

内蒙古河套灌区玉米优良品种筛选研究

张晓娟^{1,2}, 徐得甲¹, 鲁海涛¹, 孙纪元良³, 孙 权^{1*}

(1. 宁夏大学林业与草业学院, 银川 750021; 2. 宁夏农林科学院固原分院, 宁夏 固原 756009; 3. 宁夏润禾丰生物科技有限公司, 银川 750021)

摘要: 内蒙古河套灌区存在玉米品种单一、产量低、品质差等问题, 为了筛选出适宜该地区种植的玉米中晚熟优良品种, 以当地常规主栽品种先玉 1321 为对照, 引进 16 个玉米新品种在内蒙古河套灌区开展大田筛选试验, 通过监测 17 个玉米品种的农艺性状、产量及产量构成因素等指标, 应用主成分分析和灰色关联度相结合的分析方法对参试品种进行了综合评价。结果表明, 在相同的密度与水肥管理条件下, 不同品种的农艺性状、籽粒产量、草产量及产量构成因素之间存在差异显著性。其中, DF636 株高比对照高 12.00%; 平安-2 穗位比对照高 8.89%; 东单 1331 茎粗大于对照 20.88%; 东单 1331 籽粒产量和草产量均为最高, 比对照品种分别增产 33.20% 和 26.90%。综合分析得出, 东单 1331、吉农大 598、DF636、平安-2、太育 9 号、龙 4 等 6 个品种综合表现最优, 适合在内蒙古河套灌区推广种植, 本研究结果可为内蒙古河套灌区玉米产业发展提供科学依据。

关键词: 内蒙古河套灌区; 主成分分析; 灰色关联度综合评价; 玉米; 优良品种; 筛选

中图分类号: S513.037

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2024)04-0005-07

Selection of Excellent Maize Varieties Based on Principal Component Analysis and Grey Correlation Analysis

ZHANG Xiaojuan^{1,2}, XU Dejia¹, LU Haitao¹, SUN Jiyuanliang³, SUN Quan^{1*}

(1. College of Forestry and Prataculture, Ningxia University, Yinchuan 750021; 2. Guyuan Branch, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Guyuan 756009; 3. Ningxia Runhefeng Biotechnology Co., Ltd., Yinchuan 750021, China)

Abstract: According to the production problems of maize (*Zea mays* L.) in Hetao irrigation area of Inner Mongolia, such as single variety, low yield and poor quality. The purpose is to screen out the fine varieties of middle and late maturity maize suitable for planting in Hetao irrigation area. Compared with the local conventional main cultivar Xianyu 1321, The field screening test of 16 introduced new maize varieties was carried out in Hetao Irrigation District, Inner Mongolia. The agronomic characters, yield and its components of 17 maize varieties were monitored. The combination of principal component analysis and grey relational grade was adopted to comprehensively evaluate the tested varieties. Under the same density and water and fertilizer management conditions. There were significant differences in agronomic traits, grain yield, grass yield and its components among different varieties ($P < 0.05$). The highest plant height of DF636 was 12.00% higher than the control; The highest ear position of Ping'an -2 was 8.89% higher than that of the control. The stem thickness of Dongdan 1331 was 20.88% higher than that of control. The grain yield and grass yield of Dongdan 1331 were the highest, which increased by 33.20% and 26.90% compared with the control varieties. The result shows that, Dongdan 1331, Jinongda 598, DF636, Ping'an-2, Taiyu 9 and Long 4 had the best comprehensive performance, which were suitable for planting in Hetao irrigation areas of Inner Mongolia, Provide scientific basis for the development of corn industry in this area.

Key Words: Principal component; PCA; Grey correlation degree; Corn; Excellent varieties; Screen

收稿日期: 2023-12-05

基金项目: 宁夏回族自治区自然科学基金项目(2023AAC03441); 宁夏大学校地合作科技示范项目(NXXDHZ202316)

作者简介: 张晓娟(1987-), 女, 助理研究员, 在读博士, 主要从事牧草栽培与营养研究。

通信作者: 孙 权, 男, 博士, 教授, E-mail: sun_q@nxu.edu.cn

玉米(*Zea mays* L.)是我国第一大粮食作物^[1],在保障国家粮食安全和推动农业可持续发展中占有重要地位^[2]。玉米喜温,属于短日照、高光效且对光照时间很敏感的C₄作物,是内蒙古自治区巴彦淖尔市主要的粮饲兼用型高产作物,也是重要的工业原料,对促进该区域农业产业和经济发展具有极其重要的作用^[3]。内蒙古河套灌区是黄河中上游的优势农业产区,具有丰富的光温资源,蕴含着巨大的农作物增产潜力^[4]。巴彦淖尔河套地区四季分明,雨热同季,光热资源丰富,日照时数长,昼夜温差大,地势平坦,是内蒙古自治区的玉米主产区之一,玉米种植面积占农作物总播种面积的40.6%^[5]。

