

## 不同肥密处理对超高产大豆辽豆 14 的影响

谢甫绶,王 贺,张惠君,王海英,肖万欣

(沈阳农业大学农学院,辽宁沈阳 110161)

**摘 要:**选用超高产大豆品种辽豆 14 和普通大豆品种辽豆 11 为材料,在不同施肥(150、300 kg hm<sup>-2</sup>磷酸二铵)和不同种植密度(7.5、15.0、22.5 万株 hm<sup>-2</sup>)处理下,比较了两个品种的农艺性状和产量表现,试图揭示超高产品种的产量形成规律。结果表明,超高产大豆辽豆 14 在不同肥密处理下其株高稳定性好,结荚高度低,而且在施肥水平较高时具有较好的分枝性能。叶面积指数在结荚期达到最大值,而后稳健下降,且在生育后期能维持一个较高的水平。超高产品种辽豆 14 种植密度间产量差异达显著水平,而施肥水平间产量差异不显著,说明只有在超高产栽培条件下才能体现其品种优势,使其产量潜力得到充分表达。

**关键词:**超高产大豆;施肥水平;密度;农艺性状;产量

## Effects of Different Fertilizer Levels and Planting Density on Super High – yield Soybean Liaodou 14

XIE Fu-ti ,WANG He,ZHANG Hui-jun,WANG Hai-ying ,and XIAO Wan-xin

(College of Agriculture,Shenyang Agricultural University,Shenyang 110161,Liaoning,China)

**Abstract:**Super high-yield is an attractive research field recently as the soybean demand increases. However,the practice of super high-yield is difficult to be repeated as the lack of knowledge of cultivar and the management of super high-yield performance. To understand the specific performance of super high-yield cultivar,we compared the super high-yield cultivar Liaodou 14 and ordinary cultivar Liaodou 11 under different fertilizer levels(150,300 kg hm<sup>-2</sup>(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) and planting densities(7.5,15.0,22.5 × 10<sup>4</sup> plants hm<sup>-2</sup>),the results showed that the plant height of super high-yield cultivar Liaodou 14 was stable under different treatments,and the plants had a lower height of lowest pod,and more branches under the higher fertilizer level. The LAI reached the maximum at podding stage,then decreased stably,and maintained a relative high LAI in the late stage of growth. Significant yield differences were observed among different plant densities,but no significant difference existed under different fertilizer levels. Super high-yield soybean Liaodou 14 can perform better only under the optimal management.

**Key words:**Super high-yield soybean;Fertilizer level;Plant density;Agronomic traits;Yield

近年来,国内外大豆生产发展很快,单产和总产一直呈增长趋势。多年来,大豆育种家试图通过建立大豆的理想株型来获得高产。良好的株型有利于植株冠层充分利用光能和进行气体交换,适应高产栽培条件,最终提高产量。前人的研究表明,要进一步提高大豆产量,必须提高光能利用率,而株型则是其重要的限制因子之一(宋立平等,1994;王金陵,1996;董钻,2000),因此国内外学者们对理想株型也提出了不同的设想和模式。1959年,角田重三郎通过对大豆、水稻、甘薯的研究,提出了耐肥性与株型的关系,首先辩证地阐明了茎叶性状在光能利用

上的重要性。Donald(1968)提出了在农作物育种中应寻找“个体间最小竞争强度”的理想株型。Richard Cooper自70年代以来一直坚持探索半矮秆大豆育种及密植高产的理论(Cooper,1971;1976;1981)。王金陵(1982)提出了“生态型育种原则”,率先在大豆育种上提出了株型的作用,为我国大豆育种开拓了新途径。为了研究超高产大豆品种在生长发育和产量性状的特异性,本研究在不同施肥水平和种植密度下,探讨了曾创造超高产记录的品种辽豆 14 号与普通大豆品种辽豆 11 号的差异,旨在探讨超高产大豆品种的株型优势及其最佳的表达条件,使得良

