

付艳秋,冯彬,贾冰,等. 内蒙古自治区甜糯玉米登记新品种主要农艺性状与产量综合分析[J]. 江苏农业科学,2025,53(6):83-89.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.06.009

内蒙古自治区甜糯玉米登记新品种主要农艺性状与产量综合分析

付艳秋¹,冯彬¹,贾冰¹,刘影²,张杰³,王晓东⁴,王莉萌¹,李炳海¹,
王淑华⁵,梁玉志¹,邓晓玲¹,徐海生⁶,王振普¹,季宁宁¹,马建楠⁶,回飞⁶

(1. 赤峰市农牧技术推广中心,内蒙古赤峰 024000; 2. 赤峰市应用职业技术学院农林系,内蒙古赤峰 024000;

3. 赤峰市农牧科学研究所,内蒙古赤峰 024000; 4. 内蒙古民族大学,内蒙古通辽 028000;

5. 内蒙古敖汉旗农牧局,内蒙古敖汉旗 024300; 6. 内蒙古赤峰市农村牧区发展促进中心,内蒙古赤峰 024000)

摘要:搜集整理了 2014—2024 年内蒙古自治区审定登记的 31 个甜糯玉米品种信息,对其产量及主要性状进行综合分析。结果表明,7 个主要性状的变异系数范围为 5.20%~13.44%。通过主成分分析将 7 个主要性状指标简化为 3 个主成分,累计贡献率达 86.04%,包含了 31 个品种的绝大部分遗传信息。通过聚类分析将 31 个品种划分为 3 个大类群,第 1 类群包含 1 个品种,其综合表现最佳;第 2 类群包含 28 个品种,其综合表现适中;第 3 类群包含 2 个品种,其综合表现一般。相关性分析结果表明,株高、穗位、穗长、穗粗与产量均呈正相关,在高产目标下的甜糯玉米品种选育实践中应重点关注以上 4 个性状。灰色关联度分析结果表明,生育期等 6 个性状对产量的影响均较大,产量与各性状的关联度顺序为穗长>鲜百粒重>生育期>穗粗>株高>穗位。综上所述,在甜糯玉米品种选育时,应该注重选择穗位、穗粗适宜的品种,同时应统筹考虑多个性状对产量的综合作用,以实现高产目标。

关键词:甜糯玉米;农艺性状;产量;综合分析

中图分类号:S513.037 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2025)06-0083-06

玉米是我国第一大粮食作物,同时也是我国重要的饲料作物、能源植物和工业原料,在保障国家粮食安全、增加农牧民收入、助推产业脱贫、助力乡村振兴等方面意义重大^[1-5]。近年来,甜糯玉米因营养丰富、口味独特而受到大众青睐,提高其产量成为甜糯玉米品种选育和挖掘的重中之重。玉米产量受到多种农艺性状共同影响,同时各性状间会彼此影响和制约,因此,分析产量与其他性状间的关系,探索各农艺性状对产量的影响程度,对于培育甜糯玉米新品种、发展甜糯玉米产业具有十分重要的意义。目前,基于中国种业大数据平台数据,对棉花、水稻、大豆、玉米、高粱等作物登记品种的

主要性状进行综合分析已日趋成熟^[6-11],但在甜糯玉米研究方面的应用鲜见报道。本研究选择 2014—2024 年间内蒙古自治区登记的 31 个甜糯玉米品种,采用主成分分析、相关性分析、聚类分析和灰色关联度分析相结合的方法,对 7 个主要性状指标进行综合评价,旨在明确内蒙古地区不同甜糯玉米品种特点,为提升高产甜糯玉米育种水平及速度提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料来源于中国种业大数据平台,选取内蒙古自治区 2014—2024 年间登记的 31 个甜糯玉米品,各品种名称、选育单位及来源见表 1。

1.2 性状指标的选取

根据登记信息,选取产量(X_0)、生育期(X_1)、株高(X_2)、穗位(X_3)、穗长(X_4)、穗粗(X_5)、鲜百粒重(X_6)共 7 个主要农艺性状作为分析指标。

1.3 分析方法

1.3.1 隶属函数法 采用公式(1)计算每个品种各综合性状的隶属函数值:

收稿日期:2024-11-14

基金项目:内蒙古自治区高等学校科学技术研究项目(编号: NJZY22463)。

作者简介:付艳秋(1985—),女,内蒙古赤峰人,硕士,高级农艺师,主要从事农业技术推广方面的研究。E-mail:934622994@qq.com。

通信作者:刘影,硕士,高级讲师,研究方向为植物分类、牧草栽培, E-mail:422859835@qq.com;张杰,硕士,助理研究员,研究方向为作物种质资源创新应用及遗传多样性、作物高产优质高效栽培技术, E-mail:cfnmjzj0476@126.com。

