

栽培密度对吉杂 141 群体生理指标及产量的影响

申晓慧 (黑龙江省农业科学院佳木斯分院, 黑龙江佳木斯 154007)

摘要 [目的] 明确矮秆早熟高粱品种吉杂 141 在佳木斯地区的合理栽培密度。[方法] 以吉杂 141 为研究对象, 在大田生产试验条件下, 采用平播的方式, 设置 15 万、20 万、25 万、30 万、35 万株/hm² 共 5 个栽培密度, 研究不同栽培密度下, 吉杂 141 的群体生理指标、产量及产量性状。[结果] 随着栽培密度的增大, 叶面积指数增加, 叶绿素含量下降, 群体光合势和总光合势增加, 株高差异不显著, 穗长、穗粗逐渐下降, 生物产量上升, 千粒重和单穗重下降。[结论] 初步明确在佳木斯地区采用平播方式吉杂 141 最适栽培密度为 20 万株/hm², 产量可达 9 203.36 kg/hm²。

关键词 高粱; 栽培密度; 生理指标; 产量

中图分类号 S514 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)17-041-03

Effects of Planting Density on Yield and Agronomic Traits of Early Maturing Short-Stalked New Variety Sorghum Jiza141

SHEN Xiao-hui (Jiamusi Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi, Heilongjiang 154007)

Abstract [Objective] To find the rational planting density of early maturing short-stalked new variety sorghum Jiza141 in Jiamusi Area. [Method] With Jiza 141 as the research object, field experiment was carried out. Five cultivating densities were designed, which were 150 000, 200 000, 250 000, 300 000 and 350 000 plants/hm². Under the different planting density, the population physiological index, yield and yield traits of Jiza 141 were researched. [Result] With the increase of planting density, leaf area index increased, chlorophyll content declined, population photosynthetic potential and total photosynthetic potential enhanced, plant height showed no significant differences; ear length and width gradually reduced, biological yield increased, 1 000-grain weight and single panicle weight decreased. [Conclusion] It is preliminarily found that in Jiamusi Area, the optimal cultivation density of Jiza 141 is 200 000 plants/hm²; and the yield reaches 9 203.36 kg/hm².

Key words Sorghum; Planting density; Physiological index; Yield

高粱曾是我国重要的早粮作物之一, 是适应性较强、具有多种用途的高产农作物, 也是许多国家和地区重要的动物饲料。近年来, 随着高粱产业趋势的发展, 市场对高粱的需求越来越大, 因此, 提高高粱产量是育种者的目标。虽然高粱具有抗旱、耐涝、耐盐碱和耐贫瘠等优良特性, 但其产量形成主要受品种、气候、栽培措施等多种因素的影响, 其中种植密度是重要因素之一。合理种植密度可构建良好的群体结构, 获得适宜的光合面积, 有效提高光能利用效率, 是作物实现高产的必要条件^[1-2]。关于高粱栽培密度对其产量、农艺性状等因素的影响, 国内外已有诸多报道^[3-5]。有研究认为, 密度与群体关系紧密, 作物产量的提高主要依靠增加密度, 而不是靠提高单株产量^[6-7]。也有研究表明, 栽培密度的设置要随不同品种及土壤肥力而不同^[8-11]。

随着作物诊断技术的迅猛发展, 用叶面积指数(LAI)、群体叶片光合势(LAD)、叶绿素含量(SPAD值)等群体生理指标来评价作物的群体受到越来越多学者关注^[12-14]。不同品种、不同土壤条件及气候因素对群体生产性能将产生较大的影响^[15]。笔者选用吉杂 141 高粱为试验材料, 采用大田小区试验, 探讨不同栽培密度条件下, 群体生理指标、产量及产量性状, 以为佳木斯地区高粱新品种的推广及高产高效栽培提供技术支撑。

1 材料与试验方法

1.1 试验地概况及材料 试验于 2015 年在黑龙江省农业科学院佳木斯分院高粱试验田中进行, 试验地前茬作物为大豆, 土壤为草甸黑土, 土壤基础肥力: 有机质 2.54%、碱解氮

85.7 mg/kg、有效磷 63.1 mg/kg、速效钾 74.6 mg/kg、全氮 0.16%、全磷 0.17%、全钾 3.57%, pH 6.7。试验材料为矮秆早熟高粱品种吉杂 141。

