

曹萍, 黄锴悦, 熊俊豪, 等. 64 份芥蓝种质资源主要农艺性状的综合评价 [J]. 福建农业科技, 2025, 56 (4): 32–39.

64 份芥蓝种质资源主要农艺性状的综合评价



曹萍¹, 黄锴悦², 熊俊豪², 江萍³, 朱彬¹, 方勇¹, 崔田¹, 付真林¹,
李可文¹, 许小娣¹, 许钰颖¹, 赵林锋¹, 李琪秋¹, 邵贵荣^{1*}

(1. 福建金品农业科技股份有限公司, 福建 福州 350100; 2. 福建农林大学园艺学院, 福建 福州 350100; 3. 闽侯县种子服务中心, 福建 福州 350100)

摘要: 为了揭示芥蓝种质资源的遗传多样性及性状间的内在关联, 为芥蓝品种改良和种质创新提供了理论依据。通过调查 64 份芥蓝种质资源 6 个核心数量性状及涵盖该数量性状在内的 19 项农艺性状指标, 运用差异性分析揭示 6 个数量性状间的变异特征, 并采用相关性分析 19 项主要农艺性状间的相关性, 以及借助主成分分析提炼关键性状维度, 对芥蓝种质资源综合性状进行综合评估。研究表明: 64 份芥蓝种质资源的 6 个数量性状变异系数波动范围为 18.30%~39.20%, 由大到小的次序是叶柄长>株高>叶长>苔粗>株幅>叶宽, 其中叶柄长度的变异程度最高, 达 39.20%; 19 项主要农艺性状间存在较高的相关性, 株高与株幅 (0.434**) 呈极显著正相关, 与叶长 (0.369**) 呈极显著正相关, 叶宽和株型 (0.291*) 呈显著正相关, 叶色和株型 (0.411**) 呈极显著正相关, 叶柄长和叶长 (0.356**) 呈极显著正相关; 主成分分析表明, 前 7 个主成分的累计方差贡献率达 71.879%, 分别为形态和熟性表现相关因子、外观品质相关因子、株型与营养器官形态相关因子、叶皱缩程度、节间花青素、花色、叶片边缘波状程度。

关键词: 芥蓝; 种质资源; 农艺性状; 相关性分析; 主成分分析

中图分类号: **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2301 (2025) 04-0032-08

DOI: 10.13651/j.cnki.fjnykj.2025.04.005

Comprehensive Evaluation of Main Agronomic Traits of 64 Chinese Kale Resources

CAO Ping¹, HUANG Kai-yue², XIONG Jun-hao², JIANG Ping³, ZHU Bin¹, FANG Yong¹, CUI Tian¹,
FU Zhen-lin¹, LI Ke-wen¹, XU Xiao-di¹, XU Yu-ying¹, ZHAO Lin-feng¹, LI Qi-qiu¹, SHAO Gui-rong^{1*}

(1. Fujian Jinpin Agriculture Science and Technology Co., Ltd., Fuzhou, Fujian 350100, China; 2. College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350100, China;
3. Minhou County Seed Service Center, Fuzhou, Fujian 350100, China)

Abstract: As an important vegetable crop, the diversity of Chinese kale (Brassica oleracea var. alboglabra) germplasm resources is crucial for variety breeding and industrial development. The aim of this study was to systematically investigate six quantitative traits and 19 agronomic traits (including the six quantitative traits) of 64 Chinese kale germplasm resources, and comprehensively evaluate the germplasm resources by using methods such as difference analysis, correlation analysis, and principal component analysis. The results showed that: the variation coefficients of the six quantitative traits of the 64 Chinese kale germplasm resources ranged from 18.30% to 39.20%,

