36.74
平均值 Mean	33.35	28.23	71	523	3 191	21.19	66.26
标准差 SD.	2.63	2.66	11	73	448	3.42	13.54
变异系数 CV/%	7.90	9.43	15.53	13.94	14.03	16.12	20.44

表3 高粱杂交组合籽粒品质性状分析

Table 3 Grain quality traits of sorghum hybrid combinations

性状 Character	粗蛋白质 Crude protein/%	粗脂肪 Crude fat/%	粗淀粉 Crude starch/%	支链淀粉 Amylopectin/%	单宁 Tannins/%
最大值 Max.	12.27	4.49	75.61	75.61	2.46
最小值 Min.	7.62	3.53	66.88	60.21	1.18
平均值 Mean	9.33	3.93	72.06	71.01	1.79
标准差 SD.	0.88	0.22	1.63	3.64	0.32
变异系数 CV/%	9.48	5.68	2.27	5.13	17.75

36.74~109.62 g, 平均 66.26 g。主要穗部性状变异系数从大到小的排列顺序为穗粒重>千粒重>一级枝梗数>穗粒数>二级枝梗数>穗轴长>穗长, 分别为 20.44%、16.12%、15.53%、14.03%、13.94%、9.43% 和 7.90%。

2.2 杂交高粱品质性状的基本统计分析

不同高粱杂交组合的粗蛋白质、粗脂肪、粗淀粉和支链淀粉含量的差异较主要穗部性状小, 其变幅分别为 7.62%~12.27%、3.53%~4.49%、66.88%~75.61% 和 60.21%~75.61%, 变异系数分别为 9.48%、5.68%、2.27% 和 5.13%。而不同高粱杂交组合单宁差异较大, 变幅为 1.18%~2.46%, 变异系数为 17.75%。

2.3 杂交高粱主要穗部性状的相关分析和关联分析

2.3.1 杂交高粱主要穗部性状的相关分析

要穗部性状的相关系数(表 4)可知, 杂交高粱的穗长和穗轴长呈极显著正相关($P<0.01$); 一级枝梗数和二级枝梗数及穗粒重呈极显著正相关($P<0.01$), 与穗粒数和千粒重呈显著正相关($P<0.05$); 二级枝梗数与穗粒数和穗粒重呈极显著正相关($P<0.01$); 穗粒数与穗粒重呈极显著正相关($P<0.01$); 千粒重与穗粒重极显著正相关($P<0.01$)。

2.3.2 杂交高粱主要穗部性状的关联分析 分别以杂交高粱某一穗部性状为参考数列, 其它穗部性状为比较数列, 由关联分析可得穗部性状的关联矩阵(表 5)。穗长与穗轴长关联系数最大(0.60), 二级枝梗数与一级枝梗数关联系数最大(0.55), 穗粒数与二级枝梗数关联系数最大为 0.49, 穗粒重与其它各性状的关联度顺序为千粒重>二级枝梗数>一级枝梗数>穗粒数>穗长>穗轴长。

表 4 穗部性状间的相关系数

Table 4 Correlation coefficients between the ear characters

性状 Character	穗长 Spike length	穗轴长 Spike-stalk length	一级枝梗数 Primary branch number	二级枝梗数 Secondary branch number	穗粒数 Grain number per spike	千粒重 Thousand seed weight
穗轴长 Spike-stalk length	0.86**					
一级枝梗数 Primary branch number	-0.16	-0.13				
二级枝梗数 Secondary branch number	-0.15	-0.21	0.87**			
穗粒数 Grain number per spike	-0.01	-0.15	0.32*	0.60**		
千粒重 Thousand seed weight	0.09	0.12	0.26*	0.25	-0.02	
穗粒重 Weight per spike	0.08	0.05	0.38**	0.52**	0.53**	0.78**

注: * 和 ** 分别代表各指标显著($P<0.05$)和极显著($P<0.01$)相关。表 6、表 8 同。

Note: * and ** indicate significant differences at 0.05 and 0.01 level, respectively; similarly for Table 6 and Table 8.

