

# 施氮量和种植密度对甘肃省不同生态区大豆农艺性状及产量的影响

张彦军<sup>1</sup>, 王兴荣<sup>1</sup>, 李玥<sup>1</sup>, 李永生<sup>1</sup>, 李峰<sup>2</sup>, 苟作旺<sup>1</sup>, 张恺东<sup>3</sup>, 祁旭升<sup>1</sup>  
(1. 甘肃省农业科学院作物研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 庆阳市农业科学研究所, 甘肃 庆阳 745000; 3. 甘肃省农业科学院榆中高寒农业试验站, 甘肃 兰州 730100)

**摘要:** 为了确定甘肃省沿黄灌区、河西绿洲灌区和陇东雨养农业区的大豆最佳施氮量和种植密度, 选用陇中黄 601、陇中黄 602、陇中黄 603、汾豆 78 等 4 个大豆品种, 在 3 个不同生态区设置 4 个氮肥水平和 4 个种植密度, 测量株高、有效分枝数等主要农艺性状及产量等指标。结果表明, 不同施氮水平和种植密度对大豆农艺性状和产量的影响较大, 随着氮肥的增加, 大豆株高、有效分枝数、主茎节数、单株荚数、单株粒重、百粒重和产量呈递增的趋势, 综合比较得出不同生态区大豆最佳施氮量均为 N 90 kg/hm<sup>2</sup>。随着种植密度的增加, 折合产量呈先升高后降低的趋势。会宁县和甘州区的最佳种植密度为 16.67 万株/hm<sup>2</sup>, 宁县的最佳种植密度为 19.67 万株/hm<sup>2</sup>。对 3 个生态区的大豆产量分析表明, 河西绿洲灌区的张掖市甘州区适合种植早熟品种陇中黄 601, 而沿黄灌区的会宁县和陇东雨养农业区的宁县适宜种植中晚熟品种陇中黄 603。

**关键词:** 大豆; 施氮量; 种植密度; 生态区; 农艺性状; 产量; 甘肃省

**中图分类号:** S565.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)07-0014-10

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2021.07.004](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2021.07.004)

## Effects of Nitrogen and Planting Density on Agronomic Characters and Yield of Soybean Under Different Ecological Areas in Gansu Province

ZHANG Yanjun<sup>1</sup>, WANG Xingrong<sup>1</sup>, LI Yue<sup>1</sup>, LI Yongsheng<sup>1</sup>, LI Feng<sup>2</sup>, GOU Zuowang<sup>1</sup>, ZHANG Kaidong<sup>3</sup>, QI Xusheng<sup>1</sup>

(1. Institute of Crops, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Qingyang Academy of Agricultural Sciences, Qingyang Gansu 745000, China; 3. Yuzhong High-cold Agricultural Experiment Station, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730100, China)

**Abstract:** In order to determine the suitable nitrogen application rate and planting density of soybeans in Irrigation Area along the Yellow River, Hexi Oasis Irrigation Area and Longdong Rainfed Agricultural Area in Gansu Province, four soybean cultivars were selected, four nitrogen fertilizer levels and four planting densities were set in three different ecological regions, and the plant height, effective branch number of main agronomic

**收稿日期:** 2021-06-09

**基金项目:** 国家重点研发计划子课题(2016YFD0100201-12); 中央引导地方科技发展专项; 甘肃省主要粮食作物种质资源库(18JR2TA020); 国家大豆产业技术体系(CARS-04-CES17); 甘肃省农业科学院科研条件建设及成果转化项目(现代生物育种)(2019GAAS07)。

**作者简介:** 张彦军(1984—), 男, 甘肃通渭人, 助理研究员, 硕士, 主要从事农作种质资源研究工作。Email: zhangyanjun1221@163.com。

**通信作者:** 祁旭升(1966—), 男, 甘肃会宁人, 研究员, 主要从事农作种质资源研究工作。Email: qixusheng6608@sina.com。

characteristics and plot yield were measured. The results showed that different nitrogen application levels and planting densities has greater effect on soybean agronomic characteristics and yield. Plant height, number of effective branches, number of main stem nodes, pod number per plant, yield per plant, 100-seed weight and yield was increased with the increase of nitrogen fertilizer. Comprehensive comparison of soybean in different ecological areas, the suitable nitrogen application rate was 90 kg/hm<sup>2</sup> pure nitrogen. The yield of the plot raised and then fell with the increase of planting density. The best planting density in Huining County and Ganzhou District was 166,700 plants/hm<sup>2</sup>, and the best planting density in Ning County was 196,700 plants/hm<sup>2</sup>. Through the analysis of the yield of the three ecological regions, it is shown that the early-maturing variety Longzhonghuang 601 was suitable for planting in Ganzhou District, while the mid-late-maturing variety Longzhonghuang 603 was suitable for planting in Huining County and Ning County.

