

河南省 102 份玉米地方品种农艺性状 综合评价及类群划分

郑秋道 张培风 孙 佩 张瑞平 任艺慈 李 栋 周联东
(新乡市农业科学院,河南新乡 453000)

摘要:对 102 份河南省玉米地方种质进行农艺性状分析鉴定,通过聚类分析对其进行类群划分,采用主成分分析进行综合评价,筛选出了 10 份优异种质。结果表明,102 份玉米地方种质资源的农艺性状具有丰富的遗传多样性,其中抽雄天数、穗位高、雄穗分枝数、千粒重在不同品种间的差异较大。聚类分析将 102 份玉米地方种质资源划分为 4 类,类群 I 早熟、穗较粗、穗行数多,类群 II 株高、穗位高较高,雄穗分枝数多,类群 III 株高较矮、千粒重高、出籽率高,类群 IV 雄穗分枝数少,穗较长、较粗,穗行数多,千粒重高,出籽率高。通过主成分分析和综合评价,筛选出了 10 份优异种质,分别是二黄糙、花里虎、老人牙、二南 24、白皮糙、黄马牙、七月林、九月寒 2、红穰玉米、短秆糙,可作为优异种质资源创新和利用的基础材料。

关键词:玉米;地方品种;农艺性状;优异种质;聚类分析;主成分分析;综合评价

Comprehensive Evaluation of Phenotypic Traits and Group Division of Maize Local Varieties in Henan Province

ZHENG Qiudao, ZHANG Peifeng, SUN Pei, ZHANG Ruiping,
REN Yici, LI Dong, ZHOU Liandong
(Xinxiang Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang 453000, Henan)

丰富多样的种质资源可作为拓宽育种的遗传基础,对农业可持续发展至关重要。地方种质资源可为玉米育种工作提供重要的材料来源,对拓宽玉米品种遗传背景、提高育种水平起到十分关键的作用^[1-3]。随着玉米育种进程不断发展,旅大红骨和塘四平头种质的出现及利用缓解了玉米育种中种质资源基础狭窄的问题^[4]。农艺性状的多样性作为环境多样性和遗传多样性共同作用下的产物,可更为详细地对玉米地方种质资源遗传多样性和类群划分进行评价^[5-6]。国内对地方种质的研究较多,通过对其农艺性状多样性分析,可对种质资源进行系统评价。郭欢乐等^[7]对 139 份玉米地方种质的株高、穗位高、穗长、生育期、叶片数等相关性状进行研究,发现湖南地区的玉

米地方品种具有较高遗传多样性,从湘西山地玉米区筛选出了 22 份较为优质的地方种质,为湖南地区玉米种质的利用和创新提供了材料基础。蔡一林等^[8]对 710 份玉米地方品种的品质和农艺性状进行分析,发现这些材料含有较高含量的脂肪和蛋白质,为高蛋白玉米、高油玉米育种提供了良好的种质基础,并且华南、华东、西南地区的玉米种质多样性明显高于其他地区。董昕等^[9]发现重庆地区玉米地方品种的多样性资源较丰富,地方种质的表型特征划分为种质资源利用与创新奠定了理论基础。陈越等^[10]对来源于 6 个省份的 60 份地方品种进行农艺性状多样性分析,发现各省份的地方种质表型多样性水平较高。刘志斋等^[11]对 799 份玉米地方种质的 4 个花期相关表型性状进行观测,发现 4 个相关性状表现出较高水平的多样性,并且西南地区的多样性水平最高,具

基金项目:河南省科技攻关项目(232102110174)

通信作者:周联东

有较高的保护价值和利用潜力。

对玉米地方种质农艺性状进行全面系统的鉴定及评价是其高效利用的前提。然而,关于河南省玉米地方种质农艺性状多样性的报道较少,为了更系统地了解河南玉米地方品种的类型及特点,本研究对河南地区搜集的 102 份玉米地方种质的农艺性状进行多样性分析和类群划分,全面评价并筛选出优良地方种质资源,以期为河南玉米地方品种种质资源高效利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试材料为 102 份玉米地方种质,收集自河南省内各地区,品种信息见表 1。