表 5 穗部性状的关联度系数矩阵

Table 5 Grey correlation degree matrix of panicle traits

性状 Character	穗长 Spike length	穗轴长 Spike-stalk length	一级枝梗数 Primary branch number	二级枝梗数 Secondary branch number	穗粒数 Grain number per spike	千粒重 Thousand seed weight	穗粒重 Weight per spike
穗长 Spike length		0.60	0.30	0.36	0.36	0.33	0.27
穗轴长 Spike-stalk length	0.63		0.33	0.33	0.36	0.35	0.28
一级枝梗数 Primary branch number	0.36	0.36		0.57	0.42	0.39	0.37
二级枝梗数 Secondary branch number	0.40	0.35	0.55		0.47	0.38	0.38
穗粒数 Grain number per spike	0.42	0.39	0.41	0.49		0.35	0.36
千粒重 Thousand seed weight	0.40	0.40	0.40	0.41	0.36		0.51
穗粒重 Weight per spike	0.37	0.36	0.42	0.45	0.42	0.55	

2.4 高粱籽粒品质的相关分析和关联分析

2.4.1 高粱籽粒品质的相关分析 由各品质性状的相关分析(表 6)可知,粗淀粉含量和支链淀粉含量极显著正相关($P < 0.01$),粗蛋白质含量、单宁含量与粗淀粉、支链淀粉含量均呈极显著负相关($P < 0.01$),说明粗蛋白质和单宁含量越高,其粗淀粉和支链淀粉含量越低。

表 6 杂交高粱籽粒品质间的相关系数
Table 6 Correlation coefficients between the hybrid sorghum grain quality traits

品质 Quality	粗蛋白质 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗淀粉 Crude starch	支链淀粉 Amylopectin
粗脂肪 Crude fat	-0.04			
粗淀粉 Crude starch	-0.65**	-0.13		
支链淀粉 Amylopectin	-0.69**	0.08	0.82**	
单宁 Tannins	0.11	-0.25	-0.45**	-0.49**

2.4.2 杂交高粱籽粒品质性状的关联分析 以杂交高粱某一品质性状为参考数列,其它性状为比较数列,由关联分析可得到品质性状的关联矩阵(表 7)。单宁含量与其它各品质性状关联度较小,杂交高粱籽粒品质间(单宁除外)各性状关联度相差不大,与粗蛋白质关联度最大的是粗脂肪,与粗脂肪关联度最大的是粗淀粉含量,但它们之间相关性不显著($P > 0.05$),粗淀粉和支链淀粉关联度最大。

2.5 杂交高粱主要穗部性状与籽粒品质的相关分析和关联分析

2.5.1 杂交高粱主要穗部性状与籽粒品质的相关分析 从主要穗部性状与品质性状的相关分析(表 8)可以看出,粗脂肪含量与穗长、穗轴长极显著负相关($P < 0.01$);粗淀粉含量与穗粒数显著负相关($P < 0.05$),与千粒重显著正相关($P < 0.05$);支链淀粉与穗长、穗粒数显著负相关($P < 0.05$);单宁与一级枝梗数、二级枝梗数呈极显著负相关($P < 0.01$),与千粒重呈显著负相关($P < 0.05$)。因此,选择穗长和穗轴长较长的杂交品种,其籽粒粗脂肪含量可能较低;一级枝梗数和二级枝梗数较多,千粒重较大的杂交品种,其单

表 7 杂交高粱籽粒品质性状的关联系数矩阵
Table 7 Grey correlation degree matrix of hybrid sorghum grain quality traits

品质性状 Quality trait	粗蛋白质 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗淀粉 Crude starch	支链淀粉 Amylopectin	单宁 Tannins
粗蛋白质 Crude protein		0.54	0.52	0.49	0.38
粗脂肪 Crude fat	0.58		0.63	0.61	0.42
粗淀粉 Crude starch	0.53	0.61		0.78	0.38
支链淀粉 Amylopectin	0.53	0.61	0.80		0.39
单宁 Tannins	0.42	0.42	0.41	0.39	