表 1 品种名称、选育单位及来源

序号	品种名称	选育单位/育种者	品种来源
1	万甜糯 338	内蒙古真金种业科技有限公司、张家口万全区万博种子科技有限公司	wb13 × wb19
2	蒙甜糯 75	兴安盟裕合丰种业有限公司	N75 × T36
3	兴糯 985	天津市农作物研究所	K2/K2250 × W3608
4	白甜糯 211	天津市农作物研究所	W3608 × SW760 - 3B
5	花糯 116	哈尔滨金牛种业有限公司	B26 × C42
6	金糯 1805	北京金农科种子科技有限公司	JNK5010 × JNK2141
7	金甜糯 3 号	内蒙古兴丰种业有限公司	X03 × N03
8	糯黄金	内蒙古昕盛丰农业有限公司	CN0330 × HJ100
9	吉农甜糯 79	吉林省农业科学院、吉林吉农高新技术发展股份有限公司	吉 nx147 × 吉 tx75
10	兴糯 1 号	内蒙古兴丰种业有限公司	X01 × N01
11	内甜糯 2 号	内蒙古民族大学农学院、沈阳特亦佳玉米科技有限公司	17wx5 × 17hb2
12	内甜糯 103	内蒙古民族大学农学院、沈阳特亦佳玉米科技有限公司	MD512 × 17s - 39
13	赤糯 7 号	赤峰市农牧科学研究所	cn5 - 212 × cn6 - 001
14	种星彩糯 1 号	内蒙古种星种业有限公司	DL19 × DL20
15	彩甜糯 188	内蒙古真金种业科技有限公司、张家口万全区万博种子科技有限公司	Wb13 × Wb15
16	吉农糯 77	吉林省农业科学院	吉 DNX6E × 吉 D928 - 41
17	中硕糯 919	沈阳中硕种业有限公司	Zn264 × Zn402
18	米糯 700	内蒙古百诚种业有限公司、哈尔滨市米佳农业科技有限公司	H42 × H33
19	兴糯 1002	内蒙古百诚种业有限公司	K6 × W363
20	赤糯 6 号	赤峰市农牧科学研究所	自选系 cn5 ~ 213 × cn6 ~ 001
21	河糯 101	河套学院	HY107 × HY103
22	糯贝尔 9 号	沈阳市沈河区奉美佳农业科技推广中心	联糯 172 × 联甜 231
23	香糯	赤峰市年丰种业有限公司	NF - 105 × CF - 407
24	种星甜糯 2 号	内蒙古种星种业有限公司	D18 × DL17
25	禾彩糯 1	内蒙古利禾农业科技发展有限公司	白糯 111 × 紫糯 3
26	彩甜糯 001	内蒙古兴丰种业有限公司	H2008 × CH2000
27	禾甜糯 2	内蒙古利禾农业科技发展有限公司、敖汉旗九亿农业有限公司	糯 122 × 甜 18
28	禾甜糯 1	内蒙古利禾农业科技发展有限公司	自选系白糯 111 × 自选系紫甜 1
29	同糯一号	酒泉市同庆种业有限公司	同糯系 TQN20 - 2 × TQN3
30	彩糯 203	内蒙古巴彦淖尔科河种业有限公司	先糯系 ZXR4 × NXR3
31	郑黄糯 2 号	河南省农业科学院粮食作物研究所	郑黄糯 03 × 郑黄糯 04

$$\mu(X_j) = (X_j - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}), j = 1, 2, 3, \dots, n。 \quad (1)$$

式中： X_j 为第 j 个综合性状的测定值； X_{\min} 为第 j 个综合性状的最小值； X_{\max} 为第 j 个综合性状的最大值。

采用公式(2)计算各综合性状的权重：

$$\omega_j = P_j / \sum_{j=1}^n P_j, j = 1, 2, 3, \dots, n。 \quad (2)$$

式中： ω_j 代表第 j 个综合性状在所有综合性状中的重要程度，即权重； P_j 为各品种第 j 个综合性状的贡献率。

采用公式(3)计算各品种综合评价 D 值^[12]：

$$D = \sum_{j=1}^n [\mu(X_j) \times \omega_j], j = 1, 2, 3, \dots, n。 \quad (3)$$

