

# 不同油用牡丹叶片光合特性、氮素吸收 积累效应及产量分析

智利红,许文营

(河南农业职业学院,河南 洛阳 471002)

**摘要:**为了研究牡丹的油脂价值及氮素吸收积累效应,选取不同品种油用牡丹(紫斑牡丹、丹凤牡丹、杂交牡丹),测定其叶片光合特性、植株生长特性、氮素吸收积累量、油脂含量、籽粒产量等,以期为我国油用牡丹的丰产栽培和产业化发展提供借鉴。结果表明:不同品种油用牡丹成活率、开花率和结实率均表现为紫斑牡丹>丹凤牡丹>杂交牡丹,且相互之间差异显著;不同品种油用牡丹株高、花干质量和冠幅均表现为紫斑牡丹>丹凤牡丹>杂交牡丹。对于叶片和籽粒而言,蛋白氮和非蛋白氮含量均表现为紫斑牡丹>丹凤牡丹>杂交牡丹,并且不同品种之间差异显著;籽粒蛋白氮含量高于叶片,而籽粒非蛋白氮含量低于叶片。叶片氮素累积量和籽粒氮素累积量均表现为紫斑牡丹>丹凤牡丹>杂交牡丹,并且不同品种油用牡丹叶片氮素累积量和籽粒氮素累积量差异均显著;叶片向籽粒氮转运量依次表现为紫斑牡丹>丹凤牡丹>杂交牡丹,表明紫斑牡丹对氮素吸收利用能力较强。不同品种油用牡丹光合速率、气孔导度、胞间CO<sub>2</sub>浓度和蒸腾速率大致表现为紫斑牡丹>丹凤牡丹>杂交牡丹,而不同品种油用牡丹蒸腾速率差异不显著;不同品种油用牡丹籽粒脂肪酸总量依次表现为紫斑牡丹>丹凤牡丹>杂交牡丹。不同品种油用牡丹籽粒产量和百粒质量分别在153.28~172.06 g/株和29.13~33.26 g,并依次表现为紫斑牡丹>丹凤牡丹>杂交牡丹,不同品种之间籽粒产量差异显著。

**关键词:**油用牡丹;光合特性;氮吸收;油脂成分;产量

**中图分类号:**S685.11;S565.9   **文献标志码:**A   **文章编号:**1004-3268(2018)11-0105-05

## The Photosynthetic Characteristic, Nitrogen Uptake, Accumulation and Yield of Different Oil *Paeonia suffruticosa* Andr.

ZHI Lihong, XU Wenying

(Henan Vocational College of Agriculture, Luoyang 471002, China)

**Abstract:** In order to investigate the grease value and nitrogen absorption accumulation effect, and give reference of high-yield cultivation and industry development of *Paeonia suffruticosa* Andr.. The photosynthetic characteristic, nitrogen uptake, accumulation and yield of 4 *Paeonia suffruticosa* Andr. (*Paeonia rockii*, Red phoenix in morning peony, Hybrid peony) were determined. The results showed that, the order of survival rate, flowering rate and seed setting rate were as following: *Paeonia rockii* > Red phoenix in morning peony > Hybrid peony, with significant differences, the order of plant height, flower stem quality and crown width were as following: *Paeonia rockii* > Red phoenix in morning peony > Hybrid peony. The order of protein nitrogen, non-protein nitrogen content of leaves and seeds were as following: *Paeonia rockii* > Red phoenix in morning peony > Hybrid peony, with significant differences. The protein nitrogen content of seeds was higher than that of leaves, while the non-protein nitrogen content in seeds was lower

收稿日期:2018-08-14

基金项目:河南省科技攻关项目(182102110150)