表 8 主要穗部性状与品质性状的相关系数
Table 8 Correlation coefficients of main panicle traits and quality traits

品质性状 Quality trait	穗部性状 Panicle trait						
	穗长 Spike length	穗轴长 Spike-stalk length	一级枝梗数 Primary branch number	二级枝梗数 Secondary branch number	穗粒数 Grain number per spike	千粒重 Thousand seed weight	穗粒重 Weight per spike
粗蛋白质 Crude protein	0.25	0.14	0.05	0.15	0.20	-0.08	0.03
粗脂肪 Crude fat	-0.57**	-0.56**	-0.01	-0.01	0.04	0.05	0.04
粗淀粉 Crude starch	-0.04	0.07	0.05	-0.04	-0.31*	0.31*	0.09
支链淀粉 Amylopectin	-0.29*	-0.13	0.10	-0.07	-0.28*	0.12	-0.05
单宁 Tannins	0.15	0.01	-0.37**	-0.35**	0.01	-0.29*	-0.22

宁含量可能较低;千粒重较大,穗粒数较少的品种其粗淀粉含量可能较高。

2.5.2 高粱主要穗部性状与籽粒品质的关联分析

按照灰色系统理论,以杂交高粱品质作为参考数列,穗部性状作为比较数列,经灰色关联法分析,得出各主要穗部性状与杂交高粱品质的关联度(表9)。各主要穗部性状与粗蛋白质的关联顺序为穗长>穗轴长>穗粒数>二级枝梗数>千粒重>一级枝梗数>穗粒重;主要穗部性状与粗脂肪的关联顺序为穗长>穗粒数>二级枝梗数>穗轴长>千粒重>一级枝梗数>穗粒重;主要穗部性状与粗淀粉的关联顺序为穗长>穗轴长>

穗粒数>二级枝梗数>一级枝梗数>千粒重>穗粒重;主要穗部性状与支链淀粉的关联顺序为穗长>穗轴长>穗粒数>一级枝梗数>千粒重>二级枝梗数>穗粒重;主要穗部性状与单宁的关联顺序为穗长>穗轴长>穗粒数>千粒重>穗粒重>二级枝梗数>一级枝梗数。总体表现为各穗部性状与单宁关联度较小,关联系数最大也只有0.448。其中,穗长、穗轴长、穗粒数与各品质性状的关联度较大,说明这3个性状对品质影响较大。相关分析结果与灰色关联分析结果存在一定差异,穗长和粗蛋白质、粗脂肪、支链淀粉相关性最大,其关联系数也最大;粗淀粉和穗粒数、千粒重相

表9 主要穗部性状与品质性状的关联系数

Table 9 Grey correlation degree matrix of main panicle traits and quality traits

品质性状 Quality trait	穗部性状 Panicle trait						
	穗长 Spike length	穗轴长 Spike-stalk length	一级枝梗数 Primary branch number	二级枝梗数 Secondary branch number	穗粒数 Grain number per spike	千粒重 Thousand seed weight	穗粒重 Weight per spike
粗蛋白质 Crude protein	0.510	0.497	0.388	0.436	0.489	0.420	0.345
粗脂肪 Crude fat	0.546	0.488	0.437	0.496	0.502	0.478	0.433
粗淀粉 Starch	0.597	0.553	0.447	0.452	0.458	0.436	0.387
支链淀粉 Amylopectin	0.578	0.548	0.465	0.432	0.477	0.456	0.431
单宁 Tannins	0.448	0.414	0.323	0.333	0.399	0.391	0.367