收稿日期: 2025-03-18

作者简介: 曹萍, 女, 1990 年生, 农艺师, 主要从事十字花科蔬菜遗传育种研究及推广。

* 通信作者: 邵贵荣, 男, 1971 年生, 副研究员, 主要从事十字花科蔬菜遗传育种研究 (E-mail: 506747948@qq.com)。

基金项目: 地方特色作物种质资源保护与利用项目 (闽财农指〔2022〕18 号); 福建省种业企业培优项目 (fjszyqpy2023005)。

and the order from large to small was petiole length > plant height > leaf length > bolt diameter > plant spread > leaf width. Among them, the petiole length had the highest degree of variation, reaching 39.20%. There were high correlations among the traits. Plant height was extremely significantly positively correlated with plant spread (0.434**) and leaf length (0.369**) . Leaf width was significantly positively correlated with plant shape (0.291*) , leaf color was extremely significantly positively correlated with plant shape (0.411**) , and petiole length was extremely significantly positively correlated with leaf length (0.356**) . Principal component analysis showed that the cumulative variance contribution rate of the first seven principal components reached 71.879%, which were respectively related factors of morphological and maturity performance, related factors of appearance quality, related factors of plant shape and morphological characteristics of vegetative organs, degree of leaf shrinkage, anthocyanin in internodes, flower color, and degree of undulation at the leaf margin.

Key words: Chinese kale; Germplasm resource; Agronomic traits; Correlation analysis; Principal component analysis

芥蓝 *Brassica oleracea* var.*alboglabra* Bailey 为十字花科 *Cruciferae* 芸薹属甘蓝变种中的一、二年生草本植物，是我国重要的甘蓝类特产蔬菜之一^[1-3]。芥兰富含硫代葡萄糖苷、维生素 C、类黄酮等生物活性物质，具有抗氧化、抗炎等健康功能，近年来在功能性蔬菜市场备受关注^[4-5]。芥蓝在华南地区广泛栽培，其种质资源表型丰富，遗传多样性显著，是品种改良和功能型育种的重要材料^[6-7]。然而，随着品种选育目标的单一化及商业化品种的推广，地方特色种质资源逐渐流失，遗传背景趋于狭窄，这对种质资源的可持续利用和抗逆优质新品种选育构成挑战。因此，系统解析芥蓝农艺性状间的遗传关联及变异规律，是实现其种质资源有效保护与可持续利用的关键前提。

丰富的种质资源是研究植物遗传多样性以及选育新品种的重要基础。育种研究的核心在于充分利用这些种质资源，通过深入分析遗传多样性和亲缘

关系，挖掘优良亲本材料^[8]。芥蓝的农艺性状大多受多对基因共同控制且易受环境影响，给育种者带来了较大挑战。近年来，针对芥蓝的研究多集中于栽培技术^[9-10]、营养品质分析^[11-12]或单一性状遗传规律^[13-14]，而对种质资源多性状协同变异的系统性评价仍存在不足。本研究以 64 份芥蓝种质资源为研究对象，对其株高、株幅、叶长、叶柄长等 6 个数量性状进行差异性分析和包括 6 个数量性状在内的 19 个农艺性状进行相关性分析和主成分分析，揭示性状间关联性和特征规律，旨在揭示芥蓝各农艺性状之间的关联性，以期为芥蓝品种选育提供参考和依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试的 64 份芥蓝高代种质资源（表 1）均由福建金品农业科技股份有限公司提供。

表 1 64 份芥蓝高代种质资源材料
Table 1 64 accessions of advanced-generation germplasm resources of Chinese kale

序号	编号	来源	序号	编号	来源
1	JS-00001	J0992	33	JS-00050	台湾叶用芥蓝
2	JS-00002	J0992	34	JS-00051	台湾叶用芥蓝
3	JS-00003	J0992	35	JS-00052	台湾叶用芥蓝
4	JS-00004	J0991	36	JS-00053	台湾叶用芥蓝
5	JS-00005	J0991	37	JS-00054	台湾叶用芥蓝
6	JS-00007	J0991	38	JS-00055	台湾叶用芥蓝
7	JS-00008	J0991	39	JS-00056	台湾叶用芥蓝
8	JS-00012	J0991	40	JS-00057	台湾叶用芥蓝
9	JS-00016	J0991	41	JS-00058	顺宝2号
10	JS-00018	J0991	42	JS-00059	顺宝2号
11	JS-00019	J0991	43	JS-00060	顺宝2号