收稿日期(Received):2007-04-06;接受日期(Accepted):2007-11-12

基金项目:辽宁省教育厅科技项目(05L378);辽宁省教育厅创新团队项目(2006T116)

作者简介:谢甫绶(1966-),男,教授,博士生导师,从事大豆株型育种与栽培研究。E-mail:sns soybean@yahoo.com.cn

种良法相结合,为我国大豆高产株型育种和高产栽培提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试品种

供试品种为超高产大豆辽豆 14 号与普通大豆辽豆 11 号,品种特征特性如表 1 所示。

1.2 试验设计

表 1 供试品种的主要特征特性

Table 1 Main traits of soybean varieties used in the experiment

品种 Cultivar	生长习性 Growth habit	生育期 Maturity/d	百粒重 100-seed weight/g	种脐颜色 Hilum	蛋白质含量 Protein/%	脂肪含量 Fat/%	育成年份 Released year
辽豆 14 Liaodou 14	亚有限 Semi-determinate	131	16 ~ 18	黑色 Black	37.5	22.0	2003
辽豆 11 Liaodou 11	亚有限 Semi-determinate	135	23 ~ 25	黄色 Yellow	39.4	22.8	1996

1.3 测定方法

大豆出苗后,每隔 21 d 取样一次,每个小区取 4 株,测定植株的动态变化;并采用鲜样称重法测定叶面积,然后将所取植株风干称重。

1.3.1 叶面积指数测定 采用打孔称重法测定叶面积。通过折算单位土地面积的叶面积求得叶面积指数。

1.3.2 室内考种 大豆成熟后,每小区连续选有代表性的植株 10 株进行常规考种。

1.3.3 产量测定 收获时每个小区去除边行,取群体中间 3 m,实打实收,测产面积 5.4 m<sup>2</sup>,然后将其折算成公顷产量。

2 结果与分析

2.1 不同肥密处理下大豆农艺性状

2.1.1 不同施肥水平下大豆农艺性状

表 2 不同施肥水平下大豆农艺性状的比较

Table 2 Comparison on agronomic traits of soybeans under different fertilizer levels

品种 Cultivar	施肥水平 Fertilizer level /kg hm <sup>-2</sup>	株高 Plant height /cm	结荚高度 Height of lowest pod /cm	分枝数 Branch number	主茎节数 Number of nodes	茎粗 Stem diameter /cm
辽豆 14	150	113.3a	20.1a	2.8A	24.6a	0.97a
Liaodou 14	300	113.8a	17.7a	3.3B	25.1a	1.03a
辽豆 11	150	116.0a	22.7b	1.9C	24.0a	1.03b
Liaodou 11	300	121.4a	20.6b	2.0C	24.7a	1.05b

2.1.2 不同种植密度下大豆农艺性状

在施肥水平为 150、300kg hm<sup>-2</sup>的条件下,探讨了不同种植密度处理对大豆品种农艺性状的影响,从表 3 可以看出,随着密度的增加,超高产大豆辽豆 14 和辽豆 11 的株高、结荚高度均有增加的趋势,而

试验于 2006 年在沈阳农业大学试验地进行。采用裂区设计,以品种为主区,施肥水平为副区,种植密度为裂区。其中所用品种为辽豆 11(C1)和辽豆 14(C2),以磷酸二铵为底肥,施肥水平为 150(F1)和 300(F2) kg hm<sup>-2</sup>,种植密度为 7.5(D1)、15.0(D2)和 22.5(D3) 万株 hm<sup>-2</sup>。3 次重复,5 行小区,行长 5 m,行距 0.6 m,小区面积为 15 m<sup>2</sup>。5 月 1 日播种,人工点播,正常田间管理。

