



种植密度与施肥水平对山西早熟夏大豆产量与主要农艺性状的影响

任小俊,吕新云,马俊奎

(山西省农业科学院 经济作物研究所,山西 汾阳 032200)

摘要:为了确定汾豆 98 适宜的种植密度和施肥水平,以建立其高产优质栽培技术及其推广提供技术依据,本试验采用双因素完全随机区组设计,设置 5 个种植密度(37.50,48.75,60.00,71.25 和 82.50 万株·hm⁻²)和 4 个施肥水平(450,600,750,900 kg·hm⁻²),研究不同种植密度与施肥水平对大豆主要农艺性状、产量性状和产量的影响。结果表明:株高、结荚高度随种植密度增大而增加,主茎节数、分枝数、茎粗、单株荚数、单株粒数、单株粒重和百粒重均随种植密度的增大逐渐减少。株高、结荚高度、主茎节数、单株荚数、单株粒数、单株粒重和百粒重等农艺性状基本呈现高施肥水平大于低施肥水平的现象;其它农艺性状未表现出明显的规律。大豆产量随种植密度增大呈现先增大后减小的趋势,而其随施肥水平的升高呈逐渐增加的现象。汾豆 98 品种最适宜的种植密度是 71.25 万株·hm⁻²,在此种植密度下的最佳施肥量为 900 kg·hm⁻²,最高产量为 3 287.3 kg·hm⁻²,适当减小种植密度与施肥量也可取得较高的产量。

关键词:大豆;种植密度;施肥水平;百粒重;产量

Effects of Different Planting Densities and Fertilization Levels on Yield and Main Agronomic Characters of Early-maturing Summer Soybean in Shanxi Province

REN Xiao-jun, LYU Xin-yun, MA Jun-kui

(Institute of Economic Crops, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Fenyang 032200, China)

Abstract: In order to determine the suitable planting density and fertilizer levels of Fendou 98 and provide technical basis for its high-yield and high-quality cultivation techniques, five planting densities (375.0, 487.5, 600.0, 712.5, 825.0 thousand plants·ha⁻¹) and four fertilizer levels (450, 600, 750, 900 kg·ha⁻¹) were set up by using a two-factor completely random block method, and the effects of different planting densities and fertilizer levels on main agronomic traits, yield traits and yield of soybean were studied in this article. The results showed that the plant height and the pod height grew with the increasing of planting density. The number of main stem nodes, branches, stem diameter, pod number per plant, seed number per plant, seed weight per plant and 100-seed weight decreased gradually with the increasing of planting density. The agronomic traits such as plant height, pod height, node number of main stem, pod number per plant, seed number per plant, seed weight per plant and 100-seed weight showed the regularity that the performance with high fertilizer levels was higher than that with low level. Other agronomic traits had no obvious regularity. The yield of soybean rised and then fell with the increasing of planting density, and rised gradually with the increasing of fertilizer levels. The optimum planting density of Fendou 98 was 712.5 thousand plants·ha⁻¹. In such condition, the optimum fertilizer amount was 900 kg·ha⁻¹, and the maximum yield was 3 287.3 kg·ha⁻¹. High yield could also be achieved through appropriate reduction of planting density and fertilizer amount.

Keywords: Soybean; Planting density; Fertilizer level; 100-seed weight; Yield

大豆是中国最重要的油料作物和植物蛋白重要来源,也是多种食品及工业加工的原材料。近 5 年来,我国每年大豆进口量均在 8 000 万 t 以上。通过优化种植方式来提高大豆产量,对于提高我国大豆自给率,保障国家粮食安全具有重要意义。大豆属于群体产量作物^[1],较之于单株产量,群体结构对于大豆产量的影响更大,而适当的种植密度是保证合理群体结构的基础^[2-4]。因此探讨不同大豆品种适合的种植密度一直是众多学者的研究热点,已有研究表明,种植密度对大豆单位面积产量影响十分明显,合理的种植密度既有助于大豆充分发挥

单株生产潜力,同时也可增加植株群体在单位面积产量上的作用,实现个体生长与群体产量之间的矛盾统一^[2,5-6]。合理施肥对提高作物单产的贡献率可达 40%~50%^[7],大豆生育过程中需肥量极大,氮、磷与大豆籽粒营养物质成分的形成具有密切关系,钾也参与了大豆生育过程中的各种重要代谢过程^[8-10],但不合理的肥料施用在很大程度上制约了大豆单位面积产量的提高。20 世纪 80 年代以来,早熟夏大豆在山西大豆生产中一直占有重要的地位。由于山西特殊的地理位置,建立在当地生产条件下适宜的早熟夏大豆高密度生产体系一直是其

