

文章编号:1001—7380(2023)03—0013—05

油用牡丹‘凤丹’不同种植密度试验分析

李 飞¹, 蒋泽平¹, 石超云², 张 敏¹, 王 磊^{1*}

(1. 江苏省林业科学研究院, 江苏 南京 211153; 2. 南京康之源农业科技发展有限公司, 江苏 南京 211300)

摘要:为了研究油用牡丹‘凤丹’不同种植密度对其生长和产量的影响,设置了0.4 m×0.5 m、0.6 m×0.7 m、0.5 m×1 m 3种密度试验,对其形态指标和产量指标进行测定,结果表明在该试验条件下,不同种植密度对油用牡丹的冠幅、株高、当年生枝条数、单株结果数、单株产量和种子百粒质量等指标有显著影响,其中株高与单位面积种植数呈正相关,相关系数为0.565,冠幅、单株结果数、单株产量、种子百粒质量与单位面积种植数呈负相关,相关系数分别为-0.646, -0.630, -0.880, -0.703。栽培密度0.5 m×1 m的综合表现较好,冠幅为77.33 cm,显著高于其他组,单株产量、种子百粒质量、单位面积产量等指标均高于其他2组,分别为99.95 g, 32.48 g, 133.13 kg。该试验对油用牡丹的科学种植及其产业发展提供了理论依据和试验参考。

关键词:油用牡丹; ‘凤丹’; 栽植密度; 形态指标; 产量指标

中图分类号:S565.9; S685.11 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2023.03.003

Analysis on several different density cultivation experiments of oil peony ‘Fengdan’

Li Fei¹, Jiang Zeping¹, Shi Chaoyun², Zhang Min¹, Wang Lei^{1*}

(1. Jiangsu Academy of Forestry, Nanjing 211153, China; 2. Nanjing Kangzhiyuan Agricultural Technology Development Co., Ltd., Nanjing 211300, China)

Abstract: In order to study the effects of different planting densities on the growth and yield of oil peonies, Three different density treatments of 0.4 m×0.5 m, 0.6 m×0.7 m, 0.5 m×1 m were conducted to determine their morphological and yield indicators. The results showed that under the experimental conditions, different planting densities had significant effects on several indicators of oil peony, such as crown width, plant height, number of branches born in the current year, fruit number per plant, yield per plant, and seed weight per 100 seeds. Among them, there was a positive correlation between plant height and the number of plants planted per mu, with a correlation coefficient of 0.565. Crown width, fruit number per plant, yield per plant The 100-seed weight of seeds was negatively correlated with the number of plants planted per mu, with correlation coefficients of -0.646, -0.630, -0.880, and -0.703, respectively. In this test condition, 0.5 m×1 m planting density was the best, with a crown diameter significantly higher than that of the other groups (77.33 cm). The yield per plant, seed weight per 100 seeds, and yield per mu were higher than those of the other two groups (99.95 g, 32.48 g, and 133.13 kg, respectively). This experiment provides an important theoretical basis and experimental reference for the scientific planting and industrial development of oil peonies.

Key words: Oil peony; Planting density; Morphological indicator; Yield indicator

牡丹(*Paeonia suffruticosa*)是芍药科(*Paeoniaceae*)芍药属(*Paeonia*)的落叶小灌木,原产我国,并具

有悠久的栽培历史,被誉为花中之王^[1-3]。其花大、艳丽,具有极佳的观赏性,同时根皮也可入药,具有

收稿日期:2023-02-10;修回日期:2023-03-12

基金项目:江苏省林业科技创新与推广项目“油用牡丹高产栽培关键技术与模式集成推广”(LYKJ[2021]34)

作者简介:李 飞(1987-),男,湖北武汉助理研究员,博士。主要从事林木花卉育种工作。

* 通信作者:王 磊(1980-),男,江苏宜兴人,研究员,博士。主要从事林业科学研究与应用推广工作。

多种用途,深受国民喜爱^[4-5]。牡丹油的不饱和脂肪酸含量在 90%以上,亚麻酸超过 42%是橄榄油的 40 倍,降压、降脂、降胆固醇效果明显,是世界卫生组织推荐的“健康油”“放心油”。油用牡丹由于自身多方面的优质特性以及在政策的推动下,产业迎来了较大的发展^[6-8]。然而,油用牡丹栽培管理较为粗放,栽培技术亟待研究^[9]。在保持单株产量相对恒定的情况下增加油用牡丹的种植密度可以提高单位面积产量,然而过高的种植密度会造成植株之间互相遮挡从而导致单株减产,以至单位面积产量减少,因此在生产中需要平衡种植密度和单株产量的关系,以达到最佳的单位面积产量^[10]。

