

旱作丘陵区不同酿造高粱种质资源 产量相关性状分析

彭之东^{1,2}, 范娜^{1,2}, 白文斌^{1,2}

[1. 山西农业大学(山西省农业科学院)高粱研究所, 山西 晋中 030600;
2. 高粱遗传与种质创新山西省重点实验室, 山西 晋中 030600]

摘要: 通过筛选适宜在山西省旱作丘陵区种植的酿造高粱品种, 以集成丘陵旱作区高粱优质高效栽培技术。选取了12个高粱品种进行不同性状的相关性分析、主成分分析。结果表明, 折合产量最高的是晋梁211, 为10 560.85 kg/hm², 较对照品种高杂4增产8.35%; 其次是晋杂44号, 为10 502.12 kg/hm², 较对照品种高杂4增产7.74%; 吉杂225排第3, 为10 500.15 kg/hm², 较对照品种高杂4增产7.72%。晋杂44蛋白质含量最高(126.6 g/kg), 高杂4脂肪含量(56.4 g/kg)和淀粉含量最高(773.8 g/kg)。相关性分析表明, 主要农艺性状对产量的直接效应从大到小依次为出籽率、穗数、生育期、穗长、株高。通过主成分分析, 将7个产量相关指标划分成3个主成分因子, 第1主成分与鲜穗重、产量、穗数有关; 第2主成分与穗粒数、出籽率、水分含量有关; 第3主成分与千粒重有关。综合分析可知, 晋杂51号、禾梁1号、晋杂44号、吉杂225、晋梁211和高杂4号适宜在山西省旱作丘陵区推广种植。

关键词: 旱作丘陵区; 高粱品种; 产量; 相关性分析

中图分类号: S514

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2024)09-0828-06

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.09.009

Analysis of Yield Related Traits of Different Brewing Sorghum Varieties in Arid Hilly Areas

PENG Zhidong^{1,2}, FAN Na^{1,2}, BAI Wenbin^{1,2}

(1. Sorghum Research Institute, Shanxi Agricultural University/Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Jinzhong Shanxi 030600, China; 2. Key Laboratory of Sorghum Genetics and Germplasm Innovation in Shanxi Province, Jinzhong Shanxi 030600; China)

Abstract: In order to integrate the high quality and high efficiency cultivation technology of sorghum in the hilly area of Shanxi Province, the brewed sorghum varieties suitable for planting in the upland area were screened. 12 sorghum varieties were selected for correlation analysis, and principal component analysis. The results showed that Jinliang 211 had the highest yield of 10 560.85 kg/ha, which was 8.35% higher than the control variety Gaoza 4. The second was Jinza 44 (10 502.12 kg/ha), which was 7.74% higher than the control variety Gaoza 4. Jiza 225 ranked the third with 10 500.15 kg/ha of yield, which was 7.72% higher than the control variety Gaoza 4. The protein content of Jinza 44 was the highest (126.6 g/kg), the ether extract content (56.4 g/kg) and starch content (773.8 g/kg) of Gaoza 4 were the highest. The correlation analysis showed that the direct effects of main agronomic traits on yield were seed rate, panicle number, growth period, panicle length and plant height in descending order. By principal component analysis, 7 yield-related indexes were divided into 3 principal component factors. The first principal component was related to fresh spike weight, yield and spike number. The second principal component was related to grain number per spike, seed yield and water content. The third principal component is related to thousand-grain weight. The comprehensive analysis shows that Jinza 51, Heliang 1, Jinza 44, Jiza 225, Jinliang 211 and Gaoza 4 are suitable for spreading planting in the dry hilly area of Shanxi Province.

