



闫锋. 种植密度对谷子抗倒性及产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2022(9):37-40.

种植密度对谷子抗倒性及产量的影响

闫 锋

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要:为了研究密度与谷子茎秆特性、产量性状及光合指标的关系,并明确黑龙江省谷子的适宜种植密度,以嫩选 18 为试验材料,通过设置 30 万,40 万,50 万和 60 万株·hm⁻²共 4 个种植密度,系统研究了不同种植密度下谷子嫩选 18 茎秆特性、抗倒伏性、光合指标及产量构成的变化。结果表明,不同密度处理之间谷子茎节数和茎鲜重没有显著差异;随密度增加,植株节间长度、株高、重心高度、茎秆倒伏指数呈上升趋势;茎粗、茎秆弯折力、光合指标显著下降;产量随着密度增加呈先升高后下降的趋势,在密度为 50 万株·hm⁻²时产量最高,达 6 425.0 kg·hm⁻²。说明适当提高种植密度可以获得高产,但加剧了植株个体对资源的争夺,导致单株生长受到限制且加大了倒伏风险。

关键词:密度;谷子;光合指标;产量;抗倒性

谷子古时称粟,属禾本科狗尾草属,是起源于我国并对我国农耕文明产生深远影响的古老粮食作物,至今约有 8 000 多年的栽培历史^[1]。谷子具有耐干旱、耐瘠薄、适应性广、抗逆性强等诸多优点,是一种环境友好型作物,也是我国干旱、半干旱地区具有代表性的特色作物之一^[2]。我国谷子品种经历了由个体夺高产的大穗型品种和群体夺高产的密植型品种两个阶段,目前已经进入到个体与群体并重夺高产的第三阶段^[3]。

合理密植可以改善单株的光合作用,促进作物个体与群体间协调生长,使作物获得高产^[4]。播种密度是维持农作物群体数量和空间结构的主要因素,合理密植能够使农作物群体合理有效地利用光、热、水、肥等资源^[5]。谷子播种较稀时,单株谷子能充分发育形成大穗,但有效穗数不足时会导致群体产量低;而增加密度,单株谷子发育会受到影响,有效穗数增加,群体产量提高;密度太高时,单株谷子生长受阻,群体产量反而降低。前人关于种植密度对谷子产量、农艺性状、抗倒伏性、光合指标等方面的影响进行了大量研究^[6-9],但由于研究品种、性状、生态环境等因素有所差异,各自的结论不尽相同。因此,本研究在前人研究的基础上,以高产、优质谷子品种嫩选 18 为试验材料,研究不同种植密度条件对谷子茎秆特征、

植株抗倒性、光合特性及产量性状的影响,以期为黑龙江省谷子的合理种植密度提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

以谷子品种嫩选 18 为试验材料,嫩选 18 是黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院通过物理诱变选育的谷子新品种。该品种小米为国家二级优质米,2019—2020 年国家谷子品种区域试验中,适应度较高,两年平均单位面积产量均位居第一,平均产量 6 110.5 kg·hm⁻²,是一个极具推广潜力的谷子新品种。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于 2020 年在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院试验基地进行,试验地地势平坦,肥力中等,土壤类型为碳酸盐黑钙土。共设置 M1(30 万株·hm⁻²)、M2(40 万株·hm⁻²)、M3(50 万株·hm⁻²)、M4(60 万株·hm⁻²) 4 个密度处理,每小区 6 行,行长 4 m,行距 0.65 m,小区面积 15.6 m²,试验采用随机区组设计,3 次重复。

1.2.2 测定项目及方法 农艺性状测定:灌浆期每处理中间 4 行中选取长势均匀的植株 10 株,测定株高、茎粗(基部第 2 节间的粗度)、节间长(基部第 2 节间的长度)、茎节数、重心高度、茎鲜重,在成熟期测定千粒重、单穗粒重、单穗粒数并对小区测产。

茎秆机械强度测定:在灌浆期采用浙江托普公司生产的 YYD-1 茎秆强度测定仪测定基部第 2 节间的弯折力(N)。

收稿日期:2022-05-10

基金项目:齐齐哈尔市科技计划创新激励项目(CNYGG-2022041);财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系资助(CARS-07-06B)。

作者简介:闫锋(1982—),男,硕士,助理研究员,从事杂粮作物遗传育种及栽培研究。E-mail:yanfeng6338817@126.com。

倒伏指数 = (重心高度 × 茎鲜重) / 茎秆弯折力^[10]

