

种植密度对黑龙江省主栽抗线大豆品种农艺性状及产量的影响

杜志强¹, 田中艳¹, 周长军¹, 李建英¹, 杨柳¹, 吴耀坤¹, 王明泽¹, 师臣¹, 唐金华²

(1. 黑龙江省农业科学院 大庆分院, 黑龙江 大庆 163316; 2. 鹤岗市东山区东方红乡政府, 黑龙江 鹤岗 154107)

摘要:采用裂区设计,以黑龙江省主栽的3个抗线品种(抗线4号、6号和8号)为主区,5个密度(20、23、26、29和32万株·hm⁻²)为副区,对不同密度下各品种单株产量因素和主要农艺性状以及群体产量进行分析比较。结果表明:5个密度水平对产量构成因素中的百粒重和单荚粒数无显著影响;而对单株荚数、单株粒数和单株产量均有显著影响,并且随着密度的增加而降低。抗线4号适宜密度是26万株·hm⁻²,抗线6号适宜密度是23万株·hm⁻²,抗线8号则表现出较强的耐密性。

关键词:抗线大豆;种植密度;农艺性状;产量

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2011)03-0434-04

Effects of Planting Density on Agronomic traits and Yield of Mainly Cultivated SCN Resistant Varieties in Heilongjiang Province

DU Zhi-qiang¹, TIAN Zhong-yan¹, ZHOU Chang-jun¹, LI Jian-ying¹, YANG Liu¹, WU Yao-kun¹, WANG Ming-ze¹, SHI Chen¹, TANG Jin-hua²

(1. Daqing Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Daqing 163316; 2. Oriental Sunrise Country Government of Hegang City in Heilongjiang Province, Hegang 154107, Heilongjiang, China)

Abstract: The text of split-plot design, in which three mainly cultivated SCN resistant soybean varieties (Kangxian No. 4, No. 6, No. 8) in Henglongjiang province were taken as the main plot and 5 planting densities as sub-plot, compared and analyzed the agronomic characteristics and yield in different planting densities. The result indicated that 100-seed weight and seeds per pod were not significantly different with 5 densities; But pods per plant, seeds per plant and seed weight per plant were significantly different with 5 densities and was decreased with the increase of planting density. Suitable density of Kangxian No. 4 was about 260,000 plants per ha, Kangxian No. 6 was about 230,000 plants per ha, Kangxian No. 8 was suitable for high density.

Key words: Resistant variety to SCN; Planting density; Agronomic trait; Yield

大豆生产是群体生产,不同的群体密度对大豆个体的生长、发育和产量影响不同。建立合理的田间群体结构,使个体与群体协调发展,最大限度地提高对环境资源的利用率和转换率,是实现大豆高产的主要途径之一^[1]。我国自20世纪50年代以来对大豆种植密度开展了广泛的研究。许多学者对大豆群体的合理配置、大豆株型、种植模式与产量关系进行了研究^[2-6]。并指出大豆群体合理摆布和密度范围是根据品种特性、自然条件、生产条件决定的,合理密植能提高单位面积产量。

大豆胞囊线虫(Soybean cyst nematode, SCN)是世界大豆生产上的一种毁灭性病害。发病地块一般减产30%~40%,较重的甚至绝产。我国以东北

和黄淮海地区发病较为普遍且危害严重。在黑龙江省大豆胞囊线虫发病区,抗线品种已得到了广泛的应用,有效控制了大豆胞囊线虫的危害。国内对抗线品种的栽培研究较少,郑延海^[7]对山东省抗线品种齐黄25和齐茶豆一号进行了适宜密度试验。而对黑龙江省抗线大豆品种适宜密度的研究还鲜有报道。该试验对黑龙江省主栽的抗线4号、6号和8号进行不同密度研究,旨在为抗线大豆品种的合理栽培提供依据。

