



胶东半岛鲜食大豆种质资源产量及相关农艺性状分析

杨进^{1,2}, 耿子归^{1,2}, 任梦云^{1,2}, 嵇圣杰¹, 薛雯雯², 张亚茹², 毛婷婷², 张娟¹

(1. 鲁东大学 农学院, 山东 烟台 264025; 2. 鲁东大学 农林工程研究院, 山东 烟台 2640025)

摘要:为筛选适合胶东半岛种植的鲜食大豆品种(系),本试验选取 63 个鲜食大豆品种(系)于 2019—2021 年进行田间种植,在鲜食期对 13 个产量相关农艺性状进行考查统计,并和鲜荚产量进行相关性和关联度分析。结果表明:参试品种(系)的各农艺性状变异系数在 9.66%~86.53% 之间;单株产量与节数、一粒荚数、标准荚数、单株荚数和标准荚长呈极显著正相关,与分枝数、空荚数和鲜重呈显著正相关,与株高、虫荚数、干重和标准荚宽呈不显著正相关。各性状与产量的关联度排行为单株荚数>单株荚重>鲜重>干重>有效分枝数>标准荚长>标准荚宽>主茎节数>标准荚数>株高>一粒荚数>空荚数>虫食荚数。对所有参试品种大豆(系)与理想品种(系)进行等权和加权关联分析,筛选出综合表现最优的 7 个品种,分别为辽鲜 3 号、晋豆 39、南农 29、辽 08M13-1H、首豆 38、引豆 9701 和南农 95C-13,本研究为菜用大豆在胶东地区的推广和种植奠定了坚实的基础。

关键词:鲜食大豆;农艺性状相关分析;适应性评价

Adaptability Analysis of Different Vegetable Soybean Varieties in Jiaodong Peninsula Based on Their Yields and Yield-related Agronomic Traits

YANG Jin^{1,2}, GENG Zigu^{1,2}, REN Mengyun^{1,2}, ZHUO Shengjie¹, XUE Wenwen², ZHANG Yaru², MAO Tingting², ZHANG Juan¹

(1. School of Agriculture, Ludong University, Yantai 264025, China; 2. The Engineering Research Institute of Agriculture and Forestry, Ludong University, Yantai 264025, China)

Abstract: To obtain the varieties of vegetable soybean suitable for Jiaodong Peninsula. 63 vegetable soybean varieties from different areas were selected and sown in the field during 2019—2021 in this experiment. During the fresh-eating period, 13 agronomic traits related to yield were investigated and their correlation with yield of fresh pods were carried out. The results showed that the variation coefficient was ranged from 9.66% to 86.53%. Except for plant height, the number of pods eaten by insects, dry weight and standard pod width, the yield per plant were significantly correlated with the other yield agronomic traits investigated. The order of correlation degree from high to low was: pod number per plant > pod weight per plant > fresh weight > dry weight > effective branches > standard pod length > standard pod width > main stem node number > standard pod height > plant height > one-pod number > the number of pods eaten by insects. By the equal weight and weighted association analysis, seven best varieties were selected, including Liaoxian 3, Jindou 39, Nannong 29, Liao08m13-1h, Shoudou 38, Yindou 9701, and Nannong 95C-13, which will establish a solid foundation for the popularization and cultivation of vegetable soybean in Jiaodong area. This study has laid a solid foundation for the promotion and planting of vegetable soybeans in Jiaodong region.

Keywords: vegetable soybean; yield-related traits; adaptability evaluation

鲜食大豆,又称菜豆或毛豆,是豆荚鼓粒末期,荚与籽粒为翠绿色时采收食用大豆的总称^[1-2]。其富含丰富的植物蛋白质、维生素、氨基酸、碳水化合物等人体必需的营养成分,做法多样,口味独特,作为绿色无公害食品深受广大消费者的欢迎^[1, 3-4]。

近些年,随着人们生活质量的提高,鲜食大豆市场需求逐年变大,山东作为主要的人口大省,对鲜食大豆的需求也日益增加。山东胶东半岛属温带湿润季风气候,土地肥沃,降水充足,能为大豆种植提供有利环境条件^[5]。除此之外,胶东半岛与韩国和日本隔海相望。日本作为我国主要的鲜食

大豆出口国,每年进口鲜食大豆的量占比超过世界 80%,所以在胶东半岛发展鲜食大豆产业不仅能解决内陆需求,也有利于出口创汇,增加农民收入^[6]。

目前,国内对鲜食大豆的研究主要集中在长江流域及其以南地区,胶东地区大面积种植鲜食大豆的地区较少。品种是大豆产业发展的关键。引种前对筛选品种进行适应性评价是引种成功的关键,大豆的适应性栽培工作已经在多地开展^[7-11]。然而,由于大豆是典型的短日照植物,其生长期、开花期及其种子的品质受环境影响较大,不同地理纬度地区,相同品种也会出现蛋白质和脂肪含量的变

收稿日期:2023-02-02

基金项目:山东省自然科学基金青年基金(ZR2021QC140)。

第一作者:杨进(1997—),男,硕士研究生,主要从事大豆品质育种研究。E-mail:Jinyang900@126.com。

通讯作者:毛婷婷(1986—),女,博士,讲师,主要从事大豆品质育种研究。E-mail:maotingting1986@126.com;

张娟(1974—),女,博士,副教授,主要从事大豆品质育种研究。E-mail:Juanzh74@ldu.edu.cn。

化,另外对一些产量相关性状的影响也很大^[12]。因此引进和培育适合胶东地区的鲜食大豆品种至关重要。选取适合在山东半岛种植的鲜食大豆品种能为山东乃至北方的鲜食大豆产业奠定良好的基础。本研究收集国内外 63 份鲜食大豆品种(系),经过连续 3 年在烟台播种,在鲜食期对参选品种(系)农艺性状株高、节数、分枝数、空荚数、一粒荚数、标准荚数、虫食荚数、单株荚数、单株荚重和产量(鲜重)、标准荚长、标准荚宽进行考查研究,通过

