

种植密度对“蜀彩花1号”多彩花生发育性状及产量的影响

李爽 侯睿 张小军 张小红 刘行 岳福良
李文均 谢德华 李瑛 张相琼*

(四川省农业科学院 经济作物育种栽培研究所,成都 610300)

摘要 为研究在川西平原种植密度对“蜀彩花1号”多彩花生茎秆性状、生殖生长、产量及其构成因素的影响。以白底黑纹多彩花生“蜀彩花1号”为试验材料,设置4.5万,6.0万,7.5万,9.0万和10.5万穴/hm²共5个梯度密度的试验处理,结果表明:随着种植密度的提高,花生主茎长度和侧枝长度显著增加,主茎直径、茎粗系数、单株果实数、单株鲜果重、下针数、经济系数、百果重、百仁重和单株产量显著下降。群体产量呈先升高,后降低的变化趋势,在6.0万穴/hm²处群体产量达到最大值,与4.5万穴/hm²相比,6.0万穴/hm²群体产量显著提高14.64%。相关性分析显示,“蜀彩花1号”多彩花生的种植密度除与主茎长度呈正相关外,与其他茎秆性状、产量的主要指标均呈负相关,进一步证明结果可靠性。综上所述,种植密度是影响“蜀彩花1号”多彩花生茎秆性状、生殖生长和产量的重要因素之一,适当的种植密度可显著增加彩色花生的群体产量、经济系数,最终提高其产量和经济效益。

关键词 蜀彩花1号;多彩花生;种植密度;茎秆性状;生殖生长;产量;川西平原

中图分类号 S565.2 **文章编号** 1007-4333(2018)12-0031-08 **文献标志码** A

Effect of planting density on the development characters and yield of Shucaihua 1 colored peanut in Western Sichuan Plain

LI Shuang, HOU Rui, ZHANG Xiaojun, ZHANG Xiaohong,

LIU xing, YUE Fuliang, LI Wenjun, XIE Dehua, LI Ying, ZHANG Xiangqiong*

(Industrial Crops Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610300, China)

Abstract To study the effects of planting density on the stem characters, reproductive growth, yield and components of Shucaihua 1 colored peanut in Western Sichuan Plain, a field plot experiment of five planting density treatments (4.5×10^4 , 6.0×10^4 , 7.5×10^4 , 9.0×10^4 and 10.5×10^4 hole/hm²) was conducted. The results showed that: With the increase of planting density, the main stem length and lateral branch length increased significantly. The stem diameter, stem diameter coefficient, pod number, pod weight, needle number, economic coefficient, 100-pod weight, 100-seed weight and yield decreased significantly. The group yield increased first and then decreased. At the group yield of planting density 6.0×10^4 hole/hm² reached the maximum, compared with that of plant density 4.5×10^4 hole/hm², increased by 14.64%. Correlation analysis showed that the planting density of Shucaihua 1 colored peanut was positively correlated with the main stem length and negatively correlated with other main indicators of stem traits and yield. It was concluded that the planting density was one of the most important factors influence the characteristics, reproductive growth and yield of colored peanut. Appropriate planting density could significantly increase the group yield and economic coefficient of colored peanut, and finally improve its yield and economic benefit.

Keywords Shucaihua 1; colored peanuts; planting density; stem traits; reproductive growth; Yield; Sichuan Western Plain

收稿日期: 2017-12-20

基金项目: 四川省财政创新能力提升工程(2016ZYPZ-006);四川省农作物育种攻关(2016NYZ0031)资助

第一作者: 李爽,硕士研究生,E-mail: lishuang19900102@126.com

通讯作者: 张相琼,研究员,主要从事作物遗传育种及栽培生理等方面研究,E-mail: zxqjx@163.com

种植密度是花生种植过程的重要影响因素之一。已有研究表明,在一定密度范围内,随着花生种植密度的升高,其主茎高度和侧枝长度会随之增长^[1]。同时,随着种植密度升高,花生的百果重和百仁重有略微下降,而单株饱果重和饱果数会随之下降,秕果数会随之增多^[1-3]。花生的单株产量、群体产量等受到花生种植密度的显著影响,随着种植密度的改变差异巨大^[1-2, 4-5]。在适宜范围内,花生的产量随着花生种植密度的增加而增加,但超过最适种植密度后,叶片光合作用、生长发育空间和肥力供给等多个方面受到影响,花生的产量反而会随着种植密度的增加而降低,用种量仍持续增加,导致经济效益明显下降^[5-10]。不同花生品种的最适种植密度差异很大,这与品种特性、土壤地域条件和气候条件等都有密切的关系。