在种植密度为 15 万株 hm<sup>-2</sup>的条件下,探讨了不同施肥处理对大豆品种农艺性状的影响,从表 2 可以看出,随着施肥量的增加,参试的两个大豆品种的株高、分枝数、主茎节数和茎粗均呈增加的趋势,而结荚高度则随施肥量的增加有降低的趋势。

在不同施肥水平下,超高产大豆辽豆 14 株高随施肥量增加而增高的幅度明显小于辽豆 11,即受施肥水平的影响较小,也就是说株高稳定性好。超高产大豆辽豆 14 结荚高度较低,平均值为 18.9 cm,辽豆 11 为 21.7cm,两者差异显著。超高产大豆辽豆 14 的分枝数高于辽豆 11 且差异达到极显著水平,辽豆 14 在 300 kg hm<sup>-2</sup>施肥水平下的分枝数比 150 kg hm<sup>-2</sup>施肥水平下增加了 15.2%,且差异极显著,即施肥水平较高时,辽豆 14 具有较好的分枝性能。但辽豆 14、辽豆 11 的主茎节数差异不显著。

分枝数、主茎节数和茎粗则呈减少的趋势。

不同种植密度处理下,超高产大豆辽豆 14 在 150、300 kg hm<sup>-2</sup>施肥水平下株高随密度的增加而增高的幅度分别为 2.9、1.8 cm 和 3.2、1.2 cm,而辽豆 11 的增高幅度分别为 4.0、2.4 cm 和 8.4、3.4

cm,从而可以看出辽豆 14 在 150、300 kg hm<sup>-2</sup>施肥水平下的株高随密度的增加而增高的幅度均明显小于辽豆 11,即辽豆 14 的株高受种植密度的影响较小。辽豆 14 各处理下的结荚高度均小于辽豆 11,且辽豆 14 在 150、300 kg hm<sup>-2</sup>施肥水平下结荚高度

随密度的增加而增加的幅度分别为 2.8、0.9 cm 和 2.0、2.7 cm,而辽豆 11 的增加幅度分别为 4.1、2.8 cm 和 4.6、0.8cm,即辽豆 14 的结荚高度受种植密度的影响较小。辽豆 14 各处理下的分枝数、主茎节数均高于辽豆 11。

表 3 不同种植密度下大豆农艺性状的比较

Table 3 Comparison on agronomic traits of soybeans under different plant densities

品种 Cultivar	施肥水平 Fertilizer level /kg hm <sup>-2</sup>	种植密度 Plant density /×10 <sup>4</sup> plants hm <sup>-2</sup>	株高 Plant height /cm	结荚高度 Height of lowest pod/cm	分枝数 Branch number	主茎节数 Number of nodes	茎粗 Stem diameter /cm
辽豆 14 Liaodou14	150	7.5	110.1	17.3	4.2	25.3	1.10
		15.0	113.0	20.1	2.8	24.6	1.00
		22.5	114.8	21.0	1.7	23.8	0.90
	300	7.5	110.6	15.7	4.7	26.2	1.30
		15.0	113.8	17.7	3.3	25.1	1.00
		22.5	115.0	20.4	2.0	24.6	1.00
辽豆 11 Liaodou11	150	7.5	112.0	18.6	3.1	24.9	1.15
		15.0	116.0	22.7	2.0	24.0	1.03
		22.5	118.4	25.5	1.2	23.5	0.94
	300	7.5	113.0	16.0	3.7	25.5	1.37
		15.0	121.4	20.6	2.0	24.7	1.05
		22.5	124.8	21.4	1.4	24.4	0.99

2.2 不同肥密处理下大豆叶面积指数

大豆出苗后,进行了动态取样,分析了不同肥密处理对大豆品种叶面积指数动态的影响(图 1,图 2)。从图 1、图 2 可以看出,不同肥密处理下辽豆 14、辽豆 11 叶面积指数的发展过程均呈单峰曲线。从总体上看,超高产大豆辽豆 14 各处理的叶面积指数出现高峰的时间要比辽豆 11 推后,在结荚期达最大,而后呈。

