

夏播大豆产量的环境响应及高产品种的主要特性

胡国玉¹,李杰坤¹,王大刚¹,吴 倩¹,王维虎¹,于国宜²,黄志平¹

(1. 安徽省农业科学院 作物研究所/安徽省农作物品质改良重点实验室,安徽 合肥 230031; 2. 安徽农垦龙亢农场,安徽 蚌埠 233426)

摘 要:为明确生长环境对夏播大豆产量的影响及高产品种的主要性状特征,选用 50 份大豆品种在黄淮海夏播大豆生态区的蒙城、阜南、龙亢试验点进行连续三年的田间试验,研究不同环境下夏播大豆产量和高产大豆品种的农艺、品质、适应性等。结果表明:(1) 试点间、年份间及品种间产量差异均达到极显著水平,试点间方差占总方差的 15.75%,年份间方差占 6.48%,品种间方差占 24.90%。3 个试点中,蒙城点产量最高,龙亢点最低,平均产量相差在 343.63~1 133.28 kg·hm⁻²,三年均达极显著水平。(2) 有 14 份品种在 3 年 9 点次试验中平均产量高于 2 700.00 kg·hm⁻²,其中 11 份是亚有限生长习性,3 份是有限生长习性,产量位于前 4 位的全部是亚有限生长习性品种。高产品中,亚有限生长习性品种的生殖期、单株粒数等均值大于有限生长习性品种,结荚高度、百粒重等小于有限生长习性品种。与普通品种比较:高产大豆品种的生殖期、主茎节数、单株粒重、种子脂肪含量均值均大于普通品种达极显著水平($t=2.94^{**}$; $t=3.23^{**}$; $t=2.87^{**}$; $t=2.89^{**}$),种子蛋白含量低于普通品种达极显著水平($t=2.98^{**}$)。(3) 筛选出 14 份高产大豆品种,其中产量位于前四位的分别是高丰 1 号、GR8836、铁杆 1 号及中品 661,均有较好的广适性。同时,高产品在蒙城试验点,具有更高的产量和更好的适应性表现。不利的生长环境是目前黄淮夏播生态区大豆产量的主要限制因素之一,针对大豆生长的不利因素,优化栽培技术并配合高产品种,可以起到增产、稳产作用。高产大豆品种一般具有生殖期较长、主茎节数较多、单株粒重较大,脂肪含量较高的特点。亚有限生长习性品种可能因为具有更好的环境适应能力,所以在试验中有更好的产量表现,应该在未来的研究中给予重视。

关键词:夏播大豆;产量;环境响应;高产品种;特性
中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2017.04.0531

Response of Summer Soybean Yield to Environment and Main Characteristics of High-yield Varieties

HU Guo-yu¹, LI Jie-kun¹, WANG Da-gang¹, WU Qian¹, WANG Wei-hu¹, YU Guo-yi², HUANG Zhi-ping¹

(1. Crop Institute of Anhui Academy of Agricultural Sciences/ Anhui Key Lab of Crops Quality Improving, Hefei 230031, China; 2. Anhui Longkang Farm of Land-Reclamation, Bengbu 233426, China)

Abstract: To understand the effects of the growth environment on summer sowing soybean yield, and main characters of high-yield varieties, the field experiments were conducted in Mengcheng, Funan and Longkang. The yield of summer soybean under different environment, and the agronomic traits, quality and adaptability of high yield soybean varieties were studied. The results showed that: (1) The difference of yield among the locations, the years and the varieties, reached the extremely significant level. The variance of locations accounted for 15.75% of the total variance, the variance of years accounted for 6.48%, and the variance of varieties accounted for 24.90%. The yield of Mengcheng was the highest among the three experimental locations, but that of Longkang was the lowest, and the difference of yield of two locations was between 343.63–1 133.28 kg·ha⁻¹, reached the extremely significant level every year. (2) There were 14 cultivars with average yield of more than 2 700.00 kg·ha⁻¹ at each year. Eleven of which were semideterminate growth habit, three were determinate growth habit, and the yield of the first four were all semideterminate growth habit. In the high-yielding varieties, the mean value of the reproductive period and the number of seeds per plant of the semideterminate growth habit varieties were higher than those of the determinate growth habit varieties, but the pod height and 100-seed weight were less than that of the determinate growth habit varieties. Compared with the common varieties: the average reproductive stage, node numbers of main stem, seed weight per plant and seed fat content of high-yield soybean varieties were all higher than those of common varieties ($t=2.94^{**}$; $t=3.23^{**}$; $t=2.87^{**}$; $t=2.89^{**}$), and the seed protein content was lower than that of common varieties ($t=2.98^{**}$). (3) Fourteen high-yielding soybean varieties were screened out. Among them, Gaofeng 1, GR8836, Tiegang 1 and Zhongpin 661 with yield top four, all had wide adaptability. And the high yield varieties had better yield and adaptability in Mengcheng. Unfavorable growth environment was one of the main limiting factors of soybean yield in Huanghuaihai summer sowing ecological area. Optimization of cultivation techniques and with high-yielding varieties, can play a role in stable production. High yield soybean varieties generally have the characteristics of longer reproductive period, more main stem nodes, larger grain weight per plant and high-

收稿日期:2017-03-08
基金项目:国家重点研发计划(JFYS2016ZY03003792-01-06);安徽省农业科学院院立种子工程(15D0202);国家自然科学基金(31401402);安徽省自然科学基金(1508085QC53)。
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。

er fat content. Semideterminate growth habit varieties in the experiment showed better yield potential and wide adaptability, and should be given more attention.