彩色花生由花生种皮颜色变异产生,因其奇特的外观、优良的品质而备受消费者喜爱,是花生研究的热点领域。近些年彩色花生在全国各地加速发展,川西平原地区是大规模彩色花生生产区域之一,但在栽培技术上仍存在一定问题,亟待解决。已有相关研究报道对彩色花生的营养品质^[11]、栽培生理^[12-13]、品种差异^[14-15]和色素沉积^[16-19]等多方面展开研究,也包括遗传特性、分子标记和分子机理^[15, 18-22]等方面的探究,但还远远不够,其栽培生理及分子机理的研究还需进一步深入。近些年来,

比单一种皮色彩变异更加奇特的多彩花生成为花生发展的新热点,其种皮上存在几种颜色间杂,色泽艳丽,具有良好的视觉性。由四川省农科院经作所通过系统选育获得的“蜀彩花1号”是川西平原地区种植最为广泛的多彩花生品种,种皮颜色黑白相间,植株生长特别旺盛,茎叶粗壮,果荚硬厚,抗逆性很好,但是若按照普通花生品种方法种植产量很低,其栽培生理方面的研究尚未见报道,为此,我们在川西平原针对“蜀彩花1号”多彩花生进行系统栽培生理研究,设置大幅度减低密度梯度试验,对其茎秆性状、生殖生长、产量及其构成因素进行科学化分析,并对它们之间的相关性进行探索,旨在为川西平原地区彩色花生的科学化高产栽培奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设于四川省成都市青白江区农科院专家大院种植基地(30.89 N', 104.29 E')花生科研试验田(平原旱地)中,属于亚热带湿润季风气候,年平均降水量为925.4 mm,年平均气温14.9~16.7℃,全年无霜期273~279 d,年平均日照1239.1 h,2017年青白江气候数据见图1。试验土壤耕层基本理化性质:黑壤土,全氮1.83 g/kg,碱解氮68.4 mg/kg,速效磷31.7 mg/kg,速效钾91.7 mg/kg,有机质含量2.54%,前茬作物为四川冬季大头菜(芥菜)。

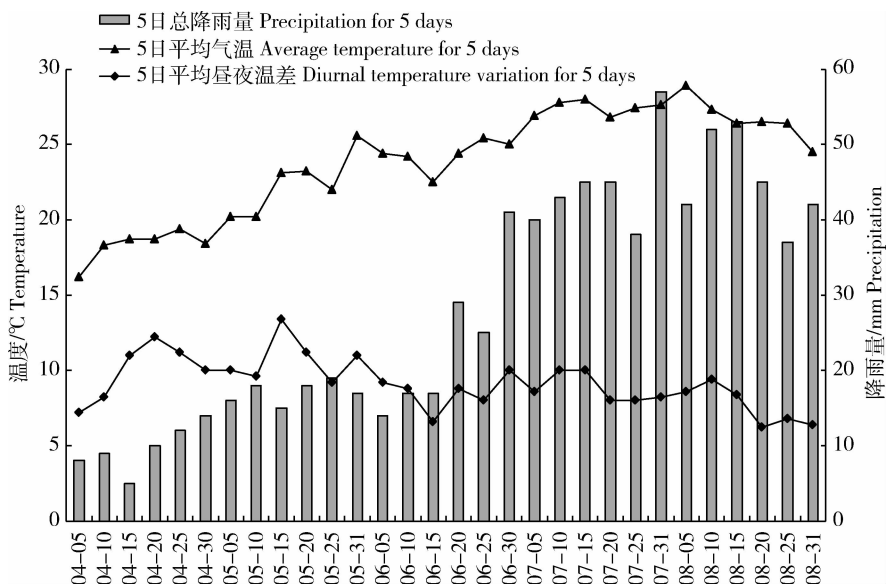


图1 2017年青白江试验区彩色花生生长时期(4—8月)的降雨量、平均温度和昼夜温差

Fig. 1 Precipitation, average temperature and average temperature difference between day and night in every 5 days from April to August during the growth season of peanut of 2017 in Qingbaijiang test area

