



# 种植模式对大豆农艺性状和产量的影响

兰佳伟,王福林,宋莹莹

(东北农业大学 工程学院,黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**为研究不同种植模式对大豆生长发育和产量的影响,以黑河 43 为材料,于 2019 年在黑龙江省大西江农场进行大豆种植模式大区对比试验。共设计 7 种植模式,对不同种植模式下的大豆叶面积指数、农艺性状和产量构成进行分析。结果表明:垄上四行不等行距模式产量最高,为 3 414.65 kg·hm<sup>-2</sup>,其次是大垄种小垄管模式,为 3 384.82 kg·hm<sup>-2</sup>,比试验农场采用的垄上三行种植模式分别提高了 7.6% 和 6.7%,不同种植模式间产量差异显著。垄上四行等行距种植模式结荚期叶面积指数最高,为 2.87,与其它模式差异显著。垄上四行不等行距模式的大豆株高和底荚高均最高分别为 67.2 和 16.85 cm。垄上三行模式植株最粗,为 5.22 cm,单株粒数最多,为 52.06,但百粒重在所有模式中最低,为 18.63 g。大垄种小垄管种植模式收获株数最多,达到 35.7 株·m<sup>-3</sup>,常规种植模式百粒重最高,为 19.85 g,其它指标均处于中等水平。相关分析显示,大豆产量与茎粗、单株荚数、单株粒数、单株粒重呈极显著正相关,相关系数分别为 0.464、0.762、0.750 和 0.970。垄上四行不等行距种植模式产量最高,其它指标也有良好表现,综合来看,垄上四行种植模式是较为理想的高产模式。

**关键词:**大豆; 种植模式; 农艺性状; 产量构成

## Effects of Planting Patterns on Agronomic Traits and Yield of Soybean

LAN Jia-wei, WANG Fu-lin, SONG Ying-ying

(College of Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** In order to study the effects of planting patterns on growth and yield of soybean, the field comparative experiment was conducted at Daxijiang Farm in Heilongjiang province in 2019. Seven planting patterns were designed to analyze the leaf area index, agronomic traits and yield components of soybean. The results showed that the yield of the four rows with unequal-row spacing on ridge pattern was the highest as 3 414.65 kg·ha<sup>-1</sup>, followed was the wide ridge sowing and small ridge management pattern as 3 384.82 kg·ha<sup>-1</sup>. Compared with the three rows on ridge planting pattern used in the experimental farm, the yield were increased by 7.6% and 6.7% respectively. There were significant difference among planting patterns in soybean yield. The leaf area index of the four rows with equal row spacing was the highest as 2.87, which was significantly different from other planting patterns. The four rows with unequal-row spacing pattern had the highest plant height as 67.2 cm, and the podding height was also the highest as 16.85 cm. The three rows on ridge pattern had the thickest plant as 5.22 cm and the largest number of seeds per plant as 52.06, but the lowest 100-seed weight as 18.63 g of all planting patterns. The wide ridge sowing and small ridge management pattern had the largest number of harvested plants, reaching 35.7 plants·m<sup>-3</sup>. The conventional planting pattern had the highest 100-seed weight of 19.85 g, and other indicators were at medium levels. Correlation analyses indicated that soybean yield was highly significant correlated with stem diameter, pods per plant, seeds per plant and seed weight per plant, with correlation coefficients of 0.464, 0.762, 0.750 and 0.970, respectively. The four rows with unequal-row spacing pattern was an ideal high-yield pattern, with the highest yield, and the other indicators also perform well.

**Keywords:** Soybean; Planting patterns; Growth traits; Yield components

种植模式是影响大豆产量的一个重要因素,不同种植模式因直接影响大豆的群体结构及光能利用率,而直接影响大豆的产量<sup>[1]</sup>。在土壤条件基本一致,栽培水平相同的情况下,栽培方式与产量有直接关系<sup>[2]</sup>。郭玉<sup>[3]</sup>、刘玉平等<sup>[4]</sup>的研究结果表明

不同种植模式间大豆产量差异达到极显著水平。适宜的栽培模式对提高大豆产量、发挥群体优势、挖掘品种的产量潜力起着重要的作用<sup>[5]</sup>。不同种植模式下,大豆叶面积指数(leaf area index, LAI)<sup>[6-7]</sup>、农艺性状<sup>[8-9]</sup>、产量及其构成因素<sup>[10-13]</sup>等均有显著

