

# “凤丹”牡丹与经济林间作栽培模式效果试验研究

孙世磊

(平度市蓼兰镇便民服务中心, 山东青岛 266731)

**摘要:**【目的】探究“凤丹”牡丹与经济林间作栽培模式的优化路径。【方法】采用单因素实验和数理统计相结合的方法,通过改变株距调整栽植密度进行平行实验。【结果】(1)降低栽植密度有助于显著提升“凤丹”牡丹的植株高度,对整体长势有利;(2)降低栽植密度在一定程度上可显著提升“凤丹”牡丹的新梢生长量,但过度降低栽植密度则不具有显著性;(3)降低栽植密度在整体上可提升植株根长,但当株行距 $0.6\text{m} \times 0.6\text{m}$ 以上后即不具备显著性;(4)结籽量随着植株栽植密度的降低先升后降,因此应当合理控制植株栽植密度;(5)栽植密度的降低与牡丹籽质量的提升之间存在显著相关性;(6)栽植密度提升有助于提高丹皮产量,同时会降低优等品产率和丹皮酚含量,反之亦然。【结论】栽植密度的调整对于“凤丹”牡丹的不同性能指标存在着不同的影响,在实际的间作栽培模式下,应当以结果为导向,参考已有实验结果针对性调整栽植密度。

**关键词:**“凤丹”牡丹;经济林;间作栽培模式

## 引言

由于“凤丹”牡丹的籽油具有较高营养价值,因此近年来其种植面积有所增长。而在“凤丹”牡丹的种植管理工作中,为保证其产量和质量符合市场需要,目前,通常选择“凤丹”牡丹与经济类的间作栽培模式,显然这种模式下的相关参数将影响“凤丹”牡丹的最终产量与质量。从实际经验来看,影响间作栽培模式效果的首要因素则是种植密度,因此在本次研究中,应当以此为变量,探究“凤丹”牡丹与经济类的间作栽培模式的更多技术要点。

## 1 实验材料与方法

### 1.1 实验地与实验材料

本研究以华北地区某大型农业企业编号为103的试验田为研究案例,该试验田土质为红黏土,有机质含量 $11.1\text{g/kg}$ ,速效氮含量 $62.3\text{mg/kg}$ ,速效磷含量 $13.1\text{mg/kg}$ ,速效钾含量 $151.1\text{mg/kg}$ ,经鉴定适合“凤丹”牡丹与多种经济林植株生长。目前,该试验田已种植核桃苗且长势较优,对此,在已有基础上栽种2年生“凤丹”牡丹作为实验材料,实验材料经由专家检测全部确定无误后,于2022年4月挑选此类植株中长势基本相同的1350株进行研究,并通过检验后确定各植株苗高和地径指标之间均不具备显著差异。

另外,为深度检验“凤丹”牡丹植株品质,本次实验使用药品包括甲醇、丹皮酚标准品、乙醚、

十八烷基硅烷键合硅胶和去离子水,除去离子水为实验室自制外,其余药品均采购自国药集团化学试剂有限公司,纯度均为分析纯级别。本次实验所使用的仪器如表1所示。

表1 实验仪器表

实验仪器	仪器型号	生产厂商
电子分析天平	PL303	梅特勒-托利多
鼓风干燥箱	101-0013s	上海力辰
粉碎机	DFY-800C	上海兰仪
液相色谱仪	Agilent-1200	美国安捷伦
超声波处理器	KQ-500E	昆山超声仪器公司

### 1.2 实验设计

在选定“凤丹”牡丹植株后,参考相关文献资料和已有经验,采用单因素完全随机实验设计方法,以株行距为变量对栽植密度进行调整,设计六个水平,分别为 $0.3\text{m} \times 0.3\text{m}$ (下简称A1); $0.4\text{m} \times 0.4\text{m}$ (下简称A2); $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ (下简称A3); $0.6\text{m} \times 0.6\text{m}$ (下简称A4); $0.7\text{m} \times 0.7\text{m}$ (下简称A5); $0.8\text{m} \times 0.8\text{m}$ (下简称A6;上述参数中均以乘号前为行距;乘号后为株距),三次重复,共划定18个研究区域。各个研究区域均以南北走向为长,东西走向为宽,植株行向则设定为南北走向,以确保所有植株可得到均匀光照。