收稿日期:2019-08-14

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项(CARS-04-CES15)。

第一作者简介:任小俊(1969-),女,学士,副研究员,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: rxjwhy@126.com。

通讯作者:马俊奎(1969-),男,学士,研究员,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: Mjk_18@163.com。

重要的特色^[11]。然而,当今农业生产条件、环境及品种类型等均发生变化,极需要确立新的密度与群体关系并解决相应的技术问题。针对上述问题,研究采用新育成的山西早熟夏大豆代表品种汾豆 98 进行试验,观察其不同种植密度与施肥水平对大豆农艺和产量性状指标的影响,基于研究结果提出合理栽培措施,以期对山西夏大豆高产优质栽培技术建立和推广提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试大豆为汾豆 98,由山西省农业科学院经济作物研究所选育而成。该品种全生育期约 95 d,属夏大豆早熟品种,籽粒外观好、品质优、商品性好。

1.2 试验地概况

试验于 2017 年在山西省农业科学院经济作物研究所试验基地进行,37°18'N, 111°40'E,海拔约 1 414 m,全年≥10℃有效积温为 3 511.5℃,日照时数为 2 601.3 h,无霜期约 175 d,平均降水量为 467.2 mm。前茬玉米,试验地土壤为沙壤土,肥力中等。秋天收获后整地施肥,施农家肥 25 500 kg·hm⁻²。播种时间为 6 月 25 日,播前土壤有机质(OM)含量为 0.38%,铵态氮(NH₄-N)含量为 16.2 mg·L⁻¹,硝态氮(NO₃-N)含量为 26.7 mg·L⁻¹,磷(P)含量为 40.0 mg·L⁻¹,钾(K)含量为 107.2 mg·L⁻¹。

1.3 试验设计

采用二因素完全随机区组设计,试验 8 行区,行长 4.5 m,行距 0.375 m,每个处理设置 3 次重复,每个试验小区面积 13.5 m²。共设置 5 个种植密度(万株·hm⁻²): A1(37.50)、A2(48.75)、A3(60.00)、A4(71.25)、A5(82.5);4 个施肥水平(kg·hm⁻²): B1(450)、B2(600)、B3(750)和 B4(900),复合肥有效成分 21% N、53% P₂O₅、26% K₂O,不同密度处理下各施肥水平随机排列。采用人工开沟,撒肥后覆土,再进行人工点播,出苗后间苗。

1.4 测定项目与方法

成熟期测定各项指标,为消除边际效应,取样时去除小区边行与行头、行尾。每个小区拔取 10 株具有代表性的植株考种,测定株高、结荚高度、主茎节数、分枝数、茎粗、单株荚数、单株粒数、每荚粒数、单株粒重和百粒重。收获后对每小区中间 6 行,去除首尾各 25 cm 后实收测产,并折算成公顷产量。

1.5 数据分析

采用 Excel 2013 进行数据统计,采用 SPSS 22.0 进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 汾豆 98 主要农艺性状与产量差异来源分析

由表 1 可知,种植密度与施肥水平及二者互作对大豆分枝数与每荚粒数影响不显著。除此之外,种植密度与施肥水平及二者互作对株高、结荚高度、主茎节数、茎粗、单株荚数、单株粒数、单株粒重等农艺性状与产量性状的影响均呈极显著水平。种植密度与施肥水平对百粒重与产量的影响也呈极显著水平,但二者互作对百粒重与产量的影响不显著。上述各指标因种植密度与施肥水平不同而产生的变化规律不尽相同,需要后续对试验数据作进一步分析。

2.2 不同种植密度与施肥水平对汾豆 98 主要农艺性状的影响规律分析

2.2.1 株高 由表 2 可知,株高随种植密度和施肥水平的提高呈增加趋势。A5B4 处理株高最高(92.60 cm),A1B1 处理株高最低(74.53 cm)。A2、A4、A5 种植密度水平下,株高随施肥水平的提高而增加,A1、A3 种植密度下也为 B4 施肥水平株高最高,这说明提高施肥水平有助于大豆地表生物量积累。B3 和 B4 施肥水平下,株高随种植密度的增加而增加,B1 和 B2 施肥水平下,A4 和 A5 种植密度处理株高较高,这可能是由于植物生长的向阳性导致,大豆种植密度大时受阳光照射不足,株高较高植株可以获取更多生长所需的阳光。