续表 1 64 份芥蓝高代种质资源材料
Table 1 64 accessions of advanced-generation germplasm resources of Chinese kale

序号	编号	来源	序号	编号	来源
12	JS-00020	J0991	44	JS-00068	芥蓝305B
13	JS-00021	J0991	45	JS-00070	福州叶用芥蓝
14	JS-00022	J0991	46	JS-00071	福州叶用芥蓝
15	JS-00025	广东矮脚芥蓝	47	JS-00072	福州叶用芥蓝
16	JS-00026	广东矮脚芥蓝	48	JS-00073	芥蓝721
17	JS-00027	广东矮脚芥蓝	49	JS-00075	J0996
18	JS-00028	广东矮脚芥蓝	50	JS-00077	J0996
19	JS-00031	广东矮脚芥蓝	51	JS-00078	J0996
20	JS-00032	广东矮脚芥蓝	52	JS-00079	J0996
21	JS-00033	广东矮脚芥蓝	53	JS-00080	J0996
22	JS-00033	广东矮脚芥蓝	54	JS-00081	J0996
23	JS-00034	广东矮脚芥蓝	55	JS-00082	J0996
24	JS-00035	广东矮脚芥蓝	56	JS-00083	J0996
25	JS-00036	广东矮脚芥蓝	57	JS-00084	J0996
26	JS-00043	台湾叶用芥蓝	58	JS-00087	J0996
27	JS-00044	台湾叶用芥蓝	59	JS-00088	广东芥蓝
28	JS-00045	台湾叶用芥蓝	60	JS-00089	广东芥蓝
29	JS-00046	台湾叶用芥蓝	61	JS-00090	广东芥蓝
30	JS-00047	台湾叶用芥蓝	62	JS-00091	广东芥蓝
31	JS-00048	台湾叶用芥蓝	63	JS-00092	台湾中脚芥蓝
32	JS-00049	台湾叶用芥蓝	64	JS-00093	台湾中脚芥蓝

1.2 试验方法

试验于 2024 年 4 月至 5 月在福建金品农业科技股份有限公司荆溪育种农场内进行。于 2024 年 4 月 3 日播种，2024 年 4 月 25 日移栽，2024 年 5 月 22 日调查。64 份种质资源按完全随机区组设计，每个材料种植 40 株，田间管理措施遵循常规栽培标准实施，在定植约 30 d 后，待植株达到商品采收期时，开始调查各材料的农艺性状，每份种质随机选取 10 株进行统计。统计的农艺性状有 19 个，包括株型、株幅、株高、叶长、叶宽、叶

色、叶形、叶皱缩程度、叶片边缘波状程度、有无羽叶、叶柄长、蜡粉情况、苔粗、节间长短、节间花青素、花色、苔色、肉质茎形状、商品苔熟性。

1.3 数据处理

数据统计完成后，针对株型、叶色、叶形等 13 项质量性状实施数量化处理（表 2）。利用 Excel 2007 与 SPSS19.0 软件，对处理后的数据先进行整理及标准化处理，在此基础上开展差异性与相关性统计分析。

表 2 芥蓝 13 项质量性状的数量化赋值
Table 2 13 item of Quantitative assignment of qualitative traits of Chinese kale