关联分析,筛选出各性状和产量表现优良的品种(系),为筛选适合在胶东半岛及附近地区种植的鲜食大豆提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试的 63 个大豆材料分别来自我国不同地区的大豆品种(系),其中长江流域及以南地区 39 份,东北三省 20 份,黄淮流域 2 份,台湾地区 2 份(表 1)。

表 1 供试菜用大豆品种(系)名称
Table 1 Vegetable soybean varieties(lines) used in this study

编号 Number	品种(系) Variety(line)	编号 Number	品种(系) Variety(line)	编号 Number	品种(系) Variety(line)
1	苏青一号 Suqing 1	22	沪宁 95-1 Huning 95-1	43	京鲜 6 号 Jingxian 6
2	苏青三号 Suqing 3	23	青酥 5 号 Qingsu 5	44	理想 M-5 Lixiang M-5
3	苏育 5 号 Suyu 5	24	交大 08-3 Jiaoda 08-3	45	辽 08M13-1H Liao 08M13-1H
4	苏豆 5 号 Sudou 5	25	交大 14 Jiaoda 14	46	奎鲜 2 号 Kuixian 2
5	苏早 1 号 Suzao 1	26	交大 282 Jiaoda 282	47	奎鲜 6 号 Kuixian 6
6	苏奎 1 号 Sukui 1	27	交大 133 Jiaoda 133	48	沈鲜 88 Shenxian 88
7	苏 7 辐选 Su 7 Fuxuan	28	浙鲜豆 3 号 Zhexian 3	49	香酥 1 号 Xiangsu 1
8	绿领 3 号 Lvling 3	29	浙鲜 8 号 Zhexian 8	50	K 丰 77-1 K Feng 77-1
9	绿领 7 号 Lvling 7	30	浙鲜 9 号 Zhexian 9	51	K 丰 77-2 K Feng 77-2
10	绿领 8 号 Lvling 8	31	浙鲜 10 号 Zhexian 10	52	K 丰 77-3 K Feng 77-3
11	领鲜 1605 Lingxian 1605	32	浙鲜 12 Zhexian 12	53	K 丰 78-5 K Feng 78-5
12	大粒王 Daliwang	33	浙鲜 13 Zhexian 13	54	K 丰 80-1 K Feng 80-1
13	通豆 4 号 Tongdou 4	34	浙农 6 号 Zhenong 6	55	开科源新 3 号 Kaikeyuanxin 3
14	绿宝青 Lvbaoping	35	浙农 8 号 Zhenong 8	56	开科源新 12 Kaikeyuanxin 12
15	理想毛早鲜 Lixiangmaozaoxian	36	浙 98015 Zhe 98015	57	辽鲜 1 号 Liaoxian 1
16	早生翠鸟 Zaoshengcuiniaio	37	引豆 9701 Yindou 9701	58	辽鲜 3 号 Liaoxian 3
17	南农 29 Nannong 29	38	292	59	辽豆 15 Liaodou 15
18	南农鲜食-98 Nannongxianshi-98	39	台湾 75-3 Taiwan 75-3	60	首豆 38 Shoudou 38
19	南农 95c-13 Nannong 95c-13	40	成鲜 43 Chengxian 43	61	中科毛豆 1 号 Zhongke 1
20	浙鲜 5 号 Zhexian 5	41	成鲜 53 Chengxian 53	62	中科毛豆 3 号 Zhongke 3
21	翡翠 Feicui	42	晋豆 39 Jindou 39	63	冀青豆 1 号 Jiqingdou 1

1.2 试验设计

田间试验于 2019—2021 年连续 3 年进行,夏播地点为山东省烟台市莱山区院格庄瀑拉谷鲁东大学农学院校外试验基地(121°24"E,37°18"N)进行。该试验地海拔高度 48 m,属温带海洋性季风气候,年活动积温 3 500 ℃以上,全年无霜期 220 d,年均降水量 750 mm,土壤类型为沙壤土。2019 年播种期为 5 月 28 日,2020 年播种期为 5 月 30 日,2021 年播种期为 6 月 2 日。每品种 3 行,行距 30 cm,行长 6 m,重复 3 次,每行 180 粒,出苗后进行定苗,每穴留单株,种植密度 33 万株·hm⁻²。小区采用随机区组排列,3 次重复。田间栽培管理措施参考各地菜用大豆生产技术规程[四川省(区域性)地方标准 DB0121 (<https://dbba.sacinfo.org.cn/stdDetail/f7f9463e2458b4ddbfa991a9e0e20f10acc37c27052894-903e72edf34341ff8d>)]等;福建省地方标准 DB35/T 1281-2012 (<https://dbba.sacinfo.org.cn/stdDetail/95ffde1f2465ad5f3b65dae38b88a05a>)进行。

1.3 测定项目及方法

产品采收和田间取样参考 DB35/T 1281-2012 (<https://www.2wx.com/view-2410142.html>),在荚果鼓粒后期(R6~R7 期),植株 80% 以上豆荚饱满,荚色翠绿时选择晴好的天气进行取样。品种(系)达到采收期进行取样。每小区随机取 10 株,取样当天进行考种。考种项目参考《大豆种质资源描述规范和数据标准》^[13],对株高、节数、分枝数、标准荚数、一粒荚数、虫食荚数、空荚数、单株荚数、单株荚重、干重、鲜重、标准荚长和标准荚宽等农艺性状进行考种。干重的测定采用烘干法,将鲜籽粒置于烘箱 105 ℃杀青 30 min,80 ℃烘干至恒重后称量。小区产量测定取样面积为 1.8 m²(0.6 m×3 m),测定鲜荚产量,换算成公顷产量进行计算。

