

河南省大白菜区试品种综合评价

张 鹤¹, 路翠玲¹, 琚志君¹, 刘 璇¹, 魏小春²

(1. 郑州市农业科学研究院 郑州 450000; 2. 河南省农业科学院蔬菜研究所 郑州 450002)

摘要:为加快河南省大白菜新品种选育及示范推广,对河南省6个区试点16个品种的农艺性状、抗病性和产量进行比较,并通过相关性分析、聚类分析和主成分分析进行综合评价。结果表明,11个农艺性状中仅生育期在不同品种间差异不显著,其他性状均有显著差异,球高的变异系数最大,生育期的变异系数最小。田间抗病性评价表明,6个品种对病毒病抗性达到免疫水平,其他品种达高抗水平;16个品种对霜霉病抗性均达到高抗水平,病情指数范围为1.51~6.81;所有参试品种软腐病发病率(0.93%~3.87%)均低于对照品种德高春秋69(6.27%),抗性较强。聚类分析结果表明,在欧氏距离为15时,16个参试品种分为4类,其中第1类群包括10个品种,多为口感脆嫩的早熟白菜。主成分分析结果表明,前5个主成分累计贡献率为90.359%,其中第1主成分贡献率42.034%,主要反映了株型指数、霜霉病抗性和产量的相关信息。综合评价结果表明,晋菜三号、新长三号、豫新10号、郑白76和改良青杂三号等5个品种综合得分较高,适宜在河南及同类型气候区域推广种植。本研究结果为白菜新品种示范推广及指导菜农选择品种提供了数据支撑。

关键词:大白菜;区域试验;农艺性状;相关性分析;聚类分析;主成分分析

中图分类号:S634.1

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2026)08-146-09

Comprehensive evaluation of Chinese cabbage in regional trials in Henan province

Zhang He¹, Lu Cuiling¹, Ju Zhijun¹, Liu Xuan¹, Wei Xiaochun²

(1. Zhengzhou Academy of Agricultural Science and Technology, Zhengzhou 450000, Henan, China; 2. Institute of Vegetable, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, Henan, China)

Abstract: To accelerate the breeding, demonstration, and extension of new Chinese cabbage varieties in Henan province, 16 varieties from 6 regional test sites in Henan province were compared for agronomic traits, disease resistance and yield. A comprehensive evaluation was performed using correlation analysis, cluster analysis, and principal component analysis. The results showed that among the 11 agronomic traits, only the growth period showed on significant differences among varieties, while all others traits exhibited significant variations. The coefficient of variation was highest for head height and lowest for the growth period. Field disease resistance evaluation indicated that 6 varieties were immune to viral diseases, while the other were highly resistant, the range of disease index was 1.51-6.81; 16 varieties showed highly resistance to downy mildew, all tested varieties had lower soft rot incidence rate(0.93%-3.87%) than the control cultivar De-gao Chunqiu 69(6.27%), achieving a high resistance level. Cluster analysis results showed that at a euclidean distance of 15, the 16 tested varieties were divided into four groups, with the first group comprising 10 varieties, most of which were early-maturing cabbage with crisp and tender texture. Principal component analysis indicated that the first five principal components accounted for 90.359%. The first principal component contributed 42.034%, primarily reflecting information related to plant type index, downy mildew resistance, and yield. In summary, this study identified the top five comprehensively ranked varieties: Jincai 3, Xinchang 3, Yuxin 10, Zhengbai 76, and Improved Qingza 3, which are suitable for promotion and cultivation in Henan and similar climate regions. The results of this study provide data support for the demonstration and promotion of new Chinese cabbage variety and for guiding farmer in variety selection.

Key words: Chinese cabbage; Regional trial; Agronomic trait; Correlation analysis; Cluster analysis; Principal component analysis

收稿日期:2026-02-11;修回日期:2026-03-30

基金项目:国家大宗蔬菜产业技术体系(CARS-21)

作者简介:张 鹤,女,助理研究员,主要从事大白菜育种及栽培技术研究工作。E-mail:zhanghe0418@126.com

大白菜(*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*)属十字花科芸薹属,原产于中国,栽培历史悠久,是芸薹属植物中具有较高经济价值、营养价值和研究价值的重要叶菜类作物之一,是我国居民的当家菜^[1],深受消费者喜爱。河南省是全国蔬菜种植大省,年种植面积约 13.3 万 hm^2 ^[2]。加快开展品质优、抗多种病害或新流行病害、适应性强的的大白菜种质资源创新和新品种选育^[3],培育出一批适应河南省当地生态条件、满足育种目标的大白菜新品种,有助于推动河南省大白菜新优品种更新迭代,促进当地经济发展,提高农民收入。

在进行种质资源评价时,单一的评价方法会导致准确性差、结论不一致等问题。使用多维度统计进行综合评价,可以有效缩小偏差,结论更具有科学性^[4]。近年来,相关性分析、主成分分析、聚类分析和隶属函数法等综合评价体系广泛应用于作物的种质资源鉴定与综合评价^[5-11]。樊露泽等^[12]对 20 个大白菜品种在青海高寒地区露地种植的适应性进行评价,结果显示各试验材料之间的农艺性状表现出较大的变异幅度和较高的多样性,筛选出天青 75、胶研 5869、改良青杂三号和秋喜 4 个品种适宜在青海高寒地区露地种植。韩祉君等^[13]对吉林省引进的 65 份大白菜种质资源进行表型性状遗传多样性分析和主成分分析。张文静等^[14]对 190 份大白菜高代自交系的主要表型性状与遗传多样性进行分析,发现其变异系数在 10.10%~90.36%,遗传变幅较大。