质量性状	赋值				
	1	2	3	4	5
株型	开展	半直立	直立		
叶色	浅绿色	绿色	深绿色		
叶形	倒卵圆形	近圆形	卵圆形	椭圆形	长圆形

续表 2 芥蓝 13 项质量性状的数量化赋值

Table 2 13 item of Quantitative assignment of qualitative traits of Chinese kale

质量性状	赋值				
	1	2	3	4	5
叶皱缩程度	无	极弱	弱	中	强
叶片边缘波状程度	弱	中	强		
羽叶	无	少	中	多	
蜡粉	轻	中	重		
节间长短	短	中	长		
节间花青素	无	有	中		
花色	白色	淡黄色			
苔色	浅绿色	绿色	深绿色	灰绿色	
肉质茎形状	短纺锤形	纺锤形	柱形		
商品苔熟性	早熟	中熟	晚熟		

2 结果与分析

2.1 64 份芥蓝种质资源的 6 个数量性状间差异

由表 3 可知，64 份芥蓝种质资源的 6 个数量性状差异较大，变异系数在 18.30%~39.20% 区间波动，由大到小的次序是叶柄长>株高>叶长>苔

粗>株幅>叶宽，其中，叶柄长的变异系数最大，为 39.20%，变异幅度在 1.00~13.00，说明个体间叶柄长差异显著，叶柄长的选择潜力较大，在遗传改良中更易筛选极端表型。此外，株高和叶长的变异系数也较大，分别为 23.48% 和 22.27%，同样具有较大的选择潜力。

表 3 64 份芥蓝种质资源的 6 个数量性状间差异

Table 3 Differences among the six quantitative traits of 64 Chinese kale germplasm resources

数量性状	最大值	最小值	变异幅度	平均值	标准差	方差	变异系数	变异系数排序
叶柄长	13.00	1.00	1.00-13.00	6.53	2.56	6.55	39.20%	1
株高	62.00	21.00	21.00-62.00	37.69	8.85	78.38	23.48%	2
叶长	49.00	19.00	19.00-49.00	28.16	6.27	39.27	22.27%	3
苔粗	3.20	1.00	1.00-3.20	2.28	0.47	0.22	20.61%	4
株幅	60.00	25.00	25.00-60.00	37.55	7.48	55.96	19.92%	5
叶宽	22.00	9.00	9.00-22.00	16.23	2.97	8.81	18.30%	6

2.2 芥蓝种质资源主要农艺性状的相关分析

芥蓝的 19 个农艺性状相关性分析见表 4，除叶形、叶片皱缩度、叶缘波状程度以及羽叶等性状与其余 15 个农艺性状之间的相关性未达显著水平外，其余的农艺性状中，每一个农艺性状均至少与另外一个农艺性状呈显著或极显著相关。其中，株高和株幅（0.434**）呈极显著正相关；叶长和株幅（0.526**）、株高（0.369**）呈极显著正相关；叶宽和株型（0.291*）呈显著正相关，和

株幅（0.392**）、叶长（0.528**）呈极显著正相关；叶长和叶宽是影响株幅和株高的主要因素。叶色和株型（0.411**）呈极显著正相关；羽叶和株型（0.299*）呈显著正相关，和叶色（-0.350**）呈极显著负相关；叶柄长和株高（-0.278*）呈显著负相关，和叶宽（0.248*）呈显著正相关；叶柄长和叶长（0.356**）呈极显著正相关；蜡粉和株型（0.326**）呈极显著正相关；苔粗和株型（0.482**）、叶宽（0.483**）、叶色（0.476**）、

表 4 64 份芥蓝种质资源的 19 个农艺性状相关分析
Table 4 Correlation analysis of 19 agronomic traits of 64 Chinese kale germplasm resources