1.2 试验设计 试验于 2022 年在辉县市试验基地

进行,采用随机区组设计,每个品种 2 行,行长 5m,行距 0.6m,种植密度 4000 株 /667m²,田间管理同当地大田生产。

1.3 试验方法 分别记载各玉米品种的抽雄天数、吐丝天数及生育期。各农艺性状调查参照《玉米种质资源描述规范和数据标准》^[12],在辉县试验基地小区内套袋混合授粉,生育期内记录倒伏情况,成熟晾晒后每个品种随机抽取 10 株测定株高、穗位高、雄穗分枝数、穗长、秃尖长、穗粗、穗行数、千粒重、出籽率、籽粒颜色、穗轴颜色、穗型、株型。

1.4 数据处理 采用 SPSS 24.0 及 Excel 2017 对数据进行整理和系统聚类分析,采用 SPSS 24.0 进行主成分分析,进一步筛选优异地方种质。

表 1 102 份玉米地方种质

编号	名称	编号	名称	编号	名称	编号	名称
1	金棒锤	27	六十天还仓	53	焦 05	79	扁嘴玉米
2	七叶糙	28	柿黄玉米	54	干白顶 2	80	白顶门
3	陷顶黄	29	二黄糙	55	三黄糙	81	短腿玉米
4	晚五天	30	黄马牙	56	麦涝玉米	82	黄皮糙
5	白琉璃蛋	31	蛤蟆头	57	老白晚	83	老娃絮
6	老人牙	32	白金籽	58	鹅林白 2	84	小白糙
7	大籽红	33	金棒锤 2	59	老降红	85	花里虎
8	白玉米	34	小金籽	60	红玉籽(红)	86	白玉谷
9	小粒红	35	鹅林白	61	六十糙(大)	87	白琉璃头
10	洋白玉米	36	白石榴籽	62	白猪牙(白)	88	狗不吃
11	九十糙	37	白洋玉米	63	二猪牙	89	花老包脸
12	干白顶	38	小籽黄	64	鸡根玉米	90	二南 24
13	大籽红 2	39	黑马嘴	65	风可 322(黄)	91	七月林
14	短秆糙	40	扁头玉米	66	三尖柱	92	红穰玉米
15	竹尖玉米	41	黄琉璃蛋	67	九月寒	93	大柿黄
16	鸭子嘴	42	朝鲜白马牙	68	白盖玉米	94	九月寒 2
17	玉石琳	43	小金子	69	大白玉谷	95	无唐 448
18	洋玉米	44	二糙黄	70	海马头	96	郑独青
19	大黄盖	45	大红袍	71	新黄 4	97	获 112
20	大陷顶黄	46	粘鱼头	72	京 7	98	新蔡白玉米
21	二马牙	47	白皮糙	73	灯笼红	99	老鼠眼
22	姜黄玉米	48	棉鱼头玉籽	74	六月棒	100	高桥黄
23	红火炭	49	白马牙	75	高脚红	101	螃蟹盖
24	高秆青	50	白优 8	76	踏坑白	102	红棒籽
25	老笨玉米	51	焦 04	77	洛阳 85(黄)		
26	四叶糙	52	安黄 1	78	大京籽		

2 结果与分析

2.1 102 份玉米地方种质的农艺性状分析 由表 2 可知,102 份玉米地方种质资源的平均株高、穗位高、穗长、穗粗、穗行数、千粒重、出籽率较高。各性状的变异幅度不同,抽雄天数、穗位高、雄穗分枝数、千粒重变异较大,均在 20.00% 以上,分别为 32.85%、22.91%、22.89%、21.31%;秃尖长、株高、穗长变异系数均在 15.00% 以上,分别为 17.20%、16.15%、15.24%;其余性状变异系数较小,在 2.00%~14.60% 之间。以上结果表明,102 份玉米地方种质的遗传多样性丰富,在抽雄天数、穗位高、雄穗分枝数、千粒重性状上存在较大差异。