目前,针对河南地区大白菜综合评价的研究较少。鉴于此,笔者以 2023—2024 年由河南省农业科学院蔬菜研究所主持的河南省大白菜新品种区域试验参试品种为试材,在河南省农业科学院示范基地、郑州市、开封市、新乡市、南阳市、商丘市 6 个区试点进行露地栽培区域试验,对 16 个参试品种的农艺性状、抗病性和产量进行综合评价,以期筛选出适宜河南地区露地种植的大白菜品种,为大白菜新品种在河南省不同生态区栽培条件下的适应性、抗逆性、稳产性及推广利用提供科学依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为河南省 9 家单位提供的 16 个大白菜品种(含 4 个对照品种),参试品种具体信息见表 1。

1.2 试验设计

试验于 2023 和 2024 年 8—11 月分别在河南省农业科学院原阳示范基地、郑州市、开封市、新乡市、南阳市、商丘市 6 个区试点进行露地栽培区域试验,试验田按随机区组排列,设 3 次重复,小区面积不少于 12 m^2 。试验地周围设保护行。中早熟品种河南省一般 8 月 15 日播种,均采用 72 孔穴盘基质育苗,苗龄 15~20 d。采用高垄或者高畦栽培,株行距为 55 $\text{cm} \times 60 \text{ cm}$ 。定植前每 667 m^2 施有机肥(烘干鸡粪)1000 kg,复合肥 50 kg(15-15-15)。早熟品种在莲座末期至包心早期追肥 1 次;中晚熟品种在莲座末期、包心中期各追肥 1 次,每次每 667 m^2 施 10~15 kg 高氮复合肥,随水冲施。区域试验大白菜生长期间防虫不防病,以鉴定参试品种的抗病性。

1.3 测定指标与方法

参照《大白菜种质资源描述规范和数据标准》^[15],观察记载田间参试品种的农艺性状,调查品种生育期、株高、开展度、球高、球径、外叶数、球叶数、中心柱长和中心柱宽等。记录采收期每小区毛菜产量、净菜产量,并折算 667 m^2 毛菜产量和净菜产量,每个性状取 3 次重复的平均值。取 2 年数据的平均值作为最终结果进行分析。

在莲座期调查各参试品种病毒病、霜霉病、软腐病田间发病情况,计算病情指数和发病率。病毒病单株病症分级标准:0 级,无病症;1 级,心叶明脉,轻微花叶;3 级,心叶及中部叶片花叶;5 级,心叶及中、外部叶片花叶,少数叶片皱缩畸形,植株轻度矮化;7 级,重花叶,多数叶片皱缩畸形,球叶坏死斑点及叶脉轻度坏死,植株矮化;9 级,严重花叶,皱缩畸形,叶脉坏死至植株死亡,无商品价值。霜霉病单株病症分级标准:0 级,无病症;1 级,外部叶片上产生少量病斑;3 级,外部叶片上产生多数病斑但不成片;5 级,多数叶片上产生病斑,部分叶片病斑已连成片;7 级,多数叶片上产生病斑,病斑连成片或开始干枯;9 级,多数叶片或整株枯死,严重减产。软腐病从结球期开始调查,一旦发现,整株拔除,统计病株率。

病情指数(DI)= Σ (各病情级别代表数值 $\times$ 各病情级别的叶片数)/(调查总叶片数 $\times$ 最高病情级别的代表数值) $\times 100$ 。抗性分级标准为:DI=0,免疫;0<DI $\leq$ 11,高抗;11<DI $\leq$ 33,中抗;33<DI $\leq$ 55,抗病;55<DI $\leq$ 77,感病;DI>77,高感。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 对大白菜 11 个农艺性状

