



安徽省不同年代育成大豆品种的性状演变分析

胡国玉,李杰坤,王大刚,吴倩,王维虎,黄志平,张磊

(安徽省农业科学院 作物研究所/农作物品质改良安徽省重点实验室,安徽 合肥 230031)

摘要:为系统分析不同年代育成品种的性状演变规律,给黄淮海地区大豆育种和生产工作提供参考,本研究对 1983 – 2019 年以来安徽省育成的 96 个大豆品种的主要性状演变进行分析。结果表明:37 年间品种单株荚数增加 4.23 个,百粒重增加 2.73 g,产量提高 728.32 kg·hm⁻²;株高降低 8.38 cm,分枝数降低 0.7 个,亚有限生长习性品种比例由 1980s 的 87.5% 减少到 2010s 的 5.36%,蛋白及脂肪含量略有降低。1980s – 1990s 及 1990s – 2000s,单株荚数和百粒重均有较大程度增加,产量提高较快。育成品种的单株荚数、百粒重与产量呈显著和极显著正相关,株高、分枝数与产量呈显著负相关。从 96 份品种中筛选出稳产品种 17 份,其百粒重显著高于一般品种,株高略低于一般品种。研究结果说明在安徽省目前的生产条件及栽培方式下,培育分枝较少、株高适宜、百粒重相对较大的品种利于高产稳产,改进大豆栽培方式有利于大豆产量突破。

关键词:安徽省;大豆品种;农艺;产量;品质;演变

Evolution Analysis of Main Characters of Soybean Varieties Released in Different Years in Anhui Province

HU Guo-yu, LI Jie-kun, WANG Da-gang, WU Qian, WANG Wei-hu, HUANG Zhi-ping, ZHANG Lei

(Crop Institute of Anhui Academy of Agricultural Sciences/Anhui Key Lab of Crops Quality Improving, Hefei 230031, China)

Abstract: In order to systematically analyze the evolution law of breeding varieties in different years and provide reference for soybean breeding and production in Huanghuaihai region, we analyzed the main character changes of 96 soybean varieties released in Anhui during 1983 – 2019. The results showed that, in 37 years, the yield of varieties had increased by 728.32 kg·ha⁻¹, with the pods per plant increased by 4.23 and the 100-seed weight increased by 2.73 g, the plant height and branch number of the varieties had decreased by 8.38 cm and 0.7 respectively, and the percentage of semi-determinate growth habit varieties had reduced from 87.5% in 1980s to 5.36% in 2010s. In 1980s – 1990s and 1990s – 2000s, the pods per plant and 100-seed weight of released varieties both increased greatly, and the yield of the varieties also improved quickly. There were significantly positive correlations between the yield with pods per plant and 100-seed weight. And the correlations between the yield with plant height and branch number were significantly negative related. 17 varieties with stable yield were selected from 96 varieties. The 100-seed weight of the stable yield varieties were significantly higher than that of general varieties, and the plant height were slightly lower than that of general varieties. Under the current production conditions and cultivation methods in Anhui, in order to obtain varieties of high and stable yield with fewer branch, suitable plant height, and relatively large 100-seed weight should be bred. And methods of improving soybean cultivation may be beneficial to yield breakthrough of soybean varieties.

Keywords: Anhui province; Soybean varieties; Agronomy; Yield; Quality; Evolution

育成品种是大豆育种工作者的主要研究成果,科研人员在不同地区、不同年代大豆品种系谱来源^[1-2]、性状演变^[3-5]等方面的研究能够为大豆育种提供指导。郑伟等^[6]研究发现,黑龙江省不同年代育成大豆品种单产水平的提高主要是由于生育日数和生殖生长期延长、节间缩短、有效分枝数减少、抗倒伏能力增加、单株荚数和单株粒数增加等因素

共同作用的结果;徐冉等^[7]对山东省 1982 – 2005 年审定的 50 个大豆品种进行研究,结果表明区域试验平均产量由 1982 – 1985 年的 1 892.73 kg·hm⁻² 提高到 2001 – 2005 年的 2 820.67 kg·hm⁻²,蛋白质和脂肪含量因时代和选育目标的不同而不同,呈现的变化范围分别为 37.00% ~ 46.44% 和 16.80% ~ 22.50%;任海红等^[8]对山西省 1973 – 2017 年审定

收稿日期:2020-03-05

基金项目:国家重点研发计划(2017YFD0101404,2016YFD0100201-06)。

第一作者简介:胡国玉(1977-),女,硕士,副研究员,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail:gy_hu@126.com。

通讯作者:黄志平(1969-),男,研究员,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail:hzhpsoy@163.com;

张磊(1956-),男,研究员,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail:leizh66@163.com。

大豆品种的主要性状进行研究,结果表明生育期、株高和主茎节数在 20 世纪 80 年代最高,而后逐渐降低,2010 年后略有回升,由于百粒重的持续增加,单产随之增加,有限结荚习性大豆品种所占比例持续增长。

安徽省地处黄淮海夏播大豆生态区南部,大豆种植面积长期处于全国第 2 位^[9]。安徽省大豆品种审定自 1983 年以来已有 37 年历史,张磊、黄志平等^[10-11]先后对安徽省审定大豆品种的系谱来源、产量、品质及抗性等方面进行了研究。本研究在前人研究的基础上以安徽省不同年代育种品种产量、品

质等主要性状演变为切入点,研究大豆品种性状随着生产水平发展的变化趋势,总结变化规律,以期 为黄淮海地区大豆育种及生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