表 2 102 份玉米地方种质的农艺性状				
性状	最小值	最大值	平均值	变异系数(%)
抽雄天数(d)	2.00	8.00	4.17	32.85
吐丝天数(d)	3.00	6.00	4.76	13.03
生育期(d)	98.00	107.00	102.86	2.00
株高(cm)	119.00	275.00	199.21	16.15
穗位高(cm)	54.00	129.00	92.84	22.91
雄穗分枝数	7.00	27.00	18.09	22.89
穗长(cm)	7.70	18.70	12.14	15.24
秃尖长(cm)	0.50	1.30	0.93	17.20
穗粗(cm)	2.30	5.00	3.58	10.89
穗行数	8.00	20.00	13.22	14.60
千粒重(g)	100.70	310.00	194.70	21.31
出籽率(%)	49.70	89.80	79.85	10.43
倒伏率(%)	0	38.50	1.68	4.21

2.2 玉米地方种质类群划分 对 17 个农艺性状进行聚类分析,当遗传距离为 15 时,102 份玉米地方种质资源被划分为 4 类(图 1)。类群 I 包含小金子、灯笼红、踏坑白等 86 份材料,占有地方种质资源的 84.3%,这一类群种质资源早熟,穗粗较粗,穗行数较多;类群 II 包含二黄糙 1 份材料,占有地方种质资源的 1.0%,这一类群种质资源的主要特征为株高、穗位高较高,雄穗分枝数多;类群 III 包含白琉璃蛋、白马牙、白优 8 等 3 份材料,占有地方种质资源的 2.9%,这一类群种质资源株高较矮,千粒重和出籽率较高;类群 IV 包含安黄 1、焦 05、郑独青等 12 份材料,占有地方种质资源的 11.8%,这一类群种质资源株高和穗位高较高,穗粗较粗,穗长较