1 材料与方法

试验于2010年在黑龙江省农科院大庆分院安达抗线虫育种基地进行,土质为碳酸盐黑钙土,前茬

收稿日期:2011-01-08

基金项目:黑龙江省农业科学院大庆分院预研项目。

第一作者简介:杜志强(1973-),男,助理研究员,从事抗线大豆、西甜瓜的遗传育种、超大西瓜栽培研究。E-mail: andanks@163.com。

为玉米,施黑农科大豆复合肥(45%)450 kg·hm⁻²。特性见表1。每个品种设5个密度水平,20、23、26、29和32万株·hm⁻²。5月13日人工播种,成熟后,每小区在中间2行内沿垄取1m行长内的所有单株,进行考种,并全区测产。

采用裂区设计,主处理为品种,副处理为密度。3次重复,垄作方式,垄宽0.67 m,垄长5 m,4行区。分别选用抗线4号、6号和8号3个品种,品种特征

表 1 供试品种的主要特征特性
Table 1 Major characters of test varieties

| 品种 Varieties | 结荚习性 Podding habit | 生育期 Growth period/d | 种脐颜色 Hilum color | 脂肪含量 Fat content/% | 蛋白质含量 Protein content/% | 审定年份 Authorized year |
|-------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------|
| 抗线 4 号 Kangxian 4 | 亚有限 Semi-determinate | 113 | 褐 Brown | 20.77 | 38.20 | 2003 |
| 抗线 6 号 Kangxian 6 | 无限 Indeterminate | 121 | 褐 Brown | 22.06 | 38.17 | 2006 |
| 抗线 8 号 Kangxian 8 | 亚有限 Semi-determinate | 120 | 褐 Brown | 20.13 | 37.78 | 2008 |

2 结果与分析

2.1 不同密度对抗线大豆植株农艺性状的影响

根据表2看出,在20~32万株·hm⁻²密度范围内,密度对各抗线品种的株高无明显影响,各密度间差异均不显著,变异系数较小。

亚有限品种抗线4号和抗线8号,主茎节数随着密度的增加有小幅的下降趋势,但方差分析不显著。但无限结荚习性的抗线6号,不同密度间,主

茎节数存在差异,变异系数大于亚有限品种。说明无限品种的主茎节数更容易受到密度因素的影响。

2.2 不同密度对抗线大豆植株产量性状的影响

表2结果表明,随着密度的增加各品种的单株荚数、单株粒数、单株粒重均有不同程度的降低,处理间有显著差异,并且有较大的变异系数,这与以往研究结果^[1-2,6,9]是一致的。随着密度的变化各品种百粒重间无显著差异,同时单荚粒数也无明显变化。

表 2 不同密度对参试品种主要性状的影响
Table 2 Effect of different density on the main characters of each varieties