‘凤丹’是从杨山牡丹长期栽培中形成的油用牡丹品种,具有结籽量大、出油率高的特征,是目前推广较多的木本油料作物^[6]。以往的研究表明,在不同地区的最佳种植密度有所差异^[10-12],杨静萱等在西北地区的研究表明油用牡丹‘凤丹’在当地 0.5 m×0.8 m 的株行距产量达到最大^[11],张梦娇等在洛阳的研究表明,通过间伐的手段减小种植密度达到 22 500 株/hm²时具有最佳的产量^[10],季琳琳在安徽地区的研究则显示,‘凤丹’在 0.5 m×0.6 m 栽培密度下单位面积产量表现最佳^[12]。而油用牡丹栽培密度在江苏地区的研究未见报道,基于科学的种植密度对于油用牡丹产量的重要性,本文对不同种植密度下的‘凤丹’生长状况和产量情况进行试验研究,为油用牡丹在江苏地区的科学种植提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验样地位于南京市高淳区桤溪街道穆家庄村(119.074 8 N;31.399 4 E),地处北亚热带和中亚热带过渡季风气候区,四季分明,降雨充足,年平均气温为 15.9℃左右,年平均降雨量为 1 157 mm 左右,地貌为丘陵地,坡度 10—15°,坡向为东南方向,土质为壤土,土壤类型为黄土。

1.2 试验材料

试验所用的植物材料来源于南京康之源农业科技有限公司提供的在 2016 年秋季播种的 5 年生实生油用牡丹‘凤丹’品种苗木,苗木生长健壮,无病虫害危害,平均株高为 106 cm,平均冠幅为 77 cm。

1.3 试验设计

采取 3 种不同的种植密度进行区组试验,密度

分别为 0.4 m×0.5 m,0.6 m×0.7 m,0.5 m×1 m,每种密度以 30 株为 1 小区,每种密度做小区重复 3 个,按照随机区组进行设计。试验植株于 2021 年秋季进行定植,次年 4 月底进行株高、冠幅、分枝数、当年生枝条长度相关形态指标的测量,8 月籽粒成熟后进行单株结果数、果角数、种子百粒质量和单株产量等相关产量指标的统计,测量时每个密度处理中随机选取 6 个植株进行指标测定,选取样株时避开小区边缘。日常管理按照常规的水肥管理方法进行。

1.4 数据分析

采用 Excel 2016 和 SPSS 22.0 软件进行数据的统计分析,采用单因素方差分析(One-Way ANOVA)进行均值比较,采用 LSD 和 Duncan 法进行多重比较,相关性分析采用 Pearson 双尾检验显著性。

2 结果与分析

2.1 不同种植密度对油用牡丹形态指标的影响

根据表 1 的试验结果显示,不同种植密度下的油用牡丹在株高和冠幅 2 项形态学指标上呈相反的趋势,株高随着种植密度的减小而减小,而冠幅随着种植密度的减小而增加。在 0.4 m×0.5 m 密度下种植的油用牡丹冠幅最小(77.33 cm),并显著小于 0.5 m×1 m 密度下的油用牡丹冠幅(95.33 cm);同时在 0.4 m×0.5 m 密度下的油用牡丹株高最大(106 cm),显著高于 0.6 m×0.7 m 密度下的株高(92.5 cm)和 0.5 m×1 m 密度下的株高(95.33 cm)。

表 1 的试验结果还显示,当年生枝条数随着种植密度的减小而增加,0.4 m×0.5 m,0.6 m×0.7 m,0.5 m×1 m 种植密度下的油用牡丹当年生枝条数分别为 5.17,7.33 和 9.17,其中 0.4 m×0.5 m 和 0.5 m×1 m 密度下的当年生枝数具有显著性差异。而 3 种密度下油用牡丹的当年生枝条长度随着密度的减小而减小,分别为 47.17,40.33,38.33 cm,但 3 种植密度下的结果并无显著性差异。

根据表 2 的方差分析结果显示,不同栽培密度油用牡丹,差异性冠幅>当年生枝条数>株高>当年生枝条长度,其中密度对冠幅的影响最大,其 F 值为 7.443, Sig 值为 0.006,达到极显著水平,而对当年生枝条长度的影响最小,其 F 值为 2.611, Sig 值为 0.106,表现为不显著。

