

播种密度及施肥水平对耐密植大豆合农 76 产量性状的影响

李灿东,郭 泰,郑 伟,张振宇,赵海红,盖志佳,郭美玲,王志新

(黑龙江省农业科学院 佳木斯分院,黑龙江 佳木斯 154007)

摘 要:以耐密植大豆品种合农 76 为试验材料,采用二因素完全随机区组设计,设置 5 个播种密度(25 万, 30 万, 35 万, 40 万及 45 万株·hm⁻²)和 6 个施肥水平,研究其对大豆产量及产量相关性状的影响,探索耐密植大豆品种产量相关性状的最优配置,明确该品种最佳播种密度及施肥水平。结果表明:随着播种密度的增加,株高呈升高趋势,节数、单株荚数、单株粒数及百粒重均呈降低趋势;随着施肥水平的提高,株高、节数和百粒重呈升高趋势,单株荚数和单株粒数无明显变化规律;随着播种密度的增加及施肥水平的提高,产量均呈先升高后降低的总体趋势,最高产量处理组合各产量相关性状均未达到最佳表现,而是达到最优配置,群体产量得到最大发挥。在播种密度为 40 万株·hm⁻²及施肥水平为磷酸二铵 140 kg·hm⁻²、尿素 45 kg·hm⁻²及氯化钾 35 kg·hm⁻²条件下,产量最高(3 309.77 kg·hm⁻²),在播种密度为 35 万株·hm⁻²及施肥水平为磷酸二铵 120 kg·hm⁻²、尿素 40 kg·hm⁻²及氯化钾 30 kg·hm⁻²条件下,产量次之(3 302.07 kg·hm⁻²)且差异未达到极显著水平,说明适当降低播种密度和施肥水平也能够获得较高的产量,从而达到节本、增效、环保的目的。

关键词:耐密植;大豆;播种密度;施肥水平;产量

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2017.05.0727

Effect of Sowing Density and Fertilizer Levels on the Yield Traits of High Dense Planting Soybean Cultivar Henong 76

LI Can-dong, GUO Tai, ZHENG Wei, ZHANG Zhen-yu, ZHAO Hai-hong, GAI Zhi-jia, GUO Mei-ling, WANG Zhi-xin

(Jiamusi Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi 154007, China)

Abstract: In this paper, the effect of sowing density and fertilizer levels on yield and yield traits were studied using high dense planting soybean cultivar Henong 76 with two factors and three repetition complete randomized block design to explore the optimal allocation of yield traits and clear the best sowing density and fertilizer levels. The results showed that the plant height increased with the increasing of sowing density and the node number, plant pod number, plant seed number, and 100-seed weight decreased. The plant height, node number, and 100-seed weight increased with the increasing of fertilizer levels and the plant pod number, and plant seed number showed no decline change. The yield increased and then decreased with the increasing of sowing density and fertilizer levels. The yield traits does not reach the best expression respective and get the optimal allocation on the highest yield treatments. The highest yield (3 309.77 kg·ha⁻¹) treatment was on sowing density with 400 thousand plants per hectare and phosham 140 kg·ha⁻¹, urea 45 kg·ha⁻¹ and kalium chloratum 35 kg·ha⁻¹. The second yield (3 302.07 kg·ha⁻¹) treatment was on sowing density with 350 thousand plants per hectare and phosham 120 kg·ha⁻¹, urea 40 kg·ha⁻¹ and kalium chloratum 30 kg·ha⁻¹. There was no significant difference between the first and second yield treatments. So it declared that suitable reduction of the sowing density and fertilizer levels could also get higher yield and more cost saving, benefit increase, and environmental protection.