项目	株型	株幅	株高	叶长	叶宽	叶色	叶形	叶皱缩程度	叶片边缘波状程度	羽叶	叶柄长	蜡粉	苔粗	节间长短	节间花青素	花色	苔色	肉质茎形状	商品苔熟性
株型																			
株幅	-0.014	1.000																	
株高	0.039	0.434**	1.000																
叶长	0.148	0.526**	0.369**	1.000															
叶宽	0.291*	0.392**	0.089	0.528**	1.000														
叶色	0.411**	-0.078	-0.229	-0.192	0.083	1.000													
叶形	0.012	0.054	0.021	0.114	-0.112	-0.124	1.000												
叶皱缩程度	0.003	-0.161	-0.104	-0.235	0.086	0.225	-0.198	1.000											
叶片边缘波状程度	0.182	0.049	0.121	0.129	-0.044	0.144	0.076	-0.019	1.000										
羽叶	0.299*	-0.085	-0.217	0.077	0.127	-0.350**	0.176	-0.104	-0.149	1.000									
叶柄长	0.221	-0.090	-0.278*	0.356**	0.248*	0.121	-0.025	-0.130	0.102	-0.014	1.000								
蜡粉	0.326**	-0.177	-0.185	0.112	0.178	0.081	0.051	-0.157	0.176	0.214	0.443**	1.000							
苔粗	0.482**	0.010	-0.114	-0.028	0.483**	0.476**	-0.114	0.357**	-0.053	-0.097	0.132	0.089	1.000						
节间长短	0.126	0.065	0.372**	-0.137	-0.250*	-0.010	0.060	-0.058	-0.016	-0.283*	-0.238	-0.057	-0.132	1.000					
节间花青素	-0.023	-0.029	-0.023	0.200	0.076	-0.041	-0.001	0.116	-0.003	0.196	0.228	0.182	0.017	-0.156	1.000				
花色	-0.055	-0.098	-0.035	-0.164	0.016	0.080	-0.283*	0.114	-0.058	0.032	-0.144	0.098	-0.010	-0.051	-0.060	1.000			
苔色	0.229	0.013	-0.297*	-0.426**	-0.273*	0.415**	0.012	-0.107	0.158	-0.210	-0.020	0.098	0.029	0.254*	-0.063	0.056	1.000		
肉质茎形状	-0.179	0.098	0.298*	0.065	-0.274*	-0.150	0.162	-0.075	0.026	-0.087	-0.169	-0.219	-0.281*	0.235	0.186	0.100	-0.124	1.000	
商品苔熟性	0.082	-0.001	-0.323**	0.402**	0.384**	-0.151	0.147	-0.080	-0.068	0.424**	0.427**	0.153	0.127	-0.623**	0.280*	-0.182	-0.347**	-0.400**	1.000

叶皱缩程度 (0.357**) 呈极显著正相关; 节间长短和株高 (0.372**) 呈极显著正相关, 和叶宽 (-0.250*)、羽叶 (-0.283*) 呈显著负相关; 花色和叶形 (-0.283*) 呈显著负相关; 苔色和株高 (-0.297*)、叶宽 (-0.273*) 呈显著负相关, 和叶长 (-0.426**) 呈极显著负相关, 和叶色 (0.415**) 呈极显著正相关, 肉质茎形状和株高 (0.298*) 呈显著正相关, 和叶宽 (-0.274*) 呈显著负相关; 商品苔熟性和株高 (-0.323**)、苔色 (-0.347**)、肉质茎形状 (-0.400**) 呈极显著负相关, 和叶宽 (0.384**)、羽叶 (0.424**)、叶柄长 (0.427**) 呈极显著正相关、节间花青素 (0.280*) 呈显著正相关。

2.3 芥蓝种质资源主要农艺性状的主成分分析

通过对 64 份芥蓝种质资源的 19 个农艺性状数据计算, 前 7 个主成分的特征值累计贡献率达 71.879% (表 5), 较全面地涵盖原指标的核心信息, 提取这 7 个因子的主成分 (见表 6), 其中第 1 主成分的特征值为 3.281, 贡献率达 17.267%, 对