Keywords: Summer Soybean; Yield; Environment; High-yield varieties; Characteristics

黄淮海夏播大豆播种面积占我国大豆播种面积的30%~60%,总产量200万~500多万吨,在我国大豆生产中占有重要地位。由于这一产区南北跨度大,气候、土壤等环境条件复杂等原因,一直存在大豆单产较低的问题。作物产量与作物的生长环境有密切关系^[1-2],大豆是敏感性作物,对光照和温度的敏感性是大豆品种的主要特征^[3-4]。研究表明,影响大豆产量的环境因素有光照^[5-7]、温度^[5]、水分^[8-9]、土壤性质^[10-11]、土壤微生物^[12-14]、土壤肥力^[11,15],以及不同因子间的互作等^[5,15];生长环境对大豆品种产量有显著影响^[16-17]。夏播大豆生产区域内,光照、温度、降雨以及土壤性质等环境因子变化多样,但是环境因子对夏播大豆产量的影响以及针对不同环境条件的夏播大豆栽培技术研究较少。本研究在前期工作的基础^[18]上,综合考虑品种的农艺性状及生长特性,从532份大豆资源中筛选出50份不同类型夏播大豆品种作为试验材料,在夏播大豆主产区进行多年多点试验,研究生长环境对夏播大豆品种产量的影响,同时对高产大豆品种的

主要特征特性进行研究,为夏播大豆生产中针对不同环境条件的栽培技术研究及夏播大豆育种高产育种提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

50份大豆品种由中国农业科学院大豆种质资源库提供。

1.2 试验设计

试验于2012–2014年,在黄淮海夏播大豆生态区的龙亢、阜南及蒙城试验点进行,各试验点基本情况见表1。采用随机区组设计,5行区,4 m行长,行距0.4 m,株距0.13 m,3次重复。栽培管理同当地大田生产。成熟后收获小区中间3行计产,计产面积4.8 m²,并拔取单株考种,考察性状包括:株高、结荚高度、主茎节数、有效分枝数、单株荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重等。

种子品质测定采用近红外测定方法,测定仪器为:FOSS(TM 1241)。

表1 各试验点的基本情况

Table 1 Basic situation of each experimental location

试验点 Location	经度 Longitude	纬度 Latitude	土壤类型 Soil type	播种期 Sowing time (month – day)		
				2012	2013	2014
阜南 Funan	115. 6	32. 6	砂姜黑土	06 – 21	06 – 20	06 – 29
龙亢 Longkang	116. 6	33. 3	砂姜黑土	06 – 27	06 – 19	06 – 26
蒙城 Mengcheng	116. 9	33. 1	砂姜黑土	06 – 13	06 – 11	06 – 11

1.3 数据分析

运用DPS 14.5及SPSS 17.0统计软件进行试验数据的统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同环境下大豆品种的产量

参试的50份大豆品种在3年3个试验点的平均小区产量为1.22 kg折合为2 541.67 kg·hm⁻²。对3年3点的试验产量进行方差分析(表2):试验产量在年份间方差为9.61,占总方差的6.48%;试验地点间方差为23.34,占总方差的15.75%,品种间方差为36.90,占总方差的24.90%。品种间、试点间、以及年份间的F测验均极显著;品种与试点以及品种与年份间的互作均极显著。表明品种、种植地点及种植年份对大豆产量影响极显著,同时品种的产量与种植地点及年份气候有显著的互作

关系。

由方差分析结果可知:产量在试点间差异极显著,进一步对相同年份不同试点间的产量进行比较分析(表3)。2012年,蒙城点50份大豆品种平均产量比龙亢点高443.63 kg·hm⁻²,达极显著水平,比阜南点高154.27 kg·hm⁻²,达显著水平;阜南点产量高于龙亢点,差异极显著。2013年,蒙城点平均产量高于龙亢点343.63 kg·hm⁻²,高于阜南点337.18 kg·hm⁻²,差异均极显著;阜南点和龙亢点产量差异不显著。2014年,蒙城点平均产量高于龙亢点1 133.28 kg·hm⁻²,高于阜南点988.16 kg·hm⁻²,均达极显著水平;阜南点与龙亢点差异不显著。通过分析可知,在3年的试验中蒙城产量均极显著或显著高于阜南点和龙亢点;阜南点2012年的平均产量极显著高于龙亢点,龙亢点在3年的试验中,每年的平均产量都最低。

表 2 不同生长环境下大豆品种的产量方差分析

Table 2 Variance analysis of soybean varieties yield under different growth environment

变异来源 Variation source	SS	df	MS	F	Prob.
年份 Year	9. 61	2	4. 80	130. 65	0. 00
地点 Location	23. 34	2	11. 67	317. 38	0. 00
地点×年份 Location×Year	9. 15	4	2. 29	62. 24	0. 00
品种 Variety	36. 90	49	0. 75	20. 48	0. 00
品种×年份 Variety×Year	9. 54	98	0. 10	2. 65	0. 00
地点×品种 Location×Variety	9. 81	98	0. 10	2. 72	0. 00
地点×品种×年份 Location×Variety×Year	12. 24	196	0. 06	1. 70	0. 00

相同试点不同年份的产量比较结果表明:阜南点,50 份大豆品种的平均产量,2012 和 2013 年高于 2014 年,差异均极显著。龙亢点,2012 和 2013 年的平均产量极显著高于 2014 年。蒙城点,2012 年产量最低,2014 年最高,年份间产量差异均不显著。3

个试点中阜南点和龙亢点,均是 2012 年产量最高,2014 年产量最低,蒙城点的 3 年平均产量年份间差异不显著(表 4),同时蒙城也是 3 个试验点中产量水平最高的试点。

表 3 不同年份试点间的产量比较

Table 3 Yield comparison of different years between experimental locations

年份 Year	试点间 Location	均值差 Difference/(kg·hm ⁻²)	t 值 t value	显著性 Significance
2012	阜南-龙亢 Funan-Longkang	289. 36 **	3. 57	0. 00
	阜南-蒙城 Funan-Mengcheng	-154. 27 *	-1. 83	0. 02
	龙亢-蒙城 Longkang-Mengcheng	-443. 63 **	-4. 57	0. 00
2013	阜南-龙亢 Funan-Longkang	6. 30	0. 07	0. 94
	阜南-蒙城 Funan-Mengcheng	-337. 18 **	-3. 38	0. 00
	龙亢-蒙城 Longkang-Mengcheng	-343. 63 **	-3. 24	0. 00
2014	阜南-龙亢 Funan-Longkang	145. 28	1. 71	0. 09
	阜南-蒙城 Funan-Mengcheng	-988. 16 **	-10. 48	0. 00
	龙亢-蒙城 Longkang-Mengcheng	-1133. 28 **	-10. 04	0. 00