关性都达到了显著水平($P < 0.05$),但是其关联度排序却排到了第3位和第5位;单宁和穗长、穗轴长、穗粒数相关性最低,但关联度最高。

3 讨论

在杂交高粱穗部性状与穗粒重的关系分析中,相关分析和灰色关联度分析结果完全一致。穗粒重与其它各性状的关联的顺序为千粒重>二级枝梗数>一级枝梗数>穗粒数>穗长>穗轴长,穗粒重与千粒重、二级枝梗数、一级枝梗数、穗粒数极显著正相关($P < 0.01$),与穗长和穗轴长相关性不显著($P > 0.05$)。张桂香等^[13]对高粱穗部主要性状与产量的相关分析结果也表明,除二级枝梗数、穗长与产量负相关外,千粒重、穗粒重、穗粒数与产量显著或极显著相关。赵建武等^[4]研究认为,高粱穗质量、籽粒质量是影响产量最重要的因子之一,在综合性状优良的基础上,应把提高穗质量、籽粒质量(千粒重)作为今后高粱高产育种的一个主攻方向。结合前人

研究表明,穗长和穗粒重相关性不显著或存在一定的负相关,在杂交高粱选育中应避免一味地选择长穗型而应选择穗长适中,穗粒数保持一般水平,有较高的千粒重的穗型。

杂交高粱5个品质性状中,除单宁含量变异系数最大,其余性状变异系数均较小,粗蛋白质含量与粗淀粉、支链淀粉含量极显著负相关,这与朱志华等^[21]对国家种质库的532份高粱种质资源的研究结果相同;但与其研究结果相反的是,本研究发现杂交高粱单宁含量与粗淀粉含量极显著负相关,这可能与选择的品种资源(杂交糯高粱)有关。5个品质性状关联分析结果表明,单宁含量与其它各品质性状关联度较低,籽粒的其它品质性状间关联度相差不大。

基于不同的系统理论,利用两种分析方法研究杂交高粱穗部性状与籽粒品质的关系存在差异。关联度分析基于灰色系统的灰色过程,而相关分析则基于概率论的随机过程;关联分析是进行因素间时间序列的比较,而相关分析是因素间数组的比较;关

联度分析主要研究动态过程,而相关分析则以静态研究为主^[19,22]。因此,关联度分析可能因地点、时间和环境不同导致性状改变,从而影响分析结果^[23]。本研究中,高粱的穗部性状与品质性状皆属数量性状,其表现型不仅受作物自身生物性状的影响,而且还受包括环境在内的诸多因素影响,是一个具有许多不确定因素的灰色系统。但由于参试品种多达58个,各品种间更多的基于静态研究为主,因此相关分析的结果较灰色关联度分析结果准确。而在数据较少、信息不完全、分布不典型的情况下,则应选择灰色关联度分析法,以便获得较可靠的结果。结合两种分析方法,应对不同环境和不同材料做具体分析,采取相应的技术措施,选育出适宜当地的高产优质的杂交高粱品种。

4 结论

相关分析和灰色关联度分析在分析主要穗部性状与穗粒重之间的关系结果一致,穗部性状与穗粒重相关联的顺序是千粒重>穗粒数>二级枝梗数>一级枝梗数>穗长>穗轴长。在杂交高粱选育中应选择穗长适中,穗粒数保持一般,有较高的千粒重的穗型。

穗长较长的杂交高粱品种,其籽粒粗蛋白含量可能较高,而粗脂肪含量可能较低;一级枝梗数和二级枝梗数较多,千粒重较大的杂交高粱品种,其单宁含量可能较低;千粒重较大,穗粒数较少的品种其粗淀粉含量可能较高,在选育杂交高粱新品种时,可根据性状表现估计其各品质性状,最终选择品质和产量均较高的杂交高粱品种。

参考文献 References:

