

DOI: 10.19462/j.cnki.zgzy.20240304003

菜用大豆百粒重与主要品质性状的灰色关联度分析

任海龙 刘冬梅 袁清华 孙铭阳 张闻婷 索海翠

(广东省农业科学院作物研究所/广东省农作物遗传改良重点实验室,广州 510640)

摘要:为探明菜用大豆主要品质性状与百粒重的关系,采用灰色关联度分析法,对全国不同地区的51个菜用大豆品种的主要品质性状及百粒重进行关联分析。结果表明,51个菜用大豆品种中亚油酸含量的变异幅度最大,其次是油酸含量,不同氨基酸含量的变异幅度均比较小;依据12个性状进行聚类分析,可将51份菜用大豆品种分成4个类群,类群I为综合性状比较均衡的23个品种,类群II为粗脂肪含量和亚油酸含量高的15个品种,类群III为油酸含量高的12个品种,类群IV只有1个品种,具有粗蛋白含量和氨基酸含量高的特点;主要品质性状与百粒重的关联度依次为:天冬氨酸含量>棕榈酸含量>谷氨酸含量>赖氨酸含量>油酸含量>亮氨酸含量>粗蛋白含量>精氨酸含量>粗纤维含量>粗脂肪含量>亚油酸含量。因此,在菜用大豆大粒品种的育种过程中,可以优先对天冬氨酸含量、棕榈酸含量、谷氨酸含量等性状进行选择。

关键词:菜用大豆;百粒重;品质性状;灰色关联度分析;聚类分析

Grey Correlation Analysis of 100-Seed Weight and Main Quality Characters of Vegetable Soybean

REN Hailong, LIU Dongmei, YUAN Qinghua, SUN Mingyang, ZHANG Wenting, SUO Haicui

(Institute of Crop Sciences, Guangdong Academy of Agricultural Sciences/

Guangdong Provincial Key Laboratory of Crop Genetic Improvement, Guangzhou 510640)

菜用大豆(*Glycine max* (L.) Merr.)是豆科蝶形花亚科大豆属的栽培大豆种,俗称毛豆或鲜食大豆,在日本也被称为枝豆^[1],通常是指R6(鼓粒盛期)~R7(初熟期)期籽粒饱满,未成熟状态下采收的大豆^[2]。菜用大豆营养丰富,除富含蛋白质外,还含有许多禾谷类作物所缺的赖氨酸,其游离氨基酸含量也较一般大豆高^[3]。此外,菜用大豆还含有植物粗纤维及人体必需的维生素(A、B₁、C、E)和钙、

铁、磷等多种矿物元素^[4],尤其是油分中不饱和脂肪酸含量很高,对肥胖病、高血压、糖尿病等有预防和辅助治疗的作用。中国是世界菜用大豆栽培面积最大的国家,年种植面积在40万hm²左右^[5-6]。

籽粒大小是菜用大豆重要的外观品质之一,亚洲蔬菜研究发展中心(AVRDC)要求菜用大豆应符合粒大(百粒重不少于30g)的特点,并制定了菜用大豆出口的等级标准。大粒是菜用大豆选育的重要指标,粒重(百粒重)是影响大豆产量的重要农艺性状^[7-8],武天龙等^[9]对菜用大豆籽粒形成规律及产

基金项目:海南省自然科学基金(313103)

通信作者:索海翠

爱遐. 甘蓝型油菜主要株型和产量性状的综合分析. 西北农业学报, 2020, 29(6): 898-906

[13] 郑本川, 崔成, 李浩杰, 张锦芳, 柴靛, 蒋俊, 蒋梁材. 长江流域甘蓝型油菜育种亲本农艺性状的遗传变异、相关及主成分分析. 南方农业学报, 2019, 50(10): 2196-2204

[14] 赵继献, 朱文秀, 王华. 主要栽培因素对甘蓝型杂交油菜群体中各组成部分角果数的影响. 作物研究, 1999(4): 17-20

[15] 李紫菱. 甘蓝型油菜角果性状的遗传与关联分析研究. 成都: 四川农业大学, 2022

(收稿日期: 2024-03-28)