1.2 试验设计

以四川省农业科学院经济作物育种栽培研究所选育的白底黑纹多彩花生“蜀彩花 1 号”为试验材料，“蜀彩花 1 号”为直立龙生型花生，种子包衣剂包埋，覆盖地膜，起垄栽培。试验采用单因素随机区组设计，1.85 m 开厢，厢长 7 m，厢距 0.6 m，一厢 4 行，行距 0.4 m，小区净面积 13 m²，共 3 次重复 15 小区。设 5 个密度梯度：4.5 万，6.0 万，7.5 万，9.0 万和 10.5 万穴/hm²，2 粒/穴。播种前基施有机肥 104 kg/hm²，氮 (N) 90 kg/hm²，磷 (P₂O₅) 120 kg/hm²，钾 (K₂O) 150 kg/hm² 和缓控释氮肥 90 kg/hm²。2017 年 4 月 2 日播种，8 月 31 日收获，栽培管理方法按黑白多彩花生高产栽培进行。

1.3 测定指标及测定方法

1.3.1 茎秆性状

于采收前 3 d 在每个小区中选取具有小区代表性的 12 株花生植株，测量主茎长度、侧枝长度和分枝数，自读式游标卡尺测量主茎直径并计算茎粗系数。茎粗系数 = 茎粗/株高 × 100%。

1.3.2 有效针率及经济系数

于采收当天在每个小区中选取具有小区代表性的 12 株花生植株，洗净后吸水晾干，测量总鲜重、单株果实数、单株鲜果重、总下针数、饱果数和秕果数，并计算有效针率和经济系数，有效针比率 = 饱果数/总下针数 × 100%，经济系数 = 单株鲜果重/总鲜重 × 100%。

1.3.3 产量性状

于晒干后 3 d 对具有小区代表性的 12 株花生植株进行产量考种，测量单株产量。花生分小区采收，晒干后 3 d 进行实收测产并计算群体产量，采用混合取样法选取 3 个样本在晒干后 3 d 进行室内考种，测量百果重和百仁重，并计算饱果率和出仁率。饱果率 = 饱果数/总果数 × 100%；出仁率 = 百果仁重/百果重 × 100%。

1.3.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2007 进行数据统计及处理，DPS 7.5 软件进行标准差及显著性差异分析，采用 Microsoft Excel 2007 及 Graph Pad Prism 5.0 软件绘制图表。

2 结果与分析

2.1 种植密度对花生茎秆性状的影响

由表 1 可知，随着“蜀彩花 1 号”多彩花生种植密度的升高，其主茎长度、侧枝长度也都逐渐增长，而主茎直径、茎粗系数则随着密度升高逐渐减小，密度变化对主茎长度、侧枝长度、主茎直径和茎粗系数均有显著性影响 ($P < 0.05$)，而对分枝数没有显著性影响。10.5 万穴/hm² 的主茎长度及侧枝长度分别比 4.5 万穴/hm² 增加 63.34% 和 50.21%，而 10.5 万穴/hm² 的主茎直径及茎粗系数分别比 4.5 万穴/hm² 降低 27.45% 和 57.58%。由此可知，随着种植密度升高，植株的茎秆变得更长的同时也变得更纤细。

表 1 采收前 3 d 不同种植密度下花生的茎秆性状

Table 1 Stem traits of peanut under different planting densities 3 days before picking

种植密度/ (万穴/hm ²) Plant density	主茎长度/cm Main stemlength	侧枝长度/cm Lateral branch length	主茎直径/mm Main stem diameter	分枝数 Branch number	茎粗系数/% Stem diameter coefficient
4.50	74.02 ± 3.87 a	87.45 ± 4.91 a	7.25 ± 0.64 a	6.66 ± 0.40 a	0.99 ± 0.13 a
6.00	81.21 ± 4.12 b	93.37 ± 2.61 b	7.53 ± 1.04 a	6.32 ± 0.37 a	0.99 ± 0.22 a
7.50	96.11 ± 5.83 c	107.02 ± 7.85 c	6.27 ± 0.56 ab	6.50 ± 0.46 a	0.68 ± 0.15 b
9.00	110.26 ± 4.95 d	118.77 ± 6.19 d	5.18 ± 0.59 b	6.41 ± 0.61 a	0.47 ± 0.07 bc
10.50	120.96 ± 4.43 d	131.36 ± 4.97 d	5.26 ± 0.40 b	6.55 ± 0.69 a	0.42 ± 0.04 c

注：不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。茎粗系数 = 茎粗/株高 × 100%。

Note: Different lowercase letters indicate significant differences at 5% level. Stem diameter coefficient = Stem diameter / Plant height × 100%.