安徽省 1983 – 2019 年育成的 96 个大豆品种,其中 1980s(1983 – 1989 年)育成 8 个,1990s(1990 – 1999 年)育成 11 个,2000s(2000 – 2009 年)育成 21 个,2010s(2010 – 2019 年)育成 56 个,具体品种及育成年份详见表 1。

表 1 1983 – 2019 年安徽省育成的大豆品种
Table 1 Soybean varieties released in Anhui from 1983 to 2019

品种 Variety	审定年份 Released year	品种 Variety	审定年份 Released year
皖豆 1 号 Wandou 1	1983	皖豆 32 Wandou 32	2012
皖豆 2 号 Wandou 2	1983	潍科 8 号 Suike 8	2012
皖豆 3 号 Wandou 3	1986	潍科 9 号 Suike 9	2012
皖豆 4 号 Wandou 4	1986	皖宿 5717 Wansu 5717	2012
皖豆 5 号 Wandou 5	1989	皖宿 2156 Wansu 2156	2012
皖豆 6 号 Wandou 6	1989	潍科 15 Suike 15	2013
皖豆 7 号 Wandou 7	1989	阜豆 13 Fudou 13	2013
皖豆 8 号 Wandou 8	1989	皖豆 33 Wandou 33	2013
皖豆 9 号 Wandou 9	1990	潍科 12 Suike 12	2013
皖豆 10 号 Wandou 10	1991	涡豆 6 号 Guodou 6	2013
皖豆 11 Wandou 11	1991	太丰 6 号 Taifeng 6	2013
皖豆 12 Wandou 12	1991	泗豆 168 Sidou168	2013
皖豆 13 Wandou 13	1994	远育 6 号 Yuanyu 6	2013
皖豆 14 Wandou 14	1994	皖豆 34 Wandou 34	2013
皖豆 15 Wandou 15	1996	科龙 188 Kelong 188	2014
皖豆 16 Wandou 16	1996	皖豆 35 Wandou 35	2014
皖豆 17 Wandou 17	1996	皖豆 36 Wandou 36	2016
皖豆 18 Wandou 18	1997	潍科 20 Suike 20	2016
皖豆 19 Wandou 19	1998	阜豆 15 Fudou 15	2016
皖豆 20 Wandou 20	2000	阜杂交豆 2 号 Fuzajiaodou 2	2016
皖豆 21 Wandou 21	2000	中黄 76 Zhonghuang 76	2016
合豆 1 号 Hedou 1	2000	天益科豆 18 Tianyikedou 18	2016
皖豆 22 Wandou 22	2001	潍科 23 Suike 23	2016
皖豆 23 Wandou 23	2002	皖豆 701 Wandou 701	2016
皖豆 24 Wandou 24	2003	皖豆 37 Wandou 37	2016
蒙 91-413 Meng 91-413	2003	皖豆 38 Wandou 38	2016

续表 1

品种	审定年份	品种	审定年份
Variety	Released year	Variety	Released year
合豆 3 号 Hedou 3	2003	杂优豆 3 号 Zayoudou 3	2016
皖豆 25 Wandou 25	2004	德纯豆 8 号 Dechundou 8	2016
皖豆 26 Wandou 26	2006	阜豆 16 Fudou 16	2016
皖豆 27 Wandou 27	2006	天益科豆 19 Tianyikedou 19	2017
阜豆 9765 Fudou 9765	2006	圣豆 30 Shengdou 30	2017
合豆 5 号 Hedou 5	2007	皖豆 21116 Wandou 21116	2017
潍科 928 Suik 928	2007	皖豆 20001 Wandou 20001	2017
安逸 13 Anyi 13	2007	商豆 1310 Shangdou 1310	2017
皖垦豆 96-1 Wankendou 96-1	2007	皖豆 39 Wandou 39	2017
蒙 9801 Meng 9801	2007	皖华 518 Wanha 518	2018
蒙 9449 Meng 9449	2007	阜豆 17 Fudou 17	2018
皖豆 28 Wandou 28	2008	中黄 301 Zhonghuang 301	2018
阜豆 11 Fudou 11	2008	阜豆 18 Fudou 18	2018
阜豆 9 号 Fudou 9	2009	中渦 29 Zhongguo 29	2018
皖宿 01-15 Wansu 01-15	2010	中黄 302 Zhonghuang 302	2018
杂优豆 2 号 Zayoudou 2	2010	皖豆 21020 Wandou 21020	2018
皖豆 29 Wandou 29	2010	远育 891 Yuanyu 891	2019
阜杂交豆 1 号 Fuzajiaodou 1	2010	中渦 28 Zhongguo 28	2019
渦豆 5 号 Guodou 5	2010	皖宿 1208 Wansu 1208	2019
皖豆 30 Wandou 30	2010	阜豆 19 Fudou 19	2019
潍科 998 Suike 998	2011	中渦 30 Zhongguo 30	2019
皖豆 31 Wandou 31	2012	恒豆 6 号 Hengdou 6	2019

1.2 方法

1983 – 2012 年各品种性状数据来自《黄淮海大豆改良种质》^[12] 和《中国大豆品种志 (1993 – 2004)》^[13],2013 – 2019 年数据来自品种选育报告。根据文献及品种选育报告上的品种产量、品质、株高、单株荚数、百粒重等性状进行统计分析,选育报告及文献上没有的性状未作分析。以品种 2 年区域试验平均产量作为品种区域试验产量,以品种的生产试验产量作为品种产量性状进行数据分析。分析不同年代育成品种的主要性状及其演变趋势;对安徽省历年育成大豆品种的主要性状进行相关分析,以品种生产试验产量和区域试验产量均大于 2 700 kg·hm⁻² 为标准,将安徽省 37 年来育成的大豆品种区分为相对稳产品种和一般品种,比较不同产量表现大豆品种的性状特点。