**Key words:** Soybean; Nitrogen application; Density; Ecological areas; Agronomic characteristics; Yield; Gansu Province

大豆是世界上重要的油料作物和植物蛋白及饲料原料<sup>[1]</sup>, 与人们生活密不可分。据国家统计局数据, 2020 年我国大豆产量为 1 960 万 t, 播种面积与产量均较 2019 年有所增加。据海关总署统计, 2020 年我国累计进口大豆 10 033 万 t, 首次超过 1 亿 t, 刷新了 2017 年进口 9 553 万 t 记录<sup>[2]</sup>。可见, 大豆产需缺口巨大, 高度依赖进口。在耕作制度中, 大豆也是种养相结合的重要倒茬作物, 其根系含有的根瘤菌能固定空气中的氮素, 可提高氮肥利用效率。大豆成熟后, 叶片自然脱落, 能够起到培肥地力的作用。

影响大豆农艺性状及产量的因素诸多, 如品种、气候条件、土壤养分、栽培措施等<sup>[3]</sup>, 其中高效的栽培措施是大豆高产的基础。氮素是作物生长发育和提高产量必不可少的营养元素之一, 合理的施肥量对作物的产量贡献率可达 40%~50%<sup>[4]</sup>, 不科学的施肥不仅影响作物产量, 同时造成肥料浪费及破坏土壤的生态系统和自净能力。大豆属于群体产量作物<sup>[5]</sup>, 较对于过度追求单株产量, 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<sup>[6-8]</sup>, 有利于提高大豆叶片的光能利用效率, 促进干物质积累, 进而提高产量。

甘肃省地域辽阔、生态类型丰富, 大豆

种植区主要分布于陇东雨养农业区、陇南雨养农业区、河西绿洲灌区、中部沿黄灌区, 且存在品种混乱、种植分散、不成规模、管理粗放等问题。针对甘肃省大豆种植栽培过程中存在的问题, 我们选用 3 个甘肃省审定品种(陇中黄 601、陇中黄 602、陇中黄 603)和 1 个甘肃省区域试验和生产试验对照品种(汾豆 78)为试验材料, 在甘肃省沿黄灌区(白银)、张掖河西绿洲灌区(张掖)和陇东雨养农业区(庆阳)3 个不同生态区, 分析不同施氮水平和种植密度对这 4 个大豆品种农艺性状及产量的影响, 以期甘肃省大豆高产优质栽培技术建立和推广提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试大豆品种陇中黄 601、陇中黄 602、陇中黄 603 由甘肃省农业科学院作物研究所选育并提供<sup>[9-10]</sup>, 汾豆 78 由国家农作物种质资源库(甘肃分库)提供。试验于 2020 年在白银市会宁县、张掖市甘州区、庆阳市宁县同时进行。

### 1.2 试验区概况

白银市会宁县地处西北内陆, 是温带大陆性季风气候, 属于沿黄灌区, 年平均气温 8.7 °C, 年降水量 312.8 mm, 年均蒸发量 1 728.0 mm, 年无霜期 173 d, 日照时数达

2 226.6 h; 试验地 0~20 cm 土层含有机质 15.62 g/kg、碱解氮 81.44 mg/kg、速效磷 18.53 mg/kg、速效钾 206.97 mg/kg。张掖市甘州区位于河西走廊中部,是我国西北干旱地带典型的绿洲灌溉农业区,气候类型属大陆性中温干旱气候,年平均气温 7.1 °C、 $\geq 0$  °C 积温 3 391 °C、 $\geq 10$  °C 积温 2 870 °C,年平均降水量 129.0 mm,蒸发量 2 047.9 mm,年平均无霜期 153 d; 试验地 0~20 cm 土层含有机质 18.45 g/kg、碱解氮 76.62 mg/kg、速效磷 22.76 mg/kg、速效钾 244.53 mg/kg。庆阳市宁县位于陇东地区,是典型的温带性大陆季风气候,属于雨养农业区,年均气温为 9.0 °C,年均日照时数为 2 369.1 h,无霜期为 168.2 d,年均降水量为 568.9 mm,且 60% 发生在 7—9 月,早春容易发生干旱; 试验地土壤类型为黄绵土,0~20 cm 土层有机质含量为 14.43 g/kg、全氮 0.99 g/kg、速效磷 11.42 mg/kg、速效钾 153.83 mg/kg。

### 1.3 试验方法

1.3.1 施氮量试验 试验设 A1 (不施氮)、A2 (低氮水平,施 N 45 kg/hm<sup>2</sup>)、A3 (当地正常施氮水平,施 N 90 kg/hm<sup>2</sup>)、A4 (高氮水平,施 N 135 kg/hm<sup>2</sup>) 4 个水平,小区面积为 10 m<sup>2</sup>,3 次重复,随机区组排列,按行长 5 m、0.5 m 行距、0.12 m 株距 4 行区种植。所有处理均施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 120 kg/hm<sup>2</sup>,结合播前整地一次性施入。氮肥施用量按不同处理设计用量施用,其中基肥不施氮肥、分枝期追肥 50%、花荚期追肥 50%。田间管理同当地大田。