### 1.3 实验方法

在2022年4月下旬,所有“凤丹”牡丹植株全部移栽入目标实验区域后,按照相关参考资料对其进行

**作者简介:**孙世磊,本科,工程师,研究方向:林业工程。Email: sunshilei5858@163.com

施肥、田间管理、病虫害防治等工作，2022年8月中旬，牡丹果实由绿变黄且荚果开裂比例达到5%左右后，对所有果实进行采集并统一铺平晾晒至荚果全部开裂，而后除去荚果外皮及杂质，称量籽粒质量，并将其折算为每公顷产量，以此作为产量评价指标。同时，于2022年9月下旬，针对9个研究区域进行平行的随机抽样，每个研究区域均随机抽取100株，使用游标卡尺和钢卷尺对植株高度、新梢生长量和根长进行测试，以综合检验植株长势。

另一方面，为有效检验“凤丹”牡丹植株的种植质量，使用高效液相色谱法对植株中的丹皮酚含量进行测试。测试流程如下：取适量丹皮粉加入锥形瓶中，并加入适量甲醇，充分混匀后对混合物进行30min超声处理，使丹皮酚充分溶解于甲醇中，而后对混合物进行过滤。同时，设定对照组，以丹皮酚标准品混合甲醇制备而成。上述实验步骤就绪后，将对照组与实验组共同送入液相色谱仪进行测定，液相色谱柱以十八烷基硅烷键合硅胶为填充剂，并以甲醇水溶液（甲醇浓度45%）为流动相，在274nm波长下进行检测<sup>[1]</sup>。在得到测定的各个峰面积后，按照如下公式进行丹皮酚含量的计算：

$$n = \frac{(A_1 / A_0) \cdot C_0 \cdot N}{m} \times 100\%$$

在该公式中， $A_1$ 和 $A_0$ 分别指实验组样品和对照组标准品在液相色谱仪测定后得到的峰面积； $C_0$ 指对照组标准品的浓度，单位为 $\mu\text{g/ml}$ ； $N$ 指样品稀释倍数； $m$ 指原材料丹皮粉的质量，单位为 $\text{g}$ ；代入上述已知数据后即可求得丹皮酚含量 $n$ ，单位为 $\%$ 。

同时，参考中国医药学会的分级标准（T/CACM 1020.89-2019）对丹皮进行分类，分级标准具体如表2所示。

表2 丹皮分级标准表

评价等级	长度 (cm)	中部围粗 (cm)
一级	>6.0	>2.5
二级	5.1 ~ 6.0	>1.8
三级	4.1 ~ 5.0	>1.0
四级	≤4.0	≥0.6

注：该表中，级别序号越低证明丹皮质量越优，丹皮长度和中部围粗测量结果均保留一位小数。

#### 1.4 实验数据分析方法

在得到原始数据后，使用Excel和SPSS 26.0对数据进行处理，并用邓肯多重范围检验（Duncan multiple-range test）对相关数据的差异显著性进行检验，以 $P < 0.05$ 作为具有统计学意义的判据<sup>[2]</sup>。

## 2 实验结果与分析

### 2.1 不同栽植密度下的牡丹生长量分析

为探究不同栽植密度对牡丹生长量的影响，首先分析不同栽植密度下的牡丹平均株高，通过整合分析实验数据，得到三种不同栽植密度下的牡丹平均株高，结果如表1所示。

表1 不同品种密度下的牡丹平均株高分布

实验组编号	植株高度 (cm)
A1	45.8 ± 2.23 <sup>a</sup>
A2	49.7 ± 2.29 <sup>b</sup>
A3	53.1 ± 2.34 <sup>c</sup>
A4	57.9 ± 2.17 <sup>d</sup>
A5	63.5 ± 2.08 <sup>e</sup>
A6	68.5 ± 2.14 <sup>f</sup>