收稿日期:2020-01-18

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(201503116-04)。

第一作者简介:兰佳伟(1992-),男,硕士,主要从事农业系统工程研究。E-mail:876568678@qq.com。

通讯作者:王福林(1959-),男,博士,教授,主要从事农业系统工程研究。E-mail:fulinwang1462@126.com。

差异。胡喜平<sup>[14]</sup>的研究表明平作窄行密植是高产栽培模式,产量高于垄作模式。原显冬<sup>[15]</sup>的种植模式研究表明大垄窄行密植产量最高。林浩等<sup>[5]</sup>设计了相同密度下 30 ~ 110 cm 不同垄宽的种植模式,结果显示,110 cm 垄上四行处理下群体光合能力要强于其它模式,产量表现较好。杨春媛<sup>[16]</sup>认为,垄上行数越少越高产,行数多会造成植株郁蔽,通风透光不好,导致减产。不同种植模式在不同年份也均有高产表现。可见,不同地区适用的种植模式并不相同,在大豆生产中,根据当地自然条件,采用合理的种植模式是实现大豆高产的前提和基础。以往的研究中,不同种植模式的产量差异多是由于密度的不同而引起的,不能完全说明差异是由于种植模式不同引起的。

近些年,对于大豆的研究多集中在品种、施肥和密度等因素上,对于种植模式的研究比较少见。虽有学者进行了同密度下的多种种植模式研究,但其研究的种植模式垄宽最大为 110 cm,对更大垄的种植模式尚没有试验研究。本研究根据不同学者的研究结果及黑龙江省常见的种植模式,采用相同

的播种密度,研究不同种植模式对大豆生长发育和产量的影响,旨在为大豆高产栽培提供理论依据,也为优化大豆群体结构提供一定参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地为黑龙江省九三垦区大西江农场农业科技示范园区(48°58'N, 124°57'E),地势平坦,属黑龙江省第四积温带,年降水量 450 mm,活动积温 2 250 ℃。土壤参数:有机质含量为 50.3 g·kg<sup>-1</sup>, pH6.29,速效钾 205 mg·kg<sup>-1</sup>,有效磷 36.7 mg·kg<sup>-1</sup>,碱解氮 245 mg·kg<sup>-1</sup>。前茬作物为小麦。

### 1.2 试验设计

供试品种为黑河 43,亚有限结荚习性,无分枝。2019 年 5 月 7 日播种,保苗 36 万株·hm<sup>-2</sup>,采用大区种植,不设重复。设置 7 种不同种植模式(表 1),田间管理方式相同,具体施肥量为尿素 56 kg·hm<sup>-2</sup>,磷酸二铵 156 kg·hm<sup>-2</sup>,硫酸钾 30 kg·hm<sup>-2</sup>,其中 F 处理由于试验地区播种机难以操作,所以采用三江平原人工播种方式,其它模式均为机械播种。

表 1 种植模式设置  
Table 1 Planting pattern set in the study

处理 Treatment	种植模式 Planting pattern	垄宽 Ridge width/cm	行数 Row number	行距 Row spacing/cm	播种面积 Seeding area/m <sup>2</sup>	具体方法 Detail method
A	常规垄播	65	2	12	624	—
B	平播	—	—	—	624	常规垄播改为平播
C	平播中耕起垄	65	2	12	624	常规垄播改为平播,苗期中耕起 65 cm 垄
D	大垄种小垄管	130	4	中间行 53,边行 12	1248	苗期中耕将 130 cm 垄改为 65 cm 垄
E	垄上四行不等行距	130	4	中间行 53,边行 12	1248	—
F	垄上四行等行距	130	4	25	1248	—
G	垄上三行	110	3	22.5	1584	—

### 1.3 测定项目与方法

1.3.1 叶面积指数 结荚期每种模式选取代表性植株 10 株,使用托普云农智能叶面积测量系统 YMJ-C/CH 测量大豆植株叶面积,调查不同种植模式的密度,计算叶面积指数。

1.3.2 农艺性状和产量 成熟期采用 5 点取样法,测量大豆收获株数,每点根据不同模式垄上种植的行数,每行分别连续取 10 株进行室内考种,测量大豆茎粗、株高、节数、底荚高、单株荚数、单株粒数、单株粒重和百粒重,计算不同处理大豆产量,并用谷物水份测定仪测量含水率,按 12.5% 含水率计算

