

密度和行距配置对色素辣椒光合特性及产量的影响

王 静 静, 张 自 坤, 张 洪 勇, 李 华, 李 腾 飞, 贺 洪 军

(德州市农业科学研究院, 山东 德州 253015)

摘 要:以色素辣椒‘0409’为试材,采用裂区试验设计,设置不同种植密度(82 500、67 500、52 500 株·hm⁻²)不同行距配置(70 cm+50 cm、60 cm+60 cm、80 cm+40 cm),研究密度和行距配置对色素辣椒光合特性及产量的影响。结果表明:密度和行距配置均显著影响色素辣椒产量。随着种植密度的增加,叶面积指数和群体干物质积累均增加,而功能叶的光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)和蒸腾速率(Tr)逐渐减小,青果数和落果率增加,单株商品果数减少,但是较高的有效公顷株数足以弥补它的劣势,所以密度为 82 500 株·hm⁻²时产量最高,平均为 7 201.40 kg·hm⁻²;同一密度下不同行距配置时大小行种植比等行距更有利于获得高产,在 3 个密度下 80 cm+40 cm 行距配置的叶面积指数、群体干物质积累、功能叶的 Pn、Gs 和 Tr 以及单株商品果数均高于其它 2 个行距配置,产量为最高。因此,82 500 株·hm⁻²种植密度、80 cm+40 cm 行距配置为色素辣椒最佳栽培方式,群体增产潜力最大。

关键词:密度;行距;色素辣椒;光合特性;产量

中图分类号:S 641.304⁺.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)23-0063-04

辣椒(*Capsicum annuum* L.)属茄科辣椒属植物,在我国已成为仅次于大白菜的第二大蔬菜^[1]。色素辣椒因富含辣椒红素越来越引起人们的关注,现已逐步发展为山东省蔬菜栽培的特色产业。辣椒红素具有营养保健功能,是目前国际上公认的最好的红色素,也是对人体有益的天然植物色素^[2]。色素辣椒的产量是提取辣椒色素的物质基础^[3],近年来,对色素辣椒的研究主要集中在施肥^[3]、病虫害控制^[4-5]及栽培技术^[6-7]等方面,而就如何通过密度和行距配置提高色素辣椒产量的研究尚鲜见报道。因此,该试验设计了不同的密度和行距配置,通过研究色素辣椒叶面积指数、光合速率变化、群体干物质积累规律等特性以期寻找最佳的配置方式,为色素辣椒高产高效栽培模式提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试色素辣椒新品种‘0409’为德州市农业科学研究院选育。

第一作者简介:王静静(1984-),女,硕士,农艺师,研究方向为蔬菜栽培生理。E-mail:wjj19840303@163.com.

责任作者:贺洪军(1962-),男,推广研究员,现主要从事蔬菜育种与栽培等研究工作。E-mail:hhj9666@126.com.

基金项目:山东省现代农业产业技术体系资助项目(SDAIT-04-03);山东省农业重大应用技术创新资助项目。

收稿日期:2016-07-21

1.2 试验方法

试验于 2015 年 5—10 月在山东省德州市农业科学研究院科研试验基地进行。单株定植,设 3 个种植密度,即 82 500(A1)、67 500(A2)、52 500(A3)株·hm⁻²,3 种行距配置(cm+cm)为大小行 70+50、80+40,等行距 60+60。采用裂区设计,主区为密度处理,副区为行距处理,3 次重复。每个小区长 9 m,面积均为 36 m²,两边各 2 行保护行。于 5 月 15 日田间定植,10 月 20 日全部收获。田间管理同当地常规,整个生育期内满足肥水供应。

1.3 项目测定

叶面积指数:各处理选取代表性植株 10 株并挂牌标记,于初花期(6 月 18 日)、盛花期(7 月 19 日)、盛果期(8 月 10 日)、成熟期(10 月 10 日)采用干湿称重法^[8]测定叶面积,计算叶面积指数。干湿称重法:单株叶面积=单株叶总质量/(10 片叶质量/10 片叶面积)。

干物质积累:各处理选取代表性植株 5 株,于初花期(6 月 18 日)、盛花期(7 月 19 日)、盛果期(8 月 10 日)、成熟期(10 月 10 日)按器官分为茎、叶片、果实 3 部分,分别装入纸袋中,置于 105 ℃烘箱杀青 30 min,80 ℃烘干至恒重,测定干物质积累量。

光合速率:于 8 月中旬盛果期,选择晴天 10:00,在田间利用 LI-6400 光合仪(美国 LI-COR 公司生产)测定植株自上向下第 4 片完全展开功能叶的净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、胞间二氧化碳浓度(Ci)和蒸腾速率(Tr),