注：表中同列不同字母表示在 $p=0.05$ 水平上差异显著，下同。

根据表1，在不同栽植密度下的牡丹平均株高之间存在一定差异，整体而言，栽植密度越小，牡丹的平均株高数值也就越大。在A1—A6六个水平下，株高指标呈现出单调递增的特征，且任意两个相邻的实验组结果之间的P检验值均小于0.05，表明其具有统计学意义，证明在增大株行距（即降低栽植密度）后，植株的高度得以显著提高。

### 2.2 不同栽植密度下的新梢生长量

为进一步探究牡丹植株的生长情况，本环节评估“新梢生长量”这一指标，分析不同栽植密度水平下的新梢生长量，得到测定结果如表2所示。

表2 不同栽植密度水平下的新梢生长量

实验组编号	新梢生长量 (cm)
A1	11.18 ± 1.09 <sup>a</sup>
A2	13.76 ± 1.04 <sup>b</sup>
A3	15.23 ± 0.91 <sup>c</sup>
A4	15.34 ± 1.02 <sup>c</sup>
A5	15.35 ± 0.97 <sup>c</sup>
A6	15.40 ± 1.00 <sup>c</sup>

从表2的变化趋势知，新梢生长量与栽植密度整

体呈现出相关性，A1与A2、A2与A3间差异具有统计学意义；但A3与A4间不存在显著性，同时其与A5、A6组别之间也不具备显著差异，这表明过低的栽植密度无法进一步有效提升新梢生长量。

### 2.3 不同栽植密度下的根长

植株根长是评价植株生长状况和土壤生态的关键因素，对于牡丹籽粒产量等因素起着一定程度的作用。因此在该环节中，分析不同栽植密度下的根长数据，以进一步探究栽植密度对“凤丹”牡丹间作种植效果的影响。基于章节1.2中的六个实验水平进行实验并获得数据后，对数据进行汇总分析，得到不同栽植密度下的牡丹植株根长数据，如表3所示。

表3 不同栽植密度下的牡丹植株根长数据

实验组编号	根长 (cm)
A1	25.54 ± 2.15 <sup>a</sup>
A2	28.71 ± 2.07 <sup>b</sup>
A3	33.73 ± 2.23 <sup>c</sup>
A4	38.17 ± 2.04 <sup>d</sup>
A5	38.20 ± 2.11 <sup>d</sup>
A6	38.19 ± 2.08 <sup>d</sup>

根据表3，牡丹植株根条长度整体随着栽植密度的减少而增加，但相对而言，当植株行距在0.6m × 0.6m或更高水平时，根条长度的变化不再具有显著性（即此时A4与A5、A5与A6、A4与A6之间的差异均不具有统计学意义），这与A1—A3三个水平之间具有显著性不同。

### 2.4 不同栽植密度下的牡丹结籽量

根据已有研究，牡丹栽植密度对结籽量存在相对较为突出的影响<sup>[3]</sup>。就此，按照本次实验的六个水平，分析在本次实验环境下的牡丹栽植密度如何影响单位面积结籽量，在处理实验数据后，结果如表4所示。

表4 不同栽植密度下的牡丹结籽量

实验组编号	结籽量 (kg/hm <sup>2</sup> )
A1	486.20 ± 15.34 <sup>a</sup>
A2	603.47 ± 14.89 <sup>b</sup>
A3	2098.35 ± 19.86 <sup>c</sup>
A4	1887.23 ± 18.60 <sup>c</sup>
A5	1371.63 ± 17.63 <sup>d</sup>
A6	1054.22 ± 16.28 <sup>c</sup>