1.4 数据分析

所有数据采用 Excel 2016 计算各性状的平均值、方差和变异系数,采用 SPSS 19.0 软件进行相关性分析和聚类分析。

灰色关联度分析采用 Excel 2016 软件进行。具体步骤如下:首先计算 667 m²产量与各性状的关联度,并算出各性状的产量权重 W_x(产量权重计算时,将所有性状的关联度值总和定为 1,以各性状关联度值折算相应的权重)。把所有参试品种看成一个灰色系统,每个品种视为该系统的一个因素,取各性状最佳值构造一个理想参考品种,其代号为 K₀。以其各项性能指标构成的数列作为参考数列 X₀,以参试品种的各项性能指标所构成的数列为比较数列。计算理想参考品种与参试品种的等权关联度和加权关联度。计算步骤为,首先对所有性状数据无量纲化处理(均值化);随后根据公式 $\Delta i(k) = |Xi(k) - X_0(k)|$ 计算出绝对差值(其中 k 表示品种代号, $k = 1, 2, 3, \cdots, 63$)。用 Δ_{\min} 表示最小绝对差,用 Δ_{\max} 表示最大绝对差。按以下公式计算关联系数、等权关联度和加权关联度。

$$\text{关联系数 } \zeta_i = \frac{\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}}{\Delta i(k) + \rho \Delta_{\max}} \text{ (分辨系数 } \rho = 0.5)$$
$$\text{等权关联度 } \gamma_i = \frac{1}{N} \sum_{X=1}^N \zeta_i(X)$$

$$\text{加权关联度 } \gamma_i = \sum_{X=1}^N W_X \zeta_i(X)$$

2 结果与分析

2.1 鲜食大豆产量相关农艺性状的遗传变异分析

由表 2 所知,63 个参试大豆品种(系)的 13 个产量相关农艺性状的数据分析结果显示,变异系数在 9.66% ~ 86.53% 之间,平均变异系数 40.79%,说明参试大豆品种(系)各性状变异范围广,也说明参试样品资源丰富。其中标准荚宽和标准荚长变异系数最低,分别为 9.66% 和 10.39%,说明荚宽和荚长受环境因素影响较小。虫食荚变异系数最大,高达 86.53%,63 个参试品种(系)虫食荚率平均值为 4.70 个,最大值为 35.38,最小值为 0.40,说明各参试品种(系)抗病虫害的程度差距较大。单株荚重的变异系数为 52.37%,变异幅度在 47.31 ~ 359.89 g 之间,说明了单株荚重具有较广的遗传变异,后续育成高产品种的潜力很大。

表 2 供试菜用大豆农艺性状的变异

Table 2 Variation of agronomic traits in vegetable soybean for experiments

性状 Trait	极小值 Minimal value	极大值 Maximum value	均值 Mean value	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient variation/%
株高 PH/cm	20.60	111.17	47.29	17.38	36.75
节数 ST	5.33	18.67	10.78	2.49	23.11
有效分枝数 BN	4.71	14.40	8.79	2.14	24.37
空荚数 EPN	2.33	39.97	10.10	7.56	74.90
一粒荚数 OSPN	3.02	52.67	10.04	6.82	67.92
标准荚数 SPN	6.05	85.11	23.89	14.35	60.06
虫荚数 IPN	0.40	35.38	4.70	4.07	86.53
单株荚数 PN	27.78	162.50	63.24	25.67	40.59
单株荚重 PWPP/g	47.31	359.89	118.63	62.12	52.37
鲜重 PW/g	15.27	70.54	54.02	10.89	20.16
干重 FW/g	7.85	28.41	18.37	4.30	23.43
标准荚长 PL/cm	4.16	7.20	5.60	0.58	10.39
标准荚宽 PW/cm	0.77	1.43	1.20	0.12	9.66

注:PH. 株高;ST. 节数;BN. 有效分枝数;EPN. 空荚数;OSPN. 一粒荚数;SPN. 标准荚数;IPN. 虫食荚数;PN. 单株荚数;PWPP. 单株荚重;FW. 鲜重;DW. 干重;PL. 标准荚长;PW. 标准荚宽; * 表示 $P < 0.01$; * 表示 $P < 0.05$ 。下同。

Note:PH. Plant height; NN. Node number of main stem; BN. Effective branching number; EPN. Empty pod number; OSPN. One seed pod number; SPN. Standard pod number; IPN. Insect feeding pod number; PN. Pod number per plant; PWPP. Pod weight per plant; FW. Fresh weight; DW. Dry weight; PL. Standard pod length; PW. Standard pod width; ** and * indicate $P < 0.01$ and $P < 0.05$, respectively. The same below.

2.2 鲜食大豆农艺性状的相关性分析

如表 3 所示,有 27 对性状呈显著或极显著正相关。单株荚重除与株高、虫食荚数、百粒干重、标准荚宽无显著相关性外,与其它 8 个性状均呈显著或极显著正相关。其中与单株荚数的相关性最高,相关系数为 0.84;其次为标准荚数,相关系数为 0.80;同时其它各性状与单株荚重的相关性从高到低依次为一粒荚数(0.58)、标准荚长(0.41)、节数(0.34)、有效分枝数(0.31)、百粒鲜重(0.29)、空荚数(0.25)。尽管节数和鲜重与单株荚重都呈正相

关,但是节数和鲜重之间呈显著负相关。株高与单株荚重表现为无显著相关性,但是株高与节数呈极显著正相关,同时株高也极显著影响标准荚长。因此,各性状之间不同程度的相关性使得产量性状与其他性状之间的关系复杂化,在育种工作中,单从各性状与产量的相关关系将无法从本质上阐述各性状与产量的真实关系。表 3 的分析结果也显示,虫食荚与单株荚重无显著相关性,但是虫食荚数会影响菜用大豆的外观和品质,所以在菜用大豆选育和引种过程中也是不可忽略的性状指标。

表 3 参试菜用大豆各主要产量农艺性状的相关系数

Table 3 Correlation coefficient of agronomic traits in vegetable soybean for trial