- [1] 王芳,高秋,王杰,马金星,孙娟.利用SSR标记分析高粱属种质资源的遗传多样性.草业学报,2016,25(5):125-133.
Wang F,Gao Q,Wang J, Ma J X,Sun J.Analysis of genetic diversity in sorghum germplasm collections using SSR markers. *Acta Prataculturae Sinica*,2016,25(5):125-133.(in Chinese)
- [2] 高士杰,刘晓辉,李继洪.再论中国粒用高粱育种方向与策略.中国农学通报,2008,24(3):138-141.
Gao S J,Liu X H,Li J H.Again discusses the Chinese grain sorghum breeding direction and the strategy. *Chinese Agricultural Science Bulletin*,2008,24(3):138-141.(in Chinese)
- [3] 卢峰,邹剑秋,朱凯,段有厚.积极应对高粱进口剧增,稳定我国高粱产业发展.农业经济,2015(11):124-125.
- [4] 赵建武,王磊,崔金胜.高粱穗部主要性状与产量的关系.山西农业科学,2016,44(1):9-10.
Zhao J W,Wang L,Cui J S.Relationship between ear characters and yield in sorghum. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*,2016,44(1):9-10.(in Chinese)
- [5] 徐正进,陈温福,张龙步,杨守仁.水稻理想穗型设计的原理与参数.科学通报,2009,50(18):2037-2039.
Xu Z J,Chen W F,Zhang L B,Yang S R.The principles and parameters of the design for ideal panicle type in rice. *Chinese Science Bulletin*,2009,50(18):2037-2039.(in Chinese)
- [6] 张恩盈,魏志刚,宋希云.8个玉米品种淀粉含量和穗部性状的灰关联度分析.山东农业科学,2011(10):15-17.
Zhang E Y,Wei Z G,Song X Y.Grey relational analysis on starch content and ear characters of eight maize varieties. *Shandong Agricultural Sciences*,2011(10):15-17.(in Chinese)
- [7] 徐正进,邵国军,韩勇,张学军,全成哲,潘国君,陈温福.东北三省水稻产量和品质及其与穗部性状关系的初步研究.作物学报,2006,32(12):1878-1883.
Xu Z J,Shao G J,Han Y,Zhang X J,Quan C Z,Pan G J,Chen W F.A preliminary study on yield and quality of rice and their relationship with panicle characters in northeast region of China. *Acta Agronomica Sinica*,2006,32(12):1878-1883.(in Chinese)
- [8] 唐亮,徐正进,袁媛.水稻RIL群体产量和品质性状与穗部性状的关系.种子,2007,26(5):67-71.
Tang L,Xu Z J,Yuan Y.Study on relationship of yield traits,quality traits and panicle characteristics using recombinant in bred lines (RIL) population in rice. *Seed*,2007,26(5):67-71.(in Chinese)
- [9] 贾宝艳,蒋文春,王术,赵新华,王伯伦.粳稻品质与穗部性状关系的研究.沈阳农业大学学报,2004,35(4):340-345.
Jia B Y,Jiang W C,Wang S,Zhao X H,Wang B L.Relationships between panicle traits and the quality of rice. *Journal of Shenyang Agricultural University*,2004,35(4):340-345.(in Chinese)