随着内蒙古河套灌区水肥一体化系统的不断完善,玉米水肥一体化高效种植面积逐年扩大,传统主栽玉米品种存在遗传性状退化、种子成本高、产量低、产量不稳定等不足,选育适宜该区域饲用型优质高产中晚熟玉米品种的问题亟需解决。优良的品种既要有较强的适应能力,又要有较高的产量^[6]。前人主要通过生育期、农艺性状、产量、抗性指标的监测开展品种筛选,也有通过主成分分析评价品种的研究,但对品种进行主成分分析和灰色关联度综合评价的研究较少。本试验通过对17个粮饲兼用型玉米品种的农艺性状

和产量进行观测和评价,以期筛选出适宜该区配套农业生产的玉米品种,为适应该区域玉米品种的推广提供理论依据和技术支持,对促进内蒙古自治区河套灌区玉米产业的可持续发展具有重要意义。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

参试玉米品种共17个,分别为先玉1321(M₁)、辽单452(M₂)、纵横836(M₃)、农华208(M₄)、齐单828(M₅)、东单1331(M₆)、平安-1(M₇)、吉农大598(M₈)、龙4(M₉)、龙昌828(M₁₀)、正成018(M₁₁)、天泰359(M₁₂)、中地9988(M₁₃)、DF636(M₁₄)、平安-2(M₁₅)、先赢311(M₁₆)和太育9号(M₁₇)。17个玉米品种,由内蒙古朔河禾农业科技开发有限公司提供,以当地主栽品种先玉1321为对照(CK)。

1.2 试验地概况

试验于2021年5-10月在内蒙古巴彦淖尔市乌拉特前旗苏独仑农场进行,海拔1050 m,无霜期144 d,年均日照时数3300 h,日温差13℃,年降水量90~300 mm,年均气温8.5℃,≥10℃积温3222~3489℃·d。供试土壤类型为灌淤土,碎块状结构。供试土壤基本理化性质详见表1。

表1 土壤基本理化性质

土层深度/cm	pH	全盐/g·kg ⁻¹	有机质/g·kg ⁻¹	全氮/g·kg ⁻¹	全磷/g·kg ⁻¹	碱解氮/mg·kg ⁻¹	有效磷/mg·kg ⁻¹	速效钾/mg·kg ⁻¹
0-20	8.59	0.32	12.15	0.98	0.68	33.56	19.36	112.58

按照全国第二次土壤普查土壤肥力分级标准^[7],供试土壤各类养分均属于中等肥力偏下水平。土壤pH值超过8.5,达到强碱性水平,成为制约磷及其他金属微量营养元素有效性的限制因素;土壤全盐含量低,无次生盐渍化障碍。

1.3 试验设计

采用完全随机区组设计,以品种为处理,共17个处理,3次重复,先玉1321为对照处理(CK),小区面积66 m²(6.6 m×10 m)。采用宽窄行播种机播种,宽行70 cm,窄行40 cm,一机播2行,平均行距55 cm,株距23 cm,播种密度为7.9万株/hm²,保苗率90%。小区间距1.5 m,重复间距1 m。

1.4 田间管理

试验于2021年5月8日播种,5月20日出苗,9月28日收获,生育期128 d。整个生育期采用水肥一体化系统进行水肥管理,各小区为独立的滴

灌单元,每2行铺设一根滴灌带,滴灌带铺设在窄行内。全生育期共滴水12次,滴灌定额3750 m³/hm²。施用玉米专用大量元素水溶肥,总施肥量65 kg/hm²,分别于两叶一心期、苗一期、苗二期、拔节期、大喇叭口期、抽雄期、吐丝期、灌浆期8个生理需肥节点随水施入,大量元素水溶肥由宁夏润禾丰生物科技有限公司生产,氮磷钾总量50%,N:P₂O₅:K₂O=30:8:12,其中含中、微量元素分别为3.00%和0.50%。

1.5 测定项目及方法

土壤理化性质:于玉米种植前采集基础土样,土壤pH值在水土比例2.5:1,混匀静止后直接用pH计测定;土壤全盐含量采用DDS-11电导率仪测定,由电导率与含盐浓度关系式反推求出;土壤有机质含量采用重铬酸钾容量法测定;土壤全氮含量采用半微量开氏法测定;土壤全磷含量采