2.2 种植密度对花生生殖生长的影响

2.2.1 种植密度对花生经济系数的影响

由表2可知,随着种植密度的升高,“蜀彩花1号”多彩花生的单株果实数、鲜果重均有显著性下降($P < 0.05$),而总鲜重没有显著性变化。10.5万穴/hm²

的单株果实数及单株鲜果重分别比4.5万穴/hm²下降50.02%和52.27%。经济系数下降明显,10.5万穴/hm²比4.5万穴/hm²的经济系数降低了50.73%,呈显著性下降趋势,说明种植密度过高不利于“蜀彩花1号”多彩花生的经济化种植。

表2 采收当天不同种植密度下花生的经济系数分析

Table 2 The economic coefficient analysis of peanut in different planting densities on the day of picking

种植密度/(万穴/hm ²) Plant density	单株果实数 Pod number	单株鲜果重/g Pod weight	总鲜重/g Total fresh weight	经济系数 Economic coefficient
4.50	23.83±4.36 a	63.08±11.02 a	373.70±74.35 a	17.11±2.35 a
6.00	23.17±4.26 a	60.67±9.58 a	350.83±82.59 a	17.64±2.14 a
7.50	17.00±3.22 b	44.04±9.66 b	347.77±41.67 a	12.59±1.79 b
9.00	15.17±2.48 bc	35.16±7.24 bc	321.47±69.09 a	11.17±2.15 bc
10.50	10.83±2.14 c	29.12±6.70 c	344.88±61.65 a	8.43±1.20 c

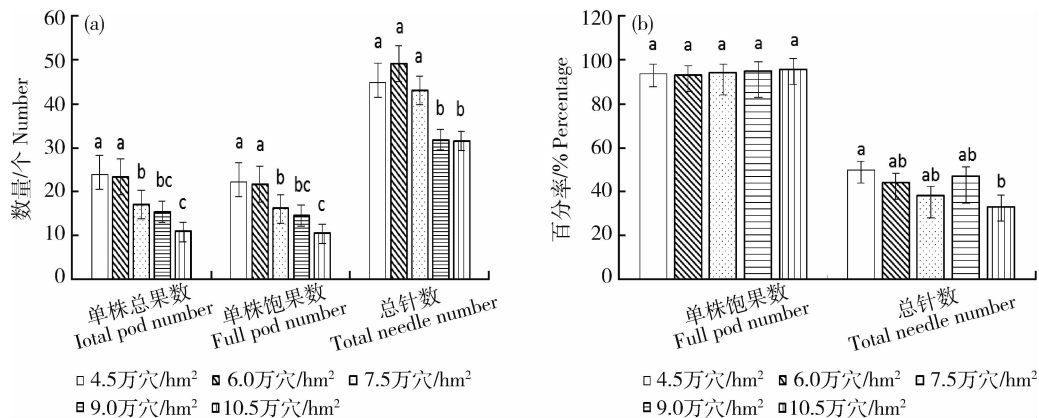
注:不同小写字母表示在0.05水平差异显著。经济系数=单株鲜果重/总鲜重×100%。

Note: Different lowercase letters indicate significant differences at 5% level. Ratio of reproductive growth = Pod weight / Total fresh weight × 100%.

2.2.2 种植密度对花生下针及结果的影响

由图2(a)可知,随着种植密度的升高,彩色花生的单株果实数、饱果数和总针数均有显著性下降($P < 0.05$),说明随着种植密度的升高,彩色花生单株结果数在不断减少,下针数也在不断减少,

生殖生长受到显著影响。由图2(b)可知,虽然彩色花生的单株结果数随着密度增加而不断减少,但是其饱果率却没有明显变化,与此同时,彩色花生的有效针率随着密度的增加而不断降低,呈显著性差异。



(a)不同密度彩色花生总果数、饱果数与总针数变化关系;(b)不同密度彩色花生饱果率、有效针率变化关系

(a) The total pod numbers, full fruit numbers and total needles numbers of colored peanuts with different densities;