根据表4可知，牡丹栽植密度对牡丹结籽量产生的影响颇为突出，与已有研究基本契合。当栽植密度较高时，牡丹结籽量处于显著偏低的水平，随着牡丹栽植密度的降低，结籽量也随之提升。但需要注意的是，当栽植密度进一步降低后，单位面积的结籽量反而降低。

### 2.5 栽植密度对牡丹籽质量的影响

本环节研究以牡丹籽千粒重量这一指标估计牡丹籽质量，通过收集不同栽植密度下的牡丹籽千粒重量数据并进行汇总后，得到结果如表5所示。

表5 不同栽植密度下的牡丹籽千粒重量

实验组编号	千粒重 (g)
A1	123.42 ± 5.89
A2	134.08 ± 6.02
A3	153.47 ± 5.73
A4	168.90 ± 5.87
A5	178.12 ± 6.01
A6	198.04 ± 5.92

根据表5可知，牡丹籽千粒重量和牡丹栽植密度基本呈负相关，当降低栽植密度后，牡丹籽的千粒重量也相应提升，通过对A1—A6各实验组进行P检验后，确定相邻各实验组之间的P检验值均低于0.05，表明这种差距具有显著性，即栽植密度过高将显著降低牡丹籽质量和饱满程度。

### 2.6 栽植密度对丹皮质量的影响

针对丹皮质量的检验，本次应用章节1.3中的检验方法，通过丹皮酚含量指标和等级评定标准进行。在对数据进行汇总分析后，得到不同栽植密度下的不同等级产品产量比例数据如表6所示。

对比表6中的数据可知，在上述六种实验组合中，无论选择何种实验组合，其丹皮酚含量都在1.2%以上，均可满足市场要求的指标。但不同实验组合下的不同等级产品产量比例大相径庭。当牡丹栽植密度较高时，牡丹皮的等级和丹皮中的丹皮酚含量均显著降低，特别是一级和二级品产量下降幅度尤为显著，当株行距下降至0.4m × 0.4m及以下后，牡丹皮产品中甚至出现一定比例的外级品（即质量等级低于四级产品的情况）。

从实际情况来看，丹皮的市场价格受到等级和丹皮酚含量的制约，一级丹皮质量通常高于三级至四

表6 不同栽植密度下的丹皮酚含量及不同等级产品产量占比

实验组编号	一级品 (%)	二级品 (%)	三级品 (%)	四级品 (%)	丹皮酚 (%)
A1	1.8 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	18.3 <sup>a</sup>	21.5 <sup>a</sup>	1.23 ± 0.05 <sup>a</sup>
A2	13.7 <sup>b</sup>	23.3 <sup>b</sup>	30.4 <sup>b</sup>	29.1 <sup>b</sup>	1.31 ± 0.06 <sup>b</sup>
A3	20.3 <sup>c</sup>	25.7 <sup>c</sup>	35.3 <sup>c</sup>	15.1 <sup>c</sup>	1.39 ± 0.05 <sup>c</sup>
A4	37.1 <sup>d</sup>	39.4 <sup>d</sup>	16.1 <sup>ad</sup>	6.3 <sup>d</sup>	1.57 ± 0.07 <sup>d</sup>
A5	47.0 <sup>e</sup>	39.1 <sup>d</sup>	8.3 <sup>e</sup>	1.9 <sup>e</sup>	1.61 ± 0.08 <sup>d</sup>
A6	65.4 <sup>f</sup>	23.7 <sup>ce</sup>	5.5 <sup>f</sup>	3.4 <sup>f</sup>	1.65 ± 0.08 <sup>d</sup>

级丹皮的2倍，是外级品的4倍左右，显然，栽植密度过高将严重影响丹皮的经济效益。从丹皮的收获质量这一角度分析，牡丹栽植过程中的株行距应当控制在0.5m × 0.5m或更高水平。

