

不同株型大豆群体分布对产量形成的影响

于凤瑶, 辛秀君, 周顺启, 张代军, 邱红梅

(黑龙江省农垦总局 红兴隆农业科学研究所, 黑龙江 友谊 155811)

摘 要:以合丰 45 和 红丰 11 为材料, 设计 6 个不同的群体分布, 株距 (cm) \times 垄上行距 (cm) 分别为: 8×8 , 8×10 , 8×12 , 10×8 , 10×10 和 10×12 进行田间试验。采用 LSD 法比较分析群体分布对产量及其性状的影响。结果表明: 群体分布显著影响合丰 45 和红丰 11 的产量及其性状; 合丰 45 的补偿效应值大于红丰 11, 红丰 11 的密度效应值则高于合丰 45; 补偿效应值和密度效应值均受群体分布影响; 8 cm 株距时, 2 个品种的产量与行距呈线性回归关系, 10 cm 株距时, 2 个品种的产量与行距表现出开口向下的抛物线回归关系; 株型的差异导致产量极值出现在不同的群体分布水平上, 具体表现为合丰 45 和红丰 11 分别在 $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ 和 $8 \text{ cm} \times 12 \text{ cm}$ 群体分布时产量最大。

关键词:大豆; 群体分布; 补偿效应; 密度效应; 产量

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2010)04-0634-04

Effect of Population Distribution on Yield Formation of Soybean with Different Plant Types

YU Feng-yao, XIN Xiu-jun, ZHOU Shun-qi, ZHANG Dai-jun, QIU Hong-mei

(Hongxinglong Research Institute of Heilongjiang Land Reclamation Bureau, Youyi 155811, Heilongjiang, China)

Abstract: The propose of this study was to analyze the effect of population distribution on yield formation of different soybean types to provide valuable information for soybean high-yield cultivation. This research was carried out with Hefeng45 and Hongfeng11 soybean cultivars by setting 6 different population distributions, which were 8×8 , 8×10 , 8×12 , 10×8 , 10×10 and 10×12 in plant spacing (cm) \times row spacing (cm), respectively. LSD method was used to analyse changes of yields and yield traits. The values of compensation effect and density effect were calculated. The results showed population distribution had significant effect on yield and yield traits, the value of compensation effect of Hefeng 45 was higher than that of Hongfeng 11 and the value of density effect of Hongfeng 11 was higher than that of Hefeng 45. Population distribution had effects on both compensation and density effect value. Yields of the 2 cultivars changes showed a linear regression relationship and downward convex quadratic parabola regression relationship respectively in plant spacing of 8 cm and 10 cm. The yield extreme value varied with plant type, and that of Hefeng 45 and Hongfeng 11 appeared in the $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ and $8 \text{ cm} \times 12 \text{ cm}$ population distribution level, respectively.

Key words: soybean; group distribution; compensation effect; density effect; yield

在农业生产中, 大豆以群体作为生产模式, 群体由个体单株以一定方式排布构成, 个体间的水平空间位置为群体分布, 它是产量高低的重要影响因素^[1]。早在 1939 年 Wiggaws 就已提出“方型”栽培方法, 并建立相应的栽培技术体系。赵双进和 Ethredge 认为, 增加种植密度、缩小行距和增大株距均有利于大豆产量潜力的表达^[2,3]。此外, 宋启建研究发现, 密度与株行距的配置显著影响产量的高低, 不同品种类型对密度的要求也不同, 相同密度下株行距越接近则产量越高^[4]。

在黑龙江省垦区大豆单产水平高于全国及黑

龙江省的平均值^[5,6]。垦区利用机械化优势大力推广大豆“两密一膜”栽培模式。两密即大垄密(大垄宽台, 垄宽 1 m, 垄上 4 行或 6 行)、深窄密; 一膜为行间覆膜(采用秆强单株生产力高的品种)。从而优化了群体分布, 提高了群体产量。根据垦区大豆栽培特点, 采用 2 个具有株型差异的大豆品种(合丰 45、红丰 11), 在田间将植株按不同的垄上小行距与株距配置, 构建出差异群体分布, 探讨群体分布对大豆产量的影响, 为垦区大豆高产栽培提供一定的理论参考。