用硫酸-高氯酸消煮法测定;土壤碱解氮含量采用碱解扩散法测定;土壤速效磷含量采用 0.5 mol/L 碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定;土壤速效钾含量采用 1 mol/L 醋酸铵溶液浸提-火焰光度计法测定^[8-9]。

株高、茎粗、穗位:于玉米生理成熟期,在每个小区随机选取 20 株观测样株进行测定。株高和穗位采用卷尺测量地面以上的植株的自然高度和穗位高度,茎粗采用游标卡尺测定玉米基部第一节直径。

产量及产量构成因素:于玉米生理成熟期每个小区内选取 20 株样株,测定其单株重和秸秆重,果穗带回实验室进行室内考种^[10],测量单穗重、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、穗粒数、单穗轴重、穗轴粗、出籽率,晾晒、脱粒后称取百粒重以及籽粒含水量,最后折成 14% 含水率的产量。

1.6 数据分析与处理

试验数据采用 Excel 2010 软件和 SPSS 22.0 软件进行处理与统计分析,采用 LSD 法进行方差分析,采用 Excel 2010 软件和 Origin 2021 软件进行图表绘制。按照灰色理论系统进行灰色关联度分析^[11-16]。设置供试玉米品种为 X,指标为 k,参考数列为 X₀,比较数列为 X_i,且 i=1, 2, 3……n,根据公式(1)计算关联系数,再利用公式(2)(3)(4)计算等权关联度、权重系数和加权关联度^[17]。

$$\xi_i(k) = \frac{\min_k |X_0(k) - X_i(k)| + \rho \max_k |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)| + \rho \max_k |X_0(k) - X_i(k)|} \dots\dots\dots (1)$$

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \dots\dots\dots (2)$$

$$\omega_i = \frac{r_i}{\sum r_i} \dots\dots\dots (3)$$

$$r'_i = \sum_{k=1}^n \omega_i(k) \xi_i(k) \dots\dots\dots (4)$$

式中 $\xi_i(k)$ 为 X₀ 与 X_i 在 k 点的关联系数。 $|X_0(k) - X_i(k)|$ 表示 X₀ 数列与 X_i 数列在 k 点绝对差, $\min_k |X_0(k) - X_i(k)|$ 为一级最小差, $\max_k |X_0(k) - X_i(k)|$ 为一级最大差, $\min_i \min_k |X_0(k) - X_i(k)|$ 为二级最小差, $\max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|$ 为二级最大差。 ρ 为分辨系数,其意义是削弱最大绝对差数值太大引起的失真,提高关联系数之间的差异显著性, $\rho \in (0,1)$,此处取值 0.5,认为是同等重要。n 为供试品种各性状指标的个数,k 为性状,i 为品种编号, r_i 为比较数列与参考数列的关联度。

2 结果与分析

2.1 不同玉米品种农艺性状的差异

由表 2 可知,17 个供试玉米品种在相同的农艺措施和水肥管理下,株高、穗位和茎粗存在一定的差异显著性。其中,株高在 295.9~360.2 cm,除 M₉(龙 4)外,其余 16 个品种的株高均在 3.0 m 以上,M₁₄(DF636)株高最高为 360.2 cm,比对照(先玉 1321)高 12.00%,株高表现较好的前 6 个品种依次为:M₁₄、M₁₅、M₁₁、M₈、M₁₇、M₁₆;穗位在 128.6~164.1 cm,M₁₅(平安-2)穗位最高为 164.1 cm,比对照高 8.89%,M₄(农华 208)穗位最低为 128.6 cm,穗位表现较好的前 6 个品种依次为:M₁₅、M₆、M₁₄、M₁₁、M₂、M₇;茎粗在 21.27~27.38 cm,M₆(东单 1331)茎粗最大为 27.38 mm,大于对照 20.88%,M₁₂(天泰 359)茎粗最小为 21.27 mm,茎粗表现较好的前 6 个品种依次为:M₆、M₉、M₈、M₇、M₂和 M₁₅。