1.3.2 灰色关联度分析 根据灰色系统理论，将

31 个品种的产量及其他 6 个性状作为一个整体。以产量(X_0)作为参考数列，其他 6 个性状作为比较数列，分别是生育期(X_1)、株高(X_2)、穗位(X_3)、穗长(X_4)、穗粗(X_5)、鲜百粒重(X_6)^[13-17]。

采用公式(4)对原始数据进行无量纲化处理：

$$X'_i(k) = [X_i(k) - X_i] / S_i。 \quad (4)$$

式中： $X'_i(k)$ 为第 i 个性状的第 k 个品种(系)的标准化均值； $X_i(k)$ 为第 i 个性状第 k 个品种(系)的平均值； X_i 为第 i 个性状的平均数； S_i 为第 i 个性状值的标准差。

参数 X_i 和参考数列 X_0 的关联系数 $[\xi_i(k)]$ 和关联度(r_i) 分别采用公式(5)和公式(6)计算：

$$\xi_i(k) = (\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}) / [\Delta_i(k) + \rho \Delta_{\max}]。 \quad (5)$$

式中: Δ_{\min} 为绝对差值 $\Delta_i(k)$ 的最小值; Δ_{\max} 为绝对差值 $\Delta_i(k)$ 的最大值; ρ 为分辨系数, $0 < \rho < 1$,一般取 $\rho = 0.5$ 。

$$r_i = 1/\xi_i(k)。(6)$$

1.4 数据处理

采用 Excel 2020 对数据进行隶属函数、权重及综合评价 D 值等计算;采用 DPS v20.05 进行主成分分析、聚类分析及灰色关联度分析,其中数据不全者按照缺失值处理。

2 结果与分析

2.1 主要性状表现及变异分析

对 31 个品种的 7 个主要性状进行变异分析,由表 2 可知,生育期最长 101.00 d,最短 80.00 d;株高

最高 295.00 cm,最低 212.00 cm;穗位最高 139.00 cm,最低 85.00 cm;穗长最长 25.40 cm,最短 18.30 cm;穗粗最粗 5.50 cm,最细 4.20 cm;鲜百粒重最重 45.00 g,最轻 27.40 g;产量最高 1 248.15 kg/667 m²,最低 923.20 kg/667 m²。7 个主要性状的变异系数范围为 5.20% ~ 13.44%,说明各品种性状间差异较大。其中,变异系数最大的是穗位,变异系数为 13.44%,穗粗的变异系数最小,为 5.20%,说明在 7 个主要性状中穗位变异最为丰富,穗粗性状的稳定性最好。变异系数大于 10% 则认为品种间差异较大^[6],7 个主要性状中,只有穗位的变异系数超过 10%,其他 6 个性状的变异系数均小于 10%,说明对甜糯玉米品种的比较和筛选时应穗位性状予以重点关注。

表 2 31 个甜糯玉米品种各性状统计结果

性状	最大值	最小值	极差	平均值	标准差	变异系数 (%)
生育期(d)	101.00	80.00	21.00	91.42	5.18	5.67
株高(cm)	295.00	212.00	83.00	250.95	22.20	8.85
穗位(cm)	139.00	85.00	54.00	110.35	14.83	13.44
穗长(cm)	25.40	18.30	7.10	20.86	1.65	7.91
穗粗(cm)	5.50	4.20	1.30	5.00	0.26	5.20
鲜百粒重(g)	45.00	27.40	17.60	36.59	2.99	8.17
产量(kg/667 m ²)	1 248.15	923.20	324.95	1 074.41	79.77	7.42

2.2 主成分分析

通过 Bartlett 球形检验,结果为 555.35, P 值为 $0.00 < 0.05$,说明各性状指标间存在一定的相关性,因子分析法适用于对本研究数据进行分析。

根据特征值 > 1 的原则^[15-16]对 7 个主要性状进行主成分分析,选取了 3 个主成分。结果表明,各性状中前 3 个主成分的特征值均 > 1 ,说明这 3 个主成分在各性状中包含了绝大部分遗传信息,累计反映出 86.04% 的总信息(表 3)。

第 1 主成分特征值为 3.01,贡献率为 42.95%,方差占比最大,说明第 1 主成分综合原有变量的能力最强。其中,产量、鲜百粒重的载荷值最大,分别为 0.56、0.55,说明第 1 主成分代表了产量、鲜百粒重的相关信息,因此第 1 主成分可作为产量构成因子。第 2 主成分特征值为 2.01,贡献率为 28.75%,穗位贡献最大,说明第 2 主成分代表了穗位相关信息,因此第 2 主成分可作为穗位因子。第 3 主成分特征值为 1.00,贡献率为 14.33%,穗长贡献最大,因此第 3 主成分可作为穗长因子。