(b) The full fruit ratio and effective needle ratio of colored peanuts with different densities

图2 不同密度下彩色花生下针与结果的关系

Fig. 2 The contact of needle and pod of colored peanuts in different densities

2.3 种植密度对花生产量及其构成因素的影响

2.3.1 产量构成因素

由表3可知,“蜀彩花1号”多彩花生的百果重、

百仁重及晒干后的单株产量都随着种植密度增加而减少,而随着种植密度增加,群体产量先增长后下降,在6.0万穴/hm²的种植密度产量最高,饱果率与出仁

率没有显著性变化($P < 0.05$)。其中 10.5 万穴/hm² 的百果重和百仁重分别比 4.5 万穴/hm² 下降 8.41% 和

11.08%，存在显著性差异，10.5 万穴/hm² 的单株产量比 4.5 万穴/hm² 下降 52.08%，差异显著。

表 3 晒干后 3 d 不同密度下彩色花生产量及产量构成因素

Table 3 The yield and yield components of colored peanut in different densities at 3 days after drying

种植密度/ (万穴/hm ²) Plant density	百果重/g 100-pod weight	百仁重/g 100-seed weight	出仁率/% 100-seed weight	群体产量/ (kg/hm ²) 100-seed weight	单株产量/kg 100-seed weight
4.50	209.60±5.99 a	54.10±2.74 a	63.65±2.14 a	3595.88±77.23 b	39.13±6.15 a
6.00	203.58±6.10 ab	53.78±2.30 a	64.77±2.09 a	4122.16±45.49 a	38.13±6.21 a
7.50	197.73±9.16 ab	52.23±2.94 ab	64.39±2.13 a	4040.17±48.46 a	25.29±4.71 b
9.00	200.13±5.31 b	50.63±2.53 ab	64.62±1.25 a	3726.12±33.06 b	21.69±4.85 b
10.50	191.98±5.93 b	48.11±1.89 b	64.65±2.06 a	3577.32±42.49 b	16.69±5.14 b

注：不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著，出仁率=百果仁重/百果重×100%。

Note: Different lowercase letters indicate significant differences at 5% level. Kernel rate=100-pod-seed weight / 100-pod weight×100%.

2.3.2 产量变化趋势

对单株产量及群体产量的变化趋势进行分析，如图 3，单株产量在试验区间内随着密度增加而下降，降低幅度在 6.0 万~7.5 万穴/hm² 最为显著，之后降幅减缓。而群体产量在试验区间内先显著上升，在 6.0 万穴/hm² 之后达到峰值，然后开始降低，在 7.5 万~9.0 万穴/hm² 下降最为加剧。

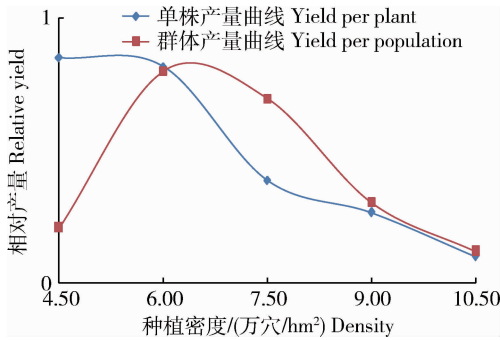


图 3 不同密度下彩色花生的产量趋势

Fig. 3 Yield trend of colored peanut in different densities

由此推测，随着种植密度的升高，虽然单株生产力在逐渐降低，但 4.5 万~6.0 万穴/hm² 的种植密度可以弥补单株生产力降低对群体产量的影响。因此，群体产量上升。而 6.0 万~10.5 万穴/hm² 的种植密度不足以弥补单株生产力下降对群体产量的影响，群体产量下降，该试验的最佳种植密度略高于 6.0 万穴/hm²，与 4.5 万穴/hm² 的种植密度相比，平均群体产量增加 14.64%。

2.4 彩色花生种植密度、茎秆性状、产量及生殖生长的相关性分析

由表 4 的相关性分析可知，“蜀彩花 1 号”多彩花生的种植密度与茎秆性状、产量及生殖生长均呈显著性相关($P < 0.05$)或极显著性相关($P < 0.01$)。其中种植密度与主茎长度呈正相关，与主茎粗、茎粗系数、总下针数、单株果实数、经济系数、百果重和单株产量均呈负相关。而彩色花生的单株产量则与主茎粗、茎粗系数、总下针数、单株果实数、经济系数和百果重都呈正相关，与种植密度和主茎长度呈负相关。