重复3次。

产量及其构成因素:于成熟期,收获各小区中间4行椒果,选取有代表性植株10株测量株高、茎粗、单株商品果数等,选取代表性果实20个,测定果长、果肩径、单果质量等,自然风干后按14%含水量(GB/T5009.3-2010标准)计算公顷产量。

1.4 数据分析

采用Microsoft Excel 2007软件进行数据处理和作图,运用DPS 7.05软件进行方差分析和多重比较(Duncan新复极差法)。

2 结果与分析

2.1 密度和行距配置对叶面积指数的影响

由图1可知,同一行距配置下群体叶面积指数LAI随种植密度的增加而增大,并且伴随果实的发育,前期增长较慢,盛花至盛果期急剧增长,盛果期达最大值,后期随着叶片衰老开始迅速下降。同一密度下不同行距配置之间也有差异,3种密度下80 cm+40 cm行距的叶面积指数均高于其余2种处理,A1密度下花后80 cm+40 cm行距的叶面积指数平均值比其它处理高16.85%(70 cm+50 cm)、34.67%(60 cm+60 cm),A2密度下比其它处理高10.24%(70 cm+50 cm)、18.75%(60 cm+

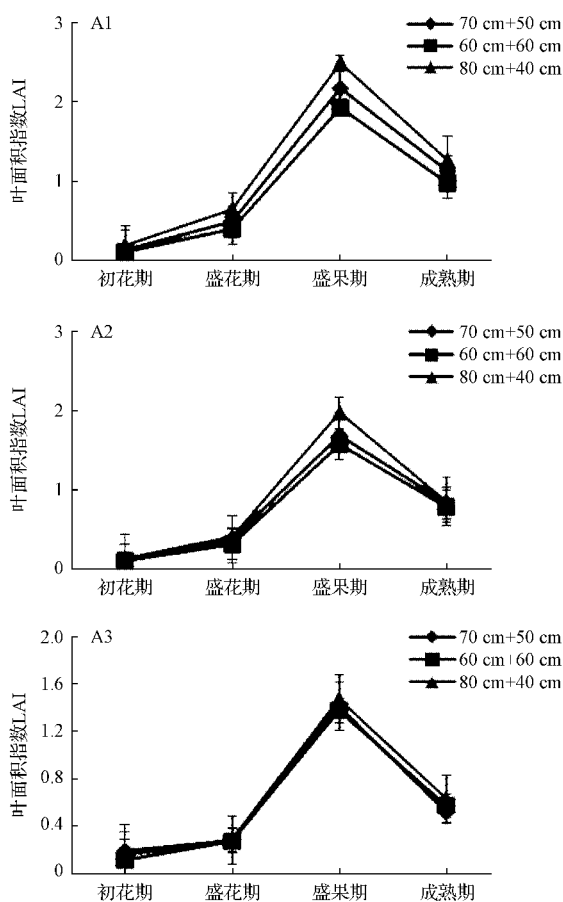


图1 密度和行距配置对色素辣椒叶面积指数的影响

60 cm),而在A3密度下比其它处理仅仅高2.01%(70 cm+50 cm)、1.33%(60 cm+60 cm)。说明高密度条件下,色素辣椒大小行种植比等行距条件下更有利于提高叶面积指数,80 cm+40 cm行距配置为最佳选择。

2.2 密度和行距配置对地上部群体干物质积累的影响

由图2可以看出,色素辣椒地上部群体干物质积累量在整个生育进程中均表现为先快后慢的增长趋势,且伴随种植密度的增加干物质积累量亦增加。不同密度下群体干物质积累量分别为 30.83×10^3 (A1)、 28.52×10^3 (A2)、 25.27×10^3 (A3) $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,比初花期分别增加了 26.29×10^3 (A1)、 22.87×10^3 (A2)、 20.31×10^3 (A3) $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,由此可见,A1密度更有利于花后辣椒群体干物质的积累。

不同行距配置的群体干物质积累也有所不同。A3密度下,3种行距配置差异不明显。A1、A2密度下,80 cm+40 cm配置的干物质积累均高于其余2种。A2密度下,成熟期80 cm+40 cm配置的干物质积累量比其它处理高 0.41×10^3 (70 cm+50 cm)、 0.79×10^3 (60 cm+60 cm) $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;A1密度下,成熟期干物质积累量比其它处理高 0.94×10^3 (70 cm+50 cm)、 1.68×10^3 (60 cm+60 cm) $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,增幅最大。所以,随密度增加80 cm+40 cm行距配置更有利于群体干物质的积累。