作者简介:智利红(1971-),女,河南洛阳人,硕士,副教授,主要从事观赏植物栽培学研究。E-mail:Zhileehongg@163.com

than that of leaves. The order of nitrogen accumulation in leaves and seeds were as following: *Paeonia rockii* > Red phoenix in morning peony > Hybrid peony, with significant differences. The order of nitrogen transfer rates were as following: *Paeonia rockii* > Red phoenix in morning peony > Hybrid peony, indicating the strong nitrogen absorption and utilization in *Paeonia rockii*. The order of photosynthetic rates, stomatal conductance, intercellular CO<sub>2</sub> concentration and transpiration rates were as following: *Paeonia rockii* > Red phoenix in morning peony > Hybrid peony, while the transpiration rates had no significant difference, and the order of total fatty acid was as following: *Paeonia rockii* > Red phoenix in morning peony > Hybrid peony. Grain yield and grain weight per hundred grains of 4 *Paeonia suffruticosa* Andr. varied from 153.28—172.06 g and 29.13—33.26 g, respectively, the order was as following: *Paeonia rockii* > Red phoenix in morning peony > Hybrid peony.

**Key words:** *Paeonia suffruticosa* Andr.; Photosynthetic characteristic; Nitrogen uptake; Grease composition; Yield

牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr.)属于芍药属物种,具有较高的观赏价值,但其经济价值容易被忽视<sup>[1-2]</sup>。油用牡丹是一种新兴的油料灌木,主要品种有凤丹牡丹和紫斑牡丹<sup>[3]</sup>。油用牡丹不仅具有较高的成花率、结实率和果实产量,且长势旺盛,其种籽具有高达22%的出油率<sup>[4]</sup>。牡丹籽油含有超过90%的不饱和脂肪酸,尤其是α-亚麻酸,长期食用能够显著降低血压、血脂、胆固醇,增强免疫力的同时降低心脑血管疾病的发病率,被认为是成分合理、营养高的活性食用油<sup>[5-6]</sup>。自2013年国家大力推广种植油用牡丹以来,其提取工艺及油脂成分分析得到了长足的发展,与此同时,与产量相关的各项研究也逐步开展起来<sup>[7]</sup>。林萍等<sup>[8]</sup>研究表明,单株培育可以有效提高油用牡丹单位面积产油量。也有研究认为,牡丹籽破壳可以显著提高籽粒产量<sup>[9]</sup>。宋宏伟等<sup>[10]</sup>连续4 a定点观测了平原露地栽培、林下间作和旱薄山地露地栽培条件下油用牡丹籽粒产量的变化情况,结果表明,不同郁闭度条件下林下间作油用牡丹果实经济性状和含油率均有所提高。段祥光等<sup>[11]</sup>研究表明,不同氮肥施用水平均能促进油用牡丹籽粒产量的提高。

油用牡丹在种植后能够多年不换茬,节省人力、物力<sup>[12]</sup>,还能起到涵养水源、保持水土的功能,对于生态环境保护具有明显的效果,目前在全国范围内大面积种植<sup>[13-14]</sup>。有研究发现,对于小麦、玉米等作物而言,施用氮素能够对籽粒发育、作物产量产生制约效果<sup>[15]</sup>。金继运等<sup>[16]</sup>研究发现,在氮肥适量增加的情况下,玉米籽粒中脂肪酸含量明显上升,但氮肥施用过量会降低玉米籽粒脂肪酸含量。随着油用牡丹的大面积种植,其生长以及自身养分吸收状况易被忽视,直接影响到油用牡丹的农业价值<sup>[17]</sup>。鉴于此,对不同品种油用牡丹(紫斑牡丹、丹凤牡

丹、杂交牡丹)叶片光合特性、植株生长特性、氮素吸收积累量、油脂含量、油脂产量进行研究,以期为我国油用牡丹的丰产栽培和产业化发展提供借鉴。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验设计

试验在河南农业职业学院油用牡丹试验田进行,供试品种为2 a生的紫斑牡丹、丹凤牡丹、杂交牡丹种苗,试验采取随机区组设计,试验区面积为15 m×15 m,划分为3个小区,每个小区面积为15 m(长)×4 m(宽),相邻小区之间设置1.5 m宽的间隔,油用牡丹株行距为0.8 m×0.8 m。入秋后立冬前每小区施入尿素2.5 kg、过磷酸钙6 kg并定期浇水和除草。每小区随机抽取10株油用牡丹,在生长过程中对其生长特性指标进行记录。