| 品种 Varieties | 密度 Density /plants·hm ⁻² | 株高 Plant height /cm | 主茎节数 Nodes of main stem | 单株荚数 Pods per plant | 单株粒数 Seeds per plant | 单荚粒数 Seeds per pod | 单株粒重 Seed weight per plant/g | 百粒重 100-seed weight/g |
|------------------------------------|---|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| 抗线 4 号 Kangxian 4 | 200 000 | 71.58a | 14.45a | 27.84A | 57.93A | 2.08a | 9.50A | 15.40a |
| | 230 000 | 72.82a | 14.42a | 23.45AB | 54.76AB | 2.33a | 8.28A | 15.07a |
| | 260 000 | 76.26a | 13.63a | 25.82AB | 54.51AB | 2.11a | 8.81AB | 15.43a |
| | 290 000 | 76.36a | 13.23a | 22.53B | 46.39B | 2.05a | 7.69B | 15.50a |
| | 320 000 | 75.54a | 13.71a | 20.18B | 43.93B | 2.17a | 6.73B | 15.10a |
| 变异系数 Coefficient of variation/% | | 2.925 | 3.852 1 | 12.368 3 | 11.666 4 | 5.161 925 | 12.906 4 | 1.316 2 |
| 抗线 6 号 Kangxian 6 | 200 000 | 97.94a | 15.80AB | 21.18A | 50.62A | 2.39a | 8.91A | 17.50a |
| | 230 000 | 100.86a | 16.44A | 21.73A | 40.98AB | 1.89a | 7.68A | 17.90a |
| | 260 000 | 99.99a | 14.47B | 16.79B | 32.42B | 1.93a | 6.31B | 17.63a |
| | 290 000 | 100.75a | 15.05AB | 16.70B | 33.82B | 2.02a | 5.87B | 17.63a |
| | 320 000 | 100.59a | 14.35B | 14.60B | 33.47B | 2.29a | 5.67B | 17.57a |
| 变异系数 Coefficient of variation/% | | 1.212 2 | 5.851 5 | 17.056 9 | 20.111 | 10.661 8 | 19.938 2 | 0.861 5 |
| 抗线 8 号 Kangxian 8 | 200 000 | 75.59a | 14.31a | 29.54A | 65.51A | 2.22a | 12.68A | 18.30a |
| | 230 000 | 66.27a | 14.29a | 22.61B | 49.46B | 2.19a | 8.71B | 18.43a |
| | 260 000 | 70.68a | 14.04a | 20.80B | 44.61B | 2.14a | 8.98B | 18.77a |
| | 290 000 | 68.44a | 14.05a | 20.72B | 43.88B | 2.12a | 8.23B | 18.57a |
| | 320 000 | 71.55a | 13.05a | 18.14B | 39.14B | 2.16a | 7.31B | 18.43a |
| 变异系数 Coefficient of variation/% | | 4.970 8 | 3.716 7 | 19.297 2 | 20.975 7 | 1.790 5 | 22.400 0 | 0.953 4 |

同列数值后的不同大小写字母分别表示在0.01和0.05水平差异显著,下表同。

Values within a column followed by different capital and lowercase letters are significantly different at 0.01 and 0.05 level, respectively. The same as follow.

2.3 不同密度抗线大豆产量的分析与比较

2.3.1 不同密度对各品种产量的影响 对产量进行方差分析可知,区组间、密度间、品种与密度互作间差异均不显著,品种间差异极显著(表3)。对品

种进行多重比较可知(表4),抗线8号产量极显著高于抗线4号和抗线6号;抗线4号与抗线6号产量差异不显著。

表 3 品种、密度裂区试验的产量方差分析

Table 3 Variance analysis of yields in different cultivars and plant density treatments

| 变异来源 Source of variation | 自由度 DF | 平方和 SS | 均方 MS | F 值 F value | $F_{0.05}$ | $F_{0.01}$ |
|----------------------------------|-----------|--------------|--------------|----------------|------------|------------|
| 区组 Block | 2 | 229 658.55 | 114 829.28 | 3.54 | 6.94 | 18.00 |
| 品种 Cultivar | 2 | 2 931 557.73 | 1 465 778.87 | 45.20 ** | 6.94 | 18.00 |
| 主区误差 Main block error | 4 | 129 703.73 | 32 425.93 | | | |
| 密度 Plant density | 4 | 321 159.02 | 80 289.76 | 1.61 | 2.78 | 4.22 |
| 品种 × 密度 Cultivar × Plant density | 8 | 352 658.05 | 44 082.26 | 0.89 | | |
| 副区误差 Split block error | 24 | 1 193 805.71 | 49 741.90 | | | |
| 总变异 Main variation | 44 | 5 158 542.80 | | | | |

** 0.01 水平差异显著。 ** Significantly different at 0.01 level.

表 4 品种间产量差异显著性

Table 4 Significance analysis of yields among different cultivars

| 品种 Cultivar | 小区平均产量 Average yield | 差异显著性 Significance | |
|-------------------|-------------------------|-----------------------|------|
| | | 0.05 | 0.01 |
| 抗线 8 号 Kangxian 8 | 2 549.10 | a | A |
| 抗线 6 号 Kangxian 6 | 2 011.57 | b | B |
| 抗线 4 号 Kangxian 4 | 2 004.20 | b | B |

