



国家区试鲜食春大豆重要农艺性状的演变

赵朝森¹, 赵现伟¹, 杨中路², 何艳琴³, 王瑞珍¹, 曹小新⁴, 万 辉⁵, 郭兵福¹

(1. 江西省农业科学院 作物研究所, 江西 南昌 330200; 2. 中国农业科学院 油料作物研究所, 湖北 武汉 430062; 3. 农业部全国农业技术推广服务中心, 北京 100026; 4. 江西省湖口县流芳农业技术推广综合服务站, 江西 湖口 332517; 5. 江西省南昌市农产品质量安全检测中心, 江西 南昌 330005)

摘 要:为指导鲜食春大豆高产优质新品种的选育与推广,分析了2004-2017年国家区试鲜食春大豆品种的14个重要农艺性状及其演变规律。研究结果显示:国家区试鲜食春大豆品种性状的遗传变异十分丰富,变异系数为5.9%~33.49%,遗传变异系数最大的性状是单株有效鲜荚数,而采青天数、标准二粒荚荚长和荚宽的遗传变异系数较小。随着年度的递进,鲜食春大豆的株型、鲜荚产量、口感、荚型性状获得了逐渐的改良。主成分分析表明,荚数与生育生长、鲜荚产量、株型、荚率、品尝品质和荚型因子是鲜食春大豆性状变异的最主要影响因子。相关性分析显示,鲜荚产量与单株有效分枝数、百粒鲜重、单株鲜荚重、标准二粒荚荚长极显著正相关,与500 g标准荚数极显著负相关,与其余性状相关性不显著。A级口感率与采青天数、株高、主茎节数、单株有效荚数等性状极显著负相关。因此,鲜食春大豆品种选育时,应注重分枝多、粒大荚长而饱满的亲本组配及后代选择,协调荚型、株型和生育期的改良,从而选育出高产优质鲜食春大豆新品种。

关键词:鲜食春大豆;农艺性状;产量;品质;演变

Evolution of Important Agronomic Traits of Vegetable Spring Soybean Varieties Attending National Regional Test

ZHAO Chao-sen¹, ZHAO Xian-wei¹, YANG Zhong-lu², HE Yan-qin³, WANG Rui-zhen¹, CAO Xiao-xin⁴, WAN Hui⁵, GUO Bing-fu¹

(1. Institute of Crop Science, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China; 2. Oil Crops Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430062, China; 3. National Agricultural Technology Extension Center, Agriculture Ministry, Beijing 100026, China; 4. Liufang Agricultural Technical Service Station, Hukou 332517, China; 5. Agricultural Product Quality and Safety Testing Center of Nanchang, Nanchang 330005, China)

Abstract: In order to guide the breeding and promotion of high yield and high quality new varieties of vegetable spring soybean, the variety test data of vegetable spring soybeans from 2004 to 2017 in the national region were analyzed, and the evolution rules of 14 important agronomic traits of vegetable spring soybean varieties were studied. The results showed that there were abundant genetic variations in the traits of the national trial vegetable spring soybean varieties, with the variation coefficient between 5.9% and 33.49%. With the progress of the year, the plant type, fresh pod yield, taste and pod trait of vegetable spring soybean were improved gradually. The principal component analysis showed that fresh pod number and growth, fresh pod yield, plant type, pod rate, taste quality and pod type factor were the most important factors influencing the variation of vegetable spring soybean. The results showed that fresh pod yield was positively correlated with the effective branches per plant, 100 fresh seeds weight, fresh pod weight per plant and standard pod length, and negatively correlated with 500 g standard pod number, but not significantly correlated with other traits. The grade A taste quality rate was negatively correlated with fresh pod harvested days, plant height, nodes on main stem and effective branches per plant. Therefore, in the selection and breeding of vegetable spring soybean varieties, attention should be paid to the combination of parents with many branches, long and full seed pods and the selection of offspring, so as to coordinate the improvement of pod type, plant type and growth trait, and thus to select new varieties of high yield and high quality vegetable spring soybean.

Keywords: Vegetable spring soybean; Agronomic trait; Yield; Quality; Evolution

鲜食大豆也称为菜用大豆,俗称毛豆,系鼓粒青供蔬菜食用的大豆,属大豆的专用品种。广义上说,也包括菜用或休闲用的成熟有色豆籽粒,是一

收稿日期:2018-12-17
基金项目:国家重点研发计划(2016YFD0100201);国家现代农业产业技术体系(CARS-04-CES27);公益性行业科技专项子项目(201503122-14)。
第一作者简介:赵朝森(1978-),男,硕士,助理研究员,主要从事大豆遗传育种与栽培研究。E-mail:zcssoybean@163.com。
通讯作者:王瑞珍(1958-),女,研究员,主要从事大豆遗传育种和栽培技术与推广。E-mail:dadouzu@163.com。

种重要的豆类蔬菜,但不同于常说的“菜豆”^[1]。鲜食大豆肉质细糯,有甜味,易煮,口感好,品质优,营养丰富,是一种高营养食物,深受广大民众的喜爱。20 世纪 80 年代后,我国南方诸省鲜食大豆发展迅速,主产区浙江、福建、江苏、四川、安徽等地区,每年鲜食大豆栽培面积达到 15 万~20 万 hm²,平均鲜荚产量为 5 025 kg·hm⁻²,已经成为对外出口创汇的主要基地。经过 20 多年的努力,我国鲜食大豆科研生产取得了长足发展,国内许多学者针对鲜食大豆展开了多方面的研究。朱申龙等^[2-5]分别对各自选育的鲜食大豆新品种及其配套栽培技术进行了阐述;陈永杰等^[6-8]研究了不同种植密度下鲜食大豆的农艺性状、产量及其品质的变化;姜永平等^[9-11]对鲜食大豆的农艺性状进行了遗传变异、遗传距离估算和主成分分析、通径分析等相关性研究;汪自强等^[12]对影响鲜食大豆食味品质的因素进行分析并提出了评价指标。这些研究在指导我国鲜食大豆育种实践起到了积极意义。

