

基于主成分分析的高油酸油菜品种筛选

周毅¹, 汪媛媛², 陈伟¹, 刘菊¹, 杨雪¹, 胡晓燕¹, 许强¹

(1. 荆门市农业技术推广中心, 湖北 荆门 448000; 2. 荆门(中国农谷)农业科学研究院, 湖北 荆门 448000)

摘要: 荆门是全国高油酸油菜生产先行区。为筛选出适合在荆门种植的高油酸油菜品种, 本研究采用主成分分析法对 7 个高油酸油菜品种的主要农艺性状和品质指标进行分析。结果表明, 不同油菜品种间的品质和农艺性状指标均存在不同程度的变异, 变异系数为 3.65%~81.97%。通过主成分分析法将 10 个综合指标转化为 2 个主要成分, 累计贡献率为 75.23%, 并构建了高油酸油菜品种综合评价方程: $P = 0.755 * F1 + 0.245 * F2$ 。基于综合评价值 P, 将 7 份高油酸油菜品种资源综合性状进行排序, 初步筛选出了华油杂 320 和华油杂 315 两个高油酸油菜品种。

关键词: 油菜品种; 高油酸; 主成分分析

中图分类号: S565 文献标识码: A 文章编号: 0488-5368(2026)02-0014-04

Selection of High Oleic Acid Rapeseed Varieties Based on Principle Component Analysis

ZHOU Yi¹, WANG Aiai², CHEN Wei¹, LIU Ju¹, YANG Xue¹, HU Xiaoyan¹, XU Qiang¹

(1. Jingmen Agricultural Technology Extension Center, Jingmen, Hubei 448000, China;

2. Jingmen Institute of Agriculture Science, Jingmen, Hubei 448000, China)

Abstract: Jingmen is a national pioneer area for high-oleic acid rapeseed production. To identify the high oleic acid rapeseed varieties suitable for planting in Jingmen, the principle component analysis method was used to study the 7 high oleic acid rapeseed varieties' major agronomic traits and qualities index. The results showed that the coefficient of variation was 3.65%~81.9%. Principal component analysis was conducted to transform 10 indexes into 2 main components, with a cumulative contribution rate of 75.23%, and formulate an evaluation equation for high oleic acid rapeseed resources: $P = 0.755 * F1 + 0.245 * F2$. Based on the P value, 7 varieties were ranked, with two high oleic rapeseed varieties, Huayouza320 and Huayouza 315, were preliminarily screened as the most promising for planting.

Key words: Rapeseed; High oleic acid; Principal component analysis

油菜是我国重要的油料作物和经济作物, 每年提供约 520 万 t 的食用菜籽油, 占有油料作物产油量的 50% 左右^[1,2]。高油酸油菜油酸含量高, 一般指的是油酸相对含量超过 72% 的菜籽油^[3], 与常规菜籽油相比, 高油酸菜籽油更加有利于人体健康, 保健功能更强, 一方面, 高油酸菜籽油化学性质稳定、热稳定性好, 适宜加工和贮藏^[4,5]。其次, 高油酸菜籽油能有效减少胆固醇的形成, 预防人体心血管疾病; 富含维生素 E, 有助于延缓衰老等^[6]。

湖北省荆门市是全国高油酸油菜规模化种植、标准化管理、产业化生产经营的先行区^[7], 2023 年, 荆门市高油酸油菜推广种植面积已超过 3 万 hm^2 。但是, 荆门市在培育高油酸油菜产业上仍然存在高油酸油菜品种单一的问题, 目前荆门市市场上主要推广种植的仅有华油杂 2133 和华油 336R 两个高油酸油菜品种, 农户选择性不高。同时, 多年连续种植, 可能会导致品种退化、品质下降等问题出现^[8], 因此, 筛选出适合在荆门市种植的高油酸油

收稿日期: 2025-01-21 修回日期: 2025-05-14

基金项目: 湖北省“515”院士专家科技服务油菜产业链行动(协同推广)项目。

第一作者简介: 周毅(1990-), 男, 农艺师, 硕士研究生, 主要从事遗传育种研究。

通信作者: 许强。

菜新品种势在必行。主成分分析法在水稻^[9]、小麦^[10]和大豆^[11]等作物中广泛应用,能够有效的筛选出综合评价较好的品种。本研究通过主成分分析法,对7份高油酸油菜种质资源进行综合评分,根据综合排序筛选出适合在荆门市种植的高油酸油菜品种,为高油酸油菜育种提供良好的种质资源和筛选依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料为中国农科院油料作物研究所、华中农业大学、长江大学提供的7份高油酸油菜品种(表1)。其中编号7为对照品种。