收稿日期: 2009-12-29

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划资助项目(GA06B101); 国家科技支撑计划资助项目(2007BAD89B05-19)。

第一作者简介: 于凤瑶(1965-), 女, 高级农艺师, 主要从事大豆育种研究。E-mail: dadou045@yahoo.com。

1 材料与amp;方法

1.1 试验设计

试验于 2009 年在黑龙江红兴隆科研所试验地 (46.7°N,131.5°E) 进行,该地区作物有效生育天数为 120 ~ 125 d,≥ 10℃有效积温 2 300 ~ 2 400℃,年平均降水 450 ~ 500 mm,试验地平坦,草甸黑土的土壤有机质含量为 3.58%。试验地前茬作物为大麦,秋施肥,每公顷施尿素 70 kg,磷酸二铵 180 kg,硫酸钾 40 kg。

供试材料为合丰 45 (无限结荚习性),红丰 11 (亚有限结荚习性)。株距设 8 cm、10 cm、70 cm 垄上播种 2 行,苗带宽 (垄上行距) 为 8 cm、10 cm、12 cm,共 12 个处理,行长 4 m,6 行区,小区面积 16.8 m²,4 次重复。5 月 3 日播种,9 月 29 日收获。其它管理同大田。

取样及考种:成熟后每个小区取 5 株,3 次重复;测单株粒数、单株粒重、百粒重;9 月 29 日小区实收测产。

分析方法:采用 Microsoft Excel 进行前期数据处理和作图,用 SPSS 16.0 统计分析。

2 结果与分析

2.1 群体分布对大豆产量及其性状的影响

不同群体分布的产量结果见表 1。在株距 10 cm 时,合丰 45、红丰 11 的产量随行距变化表现出显著差异,且在 10 cm × 10 cm 时最大。在株距 8 cm 时二者产量随行距增加而增加,但无显著差异。合丰 45 产量在行距 10 cm 时,随株距减小而减小;红丰 11 的产量在行距 10、12 cm 时随株距减小而显著增加。群体分布对产量的影响表现出株型差异。

由表 1 可知,群体分布对单株粒数、单株粒重有显著影响。二试材的单株粒数、单株粒重,在株距 10 cm × 可变行距时,存在显著差异;在 10 cm × 10 cm 时,单株粒数、单株粒重均是最大值。二试材的单株粒数、单株粒重在行距 × 可变株距时,其单株粒数、单株粒重均随株距减小而减小。密度增加,单株生产力下降,合丰 45 的单株生产力高于红丰 11。

表 1 群体分布对产量及其性状的影响
Table 1 Effect of plant distribution on yield and yield traits in soybean

品种 Cultivar	株距 PD/cm	行距 RD/cm	单株粒数 SPP	单株粒重 SWPP/g	产量 CY/kg · hm ⁻²
合丰 45	10	8	97.9a	21.3a	3047.6a
		10	109.5b	24.1b	3446.4b
		12	103.9c	22.9c	3279.8c
	8	8	79.5a	17.1a	3047.6a
		10	85.6a	18.5 a	3285.7a
		12	86.1a	18.9a	3404.8a
红丰 11	10	8	112.9a	19.8ac	2833.3ac
		10	124.3b	22.3b	3190.5b
		12	116.5a	21.2bc	3059.5bc
	8	8	96.3a	17.1a	3047.6a
		10	101.1a	17.8a	3178.6a
		12	102.6a	18.5a	3303.6a

小写字母为在 0.05 水平的显著差异。Values of different plant distance treatment followed by different lowercase letters are significantly different at the 0.05 probability level.