Keywords: High dense planting; Soybean; Sowing density; Fertilizer levels; Yield

大豆属于群体产量作物^[1],产量水平主要表现在单位面积上产出的籽粒重量^[2],获得大豆高产必须考虑到 3 个因素的平衡,一是构建合理的群体结构,二是协调个体与群体的最佳配置,三是使大豆群体布局对生态环境资源的利用率达到最大化^[3]。通过改变种植密度可以调整大豆群体结构,使大豆个体与群体间达到最佳配置,更加有效地同化光能

产物,积累干物质,从而充分利用环境资源以获得更高产量^[4]。耐密植大豆能够充分利用单位面积土地,依靠群体产量有效提高单产水平。不同种植密度对大豆植株生长发育的影响不同,低密度种植有利于大豆植株个体发育,产量性状表现充分,但单位面积群体量小,限制了大豆的产量发挥;高密度种植不利于大豆通风透光,或导致田间倒伏,造

收稿日期:2017-03-30
基金项目:国家星火计划(2015GA670004);国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-04);国家重点研发计划(2016YFD0100201-08)。
第一作者简介:李灿东(1984-),男,博士,副研究员,主要从事大豆遗传育种与栽培技术研究。E-mail:licandong@126.com。
通讯作者:王志新(1970-),男,硕士,研究员,主要从事大豆遗传育种与栽培技术研究。E-mail:wangzhixin530@163.com。

成个体发育不良,虽然群体量大,但仍然不能获得高产。一般情况下,耐密植大豆品种在较高种植密度条件下会获得高产,而普通品种则需在常规密度下种植,发挥个体优势提高产量^[5]。大豆虽然具有根瘤固氮能力,但仍需施用底肥,不同施肥水平对大豆生长发育具有不同程度的影响^[6]。对于同一品种,同一栽培密度条件下产量随施肥量的增加逐渐增加,达到峰值后显著降低,过量施肥既增加成本又会造成大豆植株贪青晚熟,反而使大豆显著减产^[7]。由于不同施肥水平会影响大豆群体植株的生长发育,因此在不同栽培密度下,群体所能达到最高产量的最佳施肥水平也不同^[8]。所以,不同栽培密度和施肥水平的最佳配置才是大豆高产的关键因素。

合农 76 为半矮秆耐密植大豆品种,在垄作栽培条件下种植密度可达 35 万~40 万株·hm⁻²,本研究以合农 76 为核心品种,通过对不同栽培密度及施肥水平的动态调节,研究该品种产量相关性状的变化规律,探索大豆群体合理配置,为耐密植大豆品种的高产应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验地点位于黑龙江省佳木斯市南郊黑龙江省农业科学院佳木斯分院第 14 号试验田,地理坐标为 N49°49′,E130°17′,海拔 82 m 左右。全年日照时数为 2 300~2 450 h,≥10℃ 的有效积温为 2 450~2 500℃,无霜期 130 d 左右,全年平均降水量为 650~700 mm。试验地前茬作物为玉米,地势平坦,土壤有机质含量 830 mg·kg⁻¹,全氮 32.8 mg·kg⁻¹,碱解氮 2.4 mg·kg⁻¹,速效磷 12.5 mg·kg⁻¹,速效钾 51.6 mg·kg⁻¹,全磷 20.4 mg·kg⁻¹,全钾 179.6 mg·kg⁻¹,pH6.5。