表 4 彩色花生种植密度、茎秆性状、产量及生殖生长的相关系数

Table 4 The correlation coefficient of color peanut planting density, stem drying characters, yield and reproductive growth

性状 Trait	性状 Trait									
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
x_1	1.00									
x_2	0.99**	1.00								
x_3	-0.98**	-0.99**	1.00							

表4(续)

性状 Trait	性状 Trait									
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
x_4	-0.99**	-0.99**	1.00**	1.00						
x_5	-0.87*	-0.93**	0.95**	0.93**	1.00					
x_6	-0.98**	-0.99**	0.97**	0.98**	0.89*	1.00				
x_7	-0.72	-0.68	0.59	0.64	0.37	0.74	1.00			
x_8	-0.96**	-0.98**	0.96**	0.98**	0.91*	1.00**	0.70	1.00		
x_9	-0.93**	-0.89*	0.85*	0.88*	0.66	0.93**	0.91*	0.89*	1.00	
x_{10}	-0.97**	-0.97**	0.97**	0.99**	0.89*	0.99**	0.69	0.99**	0.91*	1.00

注: x_1 ,密度; x_2 ,主茎长度; x_3 ,主茎粗; x_4 ,茎粗系数; x_5 ,总下针数; x_6 ,单株结果数; x_7 ,有效针率; x_8 ,经济系数; x_9 ,百果重; x_{10} ,单株产量。*和**分别代表相关性显著($P<0.05$)和极显著($P<0.01$)。

Note: x_1 , Density; x_2 , Stem length; x_3 , Stem diameter; x_4 , Stem diameter coefficient; x_5 , Needle number; x_6 , Pod number; x_7 , Effective ratio of needle; x_8 , Economic coefficient; x_9 , 100-pod weight; x_{10} , Grain yield per plant. * and ** denote significant correlation at ($P<0.05$) and ($P<0.01$) levels, respectively.

3 讨论

多彩花生是近些年在全国各地推广发展的特色花生品种,市场前景广阔,价值凸显。但其与普通花生之间存在较大的种植技术差异,按普通花生栽培技术种植产量低下,严重影响多彩花生栽培推广和发展速度。在特色花生的栽培技术^[12-13]、生理特性和色素沉积^[16-17]等多方面已经有很多研究报道。本试验着力于对川西平原地区“蜀彩花1号”多彩花生的自身特性和种植密度进行研究,为进一步推进彩色花生的快速推广提供理论基础。

3.1 种植密度对“蜀彩花1号”多彩花生茎秆性状的影响

种植密度对花生的茎秆性状有显著的影响。已有研究证实,种植密度显著影响花生的多种农艺性状及相关生长特性,在一定范围内,随着种植密度的增加,花生的主茎高和侧枝长都会增加^[1],而达到一定密度之后,主茎高和侧枝长又会随之降低^[5]。本试验结果与前人研究基本一致,随种植密度增加,个体竞争压力增大,导致土壤营养与光照缺乏,茎秆变得更加细长,茎粗系数降低。相关性分析显示种植密度与“蜀彩花1号”多彩花生茎秆性状之间呈极显著性相关,且 $R^2 \geq 0.90$ 。

3.2 种植密度对“蜀彩花1号”多彩花生生殖生长的影响

本试验证明“蜀彩花1号”多彩花生种植密度过高不利于植株的结果,果实数下降显著,而植株的鲜

重虽然也呈现降低的趋势,却没有达到显著性差异。因此,随着密度增加,花生的单株经济系数出现明显下降。除此之外,试验还发现“蜀彩花1号”多彩花生的种植密度与有效针率之间的相关性并不显著,这可能是因为“蜀彩花1号”多彩花生的下针数量还与种植密度之外的因素有关,有待进一步探究。

3.3 种植密度对“蜀彩花1号”多彩花生产量及其构成因素的影响

种植密度增加会使花生百果重和百仁重有所减小^[3],饱果数降低且秕果数增加^[1-2]。本试验得到相似研究结果,随着密度的上升,无论果实数量还是果实大小都有显著性降低,导致单株产量明显降低,下降幅度呈先慢后快再减慢的趋势。而群体产量呈先上升后下降的趋势,这主要是因为在不同的密度条件下,单株产量的变化与种植密度的变化速率不同所致。可见,密度是影响花生生长发育的重要因素,无论是茎秆性状和下针数量等农艺性状,还是单株产量及群体产量等产量性状,都与种植密度有密切的联系。适当的种植密度对提高群体产量,增加种植效益有重要的作用。