PD: plant distance; RD: row distance; SPP: seeds per plant; SWPP: seed weight per plant; CY: calculated yield

2.2 群体补偿效应分析

补偿效应是群体和个体互作的结果,其值可以衡量个体生产力随群体分布变化发生的改变量^[7-8]。行距分别为 8、10 和 12 cm 时,株距变化 (8 ~ 10 cm) 的每平方米籽重补偿效应,等于每平方米籽重随密度下降比例减去相应密度逐次下降比例。结果表明,随着行距增大,二试材的补偿效应都呈先增加后降低趋势 (图 1)。行距为 10 cm 时二试材的补偿效应值最大,与单株粒重变化趋势一致。行间距为 10 cm 时,个体生产力对株距的变化极敏感,表明间距为 10 cm 时个体生产力得到充分体现。补偿效应大小有品种差异,合丰 45 的补偿

效应值较红丰 11 大。

株距分别为 8 和 10 cm 时,行距变化的每平方米籽重补偿效应值等于随行距增大每平方米籽重的差值数乘以 100%。结果表明,株距 10 cm 行距 8 ~ 10 cm 时,二试材的补偿效应值分别是 78.83%、70.2%,合丰 45 的补偿效应值高于红丰 11;行距 10 ~ 12 cm 时,二试材的补偿效应值为负数,表明单株生产力降低。株距 8 cm 行距 8 ~ 10 cm 时,二试材的补偿效应值分别为 49.56%、25.78%,合丰 45 的补偿效应值显著高于红丰 11;行距 10 ~ 12 cm 时,二试材的补偿效应值分别为 13.99% 和 24.42%,红丰 11 的补偿效应值高于合

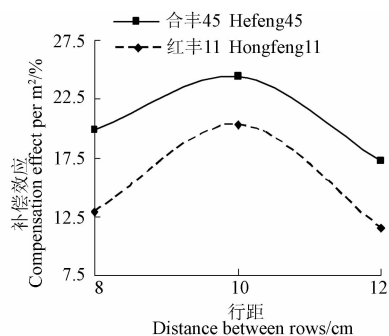


图1 补偿效应值在群体分布中的变化

Fig.1 The change of compensation effect in group distribution

丰45。株距8 cm时,红丰11的2组补偿效应值无显著差异;合丰45的2组补偿效应值存在显著差异,合丰45的单株生产力变化量显著减小。株距10 cm时,二试材在行距8~10 cm时的补偿效应值都是各自品种的最大值。

2.3 群体的密度效应

该研究将随密度增加群体产量的理论改变视为密度效应。但是当密度增加时个体的生产力受抑,因此当减产量大于密度效应值时,群体产量降低。密度效应值可用每平方米群体产量变化值与每平方米籽重补偿效应值之和乘以100%来衡量。如图2所示,二试材的密度效应值随着行距增大都呈先降低后增加趋势,红丰11的密度效应显著高于合丰45。当行距为10 cm时合丰45的密度效应值为负值,说明密度效应值小于补偿效应。

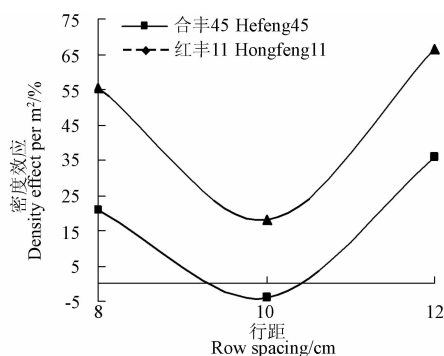


图2 密度效应值群体分布中的变化

Fig.2 Changes of density effect of in population distribution

2.4 籽实产量与比较

从产量变化趋势看(图3),株距8 cm时二试材的籽实产量随行距的增加呈直线增加趋势,在8 cm × 12 cm时最大。此密度下,个体生产力制约程度高,行距增加个体生态场增大(对环境的摄取量增多),个体生产力增加,每平方米籽实产量也随之增加。株距10 cm时二试材的籽实产量随株距的增加呈开口向下二次抛物线趋势变化,在10 × 10 cm时达到最大,印证了Wiggams提出的“方形”栽培方法

学说。这是因为栽培大豆在驯化过程中已适应了群体结构,合理的群体结构可以产生优势冠层,使个体充分利用光能,个体间互补效应最大,增强个体生产力,从而使单位面积产量最大;当个体间距增大到10 × 12 cm时,虽然个体生态场增大,但已打破了优势冠层减少个体间互补效应^[9,10]。