2.2.2 结荚高度 结荚高度表现出与株高类似的规律,A5B4 处理结荚高度最高(17.70 cm),A1B1 处理结荚高度最低(13.53 cm)(表 2)。大豆结荚高度受光照影响较大,种植密度大时,大豆受阳光照射不足,因此结荚高度增大。对株高与结荚高度进行相关性分析,发现二者相关性达到极显著相关水平($P<0.01$, $R^2=0.908$)(表 3),说明结荚高度受株高影响也十分显著。

2.2.3 主茎节数 主茎节数呈现随种植密度增大逐渐减小,随施肥水平的提高逐步增大的现象。其中 A1B4 处理主茎节数最多(14.17),A5B1 主茎节数最小(11.43)(表 2)。主茎节数不仅是表征大豆株型的重要指标,同时也是大豆产量的重要表征指标,主茎节数小的处理大豆产量也比较低。

表 1 不同种植密度与施肥水平处理的汾豆 98 农艺性状、产量联合方差分析(*F* 值)

Table 1 Analysis of combined variance of agronomic characters and yield of Fendou 98 under different planting densities and fertilizer leves (*F* value)

变异来源	株高	结荚高度	主茎节数	分枝数	茎粗	单株荚数
Source of variance	Plant height	Podding height	Node number	Branching number	Stem diameter	Pod number per plant
密度 (A) Density	80.488 **	260.951 **	55.330 **	1.522	112.864 **	118.99 **
施肥 (B) Fertilization	49.402 **	261.393 **	56.130 **	1.444	40.467 **	13.941 **
密度 (A) × 施肥 (B) Density × Fertilization	2.839 **	7.333 **	3.498 **	1.029	8.950 **	4.837 **

变异来源	单株粒数	每荚粒数	单株粒重	百粒重	产量
Source of variance	Seed number	Seed number	Seed weight	100-seed	Yield
	per plant	per pod	per plant	weight	
密度 (A) Density	213.168 **	1.940	116.353 **	61.944 **	21.383 **
施肥 (B) Fertilization	11.901 **	3.071	33.791 **	15.977 **	27.897 **
密度 (A) × 施肥 (B) Density × Fertilization	7.770 **	1.226	4.912 **	0.164	1.376

* 和 ** 分别代表相关性显著($P < 0.05$)与相关性极显著($P < 0.01$)。

* and ** mean there are significant difference at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

表 2 不同种植密度与施肥水平处理对汾豆 98 农艺性状的影响

Table 2 Effects of different planting densities and fertilization levels on agronomic characters of Fendou 98

处理	株高	结荚高度	主茎节数	分枝数	茎粗
Treatment	Plant height/cm	Podding height/cm	Node number	Branching number	Stem diameter/cm
A1B1	74.53 jJ	13.53 mM	13.40 bcdeBCD	1.77 abcdABC	0.64 bcBCD
A1B2	77.30 hijIJ	14.13 kIKL	13.77 abcABC	1.90 abAB	0.67 abABC
A1B3	76.50 ijIJ	14.00 lL	13.93 abAB	2.00 aA	0.69 aA
A1B4	78.53 hiGHIJ	14.83 hiHIJ	14.17 aA	1.57 cdefgBCDE	0.57 efgEFG
A2B1	78.00 hiHIJ	14.17 kIKL	12.83 fghDEF	1.60 cdefBCDE	0.60 deDE
A2B2	80.00 ghFGHI	15.00 ghFGH	13.33 cdefBCDE	1.67 bcdeABCD	0.63 cdBCD
A2B3	82.20 fgEFG	15.13 fghFGH	13.07 efghCDE	1.80 abcABC	0.68 aAB
A2B4	86.53 cdeBCD	15.67 eDE	13.87 abcAB	1.33 fghijDEFG	0.58 efEF
A3B1	81.63 fgEFGH	14.43 jkJKL	12.73 ghDEFG	1.37 fghijDEFG	0.53 hFGHI
A3B2	77.67 hiHIJ	14.53 ijIJK	13.67 abcdABC	1.40 efghiDEFG	0.58 efEF
A3B3	82.73 fgDEF	15.33 efgEFG	13.57 bcdeABC	1.50 defghCDEF	0.63 cdCD
A3B4	88.03 bcBC	16.57 cC	13.73 abcdABC	1.27 ghijEFG	0.54 ghFGH
A4B1	83.87 defDEF	14.90 hGHI	12.17 ijFGH	1.17 jkFGH	0.49 ijJK
A4B2	84.50 defCDE	15.43 efEF	12.63 hiEFG	1.27 ghijEFG	0.53 hGHI
A4B3	86.43 cdeBCD	16.07 dD	13.20 defgBCDE	1.33 fghijDEFG	0.58 efEF
A4B4	89.93 abAB	17.23 bB	13.70 abcdABC	1.20 hijFGH	0.55 fghFGH
A5B1	83.53 efDEF	15.43 efEF	11.43 kI	0.90 kH	0.47 ijK
A5B2	86.80 cdBCD	16.00 dD	11.53 kHI	1.20 hijFGH	0.48 jJK
A5B3	88.10 bcBC	16.83 cBC	12.10 jGHI	1.30 fghijEFG	0.52 hiHIJ
A5B4	92.60 aA	17.70 aA	13.60 bcdeABC	1.07 jkGH	0.55 fghFGH