性状	株高	节数	有效分枝数	空荚	一粒荚数	标准荚数	虫食荚数	单株荚数	鲜重	干重	标准荚长	标准荚宽
Trait	PH	ST	BN	EPN	OSPN	SPN	IPN	PN	FW	DW	PL	PW
节数 ST	0.58 **											
有效分枝数 BN	-0.05	0.05										
空荚数 EPN	0.13	0.32 *	0.25 *									
一粒荚数 OSPN	-0.07	0.02	0.21	0.05								
标准荚数 SPN	0.24	0.41 **	0.05	0.14	0.31 *							
虫食荚数 IPN	-0.27 *	-0.09	0.04	-0.10	-0.08	0.04						
单株荚数 PN	0.14	0.30 *	0.41 **	0.45 **	0.70 **	0.67 **	0.04					
鲜重 FW	-0.36 **	-0.26 *	0	-0.08	0.17	-0.02	0.17	0.05				
干重 DW	-0.40 **	-0.37 **	-0.02	-0.21	0.19	-0.08	0.11	-0.05	0.82 **			
标准荚长 PL	0.50 **	0.49 **	0.02	0.29 *	-0.05	0.33 **	-0.17	0.25 *	0.10	-0.07		
标准荚宽 PW	-0.19	-0.02	-0.01	0	0.13	-0.20	0.07	0.04	0.46 **	0.33 **	0.29 *	
单株荚重 PWPP	0.12	0.34 **	0.31 *	0.25 *	0.58 **	0.80 **	0.08	0.84 **	0.29 *	0.12	0.41 **	0.10

注：* 和 ** 分别代表 0.05 和 0.01 水平显著相关。

Note: * and ** represent significant corelation at 0.05 and 0.01 level, respectively.

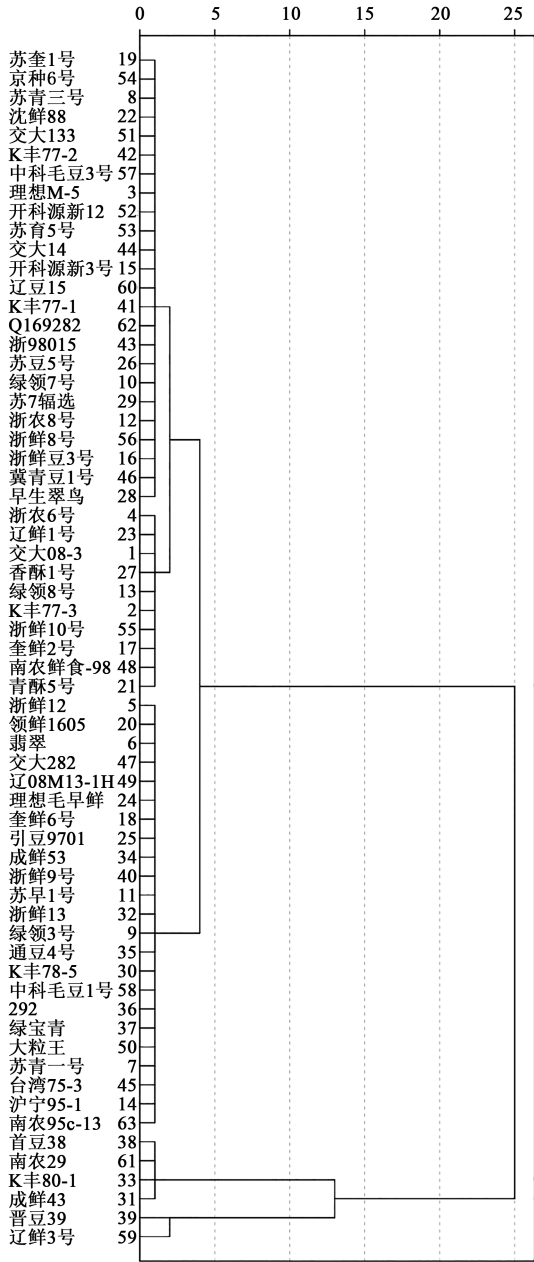


图 参试大豆品种(系)产量聚类分析图

Fig Cluster analysis of yield of tested soybean varieties (lines)

2.3 参试材料产量类型划分

63个参试品种(系)3年小区产量变化趋势稳定。参试品种(系)的平均产量为11 144.34 kg·hm⁻²;其中晋豆39产量最高,达16 109.30 kg·hm⁻²;最低产量品种(系)为苏育5号,产量仅为5 752.21 kg·hm⁻²。将参试大豆品种(系)产量进行系统聚类分析,当阈值等于4时,可将参试大豆品种(系)产量类型分为4种:特高产品种(系)6个,产量14 763.72 kg·hm⁻²;

高产品种(系)23个,产量分布范围为11 654.68 ~ 14 322.52 kg·hm⁻²;中产品种(系)29个,产量分布范围为8 093.44 ~ 10 981.13 kg·hm⁻²;低产品种(系)5个,产量低于7 604.00 kg·hm⁻²(图1)。63个参试品种(系)中,特高产品种(系)和高产品种(系)占46.30%,品种(系)分布广泛,说明胶东烟台地区对于菜用大豆的适应性广,适宜菜用大豆的种植。高产和特高产品种(系)三年产量详见表4。

表4 高产和特高产品种(系)三年产量汇总表
Table 4 Three-year yield summary of high-yield and super-high-yield varieties (lines) 单位:kg·hm⁻²