1.3 数据分析

采用 Excel 2007 进行数据整理和平均值、标准

差及变异系数计算,采用 SPSS 17.0 进行显著性检验、相关性分析和作图。

2 结果与分析

2.1 安徽省不同年代育成大豆品种性状概况

2.1.1 农艺性状 安徽省不同年代育成大豆品种平均生育期为 103.73 ~ 102.82 d。1990s 育成品种生育期为 103.7 d,是 4 个年代育成品种生育期最长的,2010s 育成品种的生育期最短,为 102.8 d,育成品种生育期变异系数随年代推进逐渐变小。1980s 育成品种的株高最高,为 77.78 cm,2010s 育成品种的株高最低,为 69.41 cm;1990s 育成品种株高的变异系数在 4 个年代中最高,为 22.72;1990s 育成品种皖豆 9 号株高 110 cm,在所有育成品种中株高最高,也是安徽省多年来育成的唯一无限生长习性品种(表 2)。

2.1.2 产量及相关性状 1980s 育成品种的平均产量为1 879.13 kg·hm⁻²,在4个年代中最低,2010s 育成品种平均产量最高,为2 607.45 kg·hm⁻²; 1980s 年育成品种产量性状的变异系数最大,为18.16,2000s 及 2010s 年育成品种产量变异系数较小,分别为7.45 和 7.88。2000s 育成品种合豆3号生产试验产量为3 134.00 kg·hm⁻²,在育成品种中产量最高。4个年代中,2000s 育成品种的平均单株荚数最多,为40.05个,其次是2010s 育成的品种,单株荚数为35.94个;1980s 育成品种的平均百粒重最小,为19.07 g,2010s 育成品种的百粒重最大,

为21.10 g;1990s 育成的大豆品种皖豆15百粒重为28.5 g,在所有育成品种中百粒重最大,是粒用、菜用兼用品种(表2)。

2.1.3 品质性状 1990s 育成品种的平均蛋白含量在4个年代中最高,为44.51%;2010s 育成品种的蛋白含量变异系数最大,为5.43;1990s 育成品种蛋白含量变异系为5.03,仅次于2010s 育成品种,说明1990s 育成品种的蛋白含量较高,且变异丰富。1990s 育成的皖豆12蛋白含量达到了47.00%,是育成品种中蛋白含量最高的(表2)。

表2 安徽省不同年代育成品种的主要性状表现
Table 2 Main characters of varieties released in different years in Anhui province

性状 Characteristic	年代 Years	均值 Mean/(kg·hm ⁻²)	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation/%	范围 Range
生育期 Growth period/d	1980s	103.25	4.59	4.45	97~112
	1990s	103.73	3.61	3.48	96~110
	2000s	103.38	3.35	3.24	99~111
	2010s	102.82	2.20	2.14	97~107
株高 Plant height/cm	1980s	77.79	7.23	9.29	70.0~93.0
	1990s	72.68	16.51	22.72	48.5~110.0
	2000s	72.01	10.71	14.87	56.3~105.0
	2010s	69.41	9.12	13.14	49.0~91.0
分枝数 Branch number	1980s	2.55	0.67	26.27	1.5~3.5
	1990s	2.14	0.68	31.78	1.1~3.4
	2000s	1.98	0.86	43.43	0.8~4.5
	2010s	1.85	0.51	27.57	0.7~3.0
单株荚数 Pod number per plant	1980s	31.71	6.32	19.93	23.0~45.0
	1990s	35.17	8.74	24.85	24.2~52.0
	2000s	40.05	7.96	19.88	28.8~55.6
	2010s	35.94	4.68	13.02	25.8~45.3
百粒重 100-seed weight/g	1980s	17.38	1.56	8.98	14.5~19.8
	1990s	19.06	3.74	19.62	14.2~28.5
	2000s	19.07	2.54	13.32	15.6~23.5
	2010s	20.10	2.62	13.03	15.0~25.2
产量 Yield/(kg·hm ⁻²)	1980s	1879.13	341.22	18.16	1474.50~2287.50
	1990s	2284.29	233.63	10.23	1873.00~2641.50
	2000s	2601.92	193.80	7.45	2338.70~3134.00
	2010s	2607.45	205.54	7.88	2284.50~3006.60

续表 2

性状 Characteristic	年代 Years	均值 Mean/(kg·hm ⁻²)	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation/%	范围 Range
蛋白含量 Protein content/%	1980s	43. 63	1. 66	3. 80	41. 80 ~ 46. 30
	1990s	44. 51	2. 24	5. 03	40. 90 ~ 47. 00
	2000s	42. 93	1. 78	4. 15	39. 80 ~ 46. 20
	2010s	42. 19	2. 29	5. 43	34. 40 ~ 46. 60
脂肪含量 Fat content/%	1980s	20. 51	1. 38	6. 73	17. 80 ~ 22. 40
	1990s	19. 75	1. 53	7. 75	17. 40 ~ 23. 00
	2000s	20. 21	1. 22	6. 04	17. 40 ~ 22. 70
	2010s	20. 38	1. 22	5. 99	18. 10 ~ 23. 59