Key words: Dryland hilly area; Sorghum variety; Yield; Correlation analysis

收稿日期: 2024-06-01; 修订日期: 2024-08-22

基金项目: 山西农业大学地方合作项目(旱作酿造高粱轻简化栽培技术集成及原粮基地建设)(2024); 山西省科协调研课题(KXKT202335); 山西省高等学校科技创新课题(2022L083)。

作者简介: 彭之东(1984—), 男, 山西清徐人, 助理研究员, 主要从事高粱栽培技术和逆境生理研究工作。Email: 723835573@qq.com。

通信作者: 范娜(1981—), 女, 山西太原人, 副研究员, 主要从事高粱逆境生理学研究。Email: glszps@163.com。

丘陵旱作区指丘陵一般相对高度不超过 200 m, 高低起伏, 坡度较缓, 由连绵不断的低矮黄土山丘组成的地形。根据习近平总书记做出的发展有机旱作农业的指示, 以及山西省政府提出的“加快特色现代农业发展, 发展有机旱作农业, 提升农业科技创新和机械化水平, 扩大有机旱作示范创建范围, 做好杂粮全产业链开发”的工作报告。在丘陵旱作区选择适宜的品种是发展农业生产、开发利用丘陵旱作区的有效措施之一^[1-2]。高粱抗旱性强, 干旱条件下相对高产, 也是山西省传统酿造业清香型汾酒和山西老陈醋的主要原粮。因此可以作为干旱农田的先锋作物^[3-4]。

通过收集国内主栽品种和新选育的品种, 在高粱主产区光照、有效积温、水肥等立地条件下, 通过农艺性状和产量, 鉴定出适宜的专用酿造高粱; 以期助推区域酿造专用高粱品种的更新换代, 为山西省传统酿造业发展稳定了原粮供应。本研究针对 12 个不同酿造高粱品种, 采用相关性分析、主成分分析的方法对产量与品质性状进行综合评价, 旨在为酿造高粱高产优质品种的筛选及育种工作的开展提供科学依据, 为集成酿造高粱优质高效栽培技术提供一定的理论支撑。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地位于山西省忻州市河曲县许家坡村, 具有旱作丘陵区环境代表性。河曲县地处内陆, 属于大陆性季风气候, 春季温暖, 干旱多风, 气候干燥, 蒸发量大, 全县年平均气温 8.8 ℃。土壤为砂壤土, 耕层土壤含有有机质 2.57 g/kg、全氮 249 mg/kg、速效磷 4.40 mg/kg、速效钾 130.40 mg/kg, EC(电导率)值 133.10 mS/cm, 孔隙度 14.85%, pH 8.57。

1.2 试验材料

供试品种为不同地区已通过品种登记的酿造高粱品种, 品种名称和供种单位见表 1。对照为当地大面积种植品种高杂 4。

1.3 试验设计

试验采用随机区组设计, 每个品种小区面积 1 333 m², 不设重复。前茬玉米秋季收获后秸秆粉碎还田后深翻 30 cm, 春季播种前旋耕平整土地 1 次。试验以农家肥 45 m³/hm²、三元复合肥(N-

表 1 供试品种名称和供种单位

| 品种 | 供种单位 |
|----------|-----------------------|
| 晋梁211 | 山西农业大学(山西省农业科学院)高粱研究所 |
| 晋杂51号 | 山西农业大学(山西省农业科学院)高粱研究所 |
| 晋杂44号 | 山西农业大学(山西省农业科学院)高粱研究所 |
| 惠杂1号 | 黑龙江省讷河市惠龙农业科技开发有限公司 |
| 吉杂225 | 吉林省农业科学院作物研究所 |
| 红梁89 | 黑龙江省讷河市惠龙农业科技开发有限公司 |
| 禾梁1号 | 内蒙古禾为贵种业有限公司 |
| 高杂 4(CK) | 山西省忻州市河曲县种子站 |
| 惠杂3号 | 黑龙江省讷河市惠龙农业科技开发有限公司 |
| 惠杂 16 号 | 黑龙江省讷河市惠龙农业科技开发有限公司 |
| 吉杂224 | 吉林省农业科学院作物所 |
| 吉杂127 | 吉林省农业科学院作物所 |

P₂O₅-K₂O 为 18-12-15)600 kg/hm² 作为底肥, 抽穗期用无人机喷洒磷酸二氢钾 1.5 kg/hm² 进行追肥。整个过程实现精细化整地、覆膜精量播种免间苗、机械化中耕追肥、病虫草害防控、山地低损联合收获、秋整地保墒等全程机械化栽培技术。

