



曹禹,阿勒合斯·加尔得木拉提,玛力帕提·努尔太,等.基于主成分分析的谷子种质资源主要农艺性状综合评价[J].黑龙江农业科学,2023(3):1-7.

# 基于主成分分析的谷子种质资源主要农艺性状综合评价

曹禹,阿勒合斯·加尔得木拉提,玛力帕提·努尔太,陈建伟,彭云承,周大伟

(伊犁哈萨克自治州农业科学研究所,新疆伊宁 835000)

**摘要:**为了综合评价 25 份谷子种质资源,选取主茎直径、穗粒重、单穗重、千粒重、产量等 12 个主要农艺性状指标,通过变异系数、相关性和主成分分析等方法对谷子种质在新疆伊犁州的适应性进行综合评价。结果表明,12 个主要农艺性状变异系数幅度在 7.20%~18.55%之间,茎粗、主穗直径和产量的变异系数较大,千粒重和生育期变异系数较小。不同谷子品种的主要农艺性状之间存在相关性。产量与单穗重、穗粒重和千粒重呈极显著正相关,与生育期、倒二叶宽度呈显著负相关;千粒重与生育期、倒二叶宽度分别呈极显著和显著负相关。对主要农艺性状进行主成分分析,提取到 4 个主成分,累计贡献率为 81.78%。25 个谷子品种主成分综合得分高低顺序依次为:嫩选 18>赤优金苗 1 号>陇谷 13>九谷 23>金苗 K2>济谷 22>嫩选 15>张杂谷 16 号>公谷 88>冀谷 168>黄金苗>朝谷 58>大同 29>张杂谷 13 号>豫谷 18>中谷 2 号>豫谷 35>长农 47>晋谷 21>中谷 9 号>龙谷 38>龙谷 25>长农 35>山西红谷>冀谷 39。嫩选 18、赤优金苗 1 号、陇谷 13、九谷 23、金苗 K2、济谷 22 和嫩选 15 适宜在伊犁州种植,其主成分得分与产量表现基本一致,产量依次为 617.81, 550.03, 588.03, 579.81, 564.92, 535.36 和 594.92 kg·(667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>,生育期适中,为 120~144 d。

**关键词:**谷子;农艺性状;变异系数;相关性分析;主成分分析

谷子[*Setaria italica* (L.) Beauv.]属于禾本科狗尾草属,在中国具有悠久的栽培历史,具有耐寒、耐瘠、水分利用率高、农药化肥用量少和抗性强等特点,是典型的环境友好型作物,也是保证粮食安全的重要杂粮作物<sup>[1-4]</sup>。我国谷子种植主要产区集中在东北、华北和西北地区<sup>[5]</sup>。由于地域条件、环境气候的不同,形成了谷子不同的生态学特征和农艺性状,因此,受遗传特征、栽培方法、环境条件等因素的影响,谷子品种间农艺性状和单产水平有着不同的差异表现<sup>[5-8]</sup>。研究和探讨引进的谷子品种间农艺性状和产量的差异并对参试品种进行综合评价,对新疆伊犁河谷谷子品种的筛选及推广应用具有重要意义。近年来,采用多元统计分析方法对农作物进行综合评价的研究很多,在小麦、玉米、水稻、棉花上取得了诸多成果。徐澜等<sup>[9]</sup>结合高稳系数法、灰色关联系数法等从 14 个引种春麦中筛选出 5 个丰产、稳产性好的南

引品种;王俊花等<sup>[10]</sup>对糯玉米杂交组合进行综合分析,筛选出 18 份优良组合;刘丽娟<sup>[11]</sup>通过主成分分析从 24 份淮北大米品种(系)中筛选出 8 个性状指标的综合品质好的材料 1 份;张华崇等<sup>[12]</sup>通过主成分分析发现,棉花的纤维品质因子、生育期因子、铃重因子和棉花果枝因子能基本反映全部特征。与此同时,主成分分析在谷子农艺性状与产量等方面的研究也有诸多报道。杨慧卿等<sup>[13]</sup>、李晓宇等<sup>[14]</sup>和方路斌等<sup>[15]</sup>运用主成分分析方法研究了谷子主要农艺性状;赵利蓉等<sup>[16]</sup>研究了不同谷子品种在同一地区种植农艺性状、产量、小米外观品质、食味品质和营养品质的差异;韩飞等<sup>[17]</sup>对 63 份谷子种质的耐盐性进行了综合评价及筛选。关于谷子在新疆引种试验的报道较少,尤其是关于伊犁河谷种植的谷子品种间农艺性状及产量的相关性、主成分分析和品种综合评价的相关文献鲜见报道。本研究以 2021 年引进的 25 份谷子品种对比试验为基础,运用相关性及主成分分析法,对引进谷子品种在新疆伊犁河谷栽培中的农艺性状及产量进行分析和综合评价,旨在为筛选出适宜新疆伊犁河谷种植的优良谷子品种提供理论依据。