表 1 不同种植密度油用牡丹形态指标统计				
种植密度/(m×m)	冠幅/cm	株高/cm	当年生枝数	当年生枝条长度/cm
0.4×0.5	77.33±7.67 b	106±10.26 a	5.17±1.57 b	47.17±4.63 a
0.6×0.7	86.17±8.55 ab	90.33±13.37 b	7.33±2.69 ab	40.33±8.01 a
0.5×1	95.33±5.59 a	88.5±10.52 b	9.17±1.57 a	38.33±6.13 a

注:不同小写字母表示 $P<0.05$ 的显著性差异

表 2 不同种植密度油用牡丹形态指标的方差分析						
指标	差异来源	平方和	df	平均值平方	F	Sig
冠幅	密度间	972.111	2	486.056	7.443	0.006
	区组间	1 049.667	6	174.944	2.892	0.074
	组内	979.500	15	63.300		
株高	密度间	1 110.111	2	555.056	3.515	0.056
	区组间	1 464.333	6	244.056	2.428	0.112
	组内	2 368.833	15	157.922		
当年生枝数	密度间	48.111	2	24.056	4.943	0.022
	区组间	53.000	6	8.833	3.975	0.032
	组内	73.000	15	4.867		
当年生枝条长度	密度间	257.444	2	128.722	2.611	0.106
	区组间	575.000	6	95.833	5.243	0.014
	组内	739.500	15	49.300		

2.2 不同种植密度对油用牡丹产量指标的影响

不同种植密度对油用牡丹产量指标的影响结果如表 3 所示,随着种植的密度减小单株产量增加,且具有显著差异,其中 0.5 m×1 m 密度下的单株产量最高(39.75 g),同时单位面积最高产量为 1 996.97 kg/hm²,但单位面积产量与另外 2 组密度的油用牡丹的差异并不显著。在种子百粒质量这项指标上,0.6 m×0.7 m 与 0.5 m×1 m 密度下的油用牡丹没有显著差异,分别为 29.32,32.48 g,均显著高于 0.4 m×0.5 m 密度下的油用牡丹(23.29 g)。

在单株结果数和果实形态方面,不同密度下的油用牡丹单株结果数具有显著差异,其中 0.5 m×

1 m 密度具有最高单株果数(9.33)显著高于 0.4 m×0.5 m 密度下的单株结果数(5.33),与 0.6 m×0.7 m 密度下的单株结果数(7.5)没有显著差异。不同密度下的果角数没有显著差异,分别为 4.89,4.83 和 4.94。

根据表 4 不同产量指标的方差分析结果显示,不同密度对油用牡丹产量指标影响的强弱分别为单株产量>种子百粒重>单株结果数>单位面积产量>果角数,其中对单株产量的影响最大,F 值为 41.119,Sig 值小于 0.01,达到极显著水平,而对果角数的影响最小,F 值为 0.045,Sig 值为 0.956,表现为不显著。

表 3 不同种植密度油用牡丹产量指标统计					
种植密度/(m×m)	单株结果数	果角数	单株产量/g	种子百粒质量/g	单位面积产量/(kg/hm ²)
0.4×0.5	5.33±2.05 b	4.89±0.42 a	39.75±9.86 c	23.29±2.52b	1 967.46±487.84 a
0.6×0.7	7.5±1.61 ab	4.83±0.57 a	75.59±12.36 b	29.32±3.53a	1 900.38±293.82 a
0.5×1	9.33±1.7 a	4.94±0.73 a	99.95±9.2 a	32.48±4.61a	1 996.97±183.86 a

2.3 不同指标的相关性分析

根据表 5 的结果所示,与种植密度具有显著相关性的指标有:冠幅、株高、当年生枝条数、单株结果数、单株产量和种子百粒质量,其中种植密度与株高正相关,相关系数为 0.565,与其他几项指标均为负相关。种植密度与冠幅、单株结果数、单株产

量、种子百粒质量的相关性还表现出极显著,显著度分别为:0.004,0.005,0.001,0.001,相关系数分别为:-0.646,-0.630,-0.880,-0.703,说明种植密度的增大会导致株高的增加和冠幅、单株结果数、单株产量、种子百粒质量及每株结果数等指标的下降。