2.2 不同年代育成大豆品种的性状演变趋势

2.2.1 农艺性状 安徽省育成大豆品种平均株高随着年代推进逐渐降低。1980s – 2010s 育成品种平均株高降低 8.38 cm, 其中 1980s – 1990s 育成品种的平均株高降低最多,降低 5.11 cm, 其次是 2000s – 2010s,降低 2.61 cm。育成大豆品种的平均分枝数逐渐减少。1980s – 2010s 育成品种有效分枝数减少 0.70 个, 其中 1980s – 1990s 减少的最多, 平均减少 0.41 个。自 1990s 以后, 育成大豆品种有效分枝数减少幅度降低, 1990s – 2000s 减少 0.16 个, 2000s – 2010s 减少 0.13 个。受到种植制度的影响, 安徽省育成大豆品种的生育期在年度间变化不大, 1980s – 2010s 共计缩短 0.43 d , 其中 1980s – 1990s 育成品种的生育期延长 0.48 d, 1990s – 2000s 缩短 0.35 d, 2000s – 2010s 缩短 0.56 d (表 3)。

安徽省 1983 – 2019 年共计育成的 96 个大豆品种中有限生长习性品种 79 个, 占育成总品种数的 82.29% , 亚有限生长习性品种 16 个, 占总品种数的 16.67% 。不同年代育成大豆品种的生长习性表现如图 1 所示, 1980s 育成 8 个品种, 其中亚有限生长习性品种 7 个, 有限生长习性品种 1 个, 亚有限生长习性品种占 1980s 育成品种总数的 87.50% ; 1990s 育成 11 个品种, 其中有限结荚习性品种与亚有限结荚习性品种各 5 个, 分别占总数的 45.45% ; 2000s 育成大豆品种 21 个, 其中亚有限生长习性品种 1 个, 有限生长习性品种 20 个, 亚有限生长习性品种占总数的 4.76% ; 2010s 育成大豆品种 56 个, 其中亚有限生长习性品种 3 个, 有限生长习性品种 53 个, 亚有限生长习性品种占总数的 5.36% 。

表 3 安徽省不同年代育成品种的农艺性状比较

Table 3 Comparison of agronomic characters of varieties released in different years in Anhui province

性状 Characteristic	年代 Years		均值差 Mean difference(A-B)	标准误差 Stand error of mean	显著性 Significance	下限 Lower limit	上限 Upper limit
	A	B					
株高 Plant height/cm	1980s	1990s	5. 11	4. 83	0. 293	–4. 49	14. 70
	1990s	2000s	0. 67	3. 87	0. 863	–7. 02	8. 35
	2000s	2010s	2. 61	2. 66	0. 329	–2. 68	7. 89
	1980s	2010s	8. 38 *	3. 93	0. 036	0. 58	16. 19
分枝数 Branch number	1980s	1990s	0. 41	0. 29	0. 163	–0. 17	1. 00
	1990s	2000s	0. 16	0. 24	0. 511	–0. 31	0. 62
	2000s	2010s	0. 13	0. 16	0. 434	–0. 19	0. 45
	1980s	2010s	0. 70 * *	0. 24	0. 005	0. 22	1. 17
生育期 Growth period/d	1980s	1990s	–0. 480	1. 340	0. 723	–3. 15	2. 19
	1990s	2000s	0. 346	1. 076	0. 748	–1. 79	2. 48
	2000s	2010s	0. 560	0. 740	0. 451	–0. 91	2. 03
	1980s	2010s	0. 429	1. 093	0. 696	–1. 74	2. 60

* 和 ** 分别表示差异达 5% 显著水平和 1% 极显著水平。下同。
* and ** indicate significant difference at 5% and extremely significant difference at 1% level respectively. The same below.

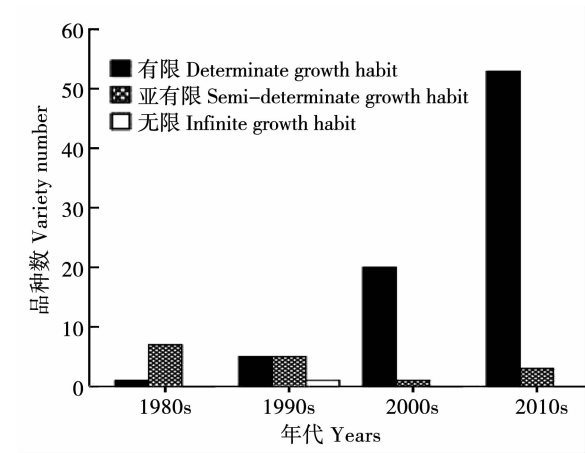


图1 安徽省不同年代育成大豆品种的生长习性表现
Fig.1 Growth habits of soybean varieties released in different years in Anhui

表4 安徽省不同年代育成大豆品种的产量性状比较

Table 4 Comparison of yield characters of soybean varieties released in different years in Anhui

性状 Characteristic	年代 Years		均值差 Mean difference(A-B)	标准误差 Stand error of mean	显著性 Significance	下限 Lower limit	上限 Upper limit
	A	B					
产量 Yield/(kg·hm ⁻²)	1980s	1990s	-405.17 **	102.03	<0.0001	-607.80	-202.53
	1990s	2000s	-317.63 **	81.73	<0.0001	-479.95	-155.32
	2000s	2010s	-5.52	56.19	0.922	-117.12	106.07
	1980s	2010s	-728.32 **	82.99	<0.0001	-893.15	-563.49
单株荚数 Pod number per plant	1980s	1990s	-3.46	2.87	0.231	-9.16	2.24
	1990s	2000s	-4.87 *	2.30	0.037	-9.44	-0.31
	2000s	2010s	4.11 *	1.58	0.011	0.97	7.25
	1980s	2010s	-4.23	2.34	0.074	-8.87	0.41
百粒重 100-seed weight/g	1980s	1990s	-1.69	1.25	0.180	-4.17	0.79
	1990s	2000s	-0.01	1.00	0.994	-1.99	1.98
	2000s	2010s	-1.03	0.69	0.138	-2.40	0.34
	1980s	2010s	-2.73 *	1.02	0.009	-4.74	-0.71