1.4 调查项目及方法

生育期内调查记录参试品种的物候期、株高、穗长、穗型, 按照卢庆善^[5]的方法调查抗丝黑穗病性、倒伏率、植株整齐度和成熟度。籽粒成熟末期收获, 去除测产小区 2 行边行和两端 0.5 m 后再采收测产, 由实测产量计算折合产量; 取具有代表性的 10 穗风干考种。按照范娜等^[4]的方法采用近红外品质分析仪测定高粱籽粒品质相关指标。

1.5 数据处理

采用 Excel 软件整理数据, 用 DPS 软件进行相关性分析、主成分分析。

2 结果与分析

2.1 生育期

由表 2 可知, 参试高粱品种的生育期为 92 ~ 125 d, 红梁 89、晋杂 51 号、禾梁 1 号比对照品种高杂 4(CK)生育期长, 其中红梁 89 生育期最长, 与高杂 4(CK)差异显著; 其次是晋杂 51 号, 与惠杂 1 号、惠杂 3 号和惠杂 16 号差异显著, 与高杂 4(CK)差异不显著; 惠杂 1 号最短。

2.2 农艺性状

由表 2 可知, 参试酿造高粱品种株高为 78.55 ~ 188.67 cm, 除晋杂 44 号外其余品种均低

于对照品种高杂4(CK)。穗长为 22.12 ~ 32.64 cm, 晋杂 51 号最长, 惠杂 1 号最短; 其中惠杂 1 号、禾粱 1 号、惠杂 3 号、惠杂 16 号均低于高杂4(CK), 其余品种高于高杂4(CK)。穗型均为中紧型, 丝黑穗病发病率、倒伏率均为 0, 成熟度 100%。除吉杂 224、吉杂 127 植株为基本整齐外, 其余品种均为整齐。

2.3 产量相关指标

参试品种的产量相关指标见表 3。可以看出, 参试酿造高粱品种鲜穗重均低于高杂4(CK), 其中以吉杂 224 较重, 为 105.66 g; 其次是禾粱 1 号, 为 100.45 g; 红粱 89 最低, 为 64.38 g。吉杂 224、禾粱 1 号、晋杂 51 号、晋粱 211、高杂4(CK)、吉杂 127 均与惠杂 1 号、红粱 89、惠杂 3 号、惠杂 16 号差异显著, 与其余品种差异不显著。穗数

以吉杂 225 最多, 为 118 378.24 穗 /hm², 较高杂4(CK)多 26 596.04 穗/hm²; 晋杂 44 号、晋粱 211、吉杂 127 较多, 分别较高杂4(CK)多 23 007.60、14 624.34、12 990.86 穗/hm²; 惠杂 16 号、惠杂 1 号较少。穗粒数晋杂 44 号、禾粱 1 号、晋粱 211、吉杂 127、晋杂 51 号均高于高杂4(CK), 分别多 5 389.12、5 247.96、5 075.61、4 650.12、4 416.08 粒; 其余品种均低于高杂4(CK)。晋杂 44 号、禾粱 1 号、晋粱 211 之间差异不显著, 均与其余品种差异显著; 吉杂 127、晋杂 51 号、高杂4(CK)间差异不显著, 与其余品种差异显著。千粒重吉杂 225、晋杂 44 号、禾粱 1 号、晋粱 211、吉杂 224、吉杂 127 均高于高杂4(CK), 分别为 26.77、26.67、26.47、25.98、24.57、24.46 g; 晋杂 51 号与高杂4(CK)相当; 其余品种均低于高杂4(CK)。

