

韩小伟,刘国利,张 峰,等. 夏玉米品种田间耐盐性综合评价及鉴定[J]. 江苏农业科学,2022,50(18):194-200.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.18.030

# 夏玉米品种田间耐盐性综合评价及鉴定

韩小伟<sup>1</sup>,刘国利<sup>2</sup>,张 峰<sup>1</sup>,张国顺<sup>1</sup>,冯玉在<sup>3</sup>,张会光<sup>3</sup>,李宗新<sup>4</sup>,张 慧<sup>4</sup>,韩文亮<sup>1</sup>,高英波<sup>4</sup>

(1. 滨州市农业科学院,山东滨州 256600; 2. 山东省无棣县小泊头镇农业综合服务中心,山东无棣 256600;

3. 山东借箭牛业发展有限公司,山东滨州 256600; 4. 山东省农业科学院玉米研究所/小麦玉米国家工程实验室/

农业农村部黄淮海北部玉米生物学与遗传育种重点实验室,山东济南 250100)

**摘要:**评价鉴定耐盐玉米品种,对提高盐碱地玉米单产和总产具有重要意义。试验选用 132 个近年来新审定的玉米品种为供试材料,以倒伏率、株高、穗位高、穗长、穗数、穗行数、行粒数、穗粒数、千粒质量及产量等指标为鉴定依据,采用加权隶属函数、因子分析、相关性分析和聚类分析等方法对不同玉米品种耐盐性进行综合评价及鉴定。结果表明,所试玉米品种 95% 置信区间内平均籽粒产量范围为 7 119.75 ~ 7 729.21 kg/hm<sup>2</sup>,变异系数为 0.238。株高、穗位高、穗长、行粒数、穗粒数、千粒质量及产量与品种耐盐性呈极显著相关关系( $P < 0.001$ ),可作为田间鉴定玉米品种耐盐性能的主要指标。采用  $K$  均值聚类分析法将 132 个玉米品种依据产量高低分为 19 个高产品种(产量 9 074.08 ~ 11 026.50 kg/hm<sup>2</sup>)、59 个中产品种(产量 7 387.82 ~ 9 013.55 kg/hm<sup>2</sup>)、33 个相对低产品种(产量 5 493.73 ~ 7 312.16 kg/hm<sup>2</sup>)和 21 个低产品种(产量 3 128.40 ~ 5 204.74 kg/hm<sup>2</sup>)4 类。综合考虑品种耐盐性能( $D$  值)及田间产量表现,鉴定出宁研 678、鑫星 321、硕秋 702 及齐民玉 6 号 4 个耐盐玉米品种。产量、千粒质量、穗长、株高、穗位高、穗粒数、行粒数可用于玉米品种田间耐盐性综合评价的主要指标,宁研 678、鑫星 321、硕秋 702 和齐民玉 6 号可用于盐碱地玉米种植。

**关键词:**夏玉米品种;盐碱地;加权隶属函数;综合评价;聚类分析

**中图分类号:**S513.024 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)18-0194-07

土壤盐渍化是限制农业生产的重要因子之一,严重影响着作物的生长发育和产量提升。我国盐

渍化土壤总面积约为 3 600 万 hm<sup>2</sup><sup>[1]</sup>,占我国耕地总面积的 10% 左右<sup>[2-3]</sup>,其中具备农业改良利用潜力的盐碱地面积约为 67 万 hm<sup>2</sup><sup>[4]</sup>,可增耕地面积及农业生产能力提升潜力巨大。玉米是我国重要的粮食作物之一,近年来年总产量维持在 2.6 亿 t 左右,位居粮食作物产量首位,约占三大粮食作物总产量的 43%<sup>[5]</sup>,对保障国家粮食安全至关重要。近年来盐碱地的玉米种植面积呈明显增长趋势,但受盐碱逆境的影响,玉米单产和总产偏低。因此,评价鉴定耐盐高产玉米品种,挖掘玉米自身耐盐能

收稿日期:2022-03-04

基金项目:山东省农业科学院农业科技创新工程(编号:CXGC2021A07);

山东省科技特派员行动计划(编号:2020KJTPY057);山东省玉米产业技术体系(编号:SDAIT-02-07)。

作者简介:韩小伟(1992—),男,山东滨州人,硕士,助理农艺师,主要从事作物栽培研究。E-mail:506376089@qq.com。

通信作者:高英波,博士,助理研究员,主要从事玉米栽培生理研究。

E-mail:yingboandy@163.com。

[25] 赵曼利,杜启兰,焦 健,等. 盐胁迫对不同品种油橄榄抗盐性生理指标的影响[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2016,45(1):19-25.

[26] 凌云鹤,周 瑶,景 兵,等. 盐胁迫对向日葵幼苗生长及生理特性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2019,37(4):139-145.

[27] 张永平. 氯化胆碱对盐胁迫黄瓜幼苗渗透调节物质及活性氧代谢系统的影响[J]. 西北植物学报,2011,31(1):137-143.

[28] 石 峰,李 鑫,王绍明,等. 盐胁迫条件下盐芥生理生化指标的研究[J]. 黑龙江畜牧兽医,2013(3):79-81.