单位面积产量。

### 1.4 数据分析

采用 Excel 2016 处理数据,用 SPSS 19.0 进行方差分析和 Duncan 多重比较。

## 2 结果与分析

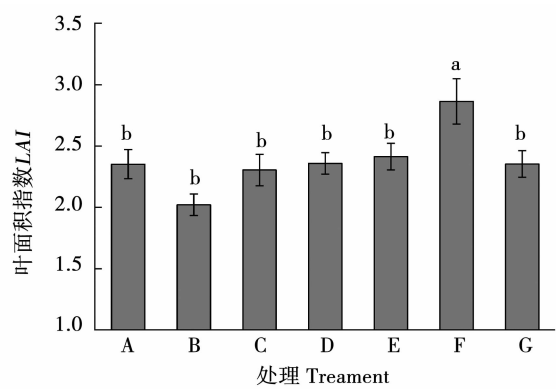
### 2.1 不同种植模式大豆结荚期叶面积指数对比分析

不同种植模式下大豆结荚期叶面积指数由大到小的顺序为:F>E>D>G>A>C>B。F 处理的叶面积指数最大,为 2.87,与其它 6 种模式有显著

差异,其它6个处理间无显著差异。B处理的叶面积指数最小,为2.02,其它5个处理叶面积指数相近。从垄宽角度分析,采用大垄种植方式的叶面积指数要高于小垄种植(图1)。

2.2 不同种植模式大豆农艺性状对比分析

不同种植模式间大豆农艺性状差异显著。G处理茎粗最大,其次是F和A处理,处理C最小,G、F、A与B、C处理间差异显著。E处理株高最高,为67.2 cm,与其它处理差异显著,其次是D处理,为63.82 cm,G处理株高最低,仅为59.46 cm。G处理节数最多,其次是F处理,G与F处理之间差异不显著,与其它处理间差异显著,A处理节数最少。E处理底荚高最高,为16.85 cm,与A、C、F处理差异显著,A处理底荚高最低,为14.61 cm(表2)。



不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )。下同。  
Different lowercase indicate significant difference ( $P < 0.05$ ) between different treatments. The same below.

图1 种植模式对大豆结荚期叶面积指数的影响  
Fig.1 Effects of planting patterns on soybean LAI at podding stage

表2 种植模式对大豆农艺性状的影响  
Table 2 Effect of planting patterns on soybean agronomic traits

处理 Treatment	茎粗 Stem diameter/cm	株高 Plant height/cm	节数 Node number	底荚高 Podding height/cm
A	5.06 ± 0.11 ab	60.30 ± 0.94 cd	13.20 ± 0.14 bc	14.61 ± 0.46 c
B	4.78 ± 0.05 c	63.42 ± 0.68 bc	13.25 ± 0.10 bc	15.57 ± 0.33 abc
C	4.75 ± 0.06 c	60.11 ± 1.04 cd	13.35 ± 0.11 bc	15.20 ± 0.32 bc
D	4.92 ± 0.05 bc	63.82 ± 1.55 b	13.46 ± 0.20 c	16.53 ± 0.38 ab
E	4.91 ± 0.07 bc	67.20 ± 1.47 a	13.36 ± 0.07 bc	16.85 ± 0.19 a
F	5.07 ± 0.08 ab	62.89 ± 0.63 bcd	13.66 ± 0.15 ab	15.26 ± 0.40 bc
G	5.22 ± 0.04 a	59.46 ± 0.98 d	14.00 ± 0.29 a	15.48 ± 0.85 abc

2.3 不同种植模式大豆产量及构成因素对比分析

2.3.1 收获株数 采用130 cm大垄的3种植植模式D、E、F处理实际收获株数高于其它模式,D处理收获株数最多,为35.7株·m<sup>-3</sup>,F处理为35.5株·m<sup>-3</sup>,B和处理C的收获株数最少,分别为34.2和34.1株·m<sup>-3</sup>,D、F与处理B、C差异显著(表3)。说明采用大垄种植的方式能够提高大豆出苗率,增加大豆收获株数。

2.3.2 单株荚数 G处理单株荚数最高,为19.77,其次为F和E处理,分别为19.44和19.42,B处理最低,为17.35。除B处理外,其它模式间无显著差异。从大小垄种植方式来看,采用大垄种植处理的单株荚数高于小垄种植处理(表3)。

2.3.3 单株粒数 不同种植模式单株粒数变化规律与单株荚数大体一致,G处理的单株粒数最高,为52.06,与B和C处理有显著差异;其次是F处理,为50.18;B处理最小,为45.13。大垄种植的方式的处理单株粒数高于小垄种植处理(表3)。

2.3.4 单株粒重 不同模式的单株产量由大到小

依次为:E>D>A>F>G>C>B。E处理单株粒重最高,为9.45 g,B处理单株粒重最低,为8.64 g,E与B处理间差异显著,其它模式间无显著差异(表3)。

2.3.5 百粒重 不同模式百粒重差异显著,A处理最高,为19.85 g,与F、G、C处理差异显著,与E、D、B处理无显著差异;处理G的百粒重最低,为18.63 g,大垄与小垄处理间的差异无明显规律(表3)。