长,穗行数多,千粒重和出籽率高,可作为选育脱水较快品种的亲本材料(表 3)。

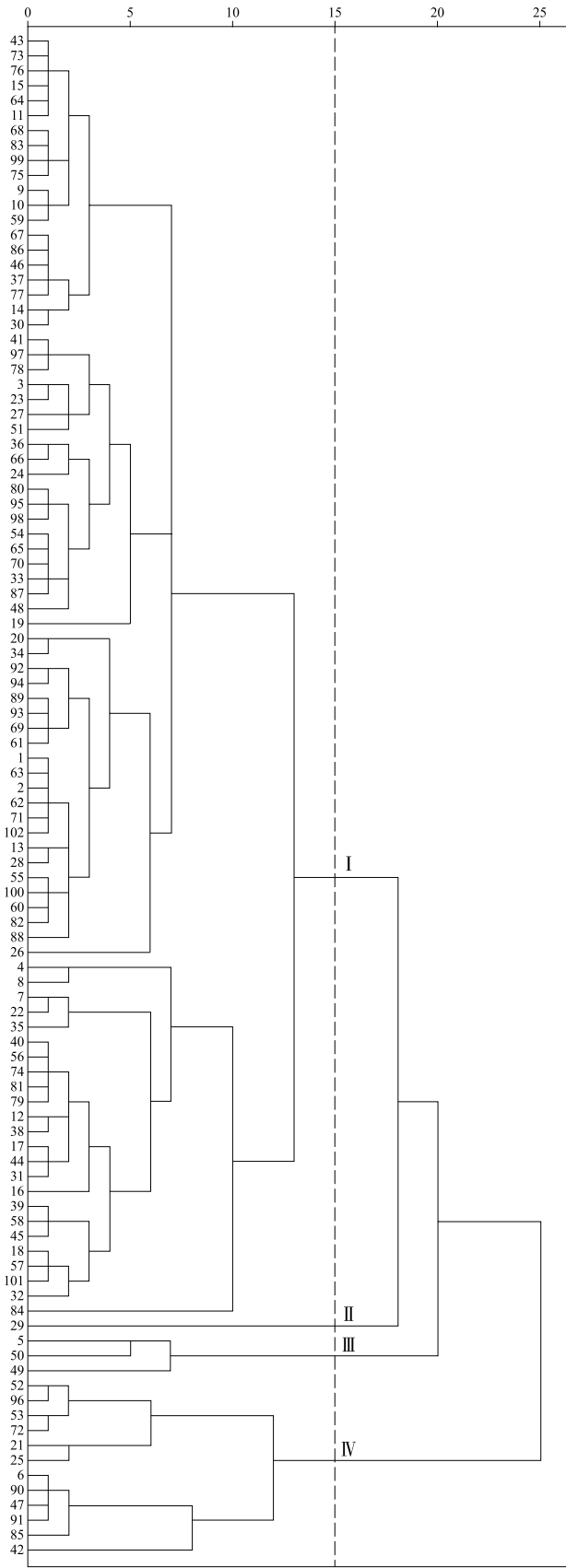


图 1 102 份玉米地方种质农艺性状聚类分析

表 3 不同类群地方种质的农艺性状平均值

类群	生育期 (d)	株高 (cm)	穗位高 (cm)	雄穗分枝数	穗长 (cm)	秃尖长 (cm)	穗粗 (cm)	穗行数	千粒重 (g)	出籽率 (%)	倒伏率 (%)
I	102	195	91	19	12	0.9	3.5	13	183.1	79.6	1.9
II	104	271	126	20	13	1.0	2.7	10	180.2	78.8	0
III	103	145	92	17	11	1.0	3.4	11	247.0	85.9	0
IV	103	238	101	14	14	1.0	3.9	13	265.8	80.1	0

类群 I 种质的籽粒颜色有 4 种,黄色占 59 份,黄白色占 11 份,白色占 13 份,红色占 3 份;穗轴颜色有 3 种,白色占 79 份,红色占 4 份,粉红色占 3 份;穗型分为 2 种,筒型占 16 份,锥型占 70 份;株型分为 3 种,半紧凑型 50 份,平展型 31 份,紧凑型 5 份。类群 II 二黄糙品种的籽粒颜色为黄色,穗轴颜色为白色,穗型筒型,株型半紧凑型。类群 III 种质的籽粒颜色、穗轴颜色均为白色,穗型为锥型,株型分为半紧凑型 1 份、平展型 2 份。类群 IV 种质的籽粒颜色有 3 种,黄色占 5 份,黄白色占 5 份,白色占 2 份;穗轴颜色有 3 种,白色占 5 份,红色占 4 份,粉红色占 3 份;穗型分为 2 种,筒型 4 份,锥型 8 份;株型有 3 种,半紧凑型 5 份,平展型 5 份,紧凑型 2 份。聚类分析结果表明,102 份玉米地方种质具有丰富的果穗表型多样性。

2.3 玉米地方种质农艺性状主成分分析 对 102

份玉米地方种质资源进行主成分分析,由表 4 可以看出,13 个农艺性状的信息集中在前 5 个主成分中,累积贡献率为 77.251%,表明这 5 个主成分可以代表 102 份玉米地方种质的 13 个农艺性状的大部分遗传信息。主成分 1 的特征值和贡献率分别为 25.054% 和 8.359%,载荷较高的正系数有穗长、株高、千粒重;主成分 2 的特征值和贡献率分别为 14.490% 和 31.185%,载荷较高的正系数有穗行数和穗粗;主成分 3 的特征值和贡献率分别为 11.177% 和 19.536%,载荷较高的正系数有雄穗分枝数和穗位高;主成分 4 的特征值和贡献率分别为 9.814% 和 9.812%,载荷较高的正系数有穗行数和雄穗分枝数;主成分 5 的特征值和贡献率均为 8.359%,载荷较高的正系数为倒伏率。

2.4 玉米地方种质资源农艺性状综合评价 以 102 份玉米地方种质资源 13 个农艺性状所对应的主成

表 4 参试材料 13 个农艺性状的主成分分析

性状	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5
抽雄天数	0.133	-0.334	0.121	0.250	0.263
吐丝天数	0.138	-0.251	-0.040	0.322	-0.095
生育期	0.105	-0.363	-0.058	0.093	0.094
株高	0.241	0.122	0.134	-0.009	0.129
穗位高	0.186	0.200	0.337	-0.066	0.193
雄穗分枝数	0.016	0.152	0.490	0.371	-0.010
穗长	0.256	0.021	-0.050	-0.164	0.023
秃尖长	0.184	0.079	0.043	-0.204	-0.388
穗粗	0.108	0.214	-0.410	0.253	0.163
穗行数	0.042	0.297	-0.240	0.456	-0.015
千粒重	0.213	-0.002	-0.190	-0.298	0.027
出籽率	-0.010	0.014	0.161	0	-0.407
倒伏率	-0.091	0.077	0.066	-0.194	0.660
特征值(%)	25.054	14.490	11.177	9.814	8.359
贡献率(%)	8.359	31.185	19.536	9.812	8.359
累积贡献率(%)	8.359	39.544	59.080	68.892	77.251