表 2 参试酿造高粱品种的农艺性状

| 品种 | 生育期 /d | 株高 /cm | 穗长 /cm | 穗型 | 丝黑穗病 /% | 倒伏率 /% | 植株整齐度 | 成熟度 /% |
|---------|--------|-----------|----------|----|---------|--------|-------|--------|
| 晋粱 211 | 115 b | 128.26 c | 32.18 a | 中紧 | 0 | 0 | 整齐 | 100 |
| 晋杂51号 | 119 b | 151.23 b | 32.64 a | 中紧 | 0 | 0 | 整齐 | 100 |
| 晋杂44号 | 118 b | 188.67 a | 31.52 a | 中紧 | 0 | 0 | 整齐 | 100 |
| 惠杂1号 | 92 c | 78.55 de | 22.12 c | 中紧 | 0 | 0 | 整齐 | 100 |
| 吉杂225 | 116 b | 156.32 b | 28.79 ab | 中紧 | 0 | 0 | 整齐 | 100 |
| 红粱89 | 125 a | 152.15 b | 30.10 a | 中紧 | 0 | 0 | 整齐 | 100 |
| 禾粱1号 | 119 b | 156.12 b | 26.95 b | 中紧 | 0 | 0 | 整齐 | 100 |
| 高杂4(CK) | 118 b | 172.31 a | 28.12 ab | 中紧 | 0 | 0 | 整齐 | 100 |
| 惠杂3号 | 93 c | 89.12 d | 24.24 c | 中散 | 0 | 0 | 整齐 | 100 |
| 惠杂16号 | 93 c | 90.16 d | 23.12 c | 中紧 | 0 | 0 | 整齐 | 100 |
| 吉杂224 | 118 b | 160.20 ab | 30.11 a | 中紧 | 0 | 0 | 基本整齐 | 100 |
| 吉杂127 | 117 b | 156.05 b | 30.56 a | 中紧 | 0 | 0 | 基本整齐 | 100 |

表 3 参试酿造高粱品种的产量相关指标

| 品种 | 鲜穗重 /g | 穗数 /(穗/hm ²) | 穗粒数 /粒 | 千粒重 /g | 出籽率 /% |
|---------|----------|--------------------------|-------------|----------|----------|
| 晋杂51号 | 96.25 a | 96 571.94 b | 4 416.08 b | 24.45 b | 76.30 b |
| 晋杂44号 | 91.49 ab | 114 789.80 a | 5 389.12 a | 26.67 a | 68.52 c |
| 惠杂1号 | 71.16 bc | 84 846.12 bc | 3 429.25 c | 19.88 c | 65.57 c |
| 吉杂225 | 88.70 ab | 118 378.24 a | 3 611.42 c | 26.77 a | 80.31 a |
| 红粱89 | 64.38 cd | 94 459.92 b | 3 574.85 c | 19.89 c | 71.43 b |
| 禾粱1号 | 100.45 a | 101 882.13 ab | 5 247.96 a | 26.47 a | 81.63 a |
| 晋粱211 | 99.25 a | 106 406.54 a | 5 075.61 a | 25.98 b | 72.04 b |
| 高杂4(CK) | 106.20 a | 91 782.20 b | 4 150.02 b | 24.45 bc | 68.33 bc |
| 惠杂3号 | 69.84 c | 87 738.40 bc | 3 745.25 c | 19.67 c | 67.57 bc |
| 惠杂16号 | 77.12 bc | 82 441.51 c | 3 504.35 c | 19.90 c | 67.57 cb |
| 吉杂224 | 105.66 a | 94 759.03 b | 3 947.45 bc | 24.57 bc | 82.31 a |
| 吉杂127 | 95.49 a | 104 773.06 a | 4 650.12 b | 24.46 bc | 81.81 a |

吉杂 225、晋杂 44 号、禾粱 1 号间差异不显著,与其余品种差异显著;晋粱 211、晋杂 51 号与吉杂 224、吉杂 127、高杂 4(CK)差异不显著,与其余品种差异显著。出籽率以吉杂 224 最高,为 82.31%,较高杂 4(CK)高 13.98 个百分点;其次是吉杂 127,为 81.81%;惠杂 1 号最低,为 65.57%。