2.3.6 产量 不同模式的产量由大到小依次为:E>D>F>A>G>C>B。E处理产量最高,为3 414.65 kg·hm<sup>-2</sup>,比A处理高3.8%,比G处理高7.6%,但未达到显著性差异;其次是D处理,为3 384.82 kg·hm<sup>-2</sup>,处理F产量比E和D处理低(表3)。虽然F处理单株荚数和单株粒数比E和D处理都高,但其单株产量却并不高,可能是因为F处理百粒重较低,造成产量比E和D处理低。垄上四行种植模式处理产量表现最好,平播种植模式处理产量不好,主要原因是平播种植模式的收获株数少,荚数、粒数低,导致产量低于其它模式。

表 3 种植模式对大豆产量及构成因素的影响  
Table 3 Effect of planting patterns on soybean yield and yield components

处理 Treatment	收获株数 Plant number of harvest/m <sup>2</sup>	单株荚数 Pods number per plant	单株粒数 Seeds number per plant	单株粒重 Seed weight per plant/g	百粒重 100-seed weight /g	产量 Yield/( kg·hm <sup>-2</sup> )
A	34. 6 ab	19. 27 ±0. 41 a	49. 25 ±0. 95 ab	9. 26 ±0. 18 ab	19. 85 ±0. 12 a	3 288. 42 ab
B	34. 2 b	17. 35 ±0. 57 b	45. 13 ±1. 72 c	8. 65 ±0. 29 b	19. 51 ±0. 14 ab	3 018. 18 c
C	34. 1 b	18. 79 ±0. 43 a	48. 05 ±0. 98 bc	8. 72 ±0. 27 b	18. 66 ±0. 17 c	3 060. 80 bc
D	35. 7 a	19. 28 ±0. 64 a	49. 31 ±1. 54 ab	9. 28 ±0. 25 ab	19. 79 ±0. 10 a	3 384. 82 a
E	35. 2 ab	19. 42 ±0. 30 a	49. 91 ±0. 97 ab	9. 45 ±0. 26 a	19. 82 ±0. 15 a	3 414. 65 a
F	35. 5 a	19. 44 ±0. 36 a	50. 18 ±0. 71 ab	9. 06 ±0. 15 ab	19. 16 ±0. 23 b	3 303. 45 ab
G	34. 5 ab	19. 77 ±0. 49 a	52. 06 ±0. 84 a	8. 97 ±0. 11 ab	18. 63 ±0. 11 c	3 172. 12 abc

2. 4 不同类型播种模式下大豆各性状对比分析

2. 4. 1 常规垄播和平播模式对比 常规垄播模式大豆茎粗、单株荚数、单株粒数和产量均高于平播模式,差异显著,产量比平播模式高 8. 95%,收获株数、单株粒重和百粒重也高于平播模式,但差异不显著。平播种植模式下大豆的株高、底荚高和节数略高于常规垄播,差异不显著(表 2、3)。试验地区春季干旱,采用垄作模式保墒效果更好,荚数、粒数高,产量表现好于平播。

2. 4. 2 大垄种小垄管和垄上四行不等行距模式对比 垄上四行不等行距模式大豆株高高于大垄种小垄管模式 3. 38 cm,差异显著,单株荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重均略高于大垄种小垄管模式,但差异并不显著。2 种模式产量也无明显差异,这 2 种植模式区别在于大垄种小垄管模式在苗期中耕时将 130 cm 大垄中耕成 65 cm 小垄,大豆植株后期生长一直是小垄的模式,虽然保苗株数最高,但最终产量还是略低于垄上四行不等行距模式(表 2、3)。

2. 4. 3 垄上四行不等行距和垄上四行等行距模式对比 垄上四行不等行距模式株高和底荚高分别较垄上四行等行距模式高 4. 31 和 1. 59 cm,差异显著,百粒重显著高于等行距模式 0. 66 g,差异显著,茎粗、节数、单株荚数和单株粒数略低于等行距模式,差异不显著,单株粒重则高于等行距模式,产量表现也更好(表 2、3)。

2. 5 大垄种植模式大豆中间行与边行生长性状与产量构成差异

2. 5. 1 垄上四行不等行距 垄上四行不等行距种植模式下,中间行和边行大豆各性状和产量构成十分接近,无明显差异(表 4)。由于该模式垄上四行行距不相等,两中间行行距较大,中间两行大豆较等行距的种植模式通风透光更好,能更好的发挥边际效应。垄上宽窄行种植,中间就有了一个气的通道,这使垄上四行每行的两边都有通气道,出现了