不同小写和大写字母分别表示处理间存在 0.05 和 0.01 水平的显著和极显著差异,下同。

Different lowcase and uppercase indicate significant and extremely significant difference between treatment, respectively. The same below.

表 3 汾豆 98 农艺性状间相关性分析

Table 3 Correlation analysis among agronomic traits of Fendou 98

	株高 Plant height	结荚高度 Podding height	主茎节数 Node number	分枝数 Branching number	茎粗 Stem diameter
株高 Plant height	1. 000				
结荚高度 Podding height	0. 908 **	1. 000			
主茎节数 Node number	-0. 181	-0. 088	1. 000		
分枝数 Branches	-0. 681 **	-0. 642 **	0. 508 **	1. 000	
茎粗 Stem diameter	-0. 560 **	-0. 477 **	0. 680 **	0. 850 **	1. 000

** 表示在 0. 01 水平(双尾)相关性显著。
** represents with significant correlation at 0. 01 probability level (double tail).

2. 2. 4 分枝数 四种施肥水平下,分枝数均随种植密度的增大逐渐减少,但分枝数随施肥水平变化并未表现出明显的规律。A1B3 处理的分枝数最大(2. 00),A5B1 处理的分枝数最小(0. 90)(表 2)。分枝数与植株抗倒伏性、光合效率等性状密切相关,因此可以通过减小种植密度增加分枝数,有利于提高大豆的抗倒伏能力与光合效率。

2. 2. 5 茎粗 不同种植密度与施肥水平条件下,茎粗变化规律与分枝数变化规律十分相似,分析发现分枝数与茎粗达到极显著相关水平($P < 0. 01, R^2 = 0. 85$)(表 3)。A1B3 处理茎粗最大(0. 69 cm),A5B1 处理茎粗最小(0. 47 cm)(表 2)。茎粗对于大豆抗倒伏性能至关重要,但高密度种植处理下茎粗较小且株高偏高,说明高密度种植条件下,大豆植株容易倒伏。

2. 3 不同种植密度与施肥水平对汾豆 98 主要产量性状及产量的影响规律分析

2. 3. 1 单株荚数 由表 4 可知,4 个施肥水平处理下,单株荚数均随种植密度的增加而减小,这可能是由于种植密度增加时,大豆受向阳性影响,地表植株生长消耗了大量营养物质,因此大豆果实生长所需营养物质受限,单株荚数减少。A1、A2 种植密度条件下,B3 施肥水平取得单株荚数最大值,而非施肥水平最高的 B4 处理,这说明种植密度较小时,一味提高施肥水平,并不能取得高产;A3、A4、A5 种植密度条件下单株荚数均随施肥水平的提高而增加。A1B3 处理单株荚数最大(24. 33),A5B1 处理单株荚数最小(12. 83)。

2. 3. 2 单株粒数 单株粒数随不同种植密度与施肥水平处理的变化规律与单株荚数相同。B1、B2、B3 施肥水平处理下,单株粒数随种植密度的增加而减小。B4 施肥水平下,各种种植密度下单株粒数的变化规律是 A2 > A1 > A3 > A4 > A5。A1 种植密度处理下,单株粒数生长规律为 B3 > B2 > B1 > B4, A2 处理下为 B3 > B4 > B2 > B1, A3、A4、A5 处理下

