

# 播种密度对甘肃东部夏播大豆产量和水分利用效率的影响

王立明, 杨如萍, 陈光荣, 张国宏

(甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 为提高旱作区夏播大豆种植效益, 充分有效利用当地自然降水资源, 在甘肃东部选择 2 个不同株型大豆品种, 进行适宜种植密度研究。结果表明, 随种植密度增加, 株高、分枝数、单株荚数、单株粒数逐渐下降, 底荚高度逐渐升高。播种密度对主茎节数、荚粒数、百粒重无显著影响。在设计密度 13.5 万株~31.5 万株/hm<sup>2</sup> 范围内, 中黄 30 适宜种植密度为 27.0 万株/hm<sup>2</sup>, 晋豆 19 为 22.5 万株/hm<sup>2</sup>。适宜的种植密度能够显著提高大豆籽粒产量和田间水分利用率。

**关键词:** 甘肃东部; 夏播大豆; 适宜密度; 产量; 水分利用效率

**中图分类号:** S565.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2018)11-0049-04

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2018.11.014

复种是区域作物增产最直接简单且行之有效的方式<sup>[1]</sup>, 提高复种指数是高效集约化利用耕地资源程度的基础性指标<sup>[2-3]</sup>。甘肃东部属两年三熟种植类型区<sup>[4-5]</sup>, 受当地自然气候条件以及轮作制度的影响, 夏播大豆在该区具有悠久的栽培历史, 已成为当地重要的粮食与经济作物<sup>[6]</sup>。夏播大豆一般在降雨季节生长, 适应该区域雨热同季的气候特点<sup>[7]</sup>。夏播大豆出苗快、生长发育迅速, 生育期一般 90~110 d, 出苗 45 d 后就开始开花结

实, 在作物布局中有特殊的地位<sup>[8-9]</sup>。长期以来, 因该区自然、经济条件等诸多因素限制, 夏播大豆未能得到应有重视, 新栽培技术研发相对缓慢, 制约着该区大豆生产水平的提高<sup>[10-11]</sup>。

大豆生产是群体生产, 种植密度对大豆的个体生长、发育以及主要经济性性状影响较大<sup>[12-13]</sup>, 适宜的群体结构有利于大豆对自然光能的利用<sup>[14]</sup>, 也有利于品种增产潜力发挥及籽粒产量的提高<sup>[15]</sup>。我们以甘肃东部复播夏大豆为对象, 通过田间试

**收稿日期:** 2018-07-05

**基金项目:** 甘肃省特色作物产业技术体系项目; 甘肃省农业科学院科技支撑计划(2017GAAS47)。

**作者简介:** 王立明(1966—), 男, 甘肃宁县人, 高级农艺师, 研究方向为作物育种与栽培。联系电话: (0)13034109080。

Email: hns\_wlm@163.com。

- [2] 赵国宁, 孙丽娜, 严焕兰, 等. 凉州区日光温室秋冬茬番茄引种试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2017(6): 3-7.
- [3] 戚瑞生. 临夏州日光温室无公害番茄水肥菌一体化栽培技术规程[J]. 甘肃农业科技, 2017(5): 75-80.
- [4] 鲍维巨, 方 巍, 张琪晓, 等. 不同浓度 NaCl 胁迫处理对番茄种子发芽的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2011, 38(2): 1-5.
- [5] 陈火英, 张才喜, 庄天明, 等. NaCl 胁迫对不同品种番茄种子发芽特性的影响[J]. 上海农学院学报, 1998, 16(3): 209-212.
- [6] 陈国雄, 李定淑, 张志谦, 等. 盐胁迫对西葫芦和黄瓜种子萌发影响的对比研究[J]. 中国沙漠, 1996, 16(3): 306-309.
- [7] 张 匀, 栾雨石. 番茄耐盐育种研究进展[J]. 西北农业学报, 2006(3): 128-133.
- [8] 张 飞, 梁 燕. 番茄品种种子萌发期耐盐性研究[J]. 北方园艺, 2012(12): 13-16.
- [9] 董志刚, 程智慧. 番茄品种资源芽苗期和幼苗期的耐盐性及耐盐指标评价[J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1348-1358.
- [10] 刘 翔, 许 明, 李志文. 番茄苗期耐盐性鉴定指标初探[J]. 北方园艺, 2007(3): 4-7.
- [11] 李红彦, 裴孝伯, 王 跃. 硫酸钠盐胁迫处理对番茄产量和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(4): 191-194.