边际效应,这是作物增产的原因之一<sup>[8]</sup>。

2. 5. 2 垄上四行等行距 垄上四行等行距种植模式下,中间行与边行大豆株高、底荚高和单株粒重差异显著,中间行大豆株高为 65. 23 cm,较边行大豆高 4. 68 cm,底荚高为 16. 29 cm,较边行大豆高 2. 06 cm,而单株荚数、单株粒数和单株粒重都低于边行大豆(表 4)。由于采用垄上等行距的种植方式,中间行大豆通风透光不如边行,导致产量构成不如边行大豆,但中间行和边行大豆的单株荚数和单株粒数差异不显著。

2. 5. 3 垄上三行 垄上三行种植模式下,不同行大豆茎粗、株高、节数、底荚高无显著差异,边行大豆的单株荚数、单株粒数、单株粒重均要高于边行大豆,单株荚数较中间行大豆高 1. 84,单株粒数较中间行大豆高 4. 92,单株粒重较中间行大豆高 0. 77 g,其中单株荚数差异不显著,单株粒数与单株粒重差异显著,由于边际效应,中间行植株生长性状表现明显弱于边行(表 4)。

2. 6 大豆农艺性状、产量构成因素与产量的相关分析

大豆产量与茎粗、单株荚数、单株粒数、单株粒重呈极显著正相关,相关系数分别为 0. 464、0. 762、0. 750 和 0. 970,与株高和百粒重呈显著正相关,相关系数分别为 0. 384 和 0. 403。茎粗与节数、单株荚数、单株粒数和单株粒重呈极显著正相关。底荚高与株高呈极显著正相关,相关系数为 0. 506,但与节数呈极显著负相关,相关系数为 -0. 439。节数与单株荚数、单株粒数均呈极显著正相关,相关系数分别为 0. 574 和 0. 576。大豆产量与单株粒重的相关性最大,其次是单株荚数和单株粒数(表 5)。不同模式产量表现与单株粒重基本一致,垄上四行等行距模式单株粒重低于常规垄播,但其它指标均高于常规垄播,所以产量表现更好。

表 4 不同行大豆农艺性状和产量构成因素

Table 4 Soybean agronomic traits and yield components of different rows

处理 Treatment	农艺性状 Agronomic trait	中间行 Middle row	边行 Border row	<i>t</i>	<i>P</i>
E	茎粗/cm	4. 88 ±0. 07	4. 94 ±0. 08	− 1. 02	0. 366
	株高/cm	67. 41 ±1. 80	67. 11 ±1. 25	0. 29	0. 789
	节数	13. 34 ±0. 09	13. 37 ±0. 06	−0. 38	0. 727
	底荚高/cm	16. 90 ±0. 33	16. 81 ±0. 20	0. 21	0. 847
	单株荚数	19. 14 ±0. 61	19. 69 ±0. 35	−0. 70	0. 525
	单株粒数	49. 26 ±2. 16	50. 55 ±1. 22	−0. 44	0. 682
	单株粒重/g	9. 33 ±0. 49	9. 57 ±0. 21	−0. 44	0. 682
F	茎粗/cm	4. 97 ±0. 06	5. 14 ±0. 15	− 1. 05	0. 355
	株高/cm	65. 23 ±0. 95	60. 55 ±0. 69	4. 30	0. 013 *
	节数	13. 72 ±0. 15	13. 62 ±0. 21	0. 43	0. 692
	底荚高/cm	16. 29 ±0. 22	14. 23 ±0. 63	4. 03	0. 016 *
	单株荚数	18. 71 ±0. 46	20. 16 ±0. 52	−2. 21	0. 092 *
	单株粒数	48. 08 ±1. 01	52. 29 ±1. 13	−2. 64	0. 058
	单株粒重/g	8. 73 ±0. 16	9. 38 ±0. 21	−2. 89	0. 045 *
G	茎粗/cm	5. 27 ±0. 12	5. 20 ±0. 05	0. 47	0. 662
	株高/cm	60. 02 ±1. 21	59. 18 ±0. 90	1. 55	0. 197
	节数	14. 00 ±0. 29	14. 00 ±0. 31	0	1. 000
	底荚高/cm	14. 52 ±1. 18	15. 96 ±0. 74	−2. 10	0. 103
	单株荚数	18. 54 ±0. 84	20. 38 ±0. 42	−2. 59	0. 061
	单株粒数	48. 78 ±1. 68	53. 70 ±0. 77	−2. 91	0. 044 *
	单株粒重/g	8. 46 ±0. 23	9. 23 ±0. 13	−2. 82	0. 048 *

\* 表示在  $P < 0. 05$  水平存在显著差异。

\* indicate significant difference at  $P < 0. 05$  level.