1.2 材料

供试大豆品种为耐密植大豆合农 76,由黑龙江省农业科学院佳木斯分院于 2015 年选育与推广。

供试肥料为 46.4% 尿素(中国石油天然气股份有限公司)、64% 磷酸二铵(云天化股份有限公司)及 50% 氯化钾(云天化股份有限公司)。

1.3 试验设计

试验于 2016 年 5 月 2 日播种,人工开沟撒肥覆土,人工播种后再覆土。试验区采用二因素完全随机区组设计,5 行区,行长 5 m,行距 0.7 m,3 次重复。试验因素一为 5 个密度处理(万株·hm⁻²),分别为 A1(25)、A2(30)、A3(35)、A4(40)及 A5(45);因素二为 6 个施肥处理(kg·hm⁻²),分别为 B1(不施肥)、B2(磷酸二铵 80、尿素 30、氯化钾 20)、B3(磷酸二铵 100、尿素 35、氯化钾 25)、B4(磷酸二铵 120、尿素 40、氯化钾 30)、B5(磷酸二铵 140、尿素 45、氯化钾 35)及 B6(磷酸二铵 160、尿素 50、氯化钾 40)。不同密度与施肥处理组合完全随机排列,播种密度按照指定量多播 0.5 倍后通过间苗确定,施肥水平按照公顷施用量折合小区用量采用天平称重混伴施入。生育期间调查各处理主要农艺性状,秋季成熟后每个处理选中间一行中间部位连续拔取 10 株进行室内产量性状考种,余下 4 行全部收获测产。

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 及 DPS 7.05 进行数据统计分析^[9]。

2 结果与分析

2.1 播种密度与施肥水平及其互作对产量相关性状的影响

由表 1 可见,经过方差分析,除密度与施肥互作对节数影响不显著外,密度、施肥及二者互作对株高、节数、单株荚数、单株粒数、百粒重和产量均产生极显著影响。由此可见,不同播种密度与施肥水平以及二因素互作对单个产量相关性状的影响是显著的,而不同产量性状的变化规律是不同的,对产量形成也各有利弊,有待于继续分析。

表 1 产量相关性状不同处理的方差分析

Table 1 Variance analysis of different treatments on yield related traits						
性状 Trait	变异来源 Source of variance	平方和 Sum of squares	自由度 Freedom	均方 Mean square	F 值 F value	显著水平 Significant level
株高 Plant hight	密度(A) Density	1655.8451	4	413.9613	281.5660**	0.0001
	施肥(B) Fertilization	835.1607	5	167.0321	113.6110**	0.0001
	A×B	73.0000	20	3.6500	2.4830**	0.0035
	Density×Fertilization					

续表 1

性状 Trait	变异来源 Source of variance	平方和 Sum of squares	自由度 Freedom	均方 Mean square	<i>F</i> 值 <i>F</i> value	显著水平 Significant level
节数 Node number	误差 Error	88. 2125	60	1. 4702		
	总变异 Total variation	2652. 2182	89			
	密度 (A) Density	35. 2691	4	8. 8173	91. 2230 * *	0. 0001
	施肥 (B) Fertilization	11. 0359	5	2. 2072	22. 8350 * *	0. 0001
	A × B Density & Fertilization	0. 7603	20	0. 0380	0. 3930	0. 9884
	误差 Error	5. 7994	60	0. 0967		
单株荚数 Plant pod number	总变异 Total variation	52. 8646	89			
	密度 (A) Density	4857. 9762	4	1214. 4941	643. 4000 * *	0. 0001
	施肥 (B) Fertilization	141. 9377	5	28. 3875	15. 0390 * *	0. 0001
	A × B Density & Fertilization	369. 2697	20	18. 4635	9. 7810 * *	0. 0001
	误差 Error	113. 2571	60	1. 8876		
	总变异 Total variation	5482. 4407	89			
单株粒数 Plant seed number	密度 (A) Density	25792. 1556	4	6448. 0389	785. 2820 * *	0. 0001
	施肥 (B) Fertilization	584. 3222	5	116. 8644	14. 2320 * *	0. 0001
	A × B Density & Fertilization	1993. 1778	20	99. 6589	12. 1370 * *	0. 0001
	误差 Error	492. 6667	60	8. 2111		
	总变异 Total variation	28862. 3222	89			
	密度 (A) Density	7. 9708	4	1. 9927	953. 2820 * *	0. 0001
百粒重 100-seed weight	施肥 (B) Fertilization	0. 8768	5	0. 1754	83. 8930 * *	0. 0001
	A × B Density & Fertilization	0. 8984	20	0. 0449	21. 4890 * *	0. 0001
	误差 Error	0. 1254	60	0. 0021		