1.2 试验方法 小区面积 6.00 m × 5.00 m, 垄宽 0.65 m, 设置密度为 15 万、20 万、25 万、30 万、35 万株/hm², 分别用 D₁、D₂、D₃、D₄、D₅ 表示。秋整地时施入常规尿素(氮 46%) 250 kg/hm²、过磷酸钙(磷 43%) 160 kg/hm²、氯化钾(钾 60%) 120 kg/hm²。随机区组设计, 3 次试验重复, 5 月 11 日播种, 5 月 22 日出苗。

1.3 叶面积指数、群体叶片光合势及叶绿素含量测定 分别于拔节期、孕穗期、开花期、灌浆期选取 5 株有代表性植株进行取样, 将样株取回后用日本 AAC-400 叶面积测定仪测定叶面积, 并计算叶面积指数(LAI); 叶片光合势(LAD) = 1/2 × (LA₂ + LA₁) × (T₂ - T₁), 式中 LA₁ 和 LA₂ 为 T₁、T₂ 时间的叶面积; 叶绿素含量测定采用日本产的 SPAD-502 叶绿素仪。

1.4 高粱产量性状及产量调查 于高粱成熟期在小区取样, 将样株带回室内考种, 测定株高、单穗重、穗长、穗粗、千粒重, 并实收测籽粒产量和茎秆产量(二者之和即为生物产量), 计算单位面积产量及生物产量。

1.5 统计分析 统计分析采用 SAS8.0 及 Excel 2013 软件。

2 结果与分析

2.1 栽培密度对吉杂 141 群体生理指标的影响

2.1.1 对叶面积指数的影响。由图 1 可知, 随着栽培密度的增加, 高粱的叶面积指数提高, 拔节期至孕穗期, 叶面积指数逐渐升高, 之后随着生育时期的推进, 叶面积指数逐渐下降, 可能由于干物质积累逐渐向籽粒转移所致。灌浆期植株由营养生长转向生殖生长, 下部叶片衰老、脱落, 导致叶面积指数下降。栽培密度为 35 万株/hm² 时叶面积指数下降较

为明显,栽培密度为20万株/hm²时叶面积指数下降平缓,高密度与低密度处理时叶面积指数存在较大差异。高栽培密度处理的叶面积指数在生育后期快速下降,可能是由于后期植株下部叶片衰老加速以及对光照、水分和养分等资源的争夺有着密切的关系。

2.1.2 对光合势的影响。由表1可知,在整个生育时期里,高粱群体光合势表现为增加趋势。高粱的群体光合势随着栽培密度的增加呈现显著增加趋势,各处理基本在开花期达到最大值,25万~35万株/hm²的栽培密度处理差异不显著,15万和20万株/hm²处理差异达到显著水平($P < 0.05$)。总光合势是不同生育阶段光合势的总和,总光合势的变化随着栽培密度的增加呈增加趋势,且高密度与低密度处理之间差异显著($P < 0.05$)。