表 3 各性状主成分特征向量矩阵及累计贡献率

性状	载荷		
	PC1	PC2	PC3
生育期	0.50	0.28	-0.08
株高	-0.29	0.56	0.19
穗位	-0.19	0.62	0.08
穗长	0.13	-0.01	0.93
穗粗	0.03	-0.43	0.29
鲜百粒重	0.55	0.15	-0.03
产量	0.56	0.14	-0.01
特征值	3.01	2.01	1.00
贡献率 (%)	42.95	28.75	14.33
累计贡献率 (%)	42.95	71.71	86.04

2.3 基于主成分分析的综合评价

根据公式(1)计算出各品种所有性状指标的隶属函数值,利用公式(2)计算出前 3 个主成分的权重分别为 0.38、0.25 和 0.13。

通过各性状主成分特征值(表 3)可计算出各品种的主成分得分(S)。

第 1 主成分得分为 $S_1 = 0.50X_1 - 0.29X_2 - 0.19X_3 + 0.13X_4 + 0.03X_5 + 0.55X_6 + 0.56X_7$;

第 2 主成分得分为 $S_2 = 0.28X_1 + 0.56X_2 + 0.62X_3 - 0.01X_4 - 0.43X_5 + 0.15X_6 + 0.14X_7$;

第 3 主成分得分为 $S_3 = -0.08X_1 + 0.19X_2 + 0.08X_3 + 0.93X_4 + 0.29X_5 - 0.03X_6 - 0.01X_7$ 。

利用 3 个主成分贡献率权重创建用于筛选优秀品种的评价指标 $S = 0.38S_1 + 0.25S_2 + 0.13S_3$ 。S 值越大,说明该品种的综合性状越好^[11]。

将隶属函数值及权重代入公式(3)计算出综合评价 D 值。D 值越大则说明综合性状越好,反之则说明综合性状欠佳。按照 D 值大小对 31 个品种进行排序(表 4)。其中,兴糯 1 号的 D 值最大,为 9.02,说明兴糯 1 号的综合性状表现最好;香糯的 D 值最小,为 -5.05,说明香糯综合性状表现最差。

2.4 基于综合评价 D 值的聚类分析

采用欧氏距离及类平均法对综合评价 D 值进行聚类分析。由图 1 可知,在欧氏距离为 1.00 时,可将 31 个品种分为 3 类。第 1 类包含 1 个品种,为兴糯 1 号,该类群在品种材料中占比 3.23%,其综合性状表现最好。第 2 类包含 28 个品种,该类群在品种材料中占比 90.32%,其综合性状表现适中。第 3 类包含 2 个品种,为同糯一号和香糯,其综合性状表现一般。

2.5 相关性分析

各性状间相关性分析结果见表 5。生育期与鲜百粒重呈极显著正相关,与产量呈显著负相关,与株高、穗位、穗长、穗粗间的相关性未达到显著水平;株高与穗位呈极显著正相关,与穗长、穗粗、鲜百粒重、产量间的相关性未达到显著水平;穗位与穗长、穗粗、鲜百粒重及产量间的相关性未达到显著水平;穗长与产量呈极显著正相关,与穗粗、鲜百粒重间的相关性未达到显著水平;穗粗与产量间呈显著正相关,与鲜百粒重间的相关性未达到显著水平。综合分析表明,穗长对产量的直接正效应最大,达到极显著水平。

2.6 灰色关联度分析

以产量为参考数列,其余 6 个性状作为比较数列进行灰色关联度分析。根据灰色系统理论,关联度值 $>0.70 \sim 1.00$ 为关联度较高,关联度值 $>0.35 \sim 0.70$ 为中等关联,关联度值为 $0 \sim 0.35$ 为关联度较弱,关联度大的数列与参考数列间的关系密切,反之则关系疏远^[13,18]。由表 6 可知,生育期等 6 个性