1.3.2 种植密度试验 试验设 4 个处理,分别为 B1 (14.29 万株 /hm<sup>2</sup>)、B2 (16.67 万株 /hm<sup>2</sup>)、B3 (19.67 万株 /hm<sup>2</sup>)、B4 (25.00 万株 /hm<sup>2</sup>)。试验随机区组排列,3 次重复,小区面积为 10 m<sup>2</sup> (5 m × 2 m)。种植分别株距为 0.14 m、0.12 m、0.10 m、0.08 m,按 5 m 行

长、0.5 m 行距 4 行区种植。播种前一次性基施 N 90 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 120 kg/hm<sup>2</sup>。田间管理同当地大田水平。

### 1.4 测定项目及方法

1.4.1 根瘤指标测定 于大豆苗期、花期、结荚期的晴天 9:00—10:00 时取样,取 2 株将根系所在的土方区域整体挖出装入尼龙网袋中,用水浸泡后快速洗净根系置于冰盘之上,泥水过钢筛以收集散落的根瘤,迅速剥落洗净后大豆根系上的根瘤,计数根瘤总量,将根瘤表面水分用吸水纸轻轻吸干后用天平称取根瘤重量。

1.4.2 农艺性状 测定成熟后每小区取 10 株,参照《大豆种质资源描述规范和数据标准》进行株高、分枝数、主茎节数、单株荚数、单株粒重和百粒重等指标的测定<sup>[11]</sup>,以其平均值代表考察性状值。收获全小区植株计产。

### 1.5 数据分析

采用 Excel 2007 进行数据整理,利用 R 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 施氮量对大豆农艺性状的影响

从表 1 可以看出,在甘州区试点,大豆株高、主茎节数普遍高于会宁县试点和宁县试点,而有效分枝、单株荚数、单株粒重、百粒重则相反。这可能是由于在甘州区营养生长阶段时期延长,导致陇中黄 602 和陇中黄 603 未能完全成熟造成的,说明甘州区更加适合早熟品种的推广种植。随着施氮量的增加,在 3 个试验点,大豆的主要农艺性状呈递增的趋势,其中汾豆 78 (22.41 g) 和陇中黄 601 (27.55 g) 百粒重最大值出现在会宁县试点的 A4 水平,而陇中黄 602 (28.93 g) 和陇中黄 603 (29.61 g) 的百粒重最大值则出现在宁县试点的 A4 水平,说明氮肥对大豆的生长发育起到至关重要的作用。

表1 不同施氮水平对大豆主要农艺性状的影响

地点	品种	处理	株高/cm	有效分枝 /个	主茎节数 /节	单株荚数 /个	单株粒重 /g	百粒重 /g
会宁县	汾豆78	A1	91.00	2.40	16.40	34.80	19.44	20.13
		A2	94.00	2.80	17.20	39.20	23.21	20.68
		A3	94.00	4.00	18.00	47.60	23.75	21.66
		A4	95.00	4.20	19.20	51.40	26.64	22.41
	陇中黄601	A1	71.00	1.40	14.20	31.40	17.08	24.63
		A2	74.00	2.20	14.60	35.20	18.77	25.11
		A3	75.00	2.40	14.60	35.60	21.55	25.35
		A4	77.00	2.60	14.80	39.80	25.07	27.55
	陇中黄602	A1	122.00	0.00	18.00	29.00	16.32	22.63
		A2	133.00	0.00	18.20	35.20	17.78	22.68
		A3	134.00	0.20	18.40	37.80	19.87	22.74
		A4	135.00	0.60	18.60	38.20	20.92	25.26
	陇中黄603	A1	110.00	2.60	19.00	43.20	21.59	23.67
		A2	117.00	2.60	19.60	44.20	21.90	24.07
		A3	118.00	2.60	20.00	51.00	25.21	24.52
		A4	128.00	3.20	20.50	58.00	27.67	25.39
甘州区	汾豆78	A1	109.00	1.00	15.00	28.33	11.52	13.74
		A2	115.67	1.00	16.00	31.67	11.92	13.97
		A3	116.67	1.33	17.33	36.00	15.88	15.55
		A4	119.67	2.67	19.33	42.33	18.70	17.17
	陇中黄601	A1	79.00	0.00	15.00	23.00	12.32	22.63
		A2	97.33	0.67	15.00	31.00	15.30	22.75
		A3	98.67	0.67	16.67	31.00	15.42	22.82
		A4	118.67	1.00	18.67	43.33	25.02	23.50
	陇中黄602	A1	148.00	0.00	18.67	22.00	8.24	12.86
		A2	154.67	0.33	19.00	29.33	9.02	13.99
		A3	158.67	1.33	19.67	33.67	12.26	15.01
		A4	160.67	1.67	21.33	39.00	15.80	15.27
	陇中黄603	A1	125.00	0.00	15.00	21.00	7.38	15.03
		A2	130.67	0.67	16.00	24.00	7.82	15.47
		A3	132.00	0.67	17.67	27.67	11.36	15.53
		A4	134.33	2.00	19.00	32.33	11.84	15.57
宁县	汾豆78	A1	75.33	3.40	14.70	37.33	21.09	21.84
		A2	78.33	4.10	17.20	48.67	22.28	22.08
		A3	87.33	4.40	17.60	49.33	23.61	22.12
		A4	91.00	4.70	18.30	52.00	29.05	22.23
	陇中黄601	A1	90.67	2.70	13.30	33.89	19.25	23.41
		A2	92.00	3.20	14.40	39.78	21.59	25.64
		A3	95.00	3.30	15.20	41.00	24.04	25.84
		A4	95.67	4.30	16.70	43.44	25.64	26.98
	陇中黄602	A1	92.00	2.70	12.20	25.67	16.67	27.69
		A2	96.33	3.00	12.30	35.67	24.28	28.10
		A3	99.00	3.80	12.40	36.89	25.01	28.68
		A4	102.00	4.00	16.70	37.89	26.17	28.93
	陇中黄603	A1	96.67	3.00	13.70	40.11	20.03	26.95
		A2	97.33	3.00	15.30	41.33	22.53	27.36
		A3	98.00	3.20	15.60	42.22	28.52	28.81
		A4	106.00	5.20	16.30	51.11	29.87	29.61