表 4 不同试点年份间的产量比较

Table 4 Comparison of yield of locations between years

试点 Location	年份间 Year	均值差 Difference/(kg·hm ⁻²)	t 值 t value	显著性 Significance
阜南 Funan	2012-2013	135. 23	1. 86	0. 07
	2012-2014	688. 31 **	11. 14	0. 00
	2013-2014	552. 92 **	7. 94	0. 00
龙亢 Longkang	2012-2013	-147. 68	-1. 57	0. 12
	2012-2014	544. 08 **	5. 46	0. 00
	2013-2014	691. 90 **	6. 93	0. 00
蒙城 Mengcheng	2012-2013	-47. 68	-0. 44	0. 66
	2012-2014	-145. 43	-1. 32	0. 19
	2013-2014	-97. 90	-0. 83	0. 41

2.2 高产品种及与普通品种的比较分析

3 年 3 点试验中,小区平均产量超过 1.30 kg、折合产量超过2 700.00 kg·hm⁻²的大豆品种有 14 份,其中 11 份为亚有限生长习性,3 份为有限生长

习性,产量位于前 4 位的全部为亚有限生长习性品种(表 5)。14 份高产大豆品种全生育期在 98.5~104.7 d,生殖期(生殖生长期)在 62.7~72.8 d;11 份亚有限生长习性的品种,生殖期最短的 67.0 d,平

均为70.0 d,3份有限生长习性品种生殖期最长的65.5 d,平均为64.2 d。

14份高产品种,株高在48.7~101.0 cm,结荚高度在7.5~15.9 cm,主茎节数在14.5~20.1节。其中11份亚有限生长习性品种的平均株高86.8 cm,3份有限生长习性的平均株高为58.6 cm,亚有限生长习性品种的平均株高高于有限生长习性品种;亚有限生长习性品种的平均结荚高度9.77 cm,有限生长习性品种为13.23 cm,有限生长习性品种结荚高度高于亚有限生长习性品种;亚有限生长习性品种的平均主茎节数为18.07个,有限生长习性品种为15.63个,有限生长习性品种的主茎节数少于亚有限生长习性品种。

高产品种单株荚数为22.1~51.7个,单株粒数为45.1~113.3个,单株粒重为9.8~19.0 g,每荚粒数为2.1~2.4,百粒重为14.0~23.5 g。其中亚有限生长习性品种的平均单株荚数为37.75个,单株粒数为83.23个,有限生长习性品种的单株荚数为32.17个,单株粒数为68.80个;亚有限生长习性品种的平均百粒重为16.38 g,有限生长习性品种的平均百粒重为20.77 g。单株荚数、单株粒数及单株重最高是郑90007,单株荚数、单株粒数最低是是中黄13,单株粒重最低的是荷豆13,均为有限生长习性品种。

高产品种的种子蛋白含量为38.5%~42.3%,脂肪含量为21.3%~23.4%,其中亚有限生长习性品种的平均蛋白含量39.99%,脂肪含量22.67%,有限生长习性品种平均蛋白含量41.87%,脂肪含量21.53%。亚有限生长习性品种的种子脂肪含量高于有限生长习性品种,蛋白含量低于亚有限生长习性品种。

利用筛选出的14份高产大豆品种与余下的36份普通大豆品种的主要性状进行比较分析结果表明:高产大豆品种的生殖生长期平均为68.79 d,极显著长于普通品种的平均生殖期($t=2.94^{**}$);平均主茎节数为17.55节,比普通品种多2.05个节,差异极显著($t=3.23^{**}$);平均单株粒重13.45 g,比普通品种高1.91 g,差异极显著($t=2.87^{**}$);种子蛋白质含量平均为40.40%,比普通品种低1.17%,种子脂肪含量为22.42%比普通品种高0.68%,差异均极显著($t=2.88^{**}$; $t=2.98^{**}$)。高产品种的平均株高为80.75 cm,比普通品种高10.66 cm;平均结荚高度为10.49 cm,比普通品种低2.43 cm;平均单株粒数为80.15个比普通品种多13.82个,每荚粒数平均为2.2个,比普通品种多0.1个,均差异显著。高产品种的单株荚数36.56个,比普通品种多3.5个,差异不显著(表6)。

表5 14份高产大豆品种的主要性状表现
Table 5 The main characteristics of 14 high-yield soybean varieties