[29] 王 维. 盐胁迫条件下陆地棉活性氧代谢相关基因的功能研究

[D]. 泰安:山东农业大学,2019.

[30] 顾 恒,李 玲,欧阳绮霞,等. 盐胁迫对 3 个桂花品种生长和生理特性的影响[J]. 中国野生植物资源,2020,39(10):28-34.

[31] 王志恒,徐中伟,周吴艳,等. 藜麦种子萌发阶段响应干旱和盐胁迫变化的综合评价[J]. 中国生态农业学报(中英文),2020,28(7):1033-1042.

[32] 李 波,于海龙. 苏打盐碱胁迫下不同来源苜蓿品种抗盐性综合评价[J]. 草地学报,2017,25(1):204-208.

[33] 王苗苗,周向睿,梁国玲,等. 5 份燕麦材料苗期耐盐性综合评价[J]. 草业学报,2020,29(8):143-154.

力,对有效利用盐渍土地、实现玉米高产稳产具有重要意义。

鉴定和选育耐盐作物来利用盐碱地,由治理盐碱地适应作物向选育耐盐碱植物适应盐碱地转变,是实现盐碱地生态保护和高质量发展的有效途径<sup>[6-7]</sup>。前人对玉米耐盐性鉴定研究大多集中在萌发期和苗期,并筛选出发芽率、发芽势、株高、干质量等苗期耐盐性指标<sup>[8-10]</sup>,且耐盐性鉴定大多在室内或盆栽条件下进行,难以反映玉米在盐碱地条件下的实际胁迫环境。在诸多制约玉米产量增长的因素中遗传改良作用占 35%~40%<sup>[11]</sup>,而玉米品种的选育和区试大部分都是在适宜的生长条件下进行,导致实际生产中缺乏耐盐碱高产稳产品种<sup>[12-14]</sup>。随着玉米种业快速发展,玉米品种井喷,农业新型经营主体和种植大户不能合理选择玉米品种,也是玉米整体产量无法大幅提高的主要因素之一<sup>[15]</sup>。鉴于此,本研究以 132 个近年来新审定的

玉米品种为供试材料,开展耐盐性综合评价及鉴定,挖掘耐盐玉米种质资源,为耐盐高产稳产玉米品种选育、审定和推广应用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2019 年、2020 年和 2021 年 6—10 月在山东省滨州市无棣县郭马村(38°0′30″N,117°37′12″E)进行。试验点地处华北平原冬小麦、夏玉米一年两熟种植区,该区年平均降水量为 590.15 mm,年均气温为 13.93℃。土壤为黏土,地势平坦,肥力均匀。pH 值为 8.40,有机质含量 15.97 g/kg,全氮含量 1.00 g/kg,碱解氮含量 91.96 mg/kg,速效磷含量 29.61 mg/kg,速效钾含量 200.13 mg/kg,0~40 cm 土层含盐量 0.15%。2019 年、2020 年和 2021 年 6—10 月阶段累积降水量及平均温度见图 1。

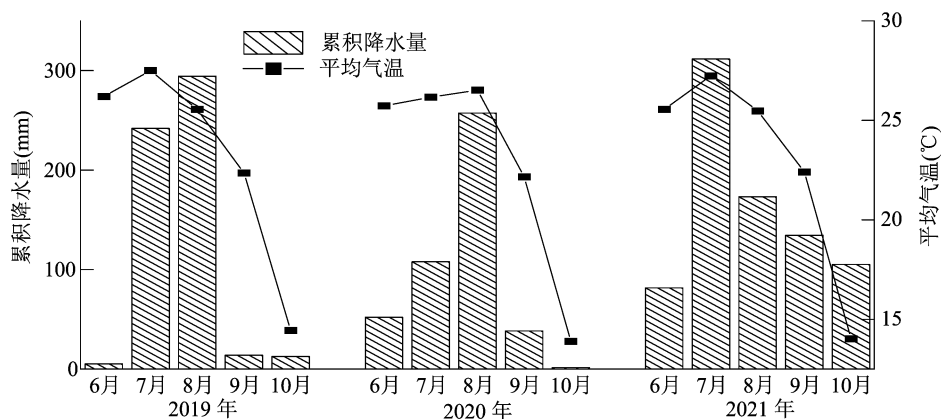


图 1 玉米季降水量及温度变化情况

### 1.2 试验设计

参试品种共 132 个,详见表 1。试验采用随机区组试验设计,郑单 958 品种作为对照,每个品种 3 次重复,小区面积为 666.67 m<sup>2</sup>,种植密度为 67 500 株/hm<sup>2</sup>。播前施用硅谷肥(含纯 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 分别为 30%、10%、10%)375 kg/hm<sup>2</sup> 作为基肥,小喇叭口期追施复合肥(含纯 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 分别为 28%、6%、6%)300 kg/hm<sup>2</sup>。田间管理同常规大田管理一致。

### 1.3 测定项目与方法

1.3.1 收获和测产 每小区选取长势均匀的 4 行玉米(每行 5 m)进行收获,称其果穗总鲜质量,并计算出平均鲜穗质量;以平均鲜穗质量为标准在所收果穗中选取 20 穗进行室内考种,包括穗行数、行粒

