

# 施肥对垫江牡丹产量及药用品质的效应

冉 烈, 游 玉 明, 李 会 合

(重庆文理学院 林学与生命科学学院, 重庆 402168)

**摘 要:**以垫江牡丹为试材,通过田间试验研究不同施肥处理[常规施肥,CK;菜籽饼 300 kg/667m<sup>2</sup>,RC;NPK(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O,7-4-5 kg/667m<sup>2</sup>);NPK+菜籽饼,NPK+RC;缓释肥(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O,14-8-8)50 kg/667m<sup>2</sup>,SRF]对牡丹产量、药用品质以及丹皮养分吸收和累积的影响。结果表明:与CK相比,不同施肥处理提高2、3、4年生牡丹丹皮产量分别为69.7%~206.7%、28.1%~63.7%、19.4%~66.7%,增量幅度依次为:SRF>NPK+RC>NPK>RC;提高2、3、4年生牡丹丹皮酚含量分别为14.6%~64.6%、3.26%~32.5%、13.6%~31.8%,提高芍药苷含量分别为0.34%~55.3%、63.1%~78.5%、8.03%~46.6%,增量幅度依次为:SRF>NPK+RC>NPK>RC;对丹皮养分含量的效应主要以增加为主;NPK+RC、SRF处理对提高丹皮养分累积量的效果最明显;综合牡丹的产量和药用品质,NPK+RC、SRF处理为垫江牡丹高产优质的最佳方式。

**关键词:**施肥;牡丹;产量;药用品质

**中图分类号:**S 685.11;S 606+.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)20-0160-04

牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr)属毛茛科芍药属落叶小灌木,花单瓣或重瓣,素有“国色天香”之美誉<sup>[1]</sup>。牡丹以根皮供药用,习称丹皮,具有抑菌抗炎、抗肿瘤、降血糖、抗血栓和动脉粥样硬化等药理作用,为常用中

药<sup>[2]</sup>。早在1962年,重庆垫江就被国家商业部确定为丹皮生产基地,在2001年被重庆市政府列入“百万亩优质中药材产业化工程”建设项目,牡丹常年种植面积约1 000 hm<sup>2</sup>,垫江牡丹作为重庆市中药材的重要品种,在中药产业化和中药产业“重构提升”中占有举足轻重的地位<sup>[3]</sup>。加快垫江牡丹GAP种植对于提升川丹皮质量、促进区域创新、整体经济增长、区域经济发展和提高市场竞争优势具有重要意义。

目前有关垫江牡丹的研究,主要集中在花期调控、生长环境调查、丹皮酚的变化规律和动态特征等方面<sup>[4-6]</sup>,对垫江牡丹营养特性和施肥效应方面研究甚少。该试验以垫江牡丹为研究对象,通过田间小区试验研究了不同施肥处理对垫江牡丹生长、药用品质和丹皮养分

**第一作者简介:**冉烈(1984-),男,重庆黔江人,硕士,助理实验师,现主要从事植物营养与品质及植物生物学等教学与科研工作。E-mail:ranl2002@126.com.

**责任作者:**李会合(1977-),男,河南内乡人,博士,教授,现主要从事植物营养与品质及植物营养与环境生态等研究工作。E-mail:lihuihe@163.com.

**基金项目:**重庆市科技攻关资助项目(CSTC,2011AC1192);重庆文理学院资助项目(Y2012LX43)。

**收稿日期:**2014-05-27

**Abstract:** Taking 2-year-old *Stephania tetrandra* as material, the photosynthetic characteristics of four provenances of *Stephania tetrandra*, which were from Yongfeng(YF), Suichuan(SC), Leping(LP) and Gaoan(GA) were studied. Li-6400 portable photosynthesis analyzer were used to measure the photosynthetic characteristics of the provenances in summer. The results showed that the net photosynthetic rate(Pn), stomatal conductance(Gs), and transpiration rate(Tr) of the four provenances changed as bimodal peak curve; the intercellular CO<sub>2</sub>(Ci) appeared to vary in a W-shaped curve. The photosynthetic characteristics between the four provenances were different; the order of average Pn of them taken as YF>SC>LP>GA. The average values of Pn, LUE, Gs, Tr and WUE had decreased substantially in the afternoon while the average values of Ci increased slightly. The results of correlation analysis showed that Tr, Gs, Ci were the main influencing factors on Pn; and that Tr closely related with Gs, Ci, PAR.