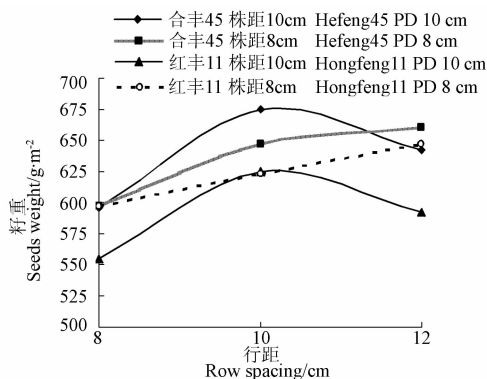


图3 单位面积籽实重在群体分布中的变化

Fig.3 Change of seeds yield in plant distribution

二试材的最大单位面积籽实产量出现在不同的群体分布水平,合丰45的最大值在10 cm × 10 cm的群体分布,红丰11的最大值在8 cm × 12 cm的群体分布。合丰45在10 cm × 8 cm ~ 10 cm × 10 cm时,补偿效应值是78.83%;在10 cm × 8 cm ~ 8 cm × 12 cm时密度效应值与补偿效应值之和为64.45%;前者高于后者。红丰11在10 cm × 8 cm ~ 10 cm × 10 cm时,补偿效应值是70.2%;在10 cm × 8 cm ~ 8 cm × 12 cm时密度效应值与补偿效应值之和为92.56%;前者低于后者。由以上结果可知合丰45的补偿效应值较大,适于稀植;红丰11密度效应值较大,适于密植。

3 讨论

当给予作物单株充分的光、温、气、水和肥,其生产潜力可得到充分挖掘,达到生产极值;但农业生产中,作物单株以一定距离平面分布构成群体,其所占生态场比独株生长时减小,生产力受抑制^[11]。大豆群体密度的变化会显著影响单株产量性状,最终导致群体产量改变^[12,13]。该研究结果表明:群体分布的构成因素株距、行距的改变,都会显著影响单株产量性状及小区产量,与宋启建、齐林的研究结果一致^[4,14]。

群体分布对单株粒重的影响是复杂的,当株距、行距无限增大时,个体生产力达到极大值;但在一定区间范围内会出现单株粒重最大值。不同株行距配置下,在10 cm × 10 cm时单株生产力最大,合丰45的单株粒重高于红丰11。这是因为单株粒重由遗传基因控制,存在基因型差异。

群体分布变化产生的补偿效应、密度效应是植

物群体固有的特性。其值大小可以衡量群体分布对大豆单株生产力、单位面积群体产量的影响效果。该研究中补偿效应值和密度效应值均存在株型和基因型差异,具体表现为:塔形多分枝品种的补偿效应值显著大于收敛主茎型品种;收敛主茎型品种的密度效应值显著大于塔形多分枝品种。

塔形品种单株生产力和补偿效应值较高,因此在稀植下群体产量较大;收敛形品种单株生产力较低、密度效应值较高,因此在密植下群体产量较大。所以塔形品种适于稀植,收敛形品种适于密植,这与 Norsworthy 和 Ferderick 的研究结果一致^[15]。单位面积群体产量等于单株生产力(单株粒重)与群体密度的乘积,群体产量受这 2 个因素制约。一般来讲单位面积群体产量随密度增加而增加,但密度增加可以导致个体生产力降低,因此群体产量与密度不是简单的线性关系。在高密度下单株生产力随垄上行距增大而增加,进而导致群体产量增加,这与其他研究者的结果不一致^[16-17],原因可能是研究者们所探讨的群体分布区间分布范围不同。在高密度下收敛型品种产量增幅较塔形的大,因为其密度效应值较高。

目前黑龙江垦区将单株生产力强塔形品种应用于行间覆膜技术:垄宽 70 cm,垄上 1 行苗带,基本苗数 28 万株·hm⁻²左右。根据该文研究结果可改进大垄密技术:采用垄上双行播种,基本苗数 28 万株·hm⁻²,要保证机械作业的匀度,尽量使株距行距相等(10 cm 为宜)。垦区将半矮秆主茎收敛型品种应用于大垄密技术:垄宽 130 cm,垄上 4 行或 6 行,密度较高 40 万株·hm⁻²左右。在高密度下应尽量保证垄上行距均匀且较大。