- [10] 王淑玲,林波,包岩,陈丽红,修丽.水稻穗部性状与品质性状的相关分析.吉林农业科学,2012,37(5):3-5.
Wang S L,Lin B,Bao Y,Chen L H,Xiu L.Analysis on correlation between panicle traits and quality traits of rice.Journal of Jilin Agricultural Sciences,2012,37(5):3-5.(in Chinese)
- [11] 胡继鑫.水稻穗部性状与产量及品质的相关性研究.农业科技与装备,2012(9):1-4.
Hu J X.Research on the correlation between rice panicle traits and yields and quality.Agricultural Science & Technology and Equipment,2012(9):1-4.(in Chinese)
- [12] 柳青山,周福平,梁笃,段冰,李团银.糯高粱品种主要农艺性状与产量的灰色关联分析.中国农学通报,2008,24(7):478-481.
Liu Q S,Zhou F P,Liang D,Duan B,Li T Y.Gray relevant analysis between yield and main agronomic characteristics in glutinous sorghum.Chinese Agricultural Science Bulletin,2008,24(7):478-481.(in Chinese)
- [13] 张桂香,翟世宏,李爱军.高粱穗部主要性状与产量的相关分析.杂粮作物,2005,25(2):77-79.
Zhang G X,Zhai S H,Li A J.Correlative analysis between the major characters of sorghum panicle and yield.Rain Fed Crops,2005,25(2):77-79.(in Chinese)
- [14] 张娉,隋虹杰,葛占宇,王立新,成慧娟,潘映雪,严福忠.高粱主要农艺性状与产量的灰色关联度分析.贵州农业科学,2016,44(5):20-22.
Zhang S,Sui H J,Ge Z Y,Wang L X,Cheng H J,Pan Y X,Yan F Z.Grey relational analysis for main agronomic traits and yield of 14 sorghum varieties.Guizhou Agricultural Sciences,2016,44(5):20-22.(in Chinese)
- [15] Rami J F,Dufour P,Trouche G,Flidell G,Mestres C,Davrieux F,Blanchard P,Hamon P.Quantitative trait loci for grain quality,productivity,morphological and agronomical traits in sorghum (*Sorghum bicolor* L.Moench).Theoretical and Applied Genetics,1998,97(4):605-616.
- [16] 柯梅,朱昊,梁维维,李学森,任玉平.苏丹草农艺性状与产量、品质间的灰色关联度分析.草业科学,2016,33(5):949-955.
Ke M,Zhu H,Liang W W,Li X S,Ren Y P.Grey correlation analysis of main agronomic characters and its yield and quality traits in sorghum sudanense.Pratacultural Science,2016,33(5):949-955.(in Chinese)
- [17] 徐玉鹏,赵忠祥,王秀领,闫旭东.紫花苜蓿品质性状和农艺性状的相关性研究.草业科学,2008,25(7):46-49.
Xu Y P,Zhao Z X,Wang X L,Yan X D.Correlation analysis of main agronomic characteristics and quality characteristics of alfalfa varieties.Pratacultural Science,2008,25(7):46-49.(in Chinese)
- [18] 孙世贤.NY/T2645—2014 农作物品种试验技术规程 高粱.北京:中国农业出版社,2015.
Sun S X.NY/T2645—2014 Regulations for the Trial Technology of Crop Varieties Sorghum.Beijing:China Agriculture Press,2015.(in Chinese)
- [19] 唐启义.DPS 数据处理系统.北京:科学出版社,2010:491-451.
Tang Q Y.DPS Data Processing System.Beijing:Science Press,2010:491-451.(in Chinese)
- [20] 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.
Deng J L.Agricultural Systems of Grey Theory and Method.Ji'nan:Shandong Science and Technology Press,1988.(in Chinese)
- [21] 朱志华,李为喜,刘方,张晓芳,王文真,刘三才,李燕.高粱种质资源主要品质性状鉴定与评价.植物遗传资源学报,2003,4(4):326-330.
Zhu Z H,Li W X,Liu F,Zhang X F,Wang W Z,Liu S C,Li Y.Identification and evaluation of quality traits in sorghum germplasm.Journal of Plant Genetic Resources,2003,4(4):326-330.(in Chinese)
- [22] 李春宏,郭文琦,张培通,殷剑美,韩晓勇,王立.江苏沿海滩涂地甜高粱农艺性状灰色关联度评价.草业科学,2015,32(2):241-247.
Li C H,Guo W Q,Zhang P T,Yin J M,Han X Y,Wang L.Evaluation of agronomic characteristics of sweet sorghum by gray relational grade analysis in coastal region in Jiangsu Province.Pratacultural Science,2015,32(2):241-247.(in Chinese)
- [23] 田和彬,汪军妹,华为,杨建明.大麦主要农艺和品质性状的相关性及灰色关联度分析.浙江农业学报,2011,23(3):433-438.
Tian H B,Wang J M,Hua W,Yang J M.Correlation and grey relational analysis of main agronomic traits and malting quality traits of barley.Acta Agriculturae Zhejiangensis,2011,23(3):433-438.(in Chinese)

(责任编辑 武艳培)