国家鲜食春大豆区域,北至辽宁省南达海南省,横跨我国 15 个省市,地域覆盖范围广。然而,针对国家区试鲜食春大豆参试品种的农艺、经济、产量及其品质性状等性状遗传演变规律的研究未见有报道。本研究旨在通过研究 2004–2017 年国家区试鲜食春大豆参试品种的重要农艺性状的遗传演变规律及其相关性,揭示各农艺性状影响产量的原因及其相对重要性,以期为指导鲜食大豆品种选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

数据来源于 2004–2017 年的国家鲜食大豆春播组品种试验田间调查和室内考种结果。

表 1 2004–2017 年国家区试鲜食春大豆参试品种及品种审定情况

Table 1 The varieties of vegetable spring soybean group in national regional test from 2004 to 2017

年份 Year	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	合计 Total
参试品种数 No. of varieties	11	11	4	7	9	10	11	9	6	9	8	7	7	7	116
报审品种数 No. of released varieties	1	1	1	1	1	1	3	0	1	0	0	0	0	1	11

2.2 性状的遗传变异

从表 2 可见,单株有效鲜荚数变异系数最大,高达 33.49%,平均 20.8 个,变幅 13.6~69.4 个;其次是 A 级口感率、株高、单株有效分枝数,遗传变异系数分别为 31.94%、26.62%、25.79%;而 500g 标准荚数、主茎节数、百粒鲜重、单株鲜荚重的遗传变异系数为 10%~20%,分别为 16.15%、13.32%、

1.2 方法

分析的主要性状为鲜食春大豆品种的农艺、产量、品质及其相关性状,分别为:采青天数、株高、主茎节数、单株有效分枝数、单株有效鲜荚数、多粒荚率、单株鲜荚重、鲜荚产量、500 g 标准荚数、标准二粒荚荚长、标准二粒荚荚宽、百粒鲜重、标准荚率、A 级口感率。性状的调查记载按国家菜用(鲜食)大豆品种区域试验调查记载项目及标准执行。

1.3 数据分析

应用 Excel 2007 对数据进行整理,利用 SPSS Statistics 19 软件对鲜食春大豆性状进行遗传变异分析、方差分析和 LSD 多重比较,以及主成分分析与相关性分析。

2 结果与分析

2.1 2004–2017 年国家级鲜食春大豆品种的育种成效

2004–2017 年的 14 年间,参加国家鲜食春大豆品种区试的鲜食春大豆新品种数达到 116 个,申报国家审定的品种数 11 个,这些新品种为我国鲜食大豆产业发展作出了重大贡献(表 1)。14 年间,年平均参试品种数 8.3 个,年平均审定品种数 0.79 个,审定品种数与参试品种总数的比率为 9.5%。这些鲜食春大豆参试品种来自河北省(1/1;单位数/品种数,下同)、云南省(1/1)、贵州省(2/2)、湖北省(1/2)、福建省(2/3)、山西省(1/3)、黑龙江省(2/6)、江苏省(3/13)、上海市(3/20)、浙江省(3/29)、辽宁省(8/36),共 11 个省市 27 家育种单位(数据未列入表 1 中)。其中江苏、上海、浙江和辽宁 4 个省市共计 17 家育种单位选育了 98 个鲜食春大豆新品种参加国家区试,占参试品种总数的 84.5%,是鲜食大豆育种大省。

12.85%、12.84%;鲜荚产量、采青天数、标准荚率、多粒荚率、标准二粒荚荚长、标准二粒荚荚宽的遗传变异系数较小,分别为 9.13%、7.26%、7.2%、6.71%、6.39%、5.9%,均<10%。以上分析表明,国家区试鲜食春大豆品种 14 个重要农艺性状存在丰富的遗传变异。

表 2 2004 – 2017 年国家区试鲜食春大豆的农艺性状的遗传变异

Table 2 The variation of the agronomic traits of vegetable spring soybean varieties in national regional test from 2004 to 2017

性状 Trait	最小值 Minimum	最大值 Maximum	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation/%
采青天数 FPHD/d	75.0	103.0	84.9	6.16	7.26
株高 PH/cm	25.2	85.7	40.2	10.69	26.62
主茎节数 NOMS	7.5	14.5	9.5	1.27	13.32
单株有效分枝数 EBPP	0.8	3.1	2.1	0.53	25.79
单株有效鲜荚数 EFPPP	13.6	69.4	20.8	6.96	33.49
多粒荚率 MSPR/%	55.0	80.5	68.4	4.60	6.71
单株鲜荚重 FPWPP/g	28.7	54.4	42.4	5.45	12.84
鲜荚产量 FPY/(kg·hm ⁻²)	8458.5	13654.5	11315.6	68.80	9.13
500 g 标准荚数 SPN	147.0	400.0	192.5	31.09	16.15
标准二粒荚荚长 SPL/cm	4.1	6.1	5.2	0.34	6.39
标准二粒荚荚宽 SPW/cm	1.0	1.5	1.3	0.08	5.90
百粒鲜重 FSW/g	35.6	84.7	69.9	8.98	12.85
标准荚率 SPR/%	53.9	82.4	69.3	4.99	7.20
A 级口感率 GATQR/%	11.8	88.9	55.8	17.83	31.94

FPHD:Fresh pod harvested days; PH:Plant height; NOMS:Nodes on main stem; EBPP:Effective branches per plant; EFPPP:Effective fresh pods per plant; MSPR:Multiple seed pod rate; FPWPP:Fresh pod weight per plant; FPY:Fresh pod yield; SPN:500 g standard pod number; SPL:Standard pod length; SPW:Standard pod width; FSW:100 fresh seeds weight; SPR:Standard pod rate; GATQR:Grade A taste quality rate. The same below.