该主成分起关键作用的指标有: 叶长 (0.584)、叶宽 (0.691)、叶柄长 (0.612)、节间长短 (-0.598)、商品苔熟性 (0.838), 为形态和熟性表现相关因子。第 2 个主成分的特征值为 2.829, 贡献率达 14.889%, 起主要作用的指标是: 叶色 (0.727)、苔色 (0.613), 为外观品质相关因子。第 3 个主成分的特征值为 2.306, 贡献率达 12.134%, 起主要作用的指标是: 株型 (0.550)、株幅 (0.577)、株高 (0.618)、羽叶 (-0.570), 为株型与营养器官形态相关因子。第 4 个主成分的特征值达 1.793, 贡献率为 9.439%, 起主要作用的指标是: 叶皱缩程度 (-0.603)。第 5 个主成分的特征值达 1.276, 贡献率为 6.714%, 起主要作用的指标是: 节间花青素 (0.584)。第 6 个主成分的特征值为 1.167, 贡献率为 6.714%, 起主要作用的指标是: 花色 (0.508)。第 7 个主成分的特征值为 1.006, 贡献率为 5.295%, 起主要作用的指标是: 叶片边缘波状程度 (-0.484)。

表 5 64 份芥蓝种质资源的 19 个农艺性状主成分分析特征值及贡献率

Table 5 Eigenvalues and contribution rates of principal component analysis of 19 agronomic traits of 64 Chinese kale germplasm resources

成分	特征值	差值	贡献率 (%)	累积贡献率 (%)
1	3.281	0.452	17.267	17.267
2	2.829	0.523	14.889	32.157
3	2.306	0.513	12.134	44.291
4	1.793	0.517	9.439	53.729
5	1.276	0.109	6.714	60.444
6	1.167	0.161	6.140	66.584
7	1.006	0.089	5.295	71.879
8	0.917	0.105	4.824	76.703
9	0.812	0.114	4.272	80.975
10	0.698	0.135	3.671	84.647
11	0.563	0.093	2.965	87.612
12	0.470	0.053	2.473	90.084
13	0.417	0.073	2.195	92.279
14	0.344	0.008	1.813	94.092
15	0.336	0.040	1.770	95.862
16	0.296	0.076	1.556	97.418
17	0.220	0.049	1.156	98.574
18	0.171	0.071	0.898	99.472
19	0.100		0.528	100.000

表 6 64 份芥蓝种质资源的 19 个农艺性状主成分因子载荷矩阵
Table 6 Principal component factor loading matrix of 19 agronomic traits of 64 Chinese kale germplasm resources

农艺性状	成分1	成分2	成分3	成分4	成分5	成分6	成分7
株型	0.268	0.487	0.550	0.247	-0.034	-0.001	0.223
株幅	0.159	-0.502	0.577	-0.138	-0.127	-0.097	-0.064
株高	-0.229	-0.533	0.618	-0.037	0.113	-0.040	0.085
叶长	0.584	-0.515	0.436	0.140	0.097	-0.033	-0.095
叶宽	0.691	-0.018	0.418	-0.298	-0.013	-0.170	0.164
叶色	0.004	0.727	0.323	-0.027	0.012	0.156	-0.089
叶形	0.040	-0.253	-0.072	0.471	-0.351	0.367	0.350
叶皱缩程度		0.331	0.021	-0.603	0.187	0.434	0.011
叶片	-0.035						
边缘波状程度	0.015	0.098	0.273	0.422	0.168	0.077	-0.484
羽叶	0.366	-0.282	-0.570	-0.021	0.032	-0.108	0.394
叶柄长	0.612	0.190	0.001	0.379	0.192	0.015	-0.224
蜡粉	0.414	0.275	-0.048	0.482	0.343	-0.304	0.279
苔粗	0.369	0.538	0.363	-0.358	-0.103	0.178	0.276
节间长短	-0.598	-0.032	0.388	0.242	-0.002	-0.047	0.383
节间花青素	0.322	-0.100	-0.128	0.089	0.584	0.508	0.126
花色	-0.160	0.159	-0.088	-0.304	0.552	-0.511	0.082
苔色	-0.354	0.613	-0.033	0.404	-0.062	-0.054	0.034
肉质茎形状	-0.422	-0.416	0.110	0.112	0.453	0.323	0.082
商品苔熟性	0.838	-0.105	-0.303	-0.010	-0.166	0.091	-0.084