2.3.2 大豆产量与群体密度和个体关系 在不同密度情况下,群体产量和个体产量及其构成存在一种补偿机制,或称为单位面积籽实产量受群体密度和个体生产力互为互作的制约关系。研究表明受群体增加和个体生产力下降而制约的大豆单位面积(m^2)籽实产量可用 $Y_{n+1} = Y_n + (D_{n+1} - D_n)G_{n+1} - D_n(G_n - G_{n+1})$ [8] 来表示,式中, Y 为单位面积的籽实产量($g \cdot m^{-2}$), D 为基本株数, G 为单株籽实产量(g),其加上下标分别表示对应密度的相应量值。 $(D_{n+1} - D_n)G_{n+1}$ 为增加密度而增加的产量,用 Y_D 表示; $D_n(G_n - G_{n+1})$ 为由于密度增加个体生产力下降而减少的产量,用 Y_G 表示。所以上式可以表示成 $Y_{n+1} = Y_n + Y_D - Y_G$,意思是第 $n+1$ 密度梯度的产量,可以表示成其前一个密度梯度 n 的产量与因密度增加而增加的产量之和与因密度增加导致个体受抑而减少的产量之差。

通过表 5 分析可以看出各品种随着密度的增加,单株产量逐渐降低,因此 Y_D 也随之降低; Y_G 随着密度的增加呈抛物线趋势变化。由于 Y_D 和 Y_G 变化间的叠加效应导致不同品种产量发生波动。

从表 5 还可以看出,抗线 4 号在 29 万株 $\cdot hm^{-2}$ 密度时 Y_G 值最大;在 26 万株 $\cdot hm^{-2}$ 密度时产量最高。说明抗线 4 号在密度由 26 万株 $\cdot hm^{-2}$ 变到 29 万株 $\cdot hm^{-2}$ 时单株受抑制作用变化最大。抗线 6 号在密度 26 万株 $\cdot hm^{-2}$ 时 Y_G 最大,在 23 万株 $\cdot hm^{-2}$ 密度下产量最高。抗线 8 号在 26 万株 $\cdot hm^{-2}$ 密度 Y_G 值最大,在 23 万株 $\cdot hm^{-2}$ 密度时产量出现一个峰

值,抗线 8 号随着密度的增加单株受抑制导致产量减少的幅度不大,因此在高密度 32 万株 $\cdot hm^{-2}$ 时有最高产量。以上分析说明抗线 4 号在 20~32 万株 $\cdot hm^{-2}$ 密度范围内产量具有较强的自身调节能力,是一个稳产抗线品种;抗线 6 号是不耐密的抗线品种;抗线 8 号是一个有潜力的耐密抗线品种。

表 5 因密度的增加和单株籽实产量的下降而制约的单位面积籽实产量

Table 5 The unit seed yield restricted by increased density and decline of seed yields per plant

| 品 种 Cultivars | 密度 | 单株产量 | m ² 籽 | m ² 株数 Plants per m ² | Y _D /g · m ⁻² | Y _G /g · m ⁻² | Y _D /Y _G |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------|--|---|--|--|--------------------------------|
| | Densities | Seed | 实产量 | | | | |
| | /plants · hm ⁻² | weight per plant /g | Seed weight /g · m ⁻² | | | | |
| 抗线 4 号 Kangxian 4 | 200 000 | 6. 50 | 129. 93 | 20 | | | |
| | 230 000 | 6. 68 | 153. 68 | 23 | 20. 05 | -0. 54 | |
| | 260 000 | 6. 07 | 157. 77 | 26 | 18. 20 | 14. 12 | 1. 29 |
| | 290 000 | 5. 23 | 151. 73 | 29 | 15. 70 | 21. 74 | 0. 72 |
| 抗线 6 号 Kangxian 6 | 320 000 | 4. 86 | 155. 54 | 32 | 14. 58 | 10. 77 | 1. 35 |
| | 200,000 | 7. 49 | 149. 78 | 20 | | | |
| | 230 000 | 6. 99 | 160. 68 | 23 | 20. 96 | 10. 06 | 2. 08 |
| | 260 000 | 5. 78 | 150. 30 | 26 | 17. 34 | 27. 72 | 0. 63 |
| 抗线 8 号 Kangxian 8 | 290 000 | 4. 79 | 139. 05 | 29 | 14. 38 | 25. 64 | 0. 56 |
| | 320 000 | 4. 74 | 151. 60 | 32 | 14. 21 | 1. 66 | 8. 58 |
| | 200 000 | 9. 20 | 183. 96 | 20 | | | |
| | 230 000 | 8. 61 | 198. 14 | 23 | 25. 84 | 11. 66 | 2. 22 |
| 抗线 8 号 Kangxian 8 | 260 000 | 6. 77 | 176. 15 | 26 | 20. 32 | 42. 32 | 0. 48 |
| | 290 000 | 6. 52 | 189. 10 | 29 | 19. 56 | 6. 61 | 2. 96 |
| | 320 000 | 6. 40 | 204. 91 | 32 | 19. 21 | 3. 40 | 5. 65 |