2.2.3 品质性状 1980s-2010s 安徽省育成大豆品种平均蛋白含量降低 1.44%,其中 1980s-1990s 蛋白含量提高 0.88%,1990s-2000s 和 2000s-2010s 育成品种的蛋白含量分别下降 1.58% 和 0.75%,年度间差异均不显著;育成品种脂肪含量与蛋白含量变化趋势相反,1980s-1990s 脂肪含量降低 0.77%,1990s-2000s 和 2000s-2010s 育成品种脂肪含量分别提高 0.46%和 0.17%(表 5)。

2.3 育成品种性状间相关分析

育成品种的单株荚数分别与生产试验产量及区域试验产量呈显著和极显著正相关(0.249*,0.266**),百粒重分别与生产试验产量及区域试验产量呈极显著和显著正相关(0.298**,0.245*)。

2.2.2 产量及相关性状 随着年代推进,安徽省育成大豆品种的产量不断提高。1980s-2010s 育成大豆品种平均产量提高 728.32 kg·hm⁻²,其中 1980s-1990s、1990s-2000s 育成的大豆品种产量分别提高 405.17 和 317.63 kg·hm⁻²,均达到极显著水平;2000s-2010s 品种产量提高 5.52 kg·hm⁻²。1980s-2010s 育成大豆品种的平均单株荚数增加 4.23 个,其中 1980s-1990s 及 1990s-2000s 育成品种的单株荚数分别增加 3.46 和 4.87 个,2000s-2010s 育成大豆品种的单株荚数减少 4.11 个。1980s-2010s 育成大豆品种平均百粒重提高 2.73 g,其中 1980s-1990s 及 2000s-2010s 育成品种百粒重提高较多,分别提高 1.69 和 1.03 g(表 4)。

育成品种株高与区域试验产量呈极显著负相关(-0.321**),育成品种的分枝数与生产试验产量呈显著负相关性(-0.215*)。

株高与脂肪含量、生育期天数分别呈显著和极显著正相关(0.240*,0.429**)。分枝数与种子脂肪含量呈极显著负相关(-0.367**)。单株荚数与脂肪含量、百粒重分别呈显著和极显著负相关(-0.205*, -0.466**),与分枝数呈极显著正相关(0.439**)。育成品种的百粒重与种子蛋白含量呈极显著正相关(0.289**),与分枝数呈极显著负相关(-0.345**)。育成品种的蛋白含量与脂肪含量呈极显著负相关(-0.499**)(表 6)。

表 5 安徽省不同年代育成大豆品种的品质性状比较

Table 5 Comparison of quality characters of soybean varieties released in different years in Anhui

性状 Characteristic	年代 Years		均值差 Mean	标准误差 Stand error	显著性 Significance	下限 Lower limit	上限 Upper limit
	A	B	difference(A-B)	of mean			
蛋白含量 Protein content/%	1980s	1990s	-0.88	0.99	0.375	-2.86	1.09
	1990s	2000s	1.58	0.80	0.051	-0.00	3.16
	2000s	2010s	0.75	0.55	0.175	-0.34	1.83
脂肪含量 Fat content/%	1980s	2010s	1.44	0.81	0.078	-0.16	3.04
	1980s	1990s	0.77	0.59	0.196	-0.40	1.94
	1990s	2000s	-0.46	0.47	0.328	-1.40	0.47
	2000s	2010s	-0.17	0.32	0.606	-0.81	0.48
	1980s	2010s	0.14	0.48	0.779	-0.82	1.09

表 6 安徽省历年育成品种主要性状间的相关性

Table 6 Correlation analysis of main characters of varieties released in Anhui over the years

性状 Characteristic	生育期 Growth period	株高 Plant height	分枝数 Branch number	单株荚数 Number of pods per plant	百粒重 100-seed weight	区试产量 Regional test yield	生试产量 Production test yield	蛋白含量 Protein content	脂肪含量 Fat content
生育期 Growth period	1								
株高 Plant height	0.429 **	1							
分枝数 Branch number	0.123	-0.077	1						
单株荚数 Number of pods per plant	0.172	-0.093	0.439 **	1					
百粒重 100-seed weight	0.009	-0.033	-0.367 **	-0.466 **	1				
区试产量 Regional test yield	-0.096	-0.321 **	-0.107	0.266 **	0.245 *	1			
生试产量 Production test yield	-0.060	-0.190	-0.215 *	0.249 *	0.298 **	0.658 **	1		
蛋白含量 Protein content	0.038	-0.081	0.047	-0.184	0.289 **	-0.197	-0.110	1	
脂肪含量 Fat content	-0.149	0.240 *	-0.345 **	-0.205 *	0.080	0.023	0.085	-0.499 **	1

* 和 ** 分别表示性状间存在显著 ($P<0.05$) 和极显著 ($P<0.01$) 相关性。
* and ** indicate significant ($P<0.05$) and extremely significant ($P<0.01$) relationship between characters.