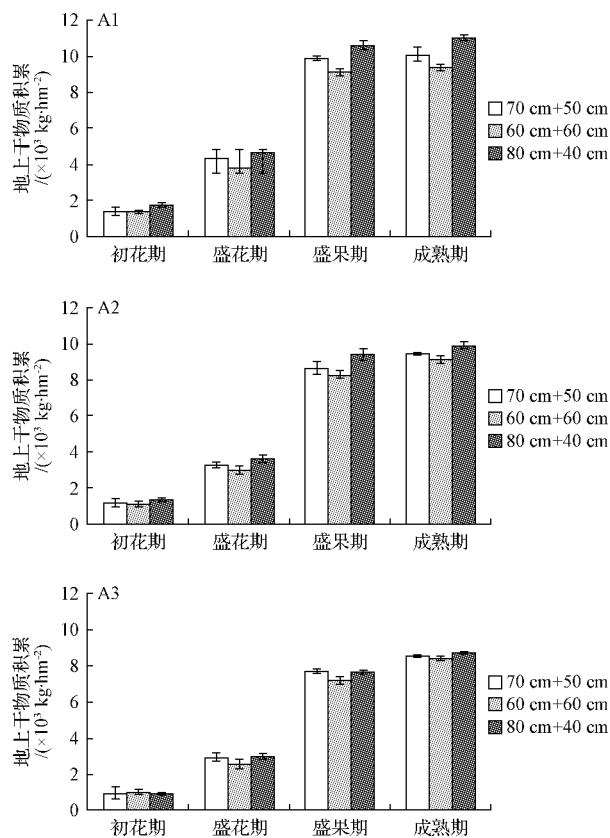


图2 密度和行距配置对地上干物质积累的影响

2.3 密度和行距配置对光合参数的影响

光合作用是作物产量形成的基础。图3结果表明,随种植密度的增加辣椒功能叶的光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)和蒸腾速率(Tr)逐渐减小,变化趋势基本一致。A3密度下辣椒功能叶的Pn、Gs和Tr均为最高值,与A3相比,A1、A2的Pn分别降低了23.32%、8.77%,Tr分别降低了21.20%、34.08%,Gs分别降低了30.51%、48.30%。而Ci变化较平缓,各密度间没有明显差异。说明密度对辣椒的Pn、Gs和Tr 3个光合参数影响较大。

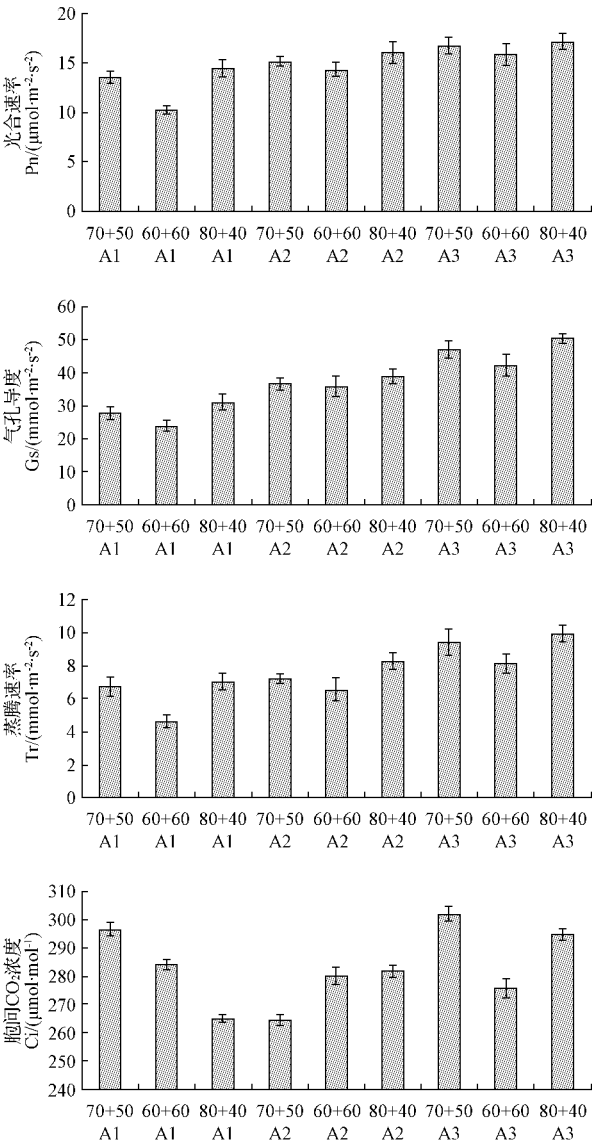


图3 密度和行距配置对色素辣椒光合参数日变化的影响

不同行距配置的叶片光合指标变化也有差异。3种密度下,不同行距配置的Pn、Gs和Tr均为80 cm+40 cm>70 cm+50 cm>60 cm+60 cm,且3个光合指标在A1密度下不同行距配置间的差异性远大于A3。由此说明高密度条件下,行距配置80 cm+40 cm更能增加