表 1 参试品种信息
Table 1 Specific information of tested varieties

编号 Number	品种 Variety	来源 Source	类型 Type
1	小包 23(CK1) Xiaobao23(CK1)	新乡源丰种业有限公司 Xinxiang Yuanfeng Seed Co., Ltd.	早熟叠抱倒圆锥形 Early-maturing, overlapping-heading, obconical
2	晋菜三号(CK2) Jincai 3(CK2)	山西君实种业科技有限公司 Shanxi Junshi Seed Technology Co., Ltd.	中晚熟合抱长筒形 Medium-late maturing, closed-heading, long cylindrical
3	德高春秋 69(CK3) Degao Chunqiu 69(CK3)	山东德高种业有限公司 Shandong Degao Seed Co., Ltd.	早熟叠抱短筒形 Early-maturing, overlapping-heading, short cylindrical
4	改良青杂三号(CK4) Improved Qingza 3(CK4)	青岛国际种苗有限公司 Qingdao International Seed Co., Ltd.	中晚熟叠抱长筒形 Medium-late maturing, overlapping-heading, long cylindrical
5	新合 196 Xinhe 196	新乡市农业科学院 Xinxiang Academy of Agricultural Sciences	早熟合抱短筒形 Early-maturing, closed-heading, short cylindrical
6	新长三号 Xinchang 3	新乡市农业科学院 Xinxiang Academy of Agricultural Sciences	中晚熟合抱长筒形 Medium-late maturing, closed-heading, long cylindrical
7	新峰三号 Xinfeng 3	新乡市农业科学院 Xinxiang Academy of Agricultural Sciences	中晚熟合抱长筒形 Medium-late maturing, closed-heading, long cylindrical
8	开蔬 65 Kaishu 65	开蔬种业科技有限公司 Kaishui Seed Technology Co., Ltd.	早熟叠抱倒圆锥形 Early-maturing, overlapping-heading, obconical
9	开白 1 号 Kaibai 1	开封市农林科学研究院 Kaifeng Academy of Agricultural and Forestry Sciences	早熟叠抱倒圆锥形 Early-maturing, overlapping-heading, obconical
10	郑白 21 Zhengbai 21	郑州市农业科技研究院 Zhengzhou Academy of Agricultural Science and Technology	早熟叠抱矮桩形 Early-maturing, overlapping-heading, short-statured
11	郑白 76 Zhengbai 76	郑州市农业科技研究院 Zhengzhou Academy of Agricultural Science and Technology	中晚熟合抱长筒形 Medium-late maturing, closed-heading, long cylindrical
12	豫新 13 号 Yuxin 13	河南省农业科学院 Henan Academy of Agricultural Sciences	早熟合抱倒卵圆形 Early-maturing, closed-heading, obovate
13	豫春皇 3 号 Yuchunhuang 3	河南省农业科学院 Henan Academy of Agricultural Sciences	早熟合抱倒卵圆形 Early-maturing, closed-heading, obovate
14	豫新 10 号 Yuxin 10	河南省农业科学院 Henan Academy of Agricultural Sciences	中晚熟合抱短筒形 Medium-late maturing, closed-heading, short cylindrical
15	豫春皇 4 号 Yuchunhuang 4	河南省农业科学院 Henan Academy of Agricultural Sciences	早熟合抱炮弹形 Early-maturing, closed-heading, cannon-shaped bulb
16	豫新 12 号 Yuxin 12	河南省农业科学院 Henan Academy of Agricultural Sciences	早熟合抱炮弹形 Early-maturing, closed-heading, cannon-shaped bulb

的调查数据进行整理,采用 SPSS 26.0 软件进行多重比较及相关性分析、聚类分析和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 参试大白菜品种农艺性状比较

对参试的 16 个大白菜品种农艺性状进行方差分析和多重比较,结果如表 2 所示。11 个农艺性状

中仅生育期在不同品种间差异不显著,其他性状均有显著差异。参试品种平均生育期 69.46 d,其中豫新 10 号的生育期最长,为 74.00 d,豫春皇 3 号的生育期最短,为 64.10 d。不同品种的株高平均值为 41.77 cm,新长三号最高,为 55.18 cm,豫春皇 3 号最低,为 31.06 cm。开展度的均值为 64.91 cm,豫新 10 号最大,为 68.64 cm,豫春皇 3 号最小,为 54.91 cm,

表 2 参加区试大白菜品种的农艺性状比较
Table 2 Comparison of agronomic traits of Chinese cabbage varieties in regional trials

编号 Number	生育期 Growth period/d	株高 Plant height/ cm	开展度 Spread/ cm	球高 Head height/ cm	球径 Head diameter/ cm	外叶数 Number of frame leaves	球叶数 Number of wrapper leaves	中心柱长 Core length/cm	中心柱宽 Core width/cm	毛菜产量 Unprocessed vegetable yield/ (kg·667 m ²)	净菜产量 Processed vegetable yield/ (kg·667 m ²)
1	65.90 a	38.32 efgh	63.71 gh	25.18 g	21.21 b	8.96 h	36.61 f	3.66 c	4.52 abc	9 730.77 cd	6 746.25 bc
2	73.40 a	54.81 a	68.17 a	52.46 a	15.12 g	10.87 ef	31.25 g	4.98 a	4.39 cd	11 806.96 a	7 765.04 a
3	69.80 a	38.87 efg	63.98 fg	29.14 f	17.92 e	11.35 cdef	49.68 bc	3.42 cd	4.39 cd	8 232.07 h	5 723.25 f
4	72.70 a	42.30 d	67.56 ab	30.06 f	19.17 cd	11.76 bede	44.32 de	3.66 c	4.28 de	8 584.39 fgh	5 803.36 f
5	67.00 a	37.89 fgh	64.19 efg	30.12 f	17.90 e	10.75 f	42.05 e	4.12 b	4.15 e	8 312.92 gh	5 919.19 ef
6	72.30 a	55.18 a	66.31 bc	51.19 a	14.60 g	9.79 g	30.57 g	3.79 bc	4.11 ef	10 983.89 b	6 870.41 bc
7	71.00 a	45.06 c	65.55 cde	37.98 c	16.68 f	11.81 bcd	36.99 f	2.62 e	3.80 g	9 649.35 cd	6 589.89 bcd
8	67.70 a	37.57 gh	65.31 cdef	24.16 gh	22.22 a	9.38 gh	32.51 g	3.77 bc	4.11 ef	8 775.06 efgh	6 081.51 def
9	69.90 a	39.66 ef	65.85 cd	25.43 g	22.00 ab	9.06 h	31.54 g	3.51 c	4.15 e	9 756.76 cd	6 546.60 bcd
10	66.30 a	36.67 h	62.43 h	24.73 g	20.01 c	9.08 gh	32.81 g	4.89 a	3.88 fg	9 026.61 defg	6 316.51 cdef
11	71.40 a	45.22 c	64.54 defg	39.52 b	16.72 f	11.14 def	33.20 g	3.64 c	3.81 g	9 813.71 c	6 515.26 bcde
12	69.70 a	39.77 e	64.63 defg	29.32 f	18.18 e	9.80 g	50.86 b	3.45 cd	4.42 bcd	9 288.96 cdef	6 947.46 b
13	64.10 a	31.06 i	54.91 i	23.12 h	15.55 g	9.21 gh	44.09 de	3.03 de	4.63 ab	5 374.67 i	3 804.11 g
14	74.00 a	47.58 b	68.64 a	36.12 d	16.73 f	16.25 a	54.31 a	3.61 c	4.69 a	10 563.77 b	6 689.06 bc
15	67.80 a	38.57 efg	67.29 ab	30.00 f	18.42 de	11.97 bc	55.52 a	4.59 a	4.31 cde	9 509.66 cde	6 862.70 bc
16	68.40 a	39.82 e	65.50 cde	31.63 e	18.37 de	12.33 b	46.47 cd	3.49 c	4.50 abcd	9 567.29 cd	6 726.76 bc
最大值 Maximum	74.00	55.18	68.64	52.46	22.22	16.25	55.52	4.98	4.69	1 1806.96	7 765.04
最小值 Minimum	64.10	31.06	54.91	23.12	14.60	8.96	30.57	2.62	3.80	5 374.67	3 804.11
标准差 SD	2.89	6.44	3.16	8.95	2.31	1.86	8.72	0.62	0.28	1 414.13	850.75
均值 Average	69.46	41.77	64.91	32.51	18.18	10.84	40.80	3.76	4.26	9 311.05	6 369.21
变异系数 CV/%	4.17	15.43	4.87	27.53	12.73	17.12	21.37	16.55	6.46	15.19	13.36