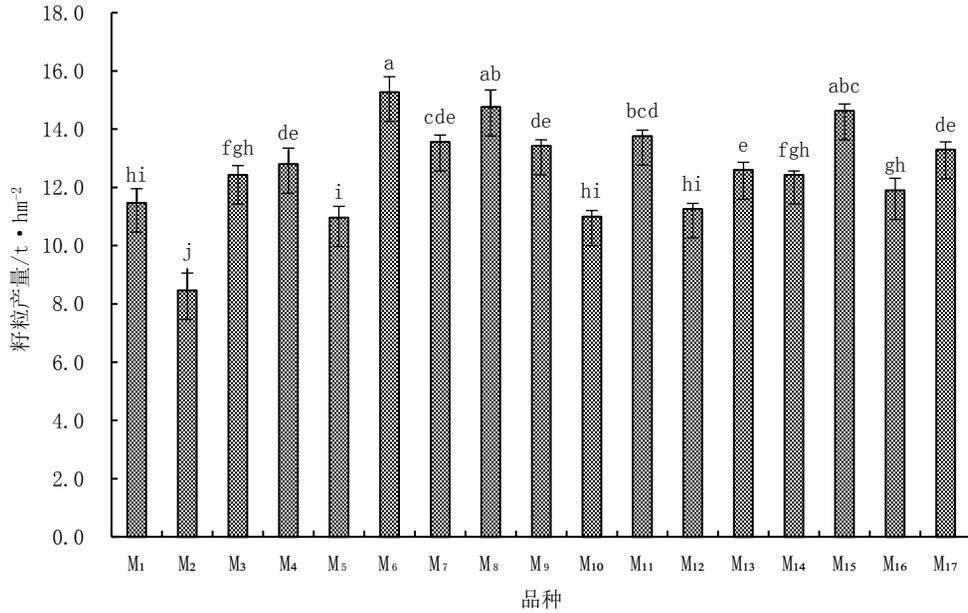
表 2 不同玉米品种农艺性状的差异

品种	株高/cm	穗位/cm	茎粗/mm
M ₁ (CK)	321.6±3.67fg	150.7±2.74cde	22.65±0.40def
M ₂	334.6±1.59cd	159.5±2.66ab	23.99±0.46bc
M ₃	314.7±2.54hi	148.5±1.99cde	22.62±0.39ef
M ₄	304.7±2.74j	128.6±2.53f	23.07±0.36cdef
M ₅	325.8±1.89ef	153.2±2.05bed	23.61±0.45cde
M ₆	315.45±1.92gh	163.9±2.49a	27.38±0.48a
M ₇	328.8±2.18de	149.2±2.29cde	25.09±0.51b
M ₈	336.6±2.0742c	148.6±2.59cde	26.45±0.58a
M ₉	295.9±3.53k	130.5±2.97f	26.92±0.57a
M ₁₀	316.6±2.59gh	144.2±4.11e	22.57±0.32ef
M ₁₁	350.3±2.15b	161.8±2.56a	22.74±0.33def
M ₁₂	323.6±2.12ef	149.4±2.72cde	21.27±0.22g
M ₁₃	309.3±2.58ij	146.7±1.45de	22.02±0.62fg
M ₁₄	360.2±1.62a	163.6±2.87a	23.79±0.53cde
M ₁₅	353.2±1.37b	164.1±2.44a	23.87±0.41bcd
M ₁₆	332.7±1.37cd	154.4±1.75bc	23.33±0.39cde
M ₁₇	334.3±1.80cd	159.5±2.58ab	22.72±0.41def

注:小写字母不同表示差异显著(P<0.05)

2.2 不同玉米品种籽粒产量和草产量的差异

由图 1 可知,17 个供试玉米品种在相同的农艺措施和水肥管理下,籽粒产量间存在一定的差异显著性。不同品种籽粒产量在 8.48~15.26 t/hm²,籽粒产量顺序为:M₆>M₈>M₁₅>M₁₁>M₇>M₉>M₁₇>M₄>M₁₃>M₁₄>M₃>M₁₆>M₁₂>M₁₀>M₁>M₅>M₂,其中籽粒产量表现较好的 6 个品种比对照品种分别增产 33.2%、28.9%、27.9%、20.1%、18.5% 和 17.4%。



注:小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$),下同

图1 不同玉米品种籽粒产量差异分析

由图2可知,17个供试玉米品种在相同的农艺措施和水肥管理下,玉米秸秆产量间存在一定的差异显著性。秸秆产量在21.89~39.05 t/hm²,不同品种秸秆产量顺序为:M₆>M₈>M₅>M₁₇>M₁₄>M₇>

M₁>M₂>M₉>M₁₀>M₄>M₁₁>M₃>M₁₅>M₁₂>M₁₃>M₁₆,表现较好的6个品种比对照分别增产26.9%、18.6%、13.6%、9.4%、2.0%和1.3%。秸秆是青贮饲料的主要来源,可作为青贮玉米的主要评价指标。