光合指标的测定:灌浆期在每处理选取有代表性的植株 10 株,选晴朗无风天气 9:00—11:00 测定倒二叶的叶绿素相对含量、净光合速率、蒸腾速率,测定位置为叶片中部。叶绿素相对含量 (SPAD)采用日本柯尼卡美能达公司生产的 SPAD-502 型测定仪测定;净光合速率、蒸腾速率采用美国 CID 公司生产的 CI-340 型光合作用测定仪测定。

1.2.3 数据分析 采用 Excel 2010 和 DPS 7.05 等软件对数据进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 密度对谷子茎秆特征的影响

由表 1 可知,随着种植密度增大,各茎秆性状之间的差异逐渐显现出来,株高和节间长呈逐渐升高的趋势,茎粗呈逐渐减少的趋势,而主茎节数没有明显变化。各密度处理间株高的变化范围为 134.3~141.1 cm, M4、M3 处理的株高显著高于 M1、M2; 茎粗的变化范围为 6.0~6.9 mm, M1 处理的茎粗最大,显著高于其他处理;节间长的变化范围为 7.16~8.65 cm, M4、M3 处理显著

高于其他处理;主茎节数在各处理间差异不显著。

表 1 不同密度处理对谷子茎秆特征的影响

处理	株高/cm	茎粗/mm	节间长/cm	茎节数
M1	134.3 b	6.9 a	7.16 c	8.2 a
M2	136.2 b	6.4 b	7.83 b	8.2 a
M3	139.7 a	6.0 c	8.45 a	8.3 a
M4	141.1 a	6.0 c	8.65 a	8.2 a

注:不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著。下同。

2.2 密度对谷子抗倒伏性的影响

由表 2 可知, M1 处理的重心高度显著低于 M3 和 M4 处理,不同密度处理谷子重心高度总体表现为 $M4 > M3 > M2 > M1$, M2 与其他处理之间差异均不显著;茎鲜重在各密度处理之间差异不显著;茎秆弯折力表现为 M1 处理显著高于 M3、M4 处理, M2 与其他处理之间差异均不显著。由茎秆倒伏指数计算公式可以看出,本试验条件下由于茎鲜重在处理之间差异不显著,所以茎秆倒伏指数主要由重心高度和茎秆弯折力决定,重心高度越大、茎秆弯折力越低,倒伏指数也就越大,因此本研究中 M4、M3 处理的倒伏指数显著高于其他处理。

表 2 不同密度处理对谷子茎秆性状的影响

处理	重心高度/cm	茎鲜重/g	茎秆弯折力/N	倒伏指数/(cm·g·N ⁻¹)
M1	82.3 b	51.4 ab	14.5 a	290.4 c
M2	85.0 ab	52.3 a	13.8 ab	320.9 b
M3	85.9 a	52.8 a	12.4 b	364.2 a
M4	86.6 a	51.5 ab	12.5 b	356.8 a

2.3 密度对谷子产量及其构成因素的影响

由表 3 可知,不同种植密度下,单穗重为 14.3~18.8 g,单穗粒重为 10.2~15.6 g,随着种植密度的增加单穗重和单穗粒重均降低,具体表现为 $M1 > M2 > M3 > M4$,且各处理间差异显著;千粒重也随

着种植密度增加而逐渐下降,表现为 M1、M2 处理显著高于 M3、M4 处理,且 M1 与 M2 间差异不显著, M3 与 M4 间差异也不显著。产量随着种植密度的增加呈先升高后下降的变化规律,具体表现为 $M3 > M4 > M2 > M1$,各处理间差异显著。

表 3 不同密度处理对谷子产量及产量构成因素的影响

处理	单穗重/g	千粒重/g	单穗粒重/g	产量/(kg·hm ⁻²)
M1	18.8 a	3.35 a	15.6 a	4704.7 d
M2	17.4 b	3.29 a	14.0 b	5612.5 c
M3	15.6 c	3.11 b	12.8 c	6425.0 a
M4	14.3 d	3.08 b	10.2 d	6120.4 b

2.4 密度对谷子灌浆期光合指标的影响

由表 4 可知,谷子的各项光合指标均随种植密度升高而呈下降趋势。三项光合指标均表现为 $M1 > M2 > M3 > M4$,其中 M1、M2 处理的 SPAD 值显著高于 M3、M4 处理,且 M1 和 M2 处理之间差异不显著, M3 和 M4 处理之间差异也不显著;

净光合速率和蒸腾速率均表现为 M1 处理显著高于其他处理, M2 和 M3 处理间差异不显著,二者显著高于 M4。说明较低的种植密度可使单株获得更多的生长空间,有利于提高光合指标促进单株生物产量积累。