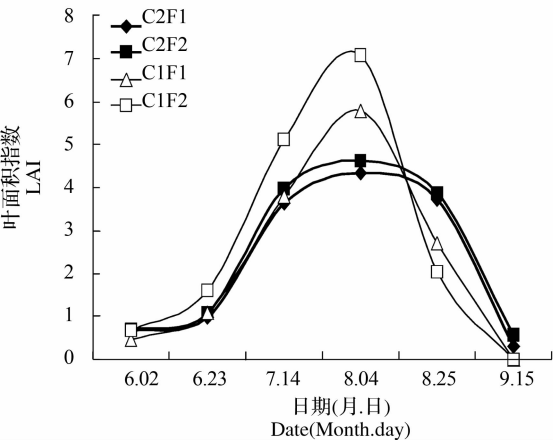


图 1 15 万株 hm<sup>-2</sup>种植密度下不同施肥水平大豆品种叶面积指数的比较

Fig.1 Dynamics of LAI of soybeans under different fertilizer levels at 15×10<sup>4</sup> plants hm<sup>-2</sup> at different growth stages

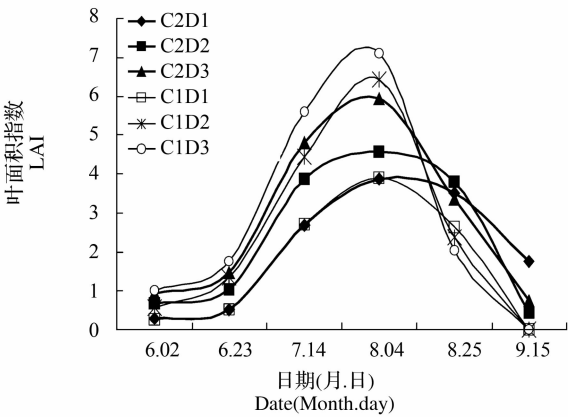


图 2 不同种植密度处理下大豆品种叶面积指数的比较  
Fig.2 Dynamics of LAI of soybean varieties under different plant densities at different growth stages

在 15 万株 hm<sup>-2</sup>的种植密度下,辽豆 14 和辽豆 11 的叶面积指数均随施肥量的增加呈增加的趋势(图 1)。但超高产大豆辽豆 14 叶面积指数的增加幅度比辽豆 11 小,说明辽豆 14 叶面积指数受施肥水平的影响较小。这样使得植株不会由于营养充足而徒长,出现生育后期群体郁闭、早衰的现象。辽豆 14 在 150 和 300 kg hm<sup>-2</sup>施肥水平下达到最大叶面积指数后均下降缓慢,说明施肥量可推迟辽豆 14 叶片的衰老进程。

各生育时期叶面积指数随密度的增加呈增加趋

势(图2),与章建新等(2006)研究结果一致。辽豆14、辽豆11的叶面积指数峰值均在15.0和22.5万株 $\text{hm}^{-2}$ 时出现较早;而7.5万株 $\text{hm}^{-2}$ 的最大叶面积指数出现较晚且最小,说明植株个体虽然得到了足够的空间与营养,但群体茂密度低,有漏光现象。随着密度的增加,叶面积指数的峰值出现得越早且猛升、陡降,说明密度越大,群体郁闭,通风透光性差,导致叶片枯黄脱落快。不同种植密度下辽豆14叶面积指数均低于辽豆11,但随着生育进程的推进,辽豆14达到最大叶面积指数后下降的速率明显比辽豆11达到最大叶面积指数后下降的速率慢,比如,在施肥量为 $150\text{ kg hm}^{-2}$ ,密度为15万株 $\text{hm}^{-2}$ 时,从8月4日至9月15日,超高产大豆辽豆14叶面积下降速度为 $900\text{ m}^2\text{ hm}^{-2}\text{ d}^{-1}$ ,而辽豆11则为 $1365\text{ m}^2\text{ hm}^{-2}\text{ d}^{-1}$ 。说明辽豆14生育后期叶面积持续时间长。特别是在7.5万株 $\text{hm}^{-2}$ 种植密度下,辽豆14号在生育后期还能维持一个较高的叶面积指数。