分值为系数,构建线性方程,式中 $X_1 \sim X_{13}$ 分别表示 13 个农艺性状(表 4 性状由上至下)的标准化值。

$$y_1=0.133X_1+0.138X_2+0.105X_3+0.241X_4+0.186X_5+0.016X_6+0.256X_7+0.184X_8+0.108X_9+0.042X_{10}+0.213X_{11}-0.010X_{12}-0.091X_{13};$$

$$y_2=-0.334X_1-0.251X_2-0.363X_3+0.122X_4+0.200X_5+0.152X_6+0.021X_7+0.079X_8+0.214X_9+0.297X_{10}-0.002X_{11}+0.014X_{12}+0.077X_{13};$$

$$y_3=0.121X_1-0.040X_2-0.058X_3+0.134X_4+0.337X_5+0.490X_6-0.050X_7+0.043X_8-0.410X_9-0.240X_{10}-0.190X_{11}+0.161X_{12}+0.066X_{13};$$

$$y_4=0.250X_1+0.322X_2+0.093X_3-0.009X_4-0.066X_5+$$

$$0.371X_6-0.164X_7-0.204X_8+0.253X_9+0.456X_{10}-0.298X_{11}-0.194X_{13};$$

$$y_5=0.263X_1-0.095X_2+0.094X_3+0.129X_4+0.193X_5-0.010X_6+0.023X_7-0.388X_8+0.163X_9-0.015X_{10}+0.027X_{11}-0.407X_{12}+0.660X_{13}。$$

结合上述主成分分析结果,利用隶属函数值计算后,5 个主成分权重系数分别为 0.832、0.683、0.712、0.582、0.717。计算各地方种质资源的综合得分 F 值, $F=0.832y_1+0.683y_2+0.712y_3+0.582y_4+0.717y_5$,利用 F 值对各地方种质资源进行综合评价, F 值越大,该材料综合性状越好。最终筛选出 10 份综合性状优异的地方种质,详见表 5。

表 5 10 份优异地方种质资源综合评价 F 值与排名

编号	名称	F 值	排名	编号	名称	F 值	排名
29	二黄糙	1.84	1	30	黄马牙	1.64	6
85	花里虎	1.73	2	91	七月林	1.61	7
6	老人牙	1.72	3	94	九月寒 2	1.59	8
90	二南 24	1.70	4	92	红穰玉米	1.56	9
47	白皮糙	1.65	5	14	短杆糙	1.53	10

3 讨论与结论

玉米育种研究中,表型性状具有稳定性,根据表现型的差异反映基因型差异最为直观、经济实用,因此被广泛应用于玉米育种^[13-15]。在地方种质资源创新与利用中,种质的遗传多样性能够为其基因资源的进一步发掘奠定基础,表型性状也可以为解析种质复杂性提供重要依据^[16-20]。李淑芳等^[21]利用变异系数、遗传多样性指数等分析方法,对 205 份玉米种质资源的 23 个表型性状进行鉴定,结合 F 值综合筛选出了 10 份玉米优异地方种质,可作为遗传改良的基础材料。王利锋等^[22]发现河南省仅有少数地方种质较为独立,可用于改良利用。玉米地方品种在复杂的地理环境下,经过长期的人工和自然选择协同作用,进化成了一类重要的遗传资源^[23]。河南地方玉米种质品种特色明显,在育种和应用研究方面价值较高,但目前收集的品种数量相对有限,从而限制了特色玉米地方种质的研究及应用,本研究筛选的 10 个优良品种可作为玉米育种重点研究对象,为育成品种的改良和利用提供基础材料。