收稿日期:2022-10-16

基金项目:新疆维吾尔自治区共享平台建设项目(PT2204)。

第一作者:曹禹(1986-),男,农业推广硕士,助理研究员,从事作物栽培技术与推广。E-mail:18999575469@126.com。

通信作者:周大伟(1981-),男,农业推广硕士,高级农艺师,从事杂粮作物品种选育及高产栽培技术研究。E-mail:123124837@qq.com。

# 1 材料与amp;方法

## 1.1 材料

供试材料为伊犁哈萨克自治州农业科学研究所引进的国内 25 份谷子品种,见表 1。

表 1 供试品种名称及来源

序号	品种名称	来源
1	晋谷 21	山西省农业科学院经济作物研究所
2	黄金苗	内蒙古赤峰市农牧科学研究院
3	山西红谷	内蒙古赤峰市农牧科学研究院
4	长农 35	山西省农业科学院谷子研究所
5	大同 29	山西省农业科学院高寒区作物研究所
6	金苗 K2	内蒙古赤峰市农牧科学研究院
7	赤优金苗 1 号	内蒙古赤峰市农牧科学研究院
8	张杂谷 13 号	河北省张家口市农业科学院
9	张杂谷 16 号	河北省张家口市农业科学院
10	长农 47	山西省农业科学院谷子研究所
11	陇谷 13	甘肃省农业科学院作物研究所
12	九谷 23	吉林省吉林市农业科学院
13	嫩选 18	黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院
14	嫩选 15	黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院
15	朝谷 58	辽宁省旱地农林研究所
16	龙谷 25	黑龙江省农业科学院作物资源研究所
17	龙谷 38	黑龙江省农业科学院作物资源研究所
18	公谷 88	吉林省农业科学资源研究所
19	豫谷 18	河南省安阳市农业科学院
20	豫谷 35	河南省安阳市农业科学院
21	济谷 22	山东省农业科学院作物研究所
22	冀谷 168	河北省农林科学院谷子研究所
23	冀谷 39	河北省农林科学院谷子研究所
24	中谷 9 号	中国农业科学院作物科学研究所
25	中谷 2 号	中国农业科学院作物科学研究所

## 1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于 2020 年 3 月至 2021 年 10 月在伊犁哈萨克自治州农业科学研究所试验田进行。试验田前茬为玉米,灰钙土。试验田年平均气温 10.4℃,年日照时数 2 870 h,年降水量在 417.6 mm。试验采用露地直播方式,2020 年秋季对试验田进行深翻,2021 年 4 月 16 日采用小型人力条播机播种。试验采用单因素随机区组设计,3 个重复,小区面积 12 m<sup>2</sup> (2.4 m×5.0 m),收获面积 10 m<sup>2</sup>,行长 5 m,行距 0.4 m。在 2021 年

5 月 10 日、6 月 21 日进行 2 次滴灌,每次灌水量为 600 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>。试验田地势平坦,土壤肥力均匀,周围无玉米等高秆作物。

1.2.2 测定项目及方法 按照《谷子种质资源规范描述规范》的规定,在成熟期每个小区选取 10 株进行室内考种,采集株高(X<sub>1</sub>)、主茎直径(X<sub>2</sub>)、倒二叶长(X<sub>3</sub>)、倒二叶宽(X<sub>4</sub>)、主茎节数(X<sub>5</sub>)、生育期(X<sub>6</sub>)、主穗长度(X<sub>7</sub>)、主穗直径(X<sub>8</sub>)、单穗重(X<sub>9</sub>)、穗粒重(X<sub>10</sub>)、千粒重(X<sub>11</sub>)和产量(X<sub>12</sub>)数据。小区产量为去掉小区两侧保护行后,人工收获的谷穗风干至恒重后脱粒称重,并折算成单位面积产量。

1.2.3 数据分析 用 Excel 2007 对数据进行描述性统计,用 SPSS 22 软件进行变异系数分析、相关性分析和主成分分析,同时通过因子分析确定参试各品种的 12 个农艺性状指标主成分特征值和特征向量,根据主成分特征值大于 1 的原则,选择关键主成分,计算各主成分得分,再以每个主成分贡献率为权重,计算主成分综合模型,最后用不同谷子品种的综合分值进行排序<sup>[18-19]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同产区谷子主要农艺性状分析