表 4 各品种的综合评价 D 值及排序

品种名称	D 值	排序
兴糯 1 号	9.02	1
兴糯 985	3.04	2
内甜糯 103	2.74	3
吉农糯 77	1.81	4
糯黄金	1.76	5
吉农甜糯 79	1.17	6
糯贝尔 9 号	1.11	7
内甜糯 2 号	0.84	8
禾彩糯 1	0.72	9
赤糯 7 号	0.69	10
禾甜糯 1	0.65	11
彩甜糯 188	0.63	12
万甜糯 338	0.49	13
彩甜糯 001	0.47	14
种星彩糯 1 号	0.46	15
金甜糯 3 号	0.27	16
白甜糯 211	0.24	17
花糯 116	0.21	18
蒙甜糯 75	0.12	19
种星甜糯 2 号	0.11	20
兴糯 1002	0.04	21
郑黄糯 2 号	0.01	22
金糯 1805	0.01	23
赤糯 6 号	-0.11	24
米糯 700	-0.41	25
彩糯 203	-0.95	26
河糯 101	-1.04	27
禾甜糯 2	-1.20	28
中硕糯 919	-1.48	29
同糯一号	-4.29	30
香糯	-5.05	31

状与产量的关联度均 >0.70 ,说明以上 6 个性状对甜糯玉米品种的产量影响均较大,对于产量提升有明显影响。产量与各性状的关联度排序依次为穗长 $>$ 鲜百粒重 $>$ 生育期 $>$ 穗粗 $>$ 株高 $>$ 穗位。

3 讨论

3.1 遗传变异分析

农艺性状是新品种选育工作的重要依据和基础,能够反映出个体间和群体间的差异。因此,对农艺性状进行分析研究是研究甜糯玉米品种遗传变异最直接、最简单的方法^[19-20]。田龙等研究认为,

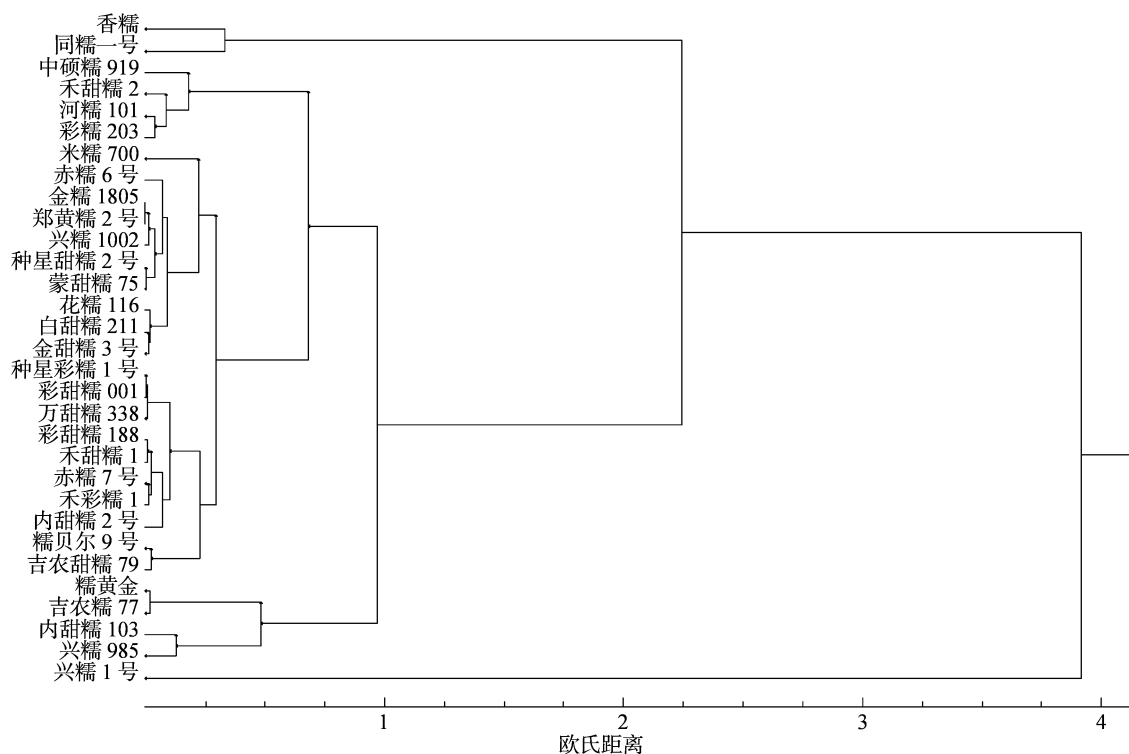


图1 31 个品种的聚类分析

表 5 各性状相关性分析

性状	相关系数						
	生育期	株高	穗位	穗长	穗粗	鲜百粒重	产量
生育期	1.00						
株高	-0.13	1.00					
穗位	0.04	0.89 **	1.00				
穗长	0.10	0.01	-0.08	1.00			
穗粗	-0.16	-0.33	-0.33	0.08	1.00		
鲜百粒重	0.88 **	-0.29	-0.12	0.17	-0.05	1.00	
产量	-0.39 *	0.12	0.03	0.47 **	0.43 *	-0.31	1.00