为 B4 > B3 > B2 > B1。单株粒数最高的处理是 A1B3(63. 63),最低处理是 A5B1(30. 50)(表 4)。

2. 3. 3 每荚粒数 每荚粒数随密度与施肥水平不同并未表现出明显变化规律,各处理间每荚粒数相差很小,每荚粒数最大的处理是 A2B2(2. 73)(表 4)。

2. 3. 4 单株粒重 单株粒重随种植密度不同而产生的变化规律与单株荚数、单株粒数分布规律相同,相同施肥水平下均呈现随种植密度增大而不断减小的规律。这说明种植密度增大时,大豆吸收营养不足且植株生长消耗了大量营养物质,使大豆植株无法提供足够的营养物质用于果实生长。不同种植密度条件下,单株粒重随施肥水平不同所呈现的变化规律并不相同。A1、A2 种植密度处理中,单株粒重随施肥水平变化呈现的规律是 B3 > B2 > B1 > B4; A3、A5 处理下单株粒重变化规律为 B3 > B4 > B2 > B1; A4 处理下单株粒重变化规律为 B3 > B2 > B4 > B1。这说明在低种植密度条件下,高施肥水平对大豆籽粒生长产生了抑制作用,中高种植密度条件下,高施肥水平有助于大豆籽粒的生成。单株粒重最大的处理是 A1B3(14. 13 g),最小的处理是 A5B1(7. 93 g)(表 4)。

2. 3. 5 百粒重 与单株粒重相同,不同施肥水平处理中,百粒重随种植密度的增大而减小。不同种植密度条件下,百粒重均随施肥水平的提高而增大。A1B4 处理百粒重最大(26. 10 g),A5B1 处理百粒重最小(17. 60 g)(表 4)。

2. 3. 6 产量 各施肥水平下,大豆产量均呈现中高密度 A3、A4 处理产量较大,低密度 A1、A2 与高密度 A5 处理产量较小的现象。这是因为大豆产量是由群体产量构成的,虽然低密度处理可以获得高单株产量,但单位面积植株数量较少限制其产量,而高密度条件下,土壤提供营养物质有限且大豆植株生长消耗营养物质较多导致 5 个低密处理的产量最小。不同种植密度条件下,大豆产量均随施肥水平提高而增加,A1 ~ A5 处理在各施肥水平下大豆产

量较 B1 处理增产比例如图 1 所示,其中 A4 处理随施肥水平的提高增产幅度最大,B4 施肥水平较 B1 处理增产达 16.89%,其次为 A3 处理,A1、A2、A5 处理增产比例较小且 3 个种植密度间相差较小,说明在中高种植密度 A3、A4 处理下,大豆对于肥料的利用效率要高于其它处理。各处理中,产量最高值

处理是 A4B4 (3 287.3 kg·hm⁻²),产量最小处理是 A5B1 (2 751.81 kg·hm⁻²)(表 4),这一结果也说明单纯提高种植密度或者施肥水平并不能获得高产,只有种植密度与施肥水平合理配置才能获得较高的产量。