13 个农艺性状的分析结果表明,102 份玉米地

方种质资源具有丰富的遗传多样性,变异幅度较大的性状为抽雄天数、穗位高、雄穗分枝数、千粒重,变异系数均在 20.00% 以上,分别为 32.85%、22.91%、22.89%、21.31%,其余性状在 2.00%~17.20% 之间。聚类结果显示,这 102 份玉米地方种质资源可划分为 4 个类群,类群 I 包含 86 份材料,具有早熟、穗较粗、穗行数多的特点;类群 II 包含 1 份材料,该材料具有株高、穗位高较高,雄穗分枝数多的特点;类群 III 包含 3 份材料,具有株高较矮、千粒重高、出籽率高的特点;类群 IV 包含 12 份材料,具有雄穗分枝数少,穗较长、较粗,穗行数多,千粒重高,出籽率高的特点。主成分分析结果表明,前 5 个主成分可以代表 102 份玉米地方种质 13 个农艺性状 77.251% 的遗传信息。对 102 份种质资源进行综合评价,最终筛选出了 10 份综合性状表现优异的玉米地方种质资源,分别为二黄糙、花里虎、老人牙、二南 24、白皮糙、黄马牙、七月林、九月寒 2、红穰玉米、短杆糙。本文研究结果表明,102 份玉米地方种质资源具有丰富的遗传多样性,其中 10 份地方种质表现优异,可作为遗传改良的基础材料用于玉米育种。

参考文献

- [1] 曾艳华, 谢和霞, 程伟东, 江禹奉, 周锦国. 广西玉米种质资源系统调查与收集. 植物遗传资源学报, 2019, 20 (3): 654-661
- [2] 隆文杰, 周国雁, 武晓阳, 陈丹, 武少云, 蔡青. 云南地方糯玉米品种主要农艺性状遗传多样性. 热带农业科学, 2021, 41 (2): 38-53
- [3] 赵俊华, 吕学高, 楼肖成, 朱正梅. 浙江省玉米地方种质表型多样性分析. 浙江农业科学, 2015, 56 (5): 741-744
- [4] 李永祥, 石云素, 宋燕春, 黎裕, 王天宇. 中国玉米品种改良及其种质基础分析. 中国农业科技导报, 2013, 15 (3): 30-35
- [5] 张丛卓, 白建荣, 常利芳, 张效梅, 李锐, 杨瑞娟. 山西甜玉米地方品种的表型多样性分析. 山西农业科学, 2017, 45 (12): 1907-1911
- [6] 张春宇, 秦红珍, 林凤. 美国玉米杂交种分离后代代表型的多样性. 江苏农业科学, 2017, 45 (20): 76-79
- [7] 郭欢乐, 汤彬, 李涵, 曹钟洋, 曾强, 刘良武, 陈志辉. 湖南省玉米地方品种表型性状综合评价及类群划分. 作物杂志, 2022 (6): 33-41
- [8] 蔡一林, 刘志斋, 王天宇, 黎裕, 覃鸿妮, 王国强, 孙海艳, 王久光. 国内部分玉米地方品种的品质与农艺性状的表型多样性分析. 植物遗传资源学报, 2011, 12 (1): 31-36
- [9] 董昕, 李淑君, 杨华, 官玲, 付忠军, 祁志云, 金川, 余雪源, 易红华, 陈荣丽, 张丕辉. 重庆玉米地方品种表型多样性分析. 植物遗传资源学报, 2019, 20 (4): 861-870
- [10] 陈越, 张敦宇, 丁明亮, 王玲仙, 肖素勤, 柯学, 程在全. 多个省份水稻资源的表型多样性与优异资源的筛选. 浙江农业学报, 2019, 31 (11): 1779-1789
- [11] 刘志斋, 郭荣华, 石云素, 蔡一林, 曹墨菊, 宋燕春, 王天宇, 黎裕. 中国玉米地方品种核心种质花期相关性状的表型多样性研究. 中国农业科学, 2008, 41 (6): 1591-1602
- [12] 许瀚元, 潘亮, 张恩盈, 杨泽峰, 徐辰武. 基于 SNP 分子标记连锁图谱的玉米农艺性状 QTL 定位 // 中国遗传学会. 第六届全国动植物数量遗传学学术研讨会论文摘要集, 2014: 45