3 讨论与结论

植物农艺性状的形成不仅受遗传基础控制，还显著受生态条件制约，本质上是基因型与环境共同作用的结果^[15]。农艺性状是鉴定种质资源的重要指标，育种者可利用其来判定亲本材料的利用价值^[16]。本研究通过对 64 份芥蓝种质资源的 19 个农艺性状进行综合分析，揭示了其遗传多样性及性状间的内在关联，为芥蓝品种改良和种质创新提供了理论依据。变异系数作为表型多样性的量化指标，变异系数越大，表示该植物表型性状越丰富，更能够适应较为复杂的生态环境^[17-18]。经调查研究后发现，芥蓝种质资源的农艺性状存在不同程度的变异，变异系数在 18.30%~39.20% 波动。其中，叶柄长的变异系数最大，可能与不同品种对光能利用和株型调控的适应性差异有关，较长的叶柄有利于叶片伸展以捕获更多光能，但可能降低植株

抗倒伏性，而短叶柄品种则更适于密植栽培。株高和叶长的变异系数次之，较高的变异系数为品种选育提供了丰富的遗传基础，尤其是在优化芥蓝株型和商品性方面具有重要潜力。相关性分析表明，株高与株幅、节间长短呈极显著正相关，株高与商品苔熟性呈极显著负相关。株高与株幅呈极显著正相关，表明植株增高伴随冠层扩展，可能与光合产物向茎叶同步分配或顶端优势驱动的侧枝萌发有关。此外，株高与节间长短极显著正相关，提示节间伸长是株高增加的主要驱动因素。然而，株高与商品苔熟性极显著负相关，说明高秆种质可能因营养生长过旺延迟抽薹，需在育种中平衡株高与熟性。叶长与叶宽呈极显著正相关，二者共同决定光合面积，是影响株幅和株高的关键因素。宽叶种质因冠层扩展能力强，与苔粗极显著正相关，表明叶宽可作为高产育种的间接选择指标。但叶长与苔色极显著负相关，表明长叶种质可能因资源过度分配至叶

片而抑制花薹发育。商品苔熟性与叶宽、羽叶、叶柄长呈极显著正相关，表明早熟种质倾向于通过宽叶、多羽叶及长叶柄加速其从营养生长向生殖生长的转变。此外，熟性与肉质茎形状呈极显著负相关，暗示柱形肉质茎可能延缓抽薹，而扁圆形茎更利于早熟。

主成分分析在生姜^[19]、番茄^[20]、黄瓜^[21]等蔬菜作物综合性状评价已有广泛应用。对芥蓝的农艺性状进行主成分分析，可为高产优质芥蓝种质材料的选育工作提供有效助力，有助于筛选出综合性状优良的品种。主成分分析表明，前7个主成分累计贡献率达71.879%，基本涵盖了原始性状的遗传信息。主成分1由叶长、叶宽、叶柄长及商品苔熟性主导，揭示叶片形态与生殖生长的协同性：宽叶种质通过增强光合效率促进花薹发育，而短节间可能通过优化物质运输加速抽薹。主成分2由叶色、苔色主导；主成分3由株型、株高与羽叶主导，直立高秆株型结合少羽叶特征，可适应密植或机械化生产，但需强化茎秆抗倒伏性。

本研究对芥蓝种质资源的评价具有重要的实践意义与理论价值。通过差异性、相关性分析、主成分分析，对农艺性状进行了系统分析和综合评价。研究结果为筛选优异种质、遗传改良及资源高效利用提供理论支撑及科学依据，助力芥蓝种质创新与产业可持续发展。