2.4 不同产量表现大豆品种的品质性状比较

大豆品种的产量稳定性在生产中非常重要,为了便于了解稳产性大豆品种的品质性状表现,本研究以品种生产试验产量和区域试验产量均 $>2\,700\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 为

标准,对安徽省 37 年来育成的 96 个大豆品种筛选得到 17 个稳产品种,79 个一般品种。17 个稳产品中 2000s 育成了 5 个品种,占稳产品种总数的 29.41%,2010s 育成了 12 个,占稳产品种总数的

70.59%。由表7可知,稳产品种的平均生产试验产量为2 861.79 kg·hm⁻²,平均区域试验产量为2 817.28 kg·hm⁻²,生产试验产量高于区域试验产量;一般品种平均生产试验产量为2 432.49 kg·hm⁻²,平均区域试验产量2 565.40 kg·hm⁻²,生产试验产量低于区试试验产量;稳产品种的平均区域试验产量及生产试验产量分别高于一般品种 251.88 和 429.29 kg·hm⁻²,表明稳产品种在生产试验中有更好的产量表现。稳产品种平均蛋白含量较一般品种低 0.67%,脂肪含量较一般品种高 0.51%,差异

均不显著。稳产品种百粒重较一般品种平均高 1.59 g,差异显著,同时稳产品种百粒重变异系数小于一般品种,表明在一定范围内百粒重高有利于稳产。稳产品种株高比一般品种株高平均低 1.88 cm,但是稳产品种株高变异系数为 17.03,大于一般品种的 14.37,表明稳产品种在株高性状上比一般品种变异丰富。稳产品种的平均生育期比一般品种短 0.53 d,分枝比一般品种少 0.15 个,单株荚数平均比一般品种多 0.27 个,差异均不显著。

表 7 安徽省育成的不同产量表现大豆品种间性状比较

Table 7 Comparison of characters between soybean varieties with different yields released in Anhui						
性状	产量分组	均值	标准差	变异系数	范围	均值差
Characteristic	Yield grouping	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation//%	Range	Mean difference
生育期 Growth period/d	稳产	102.65	2.42	2.36	97.00 ~ 107.00	-0.53
	一般	103.18	2.96	2.87	96.00 ~ 112.00	
株高 Plant height/cm	稳产	69.51	11.84	17.03	51.30 ~ 91.00	-1.88
	一般	71.38	10.26	14.37	48.50 ~ 110.00	
分枝数 Branch number	稳产	1.85	0.58	31.35	1.00 ~ 3.00	-0.15
	一般	2.00	0.67	33.50	0.70 ~ 4.50	
单株荚数 Pods per plant	稳产	36.62	5.40	14.75	31.00 ~ 49.30	0.27
	一般	36.35	6.73	18.51	23.00 ~ 55.60	
百粒重 100-seed weight/g	稳产	20.84	2.85	13.68	15.40 ~ 25.20	1.59 *
	一般	19.25	2.68	13.92	14.20 ~ 28.50	
蛋白含量 Protein content/%	稳产	42.18	2.54	6.02	34.43 ~ 46.20	-0.67
	一般	42.85	2.17	5.06	38.04 ~ 47.00	
脂肪含量 Fat content/%	稳产	20.70	1.01	4.88	19.26 ~ 23.35	0.51
	一般	20.19	1.30	6.44	17.36 ~ 23.59	
区试产量 Regional test yield/(kg·hm ⁻²)	稳产	2817.28	107.24	3.81	2704.95 ~ 3044.10	251.88 **
	一般	2565.40	261.28	10.18	1849.50 ~ 3037.20	
生试产量 Production test yield/(kg·hm ⁻²)	稳产	2861.79	119.31	4.17	2704.80 ~ 3133.95	429.29 **
	一般	2432.49	279.27	11.48	1474.50 ~ 2943.00	

3 讨论

产量性状是育种工作的主要目标性状,本研究发现随着年代推进安徽省育成大豆品种的平均产量不断提高,其中 1980s - 1990s 以及 1990s - 2000s 产量提高较快,2000s - 2010s 产量提高速度趋缓。随着产量提高,1980s - 1990s 育成品种的平均单株荚数及百粒重同时增加,1990s - 2000s 单株荚数继续增加,百粒重有微弱增加。相关分析表明:单株荚数和百粒重与品种产量呈显著或极显著正相关。研究认为 1980s - 1990s 育成品种产量的提高是由品种的单株荚数和百粒重同时增加实现的,1990s - 2000s 产量提高主要通过品种单株荚数增加实现

的,2000s - 2010s 育成品种百粒重增加,单株荚数减少,二者作用相抵消,产量增加不明显。随着产量提高,安徽省育成大豆品种株高逐渐降低,分枝数逐渐减少,育成品种的株高、分枝数分别与产量呈较高的负相关性。这说明随着育成品种产量提高,营养体占同化物质比例逐渐减小,籽粒占同化物质比例逐渐增加,既安徽省育成大豆品种的产量提高主要源自于收获指数的提高。但是品种产量的大幅度提高应该是在提高品种整体生物产量的基础上实现的,单一提高收获指数对提高品种产量的作用有限。

研究还发现随着年代推进,安徽省育成大豆中亚有限生长习性品种比例大幅度降低,同为黄淮海

夏播大豆生态区的山东省和山西省也发现了相似的演变趋势^[7-8]。已有研究表明:大豆品种的生长习性与品种的株高、分枝数及抗倒伏等性状有关^[14]。因此大豆育成品种株高降低以及不同生长习性品种比例改变可能是人工选择的结果,其目的是提高品种的抗倒伏性和稳产性。而随着耕作方式的改变及化学肥料的大量使用,与抗倒伏性状高度相关的大豆品种植株高度及生长习性等性状的选择压力增加,可能是育成大豆品种株高降低,亚有限生长习性品种减少的本质原因。