续表 1

性状 Trait	变异来源 Source of variance	平方和 Sum of squares	自由度 Freedom	均方 Mean square	F 值 F value	显著水平 Significant level
	总变异 Total variation	9. 8715	89			
产量 Yield	密度 (A) Density	5308493. 9868	4	1327123. 4967	11845. 5380 * *	0. 0001
	施肥 (B) Fertilization	712280. 5779	5	142456. 1156	1271. 5240 * *	0. 0001
	A × B Density & Fertilization	951496. 2402	20	47574. 8120	424. 6400 * *	0. 0001
	误差 Error	6722. 1439	60	112. 0357		
	总变异 Total variation	6978992. 9489	89			

* 和 * * 分别代表在 0. 05 和 0. 01 水平差异显著。
* and * * are significant different at 0. 05 and 0. 01 probability level, respectively.

2. 2 不同播种密度与施肥水平条件下合农 76 产量及其相关性状的表现

2. 2. 1 株高 株高随着播种密度的增加和施肥水平的提高而逐渐升高, A5 处理株高最高 (89. 74 cm), A1 处理株高最低 (77. 08 cm), 除 A2 和 A3 处理差异不显著外, 其它各密度处理间差异达到极显著水平; B6 处理株高最高 (89. 27 cm), B1 处理株高最低 (80. 05 cm), 各施肥处理间差异达到极显著水平; 密度和施肥互作分析表明, A5B6 处理株高最高 (95. 17 cm), A1B1 处理株高最低 (75. 00 cm), 同一施肥水平下, 株高随着播种密度的增加而升高, 同一密度条件下, 株高随着施肥水平的提高而升高; 产量较高处理组合的株高处于中上游, 株高过高或过低都不利于产量形成 (表 2)。

2. 2. 2 节数 节数随着播种密度的增加而逐渐降低, 在 A1 处理节数最多 (20. 02), A5 处理节数最低 (18. 22), 除 A2 和 A3 处理差异不显著外, 其它各密度处理间差异达到极显著水平; 节数随着施肥水平的提高而逐渐增加, 在 B6 处理节数最多 (19. 89), B1 处理节数最少 (18. 89); 密度和施肥互作分析表明, A1B6 处理节数最多 (20. 47), A5B1 处理节数最少 (17. 57), 同一施肥水平下, 节数随着播种密度的增加而降低, 同一密度条件下, 节数随着施肥水平的提高而升高; 产量较高处理组合的节数处于中游, 低密度条件下节数最多但仍然不利于产量形成。

2. 2. 3 单株荚数 单株荚数随着播种密度的增加而逐渐减少, 在 A1 处理单株荚数最多 (48. 26), A5 处理单株荚数最少 (25. 93), 各密度处理间差异均达到极显著水平, 可见播种密度是影响单株荚数的

主要因素; 单株荚数在各施肥水平下变化不明显, 除 B6 处理显著偏少外 (35. 37), 其它处理间均未达到显著水平; 密度和施肥互作分析表明, A1B5 处理单株荚数最多 (50. 20), A5B6 处理单株荚数最少 (22. 41), 同一施肥水平下, 单株荚数随着播种密度的增加而降低的变化规律非常明显, 而同一密度下不同施肥水平间则无明显规律; 产量较高处理组合的单株荚数并不多, 可见群体量是高产的主要因素。

2. 2. 4 单株粒数 单株粒数与单株荚数变化趋势相似, 都是随着播种密度的增加而显著减少, 在 A1 处理单株荚数/粒数最多 (48. 26/114. 44), A5 处理单株荚数/粒数最少 (25. 93/63. 17), 各密度处理间差异均达到极显著水平, 可见播种密度是影响单株荚数/粒数的主要因素; 单株荚数/粒数在各施肥水平下变化不明显, 除在 B6 处理显著偏少外, 其它处理间均未达到显著水平; 密度和施肥互作分析表明, 单株荚数在 A1B5 处理最多 (50. 20), 单株粒数在 A1B6 处理最多 (119. 67), 在 A5B6 处理单株荚数和粒数都最少, 同一施肥水平下, 单株荚数/粒数随着播种密度的增加而降低的变化规律非常明显, 而同一密度下不同施肥水平间则无明显规律; 产量较高处理组合的单株荚数/粒数并不多, 可见群体量大小是高产的重要因素。