3 结论与讨论

相关研究结果 [1,3,4,8] 表明,随着密度的增加,株高有增加的趋势。该试验数据显示 3 个抗线大豆品种随着密度的增加株高没有差异,但是从观测个体可以看出随着密度的增加,株高的离均差变大,出现许多细弱矮小的植株,这种矮小个体的平均作用则减弱了株高随密度增加的趋势。从田间观察可以发现抗线 6 号在高密度下表现出了植株纤细、缠绕、易倒伏的特征,此观察结果与前人的研究结

论一致^[10-11]。

有研究表明密度对大豆每荚粒数和百粒重影响较弱^[8-9],也有研究表明百粒重随着密度的增加而降低^[1,6],但不同类型品种间密度对百粒重的影响存在着较大的差异,密度对亚有限类型大豆品种百粒重的影响较小,但对有限结荚类型大豆的影响较大^[1]。该试验研究表明抗线4号、6号、8号随着密度的增加百粒重与单荚粒数较为稳定。从理论上讲随着密度的增加个体受抑制,产量构成因素都会有所降低。但每荚粒数与百粒重这两个性状则相对稳定,变化相对较小。尤其单荚粒数主要受品种自身遗传的影响。

该试验各品种不同密度间产量差异不显著,而品种间差异极显著,此结论与孟祥勋^[9]的研究结果相一致。但许多研究认为密度对产量有显著影响。而这种结果的不同主要来源两方面的原因。一方面是密度梯度设置的大小,另一方面是品种自身调解能力的大小。常耀中认为,大豆合理群体结构和种植密度幅度,必须考虑到大豆品种特性和栽培条件等因素,栽培密度不是孤立的,它受许多因子的影响,特别是品种影响最大^[3]。董钻1982年在沈阳农学院中等偏肥地块种植铁丰186 000和10 000株·667 m⁻²,产量相差不到1%。认为单株生产力存在相当大的调解能力^[4]。该试验结果也说明抗线4号、6号、8号在密度20~32万株·hm⁻²密度间,有较强的单株调解能力。

在栽植过密的情况下单株生产力极低,株数虽然增多但未能补偿单株生产力由于过度密植导致的减产。在栽培过稀的情况下虽然单株产量潜力很大,但单株产量增加的比率不能弥补群体株数不足造成的损失也会导致减产^[6]。但是在不同密度水平间个体产量的变化程度却有所不同,该试验表明,在较低密度时随密度的增加,单株减产幅度很小,在较高密度时再增加密度,个体减产幅度也很小,而在中间某个密度梯度变化时,单株产量降低很大。这就形成了一个产量由上升到降低的拐点,也就是所说的适宜密度。