由表 2 可知,河北省、内蒙古自治区谷子品种主要农艺性状均为中等,河南省谷子品种生育期较长,黑龙江省谷子品种生育期最短、主茎直径小,吉林省谷子品种株高较矮,山西省品种生育期较长、株高较高、主茎节数较多,中国农业科学院谷子品种生育期较长、主茎直径较大、主茎节数较少。

### 2.2 主要农艺性状的变异系数分析

由表 3 可知,25 个谷子品种的 12 个主要农艺性状变异系数幅度在 7.20%~18.55%之间,变异幅度由大到小分别为:主茎直径>主穗直径>产量>穗粒重>单穗重>倒二叶宽>株高>主茎节数>主穗长度>倒二叶长>千粒重>生育期。其中主茎直径、主穗直径和产量的变异系数较大,表明这些农艺性状受环境、栽培措施影响较大,通过改变栽培技术等措施,可以得到较大幅度的改变;千粒重和生育期的变异系数较小,表明这类农艺性状通过不同栽培技术很难得到改变,其他农艺性状的变异系数在两者之间,表示可以通过不同的栽培措施,在一定程度上改善和提高。

表 2 不同产区谷子的主要农艺性状

性状	河北省	河南省	黑龙江省	吉林省	内蒙古自治区	山西省	中国农业科学院
生育期/d	139.00±12.78 ab	145.00±1.41 a	128.50±7.50 b	136.50±6.36 ab	133.75±6.90 ab	149.25±7.14 a	145.00±1.41 a
株高/cm	130.87±6.41 bc	131.04±2.27 bc	140.06±6.29 ab	113.43±21.98 c	146.09±10.06 ab	156.66±12.93 a	128.06±4.38 bc
主茎直径/mm	10.26±1.88 bc	11.38±0.52 ab	7.78±0.17 d	8.59±1.08 cd	8.21±0.63 cd	9.61±1.11 bed	12.68±1.26 a
倒二叶长/mm	44.27±2.71 a	43.69±1.39 a	38.71±7.09 a	39.93±2.16 a	38.82±3.79 a	39.52±4.85 a	42.98±3.84 a
倒二叶宽/mm	2.63±0.52 a	2.56±0.12 a	2.26±0.16 a	2.44±0.13 a	2.33±0.32 a	2.60±0.44 a	2.70±0.07 a
主茎节数/个	11.09±1.40 ab	10.55±1.39 ab	10.77±0.84 ab	11.45±0.25 ab	12.16±0.95 ab	12.63±1.78 a	9.72±1.40 b
主穗长度/cm	26.54±2.65 a	26.33±1.44 a	24.11±2.82 a	24.91±4.38 a	24.74±2.84 a	21.81±3.05 a	26.25±2.88 a
主穗直径/mm	27.51±5.97 a	28.80±1.12 a	21.40±1.67 a	25.63±0.34 a	24.26±5.86 a	27.83±4.95 a	27.54±0.40 a
单穗重/g	37.91±4.44 a	35.93±2.18 a	34.86±7.76 a	39.06±1.15 a	35.50±6.82 a	33.11±3.04 a	35.13±1.62 a
穗粒重/g	27.32±4.81 a	28.55±0.30 a	28.80±6.72 a	31.51±2.00 a	29.02±4.19 a	25.87±3.12 a	25.44±4.03 a
千粒重/g	2.51±0.16 a	2.43±0.05 a	2.75±0.41 a	2.88±0.04 a	2.70±0.26 a	2.41±0.14 a	2.50±0.25 a
产量/[kg·(667 m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> ]	446.25±59.95 a	458.91±15.09 a	494.03±130.48 a	563.59±22.95 a	498.25±81.45 a	420.58±48.23 a	438.25±56.58 a