品种名称	营养期	生殖期	株高	结荚高度	主茎节数	有效分枝	单株荚数	单株粒数	每荚粒数	单株粒重	百粒重	小区产量	蛋白含量	脂肪含量	蛋脂总量	生长习性
Variety	VP/d	RP/d	PH/cm	HFP/cm	NNMS	EB	PP	SP	SPP	SWP/g	SW/g	PY/kg	PC/%	FC/%	TCPF/%	GH
高丰1号 Gaofeng 1	31.2	71.5	101.0	9.6	20.0	1.4	43.5	103.6	2.3	16.0	16.6	1.56	40.6	22.6	63.2	亚
GR8836 GR8836	29.7	71.7	74.5	11.2	17.2	0.7	38.7	78.4	2.1	13.3	14.9	1.54	39.5	22.6	62.1	亚
铁秆1号 Teigan 1	31.3	70.2	86.3	10.4	17.4	0.6	29.9	65.4	2.3	10.8	15.8	1.48	40.3	22.7	63.0	亚
中品661 Zhongpin 661	32.0	69.5	97.1	10.0	19.5	0.8	41.5	90.6	2.3	15.3	16.3	1.46	40.0	22.8	62.8	亚
辽豆14 Liaodou 14	30.3	67.7	73.2	7.9	16.1	1.1	38.1	91.6	2.4	13.3	15.1	1.44	39.0	22.6	61.6	亚
铁丰31 Tiefeng 31	31.3	68.8	67.1	8.2	15.5	0.5	32.3	68.5	2.2	10.6	16.6	1.44	40.1	22.2	62.3	亚
晋豆28 Jindou 28	31.7	70.3	100.8	7.5	19.7	0.9	44.4	97.8	2.2	13.5	14.0	1.42	38.5	23.4	61.9	亚
晋大74 Jinda 74	34.0	70.7	98.6	13.8	19.2	0.6	32.4	73.2	2.3	12.6	17.9	1.41	40.4	22.5	62.9	亚
徐豆8号 Xudou 8	31.8	72.8	87.7	9.0	17.7	1.0	37.8	84.8	2.3	14.4	17.5	1.37	41.1	21.6	62.7	亚
中黄13 Zhonghuang 13	34.5	64.5	50.5	12.2	14.7	0.5	22.1	45.1	2.2	11.5	23.5	1.37	42.1	21.5	63.6	有
郑90007 Zheng 90007	37.7	62.7	76.5	15.9	17.7	1.6	51.7	113.3	2.2	19.0	17.3	1.36	41.2	21.8	62.9	有
晋遗30 Jinyi 30	32.2	68.7	69.7	9.4	16.4	1.2	34.9	70.5	2.1	13.0	19.1	1.36	40.1	23.3	63.4	亚
晋豆22 Jindou 22	32.3	68.5	98.8	10.5	20.1	1.7	41.8	91.1	2.2	15.1	16.4	1.35	40.3	23.1	63.4	亚
荷豆13 Hedou 13	36.3	65.5	48.7	11.6	14.5	0.3	22.7	48.0	2.1	9.8	21.5	1.30	42.3	21.3	63.6	有

VP: Vegetative period; RP: Reproductive period; PH: Plant height; HFP: Height of first pod; NNMS: Node numbers of main stem; EB: Effective branch; PP: Pods per plant; SP: Seeds per plant; SPP: Seeds per pod; GWP: Seed weight per plant; SW: 100-seed weight; PY: Plot yield; PC: Protein content; FC: Fat content; TCPF: Total content of protein and fat; GH: Growth habit.

表 6 不同产量大豆品种的主要性状统计参数及比较

Table 6 Statistical parameters and comparison of main characters of different yield soybean varieties

性状	品种类型	平均值	标准差	变异范围	变异系数	<i>t</i> 值
Character	Type	Mean	<i>SD</i>	Variation range	CV/%	<i>t</i> value
营养生长期	高产 High yield	32.60	2.26	29.67 ~ 37.67	0.07	1.45
Vegetative period/d	普通 Common	33.82	2.83	30.17 ~ 40.17	0.08	
生殖生长期	高产 High yield	68.79	2.89	62.67 ~ 72.83	0.04	2.94 * *
Reproductive period/d	普通 Common	65.70	3.47	60.00 ~ 71.00	0.06	
株高	高产 High yield	80.75	17.91	48.72 ~ 101.02	0.22	2.08 *
Plant height/cm	普通 Common	70.09	15.49	43.80 ~ 118.23	0.22	
结荚高度	高产 High yield	10.49	2.32	7.48 ~ 15.90	0.22	2.65 *
Height of first pod/cm	普通 Common	12.93	3.10	7.66 ~ 22.18	0.24	
主茎节数	高产 High yield	17.55	1.93	14.52 ~ 20.13	0.11	3.23 * *
Node numbers of main stem	普通 Common	15.50	2.03	11.63 ~ 19.57	0.13	
有效分枝	高产 High yield	0.91	0.43	0.30 ~ 1.72	0.48	0.86
Effective branch	普通 Common	1.04	0.47	0.32 ~ 2.30	0.45	
单株荚数	高产 High yield	36.56	2.20	22.13 ~ 51.72	0.23	1.66
Pods per plant	普通 Common	32.98	6.23	24.67 ~ 53.78	0.19	
单株粒数	高产 High yield	80.15	19.81	45.10 ~ 113.34	0.25	2.42 *
Seeds per plant	普通 Ordinary	66.34	12.76	48.48 ~ 99.82	0.19	
每荚粒数	高产 High yield	2.22	0.10	2.06 ~ 2.37	0.05	2.10 *
Seeds per pod	普通 Common	2.13	0.20	1.74 ~ 2.53	0.09	
单株粒重	高产 High yield	13.45	2.44	9.83 ~ 19.05	0.18	2.87 * *
Seed weight per plant/g	普通 Common	11.54	1.96	7.43 ~ 15.35	0.17	
百粒重	高产 High yield	17.33	2.58	13.98 ~ 23.53	0.15	1.27
100-seed weight/g	普通 Common	18.50	3.03	12.47 ~ 24.87	0.16	
蛋白	高产 High yield	40.40	1.05	38.53 ~ 42.28	0.03	2.88 * *
Protein content/%	普通 Common	41.57	1.36	37.30 ~ 45.05	0.03	
脂肪	高产 High yield	22.42	0.66	21.33 ~ 23.38	0.03	2.98 * *
Fat content/%	普通 Common	21.74	0.74	20.00 ~ 23.02	0.03	

2.3 高产大豆品种在不同环境下产量及适应性分析

对试验中 14 份高产品种进行稳产性及适应性分析(表 7)。14 份高产大豆品种 2012 年平均小区产量为 1.44 kg,折合产量3 000.00 kg·hm⁻²,产量最高的为高丰 1 号,平均小区产量 1.60 kg,折合产量3 333.33 kg·hm⁻²;14 份品种产量的变异系数为 3.197 ~ 19.197,变异系数最小的品种是晋豆 22;高丰 1 号、铁杆 1 号、中品 661 等 9 个品种适宜全部 3 个试点,表现了较好的丰产性和适应性。2013 年,14 份品种 3 个试点平均小区产量为 1.51 kg,折合产量3 145.83 kg·hm⁻²,产量最高的为高丰 1 号,平