(本文责编: 陈 伟)

验,分析不同品种、播种密度对大豆主要农艺性状、产量及田间水分利用效率的影响,旨在为该区域夏播大豆高产栽培提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2017 年在甘肃省镇原县上肖乡梧桐村甘肃省农业科学院试验基地 (107° 29'E, 35° 30' N) 进行。海拔 1 297 m, 年平均气温 8.6 °C, 无霜期 165 d。年降水量 533.5 mm, 且季节分布不均, 主要集中在 7—9 月, 属于典型黄土高原半湿润偏旱气候类型区。试验地土壤为覆盖黑垆土, 耕层 (0~20 cm) 含有机质 11.3 g/kg、全氮 0.95 g/kg、碱解氮 86 mg/kg、速效磷 12.5 mg/kg 和速效钾 232 mg/kg。试验地前茬为冬油菜。播前结合耕翻灭茬整地施尿素 50 kg/hm<sup>2</sup>、磷酸二铵 160 kg/hm<sup>2</sup>。其余管理同当地大田。

### 1.2 试验材料

指示品种为中黄 30 和晋豆 19, 其中中黄 30 株型收敛, 分枝性较弱; 晋豆 19 株型半开张, 分枝性较强<sup>[16]</sup>。2 个品种已在甘肃东部地区作为夏播主栽品种推广种植。

### 1.3 试验设计

试验采用裂区设计, 以品种(中黄30与晋豆19)为主处理, 播种密度为副处理, 设 5 个试验水平, 依次为 13.5 万株 /hm<sup>2</sup>、18.0 万株 /hm<sup>2</sup>、22.5 万株 /hm<sup>2</sup>、27.0 万 /hm<sup>2</sup> 与 31.5 万株 /hm<sup>2</sup>。试验于 6 月 20 日播种, 7 月 12 日出苗, 中黄 30、晋豆 19 分别于 9 月 30 日、10 月 2 日成熟。试验采用等行距 40 cm 露地平播, 小区面积 19.2 m<sup>2</sup> (3.2 m×6.0 m), 重复 3 次。

### 1.4 测定项目与方法

田间记载大豆生长发育进程, 成熟期每小区中间行取样 15 株测定大豆主要农艺性状 (株高、低荚高度、分枝数、主茎节数) 与经济性状 (单株荚数、单株粒数、荚粒数、百粒重), 成熟后分小区全区收获, 风干后采用 DDXQ-40-II 型大豆小区脱粒机脱粒称重计产。

在大豆播种、成熟期用烘干法测定每小区 0~200 cm 土层含水量, 每 20 cm 为 1 层次, 采用环刀法测定土壤容重<sup>[17]</sup>。用下列公式计算土壤贮水量:

$$Sw = w \times d \times r / 10$$

其中  $Sw$  为土壤贮水量 (mm),  $w$  为土壤含水量 (%),  $r$  为土壤容重 (g/cm<sup>3</sup>),  $d$  为土层厚度 (cm)。

大豆田间耗水量利用农田水分平衡方程计算,  $ET = P - \Delta W$ ,  $ET$  为田间耗水量,  $P$  为生育期降水量,  $\Delta W$  为成熟期与播种期土壤储水量之差 (mm)

水分利用效率 ( $WUE$ ) =  $Y / ET$ ,  $Y$  为作物产量,  $ET$  为田间耗水量。

### 1.5 数据分析

采用 Microsoft Excel 2010 数据处理和作图, DPS13.0 对数据统计分析, LSD 法多重比较 ( $\alpha = 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 种植密度对不同大豆品种农艺性状的影响

由表 1 可知, 株高随播种密度的加大而逐渐降低。当种植密度在 13.5 万株 /hm<sup>2</sup>、18.0 万株 /hm<sup>2</sup> 时显著高于其它处理, 密度在 31.5 万株 /hm<sup>2</sup> 时最低。播种密度对不同品种影响不同, 中黄 30 高密度与低密度株高相差 8.7 cm, 晋豆 19 高密度与低密度株高相差 15.4 cm, 说明种植密度对株高的影响晋豆 19 大于中黄 30。

