

种植密度对黄秋葵群体冠层结构及产量的影响

齐军航¹, 聂师豫¹, 张晓明^{1*}, 程艳²

(1. 吉林农业大学园艺学院, 长春 130118; 2. 吉林省农业科学院经济植物研究所, 长春 130033)

摘要: 本试验以黄秋葵绿羊角为试材, 采用随机区组试验设计方法, 研究6个不同种植密度对黄秋葵群体冠层结构及其产量的影响。结果表明: C(45 cm×60 cm)密度处理的群体冠层结构各项指标均优于其他处理, 产量最高。

关键词: 黄秋葵; 密度; 群体冠层结构; 产量

中图分类号: S649

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)04-0102-04

Effects of Planting Density on Population Structure and Yield of Okra

QI Junhang¹, NIE Shiyu¹, ZHANG Xiaoming^{1*}, CHENG Yan²

(1. College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. Economic Plants Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: This experiment investigated the effects of six different planting densities on the crown structure and yield of the okra population, with Green Sheep Horn of okra as the test material. The experimental design employed a random block design. The results showed that the indexes of population crown structure in the C(45 cm×60 cm) density treatment were better than those in the other treatments, and the yield was the highest.

Key words: Okra; Density; Population crown structure; Yield

黄秋葵(*Hibiscus esculentus* L.)是锦葵科秋葵属一年生草本植物^[1]。我国最早在南方地区开始栽培种植, 目前北方地区种植面积也在不断增加^[2]。黄秋葵作为一种特色蔬菜, 其栽培对我国蔬菜种植结构调整具有促进作用。

种植蔬菜作物的目标是获得较高的“生物产量”和“经济产量”, 最终获得较高的“经济系数”。因此从生产角度看, 最有意义的是单位土地面积上所有蔬菜植株的总和, 即蔬菜作物群体。蔬菜群体结构是指在一定土地面积和生态条件下, 由一种或几种蔬菜作物为主体构成的具有一定平面和空间结构的田间作物群体^[3]。作物的种植密度及种植方式一定程度上影响作物的群体结构, 从而影响到作物的光能利用和干物质生产^[4], 群体光截获率和光能利用率也是影响作物产量的重要因素^[5]。黄秋葵作为喜光作物在较强的日光条件

下生长良好, 种植密度作为影响黄秋葵产量的关键性因素^[6]是协调群体栽培的重要措施, 其会对整个生育期的群体冠层结构构建产生影响。曹毅等^[7]对黄秋葵群体的研究多集中在对产量、经济效益的分析与评价方面, 通过研究种植密度对群体冠层结构影响的报道较少。本研究设置六个种植密度, 研究对黄秋葵群体冠层结构及产量的影响, 旨在为黄秋葵生产技术体系的成熟和栽培种植提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试黄秋葵品种为绿羊角, 由北京绿金蓝种苗有限责任公司生产。

1.2 试验地基本情况

试验在吉林农业大学园艺学院蔬菜试验基地(43°87'N, 125°33'E)进行。该地为温带大陆性季风气候, 年均日照时数2 640~2 688 h, 年均气温4.8℃, 年均无霜期155 d, 活动积温3 300℃·d, 年均降水量565 mm^[8]。试验田为黑壤土, 种植前测定土壤肥力: 水解性氮134.16 mg/kg、有效磷50.26 mg/kg、速效钾168.10 mg/kg、有机质36.12 mg/kg、水溶性盐分总量(电导率)0.58 mS/cm, pH值6.8。

收稿日期: 2020-08-24

基金项目: 吉林省科技发展计划项目(20140306026NY); 吉林省中西部地区设施蔬菜规范化生产技术示范项目(202022504)

作者简介: 齐军航(1995-), 男, 在读硕士, 主要从事蔬菜生理生态及设施园艺工程研究。

通讯作者: 张晓明, 男, 硕士, 教授, E-mail: xiaomingzh@126.com

1.3 试验设计

试验采用单因素随机区组设计。密度设置A、B、C、D、E、F共6个处理,株距依密度定(见表1)。采用作垄定植,行(垄)距定为0.6 m,每个小区4垄,垄长5 m,面积为12 m²(5 m×2.4 m),每个处理3次重复,共18个小区。试验田总面积(包括过道和保护行)为247.5 m²(16.5 m×15 m)。