注:同列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。
Note: Different small letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level.

不同品种间存在显著差异。球高的均值为 32.51 cm,对照晋菜三号最高,为 52.46 cm,豫春皇 3 号最低,为 23.12 cm。球径的平均值为 18.18 cm,其中开蔬 65 最大,为 22.22 cm,新长三号最小,为 14.60 cm。叶球外叶数平均为 10.84 片,豫新 10 号最多,为 16.25 片,对照小包 23 最少,为 8.96 片。叶球球叶数平均值为 40.80 片,豫春皇 4 号最多,为 55.52 片,新长三号最少,为 30.57 片。叶球的中心柱长为 2.62~4.98 cm,平均值为 3.76 cm;中心柱宽为 3.80~4.69 cm,平均值为 4.26 cm。毛菜产量平均值为 9 311.05 kg·667 m²,对照晋菜三号最高,为 11 806.96 kg·667 m²,豫春皇 3 号最低,为 5 374.67 kg·667 m²。净菜产量的平均值为 6 369.21 kg·667 m²,对照晋菜三号最高,为 7 765.04 kg·667 m²,豫春皇 3 号最低,为 3 804.11 kg·667 m²。11 个农艺性状的变异系数介

于 4.17%~27.53%之间,其中球高的变异系数最大,生育期的变异系数最小。

2.2 田间抗病性评价

参加区试的 16 个大白菜品种抗病性评价结果如表 3 所示,病毒病病情指数在 0.00~1.49 之间,小包 23、新长三号、新峰三号、开蔬 65、郑白 21 和豫新 12 号等 6 个品种达到免疫水平,其他品种对病毒病达到高抗水平。霜霉病病情指数在 1.51~6.81 之间,其中豫春皇 3 号、开白 1 号和郑白 21 等 3 个品种在 6.0 以上,但 16 个品种均达到高抗水平。软腐病发病率为 0.93%~6.27%,其中对照德高春秋 69 发病率最高,其余参试品种发病率均在 4.00%以下,抗性较强。

2.3 大白菜品种各农艺性状的相关性分析

对参试的 16 个大白菜品种 14 个农艺性状进

表 3 大白菜不同参试品种病毒病、霜霉病的病情指数和软腐病发病率
Table 3 Disease index of virus disease, downy mildew and the incidence rate of soft rot in different tested varieties of Chinese cabbage

品种 Variety	病毒病病情指数 Disease index of viral disease	霜霉病病情指数 Disease index of downy mildew	软腐病发病率 Soft rot incidence rate/%
小包 23 Xiaobao 23	0.00	4.65	3.87
晋菜三号 Jincai 3	0.01	2.90	2.82
德高春秋 69 Degao Chunqiu 69	1.49	4.55	6.27
改良青杂三 Improved Qingza 3	0.43	2.36	3.86
新合 196 Xinhe 196	0.03	5.17	0.97
新长三号 Xinchang 3	0.00	1.51	1.91
新峰三号 Xinfeng 3	0.00	2.93	1.43
开蔬 65 Kaishu 65	0.00	4.30	1.56
开白 1 号 Kaibai 1	0.03	6.31	0.93
郑白 21 Zhengbai 21	0.00	6.24	2.35
郑白 76 Zhengbai 76	0.01	1.76	1.55
豫新 13 号 Yuxin 13	0.06	5.22	1.34
豫春皇 3 号 Yuchunhuang 3	0.56	6.81	2.11
豫新 10 号 Yuxin 10	0.13	3.54	1.36
豫春皇 4 号 Yuchunhuang 4	0.23	5.80	3.09
豫新 12 号 Yuxin 12	0.00	5.04	2.43