2. 2. 5 百粒重 百粒重随着播种密度的增加逐渐减小, 随着施肥水平的提高逐渐增加, 在 A1 处理最高 (19. 74 g), A5 处理最低 (18. 89 g), 不同密度处理间差异达到极显著水平, 在 B6 处理最高 (19. 51 g), B1 处理最低 (19. 23 g), 除 B5 和 B6 之外, 其它处理间差异极显著; 密度和施肥互作分析表明,

A1B6 处理百粒重最高 (20.00 g), A5B1 处理最低 (18.70 g), 同一施肥水平下, 百粒重随着播种密度的增加而降低, 同一密度下随着施肥水平的提高而增加; 产量较高处理组合的百粒重反而不高, 可能的原因是密植条件影响了籽粒干物质积累, 但群体量加大则更有利于产量形成。

2.2.6 产量 由表 2 可见, 经过对各处理的新复极差测验, 产量随着播种密度的增加和施肥水平的提高呈先升高后降低的趋势, 播种密度在 A3 处理产量达到最高 (3 168.72 kg·hm⁻²), 其次为 A4 处理 (3 162.38 kg·hm⁻²), A5 处理产量最低 (2 504.27 kg·hm⁻²), A3 与 A4 处理差异不显著, 其余各处理

差异达到极显著水平; 施肥水平在 B4 处理产量达到最高 (3 009.42 kg·hm⁻²), B5 处理产量略低 (3 000.93 kg·hm⁻²), 在 B1 处理最低 (2 749.79 kg·hm⁻²), 除 B2、B6 间差异不显著外, 其余各处理差异达到显著或极显著水平; 从密度和施肥互作来看, A4B5 处理产量最高 (3 309.77 kg·hm⁻²), 其次为 A3B4、A4B6 和 A4B4 处理, 差异均未达到极显著, A5B6 处理产量最低, 并且在与 A5 组合的各施肥处理产量均不理想。总体来看, 播种密度在 A3、A4 产量较高, 施肥水平在 B4、B5 产量较高, 在低播种密度条件下, 产量随着施肥水平的提高而升高, 在高播种密度条件下, 产量随着施肥水平的提高而降低。