表1 不同密度处理株行距

处理	株行距(cm×cm)
A	35×60
B	40×60
C	45×60
D	50×60
E	55×60
F	60×60

1.4 试验管理

在营养钵中育苗,待幼苗长到4片真叶时(2019年5月23日)进行定植,定植前整地施肥,肥料用量如下:尿素13.5 kg/667 m²、有效磷(P₂O₅)20 kg/667 m²、速效钾(K₂SO₄)20 kg/667 m²。尿素分3次施入(底肥80%、盛花期10%、盛果期10%),磷肥、钾肥分3次施入(底肥20%、盛花期40%、盛果期40%)。管理按常规进行。

1.5 指标测定及方法

1.5.1 叶仰角、叶向值(LOV)、群体光分布、CO₂浓度

花位上叶仰角、花位下叶仰角、叶向值、群体光分布、CO₂浓度均在盛花期7月24日测定,测定时在各密度处理中随机抽取30株苗定株观察,7 d一次共4次,8月14日结束。叶仰角用教学量角器测定,LOV=(90°-叶仰角)×(叶片直立高度/叶长)^[9]。群体结构划分3个层次,分别是光合层(叶片、茎、叶柄、果实),支持层(茎、侧枝),吸收层(根系、不定根)因为吸收层在地下所以该层群体光分布测定地面的。群体光分布和CO₂浓度均在无风晴天10:00~11:00时测定。光分布用植物冠层分析仪(TOP-1000型,浙江托普云农科技股份有限公司生产)测定数值后再利用公式计算:透光率(%)=(测定层光强/冠层顶部光强)×100%^[9]。CO₂浓度用植物光合作用仪测定(3051DE,浙江托普云农科技股份有限公司生产)。

1.5.2 叶面积、叶面积指数(LAI)

叶面积用叶面积测量仪(YMJ-A,浙江托普云农科技股份有限公司生产)测定,5月23日各处理

随机抽取30株苗,20 d一次共测定7次,9月20日结束。LAI=(单株叶面积×单位土地面积内株数)/单位土地面积。

1.5.3 消光系数(K)

K是作物群体的一个特征量,反映群体的冠层结构及受光状态,是衡量群体冠层结构优劣模型的重要参数^[10]。测定方法同群体光分布。K=-ln(PAR/TPAR)/LAI(PAR为冠层底层的瞬时光合有效辐射,TPAR为冠层顶部的瞬时光合有效辐射)^[11]。

1.5.4 产量

根据该品种生长特性在荚果长到10~12 cm,谢花后5 d采收。7月14日第一次采收,分批共采摘17次,9月23日采摘结束后测出各小区的累计总产量,并对产量作方差分析^[12]。

1.6 数据处理及分析

采用SPSS 17.0和Microsoft Excel 2010进行数据处理和分析,各处理间进行差异显著性比较。指标数据均取平均值,保留两位小数。

2 结果与分析

2.1 种植密度对黄秋葵群体冠层结构形态特征的影响

叶仰角和叶向值是衡量植株形态受光的指标。叶仰角是植株茎与叶片的夹角,角度越小,表示叶片上冲性越强。叶向值越小,表示叶片越趋于平展下垂。黄秋葵是水平和丛生叶群,叶片角度较大对中午的光照利用较高。由表2分析可知,A、B处理由于株距过小植株个体间对光的需求竞争大,漏光损失较重,花位上下叶仰角略小于其他处理,叶向值略大于其他处理,表明这两个处理叶片上冲性较强。E、F处理由于株距大,上下叶仰角略大于其他处理,叶片处于平展下垂会对中下部叶片进行遮光。C、D处理花位上下叶仰角、叶向值与其他处理相比差异较为显著。C与D处理相比,C处理的花位下叶仰角较大、叶向值较小,表明C处理植株上部叶片较为紧凑,中下部叶片较为平展,植株株型空间分布更加合理,便于截获光照进行光合作用,增加干物质含量。