行相关性分析,结果(表 4)表明,大白菜的株高与生育期呈极显著正相关;开展度与生育期、株高呈极显著正相关;球高与生育期、株高呈极显著正相关;球径与株高呈显著负相关,与球高呈极显著负相关;叶球外叶数与生育期、开展度呈显著正相关;球叶数与外叶数呈显著正相关;中心柱宽度与球叶数呈显著正相关;霜霉病病情指数与生育期、株高、球高呈极显著负相关,与开展度呈显著负相关;软腐病发病率与病毒病病情指数呈极显著正相关;毛菜产量与生育期、株高、开展度、球高呈极显著正相关,与霜霉病病情指数呈显著负相关;净菜产量与株高、开展度、毛菜产量呈极显著正相关,与生育期、球高呈显著正相关。通过以上相关性分析可知,参试品种的产量、抗病性和农艺性状之间存在复杂的相关性,需要使用降维的方法来去除重复信息,简化数据,以更加合理科学地评价参试大白菜品种。

2.4 参试大白菜品种的聚类分析

以 16 个参试大白菜品种的 14 个农艺性状为基础进行聚类分析,结果如图 1 所示。在欧氏距离为 15 时,16 个参试品种分为 4 类,第Ⅰ类群包括 10 个品种,分别为豫新 13 号、豫新 12 号、新合 196、豫春皇 4 号、改良青杂三号、开蔬 65、开白 1 号、小包 23、郑白 21、德高春秋 69;第Ⅱ类群包括 4 个品种,分别为新峰三号、郑白 76、晋菜 3 号、新长三号;第

Ⅲ类群和第Ⅳ类群各有 1 个品种,分别为豫新 10 号和豫春皇 3 号。

由表 5 可知,第Ⅰ类群的平均球径最大,为 19.54 cm;中心柱长最长,平均为 3.86 cm;软腐病发病率最高,平均为 2.67%。第Ⅱ类群株高最高,平均为 50.07 cm;球高最高,平均为 45.29 cm;球叶数最少,平均为 33.00 片;病毒病病情指数最低,平均为 0.01;霜霉病病情指数最低,平均为 2.28;净菜产量最高,平均为 6 935.15 kg·667 m⁻²。第Ⅲ类群的生育期最长,为 74.00 d;开展度最大,为 68.64 cm;外叶数最多,为 16.25 片;球叶数最多,为 54.31 片;软腐病发病率最低,为 1.36%;毛菜产量最高,为 10 563.77 kg·667 m⁻²。第Ⅳ类群的生育期最短,为 64.10 d;株高最小,为 31.06 cm;开展度最小,为 54.91 cm;球高最小,为 23.12 cm;球径最小,为 15.55 cm;外叶数最少,为 9.21 片;病毒病病情指数最高,为 0.56;霜霉病病情指数最高,为 6.81;毛菜产量最低,为 5 374.67 kg·667 m⁻²;净菜产量最低,为 3 804.11 kg·667 m⁻²。类群Ⅰ的农艺性状变异比较丰富,其中开展度、外叶数、球叶数、病毒病病情指数和软腐病发病率的变异系数均为 4 个类群中最高。

2.5 参试大白菜品种的主成分分析

不同农艺性状对应主成分中特征向量的绝对值决定了其在大白菜种质资源农艺性状中的作用。由表 6 可知,从 14 个农艺性状的信息中提取

表 4 参试大白菜品种农艺性状的相关性分析
Table 4 Correlation analysis of agronomic traits in tested Chinese cabbage varieties

指标 Index	生育期 Growth period	株高 Plant height	开展度 Spread	球高 Head length	球径 Head diameter	外叶数 Number of frame leaves	球叶数 Number of wrapper leaves	中心柱长 Core length	中心柱宽 Core width	病毒病 Disease index of virus disease	霜霉病 Disease index of downy mildew	软腐病发病率 Incidence rate of soft rot	毛菜产量 Unprocessed vegetable yield	净菜产量 Processed vegetable yield
生育期 Growth period	1	0.847**	0.763**	0.730**	-0.385	0.574*	-0.025	0.011	-0.080	-0.053	-0.769**	-0.036	0.693**	0.546*
株高 Plant height		1	0.663**	0.952**	-0.544*	0.333	-0.302	0.202	-0.144	-0.273	-0.805**	-0.100	0.835**	0.671**
开展度 Spread			1	0.495	0.057	0.521*	0.051	0.300	-0.101	-0.262	-0.534*	-0.011	0.825**	0.806**
球高 Head length				1	-0.727**	0.285	-0.278	0.208	-0.157	-0.225	-0.761**	-0.094	0.714**	0.567*
球径 Head diameter					1	-0.342	-0.120	0.049	-0.102	-0.111	0.437	0.037	-0.124	0.005
外叶数						1	0.597*	-0.090	0.292	0.100	-0.324	0.019	0.284	0.205
Number of frame leaves							1	-0.158	0.597*	0.434	0.281	0.266	-0.273	-0.163
球叶数								1	-0.074	-0.223	0.077	0.088	0.381	0.425
Number of wrapper leaves									1	0.301	0.299	0.288	-0.163	-0.163
中心柱长 Core length										1	0.129	0.770**	-0.476	-0.496
中心柱宽 Core width											1	-0.035	-0.555*	-0.390
病毒病病情指数												1	-0.132	-0.112
Disease index of virus disease													1	0.948**
霜霉病病情指数														1
Disease index of downy mildew														
软腐病发病率														
Incidence rate of soft rot														
毛菜产量														
Unprocessed vegetable yield														
净菜产量														
Processed vegetable yield														

注: *表示在 0.05 水平显著相关,**表示在 0.01 水平极显著相关。

Note: * represents significant correlation at 0.05 level; ** represents extremely significant correlation at 0.01 level.