### 1.2 测定项目及方法

1.2.1 生长发育指标测定 2017年4月13日在各个试验区选取10株长势一致的油用牡丹,分别测量其株高、冠幅、花径等;8月3日在各个试验区选取10株长势较好的油用牡丹进行收割,自然晾晒1 d,之后在68 ℃条件下烘干48 h,待恒质量后称籽粒质量,并计算百粒质量。

分别在展叶期、初蕾期、盛花期、果熟期测定植株全氮含量。每小区取长势均匀的油用牡丹10株,105 ℃下杀青30 min,80 ℃下烘干至恒质量、粉碎,过0.2 mm筛后用5%三氯乙酸溶液提取蛋白氮,采用半微量凯氏定氮法测定叶片、籽粒的全氮含量,采用气相色谱法测定脂肪酸成分<sup>[18]</sup>。

$$\text{籽粒氮累积量} = \text{籽粒干质量} \times \text{氮含量};$$

$$\text{叶片氮累积量} = \text{叶片干质量} \times \text{氮含量};$$

$$\text{叶片氮转运率} = \text{叶片氮转运量} / \text{初蕾期叶片氮累积量};$$

叶片氮转运量 = 初蕾期叶片氮积累量 - 果熟期叶片氮积累量;

叶片氮贡献率 = 叶片氮转运量/籽粒氮积累量。

**1.2.2 光合强度测定** 选取不同品种油用牡丹成熟叶片,用 LI-6400 便携式测量仪在晴天无风的良好天气下,使用红蓝光源控制光照达到 1 000 mol/(m<sup>2</sup>·s)、CO<sub>2</sub> 流量达到 400 mol/L、空气湿度 24%~45%,记录净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)等指标,从 7:00—19:00 每间隔 2 h 测量 1 次,每次 3 个重复。

### 1.3 数据分析

用 Excel 和 SPSS 18.0 分析数据,用单因素方差分析法(One-way ANOVA)和最小显著法(LSD)检验差异显著性。

表 1 不同品种油用牡丹生长特性

品种	株高/cm	花径/cm	冠幅/cm	花干质量/g	成活率/%	开花率/%	结实率/%
丹凤牡丹	62.89 ± 6.23b	0.88 ± 0.03a	11.58 ± 1.12ab	4.02 ± 0.35a	93.26 ± 5.62b	70.56 ± 4.63b	43.58 ± 3.54b
紫斑牡丹	65.21 ± 5.14a	0.91 ± 0.05a	12.36 ± 1.56a	4.58 ± 0.26a	95.32 ± 4.18a	72.51 ± 3.58a	51.89 ± 4.15a
杂交牡丹	56.32 ± 5.78c	0.89 ± 0.06a	10.02 ± 1.34b	4.01 ± 0.37a	91.02 ± 6.01c	62.33 ± 6.02c	32.61 ± 2.78c

注:同列数据后不同小写字母表示不同品种间差异显著( $P < 0.05$ ),下同。

### 2.2 不同品种油用牡丹氮素积累及转运动态

由表 2 可知,叶片蛋白氮和非蛋白氮含量均表现为紫斑牡丹 > 丹凤牡丹 > 杂交牡丹,并且不同品种之间差异显著,而不同品种之间蛋白氮/总氮比值相互之间差异不显著;对于籽粒而言,蛋白氮和非蛋白氮含量均表现为紫斑牡丹 > 丹凤牡丹 > 杂交牡丹,不同品种之间非蛋白氮含量差异显著,蛋白氮/总氮比值大致表现为杂交牡丹 > 丹凤牡丹 > 紫斑牡丹。此外,总体来说,籽粒中蛋白氮含量高于叶片,

## 2 结果与分析

### 2.1 不同品种油用牡丹生长特性

对不同品种油用牡丹苗木成活率、开花率和结实率情况进行分析(表 1),油用牡丹成活率、开花率和结实率均表现为紫斑牡丹 > 丹凤牡丹 > 杂交牡丹。方差分析结果显示,不同品种油用牡丹成活率、开花率和结实率均存在显著差异。不同品种油用牡丹株高在 56.32~65.21 cm,依次排序为紫斑牡丹 > 丹凤牡丹 > 杂交牡丹,相互之间差异显著;花径和花干质量分别介于 0.88~0.91 cm 和 4.01~4.58 g,相互之间差异不显著;冠幅在 10.02~12.36 cm,紫斑牡丹与丹凤牡丹之间、丹凤牡丹与杂交牡丹之间差异不显著。