表 3 不同谷子品种的主要农艺性状表现及变异分析

品种	株高/	主茎直径/	倒二叶长/	倒二叶宽/	主茎节数/	生育期/	主穗长度/	主穗直径/	单穗重/	穗粒重/	千粒重/	产量/
	cm	mm	mm	mm	个	d	cm	mm	g	g	g	[kg· (667 m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> ]
晋谷 21	167.95	9.26	40.83	2.62	15.14	157	22.20	26.15	32.04	24.24	2.37	357.13
黄金苗	156.90	9.15	42.61	1.96	12.47	125	28.26	26.02	30.51	26.22	2.75	492.69
山西红谷	152.12	7.78	34.29	2.71	10.83	132	21.43	16.61	28.80	24.85	2.33	385.35
长农 35	164.61	10.74	41.41	3.21	11.40	153	18.70	29.44	29.86	22.72	2.37	418.47
大同 29	154.95	8.22	32.43	2.19	11.33	141	25.85	22.02	37.09	29.88	2.62	473.36
金苗 K2	139.75	7.94	37.20	2.41	12.26	141	23.98	23.74	42.26	33.74	2.80	564.92
赤优金苗 1 号	135.60	7.96	41.17	2.22	13.07	137	25.29	30.66	40.42	31.27	2.93	550.03
张杂谷 13 号	139.65	7.57	40.20	2.04	11.50	125	29.47	25.85	32.11	25.87	2.59	471.36
张杂谷 16 号	129.01	11.03	45.70	2.58	11.50	146	26.83	35.69	42.92	31.62	2.56	473.36
长农 47	139.12	10.22	43.40	2.41	12.64	146	20.49	33.68	33.46	26.64	2.29	433.36
陇谷 13	184.31	10.12	36.55	2.28	12.40	125	25.43	23.95	41.25	33.37	2.93	588.03
九谷 23	128.97	7.82	41.46	2.34	11.27	132	28.00	25.39	39.87	32.92	2.90	579.81
嫩选 18	135.35	8.03	46.89	2.41	11.76	132	25.49	21.60	43.63	34.86	3.23	617.81
嫩选 15	137.05	7.71	31.26	2.13	9.90	120	20.96	23.66	39.06	34.37	2.94	594.92
朝谷 58	124.19	9.98	45.67	2.45	10.78	146	21.99	24.02	36.75	30.71	2.71	510.25
龙谷 25	149.30	7.68	34.59	2.12	10.27	125	22.70	19.90	27.38	22.99	2.48	394.69
龙谷 38	138.55	7.70	42.11	2.38	11.14	137	27.28	20.43	29.35	22.98	2.33	368.69
公谷 88	97.89	9.35	38.40	2.53	11.63	141	21.81	25.87	38.24	30.09	2.85	547.36
豫谷 18	129.43	11.75	44.67	2.64	11.53	146	25.31	28.00	37.47	28.34	2.39	448.24
豫谷 35	132.64	11.01	42.71	2.47	9.56	144	27.34	29.59	34.39	28.76	2.46	469.58
济谷 22	128.65	12.38	40.55	2.39	11.76	144	25.09	28.30	42.73	31.99	2.73	535.36
冀谷 168	130.49	10.54	45.50	2.58	12.30	132	26.82	21.41	38.46	30.63	2.62	483.58
冀谷 39	124.34	11.90	45.66	3.30	9.07	153	23.04	27.08	38.14	21.16	2.27	356.68
中谷 9 号	131.15	13.57	45.69	2.65	8.73	144	28.28	27.82	36.27	22.59	2.32	398.24
中谷 2 号	124.96	11.79	40.26	2.75	10.71	146	24.21	27.25	33.98	28.29	2.67	478.25
平均值	139.08	9.65	40.85	2.47	11.40	138.80	24.65	25.77	36.26	28.44	2.62	479.67
标准差	17.47	1.79	4.40	0.32	1.34	9.99	2.84	4.31	4.84	4.18	0.26	78.39
变异系数/%	12.56	18.55	10.78	12.77	11.75	7.20	11.50	16.72	13.35	14.69	9.82	16.34

### 2.3 主要农艺性状的相关性分析

由表4可知,不同谷子品种的主要农艺性状之间存在相关性。产量( $X_{12}$ )与单穗重( $X_9$ )、穗粒重( $X_{10}$ )和千粒重( $X_{11}$ )呈极显著正相关,与生育期( $X_6$ )、倒二叶宽度( $X_4$ )呈显著负相关。千粒重与生

育期呈极显著负相关,与单穗重和穗粒重呈显著正相关,与倒二叶宽度呈显著负相关。穗粒重与倒二叶宽度呈显著负相关,与单穗重呈极显著正相关。生育期越短、倒二叶宽度越小,谷子的千粒重、穗粒重和产量越高。

表4 不同谷子品种的主要农艺性状相关性分析

项目	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}$
$X_1$	1											
$X_2$	-0.23	1										
$X_3$	-0.35	0.53**	1									
$X_4$	-0.15	0.57**	0.37	1								
$X_5$	0.38	-0.29	-0.00	-0.24	1							
$X_6$	-0.18	0.58**	0.44*	0.72**	0.08	1						
$X_7$	-0.09	0.03	0.30	-0.42*	-0.08	-0.31	1					
$X_8$	-0.21	0.53**	0.45*	0.20	0.10	0.50*	0.03	1				
$X_9$	-0.32	0.18	0.19	-0.04	0.07	0.03	0.19	0.27	1			
$X_{10}$	-0.16	-0.21	-0.13	-0.42*	0.23	-0.33	0.12	0.02	0.79**	1		
$X_{11}$	-0.10	-0.38	-0.16	-0.49*	0.21	-0.51**	0.16	-0.15	0.63**	0.84**	1	
$X_{12}$	-0.15	-0.25	-0.14	-0.46*	0.15	-0.46*	0.14	0.00	0.71**	0.93**	0.94**	1