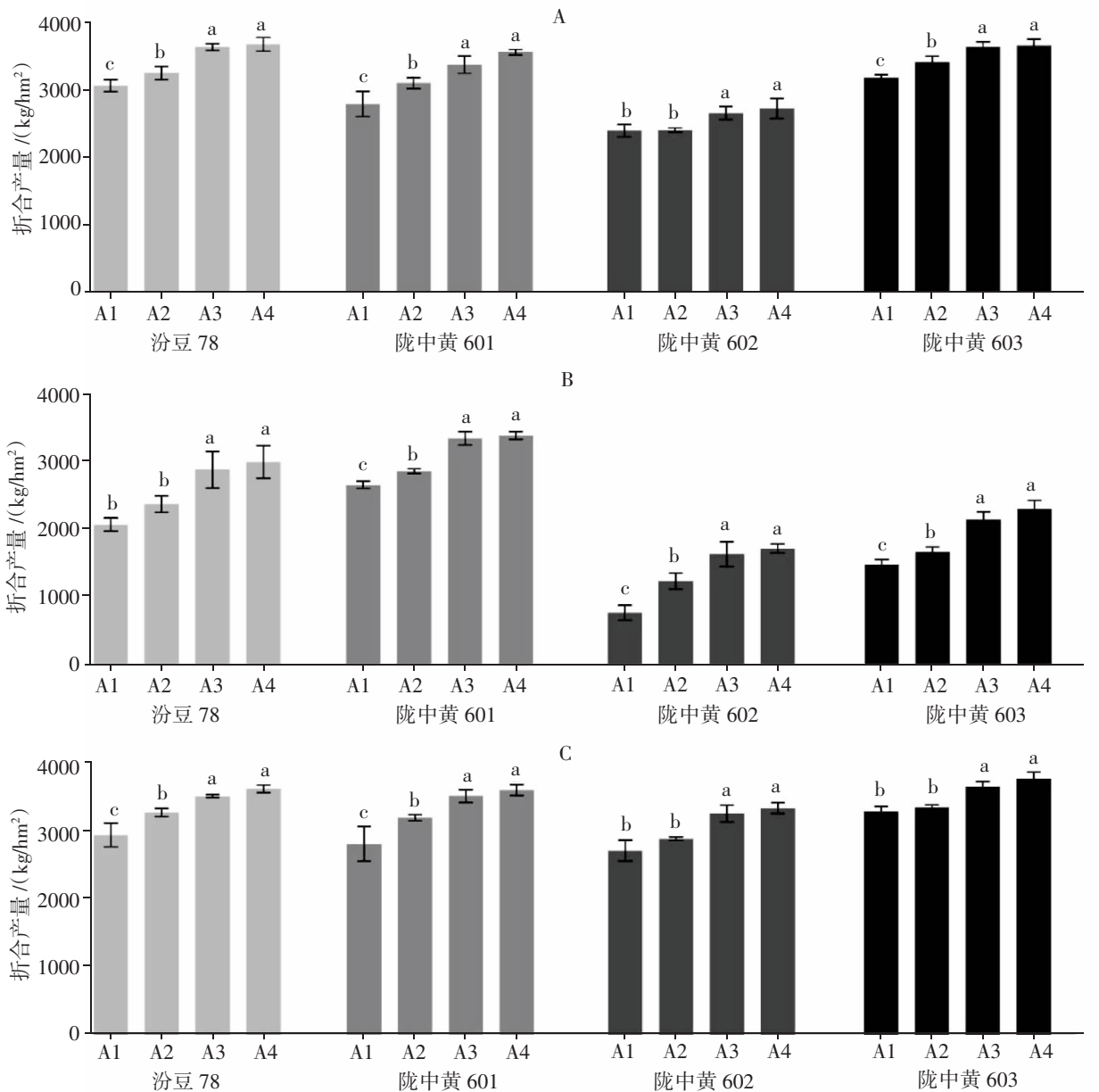
## 2.2 施氮量对大豆产量的影响

不同施氮量对大豆折合产量有着显著影响,对于同一大豆品种而言,折合产量的最大值均出现在 A4 处理,且均超过了 3 300 kg/hm<sup>2</sup>,其中以陇中黄 603 最高,达 3 811.96 kg/hm<sup>2</sup>。从图 1 可以看出,随着施氮量的增加大豆产量呈递增的趋势,A1 处理、A2 处理下的折合产量与 A3 处理、A4 处理达到显著差异,而 A3 处理和 A4 处理之间差异不显著。说明当施氮量达到一定水平后大豆产