2.2 种植密度对黄秋葵群体冠层光分布透光率的影响

各密度处理的透光率如图1所示,6个密度处理的群体各层次透光率均不相同,差异性显著。C处理的地面、支持层、光合层透光率均高于其他处理,表明C处理的黄秋葵植株株型空间分布合

表2 种植密度对黄秋葵群体冠层结构形态指标的影响

处理	花位上叶仰角(°)	花位上叶向值(°)	花位下叶仰角(°)	花位下叶向值(°)
A	33.27ab	53.36bB	34.68ab	53.74cC
B	33.74ab	54.27bC	35.25bc	52.29cB
C	34.42aA	52.81aA	37.34bB	50.24ab
D	35.27aB	53.16aB	36.37bA	51.47bB
E	37.23bB	51.27ac	37.14cB	50.88ac
F	37.34bC	51.45ab	37.27cC	50.74ac

注:小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$),大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$),下同

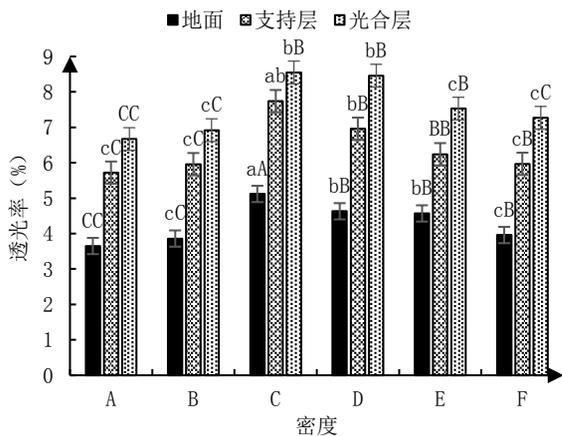


图1 种植密度对黄秋葵群体冠层光分布透光率的影响,群体各层次内叶片(特别是中下部叶片)均能接收到光照,透光率高,利于进行光合作用。D处理透光率表现次之,表明该处理条件下的株型透光率较高。A、B、E、F处理相比A处理透光率最低,与C处理(地面、支持层、光合层)透光率相比分别低1.47%、2.02%、1.88%,表明植株间遮阴现象较重,透光性较差。

2.3 种植密度对黄秋葵群体冠层CO₂浓度分布的影响

由图2可知,各密度群体冠层CO₂浓度分布差异显著。从群体结构划分层次比较为光合层>支持

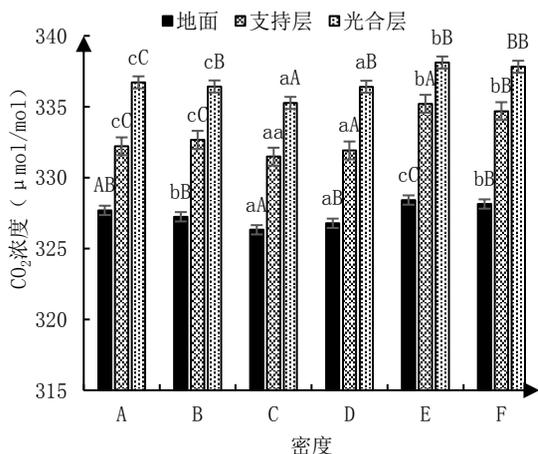


图2 种植密度对黄秋葵群体冠层CO₂浓度分布的影响

层>地面,可知群体结构层次不同CO₂分布的输送量也不同。各处理间比较,C处理各层次的CO₂浓度分布最低,表明该处理各层次(尤其是光合层)的植株叶片光合作用强于其他5个处理。从群体冠层CO₂浓度分布可知:适当的种植密度可使群体冠层结构发生变化,进而改善群体冠层结构的微环境。