注:\*,\*\*分别代表相关性达到显著水平( $P<0.05$ )和极显著水平( $P<0.01$ )。

### 2.4 主要农艺性状的主成分分析

对谷子品种的评价不能单一通过某一种性状表现来判断,主成分分析法是将原有的多个具有相关性观测指标通过降维,归纳成新的不相关主成分,且新的主成分能反映原有观测指标的大部分信息,通过主成分进行综合评价<sup>[18-20]</sup>。

由表5可知,对所有观测指标数据进行标准化处理,按照主成分特征值大于1的原则,提取到了4个主成分,累计贡献率为81.780%,提取到的4个主成分因子能较好反映供试材料的全部主要农艺性状信息,可以替代原有的12个农艺性状观测值进行谷子品种的综合评价。

表5 不同谷子品种各性状的主成分方差贡献率

主成分	相关矩阵的特征值			提取因子的载荷平方和		
	各主成分的特征值	各成分占总方差的比例/%	累计百分比/%	各因子的特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	4.301	35.845	35.845	4.301	35.845	35.845
2	2.834	23.620	59.465	2.834	23.620	59.465
3	1.442	12.014	71.480	1.442	12.014	71.480
4	1.236	10.300	81.780	1.236	10.300	81.780

从表5和表6可以看出,第1主成分特征值4.301,贡献率为35.845%,其函数表达式为  $F_1 = 0.015X_1 - 0.278X_2 - 0.181X_3 - 0.355X_4 + 0.118X_5 - 0.346X_6 + 0.122X_7 - 0.135X_8 + 0.245X_9 + 0.405X_{10} + 0.437X_{11} + 0.427X_{12}$ ,特征向量中穗粒重、千粒重、产量指标的载荷较高,说明第1主成分主要反映了谷子产量情况;第2主成分特征值2.834,贡献率为23.620%,其函数表达式为  $F_2 = -0.344X_1 + 0.365X_2 + 0.381X_3 + 0.181X_4 - 0.040X_5 + 0.263X_6 + 0.102X_7 + 0.386X_8 + 0.450X_9 + 0.257X_{10} + 0.150X_{11} + 0.224X_{12}$ ,特征向量中单穗重有较高载荷因子,表明第2主成

分、第1主成分一同反映了谷子的产量情况;第3主成分特征值1.442,贡献率为12.014%,其函数表达式为  $F_3 = 0.357X_1 - 0.072X_2 - 0.147X_3 + 0.168X_4 + 0.597X_5 + 0.320X_6 - 0.538X_7 + 0.177X_8 + 0.085X_9 + 0.143X_{10} + 0.064X_{11} + 0.071X_{12}$ ,特征向量中主茎节数有较高载荷因子;第4主成分特征值1.236,贡献率10.300%,其函数表达式为  $F_4 = 0.318X_1 + 0.014X_2 + 0.345X_3 - 0.334X_4 + 0.484X_5 - 0.025X_6 + 0.559X_7 + 0.286X_8 - 0.095X_9 - 0.100X_{10} - 0.086X_{11} - 0.118X_{12}$ ,特征向量中主穗长度载荷较高。

表 6 不同谷子品种的主成分载荷矩阵及特征向量

性状	主成分				特征向量			
	1	2	3	4	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$
X <sub>1</sub>	0.032	-0.579	0.429	0.353	0.015	-0.344	0.357	0.318
X <sub>2</sub>	-0.577	0.614	-0.086	0.016	-0.278	0.365	-0.072	0.014
X <sub>3</sub>	-0.375	0.641	-0.177	0.383	-0.181	0.381	-0.147	0.345
X <sub>4</sub>	-0.736	0.305	0.202	-0.371	-0.355	0.181	0.168	-0.334
X <sub>5</sub>	0.244	-0.067	0.717	0.538	0.118	-0.040	0.597	0.484
X <sub>6</sub>	-0.717	0.442	0.384	-0.028	-0.346	0.263	0.320	-0.025
X <sub>7</sub>	0.252	0.171	-0.646	0.621	0.122	0.102	-0.538	0.559
X <sub>8</sub>	-0.281	0.650	0.213	0.318	-0.135	0.386	0.177	0.286
X <sub>9</sub>	0.509	0.757	0.102	-0.106	0.245	0.450	0.085	-0.095
X <sub>10</sub>	0.840	0.432	0.172	-0.111	0.405	0.257	0.143	-0.100
X <sub>11</sub>	0.906	0.252	0.077	-0.096	0.437	0.150	0.064	-0.086
X <sub>12</sub>	0.886	0.377	0.085	-0.131	0.427	0.224	0.071	-0.118