数、千粒质量、穗长等指标。将鲜籽粒和烘干后籽粒分别称质量测定其含水量,并按含水量 14% 折算出实际产量。

1.3.2 形态学指标测定 于乳熟期连续选取 50 株玉米调查其株高、穗位高、倒伏率等情况。

1.3.3 玉米品种综合指标评价 采用加权隶属函数法将各指标进行综合评价赋值(*D* 值)。计算公式<sup>[16-17]</sup>如下:

$$u(X_{ij}) = \frac{X_{ij} - X_{jmin}}{X_{jmax} - X_{jmin}}; \quad (1)$$

$$u(X_{ij}) = 1 - \frac{X_{ij} - X_{jmin}}{X_{jmax} - X_{jmin}}; \quad (2)$$

$$W_j = \frac{CV_j}{\sum_{j=1}^n CV_j}; \quad (3)$$

$$D = \sum_{j=1}^n [u(X_{ij}) \times W_j] \quad (4)$$

式中:  $X_{ij}$  为各  $i$  材料中第  $j$  项指标的测定值;  $X_{j\max}$  和  $X_{j\min}$  分别为供试材料中第  $j$  项指标测定值的最大值和最小值。如果所测指标与评价性质呈正相关, 则采用公式(1)计算隶属函数值, 如指标与评价性质为负相关, 则采用公式(2)。  $CV_j$  为供试材料  $u(X_{ij})$  的变异系数,  $W_j$  为  $CV_j$  在总变异中所占的权重。

#### 1.4 数据分析

试验采用 Microsoft Excel 2019 进行数据录入, 并用 SPSS 23.0 中的描述性统计、探索性分析、 $K$  均值聚类分析、因子分析、相关性分析及系统聚类分析选项对品种进行分类, 利用 Origin 2018 软件绘制图表。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同玉米品种产量变化及聚类分析

探索性分析结果(图2)表明, 平均籽粒产量为  $(7\,424.48 \pm 154.04)$   $\text{kg}/\text{hm}^2$ , 95% 置信区间内平均籽粒产量范围为  $7\,119.75 \sim 7\,729.21$   $\text{kg}/\text{hm}^2$ , 籽粒最低和最高产量分别为  $3\,128.40$   $\text{kg}/\text{hm}^2$  和  $11\,026.50$   $\text{kg}/\text{hm}^2$ , 变异系数为 0.238。

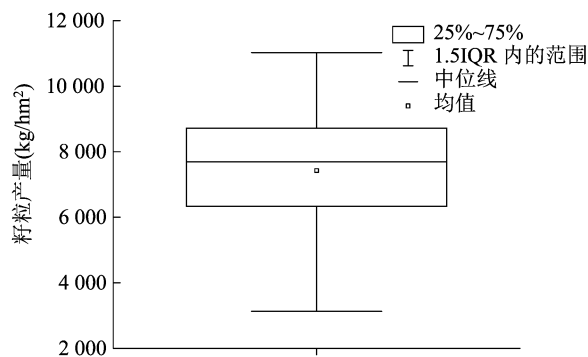


图2 玉米籽粒产量探测分析箱

根据产量  $K$  均值聚类分析结果将 132 个玉米品种分成 1、2、3、4 类(表 1), 即 1 类为高产品种, 包括鑫星 321、宁研 678、硕秋 702、天泰 619、NK815、济玉 519、NK818、德单 179、道吉 158、连胜 253、农大 778、丰乐 235、德瑞 88、金海 2010、豫禾 269、齐民玉 6 号、登海 DT208、德农 52、鑫研 156, 产量范围为  $9\,074.08 \sim 11\,026.50$   $\text{kg}/\text{hm}^2$ ; 2 类为中产品种, 包括好日子 738、鲁单 9169 等 59 个品种, 产量变化区间为  $7\,387.82 \sim 9\,013.55$   $\text{kg}/\text{hm}^2$ ; 3 类为相对低产品种, 包括金海 188、豫禾 695 等 33 个品种, 产量变化区间为  $5\,493.73 \sim 7\,312.16$   $\text{kg}/\text{hm}^2$ ; 4 类为低产品种, 包括天泰 614、新单 68 等 21 个品种, 产量变

化区间为  $3\,128.40 \sim 5\,204.74$   $\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

### 2.2 132 个玉米品种耐盐性相关指标因子分析

对 132 个玉米品种 10 项耐盐性状指标进行因子分析(表 2)可得, 前 4 个公因子累积贡献率为 77.043%, 可以概括各指标总信息量。第 1 公因子主要反映的是产量、千粒质量及穗长情况, 特征根及贡献率分别为 2.392 和 23.918%; 第 2 公因子主要反映的是株高、穗位高和穗行数, 特征根和贡献率分别为 2.276 和 22.755%; 第 3 公因子主要反映的是穗粒数和行粒数, 特征根和贡献率分别为 1.964 和 19.641%; 第 4 公因子主要反映的是倒伏率和穗数, 特征根及贡献率最低, 分别为 1.073 和 10.729%。