量估测的研究认为,百粒重是菜用大豆产量的决定性因素。目前,粒重主要作为菜用大豆的产量性状进行研究,与营养成分关系的报道较少。为此,本研究通过相关性分析、聚类分析和灰色关联度分析,对来自全国不同地区的 51 份菜用大豆品种的百粒重与粗蛋白含量、谷氨酸含量、天冬氨酸含量、亮氨酸含量、精氨酸含量、赖氨酸含量、粗脂肪含量、亚油酸含量、油酸含量、棕榈酸含量和粗纤维含量等 11 个品质性状进行了分析,以期对菜用大豆的品种选育提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验材料为 51 份菜用大豆品种,主要为国内育成品种和市场上流通品种,具体信息见表 1。

1.2 试验方法 菜用大豆的粗蛋白含量、谷氨酸含量、天冬氨酸含量、亮氨酸含量、精氨酸含量、赖氨酸含量、粗脂肪含量、亚油酸含量、油酸含量、棕榈酸含量和粗纤维含量测定采用 DA7250 型近红外光谱仪(瑞典波通仪器有限公司)^[10],每个样品均重复装样扫描 3 次,以消除样品粒度大小、均匀性不一致等因素对光谱的影响,百粒重用电子天平称量,所有数据均测量 3 次取平均值。

1.3 数据分析 采用 Excel 2019 软件对数据进行整理和计算,采用 SPSS 21 进行相关性分析、数据标准化处理和聚类分析。由于各性状原始数据单位不统一,不能直接进行比较,在进行灰色关联度分析时,需先将数据进行标准化处理,进一步以标准化后的百粒重为参考数列求得绝对差值,最后按照公式 $Y_{i(k)} = \min_i \min_k \Delta_{i(k)} + \rho \frac{\min_i \min_k \Delta_{i(k)}}{\max_i \max_k \Delta_{i(k)} - \min_i \min_k \Delta_{i(k)}}$, 取 $\rho=0.5$ (其中 $\min_i \min_k \Delta_{i(k)}$ 为两极最大差, $\max_i \max_k \Delta_{i(k)}$ 为两极最小差, $\Delta_{i(k)}$ 为对应的绝对差值)计算出对应数据的灰色关联系数,其平均值即为对应性状的灰色关联度^[11]。

2 结果与分析

2.1 不同菜用大豆品种的品质性状及百粒重 对 51 个菜用大豆品种进行性状调查,由表 2 可知,不同菜用大豆品种间的性状存在一定的差异,变异系数在 5.61%~35.54% 之间,其中亚油酸含量的变异幅度最大(35.54%),其次是油酸含量(25.13%),谷氨酸含量的变异幅度最小(5.61%)。粗蛋白含量在 38.24%~49.80% 之间,平均值为 44.36%;谷氨酸含量在 6.22%~7.86% 之间,平均值为 6.93%;天冬氨酸含量在 3.94%~5.08% 之间,平均值为 4.47%;亮氨酸含

表 1 供试菜用大豆品种

序号	品种名称	序号	品种名称	序号	品种名称
1	抚鲜 3 号	18	闽豆 7 号	35	台湾 75
2	赣鲜 2 号	19	闽豆 9 号	36	铁鲜 11 号
3	赣鲜 3 号	20	南农 29	37	铁鲜 2 号
4	沪宁 95-1	21	南农 31	38	铁鲜 8 号
5	淮鲜豆 7 号	22	南农 46	39	通豆 14
6	交大 19	23	南农 63	40	通豆 6 号
7	交大 36	24	青酥 2 号	41	早青 2 号
8	晋科 2 号	25	衢鲜 3 号	42	浙农 11
9	晋科 8 号	26	权鲜豆 2 号	43	浙农 8 号
10	奎鲜 9 号	27	上海青	44	浙鲜 10 号
11	辽鲜 26	28	沈农 901	45	浙鲜 19 号
12	辽鲜 29	29	圣豆 39	46	浙鲜 5 号
13	辽鲜 30	30	圣豆 44	47	浙鲜 8 号
14	辽鲜 32	31	首豆 36	48	浙鲜 9 号
15	绿 75	32	苏鲜豆 19	49	中科 1 号
16	毛豆 3 号	33	苏鲜豆 22	50	中科 2 号
17	毛豆 64	34	台湾 292	51	中科 3 号