表 4 不同种植密度油用牡丹产量指标的方差分析

产量指标	差异来源	平方和	df	平均值平方	F	Sig
单株产量	密度间	11 004. 627	2	5 502. 314	41. 119	0. 000
	区组间	953. 721	6	158. 953	1. 358	0. 326
	组内	2 007. 211	15	133. 814		
单株结果数	密度间	48. 111	2	24. 056	6. 203	0. 011
	区组间	45. 333	6	7. 556	4. 000	0. 031
	组内	58. 167	15	3. 878		
种子百粒质量	密度间	261. 219	2	130. 609	8. 158	0. 004
	区组间	66. 329	6	11. 055	0. 572	0. 744
	组内	240. 144	15	16. 010		
单位面积产量	密度间	620. 459	2	310. 230	0. 487	0. 624
	区组间	4 674. 141	6	779. 023	1. 438	0. 299
	组内	9 549. 959	15	636. 664		
果角数	密度间	0. 037	2	0. 019	0. 045	0. 956
	区组间	4. 519	6	0. 753	4. 067	0. 030
	组内	6. 185	15	0. 412		

此外,单株产量还与株高表现出负相关,相关系数为-0. 595,显著度为 0. 009,与冠幅、当年生枝数、单株结果数、种子百粒质量表现显著正相关,关系数分别为:0. 685,0. 528,0. 673 和 0. 687,显著度分别为:0. 002,0. 024,0. 002,0. 002。

表 5 不同指标的相关性统计

指标	冠幅	株高	当年生枝数	单株结果数	当年生枝条长度	单株产量	果角数	种子百粒质量	单位面积产量
株高	-0. 302								
sig.	0. 224								
当年生枝数	0. 732 * *	-0. 255							
sig.	0. 001	0. 306							
单株结果数	0. 619 * *	-0. 267	0. 339						
sig.	0. 006	0. 283	0. 169						
当年生枝条长度	-0. 694 * *	-0. 189	-0. 578 *	-0. 377					
sig.	0. 001	0. 452	0. 012	0. 123					
单株产量	0. 685 * *	-0. 595 * *	0. 528 *	0. 673 * *	-0. 404				
sig.	0. 002	0. 009	0. 024	0. 002	0. 096				
果角数	0. 326	-0. 028	0. 417	0. 186	-0. 213	0. 001			
sig.	0. 187	0. 912	0. 085	0. 460	0. 396	0. 997			
种子百粒质量	0. 341	-0. 333	0. 315	0. 397	-0. 224	0. 687 * *	-0. 131		
sig.	0. 167	0. 176	0. 203	0. 103	0. 371	0. 002	0. 604		
每公顷产量	0. 233	-0. 095	-0. 053	0. 212	0. 110	0. 359	-0. 050	0. 069	
sig.	0. 352	0. 708	0. 833	0. 399	0. 663	0. 144	0. 844	0. 785	
种植密度	-0. 646 * *	0. 565 *	-0. 591 *	-0. 630 * *	0. 506 *	-0. 880 * *	-0. 009	-0. 703 * *	0. 065
sig.	0. 004	0. 015	0. 010	0. 005	0. 032	0. 001	0. 971	0. 001	0. 797

注:“*”标注 P<0. 05 的显著性差异,“*”标注 P<0. 01 的显著性差异

3 结论与讨论

在本试验条件下,不同种植密度对油用牡丹的冠幅、株高、当年生枝条数、单株结果数、单株产量和种子百粒质量等指标有显著影响,其中株高与单

位面积种植数呈正相关,相关系数为 0. 565,冠幅、单株结果数、单株产量、种子百粒质量与单位面积种植数呈负相关,相关系数分别为-0. 646,-0. 630,-0. 880,-0. 703。在形态指标中,受种植密度影响最大的是冠幅,而产量指标中,单株产量受种植密

度影响最大。本次试验条件中,0.5 m×1 m 的种植密度表现较好,其单株产量和种子百粒质量指标显著高于另外 2 组密度,其他指标则差异不明显。

前人研究表明,当作物的栽培密度过大时,会导致作物产生徒长、分支减少等现象,称为“避荫综合征”(shade avoidance syndrome, SAS)^[12]。目前 SAS 现象在拟南芥(*Arabidopsis thaliana*)、苜蓿(*Lotus corniculatus*)、番茄(*Lycopersicon esculentum*)、苹果(*Malus pumila*)等植物中均有研究。而植物一旦出现 SAS 现象,其产量将受到显著影响^[13-17]。在本试验条件下,单株产量随着单位面积种植数的减少而显著增加,这与季琳琳等(2021)在‘凤丹’中的研究结果相类似^[10],而张梦娇等也通过间伐的手段减小了密度从而改善光照条件增加了牡丹籽的产量^[11]。说明适当的减小种植密度对油用牡丹的单株产籽量和种子百粒质量是有利的。在本试验条件下,3 个不同种植密度的单位面积产量并没有显著差异,说明种植密度的改变并不一定能够提高油用牡丹的单位面积产量,因为随着种植密度的减小,虽然个体的产量提升,但单位面积种植数随之减少,因而总体产量并不一定得到提升,如本试验中 0.6 m×0.7 m 密度的单位面积产量 1 900.38 kg/hm²反而小于 0.4 m×0.5 m 密度条件下的 1 996.97 kg/hm²。这也进一步说明了合理的种植密度对单位面积产量的重要性。此外,在本研究中相对于 0.4 m×0.5 m 的种植密度,0.5 m×1 m 的种植密度在行距上大幅提高,相比 0.6 m×0.7 m 密度均匀的提高株行距,在产量的提高上显著性更高,单位面积产量的效果也更好。说明在相近的种植密度条件下,不同的株行距排布可能对油用牡丹的产量具有一定的影响。因此,关于油用牡丹的栽培方面,在种植密度相同时,如何科学的调整株行距的配置值得进一步深入研究。