参考文献 References

- [1] 臧秀旺,汤丰收,张俊,刘娟,张忠信,徐静,苗丽娟. 起垄种植不同密度对花生产量及品质的影响[J]. 河南农业科学, 2015, 44(12): 42-44
Zhang X W, Tang F S, Zhang J, Liu J, Zhang Z X, Xu J, Miao L J. Effect of ridge tillage planting density on the yield and

- quality of peanut[J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2015, 44(12): 42-44(in Chinese)
- [2] 曲杰, 高建强, 程亮, 庞建新, 丁红, 张智猛. 种植密度和氮肥水平对花生产量的影响[J]. *花生学报*, 2015, 44(2): 39-43
Qu J, Gao J Q, Cheng L, Pang J X, Ding H, Zhang Z M. The effects of density and nitrogen levels on the peanut yield[J]. *Journal of Peanut Science*, 2015, 44(2): 39-43(in Chinese)
- [3] 王激清, 白宝民, 刘社平. 播期和密度对冀西北彩色花生产量及品质的影响[J]. *河南农业科学*, 2012, 41(12): 56-58
Wang J Q, Bai B M, Liu S P. Effects of sowing date and density on yield and quality of color peanut [J]. *Journal of Henan Agricultural Science*, 2012, 41 (12): 56-58 (in Chinese)
- [4] 梁晓艳, 郭峰, 张佳蕾, 李林, 孟静静, 李新国, 万书波. 不同密度单粒精播对花生养分吸收及分配的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2016, 24(7): 893-901
Liang X Y, Guo F, Zhang J L, Li L, Meng J J, Li X G, Wan S B. Effects of single-seed sowing at different densities on nutrient uptake and distribution in peanut[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2016, 24(7): 893-901(in Chinese)
- [5] 张智猛, 戴良香, 慈敦伟, 杨吉顺, 丁红, 秦斐斐, 穆国俊. 种植密度和播种方式对盐碱地花生生长发育、产量及品质的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2016, 24(10): 1328-1338
Zhang Z M, Dai L X, Ci D W, Yang J S, Ding H, Qin F F, Mu G J. Effects of planting density and sowing method on growth, development, yield and quality of peanut in saline alkali land [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2016, 24 (10): 1328-1338(in Chinese)
- [6] 葛再伟, 杨丽英. 不同种植密度对花生生育及产量的影响[J]. *花生学报*, 2002, 31(3): 33-35
Ge Z W, Yang L Y. Influence of different planting density on growth, development and yield in peanut [J], *Journal of Peanut Science*, 2002, 31(3): 33-35(in Chinese)
- [7] 刘军民, 孙玉, 王书勤, 谢吉先, 季国民. 不同密度·施肥量对泰花9号花生产量及农艺性状的影响[J]. *安徽农业科学*, 2016, 44(18): 26-27
Liu J M, Sun Y, Wang S Q, Xie J X, Ji G M. Effects of different density, fertilization amount on yield and agronomic traits of taihua 9 peanut [J]. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 2016, 44 (18): 26-27(in Chinese)
- [8] 张俊, 王铭伦, 于畅, 王月福, 赵长星. 不同种植密度对花生群体透光率的影响[J]. *山东农业科学*, 2010, 1(10): 52-54
Zhang J, Wang M L, Yu S, Wang Y F, Zhao C X. Effects of planting density on light transmittance of peanut population [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2010, 1 (10): 52-54 (in Chinese)
- [9] 朱冰兵. 不同株距及穴播粒数对花生光合日变化的影响[J]. *分子植物育种*, 2017, 15(12): 4759-4764
Zhu B B, The influence of different plant distance and the number of grain on the photosynthesis day of peanut [J]. *Molecular Plant Breeding*, 2017, 15 (12): 4759-4764 (in Chinese)
- [10] 高飞, 翟志席, 王铭伦. 密度对夏直播花生光合特性及产量的影响[J]. *中国农学通报*, 2011, 27(9): 320-323
Gao F, Zai Z X, Wang M L. Effects of plant density on photosynthetic characteristics and yield in summer-planting peanut [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2011, 27 (9): 320-323(in Chinese).
- [11] 付春, 张小军, 岳福良, 侯睿, 张小红, 李文均, 刘行, 张相琼. 特色花生新品系营养品质解析 [J]. *中国农业大学学报*, 2017, 22(5): 32-38
Fu C, Zhang X J, Yue F L, Hou R, Zhang X H, Li W J, Liu X, Zhang X Q. Nutrition and quality analysis of special new peanut varieties [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2017, 22(5): 32-38(in Chinese)
- [12] 张映信, 宋勇, 刘登望, 王建国, 卢山, 李林. 施肥对彩色花生生长与产量的影响[J]. *作物研究*, 2014, 28(2): 145-148
Zhang Y X, Song Y, Liu D W, Wang J G, Lu S, Li L. Fertilizer supply on growth and yield of colour peanut cultivar [J]. *Crop Research*, 2014, 28(2): 145-148(in Chinese)
- [13] 顾克军, 杨四军, 李博, 黄玉鸾, 张恒敢, 李智猛. 几个特色花生新品种(系)特征特性及其配套栽培技术[J]. *江苏农业科学*, 2006, 1(6): 86-88
Gu K J, Yang S J, Li B, Huang Y L, Zhang H G, Li Z M. The characteristics of new varieties of peanut (series) and their matching cultivation techniques [J]. *Jiangsu Agricultural Science*, 2006, 1(6): 86-88(in Chinese)
- [14] 许博, 顾克军, 杨四军, 张恒敢. 6种鲜食彩色花生品种比较试验[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(26): 12473-12474
Yu B, Gu K J, Yang S J, Zhang H G. Comparative experiment on 6 colorful fresh-eating peanut varieties [J]. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 2009, 37 (26): 12473-12474(in Chinese)
- [15] Cheng J C, Kan L S, Chen J T, Chen L G, Lu H C, Lin S M, Wang S H, Yang K H, Y R. Detection of cyanidin in different-colored peanut testae and identification of peanut cyanidin 3-sambubioside[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2009, 57(19): 8805-8811(in Chinese)
- [16] 孙奇泽, 高波, 刘辰, 孙莲强, 顾学花, 张倩, 崔莎莎, 李向东. 彩色花生种皮色泽变化及色素沉积规律[J]. *花生学报*, 2015, 44(2): 1-6
Sun Q Z, Gao B, Liu C, Sun L Q, Gu X H, Zhang Q, Cui S S, Li X D. Regulation of color formation and pigment deposition in skin development process of colored peanut cultivar[J]. *Journal of Peanut Science*, 2015, 44(2): 1-6(in Chinese)
- [17] 孙奇泽. 彩色花生生理特性、产量品质及种皮色素沉积的差异研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2015.