表 4 不同密度对谷子光合指标的影响

处理	叶绿素相对 含量(SPAD 值)	净光合速率/ [$\mu\text{mol}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{s})^{-1}$]	蒸腾速率/ [$\text{mmol}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{s})^{-1}$]
M1	33.5 a	25.1 a	4.47 a
M2	32.9 a	23.4 b	3.89 b
M3	30.6 b	23.2 b	3.72 b
M4	30.2 b	22.0 c	3.38 c

3 讨论

不同的谷子品种,在特定的生态区域都有其适宜的种植密度,合理密植是谷子获得高产的基本要素之一^[11]。本研究结果表明,随着种植密度增加,茎粗呈下降趋势,谷子株高、节间长度呈增加趋势,而节数变化不显著,这说明株高的增加主要是由节间长度影响的。朱灿灿等^[12]认为不同密度处理间谷子株高差异不显著,而重心高度与种植密度呈显著正相关,但也有一些研究结果表明^[13-14],种植密度与株高呈正相关,这说明生长环境差异及品种特性不同导致株高对种植密度的响应存在差异。

作物倒伏的原因较为复杂,不仅受气候环境影响,也受作物自身及栽培措施的影响,大量研究认为作物倒伏与株高、茎粗、茎秆强度密切相关^[15]。谷子生产中倒伏时常发生,是影响产量和品质的主要限制因素之一。袁宏安等^[16]研究表明,随着种植密度增加,植株倒伏率逐渐升高,本研究结果表明,随着密度增加倒伏指数呈逐渐上升的趋势,在密度为 50 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 60 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 下倒伏指数差异不显著,与朱灿灿等^[12]的研究结果较为一致。倒伏指数随着密度增加而逐渐增高,根据倒伏指数计算公式可以推断出这可能是由于密度增加,茎秆重心变高且弯折力降低引起的,需要指出的是文中的倒伏指数只是一种理论上潜在的倒伏风险,并不代表田间实际倒伏率,只是起到由于密度变化对倒伏风险的指示作用。

作物通过光合作用进行干物质积累是一个群体过程,群体密度过低,单位面积进行光合作用的叶面积小,光合产物就会减少;而群体密度过高,尽管可进行光合作用的叶面积较多,但个体间互相遮挡严重,影响植株个体光合作用。皇甫瑞等^[17]研究表明,随着谷子密度增加,叶片净光合速率和叶绿素含量均呈下降趋势。本研究结果表明,随着谷子种植密度增大,光合速率、蒸腾速率、SPAD 值均呈下降趋势,与前人研究结果一致。

颜美丽等^[18]认为增加种植密度,虽然植株个

体光合作用降低,单株产量下降,但是单位面积的叶面积增多,群体增产的优势弥补了个体产量的下降。在一定密度范围内单位面积产量随密度增加而增产,但是当密度过大,群体内植株之间相互遮蔽严重,不利于产量形成,导致群体产量下降,本研究结果表明在 30 万 \sim 50 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 密度时,产量逐渐升高,当密度为 60 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 时产量开始下降,与前人研究结果相似。由研究结果可以看出,当密度为 50 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 时产量达到最高,虽然在此密度下的倒伏指数显著高于 30 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 40 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 时,但是倒伏指数是由公式计算出的理论值,并不代表田间真实倒伏情况,所以在本试验条件下,50 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 的密度是嫩选 18 在齐齐哈尔地区种植的最佳密度。

4 结论

综上所述,随着种植密度增加,嫩选 18 的株高、节间长、重心高度呈逐渐上升趋势,同时茎粗、茎秆弯折力显著下降,倒伏风险增加。产量随着密度增加呈先升高后下降的趋势,在密度为 50 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 时产量最高,达 6 425.0 kg $\cdot\text{hm}^{-2}$ 。今后可在此种植密度基础上,通过进一步提高水肥利用率、喷施生长调节剂、改进栽培措施等方面的研究获得更高产量。

参考文献:

- [1] 李荫梅. 谷子育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- [2] 李顺国, 刘斐, 刘猛, 等. 近期中国谷子高粱产业发展形势与未来趋势[J]. 农业展望, 2018, 14(10): 37-40.
- [3] 张婷, 师志刚, 王根平, 等. 华北夏谷区 2001—2015 年谷子育种变化[J]. 中国农业科学, 2017, 50(23): 4475-4489.
- [4] 康彩睿, 谢军红, 李玲玲, 等. 种植密度与施氮量对陇中旱农区玉米产量及光合特性的影响[J]. 草业学报, 2020, 29(5): 141-149.
- [5] 李君霞, 代书桃, 陈宇翔, 等. 播种密度对夏谷顶三叶和穗部性状的影响[J]. 河南农业科学, 2020, 49(7): 25-34.
- [6] 刘鑫, 成错, 王振华, 等. 播种密度对谷子农艺性状及产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(23): 54-56.
- [7] 王显瑞, 李书田, 赵敏, 等. 不同种植密度对谷子农艺性状及产量的影响[J]. 新疆农业科学, 2015, 52(11): 2028-2034.
- [8] 夏雪岩, 马铭泽, 杨忠妍, 等. 施肥量和留苗密度对谷子杂交种张杂谷 8 号产量及主要农艺性状的影响[J]. 河北农业科学, 2012, 16(1): 1-5.
- [9] 秦岭, 杨延兵, 管延安, 等. 施氮量和留苗密度对不同株型谷子产量及产量相关性状的影响[J]. 山东农业科学, 2013, 45(5): 60-63.
- [10] 苏文潘, 罗燕春, 金刚, 等. 保水剂与多效唑联合施用对木薯光合特性的影响[J]. 南方农业学报, 2012, 43(9): 1277-1280.

- [11] 李君霞,代小冬,杨育峰,等. 高产、优质、多抗谷子新品种豫谷 23 号的选育[J]. 河南农业科学,2015,44(10):46-48.
- [12] 朱灿灿,马春业,秦娜,等. 种植密度对夏谷抗倒性及光合特性的影响[J]. 河南农业科学,2018,47(9):53-55.
- [13] 庄云,马尧,牟金明. 密度对谷子生长及产量性状的影响[J]. 安徽农业科学,2007,35(36):11795.
- [14] 张林武,李仁崑. 不同密度对不同品种谷子产量的影响[J]. 农业科技通讯,2013(9):40-43.
- [15] 丰光,黄长玲,邢锦丰. 玉米抗倒伏的研究进展[J]. 作物杂志,2008(4):12-14.
- [16] 袁宏安,杨清华,闫伟,等. 施氮量与留苗密度对春谷农艺性状及产量的影响[J]. 作物杂志,2015(4):138-141.
- [17] 皇甫瑞,王振华,张蕙琪,等. 播种日期和密度对谷子植株光合特性的影响[J]. 山西农业科学,2018,46(5):711-717.
- [18] 颜美丽,李国瑜,邹仁峰,等. 种植密度对夏谷农艺性状及产量的影响[J]. 安徽农业科学,2017,45(12):12-14.

Effects of Planting Density on Lodging Resistance and Yield of Foxtail Millet

YAN Feng

(Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, China)

Abstract: In order to study the relationship between density and stalk characteristics, yield traits and photosynthetic indexes of foxtail millet, and to determine the suitable planting density of millet in Heilongjiang Province, we used Nenxuan 18 as experimental materials and set four planting densities (3×10^5 , 4×10^5 , 5×10^5 and 6×10^5 plant \cdot ha $^{-1}$) in this study. The change of stalk characteristics, lodging resistance, photosynthetic and yield characteristics of foxtail millet were studied. The results suggested that node numbers of stem, fresh weight of stem showed no significant difference among four planting densities. With the increase of density, the internode length, plant height, barycentre height and lodging index of plants increased, diameter of stem, bending force of stem and photosynthetic index decreased significantly; The yield first increased and then decreased with the increase of density, and the highest yield was 6 425. 0 kg \cdot ha $^{-1}$ when the density was 5×10^5 plant \cdot ha $^{-1}$. It showed that high yield can be obtained by properly increasing planting density, but it intensifies the competition of individual plants for resources, which leads to the limitation of single plant growth and increases the risk of lodging.

Keywords: density; foxtail millet; photosynthetic index; yield; lodging resistance

欢迎订阅 2023 年《大豆科学》

《大豆科学》是由黑龙江省农业科学院主管、主办的大豆专业性学术期刊,被国内外多家重要数据库和文摘收录的核心期刊。主要刊登有关大豆遗传育种、品种资源、生理生态、耕作栽培、植物保护、营养肥料、生物技术、食品加工、药用功能及工业用途等方面的学术论文、科研报告、研究简报、国内外研究述评、学术活动简讯和新品种介绍等。

《大豆科学》为双月刊,16开本,国内外公开发行。国内每期定价:40.00元,全年240.00元,邮发代号:14-95。国外每期定价:40.00美元(含邮资),全年240.00美元,国外邮发代号:Q5587。全国各地邮局均可订阅。

地址:哈尔滨市松北区创新三路800号国际农业科技创新中心1321室

邮编:150023

电话:0451-51522862

网址: <http://ddkx.haasep.cn>

E-mail: soybeanscience@vip.163.com