由因子得分系数矩阵及特征根(表 2、表 3)可求得综合得分函数:  $F_{\text{综}} = 0.053ZX_1 + 0.124ZX_2 + 0.123ZX_3 + 0.114ZX_4 - 0.132ZX_5 - 0.045ZX_6 + 0.123ZX_7 + 0.085ZX_8 + 0.093ZX_9 + 0.127ZX_{10}$ , 根据综合得分函数可知, 倒伏率和穗行数其系数相对较低, 分别为 0.053 和 0.045, 结合载荷矩阵中的分类可确定产量、千粒质量、穗长、株高、穗位高、穗粒数、行粒数作为衡量玉米综合评分的主要性状。

### 2.3 132 个玉米品种各耐盐性状指标隶属函数值和相关性分析

由表 4 可见, 除倒伏率外, 株高、穗位高、穗长、穗数、穗行数、行粒数、穗粒数、千粒质量和产量的隶属函数值变异系数均较大, 表明品种间各指标隶属函数值差异较大; 各指标隶属函数值权重表现为  $u(\text{穗粒数}) > u(\text{千粒质量}) > u(\text{穗长}) > u(\text{产量}) > u(\text{株高}) > u(\text{穗行数}) > u(\text{穗位高}) > u(\text{行粒数}) > u(\text{穗数}) > u(\text{倒伏率})$ 。

由图 3 可知, 对不同鉴定指标测定值与  $D$  值相关性分析表明, 除倒伏率、穗行数和亩穗数外, 其他指标与  $D$  值均具有极显著相关关系 ( $P < 0.001$ ), 株高、穗位高、穗长、行粒数、穗粒数、千粒质量及产量与  $D$  值相关系数分别为  $-0.39^{***}$ 、 $-0.41^{***}$ 、 $0.67^{***}$ 、 $0.47^{***}$ 、 $0.58^{***}$ 、 $0.55^{***}$ 、 $0.81^{***}$ 。

### 2.4 初选玉米品种(高产品种)聚类分析与综合评价

通过  $D$  值聚类分析绘制出谱系图(图 4), 将其分为 2 类, A 类为综合耐盐性能相对较高的品种, 分别为宁研 678、德瑞 88、鑫星 321、硕秋 702、齐民玉 6 号; B 类为综合耐盐性能相对较低的品种, 分别为登海 DT208、德农 52 等 14 个品种。中轴散点图(图