安徽省大豆品种产量提高最快的是 1980s - 1990s,其次是 1990s - 2000s,这段时间也是小麦、水稻等作物产量迅速提高的年代^[15-17],相比于小麦、水稻等主要粮食作物,大豆产量提高幅度较小,原因可能是当时大豆科研力量薄弱。近 10 年来安徽省大豆育种力量增强,育成品种数大大增加,2010 - 2019 年 10 年间育成的品种数是育成总品种数的 58.3%,但是大豆品种产量提高幅度却趋于缓慢。可能是因为产量性状由多基因控制,需要通过有利基因不断聚合的量变积累,最终获得产量上质的突破。但产量是品种基因型与环境互相适应的结果,作物品种产量的大幅度提高往往也伴随着栽培方式的改变^[18]。大豆是双子叶直根系作物,根系具有很强的固氮功能,其生长过程中对土壤环境的要求与小麦、玉米等禾本科须根系作物有所不同^[19-21]。栽培研究发现适当的深翻、深施肥,能够促进大豆根系下扎,提高大豆抗倒伏、抗干旱能力,有利于获得高产稳产^[22-23]。安徽省大豆主产区主要在皖北平原,大部分地区土壤类型属于砂浆黑土,易板结形成犁底层。近年来安徽省农业生产中普遍使用机械旋耕,造成 15 cm 左右耕层压实,不利于大豆根系下扎,同时由于过度依赖化学肥料,土壤有机质不断下降,造成大豆抗旱、抗倒伏性差、易早衰等问题。土壤环境的改变可能是安徽省大豆品种株高降低,亚有限生长习性品种比例大幅度减少的原因之一。针对生产中的问题栽培专家提出,要在安徽省现有的一年两熟的栽培制度下,前后茬统筹考虑,通过增施有机肥,秸秆还田,提高土壤肥力和可持续生产能力;加大土壤耕层,逐渐打破犁底层,增加大豆根系分布范围及土壤蓄水保墒能力等改变措施^[9]。这些生产中的改变将有可能增加大豆生长的总体生物量,从而有利于大豆育种研究中品种产量的突破。

因为大豆产量在大豆生产中非常重要,本研究对大豆品种的区域试验产量和生产试验产量同时进行分析,并以生产试验产量作为品种的最终产量

性状。通过分析发现,品种的单株荚数、百粒重、株高及分枝数等性状与品种的区域试验产量及生产试验产量的相关程度有一定差异,在未来研究中我们将进一步对此进行相关深入研究。同时,在区域试验和生产试验中均达到一定产量水平的稳产品种在生产试验中更有产量优势;同时稳产品种的百粒重显著大于一般品种,株高略低于一般品种。

4 结 论

1983 - 2019 年安徽省大豆育成品种产量提高 728.32 kg·hm⁻²,单株荚数增加 4.23 个,百粒重增加 2.73 g;株高降低 8.38 cm,分枝数减少 0.7 个;亚有限生长习性品种比例由 1980s 的 87.5% 减少到 2010s 的 5.36%;蛋白及脂肪含量略有降低。1980s - 1990s、1990s - 2000s 育成品种产量提高较快,近 10 年产量提高速度趋缓。育成品种的单株荚数和百粒重与产量呈显著或极显著正相关,株高和分枝数与产量呈负相关,其中分枝数与产量负相关性达显著水平。筛选出稳产品种 17 份,稳产品种的百粒重显著大于一般品种,平均株高略低于一般品种,并在生产试验中具有更大的产量优势。综上所述,培育分枝较少、株高适宜、百粒重相对较大的稳产性大豆品种符合目前安徽省大豆生产需求;改进大豆栽培方式、提高土壤有机质含量和耕层厚度、促进大豆根系健康生长、进而提高大豆生长的总体生物量有利于实现大豆品种的产量突破。

参考文献

[1] 盖钧镒,赵团结,崔章林,等. 中国 1923 - 1995 年育成的 651 个大豆品种的遗传基础[J]. 中国油料作物学报, 1998(1): 20-26. (Gai J Y, Zhao T J, Cui Z L, et al. Genetic basis of 651 soybean varieties bred in China from 1923 to 1995[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 1998(1): 20-26.)

[2] 任海红,任小俊,马俊奎,等. 1973-2017 年山西省审定大豆品种的系谱分析[J]. 中国油料作物学报, 2019, 41(4): 550-558. (Ren H H, Ren X J, Ma J K, et al. Pedigree analysis of soybean varieties released in Shanxi province from 1973 to 2017 [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2019, 41(4): 550-558.)

[3] 张礼凤,徐冉,王彩洁. 山东大豆品种主要农艺性状的演进[J]. 大豆科学, 2005, 24(3): 39-42. (Zhang L F, Xu R, Wang C J. Development of main agronomic characters of soybean varieties in Shandong province[J]. Soybean Science, 2005, 24(3): 39-42.)

[4] 薛永国,魏峡,唐晓飞,等. 黑龙江省育成大豆品种性状演变 的分析[J]. 大豆科学, 2015, 34(3): 361-366. (Xue Y G, Wei L, Tang X F, et al. Analysis and evolution on different traits of soybean varieties from Heilongjiang province [J]. Soybean Science, 2015, 34(3): 361-366.)

[5] 金剑,王光华,刘晓冰,等. 1950—2006 年间黑龙江省大豆品种农艺性状的演变[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2008, 34(3): 296-302. (Jin J, Wang G H, Liu X B, et al. Agronomic changes of soybean cultivars released during 1950 to 2006 in Heilongjiang province[J]. Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Science), 2008,34(3): 296-302.)