以 4 个主成分的贡献率为权重,其权重分别为 0.358,0.236,0.120 和 0.103,构建出不同谷子品种主成分分析综合评价模型公式: $F=0.358F_1+0.236F_2+0.120F_3+0.103F_4$ ,通过该模型计算得出 25 个参试品种的主成分分析综合得分  $F$  值。25 个品种间主成分综合得分存在较大差异,嫩选 18 主成分综合得分最高,综合得分  $F$  为 1.52,冀谷 39 主成分综合得分最低,综合得分  $F$

为-1.42。25 个谷子品种主成分综合得分高低顺序依次为:嫩选 18>赤优金苗 1 号>陇谷 13>九谷 23>金苗 K2>济谷 22>嫩选 15>张杂谷 16 号>公谷 88>冀谷 168>黄金苗>朝谷 58>大同 29>张杂谷 13 号>豫谷 18>中谷 2 号>豫谷 35>长农 47>晋谷 21>中谷 9 号>龙谷 38>龙谷 25>长农 35>山西红谷>冀谷 39(表 7)。

表 7 不同谷子品种的主成分综合得分及其排序

品种名称	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F$	排序
晋谷 21	-2.21	-1.40	3.03	1.66	-0.59	19
黄金苗	1.11	-1.39	-0.72	2.25	0.21	11
山西红谷	-1.09	-3.52	0.04	-1.50	-1.37	24
长农 35	-3.50	-0.58	2.16	-0.79	-1.21	23
大同 29	1.14	-1.58	0.23	-0.17	0.05	13
金苗 K2	2.11	0.35	1.08	-0.62	0.90	5
赤优金苗 1 号	2.01	0.92	0.93	0.91	1.14	2
张杂谷 13 号	0.98	-1.51	-1.60	1.60	-0.03	14
张杂谷 16 号	-0.49	2.88	0.11	1.02	0.62	8
长农 47	-1.82	0.32	1.53	0.68	-0.32	18
陇谷 13	2.86	-0.54	1.16	0.64	1.10	3
九谷 23	2.42	0.78	-0.77	0.17	0.98	4
嫩选 18	3.29	1.53	-0.01	-0.22	1.52	1
嫩选 15	3.39	-1.01	-0.04	-2.29	0.74	7
朝谷 58	-0.03	1.05	0.03	-0.89	0.15	12
龙谷 25	-0.23	-3.75	-0.96	-0.62	-1.15	22
龙谷 38	-1.30	-2.21	-1.39	0.77	-1.08	21
公谷 88	0.89	1.14	0.21	-1.74	0.43	9
豫谷 18	-1.47	1.34	-0.13	0.37	-0.19	15
豫谷 35	-1.03	0.92	-1.32	0.24	-0.29	17
济谷 22	0.63	2.10	0.30	-0.07	0.75	6
冀谷 168	0.43	0.65	-0.60	0.48	0.29	10
冀谷 39	-4.17	1.32	-0.75	-1.42	-1.42	25
中谷 9 号	-2.86	1.24	-2.36	0.32	-0.98	20
中谷 2 号	-1.06	0.96	-0.17	-0.80	-0.26	16

### 3 讨论

谷子是对生态环境反应敏感的短日照作物<sup>[21]</sup>。本试验反映出在相同耕种条件下不同生态区的谷子品种在伊犁河谷种植生育期表现也不同。来自东北春谷区黑龙江的谷子品种嫩选 15 的生育期最短,来自华北夏谷区山西省、河北省的谷子品种晋谷 21、长农 35、冀谷 39 表现为晚熟,这一结论与秦岭等<sup>[21]</sup>、杨慧卿等<sup>[13]</sup>、李晓宇等<sup>[14]</sup>对不同生态区谷子创新种质主要农艺性状与产量相关性分析研究中的结果一致。