**Keywords:** *Stephania tetrandra*; net photosynthetic rate(Pn); transpiration rate(Tr); water use efficiency(WUE); light use efficiency(LUE)

吸收及累积的效应,以寻求垫江牡丹高产优质的养分管理措施,为垫江牡丹优质生产和产业化提供参考依据与技术保障。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr)品种为“太平红”。供试土壤为雷口坡组紫红色粉砂质水云母岩风化发育而成的石骨子土,不同年份牡丹土壤基本理化性状见表1。

供试肥料有:尿素(N 46.0%)、磷酸一铵(N 12.0%,  $P_2O_5$  60.0%)、氯化钾( $K_2O$  60.0%),缓控释肥(SRF, N-

表1 不同年份牡丹土壤基本理化性状

Table 1 Basic physicochemical properties of the peony soil in different years

年份 Year	pH 值 pH value	有机质 Organic matter /(g·kg <sup>-1</sup> )	全氮 Total Nitrogen /(g·kg <sup>-1</sup> )	全磷 Total phosphorus /(g·kg <sup>-1</sup> )	全钾 Total potassium /(g·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮 Available nitrogen /(mg·kg <sup>-1</sup> )	有效磷 Available phosphorus /(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾 Available potassium /(mg·kg <sup>-1</sup> )
2年生	8.12	31.68	1.33	0.24	26.26	62.13	6.89	125.85
3年生	8.05	30.61	1.43	0.24	23.63	84.81	6.24	91.40
4年生	8.15	19.19	1.18	0.19	19.47	79.88	3.85	99.35

表2 不同施肥处理

Table 2 Fertilization program of the different treatments

处理 Treatment	内容 Content	代码 Code
对照	常规施肥	CK
处理1	菜籽饼 300 kg/667m <sup>2</sup>	RC
处理2	NPK(N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O, 7-4-5 kg/667m <sup>2</sup> )	NPK
处理3	NPK+菜籽饼	NPK+RC
处理4	缓释肥(N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O, 14-8-8)50 kg/667m <sup>2</sup>	SRF

### 1.3 项目测定

1.3.1 土壤 采集的土壤样品风干后,研磨过1 mm 尼龙筛,取部分样品磨细过0.25 mm 筛,供化学分析用。土壤基本理化性状按照常规分析方法<sup>[7]</sup>测定。

1.3.2 植物 植物样品在120℃通风干燥箱内烘至恒重后用FZ102型植物粉碎机磨成粉末备用,植物样品主要测定丹皮酚和芍药苷,以及丹皮内N、P、K、Ca、Mg、S、Fe、Mn、Cu、Zn含量。丹皮酚和芍药苷的含量用RP-HPLC法<sup>[8]</sup>测定;丹皮内K、Cu、Fe、Zn、Mn用原子吸收分光光度法测定,N用K以氏定氮法测定,P、Mg、Ca、S用电感耦合等离子体发射光谱法<sup>[9]</sup>测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥处理对丹皮产量的效应

由表3可知,与CK相比,不同的施肥处理均显著提高丹皮的产量。不同施肥处理对2、3、4年生牡丹丹皮产量的增产范围分别为69.7%~206.7%、28.1%~63.7%、19.4%~66.7%,增量幅度分别为:SRF>NPK+RC>NPK>RC。相同施肥处理下,随着牡丹生长年份的增长,丹皮产量的增加量也增加;在牡丹生长