均小区产量为 1.72 kg,折合产量为3 583.33 kg·hm⁻²;14 个品种的变异系数为 4.247 ~ 17.600,变异系数最小的是中品 661;高丰 1 号、铁杆 1 号、中品 661 及铁丰 31,4 个品种在 3 个试点均表现较好的丰产性和适应性;GR8836 的 3 点平均小区产量达到了 1.69 kg,在蒙城点有很好的适应性。2014 年,14 份品种在 3 个试点的小区平均产量为 1.30 kg,折合产量2 708.33 kg·hm⁻²,产量最高的是晋大 74,为 1.43 kg,折合产量2 979.17 kg·hm⁻²;14 份品种小区产量的变异系数在 5.535 ~ 26.675,变异系数最小的是晋豆 22;中品 661、GR8836、晋豆 28、铁杆 1 号等 8 个品种表现适宜 3 个试点,其中 GR8836、

晋豆 28 及中品 661 在 3 个试点均有较好的产量及适应性表现。

在蒙城试验点,2012、2013 年 14 份高产大豆品种中分别有 10 份表现适宜,2014 年有 13 份适宜。阜南点:2012 年 14 份大豆品种中有 11 份表现适宜,2013 年有 7 份表现适宜,2014 年有 8 份表现适宜。龙亢点:2012 年 14 份品种有 11 份表现适宜,

2013 年有 5 份表现适宜,2014 年有 10 份表现适宜。蒙城点 3 年试验中,14 份高产品种有 13 份品种共计 33 次表现适宜,阜南点有 11 份品种共计 25 次表现适宜,龙亢点有 12 份品种,共计 26 次表现适宜。3 年中,2012 年和 2014 年,3 个试点均表现适宜的品种较多,分别为 9 份和 8 份,2013 年在 3 个试点均表现适宜的只有 4 份。

表 7 不同年份高产大豆品种在各试点的产量及适应性

Table 7 Yield and adaptability of high yield soybean varieties in different years at each experimental location															
品种		阜南 Funan			龙亢 Longkang			蒙城 Mengcheng			均值	方差	变异系数	适宜区域	综合评价
Variety		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	M	V	CV/%	SR	CA
2012	铁杆 1 号 Tiegan 1	1.69	1.63	1.71	1.35	1.75	1.30	1.45	1.35	2.05	1.59	0.005	4.261	E1 ~ E3	很好
	中品 661 Zhongpin 661	1.64	1.06	1.48	1.35	1.65	1.35	1.50	1.75	1.55	1.48	0.010	6.683	E1 ~ E3	好
	晋豆 22 Jindou 22	1.51	1.23	1.59	1.45	1.35	1.35	1.70	1.55	1.55	1.48	0.002	3.197	E1 ~ E3	好
	晋豆 28 Jindou 28	1.62	1.35	1.06	1.45	1.40	1.10	1.60	1.55	1.45	1.40	0.004	4.628	E1 ~ E3	好
	晋遗 30 Jinyi 30	1.74	1.36	0.87	1.50	1.35	1.50	1.65	1.60	1.65	1.47	0.021	9.919	E1 ~ E3	好
	晋大 74 Jinda 74	1.50	1.38	1.01	1.45	1.60	1.35	1.45	1.50	1.40	1.40	0.026	11.476	E2	一般
	辽豆 14 Liaodou 14	1.91	1.45	1.26	1.35	1.35	1.10	1.50	1.20	1.25	1.37	0.022	10.791	E1	一般
	铁丰 31 Tiefeng 31	1.71	1.66	1.39	1.35	1.30	1.15	1.55	1.40	1.15	1.41	0.022	10.538	E1 ~ E3	好
	GR8836 GR8836	1.80	1.24	1.39	1.55	1.40	1.10	1.75	1.90	1.55	1.52	0.010	6.742	E1 ~ E3	很好
	中黄 13 Zhonghuang 13	1.77	1.40	1.30	1.05	1.10	1.10	1.20	1.55	1.50	1.33	0.018	10.161	E1	一般
	菏豆 13 Hedou13	1.50	1.45	1.21	1.10	1.10	1.25	1.15	1.40	1.40	1.28	0.005	5.650	E1 ~ E3	较好
	高丰 1 号 Gaofeng 1	1.45	1.83	1.26	1.55	1.65	1.35	1.70	1.85	1.80	1.60	0.010	6.337	E1 ~ E3	很好
	郑 90007 Zheng 9007	1.04	1.54	1.06	1.00	1.40	1.40	2.05	1.95	1.50	1.44	0.076	19.197	E3	较好
	徐豆 8 号 Xudou 8	1.15	1.72	0.75	1.50	1.40	1.30	1.65	1.35	1.55	1.37	0.030	12.571	E2	一般
2013	铁杆 1 号 Tiegan 1	1.48	1.75	1.60	1.30	1.75	1.30	1.55	1.60	1.65	1.55	0.009	5.989	E1 ~ E3	好
	中品 661 Zhongpin 661	1.72	1.42	1.15	1.65	1.65	1.10	1.40	1.85	1.9	1.54	0.004	4.260	E1 ~ E3	好
	晋豆 22 Jindou 22	1.65	1.14	1.33	1.30	1.15	1.00	1.50	1.90	1.95	1.43	0.055	16.343	E3	一般
	晋豆 28 Jindou 28	1.86	1.66	1.56	1.50	1.35	1.35	1.15	1.25	1.60	1.47	0.067	17.600	E1	一般
	晋遗 30 Jinyi 30	1.30	1.14	1.14	1.05	1.25	1.55	1.40	1.95	1.90	1.41	0.043	14.772	E3	一般
	晋大 74 Jinda 74	1.40	1.08	1.26	1.40	1.25	1.10	1.35	1.95	1.85	1.40	0.031	12.632	E3	一般
	辽豆 14 Liaodou 14	1.76	1.99	1.42	1.45	1.65	1.55	1.25	1.90	1.20	1.57	0.047	13.827	E1	较好
	铁丰 31 Tiefeng 31	1.71	1.37	1.47	1.60	1.40	1.00	1.30	1.95	1.80	1.51	0.011	6.914	E1 ~ E3	好
	GR8836 GR8836	1.73	1.61	1.15	1.80	1.65	1.45	1.65	2.30	1.85	1.69	0.019	8.264	E3	较好
	中黄 13 Zhonghuang 13	1.69	1.47	1.30	1.15	1.40	1.55	1.50	1.35	1.50	1.43	0.010	6.820	E1	一般
	菏豆 13 Hedou 13	1.19	1.20	1.26	1.40	1.20	1.40	1.50	1.45	1.85	1.38	0.013	8.167	E3	一般
	高丰 1 号 Gaofeng 1	1.58	1.64	1.53	1.80	1.70	1.55	1.65	1.80	2.20	1.72	0.005	4.247	E1 ~ E3	很好
	郑 90007 Zheng 90007	1.58	1.14	1.51	1.80	1.55	1.20	1.65	1.90	1.85	1.57	0.013	7.370	E3	较好
	徐豆 8 号 Xudou 8	1.31	1.44	1.20	1.60	1.65	1.65	1.55	1.15	1.95	1.50	0.029	11.302	E2	较好