表 1 不同品种油用牡丹生长特性

品种	株高/cm	花径/cm	冠幅/cm	花干质量/g	成活率/%	开花率/%	结实率/%
丹凤牡丹	62.89 ± 6.23b	0.88 ± 0.03a	11.58 ± 1.12ab	4.02 ± 0.35a	93.26 ± 5.62b	70.56 ± 4.63b	43.58 ± 3.54b
紫斑牡丹	65.21 ± 5.14a	0.91 ± 0.05a	12.36 ± 1.56a	4.58 ± 0.26a	95.32 ± 4.18a	72.51 ± 3.58a	51.89 ± 4.15a
杂交牡丹	56.32 ± 5.78c	0.89 ± 0.06a	10.02 ± 1.34b	4.01 ± 0.37a	91.02 ± 6.01c	62.33 ± 6.02c	32.61 ± 2.78c

而籽粒中非蛋白氮含量低于叶片。

由表 3 可知,叶片和籽粒氮素累积量均表现为紫斑牡丹 > 丹凤牡丹 > 杂交牡丹,并且不同品种之间叶片和籽粒氮素累积量差异显著;叶片向籽粒氮素转运量依次表现为紫斑牡丹 > 丹凤牡丹 > 杂交牡丹,紫斑牡丹和丹凤牡丹之间差异不显著,且显著高于杂交牡丹;叶片向籽粒氮素贡献率依次表现为紫斑牡丹 > 杂交牡丹 > 丹凤牡丹,丹凤牡丹和杂交牡丹之间差异不显著,且显著低于紫斑牡丹。

表 2 不同品种油用牡丹蛋白氮和非蛋白氮含量

品种	叶片			籽粒		
	蛋白氮/g	非蛋白氮/g	蛋白氮/总氮	蛋白氮/g	非蛋白氮/g	蛋白氮/总氮
丹凤牡丹	4.19 ± 0.53b	1.35 ± 0.25b	75.63 ± 3.25a	7.01 ± 0.34a	1.01 ± 0.13b	87.41 ± 5.26a
紫斑牡丹	5.26 ± 0.46a	1.69 ± 0.31a	75.68 ± 2.48a	7.26 ± 0.36a	1.23 ± 0.25a	85.51 ± 3.58b
杂交牡丹	3.02 ± 0.39c	1.01 ± 0.26c	74.94 ± 3.01a	6.25 ± 0.51b	0.86 ± 0.21c	87.90 ± 4.79a

表 3 不同品种油用牡丹氮素积累及转运

品种	叶片氮素		籽粒氮素		叶片向籽粒		叶片向籽粒	
	积累量/g	积累量/g	积累量/g	积累量/g	氮素转运量/g	氮素转运率/%	氮素贡献率/%	
丹凤牡丹	3.65 ± 0.38b	6.03 ± 0.26b	6.15 ± 0.27a	80.55 ± 3.26ab	62.01 ± 3.01b			
紫斑牡丹	4.03 ± 0.69a	7.52 ± 0.31a	6.23 ± 0.19a	81.31 ± 5.12a	63.82 ± 5.29a			
杂交牡丹	2.57 ± 0.54c	5.11 ± 0.38c	5.51 ± 0.25b	78.23 ± 4.59b	62.14 ± 4.57b			

### 2.3 不同品种油用牡丹叶片光合特性

由表 4 可知,不同品种油用牡丹叶片光合速率和气孔导度依次表现为紫斑牡丹 > 丹凤牡丹 > 杂交牡丹,紫斑牡丹和丹凤牡丹之间差异不显著,且显著高于杂交牡丹;不同品种油用牡丹胞间 CO<sub>2</sub> 浓度依