表 5 大豆农艺性状、产量及其构成因素间的相关性分析

Table 5 Correlation analysis between soybean growth traits, yield and its components

指标 Index	茎粗 Stem diameter	株高 Plant height	节数 Node number	底荚高 Podding height	单株荚数 Pods number per plant	单株粒数 Seeds number per plant	单株粒重 Seed weight per plant	百粒重 100-seed weight
株高 Plant height	−0. 105							
节数 Node number	0. 517 **	−0. 147						
底荚高 Podding height	−0. 079	0. 506 **	−0. 439 **					
单株荚数 Pods number per plant	0. 632 **	0. 086	0. 574 **	−0. 121				
单株粒数 Seeds number per plant	0. 696 **	−0. 004	0. 576 **	−0. 070	0. 919 **			
单株粒重 Seed weight per plant	0. 465 **	0. 320	0. 238	0. 086	0. 773 **	0. 776 **		
百粒重 100-seed weight	−0. 102	0. 497 **	−0. 472	0. 247	−0. 091	−0. 175	0. 358 *	
产量 Yield	0. 464 **	0. 384 *	0. 176	0. 162	0. 762 **	0. 750 **	0. 970 **	0. 403 *

\* 和 \*\* 分别表示在  $P < 0. 05$  和  $P < 0. 01$  水平显著相关。

\* and \*\* means significant correlation at  $P < 0. 05$  and  $P < 0. 01$  level, respectively.

3 讨 论

结荚鼓粒期保持较大的叶面积指数和干物质积累量有利于营养物质转移到籽粒中,进而提高大豆产量<sup>[17-18]</sup>。但叶面积指数不是越大越好,叶面积指数越高,群体冠层郁闭程度越大,导致中下部的透光性越差,使中下部叶片处于光饱和点以下而呈半饥饿状态,不利于干物质积累及产量的形成<sup>[19]</sup>。本研究中,不同种植模式大豆叶面积指数差异显著,大垄种植模式叶面积指数表现最好,高于其它种植模式,可能是大垄种植模式光合叶面积大,光合作用强、叶片对光的截获大,干物质积累多,最终导致产量变高。由于本研究仅测量了结荚期的叶面积指数,不足以说明其与产量之间的关系,后续应对其它生育期进行相应测定,以便进一步说明问题。

本研究中,垄作种植方式产量高于平作,与原显东<sup>[15]</sup>的结果一致;大垄种植产量高于小垄种植,与张国军等<sup>[20]</sup>的结果一致,而与杨春媛<sup>[16]</sup>的种植模式研究结果不一致。可能是由于试验地当年春季干旱,夏季又多雨,而大垄种植模式既能蓄水保墒,又利于排涝<sup>[17]</sup>,所以产量表现更好。

刘伟等<sup>[21]</sup>进行的大豆垄上三行种植模式研究中中间行的大豆长势明显弱于其它两行,不但株高矮于其它两行,单株荚数和粒数都明显少于其它两行,本研究的结果与其相似。垄上三行与垄上四行等行距种植模式中中间行大豆各性状表现和产量都要弱于两边行。

从产量表现来看,垄上四行不等行距的产量最高,高于垄上四行等行距模式,由于前者中间行为大行距,有利于通风透光,减少田间郁闭,能更好的发挥边际效应,进而提高产量,而后者垄上四行行距相等,中间两行通风透光不如边行,中间大豆生长受到抑制,导致产量受到一定影响。本研究中,垄上四行等行距模式中中间行大豆单株粒重明显低于边行大豆,另外,垄播大豆的产量高于平播的方式。由于试验地区春季干旱,采用垄作的种植模式能够改善土壤透气性,保墒效果好,抗春旱,大豆出苗及生长都要好于平播的种植方式,所以产量表现更好。

大豆大垄栽培能够提高地温、增加土壤库容,具有抗旱保墒的效果,还能提高光能利用率,增加大豆保苗株数<sup>[22-24]</sup>。本研究不同模式种植密度相同,大垄种小垄管收获株数最多,其次是垄上四行不等行距和垄上四行等行距,可以看出,播种时采用 130 cm 大垄收获株数要高于其它模式,从出苗期

的观察来看,大垄种植模式出苗要早一些。

良好的种植模式对于提高大豆产量具有重要作用,本研究中垄播种植好于平播,大垄种植好于小垄种植。垄上四行种植模式产量表现最好,该模式下的大豆农艺性状与产量构成均较好,个体和群体生长更加协调,产量提高明显,是更为合适的种植模式。采用大垄种植时对整地质量要求高,土壤疏松细碎才能保证播种质量,土地最好有深松基础;品种应选择抗倒伏能力强的品种。但由于每年气象条件的差异,不同年份高产的种植模式不一定相同,每种种植模式都具有一定的适用性,因此一定要根据不同地区的实际特点,结合品种、土壤、气象条件等因素选择最为恰当的种植模式,同时进行科学的田间管理,实现大豆的高产栽培。