$P_2O_5$ - $K_2O$ , 14-8-8),菜籽饼(RC,全N 7.32%,全P 1.30%,全K 1.08%)。

### 1.2 试验方法

试验于2012年3—10月在重庆市垫江县太平镇牡丹村进行,取用2、3、4年生牡丹幼苗为试验材料;于2012年3月11日分别对2、3、4年生牡丹进行5个不同施肥处理,每处理10 m<sup>2</sup>,4次重复,施肥方案见表2。牡丹田间生长期按常规管理方法进行统一管理,并于2012年10月26日收获。采集牡丹丹皮,分别进行丹皮产量、丹皮酚和芍药苷含量、丹皮养分含量的测定。

年份相同的情况下,NPK+RC、SRF处理对提高丹皮产量的效果显著。综合来看,以NPK+RC、SRF处理为丹皮高产的最佳方式。

表3 不同施肥处理对丹皮产量的效应

Table 3 Effect of different fertilizing treatments on the yield of paeonol kg/667m<sup>2</sup>

处理 Treatment	2年生 Two-year-old	3年生 Three-year-old	4年生 Four-year-old
CK	16.68 Dd	86.7 Ce	105.0 Ee
RC	28.71 Cc	111.1 Cd	125.4 Dd
NPK	28.31 Cc	125.1 Bc	137.4 Cc
NPK+RC	34.34 Bb	134.1 ABb	157.4 Bb
SRF	51.15 Aa	141.9 Aa	175.0 Aa

注:表中小写字母表示5%显著水平,大写字母表示1%显著水平。

Note: Different lowercase letters show significant difference at 5% level, capital letters show significant difference at 1% level.

### 2.2 不同施肥处理对丹皮药用成分的效应

丹皮具有清热凉血,活血化瘀的功效;用于热入营血、温毒发斑、吐血衄血、夜热早凉、无汗骨蒸、经闭痛经、跌扑伤痛、痈肿疮毒等症的治疗<sup>[10]</sup>,丹皮酚等酚酸类成分和芍药苷等糖苷类成分是其有效成分<sup>[11]</sup>。由表4可知,与常规施肥相比,不同的施肥处理均提高了丹皮酚和芍药苷的含量。不同施肥处理对2、3、4年生牡丹丹皮酚含量的增加范围分别为14.6%~64.6%、3.26%~32.5%、13.6%~31.8%,芍药苷含量的增加范围分别为0.34%~55.3%、63.1%~78.5%、8.03%~46.6%;总的来看,增量幅度分别为:SRF>NPK+RC>NPK>RC。因此,NPK+RC、SRF处理为提高牡丹丹皮酚和芍药苷含量的最佳方式。

表 4

不同施肥处理对丹皮药用成分的效应

Table 4

Effect of different fertilizing treatments on the medicinal component of peony medicinal ingredients

mg/kg

处理 Treatment	2 年生 Two-year-old		3 年生 Three-year-old		4 年生 Four-year-old	
	丹皮酚 Paeonol	芍药苷 Paeoniflorin	丹皮酚 Paeonol	芍药苷 Paeoniflorin	丹皮酚 Paeonol	芍药苷 Paeoniflorin
CK	12.90	11.92	16.24	10.14	21.17	10.58
RC	14.78	12.30	21.52	16.83	24.04	11.43
NPK	19.75	11.96	19.58	16.54	25.07	13.09
NPK+RC	21.23	13.04	20.09	17.15	27.30	15.24
SRF	21.08	18.51	16.77	18.10	27.90	15.51