2.3 主要农艺性状的变化规律分析

2004 – 2017 年 14 年间,参加国家区试的鲜食春大豆品种的主要农艺性状年度间的变化差异十分显著(表 3)。采青天数,2013 年最小,平均值为 80.1 d,2010 年最大,平均值为 94 d,两者相差了 13.9 d,差异极显著;随着年度的递增,采青天数先小幅下降后逐步增加到最大值,然后大幅下降至最小值后又小有增加,总体上呈逐渐下降的趋势。株高,2006 年最小,平均值为 34.9 cm,2009 年最大,平均值为 49.2 cm,两者相差了 14.3 cm,差异十分显著;随着年度的递进,株高先小波浪升降,然后大波浪升降,再小波浪升降,总体上呈波浪式变化的趋势。主茎节数,2005 年最小,而 2009 年最大,平均值分别为 8.7 和 10.6 个,差异极显著;随着年度的递进,主茎节数呈现先降后升再下降的趋势。单株有效分枝数,2005 年平均为 1.6 个,而 2016 年平均为 2.6 个,差异极显著;随着年度的递进,单株有效分枝数总体上呈增加的趋势。单株有效鲜荚数,2005 年平均为 16.1 个荚,而 2008 年平均为 36.5 个荚,差异极显著;随着年度的递进,单株有效鲜荚数先下降到最小值后逐步上升到最大值,然后大幅下降后维持在一个水平上小幅波动变化,总体上呈缓慢下降的趋势。多粒荚率,2017 年最小为 65.4%,2013 年最大为 71.5%,差异显著;随着年度的递增,多粒荚率呈现出“降 – 升 – 降 – 升 – 降”的变化规

律,总体上呈下降的趋势。500 g 标准荚数,2014 年最小为 169.3 个荚,2004 年最大为 220.2 个荚,差异显著;随着年度的递进,500 g 标准荚数呈先降后增再逐步下降的变化规律,总体上呈现逐步下降的趋势。以上分析表明,单株有限分枝数随年度的递进总体上呈增加的变化趋势,而采青天数、单株有效鲜荚数、多粒荚率、500 g 标准荚数总体上呈逐渐下降的变化趋势,株高、主茎节数呈波浪式的变化趋势。

2.4 产量及其品质性状的变化规律分析

方差分析与多重比较表明,2004 – 2017 年 14 年间,国家区试鲜食春大豆的鲜荚产量、单株鲜荚重、百粒鲜重、标准荚率、标准二粒荚荚长和荚宽年份间的差异十分显著,而 A 级口感率年份间无差异(表 4)。鲜荚产量,2004 年最小为9 802.5 kg·hm⁻²,2016 年最大为 12 648.0 kg·hm⁻²,差异极显著;随着年度的递进,鲜荚产量先上升到一个新高点后下降再缓慢上升,总体上呈现逐渐增加的趋势。单株鲜荚重,2005 年为最小 34.8 g,2017 年为最大 48.2 g,差异极显著;随着年度的递进,单株鲜荚重呈现出波浪式缓慢增加的趋势。百粒鲜重,2007 年为最小 61.7 g,2016 年为最大 80.2 g,两者差异十分显著;随着年度的递进,百粒鲜重呈现波浪式缓慢增加的趋势。标准荚率,2001 年最小为 62.8%,2013 年最大为 76.5%,差异十分显著;标准荚率随年度递进

的变化趋势不明显。A 级口感率,2007 年最小为 42.8%,2017 年最大为 63.9%,但无差异;随着年度的递进 A 级口感率呈波浪式变化,总体上呈缓慢上升的趋势。标准二粒荚荚长,2004 年为 5.0 cm,2016 年为 5.6 cm,两者差异极显著;随着年度的递进,标准二粒荚荚长呈波浪式增长的趋势。标准二

粒荚荚宽,2004 年为 1.27 cm,2016 年为 1.37 cm,两者差异极显著;随着年度的递进,标准二粒荚荚宽呈波浪式曲折的变化,总体上呈增宽的趋势。可见,随着年度的推进,国家区试鲜食春大豆品种的鲜荚产量、口感、荚型性状获得了逐渐的改良。

表 3 2004 – 2017 年国家区试鲜食春大豆主要农艺性状的变化情况

Table 3 Changes of main agronomic traits of vegetable spring soybean varieties in national regional test from 2004 to 2017