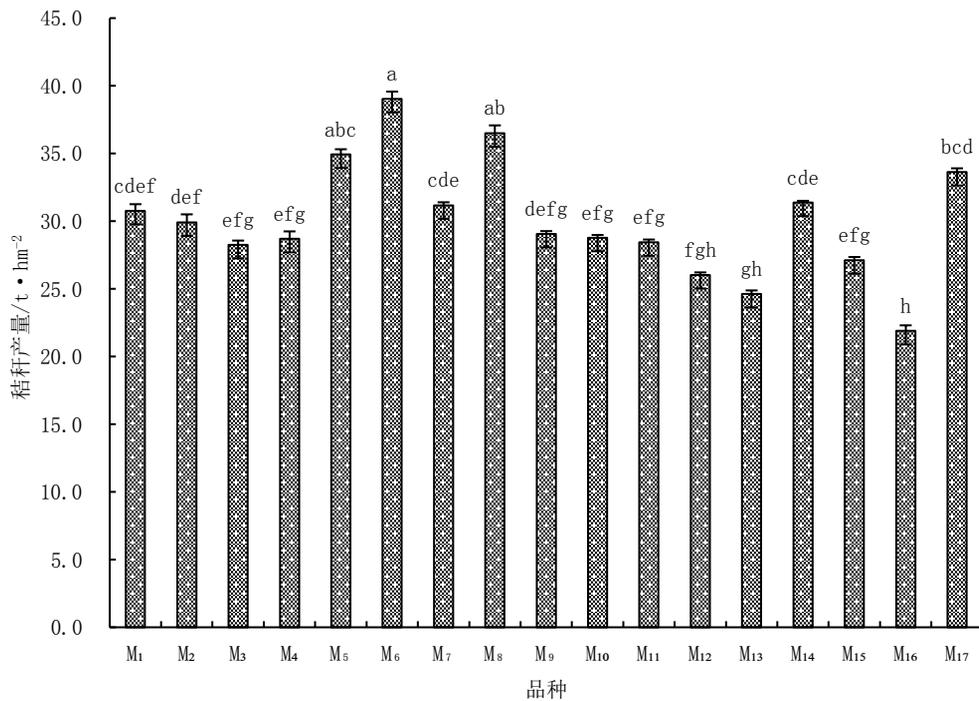


图2 不同玉米品种秸秆产量差异分析

2.3 产量构成因素主成分分析

对玉米籽粒产量(GY)、单株重(WPP)、单穗重(SSW)、穗长(EL)、穗粗(SD)、穗行数(ERN)、行粒数(GN)、穗粒数(GNPS)、百粒重(HGW)、单穗轴重(AWPS)、穗轴粗(ED)、出籽率(SY)共12个指标进行主成分分析,详见表3和表4。在所有

主成分构成中,主要信息集中在前3个主成分,其累计贡献率达57.80%,第一主成分特征值为3.18,贡献率为26.52%;第二主成分特征值为2.08,贡献率为17.34%;第三主成分特征值为1.67,贡献率为13.94%。第一主成分贡献值最大的是穗粒数,特征向量值为0.4911;第2主成分贡献值最大的是

表3 产量构成因素的主成分分析

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	3.18	26.52	26.52
2	2.08	17.34	43.86
3	1.67	13.94	57.80

表4 产量构成因素的主成分特征向量值

性状	主成分特征向量值		
	PC1	PC2	PC3
单株重	0.366 3	0.377 9	0.098 6
单穗重	0.298 0	0.311 0	-0.347 1
穗长	0.197 0	0.002 0	-0.316 8
穗粗	0.121 0	0.173 7	0.474 8
穗行数	0.257 9	-0.428 1	0.238 1
行粒数	0.437 0	-0.002 1	-0.146 6
穗粒数	0.491 1	-0.260 7	0.032 4
百粒重	-0.227 7	0.459 8	0.094 3
单穗轴重	0.164 7	-0.225 8	-0.242 3
穗轴粗	0.013 5	-0.292 9	0.186 3
出籽率	0.108 8	0.002 7	0.583 4
籽粒产量	0.366 0	0.361 7	0.148 8

百粒重,特征向量值为0.459 8;第三主成分贡献最大的是出籽率,特征向量值为0.583 4。

2.4 不同玉米品种农艺性状、产量及其构成因素灰色关联度分析

在本研究中,设置参考品种优于参试品种的各性状参数依次为:株高为365 cm,茎粗为28 mm,单穗重为450 g,穗粗60 mm,穗行数22行,行粒数50粒,单穗粒重360 g,穗粒数880粒,百粒重51 g,籽粒产量16.0 t/hm²。根据灰色关联公式计算出参考系列与比较系列的关联系数、权重系数、等权关联度和加权关联度,计算结果详见表5和表6。