另一方面，结合丹皮总产量这一指标做进一步补充分析，结果显示，在A1—A6六个实验组合下，丹皮的总产量分别为5968、5110.5、4830、2084、1347、603kg/hm<sup>2</sup>。从这一变化趋势可见，丹皮单位产量随着栽植密度的减少而减产，最高密度与最低密度相差近10倍。牡丹栽植密度大，单位面积根系分布密度大，丹皮的产量就高。“凤丹”的根数较少，多数垂直生长，增加根皮产量，则必须增大栽植密度<sup>[4]</sup>。因此，为兼顾产量和质量两方面的需要，核桃园间种“凤丹”牡丹建议将栽植密度控制在0.5m × 0.5m，以获得较高的丹皮产量和质量。

### 3 实验结果讨论

概括而言，通过本次综合研究实验可得出以下五点推论。

其一，随着栽植密度的降低（即株行距的增大），本次研究的“凤丹”牡丹在植株生长高度上显著增加。初步判断，其主要原因是，当植株行距增加后，单一植株具有更大的生长空间，特别是植株枝条的生长空间得到显著拓宽，同时获得了更高的光照量，有利于植物光合作用的进行与有机物的积累，由此提升植株高度<sup>[5]</sup>。

其二，随着栽植密度的降低，植株新梢生长量呈现出先提升快而后提升速度放缓的特点。初步推断，造成这种现象的主要原因是，在初始阶段时，由于植株栽种密度较高，各个植株之间对光线、水分和养分之间的竞争较为激烈，单一植株获得的光线、水分和养分要素也较为匮乏，导致此阶段的植株新梢生

长量较低。而随着栽种密度的降低，这种情况逐渐得到改善。在此基础上，当栽种密度进一步降低时，植株之间的资源竞争已经可忽略不计，此时，植株所需的资源也基本达到上限，因此新梢增长速度随之大为放缓<sup>[6]</sup>。

其三，随着栽植密度的降低，植株的根条长度同样表现出先增加后增速放缓的特点。初步推断，造成这种现象的主要原因是，在适当增大株行距（即降低栽植密度）的条件下，意味着每棵牡丹植株可以获得更多的生长空间和资源分配。这包括更多的土壤水分、养分和光照等。由于植株之间资源的相对增加，牡丹植株的根系能够更好地利用这些资源进行生长和发育，有利于根系生长。但进一步增大植株行距将不再起到显著效果，其可能的原因是，在过度降低栽植密度的条件下，植物可能会通过调整生长势、激素水平和信号传递等内部调节机制，使根系生长与栽植密度之间达到一定的平衡点。进一步降低密度可能对根系长度产生的递减效应，植物调整自身的生长模式和资源利用策略，使根系长度达到适宜的范围。此时，进一步增大植株行距不仅无法提升根长，而且还造成土地资源的浪费，因此应当将栽植密度控制在适中水平<sup>[7]</sup>。

其四，在降低栽植密度后，牡丹结籽量指标先升后降。初步推断，其主要原因是，过高的栽植密度使得地面枝叶枯落物含量较多，植株代谢在一定程度上受到抑制，加之植株间存在较强的生长竞争，因此结籽量较低。随着牡丹栽植密度的降低，结籽量也随之提升。而单位面积的结籽量降低的主要原因是结籽量的增长速度远低于消耗的土地面积。显然，这对于牡丹栽植的经济效益存在一定的不利因素，因此在实际栽植过程中，需要合理控制栽植密度，以兼顾各项