2.4 产量

由表 4 可知,参试品种产量以晋粱 211 最高,为 10 560.85 kg/hm²,较高杂 4(CK)增产 8.35%;其次是晋杂 44 号,为 10 502.12 kg/hm²,较高杂 4(CK)增产 7.74%;吉杂 225 居第 3,为 10 500.15 kg/hm²,较高杂 4(CK)增产 7.72%;禾粱 1 号居第 4,为 10 234.06 kg/hm²,较高杂 4(CK)增产 4.99%;吉杂 224 居第 5,为 10 012.24 kg/hm²,较高杂 4(CK)增产 2.72%;吉杂 127 居第 6,为 10 004.78 kg/hm²,较高杂 4(CK)增产 2.64%;晋杂 51 号、惠杂 16 号、惠杂 3 号、红粱 89、惠杂 1 号均低于高杂 4(CK),分别为 9 295.05、6 357.65、6 127.65、6 081.33、6 037.65 kg/hm²,分别较高杂 4(CK)减产 4.64%、34.77%、37.13%、37.61%、38.06%。惠杂 1 号属早熟品种,产量相对较低,灌浆期短,穗重、籽粒重量较低,同时,早熟品种造成的产量损失也较严重。因此,在山西省种植的参试酿造高粱品种中,晋粱 211、晋杂 44 号、吉杂 225、禾粱 1 号综合表现相对优良,能最大限度利用生态区域的光热气候资源。

表 4 参试酿造高粱品种的产量

| 品种 | 折合产量 (kg/hm ²) | 较CK增加 (kg/hm ²) | 增产率 /% | 位次 |
|---------|-------------------------------|--------------------------------|-----------|----|
| 晋杂51号 | 9 295.05 b | -452.22 | -4.64 | 8 |
| 晋杂44号 | 10 502.12 a | 754.85 | 7.74 | 2 |
| 惠杂1号 | 6 037.65 c | -3 709.62 | -38.06 | 12 |
| 吉杂225 | 10 500.15 a | 752.88 | 7.72 | 3 |
| 红粱89 | 6 081.33 c | -3 665.94 | -37.61 | 11 |
| 禾粱1号 | 10 234.06 a | 486.79 | 4.99 | 4 |
| 晋粱211 | 10 560.85 a | 813.58 | 8.35 | 1 |
| 高杂4(CK) | 9 747.27 b | | | 7 |
| 惠杂3号 | 6 127.65 c | -3 619.62 | -37.13 | 10 |
| 惠杂16号 | 6 357.89 c | -3 389.38 | -34.77 | 9 |
| 吉杂224 | 10 012.24 a | 264.97 | 2.72 | 5 |
| 吉杂127 | 10 004.78 a | 257.51 | 2.64 | 6 |

2.5 品质

营养成分是高粱品质高低的重要指标^[6]。由

表 5 可知,不同高粱品种品质相关指标均有不同,品种间差异显著。其中,蛋白质含量以晋杂 44 最高,为 126.6 g/kg;其次是惠杂 1 号,为 123.5 g/kg,晋杂 44 号、惠杂 1 号、惠杂 16 号、惠杂 3 号间差异不显著,均与其他品种差异显著。供试高粱品种脂肪和淀粉含量均低于高杂 4(CK)。其中脂肪含量以晋杂 51 号较高,为 38.7 g/kg;其次是红粱 89,为 37.8 g/kg;惠杂 1 号最低,为 12.6 g/kg。晋杂 51 号与红粱 89 间差异不显著,与其他品种差异显著。淀粉含量以禾粱 1 号较高,为 765.8 g/kg,与惠杂 3 号差异不显著,与其他品种差异显著;其次是惠杂 3 号,为 760.1 g/kg,与惠杂 1 号、晋杂 44 号、惠杂 16 号差异不显著,与其他品种差异显著;晋粱 211 最低,为 725.3 g/kg。单宁含量以晋杂 44 号最高(28.8 g/kg),红粱 89 最低(10.5 g/kg),晋杂 44 号与红粱 89 间差异显著,与其他品种差异显著。