表 2 不同播种密度及施肥水平下产量相关性状的新复极差测验

Table 2 Duncan's test of yield related traits of different sowing density and fertilizer levels											
处理 Treatment	株高 Plant height /cm	处理 Treatment	节数 Node number	处理 Treatment	单株荚数 Pod number per plant	处理 Treatment	单株粒数 Seed number per plant	处理 Treatment	百粒重 100-seed weight/g	处理 Treatment	产量 Yield average /(kg·hm ⁻²)
A5	89.74 aA	A1	20.02 aA	A1	48.26 aA	A1	114.44 aA	A1	19.74 aA	A3	3168.72 aA
A4	87.43 bB	A2	19.73 bB	A2	41.97 bB	A2	100.67 bB	A2	19.60 bB	A4	3162.38 aA
A3	84.23 cC	A3	19.66 bB	A3	38.12 cC	A3	91.39 cC	A3	19.56 cC	A2	2983.88 bB
A2	83.58 cC	A4	19.32 cC	A4	36.27 dD	A4	87.06 dD	A4	19.33 dD	A1	2901.81 cC
A1	77.08 dD	A5	18.22 dD	A5	25.93 eE	A5	63.17 eE	A5	18.89 eE	A5	2504.27 dD
B6	89.27 aA	B6	19.89 aA	B3	39.12 aA	B3	93.27 aA	B6	19.51 aA	B4	3009.42 aA
B5	86.74 bB	B5	19.73 aAB	B1	38.91 aA	B4	92.60 aA	B5	19.51 aA	B5	3000.93 bA
B4	85.05 cC	B4	19.48 bBC	B5	38.43 aA	B1	92.47 aA	B4	19.47 bAB	B3	2985.93 cB
B3	83.47 dD	B3	19.27 bcCD	B4	38.43 aA	B2	92.20 aA	B3	19.43 cB	B6	2961.09 dC
B2	81.91 eE	B2	19.08 cdDE	B2	38.40 aA	B5	91.80 aA	B2	19.38 dC	B2	2958.11 dC
B1	80.05 fF	B1	18.89 dE	B6	35.37 bB	B6	85.73 bB	B1	19.23 eD	B1	2749.79 eD
A5B6	95.17 aA	A1B6	20.47 aA	A1B5	50.20 aA	A1B6	119.67 aA	A1B6	20.00 aA	A4B5	3309.77 aA
A5B5	92.43 bAB	A1B5	20.27 abAB	A1B6	49.90 abA	A1B5	119.00 aAB	A1B5	19.92 bA	A3B4	3302.07 abA
A4B6	92.43 bAB	A2B5	20.10 abcABC	A1B4	48.85 abA	A1B4	115.33 abAB	A1B4	19.81 cB	A4B6	3294.03 abA
A5B4	90.10 cBC	A2B6	20.07 abcdABCD	A1B3	47.99 abAB	A1B3	113.67 bAB	A3B6	19.79 cBC	A4B4	3290.37 bA
A3B6	89.47 cdCD	A1B4	20.07 abcdABCD	A1B2	47.57 bAB	A1B2	112.33 bBC	A2B6	19.79 cBC	A4B3	3263.77 cB
A4B5	89.43 cdCD	A3B5	20.03 abcdeABCD	A1B1	45.08 cBC	A1B1	106.67 cCD	A1B3	19.69 dCD	A3B5	3256.93 cBC
A5B3	88.33 cdeCDE	A4B6	20.03 abcdeABCD	A2B3	43.95 cdCD	A2B3	104.00 cDE	A3B5	19.69 dCD	A3B3	3235.90 dC
A2B6	88.23 cdeCDEF	A3B6	20.00 abcdeABCD	A2B2	43.01 cdeCDE	A2B2	103.00 cdDE	A2B5	19.67 deD	A3B2	3212.57 dD
A3B5	87.70 defCDEFG	A1B3	19.90 abcdefABCDE	A2B1	42.86 cdeCDEF	A2B1	102.33 cdDE	A1B2	19.61 deDE	A4B2	3183.03 eE
A4B4	87.37 defgCDEFG	A2B4	19.83 bedefgABCDE	A2B5	42.57 deCDEFG	A2B5	101.67 cdEDF	A2B4	19.61 deDE	A3B6	3141.47 gF
A5B2	86.90 efghDEFG	A1B2	19.77 bcdefghABCDE	A3B4	40.95 efDEFGH	A3B4	98.33 deEFG	A2B3	19.60 eDE	A2B5	3022.37 hG
A4B3	86.73 efghDEFG	A3B4	19.73 bcdefghABCDEF	A2B4	40.01 fgEFGHI	A2B4	98.00 deEFG	A3B4	19.59 eDE	A2B6	3021.53 hG
A2B5	86.43 efghEFG	A2B3	19.67 bcdefghBCDEFG	A4B5	39.82 fgEFGHI	A3B2	95.00 efFGH	A2B2	19.52 fgEF	A2B4	3014.47 hG
A2B4	86.17 efghEFGH	A1B1	19.67 bcdefghBCDEFG	A3B3	39.58 fgFGHI	A2B6	95.00 efFGH	A3B3	19.48 ghFG	A2B3	3008.97 hGH
A5B1	85.53 fghEFGHI	A4B5	19.63 cdefghBCDEFG	A3B1	39.58 fgFGHI	A4B5	94.67 efGH	A3B2	19.48 ghFG	A1B6	3007.33 hGH
A4B2	85.27 ghiFIGH	A3B3	19.57 cdefghBCDEFG	A2B6	39.44 fgGHI	A3B3	94.33 efGHI	A2B1	19.43 hiFG	A2B2	2985.67 iH
A3B4	84.87 hijGHI	A2B2	19.47 defghiBCDEFGH	A3B2	39.10 fgHI	A3B1	93.33 efGHI	A1B1	19.41 hiFGH	A1B5	2929.00 jI
A4B1	83.37 ijHIJ	A3B2	19.43 efghiCDEFGH	A4B4	38.09 ghHIJ	A4B4	91.67 fgGHI	A4B3	19.40 hiGHI	A1B4	2913.90 jI
A2B3	82.93 jkIJ	A4B4	19.37 fghiCDEFGHI	A4B3	37.51 ghiIJ	A4B3	89.33 ghHIJ	A4B2	19.39 iGHIJ	A1B3	2882.07 kJ
A3B3	82.93 jkIJ	A2B1	19.27 ghijDEFGHI	A3B5	35.87 hijJK	A3B5	86.33 hiIJK	A3B1	19.32 jHIJ	A1B2	2871.23 kIJK
A1B6	81.07 klJK	A3B1	19.20 hijkEFGHI	A4B2	35.46 ijJK	A4B2	85.00 hijIJK	A4B1	19.29 jIJ	A3B1	2863.37 lmJK
A3B2	81.03 klJK	A4B3	19.17 hijkEFGHI	A4B1	35.24 ijJK	A4B1	83.67 ijJKL	A4B5	19.29 jIJ	A2B1	2850.27 mK
A2B2	80.80 klJK	A4B2	18.97 jkFGHIJ	A3B6	33.62 jkKL	A3B6	81.00 jkKLM	A4B4	19.29 jJ	A1B1	2807.33 nL

