

# 贮藏时间对麻疯树种子萌发率和总体出油量的影响

杨 静<sup>1</sup>, 刘永平<sup>1</sup>, 梁龙果<sup>1</sup>, 朱 飞<sup>1</sup>, 杨成源<sup>2</sup>

(1.中北大学化工与环境学院, 山西 太原 030051; 2.中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 景洪 666303)

## Effects of Different Storage Time on Germination Rate and Overall Oil Content of *Jatropha curcas* L. Seed

YANG Jing<sup>1</sup>, LIU Yongping<sup>1</sup>, LIANG Longguo<sup>1</sup>, ZHU Fei<sup>1</sup>, YANG Chengyuan<sup>2</sup>

**摘 要:**以不同年份采收的麻疯树种子为试验材料,研究采后1个月、1年、2年、3年、4年、5年和8年种子的种子百粒重、种仁百粒重、出仁率、种子含水率、种仁含水率、酸值、种仁含油率、主要脂肪酸比例和萌发率变化共11个指标,多元线性回归分析显示,贮藏时间只与萌发率和种仁含水率呈负相关,与油脂酸值呈正相关,贮藏1年后萌发率下降到32%。种仁含油率和出仁率是影响总体出油量的关键因子,它们与贮藏时间未见相关性,但是前者与种仁重量正相关,后者与种子含水率负相关。酸值的增加并未影响除萌发率以外的包括含油率和主要脂肪酸比例等指标。所以,用于扩繁再生的种子最好贮藏1年以内,控制低湿度;作为原料油再加工的种子至少可贮藏5年,可尽量干燥。

**关键词:** 麻疯树; 种子; 贮藏时间; 萌发率; 含油量

**DOI 编码:** 10.16590/j.cnki.1001-4705.2016.06.074

**中图分类号:** S565.9 **文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-4705(2016)06-0074-05

麻疯树(*Jatropha curcas* L.)为大戟科(Euphorbiaceae)麻疯树属植物,属半灌木或小乔木树种,原产

**收稿日期:** 2016-01-25

**基金项目:**国家自然科学基金青年基金(编号:31200462);山西省自然科学基金青年基金(编号:2012021029-1);北京农学院农业部都市农业(北方)重点实验室开放课题(编号:2015-2016);国家自然科学基金(编号:31270704)资助。

**作者简介:**杨 静(1977—),女(白族),云南昆明人,副教授,博士,研究方向:植物生理生化。

**通讯作者:**刘永平, E-mail: ypliu321@163.com。

(接上页)

[8]程希,李家坤.中外植物新品种保护制度之比较与启示[J].

县龙江省政法管理干部学院学报,2009(3):73-75.

[9]张肖娟,孙振元.我国观赏植物新品种保护与 DUS 测试研究进展[J].林业科学研究,2011,24(2):247-252.

[10]Robert Tripp, Niels Louwaars, Derek Eaton. Plant variety protection in developing countries. A report from the field [J]. Food Policy, 2007(32):354-371.

[11]孙瑀琪,张成亮,周世伟,等.国外植物新品种保护工作的经

中美洲,后引种到东南亚各国,分布于热带、亚热带地区,我国两广、福建、海南和云、贵、川等地均有种植<sup>[1-2]</sup>。麻疯树具有耐旱耐荒耐热,种子和扦插繁殖均可,植培管理投入小等特点,可用于干热河谷和荒山造林<sup>[2-4]</sup>,另外,除根、皮、叶和种子有效提取物可入药外,它最大的价值在于种仁含油量高达40%~60%,可作生物柴油用<sup>[2,5]</sup>,因此麻疯树成为兼顾植树造林、涵养水土、绿化环境和经济价值的潜力开发树种之一<sup>[2,3,5]</sup>。但是,麻疯树属于日中性植物,对日照长短启动的生殖生长并不敏感,赤道地区可见终年开花结果,南非地区4年生麻疯树的采收季长达8.5个月<sup>[1,4,6]</sup>;但非耕地上生长的麻疯树由于养护不足种子产量不高,出现花期长,果量小,集中采收困难等问题。