表2 不同菜用大豆品种的品质性状与百粒重

项目	品质性状(%)											百粒重(g)
	粗蛋白含量	谷氨酸含量	天冬氨酸含量	亮氨酸含量	精氨酸含量	赖氨酸含量	粗脂肪含量	亚油酸含量	油酸含量	棕榈酸含量	粗纤维含量	
最大值	49.80	7.86	5.08	3.38	3.41	2.81	20.55	11.30	9.13	2.54	9.20	47.23
最小值	38.24	6.22	3.94	2.38	2.06	1.99	12.10	2.84	3.71	1.45	6.29	27.20
平均值	44.36	6.93	4.47	2.91	2.81	2.47	15.90	6.66	6.12	1.88	7.55	34.93
标准差	2.78	0.39	0.25	0.22	0.28	0.16	1.73	2.37	1.54	0.25	0.64	4.79
变异系数(%)	6.26	5.61	5.63	7.56	10.01	6.65	10.86	35.54	25.13	13.44	8.45	13.71

量在 2.38%~3.38% 之间,平均值为 2.91%;精氨酸含量在 2.06%~3.41% 之间,平均值为 2.81%;赖氨酸含量在 1.99%~2.81% 之间,平均值为 2.47%;粗脂肪含量在 12.10%~20.55% 之间,平均值为 15.90%;亚油酸含量在 2.84%~11.30% 之间,平均值为 6.66%;油酸含量在 3.71%~9.13% 之间,平均值为 6.12%;棕榈酸含量在 1.45%~2.54% 之间,平均值为 1.88%;粗纤维含量在 6.29%~9.20% 之间,平均值为 7.55%。51 个品种的百粒重变幅在 27.20~47.23g 之间,平均值为 34.93g。综上可知,亚油酸含量、油酸含量的变异幅度较大,变异系数均在 20% 以上,具有丰富的遗传多样性,今后可作为菜用大豆品质改良的首选。

2.2 相关性分析 百粒重是数量性状,由多个农艺性状共同决定,为明确其与品质性状的密切程度,对菜用大豆的百粒重和品质性状进行相关性分析。由表 3 可见,百粒重和调查的品质性状并未发现显著的相关性;粗蛋白含量与油酸含量、粗纤维含量呈极

显著正相关,与粗脂肪含量、亚油酸含量和棕榈酸含量呈极显著负相关;谷氨酸含量、天冬氨酸含量、亮氨酸含量和精氨酸含量相互间呈极显著正相关;谷氨酸含量、天冬氨酸含量与粗蛋白含量呈极显著正相关;天冬氨酸含量与亚油酸含量呈显著正相关,与油酸含量呈显著负相关;亮氨酸含量和赖氨酸含量与粗脂肪含量和亚油酸含量呈极显著正相关,与油酸含量和粗纤维含量呈极显著负相关;精氨酸含量与粗脂肪含量呈显著正相关,与亚油酸含量呈极显著正相关,与油酸含量和粗纤维含量呈极显著负相关;粗脂肪含量与亚油酸含量和棕榈酸含量呈极显著正相关,与油酸含量和粗纤维含量呈极显著负相关;亚油酸含量与棕榈酸含量呈极显著正相关,与油酸含量和粗纤维含量呈极显著负相关;油酸含量与粗纤维含量呈极显著正相关,与棕榈酸含量呈显著负相关,棕榈酸含量与粗纤维含量呈极显著负相关。

表3 菜用大豆品质性状与百粒重的相关性

性状	粗蛋白含量	谷氨酸含量	天冬氨酸含量	亮氨酸含量	精氨酸含量	赖氨酸含量	粗脂肪含量	亚油酸含量	油酸含量	棕榈酸含量	粗纤维含量	百粒重
粗蛋白含量	1											
谷氨酸含量	0.613**	1										
天冬氨酸含量	0.473**	0.961**	1									
亮氨酸含量	0.027	0.782**	0.861**	1								
精氨酸含量	0.145	0.837**	0.870**	0.965**	1							
赖氨酸含量	0.031	0.752**	0.852**	0.964**	0.916**	1						
粗脂肪含量	-0.687**	-0.048	0.153	0.455**	0.281*	0.484**	1					
亚油酸含量	-0.628**	0.125	0.301*	0.650**	0.512**	0.646**	0.844**	1				
油酸含量	0.486**	-0.18	-0.290*	-0.641**	-0.573**	-0.652**	-0.502**	-0.847**	1			
棕榈酸含量	-0.527**	-0.259	-0.145	0.031	-0.109	0.165	0.641**	0.402**	-0.280*	1		
粗纤维含量	0.426**	-0.152	-0.266	-0.516**	-0.380**	-0.532**	-0.607**	-0.686**	0.558**	-0.380**	1	
百粒重	0.108	0.132	0.125	0.116	0.139	0.103	-0.090	-0.073	0.040	-0.148	0.044	1