参考文献

- [1] 刘晓冰,金剑,王光华,等.行距对大豆竞争有限资源的影响[J].大豆科学,2004,23(8):215-221.(Liu X B, Jin J, Wang G H, et al. Influences of row-spacing on competing limited resources in soybean[J]. Soybean Science, 2004, 23(8): 215-221.)
- [2] 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 I. 播期、密度、行株距(配置方式)对产量的影响[J].中国油料作物学报,2002,24(12):29-32.(Zhao S J, Zhang M C, Yang C Y, et al. Effect of culture factors on growth and yield of soybean: I. Effect of sowing date, density, space in row and plant space on yield[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2002, 24(12): 29-32.)
- [3] Ethredge W J, Ashley D A, Woodruff J M. Row spacing and plant population effect on yield components of soybean[J]. Agronomy Journal, 1989, 81: 947-951.
- [4] 宋启建,吴天侠,邱家驹,等.夏大豆群体结构对不同类型品种产量及农艺性状的影响[J].大豆科学,1995,14(1):40-46.(Song Q J, Wu T X, Qiu J X, et al. Effect of soybean population and space on yield and other agronomic traits of different types of variety[J]. Soybean Science, 1995, 14(1): 40-46.)
- [5] 张代平,杨朝辉,宋晓惠,等.黑龙江垦区大豆综合高产栽培技术模式选择原则与技术要点[J].农业科技通讯,2008(8):147-149.(Zhang D P, Yang C H, Song X H, et al. Techniques and selection principles of comprehensive high-yield cultivation technology of soybean in Heilongjiang Reclamation[J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 2008(8): 147-149.)
- [6] 胡国华,徐国良,史坚,等.大豆机械化大垄垄上行间覆膜栽培技术[J].农业科技通讯,2005(12):26-27.(Hu G H, Xu G L, Shi J, et al. Technology of mechanized coating between ridge in large ridge with soybean[J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 2005(12): 26-27.)
- [7] 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[J].草业学报,2004,14(5):43-47.(He S H, Chang S H, Wu D L, et al. The effect of *Glycine max* sowing density on seeds yield and plant morphology[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2004, 14(5): 43-47.)
- [8] 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.)
- [9] Ball R A, Purcell L C, Vories E D. Short-season soybean yield compensation in response to population and water regime[J]. Crop Science, 2000, 40:1070-1078.
- [10] Edwards J T, Purcell L C, Karcher D E. Soybean yield and biomass responses to increasing plant population among diverse maturity groups. II. Light interception and utilization[J]. Crop Science, 2005, 45: 1778-1785.
- [11] 韩秉进.改善空间因子对大豆生长及产量的影响[J].作物学报,2006,32(7):1097-1100.(Han B J. Effects of improving space factors on growth and yield of soybean[J]. Acta Agronomica Sinica, 2006, 32(7): 1097-1100.)
- [12] López-Bellido L, Fuentes M. Yield and yield components of lupin cultivars[J]. Agronomy Journal, 1990, 82: 1050-1056.
- [13] López-Bellido L, Fuentes M, Castillo J E. Growth and yield of white lupin under mediterranean conditions; effect of plant density[J]. Agronomy Journal, 2000, 92: 200-205.
- [14] 齐林,杨国敏,周勋波,等.夏大豆群体内植株分布对干物质积累分配及产量的影响[J].作物学报,2009,35(9):1722-1728.(Qi L, Yang G M, Zhou X B, et al. Effect of Plant Density Patterns in Population on Dry Matter Accumulation, Partitioning and Yield in Summer Soybean[J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(9): 1722-1728.)
- [15] Norsworthy J K, Frederick J R. Reduced seeding rate for glyphosate-resistant, drilled soybean on the southeastern coastal plain[J]. Agronomy Journal, 2002, 94: 1282-1288.
- [16] Board J E, Kamal M, Harville B G. Temporal importance of greater light interception to increased yield in narrow-row soybean[J]. Agronomy Journal, 1992, 84: 575-579.
- [17] Shield I, Stevenson H J, Leach J E, et al. Effect of sowing date and planting density on the structure and yield of autumn-sown, florally-determinate white lupin (*L. albus*) in the united kingdom[J]. Journal of Agricultural Science, 1996, 127:183-191.