分类 Type	品种(系) Varieties (lines)	2019	2020	2021	平均 Average
特高产品种(系) Extra high yield varieties (lines)	晋豆 39 Jindou 39	16960.23	16114.95	15252.72	16109.30
	首豆 38 Shoudou 38	16530.85	14403.07	16681.06	15871.66
	辽鲜 3 号 Liaoxian 3	15705.14	16538.68	14871.61	15705.14
	K 丰 80-1 K feng 80-1	14433.19	15021.55	16740.88	15398.54
	南农 29 Nannong 29	14973.00	14127.47	15818.54	14973.00
	成鲜 43 Chengxian 43	14718.34	14671.08	14900.21	14763.21
高产品种(系) High-yield varieties (lines)	交大 282 Jiaoda 282	15998.33	14389.64	12579.57	14322.52
	292	15937.24	13285.33	13032.46	14085.01
	中科毛豆 1 号 Zhongkemaodou 1	13908.65	14417.29	13400.00	13908.65
	辽 08M13-1H Liao 08M13-1H	12377.12	13935.27	15209.62	13840.67
	南农鲜食-98 Nannongxianshi-98	14486.67	14532.00	12370.32	13796.33
	引豆 9701 Yindou 9701	14012.65	13484.85	13748.75	13748.75
	K 丰 78-5 K feng 78-5	13606.41	11907.39	15156.29	13556.70
	浙鲜 9 号 Zhexian 9	13559.28	12314.55	14575.92	13483.25
	大粒王 Daliwang	14244.85	13954.24	12175.47	13458.19
	苏青一号 Suqing 1	13155.87	13484.56	13320.21	13320.21
	浙鲜 12 Zhexian 12	13402.67	12820.82	13111.74	13111.74
	浙鲜 13 Zhexian 13	13630.64	13532.61	11502.57	12888.61
	通豆 4 号 Tongdou 4	13185.71	10200.27	14602.89	12662.96
	理想 M-5 Lixiang M-5	12445.82	12628.88	12537.35	12537.35
	南农 95c-13 Nannong 95c-13	12486.73	12840.12	12133.33	12486.73
	苏 7 辐选 Su 7 fuxian	13179.28	11661.53	12420.40	12420.40
	苏早 1 号 Suzao 1	13127.67	11502.67	12315.17	12315.17
	绿宝青 Lyubaoqing	13075.30	10124.57	13681.69	12293.86
	理想毛早鲜 Lixiangmaozaoxian	10707.38	13369.51	12038.45	12038.45
	领鲜 1605 Lingxian 1605	12160.01	12854.29	10804.66	11939.66
	翡翠 Feicui	12198.29	12356.45	11107.00	11887.25
	成鲜 53 Chengxian 53	13811.19	9892.47	11813.71	11839.12
	沪宁 95-1 Huning 95-1	10567.67	12715.97	11680.40	11654.68

2.4 产量与主要农艺性状的关联度分析

在三年考种数据的基础上,对产量与各性状进行关联度分析,结果显示,参试品种每667 m²产量

与13个性状的关联度在0.912 5到0.782 7之间,表现为单株荚数>单株荚重>鲜重>干重>有效分枝数>标准荚长>标准荚宽>主茎节数>标准

荚数>株高>一粒荚数>空荚数>虫食荚数。单株荚数与产量的关联度最大,是产量的主要决定因素,其次依次为:单株荚重、鲜重、干重、有效分枝数、标准荚长、标准荚宽、主茎节数、标准荚数、株高、一粒荚数、空荚数、虫食荚数(表 5)。

2.5 参试材料的综合表现分析

把所有参试品种(系)的各个性状最优值选出,得到一个优良的理想品种(系)。用理想品种(系)与参试品种(系)进行灰色关联度分析,得到等权关联度和加权关联度如表 6 所示。各品种(系)的等权关联度均在 0.697 3 到 0.467 1 之间,加权关联度在 0.710 5 到 0.476 3 之间,且每个品种两个关联度值差距较小。对等权关联度与加权关联度高低进行评判,关联度最高的品种为辽鲜 3 号,最低的品种为辽鲜 1 号。排列前 7 依次为辽鲜 3 号、晋豆 39、南农 29、辽 08M13-1H、首豆 38、引豆 9701 和南农 95C-13,等权关联度与加权关联度排序结果基本吻合。表明这 7 个品种(系)与理想品种(系)最接近,也表明在利用灰色关联分析筛选选用大豆优良品种(系)的过程中,等权算法与加权算法结果基本吻合,差异较小。

表 5 产量与各性状的等权关联度和产量权重			
Table 5 Equivalent weight correlation degree and yield weight between yield and other agronomic traits			
性状 Trait	等权关联度 Equal weight correlation degree	关联度排序 Relational ranking	产量权重 Yield weight
株高 PH	0.8551	10	0.0761
主茎节数 ST	0.8908	8	0.0792
有效分枝 BN	0.8990	5	0.0800
空荚数 EPN	0.8139	12	0.0724
一粒荚数 OSPN	0.8421	11	0.0749
标准荚数 SPN	0.8555	9	0.0761
虫食荚数 IPN	0.7827	13	0.0696
单株荚数 PN	0.9125	1	0.0812
单株荚重 PWPP	0.9122	2	0.0811
鲜重 FW	0.9084	3	0.0808
干重 DW	0.9009	4	0.0801
标准荚长 PL	0.8977	6	0.0799
标准荚宽 PW	0.8967	7	0.0798

表 6 各菜用大豆品种等权关联度和加权关联度排名									
Table 6 The ranking of equal weight and weighted correlation degree of all vegetable soybean varieties in this study									
品种(系) Varieties(lines)	等权关联度 Equal weight correlation degree	排序 Sort	加权关联度 Weighted correlation degree	排序 Sort	品种(系) Varieties(lines)	等权关联度 Equal weight correlation degree	排序 Sort	加权关联度 Weighted correlation degree	排序 Sort
辽鲜 3 号 Liaoxian 3	0.6973	1	0.7105	1	苏奎 1 号 Sukui 1	0.5371	33	0.5462	35
晋豆 39 Jindou 39	0.6728	2	0.6885	2	青酥 5 号 Qingsu 5	0.5370	34	0.5485	33
南农 29 Nannong 29	0.6410	3	0.6537	3	中科毛豆 1 号 Zhongkemaodou 1	0.5368	35	0.5498	32
辽 08M13-1H Liao 08M13-1H	0.6227	4	0.6343	5	苏豆 5 号 Sudou 5	0.5332	36	0.5434	36
首豆 38 Shoudou 38	0.6178	5	0.6352	4	台湾 75-3 Taiwan 75-3	0.5322	37	0.5431	37
引豆 9701 Yindou 9701	0.6056	6	0.6123	7	南农鲜食-98 Nannongxianshi 98	0.5266	38	0.5358	38
南农 95c-13 Nannong 95c-13	0.6032	7	0.6172	6	绿领 3 号 Lyuling 3	0.5223	39	0.5326	39
292	0.5928	8	0.6032	8	浙鲜 5 号 Zhexian 5	0.5209	40	0.5299	41
K 丰 80-1 K feng 80-1	0.5863	9	0.5968	9	成鲜 43 Chengxian 43	0.5179	41	0.5309	40
交大 282 Jiaoda 282	0.5787	10	0.5910	10	交大 14 Jiaoda 14	0.5144	42	0.5240	42
成鲜 53 Chengxian 53	0.5783	11	0.5873	12	翡翠 Feicui	0.5125	43	0.5237	43