*、** 分别表示在 0.05、0.01 水平上呈显著、极显著相关

2.3 聚类分析 依据 12 个性状进行聚类分析,在欧氏距离为 20 处可将 51 份菜用大豆品种分成 4 个类群(图 1)。类群 I 包括 23 份菜用大豆品种,该类群是品种数量最多的类群,与其他类群相比较,类群 I 的综合性状比较均衡;类群 II 包括 15 份菜用大豆品种,该类群的粗蛋白含量最低,平均为 41.31%,粗脂肪含量和亚油酸含量最高,平均含量分别为 17.66% 和 9.17%;类群 III 包括 12 份菜用大豆品种,该类群品种的主要特点是油酸含量明显高于其他类群,平均为 7.06%;类群 IV 只有通豆 6 号 1 个品种,粗蛋白含量和 4 种氨基酸含量均是所有类群中最高的,同时棕榈酸含量最低,百粒重最大。

2.4 灰色关联度分析 关联度是关联度系数的算术平均值,由表 4 可以看出,粗蛋白含量、谷氨酸含量、天冬氨酸含量、亮氨酸含量、精氨酸含量、赖氨酸含量、粗脂肪含量、亚油酸含量、油酸含量、棕榈酸含量和粗纤维含量 11 个品质性状与百粒重的灰色关联度大小分别为: 0.6892、0.7084、0.7123、0.6923、0.6877、0.7013、0.6847、0.6846、0.6936、0.7094 和 0.6865。根据灰色关联度分析原理,关联度越大,则表示该因子越重要。因此,对菜用大豆百粒重产生影响的品质性状依次为天冬氨酸含量 > 棕榈酸含量 > 谷氨酸含量 > 赖氨酸含量 > 油酸含量 > 亮氨酸含量 > 粗蛋白含量 > 精氨酸含量 > 粗纤维含量 > 粗脂肪含量 > 亚油酸含量。

3 讨论与结论

菜用大豆与粒用大豆相比,其主要特点是荚大粒大、色泽鲜绿、风味鲜软甜糯^[12],粒重和品质是其品种选育的重要指标。Liu 等^[13]对基因组重测序的数据进行聚类分析,发现菜用大豆、粒用大豆和野生大豆可以清楚地分为 3 个分支,并由此推断菜用大豆粒重和风味品质可能经历了长期的平行选择,而关于菜用大豆百粒重与主要品质性状关系的研究却鲜有报道。年海等^[14]对 25 个高产大豆品系脂肪