年份 Year	采青天数 FPHD/d			株高 PH/cm			主茎节数 NOMS			单株有效分枝数 EBPP			单株有效鲜荚数 EFPPP			多粒荚率 MSPR/%			标准荚数 SPN		
	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean
2004	79.0	98.0	82.5 cd	25.2	68.3	35.1 bc	7.8	14.2	9.2 abc	1.5	2.8	1.8 bcd	13.6	39.5	19.6 c	57.8	79.2	68.3 ab	194	400	220.2 a
2005	76.0	88.0	80.8 d	27.8	46.5	36.2 bc	8.0	9.6	8.7 c	0.9	1.9	1.6 d	13.8	19.4	16.1 c	62.3	70.4	66.8 ab	181	207	194.7 ab
2006	84.0	91.0	88.3 b	32.1	38.7	34.9 c	8.4	9.2	8.9 c	2.0	2.5	2.2 abc	21.0	22.2	21.7 c	66.1	71.5	68.0 ab	188	207	196.3 ab
2007	81.0	90.0	87.1 bc	25.2	48.7	39.4 abc	7.5	11.1	9.6 abc	1.0	2.8	2.1 abcd	23.4	31.1	25.6 b	65.2	76.6	70.3 ab	187	288	214.7 a
2008	84.0	100.0	89.8 ab	25.3	66.1	45.1 abc	7.7	13.3	9.7 abc	2.0	2.5	2.3 abc	24.3	69.4	36.5 a	62.8	72.3	68.2 ab	182	288	219.9 a
2009	83.0	99.0	90.8 ab	32.4	85.7	49.2 a	8.9	14.0	10.6 a	0.8	3.1	1.9 bcd	14.9	26.9	19.2 c	61.1	79.6	70.4 ab	170	280	197.3 ab
2010	83.0	103.0	94.0 a	33.6	81.7	47.4 ab	8.6	14.5	10.5 ab	1.2	3.0	2.0 bcd	15.8	25.7	19.1 c	63.3	80.5	70.2 ab	173	222	192.6 ab
2011	75.0	86.0	81.3 d	35.4	44.0	40.2 abc	9.1	10.7	9.6 abc	1.7	3.0	2.1 abcd	16.7	25.9	19.6 c	60.9	71.9	65.8 b	162	195	174.9 b
2012	76.0	85.0	80.7 d	27.9	40.9	35.2 bc	8.2	9.8	9.0 c	1.6	2.7	1.9 bcd	15.7	24.2	18.4 c	63.9	70.8	67.4 ab	156	214	177.2 b
2013	75.0	86.0	80.1 d	30.3	50.1	38.8 abc	7.8	11.0	9.4 abc	0.9	2.6	1.7 cd	16.4	24.1	19.7 c	63.3	79.1	71.5 a	173	234	192.2 ab
2014	76.0	85.0	81.9 d	28.8	43.9	35.6 bc	8.3	9.7	9.0 bc	2.2	3.0	2.5 a	16.3	22.8	18.9 c	65.1	75.4	70.5 ab	147	183	169.3 b
2015	79.0	88.0	83.4 cd	26.4	51.6	37.8 abc	8.9	11.7	9.9 abc	1.6	2.9	2.3 ab	14.9	20.0	18.3 c	62.5	71.5	67.5 ab	148	189	173.6 b
2016	80.0	89.0	82.6 cd	33.3	57.1	42.2 abc	8.7	10.9	9.3 abc	2.0	3.0	2.6 a	17.3	21.2	18.4 c	55.0	73.5	66.6 ab	163	187	171.6 b
2017	78.0	89.0	82.9 cd	30.6	55.3	39.3 abc	8.6	11.4	9.7 abc	1.4	3.0	2.5 a	18.4	23.3	21.4 c	59.2	72.4	65.4 b	167	191	181.1 b

不同小写字母表示 $P < 0.05$ 水平差异显著。下同。
Different lowercase indicates significant difference at $P < 0.05$ level. The same below.

表 4 2004 – 2017 年国家区试鲜食春大豆产量及品质性状的变化情况

Table 4 Changes of yield and quality traits of vegetable spring soybean varieties in national regional test from 2004 to 2017

年份 Year	鲜荚产量 FPY/(kg·hm ⁻²)			单株鲜荚重 FPWPP/g			百粒鲜重 FSW/g			标准荚率 SPR/%			A 级口感率 GATQR/%			标准二粒荚荚长 SPL/cm			标准二粒荚荚宽 SPW/cm		
	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean
2004	9013.5	10326.0	9802.5 e	28.7	41.8	35.5 ef	35.6	70.2	62.4 fg	65.6	78.1	69.5 bcd	23.1	78.6	56.4 a	4.1	5.0	5.0 f	1.0	1.5	1.27 c
2005	8458.5	11784.0	9946.5 e	31.0	41.7	34.8 f	60.3	70.7	66.0 efg	61.8	77.8	69.7 bcd	23.5	82.4	55.9 a	4.9	5.4	5.1 ef	1.3	1.5	1.34 abc
2006	11160.0	12256.5	11688.0 bed	38.9	42.0	40.5 cd	65.9	70.1	67.7 defg	66.0	72.9	69.7 bcd	53.8	60.0	58.5 a	5.0	5.2	5.2 cdef	1.3	1.3	1.30 abc
2007	10977.0	13654.5	12165.0 ab	39.2	48.4	43.3 bc	45.9	69.9	61.7 g	66.8	78.2	72.5 ab	16.6	61.1	42.8 a	4.9	5.3	5.1 ef	1.2	1.3	1.27 c
2008	10356.0	11878.5	11131.5 cd	35.1	43.0	38.9 de	47.5	74.2	64.6 efg	63.3	76.5	67.7 bcd	15.8	84.2	55.5 a	4.5	5.8	5.1 def	1.2	1.4	1.30 abc
2009	9999.0	12346.5	11076.0 d	36.5	49.1	42.7 bcd	41.8	77.0	65.7 efg	66.3	75.9	70.7 bcd	15.8	84.2	53.7 a	4.9	5.7	5.3 abcdef	1.1	1.4	1.28 bc
2010	10395.0	12894.0	11661.0 bed	33.7	51.0	43.0 bc	50.9	77.5	68.5 defg	60.0	74.7	67.1 bcd	26.3	84.2	55.5 a	4.8	5.7	5.2 bcdef	1.1	1.4	1.27 c
2011	10620.0	13140.0	11598.0 bed	40.5	52.0	46.0 ab	70.3	84.4	77.5 abc	53.9	69.0	62.8 e	38.9	88.9	63.0 a	5.1	6.1	5.5 abc	1.3	1.4	1.37 a
2012	10686.0	12046.5	11467.5 bed	39.0	49.0	44.4 ab	67.0	81.7	75.6 abcd	60.0	75.5	66.3 de	47.1	70.6	55.9 a	5.0	6.0	5.5 ab	1.3	1.4	1.35 abc
2013	10683.0	12780.0	11685.0 bed	37.4	45.4	41.8 cd	50.5	79.7	70.4 cdef	71.7	82.4	76.5 a	11.8	76.5	48.4 a	5.0	5.9	5.4 abcde	1.2	1.4	1.29 abc
2014	11145.0	12490.5	11929.5 abc	45.4	54.4	48.0 a	72.0	84.7	78.7 ab	61.4	75.5	68.5 bcd	27.8	88.9	51.4 a	5.0	5.8	5.4 abcd	1.3	1.4	1.36 ab
2015	11034.0	12264.0	11697.0 bed	42.4	52.2	46.3 ab	67.6	81.5	74.3 abcd	64.1	71.2	68.4 bcd	50.0	75.0	61.4 a	4.9	5.6	5.2 bcdef	1.3	1.4	1.34 abc
2016	12165.0	13161.0	12648.0 a	43.2	48.8	46.5 ab	72.6	83.6	80.2 a	68.2	74.9	71.8 bc	44.4	72.2	61.9 a	5.2	5.8	5.6 a	1.3	1.4	1.37 a
2017	10672.5	11973.0	11431.5 bed	43.8	52.3	48.2 a	68.8	77.1	71.9 bcd	66.2	72.8	68.9 bcd	42.2	76.5	63.9 a	4.9	5.8	5.2 bcdef	1.2	1.4	1.30 abc