- Sun Q C. Study on the physiological characteristics of colored peanut, the yield quality and the differentiation of pigmentation[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2015(in Chinese)
- [18] Chukwumah Y, Lloyd T. Walker, Martha V. Peanut skin color: A biomarker for total polyphenolic content and antioxidative capacities of peanut cultivars [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2009, 10(11): 4941-4952
- [19] Ma Y Y, William L, Kerr W L, George A. Cavender, Ruthann B, Swanson, James L. Hargrove, Ronald B. P. Effect of peanut skin incorporation on the color, texture and total phenolics content of peanut butters [J]. *Journal of Food Process Engineering*, 2013, 36(3): 316-328
- [20] Hong Y B, Lin K Y, Zhou G Y, Li S X, Li Y, Liang X Q. Genetic linkage analysis of SSR markers and the gene for dark purple testa color in peanut (*Arachis hypogaea* L) [J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2007, 29(1): 35-38
- [21] Knauff D A, Branch W D, Gorbet D W. Two dominant genes for white testa color in peanut [J]. *Journal of Heredity*, 1991, 82(1):73-76
- [22] Wan L, Li B, Manish K. Pandey, Wu Y S, Lei Y, Yan L Y, Dai X F, Jiang H F, Zhang J C, Wei G, Rajeev K. Varshney, Liao B S. Transcriptome analysis of a new peanut seed coat mutant for the physiological regulatory mechanism involved in seed coat cracking and pigmentation[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2016, 7(10):1-15

责任编辑:吕晓梅