种子是植物生活史的起点和终点,既是重要繁殖器官,又是重要的贮藏器官,而种子在贮藏过程中蛋白质含量会逐渐降低,丙二醛含量逐渐升高,发生菌害、病害和虫害,严重影响种子活力和其它利用价值<sup>[7-10]</sup>。麻疯树种子依不同贮藏地,不同贮藏时间,种子活力自采收起便开始快速下降<sup>[11-12]</sup>,但是作为生物柴油的非食用原料油,麻疯树种子的含油量、脂肪酸含量和与油品利用有关的指标变化多限于2年之内<sup>[11-14]</sup>,更长的贮藏期内会发生怎样变化,导致油脂变质无法利用的研究还鲜有报道,因此探讨麻疯树种子的贮藏时间对

验与启示[J].黑龙江农业科学,2011(7):149-151.

[12]戴剑,李华勇,丁奎敏.刍议我国农业植物新品种保护体系[J].种子,2008,27(11):98-101.

[13]康志河,唐瑞勤,吴凤兰.美国植物新品种保护模式及对我国的借鉴[J].农业科技通讯,2007(12):6-8.

[14]张李明,杨坤,周云龙.荷兰植物新品种保护制度的成功经验及对中国的启示[J].世界农业,2011(5):51-54.

于种子活力和种子油脂的影响,能厘清扩繁种植之用的种子贮藏时间及油脂压榨酯化生物柴油之用的贮藏时间,为发挥麻疯树最大的经济效益和生态效益服务。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试剂与仪器

上海泓纪实业有限公司 SOX406 脂肪测定仪,上海天美科学仪器有限公司 GC-7900 气相色谱仪, TMFFAP 毛细管色谱柱,上海博讯实业有限公司医疗设备厂 GZX-9070MBE 电热鼓风干燥箱,江苏省金坛荣华仪器制造有限公司 HH-6 数显恒温水浴锅。正己烷(分析纯)、氢氧化钾、甲醇、98%硫酸、氯化钠、60-90 石油醚(沸程为 60~90 ℃)均为分析纯。

### 1.2 试验材料

麻疯树种子分别于每年 7 月(2007 年,2010—2015 年)采自中国科学院西双版纳热带植物园区,自然条件下通风干燥除果皮取种子后,空调房挂藏,温度(27±1)℃。以 2015 年 7 月采收种子开始记时,2015 年 8 月为保存 1 个月的材料,2014 年 7 月采收种子的记为贮藏 1 年,依次按年递推,2013 年至 2010 年 7 月采收的分别记为 2 年、3 年、4 年、5 年,2007 年 7 月采收的记为 8 年。

### 1.3 种子表现性状测定

随意抽取种子 100 粒和完整种仁 100 粒,重复 3 次,测定种子百粒重、种仁百粒重,计算出仁率(除去发霉和空壳种仁)。100 ℃烘干种子 4 h 后,计算种子和种仁含水量。

### 1.4 种子萌发率

随意抽取种子 50 粒,重复 3 次,用去离子水过夜浸种后,播种于湿润沙土,置于(27±2)℃温室中,2 周

后记录种子萌发率。

### 1.5 粗脂肪测定

利用索氏提取法,取 3 g 磨碎的麻风树种仁,使用 SOX406 脂肪测定仪测定种仁含油量。

### 1.6 油脂酸值测定

酸值测定按 GB/T 5530—2005 进行测定,将含有 0.5 mL 酚酞指示剂(10 g/L)50 mL 95%乙醇,加热至微沸,用 0.1 mol/L 的 KOH 滴定 15 s 不褪色后,转移至装有 1 g 油脂的三角瓶中充分混合煮沸。再用 0.1 mol/L 的 KOH 滴定 15 s 不褪色,为滴定终点。酸值=(56.1×V×C)/m,式中:56.1 为氢氧化钾摩尔质量,V 为氢氧化钾体积,C 为氢氧化钾浓度;m 为油样质量。