表 6(续)

品种(系) Varieties(lines)	等权关联度 Equal weight correlation degree	排序 Sort	加权关联度 Weighted correlation degree	排序 Sort	品种(系) Varieties(lines)	等权关联度 Equal weight correlation degree	排序 Sort	加权关联度 Weighted correlation degree	排序 Sort
浙鲜 13 Zhexian 13	0. 5781	12	0. 5874	11	K 丰 78-5 K feng 78-5	0. 5103	44	0. 5230	45
浙鲜 8 号 Zhexian 8	0. 5705	13	0. 5821	13	苏 7 辐选 Su 7 Fuxuan	0. 5100	45	0. 5233	44
大粒王 Daliwang	0. 5690	14	0. 5798	14	沈鲜 88 Shenxian 88	0. 5085	46	0. 5187	46
苏青三号 Suqing 3	0. 5671	15	0. 5731	18	浙 98015 Zhe 98015	0. 5081	47	0. 5182	47
领鲜 1605 Lingxian 1605	0. 5660	16	0. 5753	16	苏早 1 号 Suzao 1	0. 5070	48	0. 5182	48
绿领 7 号 Lyuling 7	0. 5658	17	0. 5753	17	沪宁 95-1 Huning 95-1	0. 5058	49	0. 5174	49
浙鲜 9 号 Zhexian 9	0. 5650	18	0. 5771	15	开科源新 3 号 Kaikeyuanxin 3	0. 5055	50	0. 5162	50
浙农 8 号 Zhenong 8	0. 5629	19	0. 5706	21	K 丰 77-3 K feng 77-3	0. 5054	51	0. 5151	51
早生翠鸟 Zaoshengcuiiao	0. 5627	20	0. 5730	19	K 丰 77-2 K feng 77-2	0. 5053	52	0. 5141	52
开科源新 12 Kaikeyuanxin 12	0. 5600	21	0. 5682	22	香酥 1 号 Xiangsu 1	0. 5000	53	0. 5100	53
理想毛早鲜 Lixiangmaozaoxian	0. 5598	22	0. 5727	20	冀青豆 1 号 Jiqingdou 1	0. 4999	54	0. 5098	54
京鲜 6 号 Jingxian 6	0. 5573	23	0. 5675	23	K 丰 77-1 K feng 77-1	0. 4990	55	0. 5087	55
浙鲜 12 Zhexian 12	0. 5549	24	0. 5648	24	交大 08-3 Jiaoda 08-3	0. 4988	56	0. 5057	56
通豆 4 号 Tongdou 4	0. 5479	25	0. 5599	25	奎鲜 2 号 Kuixian 2	0. 4932	57	0. 5038	57
奎鲜 6 号 Kuixian 6	0. 5462	26	0. 5564	26	绿领 8 号 Lyuling 8	0. 4896	58	0. 4995	58
苏青一号 Suqing 1	0. 5444	27	0. 5554	27	浙农 6 号 Zhenong 6	0. 4836	59	0. 4932	59
理想 M-5 Lixiang M-5	0. 5434	28	0. 5542	28	辽鲜 1 号 Liaoxian 1	0. 4832	60	0. 4890	62
绿宝青 Lyubaoqing	0. 5424	29	0. 5535	29	辽豆 15 Liaodou 15	0. 4829	61	0. 4922	60
浙鲜 10 号 Zhexian 10	0. 5414	30	0. 5531	30	中科毛豆 3 号 Zhongkemaodou 3	0. 4801	62	0. 4917	61
浙鲜豆 3 号 Zhexiandou 3	0. 5405	31	0. 5527	31	苏育 5 号 Suyu 5	0. 4671	63	0. 4763	63
交大 133 Jiaoda 133	0. 5388	32	0. 5478	34					

3 讨论

遗传变异系数可以直接反映变异潜力的大小^[14]。本试验采用全国各地 63 个鲜食大豆品种(系)在胶东半岛烟台进行地区适应性种植研究。对 2019—2021 年的 3 年考种数据,13 个农艺性状进行了遗传变异分析,结果发现所有性状的变异系数大小不等,处于 9.66% ~ 86.53% 之间。高变异系数表明参试鲜食大豆品种(系)各性状在胶东半岛所属环境下有着较广的变异范围,为该地区优良品种的培育工作奠定了基础。其中虫食荚数、空荚数、一粒荚数、标准荚数和单株荚重变异系数较大,表明各参试品种(系)抗病虫害的程度以及产量在胶东地区表现出较大差异,说明了上述性状具有较广的遗传变异,后续育成高产品种的潜力很大。

各农艺性状之间有着不同的相关性,了解不同性状间的相关性有利于对各性状做出选择^[15-16]。有关大豆产量与农艺性状的相关性的研究很多,胡国玉等^[17]的研究表明单株产量与单株荚数和有效荚数呈极显性正相关且相关性最高;章建新等^[18]的研究结果同样表明单株产量与单株荚数呈极显性正相关,单株产量与株高、百粒重、呈不显著正相关。本研究对单株荚重与 13 个性状的相关性分析结果为单株产量与节数、一粒荚数、标准荚、单株荚数和标准荚长呈极显著正相关,与分枝数、空荚数和鲜重呈显著正相关;与株高、虫荚、干重和标准荚宽呈不显著正相关,与前人研究结果较一致。说明节数、一粒荚数、标准荚数、单株荚数和标准荚长是产量主要的影响因素,在鲜食大豆育种工作中应该被优先重视。