## 2.3 不同施肥处理对丹皮养分含量的效应

由表 5 可知,与 CK 相比,不同施肥处理提高 2 年生牡丹丹皮 P 含量 15.8%~33.6%,降低 S 含量 6.5%~23.3%,降低 Mn 含量 0.9%~20.2%。牡丹丹皮的 N 含量在 SRF 处理下降低 4.4%,其余 3 种处理下则提高 9.5%~10.8%;K 含量在 NPK 处理下降低 16.8%,其余 3 种处理下提高 7.2%~24.8%;Ca 元素在 RC 处理下提高 1.3%,其余处理下降低 0.5%~18.5%;Mg 含量在 RC 处理下提高 0.7%,其余 3 种处理下降低 6.7%~18.3%;Fe 含量在 RC 和 NPK 处理下分别提高 15.6%和 9.8%,在 NPK+RC 和 SRF 处理下分别降低 47.4%和 25.4%;Cu 含量在 SRF 处理下降低 16.7%,其余 3 种处理下提高 0.7%~8.7%;Zn 含量在 NPK 处理下提高 8.1%,其余 3 种处理下则降低 4.8%~9.5%。

不同施肥处理提高 3 年生牡丹丹皮 N、K、S、Mn、Cu 含量分别达 10.2%~36.2%,0.9%~35.1%,27.5%~34.0%,92.0%~374.3%,4.7%~60.9%;P 含量在 SRF 处理下含量降低 10.5%,其余 3 种处理下含量提高 9.9%~25%;Ca 含量在 NPK 处理下含量降低 1.8%,其

余 3 种处理下含量提高 1.4%~15.4%;Mg 含量在 NPK、NPK+RC 处理下含量分别降低 1.5%、30.1%,在 RC、SRF 处理下含量分别提高 1.2%、7.3%;Fe 含量在 RC、NPK+RC 处理下含量分别降低 16.0%、0.9%,在 NPK、SRF 处理下含量分别提高 1.1%、5.0%;Zn 含量在 SRF 处理下不变,其余 3 种处理下则降低 2.2%~9.6%。

与 CK 相比,不同施肥处理下 4 年生牡丹丹皮 N、P、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 含量分别提高 4.9%~18.0%、1.0%~26.0%、7.8%~39.4%、4.0%~80.5%、14.5%~95.7%、9.9%~42.9%、4.6%~18.5%;K、S 含量则分别降低 0.5%~21.8%、7.8%~16.1%;Ca 含量在 NPK 处理下含量降低 1.2%,其余处理下则提高 8.4%~9.8%,增量幅度分别为:RC>SRF>NPK+RC。

综合以上分析可知,不同施肥处理对 2 年生牡丹丹皮的 N、P、K、Cu 含量以增加为主,Ca、Mg、S、Mn、Zn 的含量以降低为主;对 3 年生牡丹丹皮的 N、P、K、Ca、S、Mn、Cu 含量以增加为主,Zn 的含量以降低为主;对 4 年生牡丹丹皮的 K、S 含量以降低为主,其余养分含量均以增加为主。

表 5

不同施肥处理对丹皮养分含量的效应

Table 5

Effect of different fertilizing treatments on the nutrient content of paeonol

	处理	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn
	Treatment	/(g • kg <sup>-1</sup> )						/(mg • kg <sup>-1</sup> )			
2 年生	CK	15.8	1.52	3.87	5.99	3.00	0.537	232.3	22.3	7.50	27.3
	RC	17.4	2.03	4.83	6.07	3.02	0.502	268.6	22.1	8.10	24.7
	NPK	17.5	1.97	3.22	5.24	2.45	0.422	255.1	18.8	8.15	29.5
	NPK+RC	17.3	1.97	4.15	4.88	2.74	0.412	122.1	17.8	7.55	26.0
	SRF	15.1	1.76	4.55	5.96	2.80	0.415	173.2	21.3	6.25	25.2
3 年生	CK	12.7	1.52	3.48	5.66	2.59	0.462	227.9	5.65	4.68	27.2
	RC	17.0	1.90	4.70	6.53	2.62	0.619	191.5	26.8	7.53	26.6
	NPK	14.0	1.67	3.51	5.56	2.55	0.619	230.5	23.9	6.18	24.6
	NPK+RC	17.3	1.79	3.58	5.74	1.81	0.589	225.8	23.4	4.90	25.5
	SRF	14.2	1.36	3.48	6.40	2.78	0.593	239.3	16.5	5.08	27.2
4 年生	CK	9.41	1.04	4.17	6.92	2.18	0.372	172.8	4.70	2.73	23.8
	RC	9.87	1.16	4.15	7.60	2.42	0.312	221.1	6.25	3.90	25.1
	NPK	10.4	1.05	3.58	6.84	2.35	0.316	179.7	5.38	3.00	24.9
	NPK+RC	10.7	1.31	3.26	7.50	3.04	0.316	311.9	9.20	3.78	28.2
	SRF	11.1	1.09	3.86	7.55	2.75	0.343	184.6	5.95	3.73	25.0