量增加不显著,由氮肥引起的产量增加达到临界值,若继续增加施氮量会造成氮肥过剩。可见,在分枝期和开花期追施 N 90 kg/hm<sup>2</sup>可以有效提高大豆产量。

## 2.3 施氮量对根瘤数量和重量的影响

从表 2 可知,随着施氮量的增加,不同品种的根瘤菌数量和重量均呈递增的趋势;随着生育进程的推进,不同品种的根瘤菌数量和重量同样呈现出递增的趋势。在会宁县试点,陇中黄 601 和汾豆 78 的根瘤数量



(图中 A 为会宁县试点, B 为甘州区试点, C 为宁县试点)

图 1 不同施氮量对大豆产量的影响

表2 不同施氮水平对大豆根瘤菌数量和重量的影响

地点	品种名称	处理	苗期 根瘤数 /个	苗期 根瘤重 /g	花期根瘤数 /个	花期 根瘤重 /g	结荚期 根瘤数 /个	结荚期 根瘤重 /g
会宁县	汾豆78	A1	23.33	0.68	28.00	1.20	57.00	1.73
		A2	31.00	0.70	40.00	1.59	100.67	3.33
		A3	32.33	0.84	49.67	1.60	123.33	4.08
		A4	32.33	0.85	63.33	1.98	138.67	5.29
	陇中黄601	A1	24.33	0.54	36.67	2.01	91.00	4.08
		A2	25.00	0.69	64.67	2.39	111.33	5.08
		A3	32.33	0.87	68.00	2.85	137.00	6.40
		A4	33.67	0.88	88.00	3.44	165.33	8.00
	陇中黄602	A1	4.00	0.09	5.33	0.50	30.33	1.52
		A2	13.00	0.39	15.33	0.77	32.67	1.80
		A3	14.33	0.48	16.00	1.18	40.67	1.92
		A4	18.00	0.55	17.33	1.34	51.67	2.74
	陇中黄603	A1	10.33	0.31	14.67	1.13	31.67	1.82
		A2	16.67	0.55	22.33	1.18	76.33	2.70
		A3	22.33	0.73	27.00	1.45	82.33	3.36
		A4	32.67	0.99	40.00	2.03	124.33	4.74
甘州区	汾豆78	A1	48.00	1.41	74.00	2.62	74.67	4.14
		A2	48.67	1.70	75.67	3.68	100.00	5.22
		A3	62.67	1.74	75.67	3.74	115.00	5.50
		A4	75.00	1.95	102.00	4.50	133.67	6.53
	陇中黄601	A1	22.67	0.36	48.33	1.03	62.67	1.60
		A2	37.00	0.50	57.33	1.64	91.33	4.36
		A3	50.33	0.64	60.67	1.78	104.67	6.58
		A4	74.33	1.58	103.67	3.75	127.33	6.79
	陇中黄602	A1	0	0	0	0	4.00	0.10
		A2	0	0	0.67	0.02	5.33	0.20
		A3	0	0	1.00	0.07	15.33	0.44
		A4	0	0	2.33	0.12	98.67	3.44
	陇中黄603	A1	0	0	1.00	0.03	3.33	0.15
		A2	0	0	1.67	0.06	5.00	0.17
		A3	0	0	2.00	0.20	6.00	0.25
		A4	1.67	0	5.67	0.26	21.33	0.59
宁县	汾豆78	A1	56.00	0.15	114.00	2.22	367.00	4.62
		A2	60.00	0.40	200.00	3.03	376.00	4.67
		A3	71.00	0.45	332.00	5.49	487.00	6.15
		A4	72.00	0.45	425.00	5.50	537.00	7.06
	陇中黄601	A1	77.00	0.27	189.00	1.19	329.00	3.04
		A2	86.00	0.41	266.00	2.95	413.00	5.32
		A3	97.00	0.49	304.00	3.50	472.00	5.36
		A4	99.00	0.72	329.00	3.59	504.00	5.67
	陇中黄602	A1	42.00	0.13	180.00	4.10	365.00	5.32
		A2	48.00	0.44	263.00	4.40	396.00	5.92
		A3	50.00	0.51	296.00	4.41	399.00	6.13
		A4	54.00	0.52	300.00	5.38	449.00	7.18
	陇中黄603	A1	48.00	0.31	282.00	4.14	410.00	5.98
		A2	58.00	0.51	301.00	5.94	442.00	7.24
		A3	84.00	0.66	355.00	6.72	520.00	7.64
		A4	94.00	0.73	358.00	7.46	522.00	8.77