4 结 论

本研究中垄上四行不等行距模式的大豆产量最高,为3 414. 65 kg·hm<sup>-2</sup>,比农场现采用的垄上三行种植模式高 242. 53 kg·hm<sup>-1</sup>,比常规垄播模式高 126. 23 kg·hm<sup>-1</sup>。该模式的大豆株高和底荚高在所有模式中最高,分别为 67. 20 和 16. 85 cm,分别比垄上三行种植模式高 7. 74 和 1. 37 cm。垄上四行等行距模式叶面积指数在所有模式中最高,为 2. 87,比垄上三行模式高 0. 52。垄上三行种植模式植株最粗,为 5. 22 cm,单株粒数也最多,为 52. 06,但单株粒重仅为 8. 97 g,在所有垄作模式中最低,百粒重也最低,只有 18. 63 g。大垄种小垄管模式的收获株数最多,为 35. 7 株·m<sup>-3</sup>,比垄上三行模式高 1. 2 株。在 7 种植模式中,平播种植模式表现最差,产量最低,其它指标也低于垄作模式。几种垄上四行种植模式的产量、农艺性状、产量构成均表现较好。综合来看,垄上四行种植模式是较为理想的栽培模式。

参考文献

[1] 韩新华. 春大豆冠层性能指标对栽培方式响应的研究[J]. 中国农学通报,2019,35(11):19-23. (Han X H. Response of performance index of spring soybean canopy to cultivation patterns [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2019, 35(11): 19-23. )

[2] 赵桂范,连成才,史占忠,等. 大豆不同栽培方式研究初报[J]. 大豆科学,1993,12(3):197-202. (Zhao G F, Lian C C, Shi Z Z, et al. Preliminary report on different cultivation methods of soybean[J]. Soybean Science, 1993, 12(3): 197-202. )

[3] 郭玉. 几种大豆高产栽培模式的比较[J]. 大豆科学,1988,7(4):285-292. (Guo Y. Comparison of several high yield soybean cultivation patterns[J]. Soybean Science, 1988, 7(4): 285-292. )

[4] 刘玉平,李瑞平,李志刚. 栽培模式与密度对大豆冠层结构及

产量的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(5):796-799,803. (Liu Y P,Li R P,Li Z G. Effects of cultivation pattern and density on canopy structure and yield of soybean[J]. Soybean Science,2010, 29(5):796-799, 803. )

[5] 林浩,刘丽君,吴俊江,等. 不同栽培模式对大豆同化物积累和光合生理特性与产量形成的影响[J]. 大豆科学,2009,28(3): 456-460. (Lin H, Liu L J, Wu J J, et al. Effects of different cultivation patterns on assimilate accumulation, photosynthetic characteristics and yield formation in soybean [J]. Soybean Science,2009,28(3):456-460. )

[6] 韩利萍,孙磊,田静儇,等. 养分调控与栽培模式对大豆干物质积累及产量的影响[J]. 大豆科学,2016,35(4):593-598. (Han L P, Sun L, Tian J X, et al. Effects of cultivation patterns and nutrient regulation on dry matter accumulation and yield in soybean [J]. Soybean Science,2016,35(4):593-598. )

[7] 闫孝贡,盖嘉慧,刘剑钊,等. 吉林省中部不同栽培模式大豆生育特征与营养特性研究[J]. 大豆科学,2012,31(6):947-950, 955. (Yan X G,Gai J H,Liu J Z,et al. Nutrient and development characteristic of soybean under different cultivation patterns in the central Jilin province [J]. Soybean Science, 2012, 31(6):947-950,955. )

[8] 刘艳亮,封力源,付甲东. 大豆不同栽培模式研究[J]. 农业科技通讯,2018(7):185-186. (Liu Y L,Feng L Y,Fu J D. Study on different cultivation models of soybean[J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology,2018(7):185-186. )

[9] 蒋利,雍太文,张群,等. 种植模式和施氮水平对大豆花荚脱落及产量的影响[J]. 大豆科学,2015,34(5):843-849. (Jiang L, Yong T W,Zhang Q,et al. Effect of different planting patterns and N application rates on abscission of flower and pod of soybean and yield[J]. Soybean Science,2015,34(5):843-849. )

[10] 王珍,范荣. 大豆不同种植模式试验[J]. 甘肃农业科技,2017(9):50-52. (Wang Z,Fan R. Experiments on different planting patterns of soybean [J]. Gansu Agricultural Science and Technology,2017(9):50-52. )