### 2.3 品质

在不同施肥和种植密度条件下,探讨了不同肥密处理对大豆品种品质的影响,见图3、图4。从图3、图4可以看出,辽豆14号、辽豆11号的蛋白质含量均随施肥量的增加而降低,而脂肪含量相反。辽豆11号的蛋白质含量高于辽豆14号的蛋白质含量且差异极显著( $P=0.0026<0.01$ ),而脂肪含量差异不显著( $P=0.5471>0.05$ )。

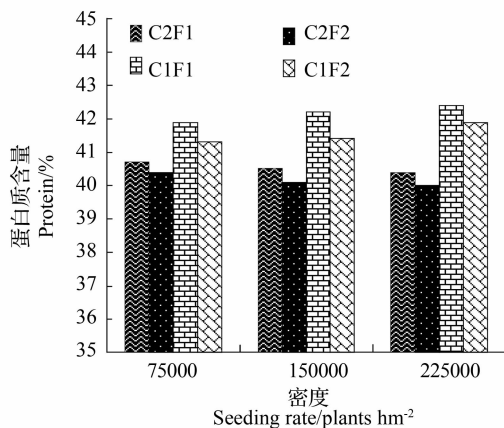


图3 不同肥密处理下蛋白质含量的变化

Fig.3 Protein content of Liaodou 14 and Liaodou 11 under different fertilizer levels and plant densities

### 2.4 产量性状及产量

收获时每个小区连续选取有代表性的10株供

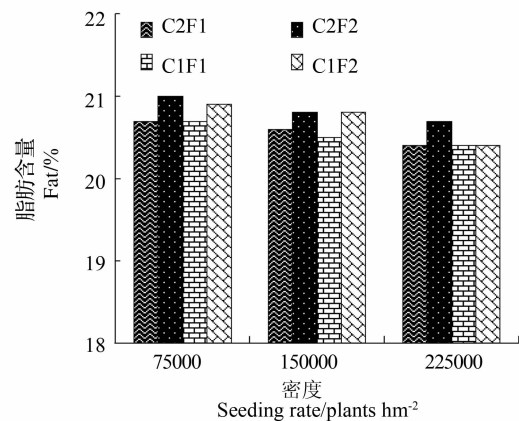


图4 不同肥密处理下脂肪含量的变化

Fig.4 Fat content of Liaodou 14 and Liaodou 11 under different fertilizer levels and plant densities

室内考种。在不同施肥和种植密度条件下,探讨了不同肥密处理对大豆品种产量性状及其产量的影响,结果列于表4和表5。

从表4可以看出,随着密度的增加,辽豆14、辽豆11的单株有效荚数、单株粒数、单株粒重均呈降低趋势,但随施肥量的增加呈增加趋势;在不同肥密处理下,辽豆14号的单株有效荚数、单株粒数、单株粒重、粒茎比均高于辽豆11。统计分析还表明,百粒重与种植密度、施肥水平的关系不显著,与翟云龙等(2005)的研究结果一致。从表5可以看出,超高产大豆辽豆14号4粒荚、3粒荚、2粒荚的数量要明显多于辽豆11号。