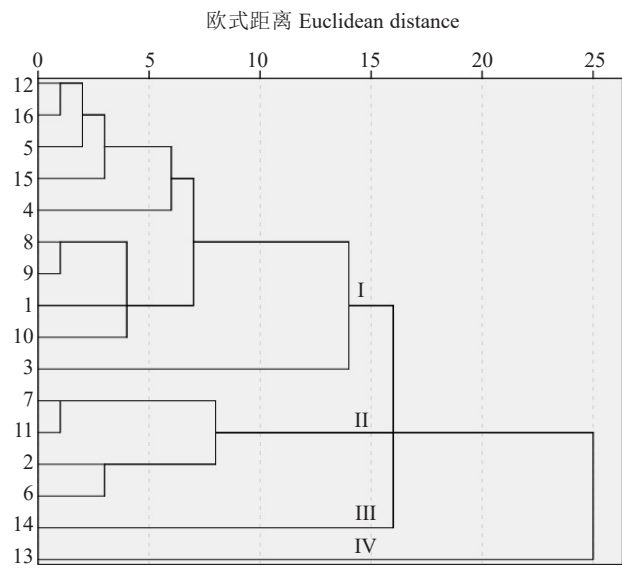


图 1 参试大白菜品种的聚类分析
Fig. 1 Cluster analysis of tested Chinese cabbage varieties

表 5 4 个类群大白菜品种的主要农艺性状
Table 5 Main agronomic traits of four groups of Chinese cabbage varieties

类群 Group	项目 Item	生育期 Growth period/d	株高 Plant height/cm	开展度 Spread/ cm	球高 Head length/cm	球径 Head diameter/cm	外叶数 Number of frame leaves	球叶数 Number of wrapper leaves
I	均值 Average	68.52	38.94	65.05	27.98	19.54	10.44	42.24
	变异系数 CV/%	2.83	3.80	2.33	9.39	8.28	12.13	19.21
II	均值 Average	72.03	50.07	66.14	45.29	15.78	10.90	33.00
	变异系数 CV/%	1.48	11.37	2.32	16.77	6.87	7.71	8.73
III	均值 Average	74.00	47.58	68.64	36.12	16.73	16.25	54.31
	变异系数 CV/%	13.90	0.22	0.72	2.40	8.39	7.53	5.05
IV	均值 Average	64.10	31.06	54.91	23.12	15.55	9.21	44.09
	变异系数 CV/%	13.46	0.95	0.71	1.82	2.19	2.73	3.21

类群 Group	项目 Item	中心柱长 Core length/cm	中心柱宽 Core width/cm	病毒病病情指数 Disease index of virus disease	霜霉病病情指数 Disease index of downy mildew	软腐病发病率 Incidence rate of soft rot/%	毛菜产量 Unprocessed vegetable yield/ (kg·667 m ⁻²)	净菜产量 Processed vegetable yield/ (kg·667 m ⁻²)
I	均值 Average	3.86	4.27	0.23	4.96	2.67	9 078.45	6 367.36
	变异系数 CV/%	12.63	4.45	194.43	21.83	59.37	6.03	6.85
II	均值 Average	3.76	4.03	0.01	2.28	1.93	10 563.48	6 935.15
	变异系数 CV/%	25.73	6.98	115.47	32.80	32.63	9.66	8.28
III	均值 Average	3.61	4.69	0.13	3.54	1.36	10 563.77	6 689.06
	变异系数 CV/%	12.62	3.95	55.47	46.79	55.16	4.52	6.48
IV	均值 Average	3.03	4.63	0.56	6.81	2.11	5 374.67	3 804.11
	变异系数 CV/%	5.75	8.82	25.00	53.11	44.94	8.09	6.34

特征值大于 1.0 的主成分 5 个, 累计贡献率为 90.359%。第 1 主成分特征值为 5.885, 贡献率为 42.034%, 基本决定了大白菜的综合性状指标, 其中生育期、株高、开展度、霜霉病病情指数、毛菜产量和净菜产量的载荷绝对值较大, 主要反映了开展度、霜霉病抗性和产量的相关信息。第 2 主成分特

征值为 2.684, 贡献率为 19.169%, 其中球高、球径和霜霉病病情指数的载荷绝对值较大, 主要反映了球形指数和霜霉病抗性的相关信息。第 3 主成分特征值为 1.726, 贡献率为 12.332%, 其中外叶片数、球叶数和中心柱宽的载荷绝对值较大, 主要反映了叶片数和球形的相关信息。第 4 主成分的特征值为

表 6 不同参试大白菜品种主成分分析

Table 6 Principal component analysis of different Chinese cabbage varieties in the trial