表 1 132 个玉米品种产量 *K* 均值聚类分析

序号	品种	聚类	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	序号	品种	聚类	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	序号	品种	聚类	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
1	鑫星 321	1	11 026.50	46	强盛 198	2	7 731.06	91	齐单 109	3	6 430.02
2	宁研 678	1	10 942.50	47	金海 13	2	8 101.08	92	丰乐 365	3	5 493.73
3	硕秋 702	1	10 535.25	48	登海 605	2	8 731.05	93	登海 653	3	7 012.57
4	天泰 619	1	10 437.15	49	登海 652	2	8 278.05	94	HF1302	3	7 272.60
5	NK815	1	10 384.95	50	XD712	2	8 215.80	95	MC670	3	6 089.25
6	济玉 519	1	10 351.80	51	德科 501	2	8 062.80	96	来玉 179	3	5 528.85
7	NK818	1	9 898.05	52	宁研 518	2	8 704.05	97	MC612	3	6 935.10
8	德单 179	1	9 781.20	53	先玉 1486	2	8 752.80	98	德迪 366	3	6 102.45
9	道吉 158	1	9 705.15	54	登海道吉	2	8 746.05	99	德力农 988	3	6 872.70
10	连胜 253	1	9 269.55	55	MC4520	2	8 494.35	100	荷玉 138	3	6 564.00
11	农大 778	1	9 121.95	56	中天 301	2	8 786.55	101	良星 579	3	6 863.80
12	丰乐 235	1	9 167.57	57	鲁星 5163	2	7 505.85	102	农华 221	3	7 312.16
13	德瑞 88	1	9 518.28	58	联研 155	2	7 738.50	103	鑫瑞 25	3	6 294.97
14	金海 2010	1	9 296.02	59	邦玉 339	2	7 807.35	104	鑫瑞 33	3	6 312.24
15	豫禾 269	1	9 589.39	60	连发 666	2	8 263.95	105	鑫瑞 57	3	5 646.75
16	齐民玉 6 号	1	10 424.20	61	迪卡 C1210	2	7 885.65	106	鑫研 218	3	6 994.94
17	登海 DT208	1	9 421.50	62	纪元 168	2	8 284.95	107	鲁单 9088	3	7012.99
18	德农 52	1	9 137.40	63	浚单 1668	2	7 608.90	108	天泰 366	3	6 236.63
19	鑫研 156	1	9 074.08	64	C9256	2	8 009.44	109	郑源玉 432	3	6 350.25
20	好日子 738	2	8 980.80	65	京农科 736	2	7 486.91	110	齐单 805	3	7 002.52
21	鲁单 9169	2	8 959.29	66	农华 5 号	2	8 763.86	111	来玉 317	3	7 235.89
22	京科 999	2	8 851.65	67	天泰 316	2	8 875.56	112	天泰 614	4	3 128.40
23	金海 1908	2	8 848.95	68	MC121	2	8 506.03	113	新单 68	4	4 800.90
24	中天 308	2	8 819.55	69	登海 111	2	7 928.60	114	登海 3737	4	4 819.02
25	登海 371	2	8 790.90	70	登海 1717	2	7 672.27	115	登海 518	4	4 481.03
26	金来 705	2	8 611.80	71	登海 511	2	7 387.82	116	九圣禾 632	4	4 901.79
27	金海 717	2	8 552.10	72	登海 6188	2	7 522.13	117	明天 695	4	4 136.31
28	金庆 202	2	8 468.55	73	登海 682	2	8 506.85	118	源丰 008	4	4 066.23
29	德单 123	2	8 457.00	74	登海 710	2	7 556.89	119	裕丰 620	4	3 603.04
30	登海 606	2	8 347.35	75	京科 927	2	7 712.14	120	C1210	4	3 872.52
31	农大 778-1	2	8 323.05	76	来玉 721	2	8 250.85	121	迪卡 517	4	5 177.53
32	MC812	2	8 262.45	77	丰度 191	2	8 496.69	122	郑单 958	4	5 170.50
33	宁研 519	2	7 967.55	78	立原 296	2	8 750.81	123	GY15014	4	4 234.05
34	鑫玉 518	2	7 967.55	79	金海 188	3	6 927.00	124	奥原 7 号	4	4 729.50
35	宁研 503	2	7 943.70	80	豫禾 695	3	6 624.15	125	郁青 358	4	3 573.45
36	来玉 238	2	7 667.70	81	安玉 706	3	6 591.00	126	鲁单 3092	4	4 791.45
37	胜风 1 号	2	7 612.05	82	德单 5 号	3	6 431.55	127	金来 318	4	4 286.25
38	来玉 1819	2	7 522.20	83	邦玉 519	3	5 598.45	128	金来 918	4	3 567.15
39	道吉 1+1	2	7 421.70	84	丰乐 37	3	7 190.63	129	淄玉 11	4	4 702.80
40	鲁禾 1 号	2	7 397.70	85	九玉 Y02	3	6 478.51	130	金阳光 9 号	4	3 574.50
41	中天 303	2	7 980.05	86	禾硕 818	3	6 104.57	131	九圣禾 2468	4	5 204.74
42	登海 533	2	8 709.77	87	大京九 156	3	7 003.84	132	鑫瑞 76	4	4 994.33
43	鑫瑞 37	2	9 013.55	88	MC278	3	7 278.13				
44	桓丰 601	2	8 486.06	89	强盛 339	3	6 274.40				
45	大京九 4703	2	8 363.09	90	皎玉 1 号	3	5 615.04				

表 2 各综合指标贡献率及因子载荷矩阵

项目	相关指标	载荷值			
		因子 1	因子 2	因子 3	因子 4
特征根		2.392	2.276	1.964	1.073
贡献率(%)		23.918	22.755	19.641	10.729
累积贡献率(%)		23.918	46.673	66.314	77.043
旋转后的因子矩阵	倒伏率	-0.190	-0.060	-0.134	0.772
	株高	0.038	0.860	0.123	0.131
	穗位高	0.052	0.826	0.148	0.122
	穗长	0.734	0.122	0.315	-0.182
	穗数	-0.088	-0.215	-0.190	-0.635
	穗行数	0.078	-0.775	0.181	0.074
	行粒数	0.022	0.359	0.852	0.006
	穗粒数	0.082	-0.226	0.952	0.054
	千粒质量	0.938	-0.004	-0.298	0.015
	产量	0.955	-0.089	0.141	0.006

表 3 各综合指标得分系数矩阵

相关指标	得分系数			
	公因子 1	公因子 2	公因子 3	公因子 4
倒伏率	-0.013	-0.087	-0.078	0.739
株高	0.013	0.372	0.011	0.050
穗位高	0.017	0.356	0.026	0.044
穗长	0.283	0.048	0.122	-0.138
穗数	-0.075	-0.030	-0.065	-0.595
穗行数	0.035	-0.369	0.131	0.141
行粒数	-0.041	0.115	0.426	-0.048
穗粒数	-0.013	-0.160	0.506	0.052
千粒质量	0.422	0.006	-0.210	0.097
产量	0.404	-0.056	0.025	0.084

表 4 132 个玉米品种基于 10 种耐盐性状指标的隶属函数值

项目	平均值	标准差	变异系数	权重
$u$ (倒伏率)	0.986 8	0.093 1	0.094 3	0.026
$u$ (株高)	0.518 4	0.211 6	0.408 2	0.113
$u$ (穗位高)	0.477 4	0.187 7	0.393 1	0.109
$u$ (穗长)	0.400 2	0.166 7	0.416 5	0.116
$u$ (穗数)	0.907 7	0.192 9	0.212 5	0.059
$u$ (穗行数)	0.515 2	0.209 2	0.406 0	0.113
$u$ (行粒数)	0.522 1	0.186 6	0.357 3	0.099
$u$ (穗粒数)	0.417 8	0.189 1	0.452 7	0.126
$u$ (千粒质量)	0.465 7	0.209 8	0.450 6	0.125
$u$ (产量)	0.543 9	0.224 1	0.412 0	0.114