注：** 和 * 分别表示相关性极显著 ($P < 0.01$) 和显著 ($P < 0.05$)。

表 6 各性状与产量的关联度及排序

性状	与产量的关联度	排序
生育期	0.823	3
株高	0.809	5
穗位	0.783	6
穗长	0.842	1
穗粗	0.813	4
鲜百粒重	0.832	2

9 个玉米品种的 8 个农艺性状变异大小顺序为秃尖长度 > 穗长 > 穗行数 > 百粒重 > 行粒数 (穗位高) > 株高 > 穗粗^[21]; 希日格乐等研究认为, 6 个春玉米品种的 7 个穗部性状变异大小依次为秃尖长、百粒重、穗行数、行粒数、单株产量、穗长、穗粗、出籽

率^[22]。本研究表明, 31 个品种的 7 个主要农艺性状变异大小顺序为穗粗、生育期、穗长、鲜百粒重、株高、穗位、产量。由于农艺性状研究受到人为因素、环境条件、供试材料等多重因素综合影响, 因此其稳定性、变异性并不能完全真实地反映出来, 试验结论难以完全相同^[14]。

3.2 主成分分析

主成分分析将多个指标简化为少量综合性指标, 所得到的综合性指标保持了原有性状信息的特点, 同时又彼此独立^[23]。本研究将 7 个性状指标转化为 3 个主成分, 累计贡献率达 86.04%, 能够代表各性状的变异。其中, 鲜百粒重、穗位、穗长是引起变异的主要性状, 且以上性状与产量关系密切, 第 1

主成分综合原有变量的能力最强。这与王俊花等的研究结论^[24]类似,说明可将鲜百粒重、穗位、穗长作为选育高产甜糯玉米品种的性状指标。

3.3 聚类分析

聚类分析可以根据不同品种的性状指标差异对其进行分类^[25]。利用聚类分析方法对不同品种进行分类研究,能够清晰解释不同类群品种的差异,但因性状指标受自然环境、地理条件及人为因素等条件影响较大,且因产量为多种性状指标综合作用的结果,本研究仅对 7 个主要性状进行研究,且仅选择内蒙古自治区登记品种作为研究对象,试验结果具有一定局限性,今后应在多生态区域、多种质资源群体、多种种植年限、多性状指标的基础上进行全面系统的深入研究。

3.4 相关性分析

相关性分析通过研究两两性状间的相关关系,从而明确各性状间的相互作用。徐磊等研究认为,产量与单穗粒重呈极显著正相关,与出籽率和穗粗均呈显著正相关^[26]。本研究表明,产量与株高、穗位、穗长、穗粗呈均正相关,其中与穗长呈极显著正相关,与穗粗呈显著正相关,这与徐磊等的研究结论^[26]基本一致,说明在甜糯玉米高产育种时要综合协调以上性状。

3.5 灰色关联度分析

灰色关联度分析能够将众多因素作为一个灰色系统从而对不稳定因素进行综合评价^[27]。由于试验材料、性状指标的不同都可能导致产量与主要性状关联次序的改变,分析结果难以完全一致^[28]。本研究表明,产量与各性状的关联度大小依次为穗长 > 鲜百粒重 > 生育期 > 穗粗 > 株高 > 穗位,该研究结论与林昇平、邹军等的研究结论^[29-30]基本一致。

4 结论

31 个甜糯玉米品种性状间差异较大,品种的变异较为丰富。各性状间存在不同程度的相关性,产量为多个表型性状共同作用的结果。在欧氏距离为 1.00 时,供试材料可划分为 3 个类群,提取前 3 个主成分能够反映出 31 个品种的绝大部分性状信息。在甜糯玉米品种选育时,应该注重选择穗位、穗粗适宜的品种,同时应统筹考虑多个性状对产量的综合作用,以实现高产目标。

参考文献:

- [1] 朱艳彬,樊晓琴,吉闻天,等. 基于 AMMI 模型和 GGE 双标图的西北春玉米品种区域试验综合评价[J]. 中国农业大学学报, 2023, 28(12): 15-24.
- [2] 李怡萌,周亚星,余忠浩,等. 内蒙古自治区审定玉米品种主要性状演变趋势及灰色关联度分析[J]. 种子, 2023, 42(10): 89-98.
- [3] 钱双宏,蔡世昆,朱汉勇,等. 不同玉米品种(系)在云南省不同生态区丰产、稳产及适应性分析[J]. 中国农学通报, 2023, 39(9): 7-15.
- [4] 吕师师,梁思维,周富亮,等. 广东省甜玉米 (*Zea mays* L. *saccharata* sturt) 区试品种高产稳产性分析[J]. 分子植物育种, 2020, 18(6): 2064-2069.
- [5] 张世煌. 我国玉米种业发展的现状与未来十年发展建议[J]. 作物杂志, 2012(5): 1-3.
- [6] 邓艳凤,肖水平,刘新稳,等. 主成分分析和隶属函数法对早熟棉 F₁ 代材料的综合评价[J]. 亚热带农业研究, 2022, 18(1): 1-6.
- [7] 马晓春,章忠贵,范 凌,等. 2008—2019 年安徽省审定的水稻品种主要性状分析[J]. 中国稻米, 2021, 27(1): 104-108.
- [8] 王大刚,陈圣男,于国宜,等. 1983—2019 年安徽省夏大豆品种主要性状变化趋势分析[J]. 中国油料作物学报, 2021, 43(3): 510-517.
- [9] 徐 瑶,冷苏凤,张玉明,等. 1982—2021 年江苏省审定大豆品种主要农艺性状、产量、品质及抗性演变分析[J]. 中国油料作物学报, 2022, 44(4): 780-789.
- [10] 余忠浩,周亚星,周 伟,等. 2002—2021 年内蒙古自治区普通玉米审定品种性状演变及综合分析[J]. 种子, 2022, 41(10): 139-148.
- [11] 李 岩,余忠浩,周 伟,等. 内蒙古自治区高粱登记新品种主要性状综合分析[J]. 分子植物育种, 2024, 22(5): 1532-1542.
- [12] 吴国江,周 伟,余忠浩,等. 内蒙古自治区高粱登记品种农艺性状及品质综合评价[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(1): 83-92.
- [13] 邓聚龙. 灰色控制系统[M]. 2 版. 武汉:华中理工大学出版社, 1993.
- [14] 杨如达,李 海,林凤仙,等. 糜子性状与产量的灰色关联度分析及品种选育侧重性状探讨[J]. 作物杂志, 2017(4): 50-57.
- [15] 伊德日夫,王路航,解宇龙,等. 基于主成分回归的内蒙古自治区碳达峰预测研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2022, 43(6): 102-107.
- [16] 张 杰,贾 冰,程瑞宝,等. 东北平原生态区糜子种质资源表型多样性分析[J]. 作物杂志, 2025(1): 76-82.
- [17] 高志军,侯建华,刘玉爱,等. 玉米杂交种的灰色关联度分析[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2007, 28(2): 128-131.
- [18] 费云燕,余 波,韩华新,等. 粳糯产量与产量构成因素的灰色关联度分析[J]. 大麦与谷类科学, 2024, 41(2): 18-23.
- [19] 郝 蕾,张国盛,穆喜云,等. 北沙柳种质资源居群表型多样性[J]. 西北植物学报, 2017, 37(5): 1012-1021.
- [20] 孙 铭,符开欣,范 彦,等. 15 份多花黑麦草优良引进种质的表型变异分析[J]. 植物遗传资源学报, 2016, 17(4): 655-662.
- [21] 田 龙,韩媛芬,丁维汉. 陕西省玉米品种农艺性状与产量相关性研究[J]. 陕西农业科学, 2017, 63(6): 1-4.

李 一, 陈 苗, 陈任强, 等. 肥料不同配施方式对赤豆光合特性、根系形态和产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2025, 53(6): 89–95.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.06.010

肥料不同配施方式对赤豆光合特性、根系形态和产量的影响

李 一¹, 陈 苗¹, 陈任强^{1,2}, 王鑫鑫^{3,4,5}, 王晓玲⁶, 刘宏权^{1,2}

(1. 河北农业大学城乡建设学院, 河北保定 071001; 2. 农业农村部华北节水农业重点实验室, 河北保定 071001;
3. 河北省山区农业技术创新中心, 河北保定 071001; 4. 国家北方山区农业工程技术研究中心, 河北保定 071001;
5. 河北农业大学河北省山区研究所, 河北保定 071001; 6. 河北农业大学园艺学院, 河北保定 071001)