### 1.7 脂肪酸组成测定

取油样 0.2 g 于 10 mL 试管,加 0.5 mol/L 氢氧化钾-甲醇溶液 2 mL,65 ℃水浴皂化 1 h,冷却 3 min 后用 50%的硫酸溶液调节 pH 至 7.0;加硫酸-甲醇(体积比 1:10)溶液 2 mL 酯化反应 30 min;加正己烷 3 mL,振摇,饱和氯化钠溶液 1 mL 盐析,静置 10 min;取上清液 5 000 r/min 离心 10 min;吸取上层的脂肪酸甲酯,待作 GC 分析。

程序升温:柱温程序升温以 10 ℃/min 从 140 ℃升到 180 ℃保持 3 min,5 ℃/min 继续升温到 200 ℃保持 4 min;进样口温度 230 ℃,检测器温度 240 ℃。

气体流速:氮气 40 mL/min,氢气 40 mL/min,空气 450 mL/min,分流比 1:20。

应用 SPSS 19.0 软件进行数据整理和统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 与贮藏时间相关的性状分析

分别测定样地不同年份 7 月采收风干挂藏的麻疯

表 1 不同年份麻疯树种子特性分析

	存放时间							
	1 个月	1 年	2 年	3 年	4 年	5 年	8 年	
种子百粒重(g)	55.96±1.78 e	67.42±1.52 c	73.26±0.25 b	64.4±1.27 d	67.45±2.52 c	63.89±2.26 d	77.07±2.65 a	
种仁百粒重(g)	35.86±0.05 c	44.36±0.45 b	49.65±1.56 b	42.64±1.99 b	44.05±0.74 b	42.24±3.23 b	50.74±2.07 a	
出仁率(%)	81.00±9.90	96.50±0.71	83.0±4.24	67.0±1.41	82.0±2.83	87.3±2.49	94.0±1.11	
种子含水率(%)	2.79±0.11	2.82±0.02	2.83±0.10	4.01±0.08	3.52±0.09	2.49±0.06	4.41±0.07	
种仁含水率(%)	2.11±0.06	2.10±0.09	1.89±0.08	2.14±0.08	2.05±0.18	1.62±0.01	2.29±0.09	
种子含油率(%)	61.54±0.30	49.99±0.22	51.74±1.49	59.80±2.44	55.64±0.46	52.68±3.67	54.40±2.77	
酸值(mg/g)	2.45±0.45	3.27±0.08	3.78±0.46	4.10±0.30	4.89±0.58	5.26±0.87	14.56±1.78	
主要脂肪酸比例(%)	棕榈酸	12.77±0.36	15.59±0.39	15.053±0.49	13.61±0.48	15.410±0.99	16.968±1.26	14.842±0.31
	油酸	47.33±3.89	47.48±1.63 a	42.35±0.47	48.06±0.35	47.21±1.14	47.31±2.95	47.28±1.35
	亚油酸	39.89±2.51	36.93±1.44	42.59±0.57	38.32±1.70	37.38±0.23	35.72±1.31	37.87±1.47
种子萌发率(%)	81.0±0.07	32.0±0.11	13.00±0.06	0	0	0	0	

注:不同小写字母表示差异显著(p<0.05)。

树种子的种子百粒重、种仁百粒重、出仁率、种子含水率、种仁含水率、种仁含油率、酸值、种子萌发率和种仁油中最主要的棕榈酸、油酸和亚油酸的比例,贮藏时间分别为1个月,1年,2年,3年,4年,5年和8年共7个时间点。从表1可见,贮藏8年的种子酸值跃变到14.56 mg/g,约为贮藏5年的3倍,种皮完好,但种仁颜色严重发黄变质。另外,记录显示,西双版纳园试验地建立的时间是2005年末到2006年春末,定植之前进行了深翻整地和施肥,2007年开花结果状况良好,林木进入丰收盛产年。在Duncan多重比较中发现,种子重和种仁重显著高于其它年份,如表1。在进行多元线性回归分析时,会得出随着贮藏时间延长,种子和种仁重量大幅度增重,正相关的错误结论,所以表2贮藏时间与各项指标之间的Anova方差分析和表3所显示的多元线性回归分析中剔除了贮藏8年的数据。表2所示的方差分析显示差异极显著,说明存在相关性。表3分析显示,贮藏时间与油脂酸值、萌发率和种仁含水率相关,与其它各项指标无相关性。