表 5 参试酿造高粱品种的品质 g/kg

| 品种 | 蛋白质 | 脂肪 | 淀粉 | 单宁 |
|---------|---------|---------|----------|---------|
| 晋杂51号 | 66.5 e | 38.7 b | 736.1 de | 19.8 b |
| 晋杂44号 | 126.6 a | 32.3 cd | 747.4 cd | 28.8 a |
| 惠杂1号 | 123.5 a | 12.6 e | 757.1 c | 13.2 d |
| 吉杂225 | 78.2 d | 31.5 d | 741.2 d | 12.5 de |
| 红粱89 | 82.5 c | 37.8 b | 730.6 e | 10.5 f |
| 禾粱1号 | 78.0 cd | 33.5 c | 765.8 b | 15.0 c |
| 晋粱211 | 96.7 b | 33.4 c | 725.3 f | 16.0 c |
| 高杂4(CK) | 78.3 cd | 56.4 a | 773.8 a | 12.1 e |
| 惠杂3号 | 119.5 a | 13.1 e | 760.1 bc | 12.8 d |
| 惠杂16号 | 121.5 a | 12.8 e | 752.1 cd | 13.0 d |
| 吉杂224 | 79.1 d | 32.1 d | 735.5 de | 12.7 de |
| 吉杂127 | 78.6 d | 31.7 d | 740.1 d | 13.0 de |

2.6 产量与主要性状的相关性分析

由表 6 可知,主要农艺性状对高粱产量的直接效应从大到小依次为出籽率、穗数、生育期、穗长、株高,其中出籽率与产量呈正相关,相关性系数最高,为 0.881 9;株高与产量呈负相关,相关性系数为 -0.654 1。高粱产量与籽粒主要品质性状的相关性分析显示均为正相关,产量与蛋白质、脂肪、单宁、淀粉的相关系数分别为 0.114 3、0.582 9、0.183 0、0.292 0。

2.7 主成分分析

主成分分析是化学计量学中的分析方法^[7],以 12 个高粱品种的 7 个产量相关指标进行主成分

表 6 参试酿造高粱品种的产量与主要性状的相关性分析

| | 蛋白质 | 脂肪 | 单宁 | 淀粉 | 穗数 | 出籽率 | 产量 | 生育期 | 株高 | 穗长 |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|--------|----|
| 蛋白质 | 1 | | | | | | | | | |
| 脂肪 | -0.286 6 | 1 | | | | | | | | |
| 单宁 | 0.100 9 | 0.099 7 | 1 | | | | | | | |
| 淀粉 | 0.074 1 | 0.060 9 | -0.491 7 | 1 | | | | | | |
| 穗数 | 0.344 2 | -0.187 4 | 0.589 7 | 0.003 7 | 1 | | | | | |
| 出籽率 | -0.331 5 | -0.027 1 | -0.519 6 | -0.436 7 | 0.450 1 | 1 | | | | |
| 产量 | 0.114 3 | 0.582 9 | 0.183 0 | 0.292 0 | 0.657 4 | 0.881 9 | 1 | | | |
| 生育期 | -0.187 4 | -0.297 8 | -0.082 9 | -0.097 1 | 0.004 6 | -0.476 7 | 0.490 0 | 1 | | |
| 株高 | 0.222 7 | -0.201 7 | 0.522 9 | 0.467 8 | -0.499 8 | 0.517 2 | -0.654 1 | 0.208 3 | 1 | |
| 穗长 | -0.131 6 | 0.152 9 | -0.577 7 | -0.723 0 | 0.299 1 | -0.329 3 | 0.010 3 | 0.276 4 | 0.6945 | 1 |

分析, 计算各成分的特征值、百分率、累计贡献率, 根据相关系数列出相关矩阵, 以便对样品的相似性进行明确的评价^[8]。对参试品种的农艺和产量性状做主成分分析, 前 3 个主成分的特征值累计贡献率符合特征值>1 且方差累计贡献率≥85%的原则。由表 7 可知, 主成分分析前 3 位中, 第 1 主成分的特征值为 3.450 5, 贡献率为 52.342 5%; 第 2 主成分的特征值为 1.908 2, 贡献率为 27.667 4%; 第 3 主成分的特征值为 1.214 9, 贡献率为 16.754 8%; 前 3 个主成分的累计贡献率为 99.033 8%(表 7)。