续表 7

	品种 Variety	阜南 Funan			龙亢 Longkang			蒙城 Mengcheng			均值	方差	变异系数	适宜区域	综合评价
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	M	V	CV/%	SR	CA
2014	铁杆 1 号 Tiegan 1	1. 19	1. 07	0. 96	0. 72	1. 38	1. 26	2. 00	1. 50	1. 65	1. 30	0. 007	6. 630	E1 ~ E3	好
	中品 661 Zhongpin 661	1. 08	1. 03	1. 00	1. 02	1. 44	1. 44	1. 80	1. 55	1. 85	1. 36	0. 029	12. 459	E1 ~ E3	很好
	晋豆 22 Jindou 22	0. 94	1. 17	0. 78	0. 96	0. 72	1. 02	1. 60	1. 30	1. 75	1. 14	0. 004	5. 535	E1 ~ E3	好
	晋豆 28 Jindou 28	1. 24	1. 03	1. 30	1. 20	1. 14	1. 20	1. 80	1. 90	1. 80	1. 40	0. 007	6. 110	E1 ~ E3	很好
	晋遗 30 Jinyin 30	0. 92	1. 09	1. 10	1. 14	1. 14	0. 96	1. 05	1. 50	1. 80	1. 19	0. 008	7. 437	E1 ~ E3	好
	晋大 74 Jinda 74	1. 05	1. 15	1. 17	1. 14	1. 50	1. 08	1. 90	2. 05	1. 80	1. 43	0. 026	11. 227	E3	好
	辽豆 14 Liaodou 14	1. 28	0. 90	1. 08	1. 50	1. 50	0. 48	1. 95	1. 95	1. 75	1. 38	0. 026	11. 725	E3	较好
	铁丰 31 Tiefeng 31	1. 06	1. 05	0. 93	1. 50	1. 26	1. 14	2. 05	1. 85	1. 70	1. 39	0. 045	15. 254	E2, E3	好
	GR8836 GR8836	1. 30	0. 98	1. 10	1. 38	1. 56	1. 26	1. 90	1. 70	1. 60	1. 42	0. 030	12. 186	E1 ~ E3	很好
	中黄 13 Zhonghuang 13	0. 89	1. 00	1. 21	0. 78	1. 26	1. 20	1. 75	2. 15	1. 75	1. 33	0. 037	14. 427	E3	较好
	菏豆 13 Hedou 13	0. 96	0. 97	1. 13	0. 78	1. 02	1. 44	1. 60	1. 55	1. 75	1. 24	0. 006	6. 241	E1 ~ E3	好
	高丰 1 号 Gaofeng 1	1. 08	1. 14	1. 10	1. 08	1. 08	0. 96	1. 80	2. 10	1. 80	1. 35	0. 034	13. 581	E3	较好
	郑 90007 Zheng 90007	1. 08	0. 90	1. 12	1. 08	1. 02	1. 20	0. 85	1. 15	1. 30	1. 08	0. 080	26. 275	E2	一般
	徐豆 8 号 Xudou 8	1. 48	1. 02	1. 00	1. 02	1. 26	1. 08	1. 70	1. 40	1. 25	1. 25	0. 014	9. 442	E1 ~ E3	好

E1 表示阜南试验点;E2 表示龙亢试验点;E3 表示蒙城试验点。
E1 :Nanfu; E2 :Longkang; E3 : Mengcheng; R: Repeat; M: Mean; V: Variance; CV: Coefficient of variation; SR: Suitable region; CA: Comprehensive assessment.

3 讨 论

3.1 夏播大豆品种产量与生长环境

大豆生产获得高产首先要选用高产品种,同时高产品种需要在适宜的生长环境下才能表现出产量潜力。一定的生态条件和栽培措施构成了大豆的生长环境,多年多点试验是研究生长环境对品种产量影响的有效手段^[15-17]。本研究对 3 年 3 点试验进行联合方差分析,结果表明:品种、试点及年份间的产量差异均极显著,其中试点之间方差仅次于品种间方差,可见自然条件和栽培措施等构成的大豆生长环境已经成为夏播大豆产量的主要影响因素之一。进一步分析表明:蒙城试点每年的平均产量均显著或极显著高于阜南和龙亢试点(表 3);阜南和龙亢试点 2014 年的产量均极显著低于 2012 年和 2013 年,蒙城试点产量年度间差异不显著(表 4)。同时又因为蒙城、龙亢和阜南均位于黄淮海南部的皖北平原,纬度差异较小,光照、温度等气候条件相似。因此认为:夏播大豆在相似气候条件区域内仍存在较为明显的优势产区,优势产区内的品种产量及产量的稳定性均高于一般产区。优势产区存在的原因可能是适宜大豆生长的土壤条件及农技人员合理的栽培管理技术。同时,土壤肥力及理