2.5 性状的主成分分析

对 2004 – 2017 年国家区试鲜食春大豆的 14 个农艺性状进行主成分分析,得到 14 个性状遗传相关矩阵的特征根和对应的特征向量,而前 6 个特征根在 14 个特征根中累计贡献率达 85.96% (表 5),基本能反映全部特征。因此,本文以前 6 个主成分代替 14 个主成分进行分析。第一主成分中,对其正向贡献率最大的性状是 500 g 标准荚数,其次是主茎节数、株高、单株有效鲜荚数、采青天数,而负向贡献率最大的性状为百粒鲜重,其次是标准二粒荚荚宽、A 级口感率、标准二粒荚荚长;鲜食春大豆 500 g 标准荚数越大,则百粒鲜重越轻、标准二粒荚荚长和荚宽缩短,株高越高则主茎节数相应增加,从而使单株有效鲜荚数增加,采青天数的延长能使鲜食春大豆的营养和生殖生长延长,使鲜食春大豆的株高、主茎节数、单株有效鲜荚数相应增长,因此第一主成分可以称为荚数与生育生长因子。第二主成分中,对其正向贡献率最大的性状是单株鲜荚重,其次是鲜荚产量、标准二粒荚荚长、单株有效分枝数、主茎节数和采青天数,而负向贡献率大的性状

是 500 g 标准荚数,可见第二主成分可称为鲜荚产量因子。第三主成分中,正向贡献率最大的性状是单株有效分枝数,其次是单株有效鲜荚数、鲜荚产量;负向贡献率最大的性状是株高,其次是标准二粒荚荚长、主茎节数,鲜食春大豆有效分枝数的增加能增加单株有效鲜荚数和鲜荚产量,但会降低株高和减少主茎节数,所以第三主成分可称为株型因子。第四主成分中,正向贡献率最大的性状是标准荚率,其次是多粒荚率、鲜荚产量;而负向贡献率最大的性状是采青天数,因此第四主成分为荚率因子,采青天数延长影响鲜荚产量的提高。第五主成分中,正向贡献率大的性状是 A 级口感率、标准荚率和单株有效鲜荚数,因此第五主成分可称为品尝品质因子。第六主成分中,正向贡献率大的性状是标准二粒荚荚长、单株有效鲜荚数、标准二粒荚荚宽,而负向贡献率大的性状是采青天数和 A 级口感率,因此第六主成分为荚型因子。以上分析表明,荚数与生育生长、鲜荚产量、株型、荚率、品尝品质和荚型因子是鲜食春大豆性状变异的最主要影响因子。

表 5 入选主成分的特征根及特征向量

性状 Trait	主成分 Principle factor					
	Pr1	Pr2	Pr3	Pr4	Pr5	Pr6
采青天数 FPHD	0.609	0.412	-0.243	-0.393	0.004	-0.269
株高 PH	0.687	0.396	-0.490	-0.091	0.114	0.183
主茎节数 NOMS	0.751	0.425	-0.351	-0.128	0.043	-0.024
单株有效分枝数 EBPP	-0.044	0.444	0.782	-0.234	0.037	-0.041
单株有效鲜荚数 EFPPP	0.659	0.178	0.363	-0.281	0.209	0.353
多粒荚率 MSPR	0.604	0.121	-0.040	0.566	-0.062	-0.163
单株鲜荚重 FPWPP	0.005	0.915	0.110	0.133	-0.075	0.012
鲜荚产量 FPY	-0.157	0.826	0.254	0.194	0.018	-0.145
500 g 标准荚数 SPN	0.852	-0.296	0.227	-0.140	0.114	0.098
标准二粒荚荚长 SPL	-0.560	0.480	-0.366	0.149	0.037	0.357
标准二粒荚荚宽 SPW	-0.836	0.067	0.017	-0.095	-0.053	0.283
百粒鲜重 FSW	-0.847	0.330	-0.053	0.083	0.059	-0.073
标准荚率 SPR	0.454	-0.113	0.169	0.731	0.334	0.098
A 级口感率 GATQR	-0.674	-0.030	-0.150	-0.183	0.640	-0.213
特征根值 Eigenvalue	5.35	2.72	1.49	1.31	0.61	0.56
贡献率 Contribution rate/%	38.22	19.40	10.60	9.38	4.36	3.99
累积贡献率 Accumulative contribution rate/%	38.22	57.62	68.22	77.60	81.97	85.96