灰色关联度分析可以量化性状之间的关系程度,具有工作量小、方便简单等优点,在农业生物信息分析方面有着较好的应用效果。在小麦、水稻、玉米等作物的趋势结果分析中,灰色关联度分析法已经体现了其科学、客观、综合性强的特点^[19-21]。本试验结果证明,灰色关联度分析同样适用于鲜食大豆的综合评价。通过对大豆产量和各农艺性状的灰色关联度分析,可将农艺性状分出主次顺序为单株荚数>单株荚重>鲜重>干重>有效分枝数>标准荚长>标准荚宽>主茎节数>标准荚数>株高>一粒荚数>空荚数>虫食荚数。单株荚数与单株荚重对产量的影响最大,这与张辉明、郝瑞莲等人的研究结果相一致^[22-24]。株高与主茎节数产量影响较小,刘明等^[25]对山东间作大豆的研究结果也支持了这一观点。但同时徐淑霞等^[26]在安阳地区的研究发现,株高、单株荚数和单株粒数是产量的主要构成因子^[26],这说明地域气候环境以及光照条件对大豆生长发育影响很大,这也很大程度地影响了大豆的产量。

作为一种生态适应性较窄的农作物,大豆的引种较难成功^[27]。为选出适合在胶东半岛种植的优质鲜食大豆品种,结合 63 个品种(系)的 3 年考种数据,我们选取出各性状的优良数据得到一个理想品种(系),以理想品种(系)为对照,对参试品种(系)进行灰色关联度分析。结果显示 7 个品种(系)的等权关联度和加权关联度超过 0.6,分别为辽鲜 3 号、晋豆 39、南农 29、辽 08M13-1H、首豆 38、引豆 9701 和南农 95C-13。说明这 7 个品种(系)与理想品种(系)最接近,在参试品种(系)中最适合在胶东半岛种植。结合产量进行的系统聚类分析结果,7 个品种(系)的产量在参试品种(系)中处于特高产和高产。而苏育 5 号的加权和等全关联度均低于 0.48,说明这个品种(系)不适合在胶东半岛种植。根据关联度分析结果,63 个大豆品种(系)中最适宜在胶东半岛种植的 7 个品种(系)分别为辽鲜 3 号、晋豆 39、南农 29、辽 08M13-1H、首豆 38、引豆 9701、南农 95C-13;不适宜在胶东半岛种植的 7 个品种(系)分别为苏育 5 号、中科毛豆 3 号、辽豆 15、辽鲜 1 号、浙农 6 号、绿领 8 号、奎鲜 2 号。

4 结论

本研究通过综合考查 63 个鲜食大豆品种(系)连续 3 年的株高、节数、有效分枝数、空荚数、一粒荚数、标准荚数、虫食荚数、单株荚数、单株荚重、鲜重、干重、标准荚长、标准荚宽和产量性状的表现,运用聚类分析和关联度分析,最终从参试品种(系)中筛选出最适合胶东半岛种植的鲜食大豆品种(系)为辽鲜 3 号、晋豆 39、南农 29、辽 08M13-1H、首豆 38、引豆 9701 和南农 95C-13。选育出的这些品种(系)可作为胶东地区高产优质菜用大豆新品种(系)选育的亲本材料加以开发利用。

参考文献

[1] 盖钧镒,王明军,陈长之. 中国毛豆生产的历史渊源与发展[J]. 大豆科学, 2002, 21(1): 8-11. (GAI J Y, WANG M J, CHEN C Z. Historical origin and development of maodou production in China[J]. Soybean Science, 2002, 21(1): 8-11.)

[2] CZAIKOSKI K, LEITE R S, MANDARINO J M G, et al. Canning of vegetable-type soybean in acidified brine Effect of the addition of sucrose and pasteurisation time on color and other characteristics [J]. Industrial Crops and Products, 2013, 45(1): 472-476.

[3] SONG J Y, AN G H, KIM C J. Color, texture, nutrient contents, and sensory values of vegetable soybeans [*Glycine max* (L.) Merrill] as affected by blanching[J]. Food Chemistry, 2003, 83(1): 69-74.

[4] 顾卫红,郑洪基,张燕,等. 菜用大豆的国际需求及科研生产动态[J]. 上海农业学报, 2002, 18(2): 45-48. (GU W H, ZHENG H J, ZHANG Y, et al. Trends in production ,demand and scientific researches on vegetable soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] (at home and abroad) [J]. Acta Agriculturae Shanghai, 2002, 18(2): 45-48.)

[5] 卢长玲. 山东大豆生产潜力及优良品种推广前景分析[J]. 种子科技, 2021, 39 (16): 121-122. (LU C L. Analysis on Potential of soybean production and promotion prospect of excellent varieties in Shandong Province[J]. Seed Technology, 2021, 39 (16): 121-122.)

[6] 刘志远, 金诚谦, 冯玉岗, 等. 菜用大豆收获机械化发展现状[J]. 中国农机化学报, 2021, 42(5): 228-236. (LIU Z Y, JIN C Q, FENG Y G, et al. Current status of soya bean harvest mechanization [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2021, 42(5): 228-236.)

[7] 胡明祥, 于德洋, 孟祥勋, 等. 不同生态区域环境对中国大豆品质的影响[J], 大豆科学, 1990, 9(1): 39-49. (HU M X, YU D Y, MENG X X, et al. The effect of different ecogeographic environment on the seed quality of soybeans in China[J]. Soybean Science, 1990, 9(1): 39-49.)

[8] 陈霞, 刘丽君, 赵贵兴, 等. 不同播期鲜食大豆品种生育特性及品质评价[J]. 大豆科学, 2008, 27(6): 988-992. (CHEN X, LIU L J, ZHAO G X, et al. Development traits and quality of vegetable soybeans under different planting date [J]. Soybean Science, 2008, 27(6): 988-992.)

[9] 陈宏伟, 朱珍珍, 李莉, 等. 鲜食大豆种质资源农艺性状遗传多样性分析[J]. 南方农业, 2019, 13 (29): 177-179, 182. (CHEN H W, ZHU Z Z, LI L, et al. Genetic diversity analysis of agronomic traits of germplasm resources of fresh soybean[J]. South China Agriculture, 2019, 13(29): 177-179, 182.)