底荚高度随种植密度增加逐渐增加, 分枝数随种植密度增加逐渐降低。种植密度对主茎节数无明显影响, 不同密度之间差异不显著。

表 1 不同种植密度对大豆农艺性状的影响

品种	密度 (万株/hm <sup>2</sup> )	株高 /cm	底荚高度 /cm	分枝数 /个	主茎节数 /cm
中黄30	13.5	52.0 a	5.7 d	1.8 a	14.8 a
	18.0	49.5 a	6.3 c	1.7 b	14.9 a
	22.5	45.6 b	6.9 b	1.3 c	14.7 a
	27.0	44.8 b	7.0 b	0.9 d	14.5 a
	31.5	43.3 b	7.7 a	0.8 e	14.6 a
晋豆19	13.5	56.6 a	6.2 d	2.5 a	15.3 a
	18.0	54.2 a	6.9 c	2.2 b	15.1 a
	22.5	48.5 b	7.2 bc	2.0 c	15.2 a
	27.0	43.2 c	7.3 b	1.7 d	14.8 a
	31.5	41.2 c	8.1 a	1.3e	14.9 a

### 2.2 种植密度对不同大豆品种主要经济性状的影响

由表 2 可以看出, 不同品种单株荚数、单株

粒数随种植密度的增加而明显减少,表现出显著差异。种植密度对荚粒数、百粒重影响不显著,说明,荚粒数、百粒重受品种遗传因素制约,与品种特性关系密切。

表 2 不同种植密度对大豆主要经济性状的影响

品种	密度 (万株/hm <sup>2</sup> )	单株荚数 /个	单株粒数 /个	荚粒数	百粒重 /g
中黄30	13.5	60.7 a	110.5 a	1.82 a	16.9 a
	18.0	59.3 a	107.3 a	1.81 a	17.8 a
	22.5	49.6 b	89.2 b	1.80 a	17.9 a
	27.0	44.4 c	82.5 c	1.86 a	17.0 a
	31.5	40.8 d	73.8 d	1.81 a	17.5 a
晋豆19	13.5	69.3 a	129.6 a	1.87 a	20.6 a
	18.0	66.7 a	122.0 b	1.83 a	19.8 a
	22.5	50.6 b	92.1 c	1.82 a	20.4 a
	27.0	37.5 c	69.8 d	1.86 a	20.1 a
	31.5	33.3 d	61.2 e	1.84 a	20.2 a

2.3 种植密度对大豆产量的影响

种植密度对大豆产量有显著影响(图1),不同类型品种随种植密度增加产量逐渐增加。中黄 30 密度为 27.0 万株 /hm<sup>2</sup> 时产量最高,密度为 31.5 万株 /hm<sup>2</sup> 产量下降;晋豆 19 密度为 22.5 万株 /hm<sup>2</sup> 时产量最高,密度为 27.0 万株 /hm<sup>2</sup>、31.5 万株/hm<sup>2</sup> 时产量逐渐下降。

回归分析表明,不同类型大豆品种产量与种植密度关系可用二次抛物线方程表达,且达到显著水平。中黄 30 为  $y = -3.371 7x^2 + 185.4x - 649.06$ ,  $R^2 = 0.943 9$ , 密度为 27.5 万株 /hm<sup>2</sup> 时产量达到最高值;晋豆 19 为  $y = -3.533 3x^2 + 160.93x + 3.12$ ,  $R^2 = 0.958 5$ , 密度为 22.8 万株 /hm<sup>2</sup> 时产量达到最高值。