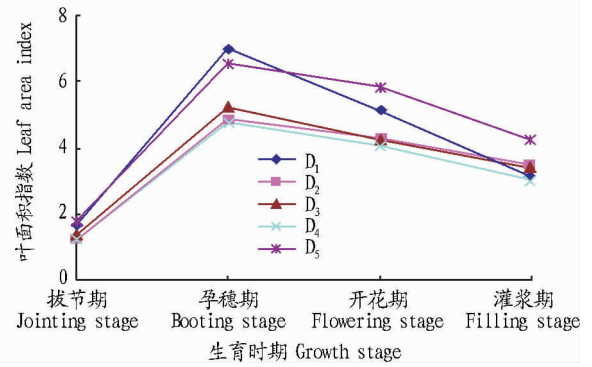


图1 不同生育时期各栽培密度下高粱的叶面积指数变化

Fig. 1 Changes of LAI of different growth stages under different densities

表1 不同生育时期各栽培密度下高粱群体光合势变化

Table 1 The change of LAD of different growth stages under different densities

$\times 10^4 (\text{m}^2 \cdot \text{d}) / \text{hm}^2$

处理 Treatment	拔节期 Jointing stage	孕穗期 Booting stage	开花期 Flowering stage	灌浆期 Filling stage	总计 Total
D ₁	14.14 ± 0.21c	57.81 ± 0.62d	61.23 ± 0.65c	66.75 ± 0.03b	199.93 ± 0.16d
D ₂	19.13 ± 0.45c	69.72 ± 0.34c	72.17 ± 0.32b	68.27 ± 0.36b	229.29 ± 0.61c
D ₃	25.45 ± 0.52b	75.44 ± 0.37b	77.34 ± 0.12a	75.34 ± 0.36a	253.57 ± 0.85b
D ₄	29.74 ± 0.01b	79.95 ± 0.61a	78.42 ± 0.73a	70.81 ± 0.74b	258.92 ± 0.91b
D ₅	35.23 ± 0.13a	82.26 ± 0.34a	80.26 ± 0.59a	77.11 ± 0.23a	272.86 ± 0.73a

注:同列数据后小写字母不同表示在0.05水平差异显著。

Note: Different lowercases in the same row indicated significant differences at 0.05 level.

2.1.3 对叶绿素含量的影响。叶片中叶绿素含量直接影响叶片的光合作用,由图2可知,在拔节、孕穗、开花及灌浆期叶绿素含量呈先升后降趋势。由拔节期至抽穗期叶绿素含量迅速上升,是由于此时正是高粱植株生长旺盛时期,叶绿素含量较高,光合作用较强。至孕穗期、开花期达到高峰,之后含量逐渐下降。拔节期和孕穗期各处理叶绿素含量存在明显差别,开花期之后,15万、20万和25万株/hm²栽培密度下叶绿素含量整体高于30万和35万株/hm²处理,灌浆期与开花期变化趋势一致。

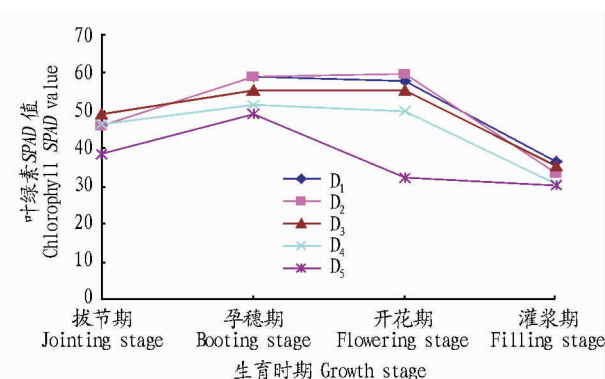


图2 不同生育时期各栽培密度下高粱的叶绿素值变化

Fig. 2 Changes of chlorophyll content of different growth stages under different densities

2.2 栽培密度对产量及产量性状的影响 由表2可知,不同栽培密度对高粱产量及其构成因素有不同程度的影响。

在20万株/hm²栽培密度下产量最高,为9 203.36 kg/hm²,其次是25万株/hm²处理,产量也超过9 000 kg/hm²,二者差异不显著,35万株/hm²处理下,产量最低,且与其他处理差异显著($P < 0.05$);千粒重随着栽培密度的增加呈现递减趋势,20万株/hm²处理千粒重为26.98 g,与15万株/hm²处理差异不显著,25万和30万株/hm²处理差异不显著,与35万株/hm²处理千粒重差异显著($P < 0.05$);生物产量随着栽培密度的增加而升高,不同栽培密度之间,生物产量差异显著($P < 0.05$),35万株/hm²处理高粱生物产量最高,为24 593.38 kg/hm²。不同栽培密度下株高差异不显著,平均株高为102.26 cm,随着栽培密度的加大,穗长、单穗重2个指标呈逐渐降低趋势,15万和20万株/hm²栽培密度下穗长差异不显著,与25万~35万株/hm²栽培密度下穗长差异达到显著水平($P < 0.05$),20万株/hm²栽培密度下的单穗重与其他处理差异显著($P < 0.05$)。15万~30万株/hm²栽培密度下穗粗差异不显著,与35万株/hm²栽培密度下穗粗差异显著($P < 0.05$),各处理平均穗长19.88 cm,平均穗粗12.62 cm。说明在佳木斯地区,对吉杂141品种而言,单纯地增加栽培密度并不能增加千粒重,达到增产的目的。不同生态区,不同品种生理生态习性不同,要获得较高产量,应因地制宜,选择适宜品种及合理栽培密度,充分发挥品种的生态习性。