## 2.4 不同施肥处理对丹皮养分累积量的效应

由表 6 可知,与 CK 相比,不同施肥处理均提高了丹皮的养分累积量。2 年生牡丹丹皮养分累积量的变化有

较明显的规律,在 SRF 处理下丹皮养分累积量达到最大,NPK+RC 处理效果次之;3 年生牡丹丹皮养分累积量的变化无明显的规律,在 SRF 处理下 Ca、Mg、S、Fe、

Zn 的累积量达到最大,在 NPK+RC 处理下 N、P、Mn 的累积量达到最大,且其余养分累积量也较高;4 年生牡丹丹皮养分累积量也无较明显的规律,在 SRF 处理下 N、K、Ca、Mg、S、Cu 的累积量达到最大,在 NPK+RC 处理下 P、Fe、Mn、Zn 的累积量达到最大,且其余养分累积量也相对较高;综合以上分析来看,NPK+RC、SRF 处理对提高丹皮养分累积量的效果最明显。

表 6 不同施肥处理对丹皮养分累积量的效应

Table 6 Effect of different fertilizing treatments on the nutrient accumulation of paeonol g/667m<sup>2</sup>

处理 Treatment	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn
2 年生										
CK	263.5	25.4	64.6	99.9	50.0	8.96	3.87	0.372	0.125	0.455
RC	499.6	58.3	138.7	174.3	86.7	14.4	7.71	0.634	0.233	0.709
NPK	495.4	55.8	91.2	148.3	69.4	11.9	7.22	0.532	0.231	0.835
NPK+RC	594.1	67.6	142.5	167.6	94.1	14.1	4.19	0.611	0.259	0.893
SRF	772.4	90.0	232.7	304.9	143.2	21.2	8.86	1.089	0.320	1.289
CK	1101	131.8	301.7	490.7	224.6	40.1	19.8	0.490	0.406	2.358
RC	1889	211.1	522.2	725.5	291.1	68.8	21.3	2.977	0.837	2.955
3 年生										
NPK	1751	208.9	439.1	695.6	319.0	77.4	28.8	2.990	0.773	3.077
NPK+RC	2320	240.0	480.1	769.7	242.7	79.0	30.3	3.138	0.657	3.420
SRF	2015	193.0	493.8	908.2	394.5	84.1	34.0	2.341	0.721	3.860
CK	988.1	109.2	437.9	726.6	228.9	39.1	18.1	0.494	0.287	2.499
RC	1238	145.5	520.4	953.0	303.5	39.1	27.7	0.784	0.489	3.148
4 年生										
NPK	1429	144.3	491.9	939.8	322.9	43.4	24.7	0.739	0.412	3.421
NPK+RC	1684	206.2	513.1	1181	478.5	49.7	49.1	1.448	0.595	4.439
SRF	1943	190.8	675.5	1321	481.3	60.0	32.3	1.041	0.653	4.375

### 3 讨论与结论

与 CK 相比,不同施肥处理显著提高了 2、3、4 年生牡丹的丹皮产量,同时丹皮的丹皮酚和芍药苷含量也得到提高,增幅度分别为:SRF>NPK+RC>NPK>RC。