表 7 产量指标主成分分析^①

| 主成分 | 特征值 | 百分率 1% | 累计百分率 1% |
|-----|---------|-----------|-------------|
| 1 | 3.450 5 | 52.342 5 | 52.342 5 |
| 2 | 1.908 2 | 27.667 4 | 82.482 0 |
| 3 | 1.214 9 | 16.754 8 | 99.033 8 |

①各特征值的累计百分率代表各综合指标对遗传方差贡献的百分率, 特征向量表示在各综合指标中供试品种各性状对综合指标贡献的大小。

表 8 反映了各主成分的载荷量和共同度, 第 1 主成分与鲜穗重(载荷量 0.914 6)、产量(载荷量

表 8 各主成分的载荷量与共同度

| 性状 | 载荷量 | | | 共同度 (公因子方差) |
|------|----------|----------|----------|----------------|
| | Y(i,1) | Y(i,2) | Y(i,3) | |
| 穗数 | 0.603 4 | 0.304 5 | 0.239 6 | 0.794 1 |
| 鲜穗重 | 0.914 6 | 0.182 8 | 0.183 5 | 0.717 0 |
| 穗粒数 | 0.333 5 | 0.669 0 | 0.094 1 | 0.719 3 |
| 出籽率 | 0.223 8 | 0.875 5 | 0.293 4 | 0.675 4 |
| 千粒重 | 0.114 1 | 0.022 2 | 0.679 2 | 0.642 5 |
| 产量 | 0.953 9 | 0.039 7 | 0.214 3 | 0.808 2 |
| 水分含量 | -0.315 0 | -0.685 6 | -0.208 2 | 0.765 3 |

0.953 9)、穗数(载荷量 0.603 4)有关; 第 2 主成分与穗粒数(载荷量 0.669 0)、出籽率(载荷量 0.875 5)、水分含量(载荷量 -0.685 6)有关; 第 3 主成分与千粒重(载荷量 0.679 2)有关。

3 讨论与结论

研究表明, 高粱通过穗重较强的间接效应使这个性状与单株产量呈强相关^[9-10]。穗重和单穗粒重是影响产量的主要因素, 与产量成正相关^[11]。本试验中, 折合产量最高的是晋梁 211, 为 10 560.85 kg/hm², 较对照品种高杂 4 增产 8.35%; 其次是晋杂 44 号, 为 10 502.12 kg/hm², 较对照品种高杂 4 增产 7.74%; 吉杂 225 排第 3, 为 10 500.15 kg/hm², 较对照品种高杂 4 增产 7.72%。参试高粱品种穗型均为中紧型, 丝黑穗病发病率、倒伏率均为 0, 成熟度 100%。除吉杂 224、吉杂 127 植株为基本整齐外其余品种均为整齐。高粱生育期若降水较多, 植株则会处于高温高湿环境中, 此时如果穗型过紧, 则易造成穗腐病。整体来看, 惠杂系列株高较矮, 生育期较短, 田间观察时叶面积小, 因此进行光合作用的面积较小, 后期可能导致产量较低。田间观察表明, 禾梁 1 号、晋梁 211、晋杂 44 号、晋杂 51 号和对照品种高杂 4 田间长势良好。穗数、鲜穗重、穗粒数、千粒重、出籽率是衡量高粱产量高低的重要标志。相关性分析表明, 主要农艺性状对产量的直接效应从大到小顺序为出籽率、穗数、生育期、穗长、株高。蛋白质、脂肪、淀粉和单宁含量是决定高粱品种营养品质优劣的主要指标^[12], 本研究表明, 不同高粱品种品质相关指标均有不同, 品种之间差异显著。其

中,惠杂1号脂肪含量(12.6 g/kg)最低,高杂4脂肪含量(56.4 g/kg)和淀粉含量最高(773.8 g/kg)。单宁含量以红梁89(10.5 g/kg)最低。