2.6 性状的相关性分析

从表6可知,采青天数与株高、主茎节数、单株有效鲜荚数、多粒荚率、500 g标准荚数极显著正相关,与单株鲜荚重显著正相关,与百粒鲜重、A级口感率、标准二粒荚荚宽极显著负相关。株高与主茎节数、单株有效鲜荚数、多粒荚率、500 g标准荚数、单株鲜荚重极显著正相关,与标准荚率显著正相关,与百粒鲜重、A级口感率、标准二粒荚荚宽极显著负相关,与单株有效分枝数显著负相关。主茎节数与单株有效鲜荚数、多粒荚率、500 g标准荚数、单株鲜荚重极显著正相关,与百粒鲜重、A级口感率、标准二粒荚荚宽极显著负相关。单株有效分枝数与单株有效鲜荚数、鲜荚产量、单株鲜荚重极显著正相关。单株有效鲜荚数与多粒荚率、500 g标准荚数极显著正相关,与标准荚率显著正相关,而与百粒鲜重、A级口感率、标准二粒荚荚长和荚宽极显著负相关。多粒荚率与500 g标准荚数、标准荚率极显著正相关,而与百粒鲜重、A级口感率、标准二粒

荚荚宽极显著负相关。500 g标准荚数与标准荚率极显著正相关,而与鲜荚产量、百粒鲜重、A级口感率、单株鲜荚重、标准二粒荚荚长和荚宽极显著负相关。标准荚率与百粒鲜重、A级口感率、标准二粒荚荚长和荚宽极显著负相关。鲜荚产量与单株有效分枝数、百粒鲜重、单株鲜荚重、标准二粒荚荚长极显著正相关,而与500 g标准荚数极显著负相关,与其余性状相关性不显著。百粒鲜重与A级口感率、单株鲜荚重、标准二粒荚荚长和荚宽极显著正相关。A级口感率与标准二粒荚荚长和荚宽极显著正相关。单株鲜荚重与标准二粒荚荚长极显著正相关。标准二粒荚荚长与标准二粒荚荚宽极显著正相关。以上分析表明,鲜食春大豆单株有效分枝数、百粒鲜重、标准二粒荚荚长的改良,促进了单株鲜荚重的增加,进而提高鲜荚产量。采青天数、株高、主茎节数、单株有效荚数、多粒荚率、500 g标准荚数、标准荚率影响A级口感率的提高,从而影响鲜食春大豆的口感品尝品质。

表6 2004–2017年国家区试鲜食春大豆性状的相关关系

Trait	FPHD	PH	NOMS	EBPP	EFPPP	MSPR	SPN	SPR	FPY	FSW	GATQR	FPWPP	SPL
PH	0.655 **	1											
NOMS	0.688 **	0.879 **	1										
EBPP	0.059	-0.185 *	-0.060	1									
EFPPP	0.435 **	0.410 **	0.439 **	0.296 **	1								
MSPR	0.296 **	0.354 **	0.404 **	-0.090	0.251 **	1							
SPN	0.363 **	0.404 **	0.448 **	0.078	0.625 **	0.391 **	1						
SPR	-0.075	0.197 *	0.166	-0.100	0.196 *	0.517 **	0.380 **	1					
FPY	0.180	0.045	0.081	0.431 **	0.077	0.064	-0.362 **	0.026	1				
FSW	-0.389 **	-0.412 **	-0.460 **	0.122	-0.509 **	-0.412 **	-0.857 **	-0.347 **	0.387 **	1			
GATQR	-0.279 **	-0.366 **	-0.410 **	-0.012	-0.394 **	-0.452 **	-0.507 **	-0.314 **	0.025	0.570 **	1		
FPWPP	0.211 *	0.294 **	0.377 **	0.460 **	0.122	0.136	-0.266 **	-0.017	0.733 **	0.276 **	-0.098	1	
SPL	-0.161	-0.008	-0.175	-0.034	-0.351 **	-0.162	-0.626 **	-0.264 **	0.345 **	0.580 **	0.367 **	0.383 **	1
SPW	-0.434 **	-0.493 **	-0.596 **	0.088	-0.415 **	-0.514 **	-0.694 **	-0.408 **	0.148	0.689 **	0.484 **	0.004	0.515 **

**和*分别表示在P<0.01和P<0.05水平下相关性极显著和显著。
** and * indicate extremely significant and significant correlation at P<0.01 and P<0.05 level, respectively.

3 讨论

性状的遗传变异越丰富,后代选择的潜力越大。王素等^[13]的研究表明菜用大豆的生育期和株高等性状遗传力偏高,产量和产量组成性状遗传力偏低;单株产量、单株荚数的遗传变异系数很大,其

遗传进度的值也较大;生育期的遗传变异系数小,遗传进度也小。韩立德等^[14]的研究表明百荚鲜重、百粒鲜重遗传变异系数较大,遗传力较高,选择潜力较大;荚长、荚厚、荚宽的遗传变异系数、遗传力中等。本研究中,国家区试鲜食春大豆性状的遗传变异系数为5.90%~33.49%,说明国家区试鲜食

春大豆品种遗传变异十分丰富,反映参试品种来源广泛,同时也说明大豆育种家通过几十年的努力,鲜食春大豆品种的遗传基础获得了拓宽。单株有效鲜荚数、A 级口感率、株高、单株有效分枝数的遗传变异系数较大,这些鲜食春大豆株型和品尝品质的性状,遗传改良的潜力大;500 g 标准荚数、主茎节数、百粒鲜重、单株鲜荚重的遗传变异中等,这些涉及籽粒和单株生产力的性状遗传改良潜力也比较大;鲜荚产量、采青天数、标准荚率、多粒荚率、标准二粒荚荚长和宽,这些鲜荚产量、采收期和荚型性状的遗传变异小,改良的难度大。