5)表明,宁研 678、鑫星 321、硕秋 702、天泰 619、齐民玉 6 号、NK815 及济玉 519 的产量及  $D$  值均相对

较高,综合其聚类分析和中轴散点图所得结果鉴选出宁研 678、鑫星 321、硕秋 702 及齐民玉 6 号共计 4 个玉米品种。

3 讨论

在不同的土壤耕层特性及气候条件下,即使采用相同玉米品种和栽培措施,其产量也存在一定差异<sup>[18-19]</sup>,选用适宜的玉米品种及合理的栽培措施是实现玉米高产稳产的有效途径<sup>[15,20]</sup>。本研究通过对近年来新审定推广的 132 个玉米品种产量数据进行探索性分析得出,95% 置信区间内平均籽粒产量范围为 7 119.75 ~ 7 729.21 kg/hm<sup>2</sup>,变异系数为 0.238,各品种之间产量变异幅度较大,表明鉴选适宜种植的品种对实现玉米高产稳产具有重要意义。单产水平高低是玉米抗病性能、抗逆性能及产量潜力等指标的综合体现<sup>[21]</sup>。在不考虑其他因素前提下,本研究通过采用 K 均值聚类分析进行产量初筛选将品种划分为 19 个高产品种、59 个中产品种、33 个相对低产品种和 21 个低产品种,其中高产品种产量范围为 9 074.08 ~ 11 026.50 kg/hm<sup>2</sup>。

玉米在不同生育阶段的耐盐能力鉴定指标不同。前人研究表明,胚根长度可作为玉米萌发期耐盐性评价指标<sup>[22-23]</sup>,根长、根鲜质量、根干质量可作为玉米苗期耐盐性评价指标<sup>[9]</sup>,籽粒干质量和穗干质量可作为玉米成株期耐盐性评价指标<sup>[24]</sup>。本研究通过因子分析将 10 项鉴定指标归类为 4 个公因子,其中第 1 公因子主要反映的是产量、千粒质量及