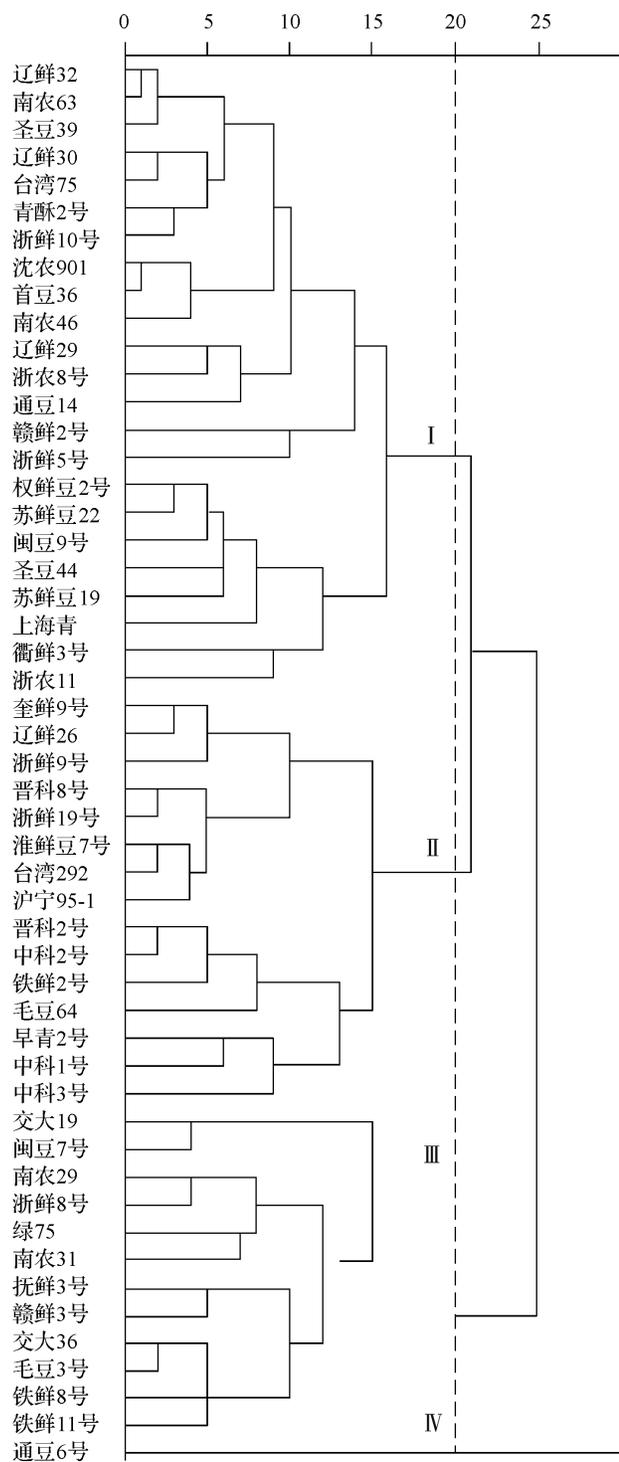


图 1 51 份菜用大豆品种聚类分析

表 4 各品质性状与百粒重的关联度

项目	品质指标										
	粗蛋白含量	谷氨酸含量	天冬氨酸含量	亮氨酸含量	精氨酸含量	赖氨酸含量	粗脂肪含量	亚油酸含量	油酸含量	棕榈酸含量	粗纤维含量
等权相关度	0.6892	0.7084	0.7123	0.6923	0.6877	0.7013	0.6847	0.6846	0.6936	0.7094	0.6865
排序	7	3	1	6	8	4	10	11	5	2	9

酸与主要农艺性状和品质性状的相关分析得出,亚油酸与油酸呈极显著负相关,棕榈酸与百粒重呈极显著正相关。赵雪等^[15]对多环境大豆种质资源脂肪酸组分与农艺性状的相关分析表明,油酸与亚油酸、棕榈酸均呈极显著负相关,但脂肪酸组分与百粒重的相关性未达到显著水平。李文滨等^[16]对黑龙江省大豆种质资源的脂肪酸含量及其与品质性状的相关性进行分析,认为油酸与亚油酸、棕榈酸呈极显著负相关,蛋白质与油分呈极显著负相关。上述相关性分析的结果与本研究基本一致,本研究中虽未发现棕榈酸与百粒重呈极显著正相关,但在灰色关联度分析中同样发现棕榈酸含量与百粒重关联系数较高,仅次于天冬氨酸含量,排名第二,说明粒用大豆百粒重与主要品质性状的关系在菜用大豆中同样适用。

本研究在分析菜用大豆百粒重与主要品质性状的关系时,运用了相关性分析和灰色关联度分析两种方法,这两种方法基于的理论基础不同,相关性分析在没有显著差异时不能解释相互间的关系,而灰色关联度分析正好弥补了相关性分析的不足,用灰色关联度来描述因素间关系的强弱、大小和次序,综合两种分析的结果可以更好地指导菜用大豆品质育种^[17]。目前,灰色关联度分析在菜用大豆产量与农艺性状的关系^[18]及品种综合评价中得到广泛应用^[19]。本研究对51个菜用大豆品种的主要品质性状及百粒重进行关联分析,认为在菜用大豆大粒品种的育种过程中,可以优先对品质性状中的天冬氨酸含量、棕榈酸含量、谷氨酸含量等进行选择。