利用灰色关联度分析法对参试的17个玉米品种的农艺性状、产量及其构成因素进行综合评价,结果见表5和表6。由于供试品种各指标的重要性不同,权重系数存在差异,最终计算的等权关联度和加权关联度也存在差异,但差异不大,其中等权关联度依次为: $M_6 > M_8 > M_{14} > M_{15} > M_{17} > M_9 > M_{16} > M_{11} > M_7 > M_1 > M_{10} > M_5 > M_3 > M_4 > M_{13} > M_2 > M_{12}$,加权关联度依次为: $M_6 > M_8 > M_{14} > M_{15} > M_9 > M_{16} > M_{17} > M_{11} > M_7 >$

表5 不同玉米品种关联系数和权重系数

品种	株高	茎粗	单穗重	穗长	穗粗	穗行数	行粒数	穗粒重	穗粒数	百粒重	籽粒产量	草产量
M ₁ (CK)	0.726 0	0.598 6	0.625 1	0.841 7	0.706 4	0.509 6	0.583 1	0.606 0	0.515 7	0.509 3	0.477 1	0.519 4
M ₂	0.799 8	0.671 3	0.481 5	0.676 7	0.729 1	0.509 6	0.428 1	0.441 4	0.394 0	0.598 2	0.351 5	0.496 3
M ₃	0.692 2	0.597 2	0.633 4	0.715 4	0.786 1	0.544 6	0.428 1	0.631 5	0.411 7	0.577 8	0.538 3	0.456 7
M ₄	0.648 1	0.619 5	0.604 0	0.672 1	0.784 9	0.544 6	0.433 4	0.642 6	0.416 2	0.558 5	0.569 5	0.466 6
M ₅	0.748 4	0.648 9	0.581 9	0.690 7	0.719 0	0.451 6	0.522 9	0.571 8	0.419 1	0.551 2	0.449 5	0.672 5
M ₆	0.695 7	0.964 7	0.885 0	0.679 0	0.979 0	0.686 1	0.697 9	0.955 1	0.944 4	0.473 9	0.876 8	0.948 0
M ₇	0.765 1	0.745 2	0.693 4	0.622 0	0.711 7	0.451 6	0.573 7	0.720 9	0.450 3	0.568 9	0.640 1	0.531 0
M ₈	0.812 6	0.861 0	0.994 2	0.767 5	0.709 2	0.544 6	0.564 5	0.905 6	0.541 5	0.551 2	0.793 1	0.756 4
M ₉	0.613 9	0.910 8	0.762 5	0.633 8	0.838 3	0.544 6	0.394 7	0.784 5	0.379 6	0.611 1	0.627 4	0.475 3
M ₁₀	0.700 9	0.595 1	0.481 5	0.596 0	0.937 3	0.751 1	0.500 7	0.536 4	0.632 2	0.541 4	0.453 3	0.468 5
M ₁₁	0.911 8	0.602 9	0.633 4	0.655 4	0.821 8	0.544 6	0.486 9	0.657 7	0.467 0	0.591 3	0.659 4	0.461 0
M ₁₂	0.736 5	0.539 2	0.604 0	0.514 8	0.678 6	0.544 6	0.394 7	0.552 1	0.380 6	0.491 0	0.466 8	0.412 7
M ₁₃	0.667 8	0.569 8	0.581 9	0.637 8	0.724 3	0.544 6	0.449 9	0.602 4	0.432 9	0.542 6	0.553 3	0.388 8
M ₁₄	1.000 0	0.659 2	0.885 0	0.644 0	0.879 2	0.509 6	0.390 4	0.610 9	0.361 9	0.912 1	0.540 3	0.537 4
M ₁₅	0.935 5	0.663 9	0.693 4	0.635 8	0.726 1	0.544 6	0.515 3	0.859 2	0.495 4	0.609 9	0.775 8	0.433 3
M ₁₆	0.788 1	0.633 2	0.994 2	0.733 7	0.683 2	0.631 4	0.555 7	0.590 8	0.621 8	0.431 9	0.505 0	0.349 7
M ₁₇	0.797 7	0.601 8	0.762 5	0.627 8	0.838 4	0.451 6	0.515 3	0.634 4	0.416 2	0.806 6	0.614 7	0.616 3
权重	0.102 6	0.090 3	0.093 6	0.089 2	0.104 2	0.073 2	0.066 3	0.088 9	0.065 1	0.078 1	0.077 8	0.070 7