摘要:为探究肥料不同配施方式对赤豆叶片光合特性、根系形态和产量的影响, 制定科学高效的赤豆增产方案, 于 2022 年 6—10 月在河北省巨鹿县的河北农业大学综合试验站开展田间试验, 选取保红 947 为供试品种, 设置常规施肥 (CK)、微生物菌剂配施 [常规施肥下增施 112.5 kg/hm² (J1)、262.5 kg/hm² (J2)、412.5 kg/hm² (J3)]、有机肥配施 [减施复合肥下增施 4 000 kg/hm² (F1)、8 000 kg/hm² (F2)、12 000 kg/hm² (F3)] 共 7 个处理。测定赤豆全生育期的叶面积指数、叶绿素相对含量和根系形态指标, 结荚期叶片的光合参数, 以及收获后赤豆籽粒产量及其构成要素。结果表明, 不同配施方式对赤豆开花期、结荚期叶面积指数、叶绿素相对含量的影响最为显著。赤豆光合指标对肥料配施方式的响应随各肥料施加量的增加先增大后减小, J2、F2 处理时较高。肥料配施大大增加了赤豆的根系形态指标。不同肥料能够通过合理配施达到相似的结果, 其中 J2、J3 和 F2 处理赤豆的产量达到最大, 综合考虑赤豆生长状况和产量, 适宜的配施方案为 J2 和 F2 处理, 与常规施肥相比分别增产 15.03%、14.85%。综上, 研究表明增施微生物菌剂 262.5 kg/hm² 和减施复合肥下增施有机肥 8 000 kg/hm² 是促进赤豆生长、提高产量的合理配施方式。

关键词: 赤豆; 微生物菌剂; 有机肥; 光合特性; 根系形态; 产量

中图分类号: S521.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2025)06-0089-07

由于世界人口持续增长, 适宜种植粮食的土地有限, 粮食短缺问题一直是人类的威胁。我国是人

口大国之一, 粮食的需求量极大, 大量的粮食需求依赖着粮食主产区的产出, 仅 13 个省份的主产区提供了全国约 75% 的粮食产量和约 80% 的商品粮^[1]。不仅如此, 我国还面临着土壤污染、水资源短缺、自然灾害等问题, 粮食短缺的威胁仍旧不能消除。为解除粮食短缺的威胁, 世界各地的研究人员通过强健作物本身、改善作物生长环境、促进作物养分吸收等不同方法提高作物产量^[2-8]。在诸多作物增产方法中, 施加微生物菌剂和有机肥均能够改善土壤条件,

收稿日期: 2024-03-25

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项 (编号: CARS-08-G-22); 河北省省属高校基本科研业务费研究项目 (编号: KY2022103)。

作者简介: 李 一 (1998—), 女, 河北保定人, 硕士研究生, 主要从事大田水肥调控研究。E-mail: 2306850482@qq.com。

通信作者: 刘宏权, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要从事农业水土资源高效利用、水肥调控研究。E-mail: lhq@hebau.cn。

[22] 希日格乐, 李春辉, 郭世华. 春玉米穗部性状与单株产量间的相关和通径分析[J]. 内蒙古农业大学学报 (自然科学版), 2010, 31(3): 106–110.

[23] 李资文, 李志刚, 周 伟, 等. 高粱品系的主要农艺性状评价与综合分析[J]. 分子植物育种, 2021, 19(19): 6503–6511.

[24] 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.

[25] 赵海燕, 王腾飞, 续创业, 等. 西北旱塬区玉米品种表型聚类分析及适应性评价[J]. 玉米科学, 2023, 31(5): 56–63.

[26] 徐 磊, 谭福忠, 师 臣, 等. 黑龙江省西部干旱区玉米产量与

产量构成因素的相关性分析[J]. 黑龙江农业科学, 2020(7): 1–6.

[27] 罗 巍, 周 伟, 王振国, 等. 24 份甜高粱主要农艺性状与生物产量综合分析[J]. 中国农学通报, 2022, 38(30): 21–28.

[28] 景小兰, 史根生, 史关燕. 不同糜黍品种灰色关联度分析及综合评价[J]. 农学学报, 2016, 6(7): 13–18.

[29] 林昇平, 饶宝蓉, 葛名海, 等. 不同鲜食糯玉米品种主要农艺性状与籽粒产量的灰色关联度分析[J]. 热带农业科学, 2022, 42(1): 11–16.

[30] 邹 军, 章洁琼, 龙 英, 等. 20 个鲜食玉米品种产量与主要性状的灰色关联度分析[J]. 种子, 2019, 38(11): 138–142.