3 结论与讨论

(1)叶面积指数是调控高粱生长发育及籽粒产量的一个

表 2 各栽培密度下高粱产量及产量性状

Table 2 Yields and yield traits of sorghum Jiza141 under different cultivation densities

处理 Treatment	产量 Yield//kg/hm ²	千粒重 1 000-grain weight//g	生物产量 Biomass kg/hm ²	株高 Plant length cm	穗长 Ear length cm	穗粗 Ear diameter cm	单穗重 Single panicle weight//g
D ₁	8 846.67 ± 0.30b	27.35 ± 0.31a	20 442.35 ± 0.64e	101.87 ± 0.27a	24.24 ± 0.73a	13.74 ± 0.35a	74.56 ± 0.34b
D ₂	9 203.36 ± 0.15a	26.98 ± 0.44a	21 924.91 ± 0.21d	102.48 ± 0.46a	22.87 ± 0.91a	12.17 ± 0.15a	82.64 ± 0.31a
D ₃	9 006.37 ± 0.45a	23.54 ± 0.41b	22 885.28 ± 0.56c	102.21 ± 0.80a	19.41 ± 0.52b	13.24 ± 0.15a	71.32 ± 0.35b
D ₄	8 313.67 ± 0.34b	22.75 ± 0.52b	23 524.35 ± 0.14b	101.23 ± 0.42a	16.64 ± 0.34c	12.93 ± 0.45a	66.46 ± 0.35c
D ₅	7 421.33 ± 0.52c	19.07 ± 0.24c	24 593.38 ± 0.54a	103.54 ± 0.24a	16.24 ± 0.88c	11.04 ± 0.21b	56.35 ± 0.37d

注:同列数据后小写字母不同表示在 0.05 水平差异显著。

Note: Different lowercases in the same row indicated significant differences at 0.05 level.

重要指标,同时也能反映群体的叶面积发展动态,进而影响光合效率,所以研究高粱叶面积指数对提高产量具有重要意义。该研究表明,叶面积指数随着栽培密度的增加而提高,但在生育后期高密度处理使叶面积指数自开花之后急剧下降。这与王岩等研究结果一致^[16-17]。也有研究结果表明,叶面积指数在开花前期就达到最高水平,这可能与品种、种植地点以及环境气候条件有关。

(2)叶绿素含量直接影响叶片的光合效率。该试验中低密度处理叶绿素含量高于高密度处理叶绿素含量,这可能是由于品种差异造成的,栽培密度越小,植株之间养分竞争越小,个体植株长势强于高密度处理植株个体,形成了良好的群体结构,充分发挥了光能利用效率。

(3)光合势就是植物进行光合生产的绿叶面积的积数,与叶面积指数有密切关系。该研究表明,高粱的叶片光合势随着栽培密度的增加而增加,说明栽培密度对叶片光合势影响较大,这与马国胜等^[18]的研究结果相一致。

该研究综合群体叶面积、光合势、叶绿素含量等群体生理指标及产量因素等特点,初步明确了高粱吉杂 141 在佳木斯地区采用平播方式适宜栽培密度为 20 万株/hm²,平均产量达 9 203.36 kg/hm²,可较好地发挥高粱产量优势,获得较高的籽粒产量水平。

参考文献

- [1] 邹剑秋. 中国高粱生产与前景展望[M]//柴岩,万福世. 中国小杂粮发展报告[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2007:44-51.
- [2] 胡萌. 密度对春玉米光合与衰老生理及产量的影响[D]. 哈尔滨:东北

农业大学,2009.