化性质也可以通过栽培措施进行优化^[19],因此推测:合适的栽培技术对夏播大豆的高产、稳产有重要作用。目前情况下,研究夏播大豆优势产区尤其是具有相似气候条件的优势产区的栽培技术、管理细节等,可能对提高夏播大豆单产具有一定的意义。

3.2 高产大豆品种的主要性状特征

研究高产大豆品种的性状特征,能够帮助我们认识大豆产量的形成机理,为高产大豆品种的选育提供参考。生长习性是大豆品种的主要特征性状之一,苗以农等^[20]研究认为,营养生长和生殖生长重叠期短的有限生长习性和亚有限生长习性,是超高产大豆品种的主要特征性状之一。赵团结等^[21]总结得出,在 1994 - 2004 年期间共计有 7 个品种创造了大豆生产上的高产实例,其中亚有限生长习性 5 份,有限生长习性 2 份。5 份亚有限生长习性品种分别在新疆、辽宁、山西、河南及江苏 5 个省份,西北、东北、黄淮及南方多个生态区创造了高产纪录,2 份有限生长习性品种在河南、安徽主要是黄淮南部夏播大豆生态区创造了高产纪录。本研究根据 3 年 3 点试验鉴定结果,从 50 份种质中筛选得到 14 份高产大豆品种,其中亚有限生长习性 11 份,有限生长习性 3 份;14 份高产品种中平均产量位于前 4 位的均为亚有限生长习性品种。因此认为亚有限生

长习性品种可能因为具有更好的环境适应性,从而更容易实现高产潜力。同时也注意到本研究的试验材料中黄淮南部地区近些年审定的品种较少,而黄淮南部近些年审定的品种中有限生长习性品种比例增大。生长习性是大豆品种的主要特征特性之一,不同生长习性大豆品种在生长各个阶段对生长环境条件的要求也应该不同。所以为了得到更加准确的结论,需要进一步对本生态区内近期审定的大豆品种进行鉴定,并对不同生长习性品种的适宜环境条件及栽培方式等进行系统研究。

产量性状是一个由多性状组成的复合性状,已有的研究证明大豆产量性状与多个性状呈高度相关^[18,20-21]。本研究通过对14份高产大豆品种与试验中余下的36份普通大豆品种的主要农艺性状的比较分析结果表明:高产大豆品种的生殖生长期、主茎节数及单株粒重平均值均极显著大于普通品种,株高、单株粒数及每荚粒数的平均值均显著大于普通品种,结荚高度及种子蛋白含量的均值显著或极显著小于普通品种。表明高产大豆品种一般具有生殖生长期长,主茎节数多,单株粒重大的主要特点,其次高产大豆品种还具有株高较高,结荚高度较低,单株粒数和每荚粒数较多,种子的脂肪含量较高、蛋白含量较低的特点。通过对高产品种中不同生长习性品种的性状分析发现:14份高产大豆品种中,亚有限生长习性品种的生殖生长期、株高、主茎节数、单株荚数、单株粒数及种子脂肪含量的平均值均大于有限生长习性品种;亚有限生长习性品种的结荚高度、百粒重、脂肪含量及蛋脂总量的均值小于有限生长习性品种。

3.3 高产大豆品种的环境适应性

品种对环境的适应性是指品种在生长发育和产量形成过程中对生态因子的需求规律与生长环境中生态因子变化规律相吻合的程度,以及通过自我调节以适应生境变化的能力。本次研究选用的大豆品种的生育期表现上均适宜黄淮夏播生态区,因此对高产大豆品种的适应性研究,主要考察14份高产夏播大豆品种,在生育过程中自我调节以适应环境的能力。14份高产大豆品种中,产量位于前4位的是高丰1号、GR8836、铁杆1号及中品661,其中,高丰1号、铁杆1号及中品661在3年试验中年均表现适宜3个试点,GR8836在2012和2014年表现适宜3个试点,2013年表现适宜蒙城试点,同时2013年GR8836的产量仅次于高丰1号。由此可见,这4份大豆品种不仅具有高产潜力,同时也具有较高的环境适应能力。

4 结 论

黄淮海夏播大豆生态区,地域辽阔,南北跨度大,气候、土壤等因素变化多样,大豆栽培研究基础较为薄弱,栽培管理及自然条件等构成的生长环境是影响夏播大豆品种产量及适应性表现的主要因素之一;与普通大豆品种相比,高产大豆品种具有生殖生长期长,单株粒重大、主茎节数和单株粒数多、脂肪含量高、蛋白含量低等特点;本试验3年平均产量居于前4位的,全部为亚有限生长习性品种,同时这4份品种在3个试验点均有较好的适应性。
致谢:中国农业科学院作物研究所邱丽娟老师课题组,提供了试验材料,并在试验设计中给予指导!

参考文献

[1] 邓飞,王丽,刘利,等. 不同生态条件下栽培方式对水稻干物质生产和产量的影响[J]. 作物学报, 2012 (10):1930-1942. (Deng F, Wang L, Liu L, et al. Effects of cultivation methods on dry matter production and yield of rice under different ecological conditions[J]. Acta Agronomica Sinica, 2012 (10):1930-1942.)

[2] 李克南,杨晓光,刘园,等. 华北地区冬小麦产量潜力分布特征及其影响因素[J]. 作物学报, 2012 (8):1483-1493. (Li K N, Yang X G, Liu Y, et al. Distribution characteristics of winter wheat yield and its influenced factors in North China[J]. Acta Agronomica Sinica, 2012 (8):1483-1493.)

[3] 盖钧镒,汪越胜. 中国大豆品种生态区域划分的研究[J]. 中国农业科学, 2001 ,34(2):139-145. (Gai J Y, Wang Y S. A Study on the varietal eco-regions of soybeans in China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2001 ,34 (2):139-145.)

[4] 费志宏,吴存祥,孙洪波,等. 以光周期处理与分期播种试验综合鉴定大豆品种的光温反应[J]. 作物学报, 2009, 35 (8):1525-1531. (Fei Z H, Wu C X, Sun H B, et al. Identification of photothermal responses in soybean by integrating photoperiod treatments with planting-date experiments[J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(8): 1525-1531.)