$M_{10} > M_1 > M_3 > M_4 > M_5 > M_{13} > M_2 > M_{12}$,等权关联度和加权关联度排名前4位的品种是一致的,依次为东单1331、吉农大598、DF636、平安-2,之后的品种排序稍有不同,当地主栽品种在等权关联度中排

名第十,在加权关联度中排名第十一,排名十一以后的6个品种综合表现较差,不适宜在该区域种植。

表6 不同玉米品种关联度及排序

品种	等权关联度	排序	加权关联度	排序
M ₁ (CK)	0.555 2	10	0.576 0	11
M ₂	0.506 0	16	0.528 7	16
M ₃	0.539 5	13	0.568 2	12
M ₄	0.535 4	14	0.561 5	13
M ₅	0.540 6	12	0.550 2	14
M ₆	0.752 7	1	0.752 0	1
M ₇	0.574 9	9	0.599 1	9
M ₈	0.677 0	2	0.694 3	2
M ₉	0.582 8	6	0.617 5	5
M ₁₀	0.553 4	11	0.576 1	10
M ₁₁	0.576 4	8	0.609 9	8
M ₁₂	0.485 8	17	0.512 0	17
M ₁₃	0.515 1	15	0.543 6	15
M ₁₄	0.610 0	3	0.648 3	3
M ₁₅	0.606 8	4	0.643 9	4
M ₁₆	0.578 4	7	0.616 8	6
M ₁₇	0.591 0	5	0.612 5	7

3 讨论与结论

研究表明,玉米产量受遗传因素、生态环境条件等多种因素的共同影响^[18],本研究在相同的农艺措施和水肥管理条件下开展,排除了客观因素的干扰,只研究品种自身特性对产量的影响。玉米生物学产量和籽粒产量由多个相关农艺性状决定,各个性状对产量的影响程度不一,关键是找出其中的主导因素^[19-20]。株高对玉米植株的生长势很重要,较高的植株高度具有较强的植株生长势,对饲用型品种而言,其株高与生物学产量成正比^[21-22]。马雪等^[23]研究认为,对糯玉米产量影响较大的指标是株高、穗长和行粒数,胡铁欢^[24]研究发现,穗长、穗粗、行粒数与玉米产量的关系最密切,潘翔磊等^[25]研究结果表明,株高、穗行数和行粒数是影响甜玉米产量的主要因素,吴兰芳等^[26]研究认为,百粒重、穗长、行粒数与产量的关联度较高,对产量的影响较大。王磊等^[27]研究认为,穗长和行粒数是影响玉米产量的主要因素,税红霞等^[28]研究认为,穗行数、穗长、行粒数是影响产量的主要因素。本研究采用主成分分析结果显示,17份参试玉米品种的产量构成因素可归纳为3个主成分,即穗粒数、百粒重和出籽率,累计贡献率达57.8%,每个主成分客观地反映了所控制的不同性状指标之间的相互关系。通过灰色关联度分析法综合分析结果表明,穗粗、株高、单穗重、茎粗、穗长和穗粒重与产量的灰色关联作用较大,

是影响产量的主要因素,这与Zhao等^[29]的研究结论基本一致。

综上所述,通过主成分分析和灰色关联度分析综合评价得出,16个引进玉米品种中综合排名前9的品种依次为东单1331、吉农大598、DF636、平安-2、太育9号、龙4、先赢311、正成018和平安-1,综合表现优于当地主栽品种先玉1321,其余7个品种(龙昌828、齐单828、纵横836、农华208、中地9988、辽单452和天泰359)综合表现较差,整体不如对照品种,不适宜在该区域种植。其中综合排名位于前6的品种依次为东单1331、吉农大598、DF636、平安-2、太育9号和龙4,可在内蒙古河套灌区大面积推广种植。

参考文献:

- [1] 李婷.覆膜、施氮和密度对旱地玉米产量和水氮利用效率的互作效应[D].杨凌:西北农林科技大学,2018.
- [2] 孙明月.滴灌施肥对土壤氮素及玉米根系空间分布的调控效应[D].北京:中国农业科学院,2021.
- [3] 于晓芳,赵晓宇,胡树平,等.内蒙古河套平原灌区玉米适宜耕作方式研究[J].植物营养与肥料学报,2019,25(3):392-401.
- [4] 吕晓柔.内蒙古兴安盟丘陵旱作区宜粒收的玉米品种鉴别及影响因子分析[D].长春:吉林农业大学,2020.
- [5] 李雪冰.内蒙古河套灌区玉米种植气候条件分析[J].农业灾害研究,2016,6(9):31-32,44.
- [6] 董建军,赵兴彦,于洋,等.我国玉米育种科技创新问题的几点思考[J].种子科技,2019,37(16):132-133.
- [7] Zhang H, Li J S. Response of growth and yield of spring corn to drip irrigation uniformity and amount in North China plain[J]. Nongye Gongcheng Xuebao, 2011, 27(11): 176-182.
- [8] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:89-124.
- [9] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业出版社,2000:45-68.
- [10] 张福锁.测土配方施肥技术要览[M].北京:中国农业大学出版社,2006:72-84.
- [11] 禩豪新,梁世龙,刘喻华,等.基于灰色关联分析法的12个糯玉米品种评价[J].中国种业,2023(12):136-140.
- [12] Erdinç A, Emrah Ç, Oğuzhan K. Retraction notice to "An analysis of the engineering properties of mortars containing corn cob ash and polypropylene fibre using the Taguchi and Taguchi-based Grey relational analysis methods" [J]. Case Studies in Construction Materials, 2022(12):17-26.
- [13] 李超,高丽,王育青,等.用灰色关联系数法对9个苜蓿品种在田间旱作条件下叶绿素荧光、水分及生产特性的综合评价[J].江苏农业科学,2019,47(5):156-161.
- [14] 杨锦越,任洪,赵晓燕,等.灰色关联分析和聚类分析在玉米品种综合评判中的应用[J].种子,2021,40(12):107-115.
- [15] 陈静,马钦,鲁富宽,等.不同氮效率玉米品种穗三叶生理特性研究[J].东北农业科学,2021,46(6):6-10.

- [16] 蒋丛泽, 受娜, 高玮, 等. 陇东旱塬区不同青贮玉米品种生产性能和营养品质综合评价[J]. 草业学报, 2023, 32(7): 216-228.
- [17] 孙玉琴, 陈彩锦, 吴娟, 等. 宁南半干旱区饲用高粱品种生产性能和营养价值比较研究[J]. 草地学报, 2020, 28(6): 1615-1625.
- [18] 白彩云, 李少昆, 柏军华, 等. 我国东北地区不同生态条件下玉米品种积温需求及利用特征[J]. 应用生态学报, 2011, 22(9): 2337-2342.
- [19] 陈静, 沈生元, 谢庆春, 等. 甜玉米鲜穗产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(10): 48-51.
- [20] Thakur A K, Mandal K G, Mohanty R K, et al. Rice root growth, photosynthesis, yield and water productivity improvements through modifying cultivation practices and water management [J]. *Agricultural Water Management*, 2018, 206(30): 67-77.
- [21] 马静, 严长虹, 谷增辉, 等. 多点鉴定试验中玉米品种稳定性和试点分辨力分析[J]. 东北农业科学, 2019, 44(4): 5-8.
- [22] Meng Qingfeng, Peng Hou, Wu Liang, et al. Understanding production potentials and yield gaps in intensive maize production in China[J]. *Field Crops Research*, 2013, 143(1): 91-97.
- [23] 马雪, 董丽华, 姜龙, 等. 不同糯玉米品种正反交对主要性状和产量的影响研究[J]. 东北农业科学, 2022, 47(2): 21-24.
- [24] 胡铁欢. 不同农艺性状对玉米产量影响的灰色关联度分析[J]. 河北农业科学, 2009, 13(6): 20-21, 45.
- [25] 潘翔磊, 梁庆伟, 张晴晴, 等. 赤峰地区 11 个青贮玉米品种品质的比较研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2022(2): 92-97.
- [26] 吴兰芳, 岑庆宋, 张超, 等. 不同玉米品种主要农艺性状与产量的灰色关联度分析[J]. 耕作与栽培, 2022, 42(6): 5-9.
- [27] 王磊, 李尚中, 赵刚, 等. 干旱地区玉米产量性状与产量的灰色关联度分析[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(8): 45-47.
- [28] 税红霞, 何丹, 王秀全, 等. 鲜食甜玉米农艺性状与鲜穗产量的灰色关联度分析[J]. 西南农业学报, 2011, 24(5): 1656-1659.
- [29] Zhao X Q, Xu M X, Lu Y T, et al. Analysis on the evolution of main characters of maize varieties and breeding directions in Gansu province in recent years[J]. *Molecular Breeding*, 2020, 18(2): 526-537.

(责任编辑:范杰英)