- [3] OGUNLELA V B, OKOH P N. Response of three sorghum varieties to N supply and plant density in a tropical environment[J]. Fertilizer research, 1989, 21(2): 67-74.
- [4] 刘贵锋, 白文斌, 赵建武, 等. 旱地不同种植密度对中晚熟矮秆高粱品种农艺性状及产量的影响[J]. 农学学报, 2012, 2(5): 32-35.
- [5] 汪由, 王恩杰, 王岩, 等. 种植密度对高粱食用杂交种辽杂 13 生长发育及产量的影响[J]. 辽宁农业科学, 2010(6): 24-27.
- [6] XIN Z, AIKEN R, BRUKE J. Genetic diversity of transpiration efficiency in sorghum[J]. Field crop research, 2009(1/2): 74-80.
- [7] 刘贵锋, 白文斌, 赵建武, 等. 旱地不同种植密度对中晚熟矮秆高粱品种农艺性状及产量的影响[J]. 农学学报, 2012, 2(5): 32-35.
- [8] 李世忠, 谢应忠, 徐坤. 国内外禾本科牧草种子生产的研究进展[J]. 中国种业, 2005(7): 17-19.
- [9] 韩建国, 毛培胜. 牧草种子生产的地域性[M]//洪绶曾, 任继周. 草业与西部大开发. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [10] 韩建国. 实用牧草种子学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1997.
- [11] 房丽宁, 韩建国, 王培, 等. 施肥及生长调节剂对高羊茅种子产量的影响[J]. 草地学报, 2000, 8(3): 164-170.
- [12] 李宁, 翟志席, 李建民, 等. 播期与密度组合对夏玉米群体源库关系及冠层透光率的影响[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(5): 959-964.
- [13] 李培岭, 张富全, 贾运岗. 交替沟灌灌溉棉花群体生理指标的水氮耦合效应[J]. 中国农业科学, 2010, 43(1): 206-214.
- [14] 马国胜, 薛吉全, 路海东, 等. 播种时期与密度对关中灌区夏玉米群体生理指标的影响[J]. 应用生态学报, 2007, 18(6): 1247-1253.
- [15] SHARIFI R S, HAMLABAD H B, AZIMI J. Plant population influence on the physiological indices of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars [J]. International research journal of plant science, 2011, 2(5): 137-142.
- [16] 王岩, 黄瑞冬. 种植密度对甜高粱生长发育、产量及含糖量的影响[J]. 作物杂志, 2008(3): 49-51.
- [17] 杨楠, 丁玉川, 焦晓燕, 等. 种植密度对高粱群体生理指标、产量及其构成因素的影响[J]. 农学学报, 2013, 3(7): 11-17.
- [18] 马国胜, 薛吉全, 路海东, 等. 播种时期与密度对关中灌区夏玉米群体生理指标的影响[J]. 应用生态学报, 2007, 18(6): 1247-1253.

(上接第 38 页)

- [6] FIORUCCI S, GOLEBIOWSKI J, CABROL-BASS D, et al. DFT study of quercetin activated forms involved in antiradical, antioxidant, and prooxidant biological processes[J]. J Agric Food Chem, 2007, 55(3): 903-911.
- [7] SCHMALHAUSEN E V, ZHLOBEK E B, SHALOVA I N, et al. Antioxidant and prooxidant effects of quercetin on glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase[J]. Food Chem Toxicol, 2007, 45(10): 1988-1993.
- [8] BELLOMO G, VAIRETTI M, STIVALA L, et al. Demonstration of nuclear compartmentalization of glutathione in hepatocytes [J]. Proceedings of national academy of science USA, 1992, 89: 4412-4416.
- [9] SUGINO N. The role of oxygen radical-mediated signaling pathway in endometrial function [J]. Placenta, 2007, 28: 133-136.
- [10] ANDRIANTSITOHAINA R, DULUC L, GARCIA-RODRIGUEZ J C, et al. Systems biology of antioxidants [J]. Clinical science, 2012, 123(3):

173-192.

- [11] KOBAYASHI A, OHTA T, YAMAMOTO M. Unique function of the Nrf2-Keap1 pathway in the inducible expression of antioxidant and detoxifying enzymes [J]. Methods in enzymology, 2003, 378: 273-286.
- [12] ALEKSUNES L M, KNIGHT T R, KLAASSEN C D, et al. Nuclear factor- κ B-related factor 2 expression in liver is critical for induction of nad(p)h: Quinone oxidoreductase 1 during cholestasis [J]. Cell stress & chaperones, 2006, 11(4): 356-363.
- [13] KOBAYASHI M, YAMAMOTO M. Nrf2-Keap1 regulation of cellular defense mechanisms against electrophiles and reactive oxygen species [J]. Adv Enzyme Regul, 2006, 46: 113-140.
- [14] NEUMANN C A, KRAUSE D S, CARMAN C V, et al. Essential role for the peroxiredoxin Prdx1 in erythrocyte antioxidant defence and tumour suppression [J]. Nature, 2003, 424(6948): 561-565.