[11] 盖志佳,韩德贤,刘婧琦. 不同栽培方式对大豆产量及构成因子的影响[J]. 黑龙江农业科学,2014(2):21-23. (Gai Z J,Han D X,Liu J Q. Effects of different cultivation patterns on soybean yield and component factors [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences,2014(2):21-23. )

[12] 石绍河,肖佳雷,刘宝海. 不同栽培技术对大豆土壤水分、容重及产量的影响[J]. 大豆科学,2011,30(5):781-785. (Shi S H, Xiao J L,Liu B H. Effects of different cultivation technique on soil moisture, unit capacity weight and yield of soybean[J]. Soybean Science,2011,30(5):781-785. )

[13] 刘岩,周勋波,陈雨海,等. 底墒和种植方式对夏大豆光合特性及产量的影响[J]. 生态学报,2011,31(12):3478-3487. (Liu Y,Zhou X B,Chen Y H,et al. Effects of pre-sowing soil moisture and planting patterns on photosynthetic characteristics and yield of summer soybean [J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(12): 3478-3487. )

[14] 胡喜平. 合丰42号大豆优质、高产栽培技术的研究[J]. 大豆科学,2005,24(1):48-51. (Hu X P. Study on culture technology of soybean variety Hefeng 42 for high quality and high yield[J]. Soybean Science,2005,24(1):48-51. )

[15] 原显冬. 内蒙古北部地区抗草甘膦大豆栽培模式研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014. (Yuan X D. Study on the cultivation models of glyphosate-resistant soybean in the northern Inner Mongolia[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences,2014. )

[16] 杨春媛. 不同栽培模式对大豆产量的影响[J]. 乡村科技, 2016(20): 1. (Yan C Y. Effects of different cultivation patterns on soybean yield [J]. Rural Science and Technology, 2016 (20): 1. )

[17] 李耀武. 大豆大垄高台密植增产机理初探[J]. 现代化农业, 2011(5): 51-52. (Li Y W. Study on the mechanism of yield increasing by dense planting in soybean wide-ridge and high platform planting [J]. Modernizing Agriculture, 2011(5): 51-52. )

[18] 田艺心,高凤菊,曹鹏鹏,等. 大豆叶面积指数、干物质积累分配与产量的关系[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2018,49(5): 750-754, 758. (Tian Y X, Gao F J, Cao P P, et al. Relationship between leaf area index, dry matter accumulation distribution and yield of soybean [J]. Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science Edition), 2018, 49(5): 750-754, 758. )

[19] 张永强,张娜,王娜,等. 种植密度对北疆复播大豆光合特性及产量的影响[J]. 西北植物学报, 2015, 35(3): 571-578. (Zhang Y Q, Zhang N, Wang N, et al. Effects of planting density on photosynthetic characteristics and yield of summer soybean in North Xinjiang[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2015, 35(3): 571-578. )

[20] 张国军,梁贵林,陈德恩,等. 三江平原主要大豆栽培技术模式的产量与效益分析[J]. 农学学报, 2012, 2(8): 1-7. (Zhang G J, Liang G L, Chen D E, et al. Yield and economic benefit analysis on major soybean planting models in the Sanjiang Plain of Heilongjiang province[J]. Journal of Agriculture,2012,2(8):1-7. )

[21] 刘伟,曾庆江. 大豆1.1米宽台密植垄上三行栽培模式初探[J]. 农民致富之友,2013(2):80. (Liu W,Zeng Q J. Preliminary study on three-row cultivation model of 1.1 m wide platform of soybean[J]. Help Farmers Get Rich, 2013(2):80. )

[22] 韩德志,孔雪松,同洪睿,等. 黑河43号高产创建及大垄密植栽培技术[J]. 中国种业,2016(12):71-72. (Han D Z. Kong X S,Yan H R,et al. High yield establishment and dense planting technique of soybean variety Heihe 43[J]. China Seed Industry, 2016(12):71-72. )

[23] 史明星. 浅析大豆大垄密栽培增产优势[J]. 现代化农业,2016(9):6. (Shi M X. Analysis on the advantage of soybean wide-ridge and dense-planting cultivation to increase yield [J]. Modernizing Agriculture,2016(9):6. )

[24] 肖佳雷,王贵江,来永才,等. 大豆大垄平台增密保墒增产机理的研究[J]. 中国种业,2012(7):39-41. (Xiao J L,Wang G J, Lai Y C,et al. Study on density increasing, moisture conservation and yield increasing mechanism of soybean wide-ridge cultivation [J]. China Seed Industry,2012(7):39-41. )