变异系数是衡量作物发生变异程度的指标,性状的变化幅度越大,其对应的变异系数值越大,25 个谷子品种的 12 个主要农艺性状变异系数幅度在 7.20%~18.55%之间,主茎直径、主穗直径和产量的变异系数较大,千粒重和生育期变异系数较小。农艺性状变异系数越大,表明受环境、栽培措施影响越大,通过改变栽培技术等措施,可以得到较大幅度的改善;农艺性状变异系数越小,表明受环境、栽培措施影响越小,此类性状较为稳定,在品种选育过程种可作为评价指标,这一结论与袁峰等<sup>[22]</sup>在谷子产量相关性状的成分分析的研究中基本一致。

相关性分析结果显示,不同谷子品种产量与生育期和叶宽呈显著负相关。这一结论与秦岭等<sup>[21]</sup>研究结果存在差异,分析原因可能是受环境因素、播期影响较大。生育期长、晚熟品种在产量形成过程中 7 月下旬至 8 月中旬受到高温天气和干热风影响较大,导致减产。因此,在伊犁河谷谷子生产中应选择生育期适中的谷子品种,提早播种,避免不利气象条件造成的产量损失。

主成分分析能最大限度地反映原有多个变量的信息量,从而简化多指标分析,揭示变量之间的关系,为选择优质高产的品种提供科学依据<sup>[23]</sup>。通过主成分分析法将 25 个不同谷子品种的 12 个主要农艺性状指标归结为 4 个主成分,第 1 主成分中穗粒重、千粒重和产量 3 个指标的权重较高,可以归结为产量相关指标,生育期指标的权重绝对值较大,与产量因子指标呈负相关,在引进谷子新品种时,应结合当地的光照、温度条件,选择生育期适中的谷子品种。第 2 主成分中单穗重的权重较高,可与第 1 主成分一同归结为产量相关指标,第 3、4 主成分总主茎节数、主穗长度权重较高,可一同归结为生长势相关指标。

### 4 结论

通过主成分分析,25 份谷子品种的 12 个主要农艺性状的单项指标综合为 4 个主成分,累计贡献率为 81.780%。参试品种中嫩选 18、赤优金苗 1 号、陇谷 13、九谷 23、金苗 K2、济谷 22 和嫩选 15 适宜在伊犁州种植,其主成分得分与产量表现基本一致,产量依次为 617.81,550.03,588.03,579.81,564.92,535.36 和 594.92  $\text{kg}\cdot(667\text{ m}^2)^{-1}$ ,生育期适中,为 120~144 d。

#### 参考文献:

- [1] 樊瑀,董淑琦,原向阳,等.谷子种质资源萌发期抗旱性综合评价及抗旱指标筛选[J].中国农业大学学报,2022,27(6):42-54.
- [2] 吕建珍,任莹,王宏勇,等.264 份谷子主要育成品种(系)表型多样性综合评价[J].作物杂志,2022(4):22-31.
- [3] 刁现民.中国谷子产业与产业技术体系[M].北京:中国农业科学与技术出版社,2011.
- [4] 李顺国,刘斐,刘猛,等.中国谷子产业和种业发展现状与未来展望[J].中国农业科学,2021,54(3):459-470.
- [5] 杨慧卿,王根全,郝晓芬,等.山西谷子品种主要农艺性状的相关和主成分分析[J].农学学报,2020,10(10):19-23.
- [6] 王海岗,贾冠清,智慧,等.谷子核心种质表型遗传多样性分析及综合评价[J].作物学报,2016,42(1):19-30.
- [7] 刘正理,程汝宏,张凤莲,等.不同密度条件下 3 种类型谷子品种产量及其构成要素变化特征研究[J].中国生态农业学报,2007(5):135-138.
- [8] 董晓杰,李志江,马金丰,等.东北春谷区谷子产量与主要农艺性状的灰色关联分析[J].黑龙江农业科学,2022(7):25-31.
- [9] 徐澜,秦秀娟,安伟,等.基于主成分分析的南引小麦品种综合评价[J].甘肃农业大学学报,2022,57(3):32-41.
- [10] 王俊花,邵林生,闫建宾,等.基于主成分分析的糯玉米杂交组合农艺性状综合评价[J].山西农业科学,2022,50(7):938-944.
- [11] 刘丽娟.淮北部分水稻品种(系)品质综合评价[J].北方水稻,2022,52(3):23-27.
- [12] 张华崇,闫振华,赵树琪,等.46 份棉花杂交组合主要性状主成分和聚类分析[J].种子,2022,41(5):60-65.
- [13] 杨慧卿,王根全,郝晓芬,等.山西省谷子地方种质资源表型多样性分析[J].江苏农业科学,2022,50(13):20-25.
- [14] 李晓宇,王昆鹏,刘迎春,等.谷子主要农艺性状分析[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2015,36(2):26-30.
- [15] 方路斌,罗河月,陈洁,等.谷子主要农艺性状的相关和主成分分析[J].天津农业科学,2018,24(11):62-65.
- [16] 赵利蓉,马珂,张丽光,等.不同生态区谷子品种农艺性状和品质分析[J].作物杂志,2022(2):44-53.
- [17] 韩飞,诸葛玉平,娄燕宏,等.63 份谷子种质的耐盐综合评价及耐盐品种筛选[J].植物遗传资源学报,2018,19(4):685-693.
- [18] 吴海艳,曲珍,刘昭明,等.基于主成分分析的燕麦品种生产