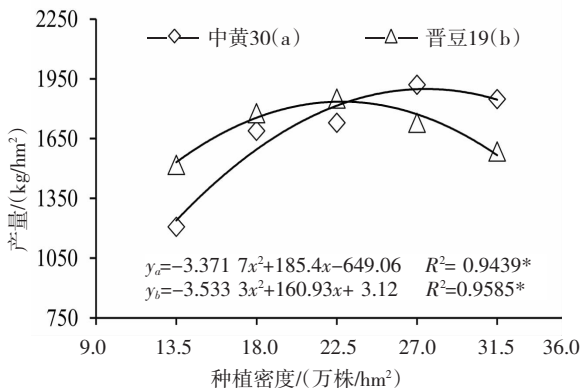


图 1 不同种植密度大豆产量变化

2.4 种植密度对田间耗水量的影响

试验期间的大豆全生育期(6月20日至10月2日)降水 305.8 mm,较常年的 316.3 mm 偏少 10.5 mm,属于降水正常年份。测定结果表明(图2),种植密度的变化对田间耗水量无显著影响,中黄 30 最大耗水量 315.2 mm 与最小耗水量 296.0 mm 相差仅 19.2 mm,晋豆 19 最大耗水量 316.2 mm 与最小耗水量 305.0 mm 相差仅 11.2 mm。

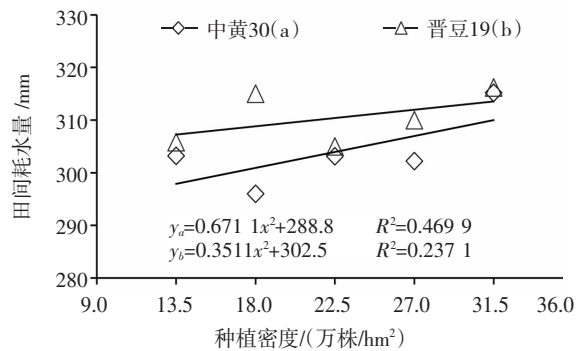


图 2 不同种植密度大豆田间耗水量的变化

2.5 种植密度对水分利用效率的影响

不同种植密度对大豆田间水分利用效率有显著影响(图3)。中黄 30 密度为 27.0 万株 /hm<sup>2</sup> 时田间水分利用效率最高,达到 6.35 kg/(mm·hm<sup>2</sup>),较其余处理提高 8.2%~59.5%;晋豆 19 种植密度为 22.5 万株 /hm<sup>2</sup> 时田间水分利用效率最高,达到 6.07 kg/(mm·hm<sup>2</sup>),较其余处理提高 7.6%~22.4%。大豆种植密度与水分利用效率的关系呈二次抛物线关系,中黄 30 的  $y = -0.013 3x^2 + 0.697 8x - 2.892$ ,  $R^2 = 0.913 8$ , 密度为 26.2 万/hm<sup>2</sup> 时水分利用效率最高;晋豆 19  $y = -0.012x^2 + 0.540 8x - 0.154$ ,  $R^2 = 0.959 0$ , 密度为 22.5 万株 /hm<sup>2</sup> 时水分利用效率最高。水分利用效率与大豆产量的变化趋于一致。

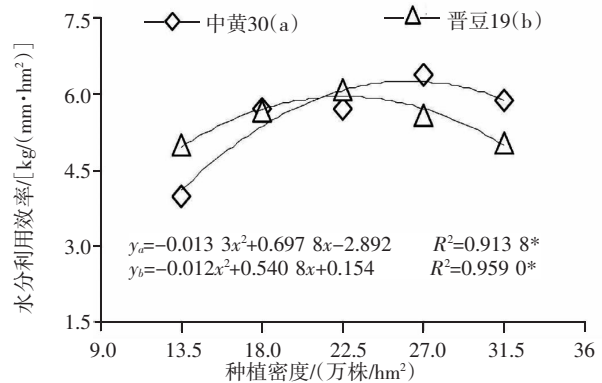


图 3 不同种植密度水分利用效率变化

### 3 小结与讨论

试验表明,在甘肃东部旱作地区,夏播大豆的主要农艺、经济性状受种植密度的影响较为明显,株高、分枝数、单株荚数、单株粒数均随种植密度增加而降低,底荚高度随种植密度增加而升高,而对主茎节数、荚粒数、百粒重的影响差异不显著,说明种植密度对该区夏播大豆具有显著调控效应。不同播种密度对大豆生育期田间耗水量无明显影响,在 13.5 万株~31.5 万株/hm<sup>2</sup> 播种密度范围内,不同类型大豆品种播种密度籽粒产量和田间水分利用效率变化呈现出二次抛物线关系,其变化趋势相同。中黄 30 适宜种植密度为 27.0 万株/hm<sup>2</sup>,晋豆 19 为 22.5 万株/hm<sup>2</sup>。适宜的种植密度对旱作夏播大豆籽粒产量提高和高效利用降水资源有着重要作用。