和重量最大, 显著高于陇中黄 602 和陇中黄 603; 在甘州区试点, 陇中黄 602 和陇中黄 603 根瘤菌数量和重量非常低, 在苗期甚至为 0; 在宁县试点, 4 个品种根瘤菌数量和重量普遍高于其他 2 个试点, 这可能与不同生态区的土壤养分含量和气候因素有关。

#### 2.4 种植密度对大豆农艺性状的影响

从表 3 可以看出, 大豆农艺性状在不同种植密度间差异明显, 随着种植密度的增加, 不同品种的株高、有效分枝数、主茎节数和百粒重呈递减的趋势, 在不同品种间 B4 处理较 B1 处理分别降低 1.99%~25.57%、21.28%~100%、4.12%~30.51%、3.64%~22.98%。在会宁县、甘州区不同品种的单株荚数和单株粒重均随着种植密度的增加呈先升高后降低的趋势, 其中会宁县在 B2 处理下达到最大值, 甘州区在 B3 处理下达到最大值。在宁县不同品种的单株荚数随种植密

度的增加呈逐渐降低趋势, 以 B1 处理值最大; 单株粒重随种植密度的增加呈逐渐升高趋势, 以 B4 处理值最大。

#### 2.5 种植密度对大豆产量的影响

合理密植是作物高产的基础, 大豆产量与种植密度的关系更加紧密。从图 2 看出, 在会宁县试点和甘州区试点, B2 处理下不同品种的折合产量最高, 与其他处理间达到显著差异, 之后随着种植密度的增加产量逐渐降低。在 4 个处理中, 均以 B4 处理下的 4 个品种的折合产量最低。在宁县试点, B3 处理下 4 个品种的折合产量均最高, 且与其他处理间呈显著差异, 而 B1 处理下各品种的折合产量最低。汾豆 78 和陇中黄 603 在 B3 处理下折合产量分别比 B1 处理增产 87.57% 和 57.18%。由此可以看出, 在会宁县和甘州区灌溉农业地区大豆适宜种植密度为 16.67 万株 /hm<sup>2</sup>, 在宁县雨养农业区大豆最适种植密度为 19.67