植物群体的自我调节补偿效应是植物固有的特性,以此来提高对环境的适应能力,增加群体的功能和稳定性^[12]。通过研究看出,大豆的适宜种植密度不仅取决于品种基因型以及所处环境的差异,更重要的是需要找到使其群体达到最大生命活力的“平衡点”(Y_D/Y_C的比值)^[8],即因密度的增加而增加的产量与因密度增加而个体受抑导致的减产之间存在某个权衡点。一般情况下Y_D/Y_C值越大产量越高,但在高密度时Y_C值很小,导致Y_D/Y_C值极大,而实际对应密度的产量并非很高,所以在单独用此比值评价产量高低还有一定的局限性。所以在考虑相对产量变化时,还要结合绝对产量变

化进行综合评价,才能收到较好的效果。

参考文献

- [1] 王文斌, 张力军, 王昌陵. 种植密度对辽宁省主栽大豆品种主要性状及产量的影响[J]. 杂粮作物, 2009, 29(3): 212-215. (Wang W B, Zhang L J, Wang C L. Effects of planting density on major characteristics and yield of mainly cultivated soybean varieties in Liaoning province[J]. Rain Fed Crops, 2009, 29(3): 212-215.)
- [2] 郭午, 张维久, 牛裕洲. 大豆合理群体结构的探讨[J]. 吉林农业科学, 1964, 1(2): 9-18. (Guo W, Zhang W J, Niu Y Z. Investigation on soybean rational population structure[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 1964, 1(2): 9-18.)
- [3] 常耀中. 大豆群体合理摆布与产量关系研究[J]. 大豆科学, 1983, 2(2): 132-139. (Chang Y Z. Studies on the relationship between optimum population and yield of soybean [J]. Soybean Sciences, 1983, 2(2): 132-139.)
- [4] 董钻. 大豆的种植密度与配置方式[J]. 新农业, 1983(6): 6-8. (Dong Z. Soybean planting density and disposition fashion [J]. New Agriculture, 1983(6): 6-8.)
- [5] 董钻. 大豆株型、群体结构与产量关系的研究[J]. 大豆科学, 1986, 5(2): 110-120. (Dong Z. Studies on the relationship between plant type population structure and yield in soybean [J]. Soybean Sciences, 1986, 5(2): 110-120.)
- [6] 刘金印, 张恒善, 王大秋. 大豆种植密度和群体结构指标的研究[J]. 大豆科学, 1987, 6(1): 1-10. (Liu J Y, Zhang H S, Wang D Q. Studies on soybean plant density and its index of population structure [J]. Soybean Sciences, 1987, 6(1): 1-10.)
- [7] 郑延海, 崔光泉, 杨秀凤, 等. 高产、抗胞囊线虫大豆新品种(系)筛选及其适宜密度研究[J]. 杂粮作物, 2003, 23(3): 169-170. (Zheng Y H, Chui G Q, Yang X F, et al. Screening of new high yield and anti-SCN soybean varieties and their proper density [J]. Rain Fed Crops, 2003, 23(3): 169-170.)
- [8] 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. (Wang C, Liu B, Jin J, et al. Influences of planting density on agronomic traits and spatial distribution of yield components across main stem in soybean [J]. Soybean Sciences, 2008, 27(6): 936-942.)
- [9] 孟祥勋, 王曙明, 李爱萍. 大豆适宜密度下群体产量的相对稳定性分析[J]. 吉林农业科学, 1992, 2: 10-12. (Meng X X, Wang S M, Li A P. The relative stability of soybean community yield under given optimum densities [J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 1992, 2: 10-12.)
- [10] 张大勇, 姜新华. 对于作物生产的生态学思考[J]. 植物生态学报, 2000, 24(3): 383-384. (Zhang D Y, Jiang X H. Ponder on ecology of crop production [J]. Acta Phytocologica Sinica, 2000, 24(3): 383-384.)
- [11] 杨从党. 作物研究过程中生态场理论的应用[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(4): 108-109. (Yang C D. Application of ecological field theory to research of crops [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2002, 10(4): 108-109.)
- [12] 何世炜, 常生华. 大豆播种密度对子实产量及其构成因素影响的研究[J]. 草业科学, 2005, 14(5): 43-47. (He S W, Chang S H. The effect of soybean sowing density on seeds yield and plant morphology [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2005, 14(5): 43-47.)