次表现为紫斑牡丹 > 丹凤牡丹 > 杂交牡丹,且相互之间差异显著;不同品种油用牡丹蒸腾速率依次表现为紫斑牡丹 > 杂交牡丹 > 丹凤牡丹,不同品种之间差异不显著。

表 4 不同品种油用牡丹叶片光合特性

品种	Pn/[ μmol/(m <sup>2</sup> · s) ]	Gs/[ μmol/(m <sup>2</sup> · s) ]	Ci/( μmol/moL)	Tr/[ μmol/(m <sup>2</sup> · s) ]
丹凤牡丹	6.01 ± 0.52a	0.18 ± 0.02a	516.02 ± 23.54b	2.31 ± 0.26a
紫斑牡丹	6.52 ± 0.61a	0.19 ± 0.01a	523.21 ± 32.15a	2.35 ± 0.31a
杂交牡丹	5.58 ± 0.38b	0.10 ± 0.01b	435.28 ± 36.78c	2.34 ± 0.28a

## 2.4 不同品种油用牡丹籽粒脂肪酸含量

由表 5 可知,不同品种油用牡丹籽粒脂肪酸总量依次表现为紫斑牡丹 > 丹凤牡丹 > 杂交牡丹,并且不同品种之间差异显著;不同品种油用牡丹籽粒棕榈酸和硬脂酸含量均表现为紫斑牡丹最高,不同品种油用

牡丹籽粒棕榈酸含量差异显著,而硬脂酸含量差异不显著;不同品种油用牡丹籽粒 α 亚麻酸含量差异不显著,亚油酸和油酸含量均依次表现为紫斑牡丹 > 丹凤牡丹 > 杂交牡丹。

表 5 不同品种油用牡丹籽粒脂肪酸含量

品种	脂肪酸总量	饱和脂肪酸含量		不饱和脂肪酸含量		
		棕榈酸含量	硬脂酸含量	亚油酸含量	α 亚麻酸含量	油酸含量
丹凤牡丹	82.27 ± 5.69b	9.16 ± 2.01b	3.69 ± 0.26a	24.26 ± 3.02b	30.15 ± 1.85a	15.01 ± 1.25a
紫斑牡丹	88.18 ± 6.02a	10.23 ± 1.56a	3.74 ± 0.35a	26.59 ± 2.14a	31.26 ± 1.23a	16.36 ± 2.04a
杂交牡丹	77.74 ± 5.78c	8.01 ± 1.87c	3.71 ± 0.48a	23.07 ± 2.61b	29.78 ± 1.46a	13.17 ± 1.56b

## 2.5 不同品种油用牡丹籽粒产量性状

由图 1 可知,不同品种油用牡丹籽粒产量在 153.28 ~ 172.06 g/株,依次排序为紫斑牡丹 > 丹凤牡丹 > 杂交牡丹,并且相互之间差异显著;不同品种