[5] 袁明,宁海龙,王守义,等. 光温效应对大豆品种黑河45生育进程及产量的影响[J]. 大豆科学, 2013,32 (3):328-332. (Yuan M, Ning H L, Wang S Y, et al. Effect of light and temperature on reproductive processes and yield of soybean Heihe 45[J]. Soybean Science, 2013,32 (3):328-332.)

[6] 范元芳,杨峰,王锐,等. 弱光对大豆生长、光合特性及产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2016 ,38(1):71-76. (Fan Y F, Yang F, Wang R, et al. Effects of low light on growth, photosynthetic characteristics and yield of soybean[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2016,38 (1):71-76.)

[7] 王一,杨文钰,张霞,等. 不同生育时期遮阴对大豆形态性状和产量的影响[J]. 作物学报, 2013, 39 (10): 1871-1879. (Wang Y, Yang W Y, Zhang X, et al. Effects of shading at different growth stages on different traits and yield of soybean[J]. Acta Agronomica Sinica, 2013,39 (10):1871-1879.)

[8] 闫春娟,王文斌,涂晓杰,等. 不同生育时期干旱胁迫对大豆

根系特性及产量的影响[J]. 大豆科学, 2013,32 (1):59-62, 67. (Yan C J, Wang W B, Tu X J, et al. Effect of drought stress at different growth stage on yield and root characteristics of soybean [J]. Soybean Science, 2013,32 (1):59-62,67.)

[9] 刘丽君, 林浩, 唐晓飞, 等. 干旱胁迫对不同生育阶段大豆产量形态建成的影响[J]. 大豆科学, 2011,30 (3):405-412. (Liu L J, Lin H, Tang X F, et al. Drought stress influence soybean yield morphogenesis in different growth stages[J]. Soybean Science, 2011,30 (3):405-412.)

[10] 曹立为. 耕层深度及土壤容重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 E. The effect of topsoil depth and bulk density on soybean growth and yield [D]. Harbin:Northeast Agricultural University, 2015.)

[11] 严君, 韩晓增, 丁娇, 等. 东北黑土区大豆生长、结瘤及产量对氮、磷的响应[J]. 植物营养与肥料学报, 2014,20 (2):318-325. (Yan J, Han X Z, Ding J, et al. Responses of growth, nodulation and yield of soybean to different nitrogen and phosphorus fertilization management[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer, 2014 ,20(2):318-325.)

[12] 计钟程, 许文芝. 重茬大豆减产与土壤环境变化[J]. 大豆科学, 1995,24 (4):321-329. (Ji Z C, Xu W Z. The change of soil environment with reducing-yield of continue-cropping in soybean. Soybean Science, 1995,24(4):321-329.)

[13] 何志鸿, 刘忠堂, 许艳丽, 等. 大豆重迎茬减产的原因及农艺对策研究. III 重迎茬大豆的土壤养分与养分吸收[J]. 大豆科学, 2003,22 (1):40-44. (He Z H, Liu Z T, Xu Y L, et al. Study on the reason reducing production of soybean planted continuously and the way to get more output[J]. Soybean Science, 2003,22 (1):40-44.)

[14] 严君, 韩晓增. 盆栽条件下土壤无机氮浓度对大豆结瘤、固氮和产量的影响[J]. 中国农业科学, 2014,47 (10):1929-1938. (Yan J, Han X Z. Effect of soil inorganic N concentrations on the nodulation, N₂ fixation and yield in soybean in a pot experiment [J]. Scientia Agricultura Sinica , 2014 (10):1929-1938.)

[15] 袁晋, 罗庆明, 刘卫国, 等. 气象因子对川中丘陵地区带状套作大豆产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2014,33 (6):777-783. (Yuan J, Luo Q M, Liu W G, et al. Effect of meteorological factors on yield of relay strip intercropping soybean in hilly area of the central Sichuan Basin[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2014,33 (6):777-783.)

[16] 秦君, 杨春燕, 谷峰, 等. 黄淮海地区大豆产量及其稳定性评价[J]. 中国农业科学, 2013,46 (3):451-462. (Qin J, Yang C Y, Gu F, et al. Evaluation of productivity and stability of soybean cultivars in China's Huang-Huai-Hai region [J]. Scientia Agricultura Sinica. 2013,46 (3):451-462.)

[17] 刘章雄, 杨春燕, 徐冉, 等. 大豆微核心种质在黄淮地区的区域适应性分析[J]. 作物学报, 2011,37 (3):443-451. (Liu Z X, Yang C Y, Xu R, et al. Adaptability of soybean MIni core collections in Huang-Huai region [J]. Acta Agronomica Sinica , 2011, 37(3): 443-451.)

[18] 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, 2014,35 (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, 2014,35 (2):417-422)

[19] 柏炜霞, 李军, 王玉玲, 等. 渭北旱塬小麦玉米轮作区不同耕作方式对土壤水分和作物产量的影响[J]. 中国农业科学, 2014,47 (5):880-894. (Bai W X, Li J, Wang Y L, et al. Effects of different tillage methods on soil water and crop yield of winter wheat-spring maize rotation region in Weibei highland[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2014 ,47(5):880-894.)

[20] 苗以农, 朱长甫, 石连旋, 等. 从大豆株型结构和生理生化特点看选育超高产品种的趋势[J]. 大豆科学, 1997,26 (4):59-63. (Miao Y N, Zhu C F, Shi L X, et al. Prediction of soybean high yield breeding tendency upon its geowth type structure and physiological-biochemical characteristics [J]. Soybean Science, 1997,26 (4):59-63.)

[21] 赵团结, 盖钧镒, 李海旺, 等. 超高产大豆育种研究的进展与讨论[J]. 中国农业科学, 2006,39 (1):29-37. (Zhao T J, Gai J Y, Li H W, et al. Advances in breeding for super high-yielding soybean cultivars[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2006,39 (1):29-37.)