2.4 种植密度对黄秋葵群体冠层LAI的影响

LAI是衡量群体指标的重要参数,它与黄秋葵群体结构及产量密切相关。群体LAI的发展主要取决于植株和叶片的生长,因此叶面积的大小影响LAI。由图3可知,6个密度处理的LAI均是呈先增加后下降的曲线变化,在群体植株生长前期,各密度处理的LAI差异不明显;在8月上中旬群体植株叶片光合、呼吸和干物质生产达到旺盛期,LAI也随之达到峰值,C处理显著高于其他处理,达到4.22。在黄秋葵群体植株后期由于中下部叶片的相互遮阴、光照竞争加剧,导致光合速率迅速降低。此时植株进入衰老期,叶片开始黄化脱落,LAI也开始下降,干物质生产和产量也随之降低。

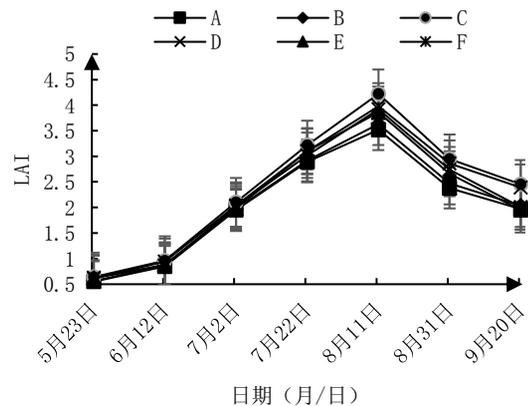


图3 种植密度对黄秋葵群体冠层LAI的影响

2.5 种植密度对黄秋葵群体冠层K值的影响

由图4可知,各处理间的K值差异性显著。C处理的K值最小为0.35,表明该处理群体植株截获的光照多,便于光合积累和干物质生产。其他

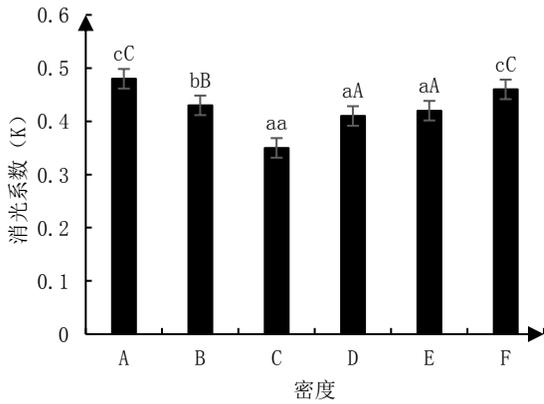


图4 种植密度对黄秋葵群体冠层K的影响

处理相比A、F的K值较高分别是0.48、0.46,说明

群体植株间漏光损失较重不利于光合增产。

2.6 种植密度对黄秋葵群体产量的影响

表3、表4结果表明,C和D处理间差异显著性较小。其中C处理产量最高,显著高于F处理,D处理与B、A、E处理比较有差异显著性。

表3 产量方差分析表

变异来源	SS	df	S ²	F	F _{0.05}	F _{0.01}
区组间	1.62	2	0.810			
处理间	79.00	5	15.800	16.83**	3.33	5.64
误差	9.39	10	0.939			
总变异	90.01	17				

表4 产量各处理多重比较结果

处理间	X _i	平均数的差数					显著性	
		x _i -23.46	x _i -24.01	x _i -24.10	x _i -24.77	x _i -27.82	0.05	0.01
C	29.00	5.45**	4.99**	4.9**	4.23**	1.18*	a	A
D	27.82	4.36**	3.81**	3.72**	3.05**		a	A
B	24.77	1.31*	0.76*	0.67*			b	BC
A	24.10	0.64*	0.09*				b	B
E	24.01	0.55*					b	B
F	23.46						c	C

注:“*”表示差异达到显著水平,“**”表示差异达到极显著水平

2.7 各处理群体消光系数与产量相关性分析

如图5所示,以消光系数为自变量,产量为因变量,得出相关性分析方程。F处理的K值虽低于A处理,但产量A处理略高,经分析后是因为A处理的群体植株个体多于F处理。总体上消光系数与产量呈显著负相关关系。