在本试验条件下,0.5 m×1 m 密度最适宜油用牡丹‘凤丹’的生长,其冠幅和分支数最多,同时单株产量也较高。此外,0.5 m×1 m 密度其生产上的投入成本最少,1 m 的大行距更方便进行作业,是一种相对合适的栽培方式。另外,考虑到不同年龄的植株所得到的结果可能会有一定的差异^[12],生产中可以考虑幼龄植株定植时采用 0.5 m×0.5 m 的栽培密度迅速形成规模,在苗木达到 5 年生时通过间

苗的方式达到 0.5 m×1 m 栽培密度,同时夏季可以通过修剪的方式疏除部分遮挡过密的叶片,在合理分配光照的条件下也可以减少水分散失有利于植株的生长。

参考文献:

- [1] 裴姿琛,胡永宏,刘 泽,等.新型木本油料作物——油用牡丹的开发和利用[J].林业与生态科学,2018,33(4):358-363.
- [2] 史国安,焦封喜,焦元鹏,等.中国油用牡丹的发展前景及对策[J].中国粮油学报,2014,29(9):124-128.
- [3] 周 琳,王 雁.我国油用牡丹开发利用现状及产业化发展对策[J].世界林业研究,2014,27(1):68-71.
- [4] 宋慧波,王 波,赵贵红.菏泽市油用牡丹产业调查研究及发展对策[J].农村经济与科技,2021,32(17):141-144.
- [5] 王志刚,熊璐瑶,李 进,等.油用牡丹栽培技术研究[J].南方林业科学,2021,49(2):47-50.
- [6] 张风云,成雪峰,张 猛,等.油用牡丹效益调查与分析研究[J].菏泽学院学报,2022,44(5):97-102.
- [7] 张晓晖.油用牡丹的种子油提取和综合使用分析[J].中国食品,2021,819(11):98-99.
- [8] 周逢旭,闫小满.油用牡丹的应用和研究现状及发展对策[J].山东农业工程学院学报,2018,35(6):3-4.
- [9] 赵银彦,李正录,蔡林海,等.油用牡丹种植经济效益分析[J].甘肃科技,2018,34(17):147-148,146.
- [10] 季琳琳,姚建林,陈素传,等.栽植密度对‘凤丹’结实性状和产量的影响及其籽主要营养成分分析[J].经济林研究,2021,39(2):206-212.
- [11] 杨静萱.株行距配置及平茬高度对油用牡丹‘凤丹’的影响研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2017.
- [12] 张梦娇,史帅营,刘政安,等.间伐对‘凤丹’牡丹生长、籽粒产量及品质的影响[J].林业科学,2022,58(1):162-174.
- [13] BALLARÉ C L,PIERIK R. The shade-avoidance syndrome: multiplesignals and ecological consequences[J].Plant, Cell and Environment,40(11):2530-2543.
- [14] RANADE S S,DELHOMME N,GARCÍA-GIL M R. Transcriptome analysis of shade avoidance and shade tolerance in conifers[J]. Planta,2019,250(1):299-318.
- [15] CHITWOOD D H,HEADLAND L R,FILIAULT D L,et al. Native environment modulates leaf size and response to simulated foliar shade across wild tomato species [J]. PLoS ONE, 2012, 7(1):e29570.
- [16] WANG X Y,GAO X Q,LIU Y L,et al. Progress of research on the regulatory pathway of the plant shade-avoidance syndrome [J]. Frontiers in Plant Science,2020,11:439.
- [17] 聂佩显,薛晓敏,王来平,等.‘红富士’苹果郁闭园间伐处理对果园结构、光能利用以及产量品质的影响[J].果树学报,2019,36(4):438-446.