种植密度与产量有密切关系。所谓合理密植是指在当时、当地的具体条件下,协调处理好个体与群体的关系,使个体充分发育,群体最大限度发展,使单位面积上的光能和地力得到充分利用,获得最佳的经济效益<sup>[18]</sup>。种植密度作为的重要田间栽培管理措施之一<sup>[19]</sup>,通过种植密度优化群体结构是夏播大豆获得高产的重要基础<sup>[20]</sup>。

本研究结论是在甘肃东部黄土高原半湿润偏旱生态区试验得出,由于黄土高原气候类型多样,降水地域性分布差异较大<sup>[21]</sup>,在其不同环境条件下应用,有待继续研究。

#### 参考文献:

[1] 左丽君,张增祥,董婷婷,等.耕地复种指数研究的国内外进展[J].自然资源学报,2009,24(3):553-560.

[2] 何文斯,吴文斌,余强毅,等.1980—2010年中国耕地复种可提升潜力空间格局变化[J].中国农业资源与区划,2016,37(11):7-14.

[3] 姚成胜,黄琳,吕晞,等.基于能值理论的中国耕地利用集约度时空变化分析[J].农业工程学报,2014,30(8):1-12.

[4] 黄国勤,孙丹平.中国多熟种植的发展现状与研究进展[J].中国农学通报,2017,33(3):35-43.

[5] 葛秉钧.甘肃省种植气候分析与区划[J].耕作与栽培,1986(1):63-68.

[6] 王立蓉.庆阳地区夏大豆高产栽培技术[J].甘肃农业

科技,2002(8):15-16.

[7] 李露,杨玲,廖允成,等.黄土高原半湿润区旱地一年两熟复种模式土壤水分效应[J].干旱地区农业研究,2010,28(4):145-151.

[8] 李峰,乔红霞,李可夫,等.东北夏播大豆在陇东地区产量相关性状分析[J].广东农业科学,2013(2):6-8.

[9] 康继平,张二喜,史小凤,等.覆膜方式对冬油菜收后复种大豆的影响[J].甘肃农业科技2015(10):22-24.

[10] 张国宏,倪胜利,王立明,等.甘肃省大豆生产现状及发展对策[J].甘肃农业科技,2009(8):39-41.

[11] 周德录,李城德.发展甘肃大豆产业的思考与建议[J].甘肃农业,2014,393(15):4-6.

[12] 王程,刘兵,金剑,等.密度对大豆农艺性状及产量构成因素空间分布特征的影响[J].大豆科学,2008,27(6):936-942.

[13] 田艺心,高凤菊,徐冉.种植密度对高蛋白大豆经济性状的产量的影响[J].中国油料作物学报,2017,39(4):476-482.

[14] 程伟燕,李志刚,李瑞平.密度对大豆光合特性和产量的影响[J].作物杂志,2010(4):69-72.

[15] 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[J].中国油料作物学报,2002,24(4):29-32.

[16] 王立明,陈光荣,杨如萍,等.甘肃东部夏播大豆品种引进筛选与评价[J].中国种业,2013(8):83-84.

[17] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1980.

[18] 何世炜,常生华,武得礼,等.大豆播种密度对籽实产量及其构成因素影响的研究,草业学报,2005,14(5):43-47.

[19] 翟云龙,章建新,薛丽华,等.密度对超高产春大豆农艺性状的影响[J].中国农学通报,2005,21(2):109-111.

[20] 王新兵,侯海鹏,马玮,等.不同生态区种植密度对大豆产量及产量构成的影响[J].作物杂志,2013(5):114-120.

[21] 路亚奇,焦美龄,曹彦超.近35年甘肃庆阳黄土高原地带气候特征分析[J].中国农学通报,2015,31(29):181-190.

(本文责编:陈珩)