- [13] 韦彩会,董文斌,李忠义,唐红琴,曾成城,莫永诚. 广西地方紫云英种质资源收集及表型多样性评价. 湖北农业科学, 2024, 63 (2): 62-73
 - [14] 邵玲,许圆弟,李咏珊,沈慧艳,许露珍. 广东淮山地方品种资源农艺性状品质比较及其产业研究进展. 黑龙江农业科学, 2019 (1): 5-6
 - [15] 郭欢乐,汤彬,李涵,曹钟洋,曾强,刘良武. 湖南省玉米地方品种表型性状综合评价及类群划分. 作物杂志, 2022 (6): 9-10
 - [16] 刘思辰,乔治军,曹晓宁,温琪汾,王海岗,田翔. 山西谷子地方品种农艺性状和品质性状的综合评价. 中国农业科学, 2020, 53 (11): 12-14
 - [17] 董昕,陈荣丽,张丕辉,李淑君,杨华,官玲. 重庆玉米地方品种表型多样性分析. 植物遗传资源学报, 2019, 20 (4): 10-13
 - [18] Campbell D R. Using phenotypic manipulations to study multivariate selection of floral trait associations. *Annals of Botany*, 2019, 103: 1557-1566
 - [19] Mitchell J H, Sipaseuth, Fukai S. Farmer participatory variety selection conducted in high-and low-toposequence multi-location trials for improving rainfed lowland rice in Lao PDR. *Crop and Pasture Science*, 2014, 65 (7): 655-666
 - [20] 王昊辰,王震,张先宇,曾兴,邸宏,张林. 41 份玉米选系耐密和抗病等主要性状的综合评价. 玉米科学, 2018, 26 (2): 40-52
 - [21] 李淑芳,李鹤南,刘晓冬,张春霄,刘学岩,贾立辉,李晓辉. 205 份玉米种质资源表型性状遗传多样性分析及优异种质筛选. 玉米科学, 2023, 31 (5): 1-10
 - [22] 王利锋,唐保军,王振华,李会勇. 不同类型玉米品种间子粒脱水速率相关分析. 玉米科学, 2018, 26 (2): 7-10
 - [23] 余世权,李志龙,黄宁,张吉海,苟才明,徐克成,孙启江,何博. 高淀粉玉米新品种力玉 360 的选育及栽培技术. 中国种业, 2018 (8): 76-78
- (收稿日期: 2024-06-13)

(收稿日期: 2024-06-13)

(上接第 57 页)

害指数也有增加。这是因为播种密度过大时,油菜植株个体生长发育不良,苗期容易形成弱苗、高脚苗,高脚苗的根颈延伸出地面、甚至高出地面,更容易遭受寒流侵害。因此,适宜的播种行距和播种密度对油菜抵御冻害十分重要。

综合各农艺性状及产量表现,黄淮地区推广油菜品种秦优 797 在生产中想要实现高产,建议播种密度为 45 万株/hm²,行距为 40cm,此时可充分发挥群体优势,达到高产高效的目的。

参考文献

- [1] 甘国渝,邹家龙,陈曦,朱海,金慧芳,李继福. 中国油菜生产格局与施肥研究现状. 湖北农业科学, 2022, 61 (1): 5-11
- [2] 姜丽霞,任军荣,张智,缪平贵. 收获期对不同熟期油菜品种产量及

品质的影响. 中国种业, 2023 (9): 100-104

- [3] 贾志锋. 施氮量和播种密度对高寒区燕麦种子产量及其相关性状的影响研究. 兰州: 甘肃农业大学, 2022
- [4] 段秋宇, 廖方全, 刘士山, 蒲晓斌, 牛应泽, 吴永成. 种植密度及行距配置对直播油菜农艺性状和产量品质的影响. 四川农业大学学报, 2017, 35 (2): 167-171
- [5] 蒯婕, 李真, 汪波, 刘芳, 叶俊, 周广生. 密度和行距配置对油菜苗期性状及产量形成的影响. 中国农业科学, 2021, 54 (11): 2319-2332
- [6] 袁圆, 汪波, 周广生, 刘芳, 黄俊生, 蒯婕. 播期和种植密度对油菜产量和茎秆抗倒性的影响. 中国农业科学, 2021, 54 (8): 1613-1626
- [7] 王锐, 李京, 胡立勇. 不同株行配置与密度对油菜产量的影响. 中国农学通报, 2011, 27 (16): 273-277
- [8] 王玉, 赵财, 樊志龙, 苟志文, 胡发龙, 殷文, 柴强. 行距及密度影响玉米密植潜力的干物质累积和产量构成机制. 中国生态农业学报: 中英文, 2020, 28 (5): 652-661

(收稿日期: 2024-06-18)