参考文献：

- [1] 张德双, 辛晓云, 张凤兰, 等. 芥蓝新种质创制及其在育种上的应用[J]. 中国蔬菜, 2024 (3): 90-96.
- [2] 黎庭耀, 李桂花, 吴增祥, 等. 芥蓝新品种‘秋宝芥蓝’的选育[J]. 农学报, 2023, 13 (8): 69-73.
- [3] 谢月华, 苏运诗, 陈利丹, 等. 我国芥蓝育种研究进展与展望[J]. 蔬菜, 2022 (10): 38-41.
- [4] 王玲, 戴凡炜, 吴继军, 等. 自发气调包装对芥蓝采后叶绿素降解及品质保持的影响[J]. 食品科学技术学报, 2023, 41 (1): 163-174.
- [5] 王菲菲, 刘利兰, 曾艳红, 等. 增施有机肥减施化肥对芥蓝产量和品质的影响试验[J]. 长江蔬菜, 2025 (4): 72-75.
- [6] 陈长明, 邱正坤, 朱张生, 等. 华南地区特色蔬菜育种课程教学改革探讨[J]. 中国种业, 2024 (11): 52-56.
- [7] 陈坤豪, 陈木溪, 郑汉藩, 等. 芥蓝新品种喜宝芥蓝的选育[J]. 中国蔬菜, 2023 (6): 106-108.
- [8] 李建斌, 冯小康, 何赵杰, 等. 313份陆地棉种质资源的综合性状评价与分析[J]. 江苏农业科学, 2025, 53 (3): 113-120.
- [9] 陈木溪, 陈坤豪, 林泽敏, 等. 高产、抗病、优质的芥蓝新品种“利农优宝”及其高效栽培技术[J]. 蔬菜, 2024 (6): 75-77.
- [10] 赵新阳, 谢映妹, 陈捷, 等. 潮州市芥蓝优质高产关键环节机械化生产模式[J]. 南方农机, 2022, 53 (23): 7-11.
- [11] 张静, 张鲁刚, 张玉. 芥蓝种质资源营养成分及商品性评价[J]. 中国蔬菜, 2009 (16): 41-44.
- [12] 张慎好, 王学东, 轩兴栓, 等. 芥蓝不同品种营养成分含量评价[J]. 河北科技师范学院学报, 2004 (2): 58-61.
- [13] 张艳, 洪晓如, 黎庭耀, 等. 芥蓝紫薹性状的遗传分析与基因定位[J]. 分子植物育种, 2018, 16 (5): 1545-1550.
- [14] 张德双, 辛晓云, 张凤兰, 等. 芥蓝颜色和蜡质的遗传规律研究及京紫2号的育成[J]. 中国蔬菜, 2021 (5): 53-57.
- [15] 冉志芳, 郭凤丹, 张翠翠, 等. 北沙参品质形成影响因素及产业发展分析[J]. 中草药, 2025, 56 (6): 2207-2213.
- [16] 罗文学, 张耀, 苏正亮. 哈尼梯田稻种资源挖掘与利用综述[J]. 中国种业, 2025 (2): 27-32.
- [17] 杨靖, 张晓明, 陈越, 等. 内蒙古30份冰草属种质资源表型性状遗传多样性分析[J]. 中国草地学报, 2023, 45 (9): 1-11.
- [18] 顾霄, 田孟祥, 吴美玲, 等. 贵州山区梗稻新品种毕梗48丰产性、稳产性及适应性分析[J]. 现代农业科技, 2025 (6): 1-4.
- [19] 陈阳, 马丽娜, 林永胜, 等. 50份生姜地方种质资源的鉴定与评价[J]. 亚热带农业研究, 2024, 20 (4): 224-233.
- [20] 于娅, 李艳军, 王飞, 等. 北方地区黄瓜种质资源农艺性状的主成分和聚类分析[J]. 中国瓜菜, 2020, 33 (12): 29-34.
- [21] 高艳娜, 牛华琳, 李营, 等. 基于主成分分析和聚类分析对不同番茄品种的综合评价[J]. 江苏农业科学, 2023, 51 (12): 106-113.