群体内部通透性,提高光合效率,有利于增产。不同行距配置下Ci变化幅度较小,并且没有规律性。

2.4 密度和行距配置对植株性状的影响

由表1可知,随种植密度的增加,株高逐渐增加,茎粗逐渐减小。A1密度下80 cm+40 cm配置的株高与60 cm+60 cm达显著性差异,A2、A3密度下差异不明显。A2密度下,80 cm+40 cm配置的茎粗与60 cm+60 cm达显著性差异,A1、A3密度下无明显差异。

不同密度和行距配置下辣椒商品果、青果数量以及落果率也有差异。随密度的增加,商品果数减少,青果数增加,落果率增加。但是同一密度下不同行株距配置之间80 cm+40 cm的商品果数最多、青果数最少、落果最少,而60 cm+60 cm的商品果数最少、青果数最多、落果最多。究其原因,密度的不断加大,群体内营养竞争激烈,光合能力减弱,导致果实营养运输不足,青果数增加,加之高密度下群体内通风透光条件差,所以落果率较高。同一密度下,大小行种植能够有效改善群体生长环境,该试验中80 cm+40 cm行距配置最有利于增加商品果数,进而提高产量。

表1 密度和行距配置对植株性状的影响

密度	处理/(cm+cm)	株高/cm	茎粗/cm	商品果数/个	青果数/个	落果率/%
A1	70+50	92.36ab	1.31a	25.32	4.83	4.77
	60+60	96.28a	1.24a	20.16	7.54	9.84
	80+40	87.30b	1.38a	29.25	3.27	3.83
A2	70+50	86.09a	1.46ab	29.15	2.84	2.12
	60+60	88.06a	1.38b	25.83	4.11	3.11
	80+40	84.35a	1.51a	30.62	2.32	1.03
A3	70+50	82.33a	1.63a	31.36	1.01	0.87
	60+60	83.67a	1.55a	30.08	1.07	1.02
	80+40	81.48a	1.74a	32.25	0.83	0.58

注:同列中不同字母表示处理间在0.05水平有显著差异。下同。

2.5 密度和行距配置对产量及产量性状的影响

不同密度和行距配置对辣椒产量的影响见表2。方差分析表明,不同密度间、不同行距配置间均存在显著性差异,说明种植密度和行距配置均能明显影响辣椒的产量。密度与行距的互作效应不显著。

表2 产量方差分析与多重比较

变异来源	平方和	自由度	均方	F值	P值
区组	5 576 150	2	2 788 075		
密度	9 074 400	2	4 537 200	26.253	0.005 0
误差	691 300	4	172 825		
行距	6 169 650	2	3 084 825	16.041	0.000 4
密度×行距	1 579 800	4	394 950	2.054	0.150 5
误差	2 307 750	12	192 312.5		
总和	25 399 050	26			

表3不同密度不同行距配置间多重比较分析表明,A1密度下产量最高,A2次之,A1、A2均与A3达显著性差异。与A3相比,A1、A2分别增产23.68%、16.82%,说明适当增加种植密度有利于获得高产。由不同行距配置间的多重比较结果可以看出,不同行距配置间的产

量均达显著性差异,80 cm+40 cm 行距配置的产量最高,为 7 184.85 kg·hm⁻²。

从表 4 可以看出,随种植密度的增加,果长、果肩径、单株果质量、单果质量等产量性状均呈减少趋势,而产量不断增加。A2 密度下,80 cm+40 cm 配置的果长、单株果质量均与 60 cm+60 cm 差异显著;A3 密度下,80 cm+40 cm 配置的单株果质量与 60 cm+60 cm 差异显著;果肩径、单果质量在不同密度和行距配置下差异均不明显。A1 密度下,不同行距配置间显著性差异;A2 密度下,80 cm+40 cm 配置的产量与 60 cm+60 cm

表 3 密度与行距配置间多重比较分析

主处理间多重比较			副处理间多重比较		
处理	均值	5%显著水平	处理/(cm+cm)	均值	5%显著水平
A1	7 201.40	a	80+40	7 184.85	a
A2	6 801.75	a	70+50	6 632.80	b
A3	5 822.60	b	60+60	6 008.10	c