表 4 不同种植密度与施肥水平处理对汾豆 98 产量性状及产量的影响

Table 4 Effects of different planting densities and fertilization leves on yield characters and yield of Fendou 98						
处理 Treatment	单株荚数 Pod number per plant	单株粒数 Seed number per plant	每荚粒数 Seed number per pod	单株粒重 Seed weight per plant/g	百粒重 100-seed weight /g	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)
A1B1	23.30 abA	60.57 aAB	2.57 bAB	12.83 bcB	23.73 bcdABCDE	2835.41 ghijEFG
A1B2	23.47 abA	61.80 aA	2.57 bAB	13.17 bAB	24.23 abcdABCD	2905.70 fghijDEFG
A1B3	24.33 aA	63.63 aA	2.57 bAB	14.13 aA	24.97 abcABC	2922.78 efghiDEFG
A1B4	20.43 cBC	52.23 cdCDE	2.57 bAB	10.70 efDE	26.10 aA	3003.69 defgCDEF
A2B1	19.30 cdCD	52.13 cdCDE	2.67 abAB	11.37 deCD	22.67 defCDEF	2900.68 fghijDEFG
A2B2	19.47 cdCD	54.10 bcCD	2.73 aA	12.00 cdBC	23.33 cdeBCDEF	2963.33 efghCDEFG
A2B3	22.23 bAB	56.73 bBC	2.60 abAB	12.77 bcB	25.07 abcABC	2982.10 efghCDEF
A2B4	20.37 cBC	54.43 bcCD	2.50 bB	10.60 efDE	25.33 abAB	3091.33 bedcABCD
A3B1	17.13 efgDE	44.77 fgFGH	2.60 abAB	8.97 hiGHI	21.43 efgEFGH	3042.03 cdefBCDE
A3B2	17.33 efgDE	47.87 efEFG	2.60 abAB	9.80 fghEFG	22.30 defDEFG	3172.42 abcABC
A3B3	19.87 cdC	49.17 deDEF	2.50 bB	10.73 efDE	23.53 bcdABCDEF	3242.16 abAB
A3B4	18.93 cdcdCD	51.60 cdeCDE	2.60 abAB	10.37 fgDE	23.87 bcdABCDE	3284.40 aA
A4B1	15.57 ghEF	39.60 hiHIJ	2.63 abAB	8.50 ijHI	19.90 ghiGHIJ	2812.28 hijFG
A4B2	17.03 fgDE	41.23 ghiHI	2.60 abAB	9.60 ghEFGH	20.93 fghFGHI	2992.00 defgCDEF
A4B3	18.17 defCD	42.03 ghiHI	2.50 bB	10.30 fgDEF	21.40 efgEFGH	3154.23 abcdABC
A4B4	18.40 defCD	44.37 fgFGH	2.50 bB	9.10 hiFGHI	22.27 defDEFG	3287.30 aA
A5B1	12.83 iG	30.50 kK	2.50 bB	7.93 jI	17.60 iJ	2751.81 jG
A5B2	14.10 highFG	35.10 jJK	2.57 bAB	8.90 hiGHI	18.47 ijIJ	2788.43 ijFG
A5B3	15.27 hEF	38.53 ijIJ	2.50 bB	9.87 fghEFG	19.43 hiHIJ	2863.13 ghijEFG
A5B4	17.13 efgDE	42.83 ghGHI	2.57 bAB	8.97 hiGHI	19.97 ghiGHIJ	2926.60 efghiDEFG

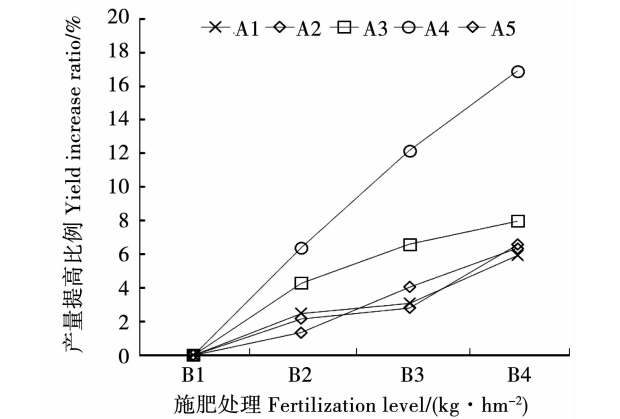


图 1 各种种植密度处理随施肥水平提高增产比例
Fig. 1 Proportion of yield increase of different planting density treatments along with fertilizer level increasing

3 讨论

大豆主要农艺性状受种植密度与施肥水平的影响各有不同,株高与结荚高度随种植密度和施肥水平的提高呈增加趋势,且结荚高度受株高影响十分显著,这一结果与李灿东等^[12]、李文龙等^[13]的研究结果一致。主茎节数呈现随种植密度增大逐渐减小的现象,其随施肥水平的提高呈现逐步增大的现象与李文龙等^[14]的研究果一致。本研究也获得了类似结果。本研究表明分枝数与茎粗均随种植密度的增大逐渐减少,但二者随施肥水平变化并未表现出明显的规律,这与王伟等^[15]和李文龙等^[13]的研究结果一致。当大豆种植密度过高,植株生长会消耗大量营养物质进而抑制大豆产量,且大豆植株抗倒伏性也会减弱。

大豆的各主要产量性状中,单株荚数、单株粒数、单株粒重和百粒重均随种植密度的增加而减小,但施肥水平对这4个农艺性状的影响不尽相同:A1、A2低种植密度条件下,高施肥水平B4对大豆籽粒生长产生抑制,因此单株荚数与单株粒数小于B3施肥水平,A3、A4、A5种植密度条件下,二者随施肥水平的提高而增大;各种种植密度条件下,B3施肥水平下单株粒重最大,而百粒重均随施肥水平的提高而增大;每荚粒数随种植密度与施肥水平不同并未表现出明显变化规律。本研究针对种植密度对单株荚数的影响的结果与刘玉平等^[16]、刘渊等^[17]研究结果相同。但目前针对施肥水平对单株荚数的影响并没有取得一致的结论。而受大豆品种不同与试验处理差别的影响,现有研究对于施肥水平与种植密度对大豆百粒重的影响效应的结论并不完全一致^[12-18]。