油用牡丹籽粒百粒质量在 29.13 ~ 33.26 g,依次排序为紫斑牡丹 > 丹凤牡丹 > 杂交牡丹,紫斑牡丹与丹凤牡丹差异不显著,并且显著高于杂交牡丹。

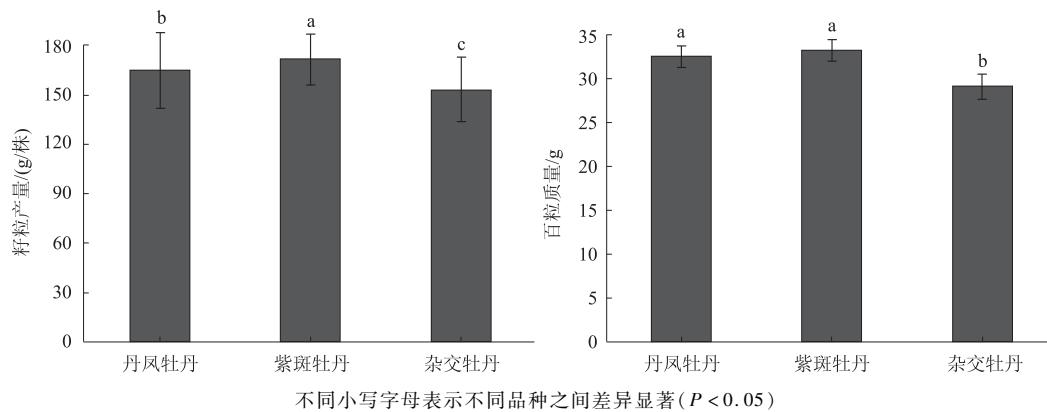


图 1 不同品种油用牡丹籽粒产量性状

## 3 结论与讨论

牡丹具有较高的欣赏价值和经济价值,是高效优良的油用灌木,近年来牡丹植株的栽培及油脂提炼等技术得到发展,但是对其园艺性状以及不同品种、种源间的籽粒油脂分析、比较等方面的研究不多<sup>[5-7]</sup>。本研究对不同品种油用牡丹种苗成活率、开花率、结实率进行测量,从而比较其生长态势。通过对对比分析发现,紫斑牡丹的成活率、开花率、结实率最高,其后依次是丹凤牡丹、杂交牡丹。方差分析结果显示,不同品种油用牡丹成活率、开花率和结实率之间均存在显著差异。杂交牡丹属于保康野生牡丹的杂交品种,母本来自于紫斑牡丹,生长初期较为缓慢,但成年期呈现良好的长势及结实率,需要后续

进行持续性的观测研究。此外,紫斑牡丹在株高、花干质量和冠幅方面表现较优,其后依次是丹凤牡丹、杂交牡丹,与前人的研究基本一致<sup>[11-13]</sup>。

牡丹籽粒中含有大量的氮元素,这些氮素主要来自于两个方面:第一,牡丹在生长过程中对氮的积累及转运;第二,牡丹开花后吸收的氮,其中蛋白质降解起着重要作用<sup>[19-20]</sup>。本研究中,叶片和籽粒蛋白氮和非蛋白氮含量均表现为紫斑牡丹 > 丹凤牡丹 > 杂交牡丹,其中籽粒蛋白氮含量高于叶片,而籽粒非蛋白氮含量低于叶片。主要是由于在牡丹生长过程中,叶片蛋白氮不断被吸收并转运到果实,为籽粒发育提供养分,因此籽粒氮素含量较高<sup>[21]</sup>。此外,叶片和籽粒氮累积量均表现为紫斑牡丹 > 丹凤牡丹 > 杂交牡丹,与丹凤牡丹、紫斑牡丹相对比,杂

交牡丹的叶片向籽粒氮素转运率、氮素贡献率较低,表明紫斑牡丹对氮素吸收利用能力较强,而杂交牡丹对氮素吸收利用能力较弱;从牡丹光合速率、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度方面来看,紫斑牡丹表现较好,其后依次是丹凤牡丹、杂交牡丹。综合来看,紫斑牡丹各方面性状表现较为优良,有利于有机物质和油料物质的合成<sup>[22-25]</sup>。

牡丹籽油中的重要成分是亚麻酸等不饱和脂肪酸,对预防心脑血管疾病起着良好效果<sup>[19-21]</sup>。本研究中,脂肪酸含量最高的品种是紫斑牡丹,其次是丹凤牡丹,主要原因在于氮素转运影响植株新陈代谢,进而制约合成脂肪酸重要催化剂乙酰辅酶 A 的生成<sup>[26-29]</sup>。就产量方面而言,3 个品种油用牡丹的单株籽粒产量在 153.28 ~ 172.06 g,百粒质量在 29.13 ~ 33.26 g,籽粒产量及百粒质量较高的依然是紫斑牡丹,较低的是杂交牡丹。综合可知,紫斑牡丹具有更高的经济价值和环境适应性,建议大面积推广种植。