从表4、表5可以看出,超高产大豆辽豆14在不同肥密处理下的产量一般要高于辽豆11。对辽豆14产量方差分析结果表明,种植密度间产量差异达显著水平,而施肥水平间产量差异不显著,说明超高产大豆具有很强的自动调节能力,在一般施肥条件下显现不出其优势,只有在超高产栽培肥水条件下才能使其产量潜力得到充分表达。在同一施肥水平下,辽豆14和辽豆11均在种植密度为7.5万株 $\text{hm}^{-2}$ 和15.0万株 $\text{hm}^{-2}$ 时产量表现较好,适宜在这两种密度间种植,与张伟等(2006)的研究结果相一致。说明在一般栽培情况下超高产品种与普通品种的产量表现趋势是一致的,只有在超高产条件下,才能体现其优势,即超高产品种必须与超高产表达条件相配合,才能实现超高产目标,与宋书宏等(2001)的研究结果相一致。

表 4 不同肥密处理下大豆产量及产量性状的比较

Table 4 Comparison on yield and yield traits of soybeans under different fertilizer levels and planting densities

品种 Cultivar	施肥水平 Fertilizer level	种植密度 Plant density	单株荚数 Pods	单株粒数 Grains	单株粒重 Seed weight	百粒重 100-grain weight/g	粒茎比 Ratio of seed weight to stem weight	产量 Yield
	/kg hm <sup>-2</sup>	/ × 10 <sup>4</sup> plants hm <sup>-2</sup>	per plant	per plant	per plant			/kg hm <sup>-2</sup>
辽豆 14 号 Liaodou 14	150	7.5	111	265	33.16	14.24	0.89	2618.2
		15.0	74	166	19.18	13.33	0.75	2499.0
		22.5	60	136	15.97	13.59	0.76	2478.5
	300	7.5	144	339	40.79	14.35	0.87	3013.7
		15.0	88	198	24.51	13.97	0.76	2530.8
		22.5	73	165	20.01	13.80	0.80	2475.6
辽豆 11 号 Liaodou 11	150	7.5	80	163	27.38	19.88	0.71	2394.0
		15.0	50	95	15.59	20.46	0.60	2502.7
		22.5	45	81	14.06	20.74	0.63	2319.3
	300	7.5	98	187	30.12	19.26	0.58	2260.6
		15.0	62	122	20.51	20.81	0.67	2477.0
		22.5	40	80	13.85	20.62	0.56	2113.1

粒茎比 = [粒重 / (茎重 + 荚皮重)] Ratio of seed weight to stem weight equals seed weight divided by weight of stem and pod wall

表 5 不同肥密处理下大豆荚粒数的比较

Table 5 Comparison on pods and seeds of soybeans under different fertilizer levels and planting densities

品种 Cultivar	施肥水平 Fertilizer level	种植密度 Plant density	荚 数 Pods number					粒数 Seeds number
			0 粒荚	1 粒荚	2 粒荚	3 粒荚	4 粒荚	
			0- seed pod	1- seed pod	2- seed pod	3- seed pod	4- seed pod	
辽豆 14 号 Liaodou 14	150	7.5	33	117	375	563	25	2652
		15.0	36	92	280	313	18	1662
		22.5	25	72	230	260	13	1363
	300	7.5	51	153	523	681	37	3389
		15.0	23	129	364	353	16	1978
		22.5	40	89	257	331	14	1652
辽豆 11 号 Liaodou 11	150	7.5	70	116	340	277	1	1630
		15.0	53	93	195	151	3	947
		22.5	29	41	93	59	1	814
	300	7.5	113	172	382	308	2	1866
		15.0	45	126	245	198	1	1216
		22.5	11	41	85	63	1	804

表中数据为 10 株的总和。Results are the sum of ten plants.