鲜荚产量是一个复杂的数量性状,是其它产量构成性状的综合表现,直接影响鲜食春大豆的种植比较经济效益。王学军等^[10]、武天龙等^[15]、张辉明等^[16]认为鲜食夏大豆品种选育过程中,应当选择粒荚性状如鲜粒产量、百粒鲜重较高的品种。本研究发现,荚数与生育生长、鲜荚产量、株型、荚率、品尝品质和荚型因子是鲜食春大豆性状变异的最主要影响因子。相关分析表明,鲜荚产量与单株有效分枝数、百粒鲜重、标准二粒荚荚长、单株鲜荚重极显著正相关,与 500 g 标准荚数极显著负相关,而与采青天数、株高、主茎节数、单株有效鲜数等性状正相关但不显著。随着鲜食春大豆育种进程的推进,单株有效分枝数、百粒鲜重、单株鲜荚重、标准二粒荚荚长等性状得到了逐步的改良,促进了鲜荚产量的提高,从 2004 年的 9 802.5 kg·hm⁻² 上升到 2016 年的 12 648 kg·hm⁻²。可见,在鲜食春大豆品种选育过程中,首先要考虑的因素是株型、鲜粒大小和荚型的改良。另一方面,A 级口感率是衡量鲜食春大豆食味品质的重要表型性状,直接影响鲜食春大豆的食味和消费市场。A 级口感率与标准二粒荚荚长和荚宽极显著正相关,而与采青天数、株高、主茎节数、单株有效荚数、多粒荚率、500 g 标准荚数、标准荚率等性状极显著负相关,说明了荚型、株型、生育期的改良有利于鲜食春大豆食味品质的改进。综上所述,鲜食春大豆品种选育时,要注重分枝多、粒大荚长而饱满的亲本组配及后代选择,协调荚型、株型和生育期的改良,从而选育出高产优质鲜食春大豆新品种。

4 结 论

2004 – 2017 年 14 年间,国家鲜食春大豆品种区试为国家推荐审定鲜食春大豆新品种 11 个,这些新品种对我国鲜食大豆产业发展做出了重大贡献。

鲜食春大豆 14 个重要农艺性状存在丰富的遗传变异,遗传变异大的性状有单株有效鲜荚数、A 级口感率、株高、单株有效分枝数;鲜荚产量、采青天数等性状的遗传变异小,通过品种改良和栽培措施得到提升的难度大。随年度的递进,单株有效分枝数总体上呈增加的变化趋势,而采青天数、单株有效鲜荚数、多粒荚率、500 g 标准荚数总体上呈逐渐下降的变化趋势,鲜荚产量、口感、荚型性状获得了逐渐的改良。主成分分析表明荚数与生育生长、鲜荚产量、株型、荚率、品尝品质和荚型因子是鲜食春大豆性状变异的最主要影响因子。相关性分析表明单株有效分枝数、百粒鲜重、标准二粒荚荚长的改良,促进了鲜食春大豆单株鲜荚重的增加,进而提高鲜荚产量;采青天数、株高、主茎节数、单株有效荚数等性状影响 A 级口感率的提高,从而影响鲜食春大豆的口感品尝品质。因此,鲜食春大豆品种选育时,应注重分枝多、粒大荚长而饱满的亲本组配及后代选择,协调荚型、株型和生育期的改良,从而选育出高产优质鲜食春大豆新品种。

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):7-13. (Gai J Y, Wang M J, Chen C Z. Historical origin and development of maodou production in China[J]. Soybean Science,2002,21(1):7-13.)

[2] 朱申龙,傅旭军,朱丹华,等. 菜用大豆“浙鲜豆 5 号”的选育与特征特性[J]. 浙江农业学报,2011,23(4): 655-660. (Zhu S L, Fu X J, Zhu D H, et al. Breeding and characteristics of vegetable soybean variety ‘Zhexiandou No. 5’ [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2011, 23(4) : 655-660.)

[3] 李方舟,张海生,王军,等. 高蛋白鲜食大豆晋科 2 号的选育及栽培技术[J]. 山西农业科学,2017,45(12):1927-1929. (Li F Z, Zhang H S, Wang J, et al. Breeding and cultivation techniques of high protein fresh soybean variety Jinke 2[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2017,45(12):1927-1929.)

[4] 张立军,陈艳秋,宋书宏,等. 鲜食大豆新品种辽鲜豆 3 号选育及栽培要点[J]. 大豆科学,2017,36(3):480-483. (Zhang L J, Chen Y Q, Song S H, et al. Breeding and cultivation of a new vegetable soybean variety Liaoxiandou 3 [J]. Soybean Science, 2017, 36(3):480-483.)

[5] 陈华涛,袁星星,张红梅,等. 春播抗 SMV 鲜食大豆新品种“苏奎 2 号”的选育及栽培技术[J]. 农学报,2018,8(6):1-4. (Chen H T, Yuan X X, Zhang H M, et al. Selection, breeding and cultivation of spring sowing SMV-resistant edamame new variety ‘Sukui No. 2’ [J]. Journal of Agriculture Journal of Agriculture, 2018,8(6):1-4.)

[J]. Journal of Wheat Crops, 2016, 36 (6): 736-741.)

[24] 姜梦婷,王秋岭,周鑫,等. 不同油料作物油脂体氧化稳定性差异的研究[J]. 中国粮油学报, 2018, 33(10): 63-70. (Jiang M T, Wang Q L, Zhou X, et al. Differences in oxidation stability of oil bodies from diverse oilseed crops[J]. Chinese Journal of Cereals and Oils, 2018, 33 (10): 63-70.)

[25] 张威,廖锡良,喻德跃,等. 大豆耐盐性研究进展[J]. 土壤与作物, 2018, 7(3): 284-292. (Zhang W, Liao X L, Yu D Y, et al. A review of salt tolerance in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill][J]. Soil and Crops, 2018, 7 (3): 284-292.)

[26] 韩飞,诸葛玉平,娄燕宏,等. 63 份谷子种质的耐盐综合评价及耐盐品种筛选[J]. 植物遗传资源学报,2018,19(4):685-693. (Han F, Zhu-Ge Y P, Lou Y H, et al. Evaluation of salt tolerance and screening for salt tolerant accessions of 63 foxtail millet germplasm[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2018, 19 (4): 685-693.)