表1 供试材料

编号	品种名	选育单位
1	长大1号	长江大学
2	华油315	华中农业大学
3	希望161	中国农业科学院油料作物研究所
4	中油814	中国农业科学院油料作物研究所
5	华油杂320	华中农业大学
6	中油808	中国农业科学院油料作物研究所
7(ck)	华油2133	华中农业大学

1.2 试验设计

试验于2023年秋在荆门市进行,共安排15个试验点,每个试验点安排3次重复,试验田肥力均等,播种量为6 kg/hm²。试验小区为随机排列,管理按照常规进行,防虫不防病。收获时,按小区单独收获,自然晒干后测定相关数据。

1.3 测定项目及方法

生育期(Growth duration, Grd):播种至收获天数差值

株高(Plant height, PH):子叶节至全株最高部

分长度

有效分枝位置(Effective branch position, Ebp):第一次有效分枝离叶节的长度

有效分枝数(Effective branch number, Ebn):主茎上有一个以上有效角果的分枝数

单株角果数(Pods per plant, Ppp):有一粒以上饱满全部角果数

每角粒数(Seeds per silique, Sps):主轴上随机摘取10个正常荚角(第一个和倒数第一个荚必取),人工计数并计算出平均每角种子粒数

千粒重(1000-seed weight, Tsw):在晒干(含水量不高于10%)、风净的小区种子内取样,用分样器取样两份(1000粒/份),分别称量后,取两个样本的平均值

产量(Yield):小区收获晒干(含水量不高于9%)、风净后分别称重

冻害指数(Freeze injury index, Fii): $\sum(\text{冻害级别} \times \text{对应株数}) / (\text{调查总株数} \times 4) \times 100\%$

菌核病发病率(Sclerotinia disease rate, Sdr):病株数/总株数 * 100%

菌核病指数(Sclerotinia index of disease, Sdi): $\sum(\text{各病级} \times \text{对应病级病株数}) / (\text{调查总株数} \times 4) \times 100\%$

含油量(Oil content, Oc)和油酸含量(Oleic acid content, Oac):气相色谱法^[12]

1.4 数据处理与分析

使用Microsoft Excel2016进行农艺性状和品质指标等数据的整理,使用SPSSAU进行数据的统计分析,使用R语言corroplot包^[13]进行相关性作图。

2 结果与分析

2.1 不同品种间品质和主要农艺性状的差异分析

表2 品种间品质和主要农艺性状的变异分析

性状	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数/%
生育期/d	191	221	206.33	7.529	3.65
株高/cm	99.2	167	134.52	16.484	12.25
有效分枝部位/cm	20.5	96.4	51.703	13.991	27.06
有效分枝数	1.5	10.8	5.205	2.228	42.81
单株角果数	58.5	216.3	105.225	27.967	26.58
每角粒数	12.2	22.8	17.768	2.545	14.32
千粒重/g	3.42	5.25	4.181	0.334	7.99
产量(kg/hm ²)	1048.2	3045.15	1804.609	454.268	25.17
冻害指数/%	31	85.7	50.402	11.67	23.15
菌核病发病率/%	4.76	76.67	33.12	20.911	63.14
菌核病病指/%	3.75	75.5	26.19	21.468	81.97
含油量t/%	32.6	46	41.024	2.572	6.27
油酸含量t/%	55.8	84.1	70.79	8.466	11.96

由表 2 可见,不同品种在产量、菌核病发病率、油酸含量等指标上均存在不同程度的差异,所有性状指标的变异系数介于 3.65%~81.97%,其中菌核病病指的变异系数最大,为 81.97%,其次为菌核病发病率(63.14%),生育期的变异系数最小,为 3.65%。

2.2 各项指标间的相关性

对测定的 13 个指标进行相关性分析,如图 1 可见,除 Fii、Tsw 和 Sdi 等 3 项指标与其它指标相关性不高外,其余指标间的相关性较为明显。因此,为减少 Fii、Tsw 和 Sdi 等 3 项指标对主成分分析的影响,在主成分分析时将这 3 项指标进行剔除。