续表 2

处理 Treatment	株高 Plant height /cm	处理 Treatment	节数 Node number	处理 Treatment	单株荚数 Pod number per plant	处理 Treatment	单株粒数 Seed number per plant	处理 Treatment	百粒重 100-seed weight/g	处理 Treatment	产量 Yield average /(kg·hm ⁻²)
A3B1	79.40 lmKL	A5B6	18.90 ijklGHIJ	A5B1	31.79 kL	A4B6	78.00 kLM	A4B6	19.29 jJ	A4B1	2633.30 oM
A1B5	77.70 mnLM	A4B1	18.77 jklHIJK	A4B6	31.48 kL	A5B1	76.33 kM	A5B4	19.07 kK	A5B1	2594.70 pN
A2B1	76.93 noLM	A5B5	18.63 klIJK	A5B2	26.85 lL	A5B2	65.67 lN	A5B3	18.99 lKL	A5B3	2538.93 qO
A1B4	76.77 noLM	A5B4	18.40 lmJKL	A5B3	26.56 iL	A5B3	65.00 lN	A5B5	18.99 lKL	A5B2	2538.03 qO
A1B3	76.43 noM	A5B3	18.07 mnKLM	A5B4	24.24 mL	A5B4	59.67 mNO	A5B2	18.90 mL	A5B4	2526.30 qO
A1B2	75.53 noM	A5B2	17.77 nLM	A5B5	23.70 mL	A5B5	57.33 mO	A5B6	18.71 nM	A5B5	2486.60 rP
A1B1	75.00 oM	A5B1	17.57 nM	A5B6	22.4 1mL	A5B6	55.00 mO	A5B1	18.70 nM	A5B6	2341.07 sQ

同列数值的不同大小写字母分别代表在 0.01 和 0.05 水平差异显著。

Values with the same column followed by capital and lowercase letters are significant different at 0.01 and 0.05 probability level, respectively.