大豆产量是由其内在遗传基础与外界环境共同作用决定的。适宜的施肥水平可以促进大豆生长中心器官对养分的吸收^[18],最终形成较高的群体产量。大豆种植密度过小时虽然可获得较大的单株产量,但群体产量降低;种植密度过大时单株生产力又会严重下降。因此,密度过大或过小都不能获得高产^[19]。本研究也得出了类似的结果,各施肥水平条件下,大豆产量均呈现中高种植密度A3、A4较大,其它种植密度较小的现象;各种种植密度条件下,大豆产量均随施肥水平的提高而增加,其中A3、A4种植密度处理随施肥水平提高,增产比例更大,表明中高密度处理对肥料利用率更高。A4B4处理取得了3 287.3 kg·hm⁻²的最大产量,因此汾豆98最适宜的种植密度是71.25万株·hm⁻²,在此种植密度下的最佳施肥量为900 kg·hm⁻²。A3B3、A3B4等处理也取得了较高产量,且与A4B4处理产量差异未达到极显著水平,这与李灿东等^[12]的研究结果相同,说明适当减小种植密度与施肥量也可取得较高的产量,同时还能达到低碳环保、节本增效的种植目的。

4 结 论

本研究确定了现有栽培条件下山西夏大豆汾豆98最适宜的种植密度参考值为71.25万株·hm⁻²,在此种植密度下的最佳施肥量参考值为900 kg·hm⁻²,所施复合肥有效成分21% N、53% P₂O₅、26% K₂O。山西夏大豆生产中可以采用如下耕作措施种植:按照上述确定合理密植目标及施肥量标准,可采用目前普遍使用的免耕覆秸施肥一体播种机进行种植,采用通用大豆联合收割机进行机械收获,在此耕作

条件下,可以取得山西夏大豆的最高产量3 287.3 kg·hm⁻²,同时适当减小种植密度与施肥量可取得较高的产量。

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] Ren Y, Liu J, Wang Z. Planting density and sowing proportions of maize-soybean intercrops affected competitive interactions and water-use efficiencies on the Loess Plateau, China[J]. European Journal of Agronomy, 2016, 72: 70-79.

[3] Carpenter A C, Board J E. Growth dynamic factors controlling soybean yield stability across plant populations [J]. Crop Science, 1997, 37(5): 1520-1526.

[4] 张伟,张惠君,王海英,等. 株行距和种植密度对高油大豆农艺性状及产量的影响[J]. 大豆科学, 2006, 25(3): 283-287. (Zhang W, Zhang H J, Wang H Y, et al. Effects of spacings and planting densities on agronomic traits and yield in high oil soybeans [J]. Soybean Science, 2006, 25(3): 283-287.)

[5] Echarte L, Maggiora A D, Cerrudo D. Yield response to plant density of maize and sunflower intercropped with soybean [J]. Field Crops Research, 2011, 121(3): 423-429.

[6] 于洪久. 种植密度对大豆光合生理及产量的影响[J]. 大豆科学, 2009, 28(6): 1115-1118. (Yu H J. Effects of plant density on photosynthetic characteristics and yield of soybean [J]. Soybean Science, 2009, 28(6): 1115-1118.)

[7] 蓝福生. 农业新技术在植物营养与施肥研究中的应用[J]. 广西植物, 1998, 18(3): 285-290. (Lan F S. The application of new agricultural technology in the research of plant nutrition and fertilization [J]. Guihaia, 1998, 18(3): 285-290.)

[8] 宁海龙,胡国华,李文滨,等. 氮磷钾底肥对大豆蛋白质含量的效应[J]. 大豆科学, 2006, 25(3): 288-293. (Ning H L, Hu G H, Li W B, et al. The effects of based NPK fertilizer on protein content in soybean [J]. Soybean Science, 2006, 25(3): 288-293.)

[9] 郑淑琴. 钾对大豆生理效应及产量和品质的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2001(4): 25-27. (Zheng S Q. Effect of potassium on the physiology, yield and quality of soybean [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2001(4): 25-27.)

[10] 付春旭. 种植密度对绥农22大豆产量及品质影响的研究[J]. 黑龙江农业科学, 2011(7): 29-32. (Fu C X. Research of planting density on yield and quality of Suinong 22 [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2011(7): 29-32.)