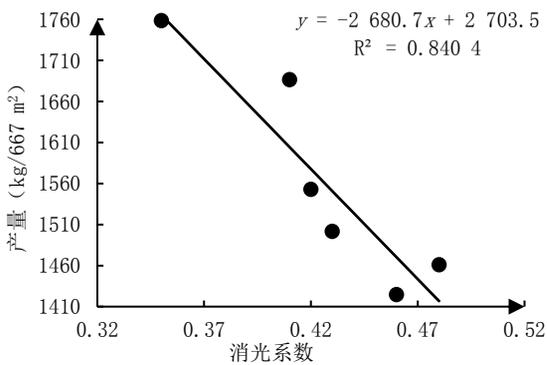


图5 各处理群体消光系数与产量相关性分析

叶片与茎秆生长角度决定了对光照利用的高低,试验表明合理密植可以改变叶仰角,提高光能利用率。冠层在垂直方向上光分布均匀,群体辐射透过系数适宜,既保证了群体光合速率的提高,又使中下部叶片受光良好,降低了下层叶片因光照不足而造成的衰老,为后期产量形成提供保障^[13]。密度不同,各处理群体结构的光合层、支持层、吸收层的透光率、CO₂浓度分布、LAI、K值均有差异,试验表明创造出对支持层和下部叶片的良好受光环境,对提高群体冠层结构的光合产量有重要作用。研究表明,通过调整种植密度,充分利用光热、土地等自然资源,提高我国玉米产量的空间还很大^[14]。通过合理优化管理技术,构建合理群体结构,提高群体叶面积、改善光合物质生产能力、提升群体光能截获量是缩小松嫩平原苏打盐碱地稻区不同产量层次差异的关键技术措施之一^[15]。黄秋葵产量在株距为45、50 cm时产量最高^[16]。将K值与产量进行相关性分析,结果表明二者之间呈负相关关系,表明K值越小群体光照截获率越高,越有利于增加光合产物和干物质积累,进而提高产量,与前人研究结论一致。(下转第112页)

3 讨论与结论

3.1 讨论

黄秋葵是水平和丛生叶群,因此群体状态下

- Inc, 2004[2020-3-31]. <http://www.flavornet.org>.
- [32] Song C Z, Liu M Y, Meng J F, et al. Influence of foliage-sprayed zinc sulfate on grape quality and wine aroma characteristics of Merlot[J]. European Food Research and Technology, 2016, 242(4): 609-623.
- [33] Mahattanatawee K, Perez-cacho P R, Davenport T, et al. Comparison of three lychee cultivar odor profiles using gas chromatography-olfactometry and gas chromatography-sulfur detection[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(5): 1939-1944.
- [34] Giri A, Osako K, Ohshima T. Identification and characterisation of headspace volatiles of fish miso, a Japanese fish meat based fermented paste, with special emphasis on effect of fish species and meat washing[J]. Food Chemistry, 2010, 120(2): 621-631.
- [35] Peinado R A, Mauricio J C, Moreno J. Aromatic series in sherry wines with gluconic acid subjected to different biological aging conditions by *Saccharomyces cerevisiae* var. *capensis*[J]. Food Chemistry, 2006, 94(2): 232-239.
- [36] Gómez-míguez M J, Gómez-míguez M, Vicario I M, et al. Assessment of colour and aroma in white wines vinifications: Effects of grape maturity and soil type[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 79(3): 758-764.
- [37] Cullere L, Escudero A, Cacho J, et al. Gas chromatography-olfactometry and chemical quantitative study of the aroma of six premium quality spanish aged red wines[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(6): 1653.
- [38] 何明茜. 葡萄香气物质在两类杂交群体中的遗传规律[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
- [39] Barbera D, Avellone G, Filizzola F, et al. Determination of terpene alcohols in Sicilian Muscat wines by HS-SPME-GC-MS [J]. Journal of Asian Natural Products Research, 2013, 27: 541-547.
- [40] 谭伟, 唐晓萍, 董志刚, 等. 4个四倍体玫瑰香味鲜食葡萄品种与其亲本果实香气成分分析[J]. 果树学报, 2017, 34(4): 435-443.
- [41] Larsen M, Poll L, Olsen C E. Evaluation of the aroma composition of some strawberry (*Fragaria ananassa* Duch) cultivars by use of odour threshold values[J]. Zeitschrift Fur Lebensmittel Untersuchung Und Forschung, 1992, 195(6): 536-539.
- [42] Burattl S, Rizzolo A, Benedetti S, et al. Electronic nose to detect strawberry aroma changes during osmotic dehydration[J]. Journal of Food Science, 2006, 71(4): E184-E189.
- [43] Oliveira J M, Faria M, Sá F, et al. C6-alcohols as varietal markers for assessment of wine origin[J]. Analytica Chimica Acta, 2006, 563(1): 300-309.