[27] 孙东雷,卞能飞,陈志德,等. 花生萌发期耐盐性综合评价及耐盐种质筛选[J]. 植物遗传资源学报,2017,18(6):1079-1087. (Sun D L, Bian N F, Chen Z D, et al. Comprehensive evaluation of salt tolerance and screening for salt tolerant accessions of peanut (*Arachis hypogaea* L.) at germination stage[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2017, 18 (6): 1079-1087.)

[28] 薛忠财,高辉远,柳洁. 野生大豆和栽培大豆光合机构对 NaCl 胁迫的不同响应[J]. 生态学报,2011,31(11):3101-3109. (Xue Z C, Gao H Y, Liu J. Different response of photosynthetic apparatus between wild soybean (*Glycine soja*) and cultivated soybean (*Glycine max*) to NaCl stress [J]. Journal of Ecology, 2011, 31 (11): 3101-3109.)

[29] 郑世英,萧蓓蕾,金桂芳. NaCl 胁迫对野生大豆和栽培大豆叶绿素及光合特性的影响[J]. 大豆科学, 2013, 32(4): 486-489. (Zheng S Y, Xiao B L, Jin G F. Effect of NaCl stress on chlorophyll content and photosynthetic characteristics of *Glycine soja* and *Glycine max* [J]. Soybean Science, 2013, 32 (4): 486-489.)

[30] Yang J Y, Zheng W, Tian Y, et al. Effects of various mixed salt-alkaline stresses on growth, photosynthesis and photosynthetic pigment concentrations of *Medicago ruthenica* seedlings[J]. Photosynthetica, 2011, 49(2): 275-284.

[31] 吴泽龙,谭晓风,袁军,等. 油茶不同叶龄叶片形态与光合参数的测定[J]. 经济林研究,2016,34(2):24-29. (Wu Z L, Tan X F, Yuan J, et al. Morphology and photosynthetic parameters of *Camellia oleifera* leaves at different ages[J]. Economic Forest Research, 2016, 34 (2): 24-29.)

[32] 张树文,杨久春,李颖,等. 1950s 中期以来东北地区盐碱地时空变化及成因分析[J]. 自然资源学报,2010,25(3):435-442. (Zhang S W, Yang J C, Li Y, et al. Changes of saline-alkali land in northeast China and its causes since the Mid-1950s [J]. Journal of Natural Resources, 2010, 25 (3): 435-442.)

(上接第 343 页)

[6] 陈永杰,贾强生,焦连成,等. 鲜食大豆适宜种植密度及其对农艺性状的影响[J]. 黑龙江农业科学,2007(5):41-43. (Chen Y J, Jia Q S, Jiao L C, et al. Plant densities of fresh edible soybean and its effects on agronomic traits [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences,2007(5):41-43.)

[7] 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.)

[8] 黄天宝,吴艳,肖国滨,等. 江西红壤旱地鲜食大豆不同种植密度研究[J]. 现代农业科技,2018(8):7-8. (Huang T B, Wu Y, Xiao G B,et al. Study on planting density of vegetable soybeans in red soil upland of Jiangxi [J]. Modern Agricultural Science and Technology,2018(8):7-8.)

[9] 姜永平,吴春芳,陈惠. 12 个鲜食大豆数量性状的主成分和遗传距离分析[J]. 中国农学通报,2007,23(8):193-197. (Jiang Y P, Wu C F, Chen H. Study on the principal component and genetic distance of quantitative traits of vegetable soybean[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2007,23(8):193-197.)

[10] 王学军,郝德荣,顾国华,等. 鲜食大豆主要农艺性状的遗传变异、相关性和主成分分析[J]. 金陵科技学院学报,2008,24(3):61-64. (Wang X J, Hao D R, Gu G H, et al. Genetic variation, correlation and principal component analysis on major agronomic trait of vegetable soybean[J]. Journal of Jinling Institute of Technology,2008,24(3):61-64.)

[11] 伍新龄,张旭,莫家琪,等. 鲜食大豆农艺性状鉴定及通径分析[J]. 华北农学报,2014,29(6):106-112. (Wu X L,Zhang X,Mo J Q,et al. Agronomic trait and path analysis of agronomic traits of vegetable soybean[J]. ACTA Agriculture Boreali-sinica,2014,29 (6):106-112.)

[12] 汪自强,艾麦里,苏贤坤. 鲜食大豆食味品质的评价指标研究[J]. 中国粮油学报,2004,19(3):47-50. (Wang Z Q, Emery, Su X K. Studies on vegetable soybean quality assess factors[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association,2004,19(3): 47-50.)

[13] 王素,徐兆生,魏民. 菜用大豆产量相关性状的遗传分析[J]. 遗传,1996,18(3):36-36. (Wang S, Xu Z S,Wei M. Genetic analysis of the characters related to the yield of vegetable soybean [J]. Hereditas,1996,18(3):36.)

[14] 韩立德,盖钧镒,邱家驹,等. 菜用大豆感官品质性状遗传变异及品质育种目标性状分析[J]. 植物遗传资源学报,2003,4(1):16-21. (Han L D, Gai J Y, Qiu J X, et al. Genetic variation and breeding objective of sensory quality traits of vegetable soybean[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2003, 4 (1): 16-21.)

[15] 武天龙,赵则胜,蒋家云,等. 菜用大豆粒荚性状遗传变异及相关性的研究[J]. 上海农学院学报,1999,17(2):79-84. (Wu T L, Zhao Z S, Jiang J Y, et al. Study on genetic variation of seed pod characters in vegetable soybean and their correlation[J]. Journal of Shanghai Agricultur al College,1999,17(2):79-84.)

[16] 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 analysis of main quantitative characters and yield of fresh soybean in Jiangsu province[J]. Jiangsu Agricultural Sciences,2009(1):187-189.)