[11] 任天佑,武建凯,崔嵩,等. 夏大豆早密高产栽培技术[J]. 山西农业科学, 1982(1): 6-8. (Ren T Y, Wu J K, Cui L, et al. Cultivation techniques for early density and high yield of summer soybean [J]. Journal of Shanxi Agricultural Science, 1982(1): 6-8.)

[12] 李灿东,郭泰,郑伟,等. 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[J]. 大豆科学, 2017, 36(5): 727-

732. (Li C D, Guo T, Zheng W, et al. Effect of sowing density and fertilizer levels on the yield traits of high dense planting soybean cultivar Henong 76[J]. Soybean Science, 2017, 36(5): 727-732.)

[13] 李文龙, 李喜焕, 常文锁, 等. 不同播期、密度和施肥量对保豆3号农艺性状影响[J]. 西北农业学报, 2014, 23(2): 107-113. (Li W L, Li X H, Chang W S, et al. Effects of sowing date planting densities and fertilizer levels on agronomic traits of Baodou 3 [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2014, 23(2): 107-113.)

[14] 李文龙, 李喜焕, 王瑞霞, 等. 河北省夏播极早熟区施肥与密度对大豆农艺性状和品质的影响[J]. 河北农业科学, 2015, 19(1): 10-13, 33. (Li W L, Li X H, Wang R X, et al. Effects of fertilizer and planting density on agronomic traits and quality of soybean in extremely early mature soybean region of Hebei province[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2015, 19(1): 10-13, 33.)

[15] 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 Zhexian No.9[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2016, 32(3): 43-47.)

[16] 刘玉平, 李志刚, 李瑞平, 等. 不同密度与施氮水平对大豆产量及产量性状的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版) 2011, 26(2): 173-176. (Liu Y P, Li Z G, Li R P, et al. Effects of different planting densities and N-fertilizer levels on the yield and yield characteristics of soybean[J]. Journal of Inner Mongolia University for Nationalities(Science edition), 2011, 26(2): 173-176.)

[17] 刘渊, 李文龙, 李喜焕, 等. 施肥水平和种植密度对河北山区夏播大豆产量及品质影响[J]. 中国农业科技导报, 2017, 19(8): 115-123. (Liu Y, Li W L, Li X H, et al. Effects of fertilization level and planting density on yield and quality of summer-sowing soybean in mountainous areas of Hebei[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2017, 19(8): 115-123.)

[18] 赵双进, 张孟臣, 杨春燕, 等. 栽培因子对大豆生长发育及群体产量的影响Ⅱ. 肥水、生长调控措施对产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2003, 25(2): 48-51. (Zhao S J, Zhang M C, Yang C Y, et al. Effect of culture factors on growth and yield of soybean Ⅱ. Effect of fertilizer application, watering, growth regulate measures on yield [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2003, 25(2): 48-51.)

[19] 杜长玉, 胡兴国, 何忠仁, 等. 不同密度对大豆产量和生理指标影响的研究[J]. 内蒙古农业科技, 2006(2): 35-36. (Du C Y, Hu X G, He Z R, et al. Effects of different densities on yield and physiological indicators of soybean[J]. Inner Mongolia Agricultural Science and Technology, 2006(2): 35-36.)

立足黑龙江 辐射全中国 聚焦大农业 促进快发展

欢迎订阅 2020 年《黑龙江农业科学》

《黑龙江农业科学》是黑龙江省农业科学院主办的综合性科技期刊,是全国优秀期刊、黑龙江省优秀期刊。现已被中国核心期刊(遴选)数据库、中国学术期刊综合评价数据库等多家权威数据库收录。

月刊,每月 10 日出版,国内外公开发行。国内邮发代号 14-61,每期定价 25.00 元;国外发行代号 M8321,每期定价 25.00 美元。

热忱欢迎广大农业科研工作者、农业院校师生、国营农场及农业技术推广人员、管理干部和广大农民群众踊跃订阅。全国各地邮局均可订阅,漏订者可汇款至本刊编辑部补订。汇款写明订购份数、收件人姓名、详细邮寄地址及邮编。

另有合订本珍藏版欢迎订购。2007 年合订本每册定价 80.00 元,2008~2009 年合订本每册定价 90.00 元,2010~2018 年合订本每册定价 180.00 元,邮费各 10.00 元,售完为止。

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告

地址:哈尔滨市南岗区学府路 368 号《黑龙江农业科学》编辑部
邮编:150086
电话:0451-86668373
唯一投稿网址:<http://hljnykx.haasep.cn>