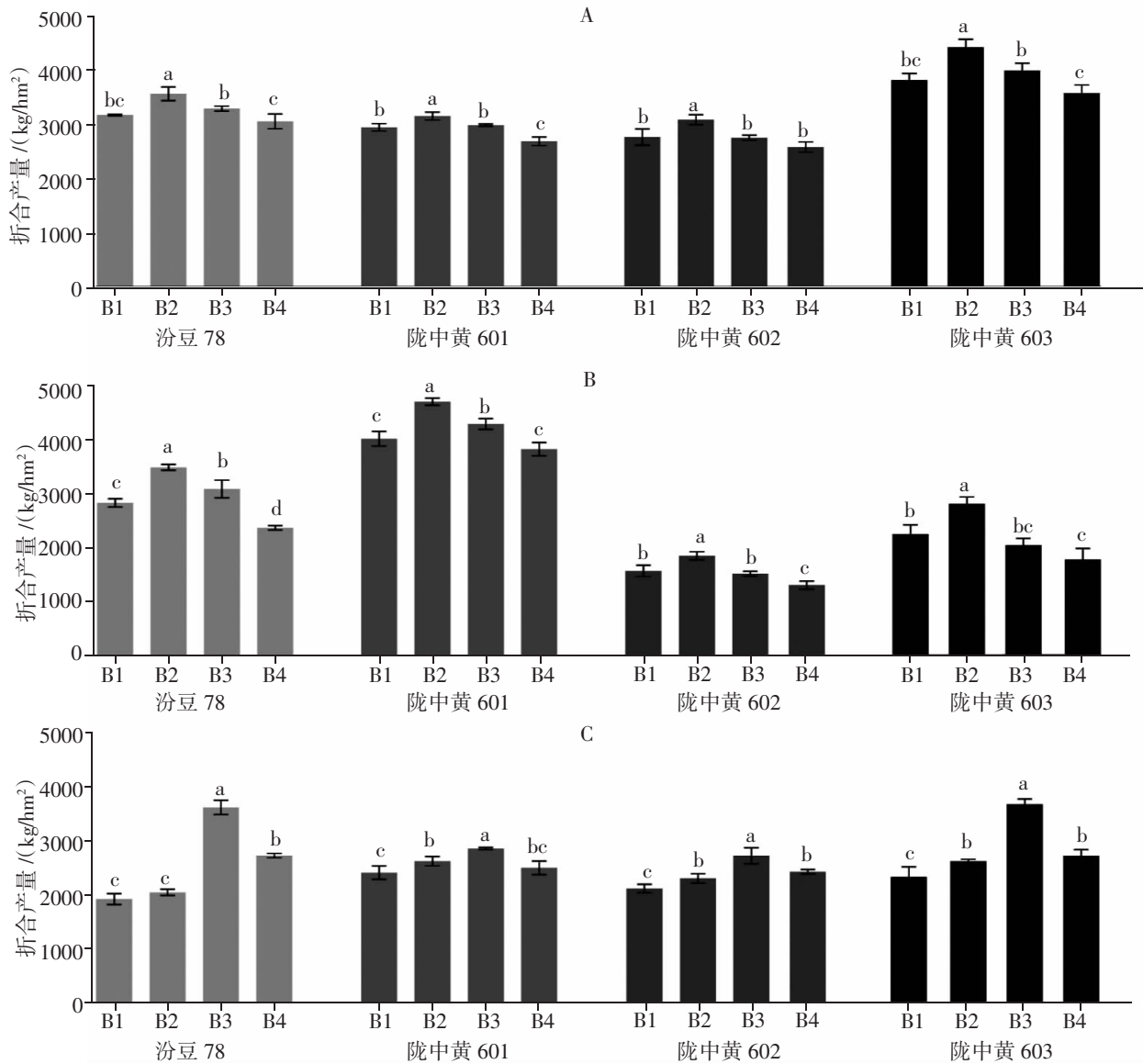
表 3 不同种植密度对大豆主要农艺性状的影响

地点	品种	处理	株高 /cm	有效分枝 /个	主茎节数 /节	单株荚数 /个	单株粒重 /g	百粒重 /g
会宁县	汾豆78	B1	120.00	3.60	19.20	50.50	26.89	22.86
		B2	117.00	3.60	18.80	51.80	29.49	21.48
		B3	106.00	3.00	18.40	42.20	26.68	20.43
		B4	106.00	1.80	17.20	32.80	19.30	19.45
	陇中黄601	B1	102.00	2.80	15.80	34.00	25.75	30.68
		B2	100.00	2.40	15.80	44.80	26.14	28.41
		B3	98.00	1.20	14.40	28.00	16.63	25.81
		B4	96.00	0.80	13.60	26.20	14.38	25.58
	陇中黄602	B1	151.00	0.40	19.40	30.80	15.64	22.26
		B2	149.00	0.40	19.00	45.80	23.46	21.59
		B3	149.00	0	18.80	40.60	18.74	21.54
		B4	148.00	0	18.60	28.40	14.68	21.45
	陇中黄603	B1	143.00	2.40	20.60	30.80	14.90	27.31
		B2	137.00	1.40	20.60	59.60	31.31	25.66
		B3	137.00	0.80	18.60	42.00	24.42	25.08
		B4	130.00	0.40	17.60	28.00	13.81	22.72

续表 3

地点	品种	处理	株高 /cm	有效分枝 /个	主茎节数 /节	单株荚数 /个	单株粒重 /g	百粒重 /g
甘州区	汾豆 78	B1	120.33	4.67	19.33	29.33	14.58	16.78
		B2	106.67	2.67	18.67	41.67	16.06	16.53
		B3	103.00	1.67	18.33	76.67	32.18	16.22
		B4	95.33	0.67	16.00	41.67	17.30	15.65
	陇中黄 601	B1	116.00	2.00	19.67	28.33	11.74	24.20
		B2	101.33	0.33	17.00	35.67	16.84	20.96
		B3	93.33	0.33	15.67	41.33	23.76	19.58
		B4	86.33	0	13.67	34.00	15.48	18.64
	陇中黄 602	B1	164.00	0.67	20.67	29.33	6.04	15.94
		B2	158.67	0	19.67	33.00	10.80	15.52
		B3	148.33	0	19.33	37.67	13.24	15.44
		B4	141.67	0	19.00	31.67	10.62	14.12
	陇中黄 603	B1	123.67	2.00	17.00	26.00	7.74	17.83
		B2	123.00	0.67	16.33	27.33	9.44	17.79
		B3	120.67	0.67	16.00	33.67	12.46	16.97
		B4	104.33	0	16.00	31.00	10.86	16.32
宁县	汾豆 78	B1	88.00	3.30	18.00	46.89	13.02	22.23
		B2	87.33	2.70	17.00	34.89	14.05	21.14
		B3	79.67	2.30	17.00	27.78	18.32	20.83
		B4	79.00	2.00	14.30	25.22	19.70	20.53
	陇中黄 601	B1	97.33	2.30	17.00	48.44	17.77	26.37
		B2	93.67	2.30	14.20	44.33	19.69	25.76
		B3	92.00	1.30	13.30	29.67	23.68	25.39
		B4	88.33	1.00	13.00	26.78	24.24	24.58
	陇中黄 602	B1	113.00	3.70	16.70	34.11	15.51	27.92
		B2	107.00	2.70	15.30	29.78	18.85	27.28
		B3	103.67	2.30	14.70	29.11	19.68	26.77
		B4	100.67	2.00	11.70	25.22	20.79	26.08
	陇中黄 603	B1	107.33	4.70	16.00	44.00	19.40	26.95
		B2	103.33	4.00	15.00	40.78	19.62	26.63
		B3	100.00	3.70	14.70	36.78	21.47	26.34
		B4	91.00	3.70	14.10	36.00	23.00	25.21