农艺性状 Agronomic trait	主成分 1 PC1	主成分 2 PC2	主成分 3 PC3	主成分 4 PC4	主成分 5 PC5
生育期 Growth period	0.823	0.421	0.051	0.044	-0.201
株高 Plant height	0.721	0.644	-0.153	-0.075	0.105
开展度 Spread/	0.967	-0.051	0.103	-0.044	0.106
球高 Head length	0.543	0.803	-0.146	-0.070	0.141
球径 Head diameter	0.025	-0.960	-0.192	-0.001	0.054
外叶数 Number of frame leaves	0.511	0.199	0.686	-0.019	-0.286
球叶数 Number of wrapper leaves	-0.040	-0.117	0.905	0.192	-0.146
中心柱长 Core length	0.187	0.000	-0.055	0.009	0.886
中心柱宽 Core width	-0.173	0.050	0.781	0.168	0.157
病毒病病情指数 Disease index of virus disease	-0.243	0.036	0.249	0.871	-0.215
霜霉病病情指数 Disease index of downy mildew	-0.647	-0.535	0.291	-0.103	0.282
软腐病发病率 Incidence rate of soft rot	0.022	-0.057	0.110	0.954	0.144
毛菜产量 Unprocessed vegetable yield	0.862	0.199	-0.118	-0.203	0.331
净菜产量 Processed vegetable yield	0.817	0.025	-0.068	-0.221	0.417
特征值 Eigenvalue	5.885	2.684	1.726	1.334	1.022
贡献率 Contribution rate/%	42.034	19.169	12.332	9.527	7.298
累计贡献率 Cumulative contribution rate/%	42.034	61.203	73.535	83.062	90.359

1.334,贡献率为 9.527%,其中病毒病病情指数和软腐病发病率的载荷绝对值较大,主要反映了病毒病和软腐病的相关信息。第 5 主成分的特征值为 1.022,贡献率为 7.298%,其中中心柱长的载荷值最大。

由表 7 可知,综合得分越高,参试品种的表现越好,大白菜参试品种综合得分为-0.21~2.85,综合得分排名前 5 的参试品种依次为晋菜三号、新长三号、豫新 10 号、郑白 76 和改良青杂三号。

表 7 参试大白菜品种的综合评价与排名

Table 7 Comprehensive evaluation and ranking of tested Chinese cabbage varieties

参试品种 Tested variety	主成分 1 PC1	主成分 2 PC2	主成分 3 PC3	主成分 4 PC4	主成分 5 PC5	综合得分 Comprehensive score	排名 Rank
小包 23 Xiaobao 23	1.80	-0.72	0.78	0.30	1.38	0.93	13
晋菜三号 Jincai 3	4.68	1.86	0.44	-0.13	1.94	2.85	1
德高春秋 69 Degao Chunqiu 69	1.74	-0.06	1.79	1.78	0.68	1.33	9
改良青杂三号 Improved Qingza 3	2.93	0.28	1.16	0.68	0.76	1.79	5
新合 196 Xinhe 196	1.78	-0.20	0.90	-0.16	1.15	1.01	11
新长三号 Xinchang 3	4.20	1.94	0.02	-0.25	1.26	2.51	2
新峰三号 Xinfeng 3	3.19	0.82	0.36	-0.27	0.54	1.78	6
开蔬 65 Kaishu 65	1.92	-0.79	0.28	-0.14	1.13	0.87	14
开白 1 号 Kaibai 1	2.15	-0.75	0.33	-0.33	1.22	1.00	12
郑白 21 Zhengbai 21	1.53	-0.79	0.18	-0.09	1.68	0.71	15
郑白 76 Zhengbai 76	3.37	1.01	0.07	-0.24	0.91	1.90	4
豫新 13 号 Yuxin 13	2.22	-0.12	1.36	-0.04	1.06	1.32	10
豫春皇 3 号 Yuchunhuang 3	-0.86	-0.66	1.62	0.70	0.45	-0.21	16
豫新 10 号 Yuxin 10	3.93	1.01	2.23	0.04	0.83	2.50	3
豫春皇 4 号 Yuchunhuang 4	2.41	-0.29	1.72	0.36	1.47	1.48	7
豫新 12 号 Yuxin 12	2.42	-0.03	1.50	0.09	1.08	1.46	8

3 讨论与结论

河南省位于华北平原南部,属于暖温带与北亚

热带过渡区,气候温和、四季分明、雨热同期,适宜大白菜生长,是中国大白菜种植的核心区域之一。区域试验是作物新品种审定、植物新品种权保护与

示范推广不可或缺的一环,广泛应用于蔬菜、粮食、水果等作物。植株商品外观是由多个性状综合复杂的呈现,仅从几个商品性指标筛选评价代表性较差。面对较多指标评价需求时,多元统计分析方法能够通过整合多个评价维度,有效保证研究结论的客观性和说服力。河南省在2023—2024年组织大白菜新品种区域试验时,对16个参试品种在6个区试点进行示范种植,对区试试验数据汇总分析,采用多重比较、相关性分析、聚类分析和主成分分析等方法进行综合评价,为大白菜新品种的示范推广提供科学的参考依据和数据支撑。