[6] 郑伟,郭泰,王志新,等. 黑龙江省不同年代育成大豆品种主要农艺性状的遗传改良[J]. 中国油料作物学报, 2015, 37(6): 797-802. (Zheng W, Guo T, Wang Z X, et al. Genetic improvement of major agronomic traits on soybean cultivars of different years in Heilongjiang province[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2015, 37(6):797-802.)

[7] 徐冉,张礼凤,王彩洁,等. 山东省审定大豆品种的产量、品质及株型演变[J]. 中国油料作物学报, 2007, 29(3):242-247. (Xu R, Zhang L F, Wang C J, et al. Development of yield, quality and plant type of released and registered summer-sowing soybean varieties in Shandong province[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2007,29(3):242-247.)

[8] 任海红,马俊奎,刘学义,等. 山西省审定大豆品种主要农艺性状、产量及品质的演变分析[J]. 中国油料作物学报, 2018, 40(6):762-768. (Ren H H, Ma J K, Liu X Y, et al. Evolution analysis of major agronomic traits, yield and quality of soybean varieties of Shanxi province[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2018,40(6):762-768.)

[9] 杜祥备,黄志平,于国宜,等. 安徽省大豆产业可持续发展中的问题及对策[J]. 农学学报,2019,9(11):78-83. (Du X B, Huang Z P, Yu G Y, et al. The present situation, problems and sustainable development strategy of soybean production in Anhui [J]. Journal of Agriculture, 2019,9(11):78-83.)

[10] 张磊,戴瓯和,朱国富,等. 皖豆系列大豆品种系谱分析[J]. 安徽农业科学,2000(2):139-140, 142. (Zhang L, Dai O H, Zhu G F, et al. Pedigree analysis of Wandou series soybean varieties [J] Anhui Agricultural Science, 2000(2):139-140, 142.)

[11] 黄志平,张磊,王安东,等. 皖豆系列大豆品种的选育评价及发展策略[J]. 大豆科学, 2007, 26(3):423-425. (Huang Z P, Zhang L, Wang A D, et al. Breeding development strategies and appraisal of soybean varieties of Wandou series [J]. Soybean Science, 2007, 26(3): 423-425.)

[12] 张孟臣,张磊,刘学义. 黄淮海大豆改良种质[M]. 北京: 中国农业出版社, 2014, 522-540. (Zhang M C, Zhang L, Liu X Y. Improved soybean germplasm in Huanghuaihai [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2014, 221-244.)

[13] 邱丽娟,王曙明. 中国大豆品种志(1993-2004) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2007, 350-362. (Qiu L J, Wang S M. Records of soybean varieties in China (1993-2004) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2007, 350-362.)

[14] 胡国玉,李杰坤,黄志平,等. 不同结荚习性夏大豆种质的农艺表现及其与产量的相关分析[J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15(2):417-422. (Hu G Y, Li J K, Huang Z P, et al. Agronomic characters and their correlations with yield in summer soybean varieties of different growth Habit [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2014,15(2): 417-422.)

[15] 王朋. 中熟水稻品种株型与产量演进特点的研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2007. (Wang P. Studies on plant type and yield evolution of medium maturity rice varieties [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2007.)

[16] 王之旭. 辽宁省水稻品种更替过程中生理与产量性状的演替规律研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2009. (Wang Z X. Research on alteration rule about rice physiological and yield traits during cultivar replacement in Liaoning [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2009.)

[17] 张平治,徐继萍,范荣喜,等. 安徽省小麦品种演变分析[J]. 中国农学通报,2009,25(23):195-199. (Zhang P Z, Xu J P, Fan R X, et al. Evolution analysis of wheat varieties in Anhui [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(23):195-199.)

[18] 方正. 冬小麦新品种选育研究[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2010,39-70. (Fang Z. Study on breeding of new winter wheat varieties [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2010, 39-70.)

[19] 陈慧,邸伟,姚玉波,等. 不同大豆品种根瘤固氮酶活性与固氮量差异研究[J]. 核农学报, 2013, 27(3): 379-383. (Chen H, Di W, Yao Y B, et al. Study on the difference of nodule nitrogenase activity and amount of nitrogen fixation of different soybean varieties[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2013,27(3): 379-383.)

[20] 郑浩宇,黄炳林,王孟雪,等. 氮肥减施与接种根瘤菌对大豆光合与产量的影响[J]. 大豆科学 2019,38(3): 413-420. (Zhang H Y, Huang B L, Wang M X, et al. The effect of nitrogen fertilizer reduction and rhizobium inoculation on soybean photosynthesis and yield[J]. Soybean Science, 2019,38(3): 413-420.)

[21] 闫静静,杨兰芳,庞静. 大豆和棉花生长对土壤呼吸的影响[J]. 作物学报, 2010, 36(9):1559-1567. (Yan J J, Yang L F, Pang J. Effects of soybean and cotton growth on soil respiration [J]. Acta Agronomica Sinica, 2010, 36(9):1559-1567.)

[22] 曹立为. 耕层深度及土壤容重对大豆生长发育和产量的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2015. (Cao L W. The effect of topsoil depth and bulk density on soybean growth and yield[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2015.)

[23] 宋秋来,张晓雪,周全,等. 侧向施肥距离对大豆氮磷钾吸收及产量的影响[J]. 大豆科学, 2014, 33(1):79-82. (Song Q L, Zhang X X, Zhou Q, et al. Effect of lateral fertilization distance on N, P and K absorption and yield in soybean [J]. Soybean Science, 2014, 33(1):79-82.)