参考文献

- [1] 刘慧,许文静,杨硕,张威,张红梅,刘晓庆,朱月林,陈华涛. 菜用大豆有机酸的全基因组关联分析. 华北农学报,2023,38(4): 74-82
- [2] 何梓彬,何龙,黄惠绿,李丽慧,赵建文. 不同菜用大豆品种产量与外观品质分析. 黑龙江农业科学,2023(7): 7-13,19
- [3] 张秋英,李彦生,王国栋,宫学凯,周克琴,李艳华,韩秉进. 菜用大豆品质及其影响因素研究进展. 大豆科学,2010,29(6): 1065-1070
- [4] 王晓钰,来仪,周晔雯,王永涛. 液氮速冻对菜用大豆品质的影响研究. 中国果菜,2021,41(10): 22-30
- [5] Nair R M, Boddepalli V N, Yan M R, Kumar V, Gill B, Pan R S, Wang C, Hartman G L, Souza R S E, Somta P. Global Status of Vegetable Soybean. *Plants*,2023,12(3): 609
- [6] 刘娜,范翘楚,周佳,宋雅静,张古文,冯志娟,卜远鹏,王斌,龚亚明. 菜用大豆炭疽病原菌的分离鉴定与防治. 浙江农业学报,2022,34(12): 2682-2688
- [7] 孙建强,洪慧龙,张勇,谷勇哲,高华伟,周雅,曹杰,祁航,赵权,包立高,陈庆山,邱丽娟. 大豆百粒重稳定 QTL *qSW20-1* 定位及对产量和品质的影响. 作物学报,2023,49(10): 2621-2632
- [8] 符小发,高强,任海龙,路子锋,王天地,陈积豪,严勇亮. 南繁大豆农艺性状与产量的主成分和聚类分析. 广东农业科学,2018,45(4): 6-13
- [9] 武天龙,赵则胜,蒋家云,蔡向忠,汤楠. 菜用大豆籽粒形成规律及产量估测的研究. 上海农学院学报,1998,16(3): 221-226
- [10] 张玉松,符明联,雷永,罗怀勇,张丽芹,陆建美,舒兴香,普兴林,何柳,罗金超,陈晓艳,刘珏,王绍彩,原小燕,姜慧芳. 372份花生种质资源的耐冷性评价及耐冷种质筛选. 中国油料作物学报,2023,45(6): 1247-1257
- [11] 任海龙,周贤玉,肖婉钰,杨振,邹集文,李光光,许东林,孙艺嘉,张晶. 早熟菜心茎重与相关性状的灰色关联度分析. 中国种业,2021(3): 58-61
- [12] 卜远鹏,刘娜,张古文,冯志娟,王斌,龚亚明,许林英. 菜用大豆种质资源的农艺性状多样性评价及核心种质与食味品质评价体系的构建. 浙江农业学报,2023,35(6): 1307-1314
- [13] Liu N, Niu Y C, Zhang G W, Feng Z J, Bo Y P, Lian J M, Wang B, Gong Y M. Genome sequencing and population resequencing provide insights into the genetic basis of domestication and diversity of vegetable soybean. *Horticulture Research*,2022,9: 52
- [14] 年海,王金陵,杨庆凯,刘忠堂,王大秋,刘国范. 大豆脂肪酸与主要农艺性状和品质性状的相关分析. 大豆科学,1996,15(3): 213-221
- [15] 赵雪,杜雪,孙晶,吴瑶,曹广禄,韩英鹏,李文滨,张彬彬. 多环境大豆种质资源脂肪酸组分评价及其与农艺性状的相关分析. 大豆科学,2014,33(3): 353-357
- [16] 李文滨,郑宇宏,韩英鹏. 大豆种质资源脂肪酸组分含量及品质性状的相关性分析. 大豆科学,2008,27(5): 740-745
- [17] 曹彩红,田雅楠,赵立群,祝宁,何秉青,曹玲玲. 结球莴苣产量与主要农艺性状的相关性及灰色关联度分析. 中国种业,2022(8): 110-115
- [18] 王忠,杨亚玲,陈丽. 菜用大豆产量与农艺性状关系的灰色关联分析. 新疆农垦科技,2019,42(3): 6-8
- [19] 余文远,李霖超. 运用灰色局势决策法综合评价鲜食大豆新品系. 湖南农业科学,2015(10): 26-28

(收稿日期: 2024-03-04)