不同施肥处理对牡丹丹皮养分含量的效应与牡丹的生长年份有关。不同施肥处理提高 2、3、4 年生牡丹丹皮的 N、P 含量,对其余养分含量的影响在不同生长年份间各异。随着牡丹生长年份的增加,不同施肥处理对丹皮养分含量的效应主要以增加为主。与 CK 相比,不同施肥处理均提高了丹皮的养分累积量,且 2 年生牡丹丹皮养分累积量的变化有较明显的规律。不同施肥处理中以 NPK+RC、SRF 处理为垫江牡丹高产优质的最佳方式。

### 参考文献

- [1] 王莲英,袁涛. 中国牡丹与芍药[M]. 北京:金盾出版社,1999.
- [2] 张健萍,李连珍,赵红江,等. 牡丹皮的化学成分、药理作用及临床应用研究概况[J]. 中华中医药杂志,2006,21(5):295-297.
- [3] 范俊安,张艳,夏永鹏,等. 重庆垫江牡丹皮生产历史与生产现状分析[J]. 中药材,2006,29(4):401-403.
- [4] 范俊安,张艳,夏永鹏,等. 重庆垫江牡丹皮主要有效成分多维动态分析[J]. 中国中药杂志,2007,32(15):1501-1504.
- [5] 张祖荣,冉烈. 环境条件对重庆垫江药用牡丹皮产量与品质的影响[J]. 北方园艺,2010(18):205-208.
- [6] 邓才富,申明亮,易思荣. 垫江牡丹生产现状调查研究[J]. 中国现代中药,2007,9(6):37-39.
- [7] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000.
- [8] 李向阳,屠万倩,张留记. RP-HPLC 法测定不同产地的牡丹皮中芍药苷和丹皮酚的含量[J]. 中药新药与临床药理,2011,22(5):563-565.
- [9] 张红,上官铁梁. 山西省稷山和永济两地矮牡丹体内无机元素含量的比较[J]. 应用与环境生物学报,2005,11(2):160-163.
- [10] 王祝举,唐力英,赫炎. 牡丹皮的化学成分和药理作用[J]. 国外医药(植物药分册),2006,21(4):155-159.
- [11] 吴少华,马云保,罗晓东,等. 丹皮的化学成分研究[J]. 中草药,2002,33(8):679-681.

## Effect of Fertilization on Dianjiang Peony Production and Pharmaceutical Quality

RAN Lie, YOU Yu-ming, LI Hui-he

(College of Forestry and Life Science, Chongqing University of Arts and Sciences, Chongqing 402168)

**Abstract:** Taking Dianjiang peony as material, the different fertilization treatments [CK(regular fertilizing); RC(rapeseed cake fertilizer); NPK (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, 7-4-5 kg/667m<sup>2</sup>); NPK + RC (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, 7-4-5 kg/667m<sup>2</sup> + rapeseed cake fertilizer); SRF(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, 50 kg/667m<sup>2</sup>)] on Dianjiang peony production, medicinal quality and the change of soil nutrient were studied by field trials. The results showed that compared with CK, others fertilization treatments could improve the yield of biennial, three years and four years of peony paeonol were 69.7%—206.7%, 28.1%—63.7%, 19.4%—66.7%, respectively. And the increase amplitude were SRF>NPK+RC>NPK>RC; improved the content of paeonol of biennial, three years, four years peony were 14.6%—64.6%, 3.26%—32.5%, 13.6%—31.8%, respectively; improved the content of paeoniflorin were 0.34%—55.3%, 63.1%—78.5%, 8.03%—46.6%, and the increase amplitude were SRF>NPK+RC>NPK>RC; NPK+RC and SRF showed the most obvious effect on paeonol nutrient accumulation. Consolidated peony production and medicinal quality point of view, NPK+RC and SRF were the best ways for improving the yield and quality of Dianjiang peony.

**Keywords:** fertilizer; peony; yield; medicinal quality