[10] 黎松松, 许文静, 张威, 等. 大豆种质资源主要农艺性状的评价与分析[J]. 江苏农业科学, 2021, 49 (19): 35-38. (LI S S, XU W J, ZHANG W, et al. Evaluation and analysis of main agronomic characters of soybean germplasm resources[J]. Jiangsu agricultural Sciences, 2021, 49 (19): 35-38.)

[11] 王燕平, 宗春美, 孙晓环, 等. 东北春大豆种质资源表型分析及综合评价[J]. 植物遗传资源学报, 2017, 18(5): 837-845, 859. (WANG Y P, ZONG C M, SUN X H, et al. Phenotype analysis and comprehensive evaluation on northeast spring soybean resources in Mudanjiang[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2017, 18(5): 837-845, 859.)

[12] 张秋英, 李彦生, 刘长锴, 等. 菜用大豆食用品质关键组分及其积累动态研究[J]. 作物学报, 2015, 41(11): 1692-1700. (ZHANG Q Y, LI Y S, LIU C K, et al. Key components of eating quality and their dynamic accumulation in vegetable soybean varieties [Glycine max (L.) Merr.] [J]. Acta Agronomica Sinica, 2015, 41(11): 1692-1700.)

[13] 邱丽娟, 常汝镇. 大豆种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 2. (QIU L J, CHANG R Z. Specification and data standard of soybean germplasm resources [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2006: 2.)

[14] 李月, 石桃雄, 顾亮亮, 等. 苦荞地方资源子实主要性状的遗传变异研究[J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15(3): 504-510. (LI Y, SHI T X, GU L L, et al. Genetic variation on grain main traits of tartary buckwheat (Fagopyrum tataricum Gaertn.) landraces in China [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2014, 15(3): 504-510.)

[15] 石建斌, 周红, 王宁, 等. 陆地棉纤维品质与主要农艺性状的相关性分析[J]. 江苏农业学报, 2019, 35(4): 770-775. (SHI J B, ZHOU H, WANG N, et al. Correlation analysis between fiber quality and main agronomic traits of upland cotton (Gossypium hirsutum L.) [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2019, 35(4): 770-775.)

[16] 吕玲玲, 李威, 肖熙鹇. 茄子种质资源主要性状评价及其相关性分析[J]. 中国农学通报, 2016, 32(4): 165-170. (LYU L L, LI W, XIAO X O. Evaluation and correlation analysis of eggplant germplasms main characters [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2016, 32(4): 165-170.)

[17] 胡国玉, 张丽亚, 黄志平, 等. 黄淮夏大豆种质资源农艺性状的评价[J]. 大豆科学, 2008, 27(2): 215-220. (HU G Y, ZHANG Y Y, HUANG Z P, et al. Evaluation of Agronomic characters in summer soybean germplasm of Huanghuai region[J]. Soybean Science, 2008, 27(2): 215-220.)

[18] 章建新, 胡根海. 春大豆主要农艺性状的相关分析[J]. 新疆农业科学, 2003, 40(1): 16-19. (ZHANG J X, HU G H. Correlation analysis of the main agronomic characters in spring soybean [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2003, 40(1): 16-19.)

[19] 袁爱梅, 袁建国, 郑跃进, 等. 灰色系统理论在小麦超高产育种中的应用[J]. 麦类作物学报, 2000, 20(1): 70-74. (YUAN A M, YUAN J G, ZHENG Y J, et al. Application of grey system theory on super-high-yield wheat breeding[J]. Journal of Triticeae Crops, 2000, 20(1): 70-74.)

[20] 吴建明, 谢正荣, 沈小妹. 灰色关联度分析法应用于水稻品种综合评判的探索[J]. 种子, 1990, 47(3): 33-35. (WU J M, XIE Z R, SHEN X M. Application of grey relational degree analysis to comprehensive evaluation of rice varieties [J]. Seed, 1990, 47(3): 33-35.)

[21] 吴敏生, 戴景瑞. 灰色系统理论在玉米育种上的综合应用[J]. 华北农学报, 1999, 14(2): 30-35. (WU M S, DAI J R. Application of grey system theory to maize breeding [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 1999, 14(2): 30-35.)

[22] 张辉明, 姜永平, 韩阳瑞. 江苏省鲜食大豆主要数量性状与产量的灰色关联度分析[J]. 江苏农业科学, 2009(1): 187-189. (ZHANG H M, JIANG Y P, HAN Y R. Grey correlation degree analysis of main quantitative characters and yield of fresh soybean in Jiangsu province [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2009(1): 187-189.)

[23] 张富厚, 郑跃进, 王黎明. 河南省夏大豆主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 安徽农业科学, 2006(19): 4842-4843. (ZHANG F H, ZHENG Y J, WANG L M. Grey correlation degree analysis of main agronomic character of soybean varieties in Henan province [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2006(19): 4842-4843.)

[24] 郝瑞莲. 夏大豆主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 大豆通报, 2002(2): 11-12. (HAO R L. Grey relational analysis of main agronomic characters of summer soybean [J]. Soybean Bulletin, 2002(2): 11-12.)

[25] 刘明, 卜伟召, 杨文钰, 等. 山东间作大豆产量与主要农艺性状关联分析[J]. 中国油料作物学报, 2018, 40(3): 344-351. (LIU M, BU W Z, YANG W Y, et al. Correlation analysis of yield and agronomic traits of soybean for intercropping in Shangdong [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2018, 40(3): 344-351.)

[26] 徐淑霞, 李振贵, 张光. 大豆区试产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 大豆科技, 2012(1): 28-30. (XU S X, LI Z G, ZHANG G. Grey relations analysis of yield and agricultural characters for soybean plot trial [J]. Soybean Science and Technology, 2012(1): 28-30.)

[27] YOUNG G, MEBRAHTU T, JOHNSON J. Acceptability of green soybeans as a vegetable entity [J]. Plant Foods for Human Nutrition, 2000, 55(4): 323-333.