#### 参考文献:

- [1] 韩继刚,李晓青,刘炤,等.牡丹油用价值及其应用前景[J].粮食与油脂,2014,27(5):21-25.
- [2] 常章富,吴嘉瑞,滕云霞,等.中国野牡丹科药用植物性能主治的研究[J].中国中药杂志,2008,33(7):854-859.
- [3] 李育材.中国油用牡丹工程的战略思考[J].中国工程科学,2014,16(10):58-63.
- [4] 陈慧玲,杨彦伶,张新叶,等.油用牡丹研究进展[J].湖北林业科技,2013(5):41-44.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 张涛,高天妹,白瑞英,等.油用牡丹利用与研究进展[J].重庆师范大学学报(自然科学版),2015,32(2):143-149.
- [8] 林萍,姚小华,曹永庆,等.油用牡丹‘凤丹’果实在性状及其脂肪酸组分的变异分析[J].经济林研究,2015(1):67-72.
- [9] 陈景震,李培旺,张良波,等.湖南油用牡丹籽油的理化性质及脂肪酸组分分析[J].经济林研究,2015(4):119-122.
- [10] 宋宏伟,刘少华,沈植国,等.不同栽培条件下油用牡丹种子产量及含油率[J].经济林研究,2018(1):105-109.
- [11] 段祥光,张利霞,刘伟,等.施氮量对油用牡丹‘凤丹’光合特性及产量的影响[J].南京林业大学学报(自然科学版),2018,42(1):48-54.
- [12] 张衷华,唐中华,杨逢建,等.两种主要油用牡丹光合特性及其微环境影响因子分析[J].植物研究,2014,34(6):770-775.
- [13] 韩晨静,孟庆华,陈雪梅,等.我国油用牡丹研究利用现状与产业发展对策[J].山东农业科学,2015,47(10):125-132.
- [14] 杨振晶,褚鹏飞,张秀省,等.我国油用牡丹繁殖技术研究进展[J].北方园艺,2015(21):201-204.
- [15] 朱恒星,唐佳佳,戴前莉,等.油用牡丹良种‘凤丹’引种栽培观察[J].南方农业,2016,10(1):10-12.
- [16] 金继运,何萍.氮钾营养对春玉米后期碳氮代谢与粒重形成的影响[J].中国农业科学,1999,32(4):55-62.
- [17] 林萍,姚小华,曹永庆,等.油用牡丹‘凤丹’果实在性状及其脂肪酸组分的变异分析[J].经济林研究,2015,33(1):67-72.
- [18] 师帅.间作及施肥对油用牡丹籽产量和品质的影响[D].合肥:安徽农业大学,2016.
- [19] 王文文,吴三林,廖鸿,等.海拔和栽培密度对油用牡丹产量品质的影响[J].南方农业,2017,11(34):73-76.
- [20] 司冰,张延龙,牛立新,等.油用牡丹‘凤丹’的授粉品种试验[J].北方园艺,2016(20):58-61.
- [21] 张延龙,韩雪源,牛立新,等.9 种野生牡丹籽油主要脂肪酸成分分析[J].中国粮油学报,2015,30(4):72-75.
- [22] 姜天华,单佩佩,黄在范,等.施用氮肥对油用牡丹叶片氮素吸收积累与籽粒品质的影响[J].应用生态学报,2016,27(10):3257-3263.
- [23] 曾秀丽,张姗姗,杨勇,等.西藏不同居群大花黄牡丹的种子油脂成分分析[J].四川农业大学学报,2015,33(3):285-288.
- [24] 许腾,陆建伟,亢守亭,等.牡丹籽饼对生长肥育猪血液生化、抗氧化、免疫指标的影响[J].河南农业科学,2018,47(5):140-144.
- [25] 杨瑞先,王祖华,赵梓轩,等.牡丹根际微生物的研究进展[J].河南农业科学,2017,46(6):29-33.
- [26] 史小华,马广莹,金亮,等.10 个芍药油用品种在杭州的结实特性表现[J].浙江农业科学,2017,58(3):459-462.
- [27] 韩雪源,张延龙,牛立新,等.不同产地‘凤丹’牡丹籽油主要脂肪酸成分分析[J].食品科学,2014(22):181-184.
- [28] 王政,杨大娟,何松林,等.不同处理对牡丹体细胞胚发生早期生理生化的影响[J].河南农业科学,2018,47(3):105-111.
- [29] 李云霞,刘砚璞,王占营,等.6 个牡丹品种盛花期光合特性研究[J].河南农业科学,2016,45(7):101-104.