表 4 密度与行距配置对产量及性状的影响

密度	处理 /(cm+cm)	产量 /(kg·hm ⁻²)	果长 /cm	果肩径 /cm	单株果质量 /g	单果质量 /g
A1	70+50	7 297.8b	7.54a	2.61a	89.42b	3.22a
	60+60	6 169.05c	6.82a	2.46a	72.38c	3.08a
	80+40	8 137.35a	7.84a	2.74a	101.25a	3.35a
A2	70+50	6 788.25ab	7.98ab	2.75a	99.73ab	3.56a
	60+60	6 316.95b	7.45b	2.64a	94.21b	3.42a
	80+40	7 300.05a	8.37a	2.96a	106.34a	3.73a
A3	70+50	5 812.35a	8.11a	3.07a	108.86ab	3.61a
	60+60	5 538.3a	7.94a	2.97a	102.38b	3.47a
	80+40	6 117.15a	8.57a	3.18a	113.12a	3.82a

差异明显;A3 密度下,各行距配置下产量差异不明显。说明高密度条件下,80 cm+40 cm 行距配置更有利于增产。

3 结论

色素辣椒在 3 种植密度(82 500、67 500、52 500 株·hm⁻²)不同行距配置(70 cm+50 cm、60 cm+60 cm、80 cm+40 cm)试验中,82 500 株·hm⁻²密度下 80 cm+40 cm 行距配置时,能够合理调整群体结构,叶面积指数最高,干物质积累最多,产量最高。在山东省及周边地区色素辣椒实际生产中,建议以 82 500 株·hm⁻²种植密度、80 cm+40 cm 行距配置方式进行推广应用,有利于群体获得高产。

(该文作者还有王磊、常培培,单位同第一作者。)

参考文献

- [1] 马艳青.我国辣椒产业形势分析[J].辣椒杂志,2011(1):1-5.
- [2] 姚祖凤,姜洪杰,张世文.关于辣椒红色素的研究[J].吉首大学学报(自然科学版),2000,21(2):48-52.
- [3] 李莉萍,王军,段泽敏.有机肥、无机肥与微肥配施对色素辣椒生长发育及产量的影响[J].热带作物学报,2009,30(11):1602-1606.
- [4] 王映山,曹建华,李少武.色素辣椒病虫害绿色防控技术[J].新疆农垦科技,2011(5):27.
- [5] 殷学云,张国森,赵文怀,等.色素辣椒疫病发生规律与综合防治[J].蔬菜,2011(4):28-29.
- [6] 张世辉.焉耆盆地色素辣椒优质丰产栽培技术[J].北方园艺,2012(14):51-52.
- [7] 张梅秀,张肖凌,魏玉杰,等.色素辣椒引种及栽培技术研究[J].现代农业科学,2008,15(10):9-13.
- [8] 王俊强,腾云飞,马宝新,等.玉米/辣椒间作群体对光能利用的研究[J].中国农学通报,2010,26(13):109-113.

Effects of Density and Row Spacing on Photosynthetic Characteristics and Yield of Pigment Peppers

WANG Jingjing, ZHANG Zikun, ZHANG Hongyong, LI Hua, LI Tengfei, HE Hongjun, WANG Lei, CHANG Peipei
(Dezhou Academy of Agriculture Science, Dezhou, Shandong 253015)

Abstract: To study effects of density and row spacing on photosynthetic characteristics and yield of pigment peppers, the cultivar '0409' was used as test material that planted under different densities (82 500, 67 500, 52 500 plants·hm⁻²) and row spacing configurations (70 cm+50 cm, 60 cm+60 cm, 80 cm+40 cm) using split test design. The results showed that densities and row spacing configurations had significant effects on yield of pigment peppers. With planting densities increasing, the leaf area index and group dry matter accumulation increased, the photosynthetic rate (Pn), stomatal conductance (Gs) and transpiration rate (Tr) of functional leaves decreased gradually, the number of green fruit and the rate of fruit dropping increased, while the number of fruit per plant decreased. Higher effective number of hectares made up its disadvantages enough, so the highest yield was 7 201.40 kg·hm⁻² on average under 82 500 plants per hectare. Under the same density, wide—narrow row planting in different row spacing was more conducive to high yield than equal row spacing. The leaf area index, dry matter accumulation, Pn, Gs and Tr of functional leaves and the number of fruit per plant were higher than the other two row spacing under 80 cm+40 cm in three densities. Therefore, the best cultivation method of pigment pepper was 80 cm+40 cm row spacing under 82 500 plants·hm⁻², which made group yield potential largest.

Keywords: density; row spacing; pigment peppers; photosynthetic characteristics; yield