变异系数是种质资源多样性分析的常用参数,变异系数越高,说明性状的离散程度越大,个体之间的差异越明显^[16]。研究表明,变异系数大于20%,说明不同样本的多样性丰富^[17]。本研究发现,11个农艺性状的变异系数为4.17%~27.53%,其中,球叶数、外叶数的变异系数较大,表明不同参试品种在产量上差距较大。中心柱长也有较大的变异系数,说明在耐抽薹性上不同品种的变化也较大。具有最大变异系数的农艺性状是球高,这与肖艳等^[18]的研究结果不同,可能是因为参试品种在株型上有短筒形、长筒形、倒圆锥形、矮桩形、倒卵圆形和炮弹形,参试品种的株型多样性导致植物表型差异较大。

产量和抗病性是大白菜新品种选育的重要评价指标^[18]。研究表明,所有参试品种对病毒病、霜霉病和软腐病的抗性都较高,田间发病率较低,其中,小包23、新长三号、新峰三号、开蔬65、郑白21和豫新12号等6个品种对病毒病抗性达到免疫水平,符合新品种推广的抗病性要求。通过相关性分析可知,大白菜毛菜产量与生育期、株高、开展度、球高均呈极显著正相关,与霜霉病病情指数呈显著负相关;净菜产量与株高、开展度、毛菜产量均呈极显著正相关,与生育期、球高呈显著正相关。

主成分分析可以通过降维把多个变量转化为少数几个变量,更加方便地展现样本信息,从而实现筛选的目的^[19]。本研究主成分分析中前5个主成分累计贡献率为90.359%,包含了14个农艺性状的主要信息,反映了球形指数、抗病性和产量的相关性。其中第1主成分贡献率达到42.034%,基本决定了大白菜的综合性状指标。通过欧式遗传距离对16个参试大白菜品种进行聚类分析,可分为4类,第I类群多为早熟品种,包含短筒形、倒锥形、炮弹形和矮桩形的小棵型品种,虽然产量不高,但生

育期短,早熟性较好。第II类群全部为中熟、合抱、长筒形大白菜,产量相对较高。

综上所述,通过对大白菜16个参试品种的综合评价,筛选出晋菜三号、新长三号、豫新10号、郑白76和改良青杂三号,综合排名位列前5,适宜在河南省内及相同气候区域大面积推广种植。

参考文献

- [1] 张鹤,路翠玲,刘卫红,等.河南省早熟大白菜品比试验[J].中国瓜菜,2014,42(3):683-684.
- [2] 王志勇,赵艳艳,杨双娟,等.河南地区春大白菜-鲜食玉米-秋大白菜一年三熟轮作模式[J].中国蔬菜,2025(12):210-212.
- [3] 张凤兰,张斌,苏同兵,等.“十四五”我国大白菜遗传育种研究进展[J].中国蔬菜,2026(1):1-13.
- [4] 路蓉,李翠萍,金安心,等.50个不结球白菜杂交组合综合评价及优异组合的品比试验[J].中国瓜菜,2026,39(2):41-49.
- [5] 于沐,胡延岭,杨海棠.86份花生种质资源主要表型性状的鉴定及分析[J].河南农业科学,2024,53(10):63-72.
- [6] 韩艳红,杨海棠,胡延岭,等.基于主成分和聚类分析的高油花生品种遗传多样性评估及综合评价[J].四川农业大学学报,2024,42(1):28-38.
- [7] 韩艳红,杨海棠,刘软枝,等.北方片区花生种质农艺、产量和品质性状的综合评价及聚类分析[J].江苏农业科学,2024,52(7):110-118.
- [8] 裴国平,雷建明,范提平,等.白菜型冬油菜10-1358在天水中梁的区试结果分析[J].中国农业文摘-农业工程,2017,29(1):57-59.
- [9] 张天宇,刘丽君,杨刚,等.2006—2022年北方白菜型冬油菜农艺性状遗传增益分析[J].中国农业科学,2025,58(11):2081-2095.
- [10] 王红宾,于海培,姬晓晨,等.河南省长豇豆区域试验综合分析[J].中国瓜菜,2025,38(3):155-163.
- [11] 徐世静,肖艳,王晓玲,等.基于DUS测试性状的170份大白菜种质遗传多样性分析[J].种子,2025,44(11):165-171.
- [12] 樊露泽,边拴灵,欧阳天雨,等.青海黄南高寒地区大白菜的适应性筛选及评价[J].中国瓜菜,2025,38(10):104-116.
- [13] 韩祉君,张海燕,张雪,等.吉林省引进大白菜种质资源表型性状遗传多样性分析[J].江苏农业科学,2025,53(24):260-267.
- [14] 张文静,冯健起,苏贺楠,等.190份大白菜自交系的遗传多样性分析及育种应用[J].中国瓜菜,2025,38(8):26-36.
- [15] 李锡香.大白菜种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2007.
- [16] 程晓欣,闫晋强,翟许玲,等.葫芦科作物遗传多样性研究进展[J].中国瓜菜,2024,37(5):1-11.
- [17] 赵彩霞,白玛央珍,杨广环,等.不同类型油菜资源农艺性状鉴定及聚类分析[J].作物杂志,2025(5):120-127.
- [18] 肖艳,张倩倩,原让花,等.基于主成分分析和聚类分析的大白菜耐抽薹种质资源评价[J].中国瓜菜,2023,36(5):37-43.
- [19] 周远航,鲁伟丹,马小龙,等.籽瓜种质资源表型性状鉴定及遗传多样性分析[J].中国农业大学学报,2023,28(8):119-132.