(图中 A 为会宁县试点, B 为甘州区试点, C 为宁县试点)

图 2 不同种植密度处理对大豆产量的影响

万株 /hm<sup>2</sup>。

### 3 结论与讨论

合理的施肥不仅能够提高作物产量,同时可以减少肥料浪费及对生态环境的破坏程度。合理施肥能够协调土壤营养供应,促进大豆干物质的积累及根瘤固氮,进而提高大豆产量<sup>[12-14]</sup>。本研究发现,在大豆分枝期和开花期随着施氮量的增加,大豆主要农艺性状和产量均呈递增的趋势,当施氮量增加到一定量之后,产量的增加量不显著,这与前人的研究结果相似<sup>[15-16]</sup>。氮肥对大豆根

瘤菌数量和重量影响较大,施加氮肥可显著增加根瘤菌数量和重量,大豆生殖生长阶段根瘤菌数量和重量显著高于营养生长阶段。说明氮肥是大豆生长发育不可缺少的因素,通过追施氮肥可显著提高大豆产量。分析本试验结果,推荐在陇东雨养农业区、河西绿洲灌区和沿黄灌区的最佳施氮量为 N 90 kg/hm<sup>2</sup>。

适当增加种植密度有利于作物干物质积累分配及产量的增加,而种植密度主要是通过产量构成因素起作用而影响产量<sup>[17-18]</sup>。本研究发现,随着种植密度的增加,大豆的

株高、有效分枝数、主茎节数和百粒重均降低,折合产量也表现出先升高后降低,这与吕继龙等<sup>[19]</sup>的研究一致。而在不同的生态区,折合产量最高时的种植密度不同,会宁县和甘州区在种植密度为 16.67 万株/hm<sup>2</sup>时折合产量最高,而宁县最高产时的种植密度为 19.67 万株/hm<sup>2</sup>,说明应根据不同的生态区选择适宜的种植密度,以实现最高产量。通过对沿黄灌区、河西绿洲灌区和陇东雨养农业区 3 个生态区的产量比较发现,在河西绿洲灌区张掖市甘州区适合种植早熟品种陇中黄 601,而在沿黄灌区会宁县和陇东雨养农业区宁县适宜种植中晚熟品种陇中黄 603。

#### 参考文献:

- [1] FENTA B A, BEEBE S E, KUNERT K J, et al. Field phenotyping of soybean roots for drought stress tolerance[J]. *Agronomy*, 2014, 4: 418-435
- [2] 刘 惠. 2020 大豆进口首次超亿吨 我国大豆行业如何破困局[EB/OL]. (2021-01-27) [2021-05-20]. <http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/2021/01/27/t20210127-36262060.shtml>.
- [3] SOUTHWORTH J, PFEIFER R A, HABECK M, et al. Changes in soybean yields in the Midwestern United States as a result of future changes in climate, climate variability, and CO<sub>2</sub> fertilization[J]. *Climate Change*, 2002, 53: 447-475.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] CARPENTER A C, BOARD J E. Growth dynamic factors controlling soybean yield stability across plant populations[J]. *Crop Science*, 1997, 37(5): 1520-1526.
- [8] 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.
- [9] 王兴荣, 张彦军, 李 玥, 等. 大豆新品种陇中黄 602 选育报告[J]. *甘肃农业科技*, 2019(5): 4-6.
- [10] 李永生, 王兴荣, 张彦军, 等. 大豆新品种陇中黄 603 选育报告[J]. *甘肃农业科技*, 2020(4): 1-4.
- [11] 邱丽娟, 常汝镇. 大豆种质资源描述规范和数据标准[S]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 58-75.
- [12] 刘玉平, 李志刚, 李瑞平, 等. 不同密度与施氮水平对高油大豆产量及品质的影响[J]. *大豆科学*, 2011, 30(1): 79-82.
- [13] 朱洪德, 冯丽娟, 于洪久, 等. 种植密度和施肥水平对高油大豆品质性状的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2010, 16(1): 232-236.
- [14] 才 艳, 郑殿峰, 冯乃杰, 等. 氮肥施用量对大豆生长动态及干物质积累的影响[J]. *黑龙江八一农垦大学学报*, 2007, 19(2): 13-16.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 刘玉平, 李志刚, 李瑞平, 等. 不同密度与施氮水平对高油大豆产量及品质的影响[J]. *大豆科学*, 2011, 30(1): 79-82.
- [18] 田艺心, 高凤菊, 徐 冉, 等. 种植密度对高蛋白大豆经济性状和产量的影响[J]. *中国油料作物学报*, 2017, 39(4): 476-482.
- [19] 吕继龙, 何 萍, 徐新朋, 等. 我国大豆最佳施肥量和种植密度评价[J]. *中国土壤与肥料*, 2020(6): 174-180.

(本文责编: 郑立龙)