- 性能的比较研究[J]. 草地学报, 2021, 29(9): 1967-1973.
- [19] 王玉琴, 尹亚丽, 李世雄. 不同退化程度高寒草甸土壤理化性质及酶活性分析[J]. 生态环境学报, 2019, 28(6): 1108-1116.
- [20] 王英成, 芦光新, 邓晖, 等. 基于主成分分析的青贮玉米品种农艺性状评价及筛选研究[J]. 草地学报, 2019, 27(6): 1725-1732.
- [21] 秦岭, 管延安, 杨延兵, 等. 不同生态区谷子创新种质主要农艺性状与产量相关性分析[J]. 山东农业科学, 2008(9): 10-13.
- [22] 袁峰, 杨慧卿, 王军, 等. 谷子产量相关性状的主成分分析[J]. 河北农业科学, 2010, 14(11): 112-114.
- [23] 荆瑞勇, 卫佳琪, 王丽艳, 等. 基于主成分分析的不同水稻品种品质综合评价[J]. 食品科学, 2020, 41(24): 179-184.

## Comprehensive Evaluation of Major Agronomic Traits of Foxtail Millet Germplasm Resources Based on Principal Component Analysis

CAO Yu, Alehesi · Jiaerdemulati, Malpati · Nuertai, CHEN Jianwei, PENG Yuncheng, ZHOU Dawei

(Ili Kazakh Autonomous Prefecture Agricultural Science Institute, Yining 835000, China)

**Abstract:** In order to comprehensively evaluate 25 millet germplasm resources. Twelve main agronomic traits including main stem diameter, grain weight per spike, single spike weight, 1 000-grain weight and yield were selected to comprehensively evaluate the adaptability of millet germplasm in Ili Prefecture of Xinjiang by means of variation coefficient, correlation and principal component analysis. The coefficient of variation of 12 main agronomic traits ranged from 7.20% to 18.55%. The coefficient of variation of stem diameter, main panicle diameter and yield were larger, and the coefficient of variation of 1 000-grain weight and growth period were smaller. There was a correlation between the main agronomic traits of different millet varieties. The yield was significantly positively correlated with single panicle weight, grain weight per panicle and 1 000-grain weight, and significantly negatively correlated with growth period and width of the second leaf from top. The 1 000-grain weight was significantly negatively correlated with the growth period and the width of the second leaf. Principal component analysis was performed on the main agronomic traits, and four principal components were extracted, with a cumulative contribution rate of 81.78%. The order of comprehensive scores of principal components of 25 millet varieties was as follows: Nenxuan 18 > ChiyouJinmiao 1 > Longgu 13 > Jiugu 23 > Jinmiao K2 > Jigu 22 > Nenxuan 15 > Zhangzagu 16 > Gonggu 88 > Jigu 168 > Huangjinmiao > Chaogu 58 > Datong 29 > Zhangzagu 13 > Yugu 18 > Zhonggu 2 > Yugu 35 > Changnong 47 > Jingu 21 > Zhonggu 9 > Longgu 38 > Longgu 25 > Changnong 35 > Shanxihonggu > Jigu 39. Nenxuan 18, Chiyoujinmiao 1, Longgu 13, Jiugu 23, Jinmiao K2, Jigu 22 and Nenxuan 15 were suitable for planting in Yili Prefecture, and their principal component scores were basically consistent with the yield performance. The yields were 617.81, 550.03, 588.03, 579.81, 564.92, 535.36, and 594.92 kg·(667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup> respectively, and growth period was moderate, ranging from 120 days to 144 days.

**Keywords:** foxtail millet; agronomic traits; coefficient of variation; correlation coefficients; principal component analysis

### 著作权使用声明

本刊已许可中国知网、维普网、万方数据、博看网等知识服务平台以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。本刊支付的稿酬已包含著作权使用费,所有署名作者向本刊提交文章发表之行为视为同意上述声明。

黑龙江农业科学编辑部