(责任编辑: 王 昱)

(上接第105页)

3.2 结论

试验结果表明, 黄秋葵绿羊角品种种植密度过大或过小都会对群体冠层结构及产量产生不利影响。选择C(45 cm×60 cm)种植密度, 群体冠层结构指标优于其他处理, 利于增产, 提高经济效益。

参考文献:

- [1] Fatokun C A. Wide hybridization in okra[J]. Theoretical and applied Genetics, 1987, 74(4): 483-486.
- [2] 刘彩文. 黄秋葵北方陆地栽培管理技术[J]. 辽宁农业职业技术学院学报, 2018, 20(4): 9-10.
- [3] 张振贤, 程智慧. 高级蔬菜生理学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2008: 143.
- [4] 董云松. 对作物群体结构及物质生产影响因素的分析[J]. 吉林农业, 2013(6): 270.
- [5] 郑丕尧. 作物生理学导论[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1992: 37-42.
- [6] Hatfield J L, Baker J M. Effects of Row Spacing on Yield and yield Components of okra(*Ablemoschus esculentus*) and Mixture Groundnut(*Archis hypogaea*)[J]. Agronomy, 2005, 4(4): 304-307.
- [7] 曹毅, 任吉君, 李春梅, 等. 不同种植密度对红秋葵生长发育的影响[J]. 北方园艺, 2008(3): 34-35.
- [8] 鲍新华. 吉林-长春-四平城市经济带表土环境质量评价与生态地球化学分区[D]. 长春: 吉林大学, 2011.
- [9] 齐华, 梁熠, 赵明, 等. 栽培方式对玉米群体结构的调控效应[J]. 华北农学报, 2010, 25(3): 134-139.
- [10] 王洪君, 王雪, 王楠, 等. 吉林省西部不同行距水稻群体冠层结构及产量的关系[J]. 东北农业科学, 2017, 42(5): 1-5.
- [11] 高晓飞, 谢云, 王晓岚. 冬小麦冠层消光系数日变化的实验研究[J]. 资源科学, 2004, 26(1): 137-140.
- [12] 齐军航, 张晓明, 潘莹. 不同播期对黄秋葵产量及品质的影响[J]. 南方农业, 2017, 35(11): 17-18.
- [13] Wull schleger S D, Oosterhuis D M. Photosynthetic carbon production and use by developing cotton leaves and bolls[J]. Crop Science, 1990, 30: 1259-1264.
- [14] 赵阳佳, 张震东, 南张杰, 等. [J]. 种植密度与施氮量对春玉米产量和品质的影响[J]. 东北农业科学, 2020, 45(1): 17-20, 67.
- [15] 刘丽新, 姚天旭, 张文韬, 等. 基于群体生长及微气象因子对苏打盐碱稻区不同水稻产量层次差异解析[J]. 东北农业科学, 2023, 48(2): 6-12.
- [16] 宋聚红, 王海山, 吴然, 等. 种植密度对黄秋葵生长势、抗病性和产量的影响[J]. 中国瓜菜, 2019, 32(3): 47-49.

(责任编辑: 王 昱)