3 讨 论

大豆高产的形成是不同产量相关性状最佳配置的结果,耐密植大豆品种产量形成的关键是合理密植,以密度为变化因素,探索各产量相关性状的最佳配置,从而获得高产;在不同播种密度条件下,由于大豆群体量发生变化,需肥水平也会有所不同,因此与密度相互配合,施肥水平是获得高产的另一重要因素。本研究各处理组合中,产量较高处理各产量相关性状表现都不是最理想的,有些性状的表现甚至是不利于产量形成的,如单株荚数、单株粒数和百粒重在高产处理中反而表现出较小的数值,其原因是随着播种密度的增加,产量的形成取决于群体产量获得,而在较高密度条件下单个产量性状的表现往往不理想^[10-11]。因此,过分追逐某个单一产量性状期待获得高产是不切实际的,产量相关性状的最优配置才是获得高产的关键,然而由于品种间存在差异,这种配置方式也会有所不同。

耐密植大豆品种是依靠群体获得高产,品种的抗倒伏性十分重要,在不倒伏的前提下理论上播种密度越高产量会越高,但同时各产量相关性状的表现则越来越差,在产量相关性状和群体量之间找到最佳平衡点是获得高产的关键^[12]。提高施肥水平在一定程度上可以使产量相关性状有更加优良的表现,尤其是在密植条件下,适当增加施肥量可以有助于提高个体产量表现,从而使群体产量得到更大的发挥,但过量施肥又会造成倒伏性增加,因此播种密度和施肥水平的优化调节更可能使产量潜力得到充分的发挥。

随着播种密度的提高,产量呈先升高后降低的趋势,说明试验设计的密度梯度存在产量拐点,能够明确获得高产的密度条件下,产量又随着施肥水平的提高呈先升高后降低的趋势,并在公顷施肥量

为磷酸二铵 140 kg·hm⁻²、尿素 45 kg·hm⁻²和氯化钾 35 kg·hm⁻²获得最高产量,

4 结 论

随着播种密度和施肥水平的不断提高,耐密植大豆品种合农 76 产量呈先升高后降低的总体趋势,在各处理组合中,A4B5 处理产量最高(3 309.77 kg·hm⁻²),表明该品种最适宜播种密度是 40 万株·hm⁻²,在此密度条件下最佳施肥水平为磷酸二铵 140 kg·hm⁻²、尿素 45 kg·hm⁻²及氯化钾 35 kg·hm⁻²;A3B4 处理产量为第二位(3 302.07 kg·hm⁻²),且与 A4B5 处理产量差异未达到极显著水平,说明适当降低播种密度和施肥水平也能够获得较高的产量,从而达到节本、增效、环保的目的。

参考文献

[1] 武新艳,张振晓,张小虎,等. 种植密度对大豆产量及农艺性状的影响[J]. 农业科技通讯,2014(4): 103-105. (Wu X Y, Zhang Z X, Zhang X H, et al. Influence of sowing density on yield and yield traits on soybean[J]. Agricultural Science and Technology, 2014(4): 103-105.)

[2] 张瑞朋,付连舜,佟斌,等. 密度及行距对不同大豆品种农艺性状及产量的影响[J]. 大豆科学,2015,34(1):52-55. (Zhang R P,Fu L S,Tong B, et al. Effect of plant density and row spacing on agronomic characteristics and yield for different soybeans[J]. Soybean Science, 2015, 34(1): 52-55.)

[3] 董钻. 大豆产量生理[M]. 北京: 中国农业出版社,2012:125-132,148-155. (Dong Z. Soybean yield physiology[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2012: 125-132, 148-155.)

[4] 王伟,丁桔,丁峰,等. 不同施肥水平和种植密度对浙鲜 9 号菜用大豆产量和主要农艺性状的影响[J]. 中国农学通报, 2016,32(3):43-47. (Wang W, Ding J, Ding F, et al. Effects of different fertilization levels and planting densities on yield and main agronomic characters of vegetable soybean ‘Zheshian No. 9’ [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2016, 32(3):43-47.)

(下转第 736 页)