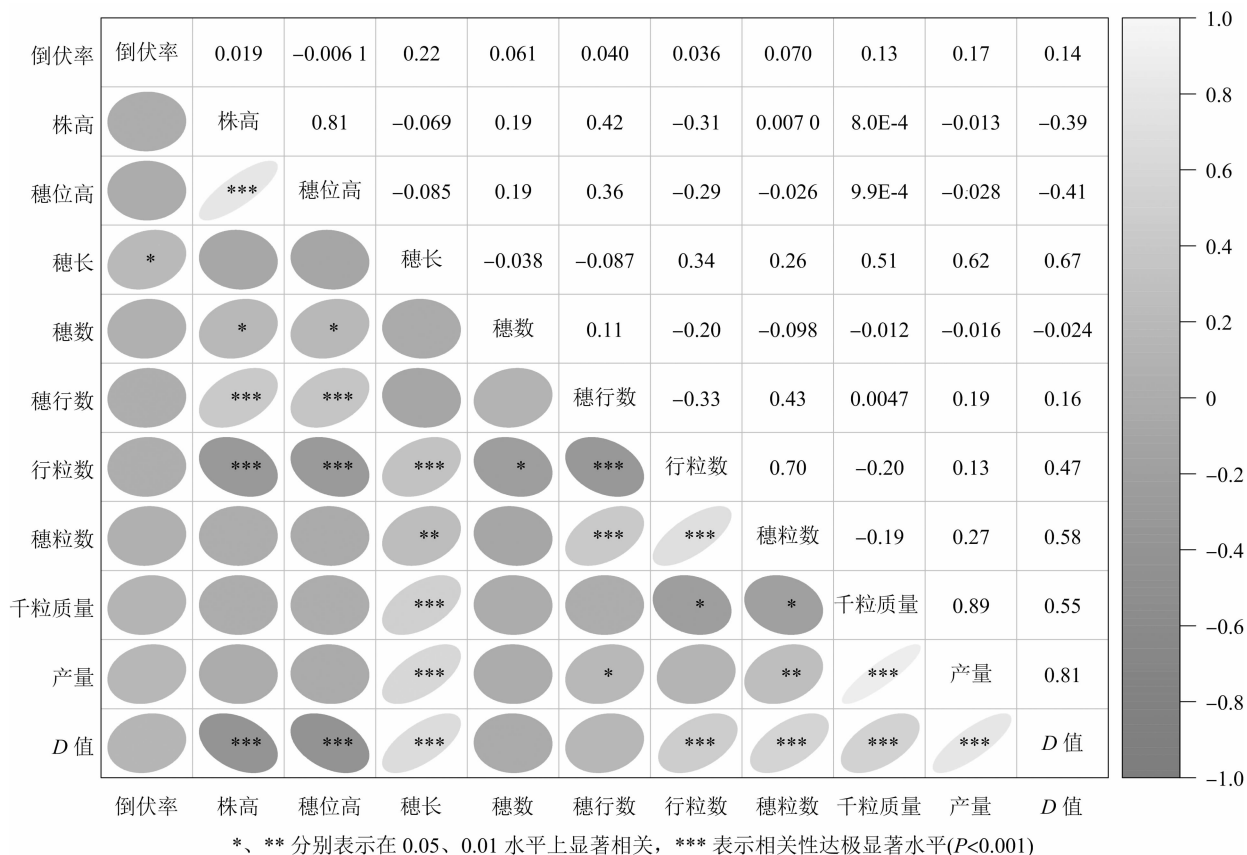


图3 基于各耐盐性状指标测定值与 D 值相关性分析

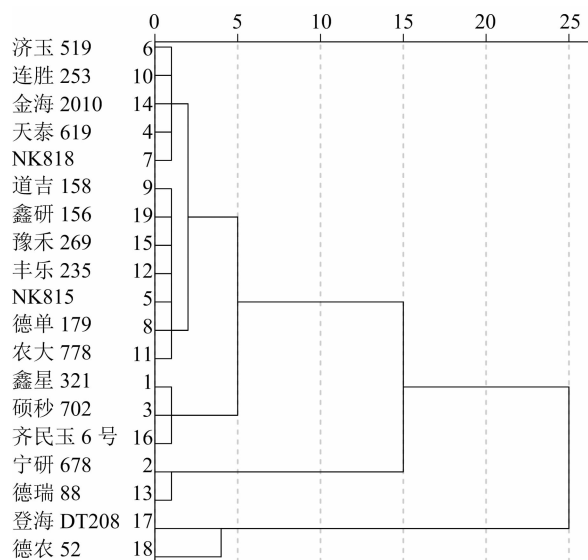


图4 19 个玉米品种综合评价聚类分析

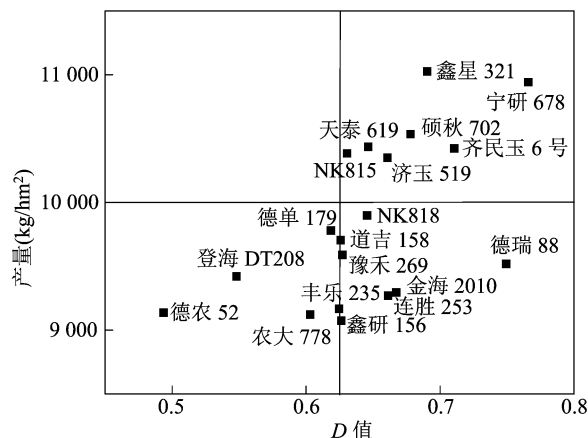


图5 D 值与产量间的中轴散点图

穗长情况,第 2 公因子主要反映的是株高、穗位高和穗行数,第 3 公因子主要反映的是穗粒数和行粒数,第 4 公因子主要反映的是倒伏率和穗数,因子综合得分函数可知倒伏率和穗行数的系数相对偏低,对综合得分影响程度较小。同时,结合各耐盐性状指

标隶属函数值及测定值与综合评价 D 值的相关系数大小进行系统分析表明,产量、千粒质量、穗长、株高、穗位高、穗粒数、行粒数可作为衡量玉米综合评分的主要性状。

植株耐盐表现是受多基因、多因素共同控制下多种性状集成结果的体现,选用多指标比单指标较为系统地反映耐盐特性<sup>[25]</sup>。模糊数学隶属函数法广泛应用于小麦<sup>[26]</sup>、玉米<sup>[6,27]</sup>、高粱<sup>[28]</sup>等植物的抗

逆性研究、品种筛选等领域,其优点是将各指标无量纲化,提高指标之间的可比性<sup>[29]</sup>,结合各指标隶属函数值所占权重计算出加权隶属函数值( $D$  值),能够科学、有效地评价各品种的耐盐性<sup>[17,30]</sup>。本研究首先采用系统聚类分析法将初选后的品种(高产品种)分为综合耐盐性能相对较高品种和综合耐盐性能相对较低品种 2 类,在此基础上同时考虑到产量性状作为玉米耐盐高产品种筛选的重要指标,筛选出产量与  $D$  值均相对较高的品种,筛选出宁研 678、鑫星 321、硕秋 702 及齐民玉 6 号共计 4 个玉米品种适宜盐碱地种植。

## 4 结论

产量、千粒质量、穗长、株高、穗位高、穗粒数、行粒数可用于玉米品种田间耐盐性的评价。本研究依据盐碱地产量表现将 132 个玉米品种划分为 19 个高产品种、59 个中产品种、33 个相对低产品种和 21 个低产品种;综合考虑品种耐盐性能( $D$  值)及田间产量表现,筛选出宁研 678、鑫星 321、硕秋 702 及齐民玉 6 号共计 4 个玉米品种适宜盐碱地种植。