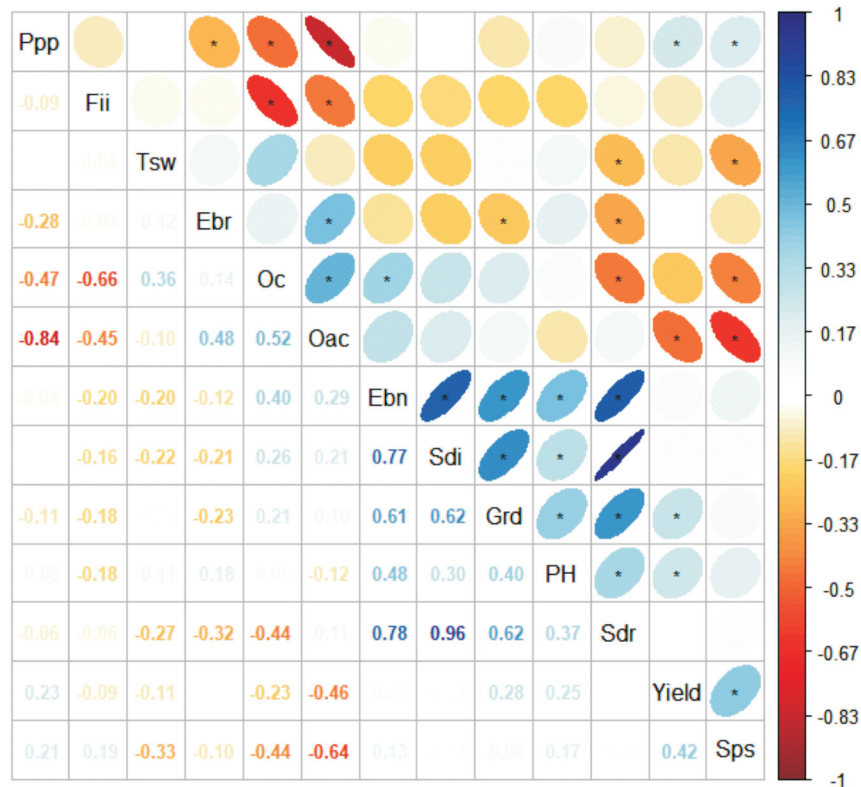


图 1 品种间各指标间的相关性分析

2.3 主成分分析

主成分分析法是将原始的多个单一指标提炼为少量综合性指标,得到的指标既能保持原有的原始数据特征,又涵盖了相对独立的信息。对参试品种的各项指标进行主成分分析能够更加精准地评价 7 份高油酸油菜品种的综合表现水平。

根据主成分分析,将原有的 10 个单一指标转换为 2 个综合指标(主成分),2 个综合指标的特征值分别为 5.683 和 1.84,累积贡献率为 75.23%(表 3),表明 2 个主成分所包含的信息反映了 10 个性状指标的大部分信息,可以作为评价高油酸油菜品种的综合指标。

表 3 高油酸油菜资源主要性状的主成分分析

性状	主成分	
	1st	2nd
生育期(a1)	-0.183	-0.511
株高(a2)	0.169	0.557
有效分枝部位(a3)	-0.359	0.061
有效分枝数(a4)	-0.251	0.407
单株角果数(a5)	0.396	0.082
每角粒数(a6)	0.352	-0.265
产量(a7)	0.37	0.156
菌核病发病率(a8)	0.299	0.053
含油量(a9)	-0.276	0.388
油酸含量(a10)	-0.404	-0.074
特征值	5.683	1.84
贡献率/%	56.827	18.404
累积贡献率/%	56.827	75.23

2.4 基于主成分分析的不同高油酸油菜品种综合评价

主成分分析是原各项指标的线性组合系数矩阵,各指标的权重为特征向量,表示了各个指标对于主成分的重要程度。根据主成分分析结果,得出2个主成分的评价函数,即: $F_1 = -0.183 * a_1 + 0.168 * a_2 - 0.359 * a_3 - 0.251 * a_4 + 0.396 * a_5 + 0.352 * a_6 + 0.370 * a_7 + 0.299 * a_8 - 0.276 * a_9 - 0.404 * a_{10}$ 和 $F_2 = -0.511 * a_1 + 0.557 * a_2 + 0.061 * a_3 + 0.407 * a_4 + 0.082 * a_5 - 0.265 * a_6 + 0.156 * a_7 + 0.053 * a_8 + 0.388 * a_9 - 0.074 * a_{10}$ 。结合2个主成分的方差贡献率,得出综合评价函数,即: $P = 0.755 * F_1 + 0.245 * F_2$ 。将7个参试品种的相关数值带入上述函数,得到主成分得分和综合得分及排名情况(表4)。根据排名情况可以看出,7号(对照)品种的综合表现最好,综合得分第1,为0.352;其次为2号品种,得分为0.193;第3为5号品种,得分为0.074。