3 讨论

关于超高产大豆株型,不但要注重个体株型,更应注重群体条件下的个体株型(满为群等,2001)。不同的肥密处理对大豆的生长发育影响不同。株高是大豆植株的重要性状之一,株高与结荚习性和抗倒伏性关系较密切。研究结果表明,辽豆 14 株高受施肥水平和种植密度的影响较小。施肥水平从 150 kg hm<sup>-2</sup>到 300 kg hm<sup>-2</sup>,辽豆 14 的株高仅增加 0.5 cm,而同样处理的辽豆 11 增加 5.4 cm。种植密度从 7.5 万株 hm<sup>-2</sup>到 22.5 万株 hm<sup>-2</sup>,辽豆 14 号的株高增加 4.5 cm,而同样处理的辽豆 11 增加 9.1cm。辽豆 14 的株高对施肥水平和种植密度不敏感性,保证了辽豆 14 在超常栽培条件下植株直立

不倒,这种不敏感性是超高产大豆品种应具备的条件之一(孙海波等,2006;Duvick and Cassman, 1999)。另外,与辽豆 11 相比,辽豆 14 的结荚高度低,这也意味着辽豆 14 群体通风透光好,株型良好。

大豆群体叶面积指数是决定光合产物的多少、衡量群体结构的重要指标,它会影响冠层光截获,且与产量密切相关,叶面积指数过大、过小或猛升、陡降,均难获得高产。适宜的叶面积指数动态是大豆高产稳产的主要生理基础(金剑等,2003)。研究结果表明,超高产大豆辽豆 14 叶面积指数随施肥水平、种植密度的增加呈增加的趋势,而且辽豆 14 叶面积指数受施肥水平的影响较小。这样使得植株不会由于营养充足而徒长,出现生育后期群体郁闭、早衰的现象。超高产大豆辽豆 14 到达最大叶面积的

时间要比辽豆 11 推后,即在结荚期达到最大值,这样有利于在鼓粒期有更充足的营养供给籽粒,而后稳健下降,且在生育后期能维持一个较高的叶面积指数。生育后期植株维持较大的叶面积指数是大豆获得高产的重要标志之一(苗以农等,1997)。

个体、群体和环境构成了影响大豆单位面积产量的三要素(满为群等,2001)。超高产大豆辽豆 14 在不同肥密处理下的产量一般要高于辽豆 11 号,但施肥水平间产量差异不显著,说明超高产大豆具有很强的自动调节能力,在一般施肥条件下显现不出其优势,只有在超高产栽培肥水条件下才能使其产量潜力得到充分表达。在同一施肥水平下,辽豆 14 和辽豆 11 均在种植密度为  $7.5 \text{ 万株 hm}^{-2}$  和  $15.0 \text{ 万株 hm}^{-2}$  时产量表现较好。说明在一般栽培情况下超高产品种与普通品种的产量表现趋势是一致的,只有在超高产条件下,才能体现其优势,即超高产品种必须与超高产表达条件相配合,才能实现超高产目标。

## 4 结论

通过对超高产大豆辽豆 14 和普通大豆辽豆 11 的比较研究,证明辽豆 14 在不同肥密处理下其株高稳定性好,结荚高度低,而且在施肥水平较高时具有较好的分枝性能;叶面积指数在结荚期达到最大值,而后稳健下降,且在生育后期能维持一个较高的水平,从而说明超高产大豆辽豆 14 有较好的株型优势。超高产大豆辽豆 14 种植密度间产量差异达显著水平,而施肥水平间产量差异不显著,说明只有在超高产施肥条件下才能体现其品种优势,使其产量潜力得到充分表达。