## 参考文献:

- [1] 孙佳,夏江宝,苏丽,等. 黄河三角洲盐碱地不同植被模式的土壤改良效应[J]. 应用生态学报,2020,31(4):1323-1332.
- [2] 叶澜涛,周青云,李松敏,等. 滨海盐碱地覆膜和灌溉对玉米盐分离子分布及生物量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2020,38(4):74-83.
- [3] Li J G, Pu L J, Han M F, et al. Soil salinization research in China: advances and prospects[J]. Journal of Geographical Sciences, 2014, 24(5):943-960.
- [4] 杨劲松,姚荣江. 我国盐碱地的治理与农业高效利用[J]. 中国科学院院刊,2015,30(增刊1):162-170.
- [5] FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations [DB/OL]. (2020-05-06) [2022-03-01]. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>, 2020.
- [6] 高英波,张慧,薛艳芳,等. 不同夏玉米品种耐盐性综合评价与耐盐品种筛选[J]. 玉米科学,2020,28(2):33-40.
- [7] 杨晓杰,李旭业,王海艳,等. 玉米自交系耐盐种质的筛选及耐盐性评价[J]. 玉米科学,2014,22(4):19-25.
- [8] 刘学,周璇,曾兴,等. 玉米芽期和苗期耐盐性鉴定方法的比较分析[J]. 玉米科学,2015,23(1):115-121.
- [9] 张海艳,赵海军. 不同品种玉米萌发期和苗期耐盐性综合评价[J]. 玉米科学,2016,24(5):61-67.
- [10] 刘春荣,张国新,王秀萍. 主成分分析及隶属函数法综合评价玉

- 米苗期耐盐性[J]. 安徽农业科学,2015,43(28):13-14.
- [11] 段梅堂,韩淑华,刘艳芳,等. 乐陵市高产玉米品种筛选试验[J]. 山东农业科学,2013,45(6):61-62.
- [12] 郑向阳,栗建枝,王国平,等. 山西省玉米不同生态区玉米产量性状差异化分析[J]. 中国农学通报,2015,31(6):68-74.
- [13] 孙浩,张保望,李宗新,等. 夏玉米品种盐碱胁迫耐受能力评价[J]. 玉米科学,2016,24(1):81-87.
- [14] Babic V, Babic M, Ivanovic M, et al. Understanding and utilization of genotype-by-environment interaction in maize breeding[J]. ABI Genetika, 2010, 42(1):79-90.
- [15] 冉景慧,龙照林,陈平平,等. 花垣县适种玉米品种筛选研究[J]. 作物研究,2014,28(6):605-608.
- [16] 武晓玲,梁海媛,杨峰,等. 大豆苗期耐阴性综合评价及其鉴定指标的筛选[J]. 中国农业科学,2015,48(13):2497-2507.
- [17] 陈新,张宗文,吴斌. 裸燕麦萌发期耐盐性综合评价与耐盐种质筛选[J]. 中国农业科学,2014,47(10):2038-2046.
- [18] 张洋,于惠琳,王延波. 东华北不同生态区玉米品种产量及相关性状差异研究[J]. 作物杂志,2019(1):38-43.
- [19] Zhang W Q, Yu C X, Zhang K, et al. Plant growth regulator and its interactions with environment and genotype affect maize optimal plant density and yield[J]. European Journal of Agronomy, 2017, 91:34-43.
- [20] 郑丽珍,张大效,马亮亮,等. 河北主要生态区玉米新品种产量稳定性评价[J]. 贵州农业科学,2020,48(4):15-19.
- [21] 李少昆,王克如,裴志超,等. 北京春玉米机械粒收质量影响因素研究及品种筛选[J]. 玉米科学,2018,26(6):110-115.
- [22] 邓杰,孙丽芳,王霞,等. 89 份玉米自交系萌发期耐盐碱性综合评价[J]. 玉米科学,2020,28(4):15-21.
- [23] 刘赵月,李蕊彤,李晶,等. 盐碱胁迫下京尼平昔对玉米种子萌发及根系 AsA-GSH 循环的影响[J]. 江苏农业学报,2020,36(4):842-850.
- [24] 王秀华,张寒,潘香逾,等. 玉米成株期耐盐性评价与耐盐资源筛选[J]. 分子植物育种,2020,18(2):685-692.
- [25] Flowers T J. Improving crop salt tolerance [J]. Journal of Experimental Botany, 2004, 55(396):307-319.
- [26] Chen X J, Min D H, Yasir T A, et al. Evaluation of 14 morphological, yield-related and physiological traits as indicators of drought tolerance in Chinese winter bread wheat revealed by analysis of the membership function value of drought tolerance (MFVD) [J]. Field Crops Research, 2012, 137:195-201.
- [27] 张慧,高英波,张发军,等. 鲜食玉米品种筛选与综合评价[J]. 山东农业科学,2019,51(6):38-42.
- [28] 李丰先,周宇飞,王艺陶,等. 高粱品种萌发期耐碱性筛选与综合鉴定[J]. 中国农业科学,2013,46(9):1762-1771.
- [29] 白璐,贾永红,杨安娜,等. 新疆春小麦品种萌发期抗旱性评价[J]. 中国农学通报,2018,34(22):20-24.
- [30] 王富贵,于晓芳,高聚林,等. 高种植密度条件下玉米杂交种耐密性鉴定指标及评价方法[J]. 玉米科学,2017,25(6):119-126.