表4 主成分综合评价和排序

Code	F1	F2	P	排名
1	-0.086	-0.276	-0.133	5
2	0.068	0.58	0.193	2
3	0.214	-0.67	-0.003	4
4	-0.119	-0.649	-0.249	7
5	-0.191	0.892	0.074	3
6	-0.255	-0.175	-0.235	6
7(ck)	0.369	0.298	0.352	1

3 讨论与结论

常规的油菜品种筛选和鉴定主要通过对油菜生育期、产量、品质等性状进行综合排序对比,而本研究采取主成分分析法将原始的多个单一指标提炼为少量综合性评价指标,更加具有参考性。本研究共收集了7个高油酸油菜品种,测定了各品种的10项农艺性状、品质性状和抗性指标,结果表明不同高油酸油菜品种在农艺性状和品质性状上均存在差异性,可以进行下一步分析。通过指标间的相关性分析,不同指标之间存在一定程度的相关性,可进行主成分分析。通过主成分分析对各项指标进行了降维处理,最终确立了2个综合评价指标,其特征值均大于1,累计贡献率达到75.23%,涵盖了所有性状的基本特征。再分别以2个主成分的贡献率为权重,构建综合评价函数,综合得分由高到低依次为:华油2133、华油杂315、华油杂320、希望161、长大1号、中油808、中油814。本研究为荆

门地区高油酸油菜品种选择提供了理论依据,也为高油酸油菜品种选育提供数据支撑。

参考文献:

- [1] 刘成,冯中朝,肖唐华,等. 我国油菜产业发展现状、潜力及对策[J]. 中国油料作物学报,2019,41(4): 485-489.
- [2] 李谷成,牛秋纯,冷博峰,等. 新时代十年:我国油菜产业发展与路径选择[J]. 中国油料作物学报,2024,46(2):228-235.
- [3] SCARTH R T, TANG J H. Modification of oil using conventional and transgenic approaches [J]. Crop Sci., 2006, 46(3):1 225-1 236.
- [4] Nicolosi R J, Woolfrey B, Wilson T A, et al. Decreased aortic early atherosclerosis and associated risk factors in hypercholesterolemic hamsters fed a high- or mid-oleic acid oil compared to a high-linoleic acid oil [J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 2004, 15(9):540-547.
- [5] Matthäus, B. Utilization of high-oleic rapeseed oil for deep-fat frying of french fries compared to other commonly used edible oils. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2006, 108, 200 - 211.
- [6] Parthasarathy S, Khoo JC, Miller E, et al. Low density lipoprotein rich in oleic acid is protected against oxidative modification; implications for dietary prevention of atherosclerosis. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 1990 May;87(10):3 894-3 898.
- [7] 孙立军,刘菊,许强,等. 荆门市高油酸油菜全产业链开发实践与探索[J]. 南方农业,2021,15(23): 176-179.
- [8] 汤应君,邓正春,杜登科,等. 优质油菜保优栽培技术[J]. 作物研究,2019,33(2): 158-159.
- [9] 冯莹莹,董立强,马亮,等. 基于主成分及聚类分析的东北南部地区优质粳稻品质的综合评价[J/OL]. 食品科学,1-12[2024-07-17].
- [10] 韩雪,孔欣欣,杨丹丹,等. 基于主成分分析的72份中强筋小麦面粉加工品质综合评价[J]. 中国种业,2024(5): 72-78.
- [11] 高越,杨雪飞,麻志刚,等. 基于主成分和聚类分析的安徽大豆品种与豆腐加工特性研究[J]. 中国粮油学报,2024,39(4): 59-67.
- [12] 王丽萍,韩萍,高雨寒,等. 浅析气相色谱法在食用油中脂肪酸成分测定及其质量控制的应用[J]. 现代食品,2024,30(4): 197-199.
- [13] Taiyun Wei, Viliam Simko, Michael Levy, et al. R package 'corrplot': Visualization of a Correlation Matrix (version 0.92). 2021, Available from: <https://github.com/taiyun/corrplot>.