## References

- Cooper R L. 1971. Influence of soybean production practices on lodging and seed yield in highly productive environments. *Agronomy Journal*, 63:490-493
- Cooper R L. 1976. Modifying morphological and physiological characteristics of soybean to maximize yields. In: Hill LD (ed), *World Soybean Research*. The Interstate Publishers, Danville, Illinois, pp. 230-236
- Cooper R L. 1981. Development of short-statured soybean cultivars. *Crop Science*, 21:127-131
- Donald C M. 1968. The breeding for crop ideotypes. *Euphytica*, 17:385-403
- Dong Z, ed. 2000. *Soybean yield physiology*. Agriculture Press, China, Beijing, pp. 20-25 (董钻, 著. 2000. 大豆产量生理. 中国农业出版社, 中国, 北京, pp. 135-152)
- Duvick D N, and Cassman K G. 1999. Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-Central United States. *Crop Science*, 39:1622-1630
- Jin J, Lui X B, Wang G H, Zhang Q Y, and Herbert S J. 2003. Eco-physiological characters of high yielding population in soybean. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 25(3):100-114 (金剑, 刘晓冰, 王光华, 张秋英, Herbert S J. 2003. 大豆高产群体的生态生理特征. 中国油料作物学报, 25(3):100-114)
- Man W Q, Du W G, Zhang G R, Luan X Y, Chen Y, and Gu X Z. 2001. Study on super-high yield potentiality of soybean. *Soybean Science*, 20(2):94-97 (满为群, 杜维广, 张桂茹, 栾晓燕, 陈怡, 谷秀芝. 2001. 大豆超高产潜力的探讨. 大豆科学, 20(2):94-97)
- Miao Y N, Zhu C F, Shi L X, and Xu Y. 1997. Prediction of soybean high yield breeding tendency upon its growth type structure and physiological-biochemical characteristic. *Soybean Science*, 16(4):334-338 (苗以农, 朱长甫, 石连旋, 许月. 1997. 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. 大豆科学, 16(4):334-338)
- Song L P, Zhao J Z, and Chen J M. 1994. Review of soybean ideotype breeding. *Soybean Bulletin*, 13(4):15-16 (宋立平, 赵九洲, 陈洁敏. 1994. 浅谈大豆理想株型育种. 大豆通报, 13(4):15-16)
- Song S H, Dong Z, Wang W B, and Sun A Y. 2001. Preliminary study of soybean with yield of  $327.2 \text{ kg } 667 \text{ m}^{-2}$ . *Soybean Bulletin*, (2):7 (宋书宏, 董钻, 王文斌, 孙恩玉. 2001. 大豆单产  $327.2 \text{ 公斤研究初报}$ . 大豆通报, (2):7)
- Sun H B, and Tian P Z. 2006. Reactions of soybean varieties to soil fertilities under tub planting condition. *Soybean Science*, 25(2):192-194 (孙海波, 田佩占. 2006. 盆栽条件下大豆品种对肥力的反应. 大豆科学, 25(2):192-194)
- Wang J L, ed. 1982. *Soybean*. Technology Press, China, Harbin, pp. 138-238 (王金陵, 著. 1982. 大豆. 黑龙江科学技术出版社, 中国, 哈尔滨, pp. 138-238)
- Wang J L. 1996. Change of soybean plant-type in the Northeast of China. *Soybean Bulletin*, 5(1):5-7 (王金陵. 1996. 东北地区大豆株型的演变. 大豆通报, 5(1):5-7)
- Zhai Y L, Zhang J X, Xue L H, and Li N. 2005. Study on the effect of plant density on the agronomic character of super-high yield spring soybean. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 21(2):109-111 (翟云龙, 章建新, 薛丽华, 李宁. 2005. 密度对超高产春大豆农艺性状的影响. 中国农学通报, 21(2):109-111)
- Zhang J X, Zhai Y L, and Xue L H. 2006. Effect of plant density on growth tendency, dry matter accumulation and distribution in high yield spring soybean. *Soybean Science*, 25(1):1-5 (章建新, 翟云龙, 薛丽华. 2006. 密度对高产春大豆生长动态及干物质积累分配的影响. 大豆科学, 25(1):1-5)
- Zhang W, Zhang H J, Wang H Y, Xie F T, and Chen Z W. 2006. Effect of spacings and planting densities on agronomic traits and yield in high-oil soybeans. *Soybean Science*, 25(3):283-287 (张伟, 张惠君, 王海英, 谢甫绶, 陈振武. 2006. 株行距和种植密度对高油大豆农艺性状及产量的影响. 大豆科学, 25(3):283-287)