需要<sup>[8]</sup>。

其五，降低栽植密度后，牡丹籽的千粒重量相应提升。初步推断，造成这种现象的主要原因是，牡丹植株栽植密度较高时，植株间存在强度较高的竞争，通风透光较差，导致牡丹植株光合作用受影响，进而影响牡丹花芽的质量和结籽。通过现场观察可见，栽植密度较高的试验区域中，牡丹籽粒饱满度普遍较差。据此分析可知，要确保牡丹籽粒的发育，则需要将栽植密度控制在相对较低的水平，特别是当株行距增大至 $0.7\text{m} \times 0.7\text{m}$ 时，牡丹籽粒千粒重已超过 $180\text{g}$ ，产籽量和籽质量均已达到较优水平，该株行距值可在后续工作中予以考虑<sup>[9]</sup>。

基于上述实验测试结果，对今后的“凤丹”牡丹与经济林间作模式中的栽植密度调整工作提出如下建议：首先，考虑到不同栽植密度对植株不同指标存在不同的影响，因此在实际生产过程中，应当以经济效益为最终目标，结合生产产品目的的不同，选择合适的栽植密度；其次，如同时涉及多个需优化的目标，应当采用正交实验或多变量优化算法等方式，对栽植密度做进一步的合理确定；最后，在考虑经济效益的同时，应考虑有利于机械化作业的株行距离，以减少作业用工，提高栽培效率。

#### 4 结束语

整体来看，在本次研究工作中，结合“凤丹”牡丹与经济林间作栽培模式的实际情况，重点探究了该栽培模式下栽种密度对“凤丹”牡丹中各项主要指标的影响，并以此进行总结，为后续的“凤丹”牡丹种植工作提供相关建议。当然，由于各种因素影响，

本次研究难免存在一定的局限性，因此后续仍需进一步整合多学科研究内容以期实现更为严谨的研究。

#### 参考文献

- [1] 果磊,张洪亮,张安平,等.防风林药间作栽培技术[J].吉林林业科技,2023,52(3):47-48.
- [2] 杨玉珍,张志浩,李娟.不同间作模式下油用牡丹‘凤丹’光合特性及其与环境因子的关系[J].生态学杂志,2018,37(10):2905-2912.
- [3] 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.
- [4] 周江华,刘慧春,朱开元,等.油用牡丹‘凤丹’套种巨峰葡萄栽培技术[J].林业科技通讯,2022(9):56-57.
- [5] 高应平,郑炳辉,梁天柱,等.不同覆膜形式对旱地玉米—拉巴豆间作栽培饲料产量及青贮品质的影响[J].中国饲料,2023(4):78-83.
- [6] 王怡晨,孙海燕,李永荣,等.油用牡丹‘凤丹’单株结实量及产油品质分析[J].南京林业大学学报(自然科学版),2019,43(4):155-160.
- [7] 张晓申,曹辉,左红娟,等.黄精药食价值及间作栽培技术[J].农业科技通讯,2022(10):166-168.
- [8] 王林军,王书彬,毕建海,等.北方茶园大豆带状间作全季栽培关键技术[J].中国农技推广,2022,38(6):43-47.
- [9] 王世全,王晶,王林成,等.油用紫斑牡丹与啤特果间作栽培技术规程[J].农业科技通讯,2019(12):322-323+326.

## 习近平《论“三农”工作》

坚决守住防止规模性返贫底线，接续推进全面脱贫与乡村振兴有效衔接<sup>④</sup>

(二〇一九年三月—二〇二二年一月)

我们如期打赢了脱贫攻坚战，如期实现了全面建成小康社会目标，现在踏上了全面建设社会主义现代化国家新征程。建设现代化国家离不开农业农村现代化，要继续巩固脱贫攻坚成果，扎实推进乡村振兴，让群众生活更上一层楼，在推进农业农村现代化

中越走越有奔头。

(二〇二二年一月二十六日、二十七日春节前夕赴山西看望慰问基层干部群众时的讲话)

——节选自习近平同志二〇一九年三月至二〇二二年一月期间文稿中有关坚决守住防止规模性返贫底线，接续推进全面脱贫与乡村振兴有效衔接内容的节录，《论“三农”工作》，中央文献出版社，2022年6月第1版