由于相关性的信息重叠性,需要对主成分进行降维分析、综合评价^[13]。主成分分析可以通过将多个农艺性状降维后分析特征表现,进而分析各因素的重要性^[14-15]。本研究对12个不同高粱品种的7个产量相关指标划分成3个主成分因子,第1主成分为鲜穗重、产量、穗数因子,第2主成分为穗粒数、出籽率、水分含量因子,第3主成分为千粒重因子。研究对象按照表型特征的相近程度进行划分^[16-17],以此反映高粱种质资源亲缘关系和遗传距离^[18]。聚类分析表明,第一类产量较高,包括晋杂51号和禾梁1号;第二类产量中等,包括晋杂44号、吉杂225、晋梁211和高杂4号;第三类产量相对较低,包括惠杂1号和红梁89。同一产地和同一系列品种不在同一类别下性状表现有很大差异性。

本文基于主成分及聚类分析,初步构建了旱作丘陵区不同酿造高粱品种产量和品质的综合评价体系,筛选出适宜在河曲县旱作丘陵区推广种植的高粱品种晋杂51号、禾梁1号、晋杂44号、吉杂225、晋梁211和高杂4号,为集成丘陵旱作区高粱优质高效栽培技术提供一定的技术支撑。

参考文献:

- [1] 丁德志,雷成军,王耀,等.不同藜麦品种(系)在寒旱山区的种植表现[J].寒旱农业科学,2023,2(4):323-325.
- [2] 雷康宁,张绪成,方彦杰,等.陇中半干旱区抗旱玉米品种筛选试验[J].甘肃农业科技,2022,53(4):36-42.
- [3] 范娜,白文斌,彭之东,等.粒用高粱耐盐种质资源鉴定与评价[J].干旱地区农业研究,2018,36(3):70-78.
- [4] 范娜,白文斌,彭之东,等.高粱耐盐种质资源的鉴定与综合评价[J].中国农学通报,2018(10):82-87.
- [5] 卢庆善.高粱学[M].北京:中国农业出版社,1999.
- [6] 曹宇嘉,刘景辉,米俊珍,等.旱作丘陵区黍子品种产量与主要性状通径分析[J].种子,2022,41(41):99-105.
- [7] 孙影,叶录.基于主成分分析和聚类分析的大豆高产群体性状研究[J].江西农业学报,2023,35(6):24-29.
- [8] 王琳琳,钟洋敏,缪叶旻子,等.基于主成分和聚类分析的鲜食蚕豆农艺与品质性状综合评价[J].江苏农业学报,2023,39(3):788-797.
- [9] 王立新,成慧娟,张妙,等.粒用高粱主要农艺性状的相关和通径分析[J].吉林农业科学,2015,40(5):31-33.
- [10] 高士杰,刘晓辉,李继洪,等.高粱高产育种应重视株型和穗结构性状的改良[J].种子,2007(3):83-84.
- [11] 赵志伟,高飞雁,罗军,等.氮磷肥不同配比对河套地区春小麦产量、品质及养分利用的影响[J].中国土壤与肥料,2022(11):1-9.
- [12] 周开芳,左明玉,任明见,等.高粱茅梁1号高产优化栽培技术探讨[J].种子,2013,32(11):106-108.
- [13] ZHANG T, YOU J, YU G L, et al. Gene mapping and candidate gene analysis of aberrant-floral spikelet 1 (afs1) in rice (*Oryza sativa* L.)[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2020, 19(4): 921-930.
- [14] 符小发,高强,任海龙,等.南繁大豆农艺性状与产量的主成分和聚类分析[J].广东农业科学,2018,45(4):6-13.
- [15] 王鹏,李芳弟,郭天顺,等.基于主成分分析、相关性分析和隶属函数法对22个马铃薯品种的综合评价[J].中国瓜菜,2023,36(7):78-87.
- [16] 高春华,朱金英,张华文,等.38个粒用高粱品种芽期耐盐性的综合鉴定及评价[J].核农学报,2019,33(9):1841-1855.
- [17] 张旷野,王佳旭,柯福来.高粱F₂群体株型性状的主成分分析和综合评价[J].辽宁农业科学,2023(2):1-6.
- [18] 赵欣蕊,任根增,韩永亮,等.高粱株型表型性状精准鉴定及综合评价[J].植物遗传资源学报,2022,23(6):1644-1659.