随着贮藏时间的延长酸值不断上升, $r=0.85$ ,正相关。如表1可见,1个月至5年之间酸值缓慢增加,种壳完好,种仁仍然保持正常白色和乳白色,未见种仁发黄变质,这与Dharmaputra等<sup>[15]</sup>的研究结果相似。麻疯树种子随着贮藏时间的推移(0周到20周)游离脂肪酸不断升高,即酸值不断增高。随着贮藏时间的延长萌发率快速降低( $r=-0.85$ ),种仁含水率逐渐减少( $r=-0.60$ ),负相关。如表1所示,采收1个月后的种子萌发率最高,达到81%;如果配合因发育不良等原因造成的81%出仁率,萌发率应为100%;但是贮藏1年和贮藏2年的萌发率分别为32%和13%,基本不能用作扩繁种植之用。如果剔除3年以上萌发率为零的极值,重作线性回归, $r=-0.95$ ,斜率为26.2,说明麻疯树种子不耐贮藏,并且可能与种仁含水量弱相关( $r=0.36$ , $p=0.06$ )。

表2 Anova 方差分析

	平方和	df	均方	F	Sig.
回归	50.46	11	4.587	13.45	0.00
残差	2.046	6	0.341		
总计	52.50	17			

## 2.2 其它指标之间的相关性分析

所有检测指标之间的相关性分析如表3所示。同时满足显著性差异 $<0.05$ ,相关系数 $|r|>0.5$ 表示,2个指标间的 $r$ 值有显著性差异,存在回归关系,并且它们之间的相互影响超过了50%。分析发现,种子重与

种仁重呈正相关( $r=0.93$ );种子重和种仁重分别与油酸呈负相关( $r<-0.90$ ),与亚油酸呈正相关, $r>0.88$ ,而油酸与亚油酸之间也呈负相关( $r<-0.90$ ),也就是说种子越重种仁就越健康饱满,同时积累更多的亚油酸,反之则积累更多的油酸。就算是贮藏8年,种仁明显变黄的种子,也保持正常的相应出油率和脂肪酸比例(如表1)。种子含水率除了与种仁含水率呈正相关( $r=0.59$ )外,还与出仁率呈负相关( $r=-0.78$ ),说明种子含水率高可能增加了种子感病虫害的机率,容易造成空壳和霉变降低出仁率。吴跃开等综述了麻疯树种子寄生真菌的种类和特点,认为为了避免自带真菌和仓储真菌感染损失,推荐贮藏条件应保证干燥低温<sup>[9]</sup>。萌发率与酸值负相关( $r=-0.50$ ),如果剔除3年以上萌发率为零的极值,重作两者线性回归( $r=-0.96$ ),说明油脂酸败可能是萌发率下降的原因之一。

## 3 讨论

### 3.1 影响萌发率的因素

萌发率是表征种子活力和是否可以用于再生扩繁的重要指标。经分析发现,影响麻疯树种子萌发率的最主要因素是贮藏时间,用于萌发再生扩繁的种子最佳贮藏时间是1个月至1年之间,采收贮藏少于1个月的种子有初生休眠现象,萌发率只有10%~20%(数据未列出),但之后会自我消除。邓志军等认为,麻疯树种子属于正常性种子,在开花后65d生理成熟后期(58d是生理成熟期)的种子萌发率会有所下降,具有初生休眠特性<sup>[16]</sup>。而韦剑锋等研究表明,贮藏1年的麻疯树种子萌发率下降到1.48%<sup>[12]</sup>。从表3可见,影响萌发率的其它因素除了之前提到的酸值,可能还包括种子含水率( $r=-0.38$ , $p=0.06$ )和种仁含水率( $r=0.38$ , $p=0.06$ ),韦小丽等<sup>[11]</sup>研究,针对麻疯树种子的6种贮藏组合,发现最好的组合是温度4℃,种子含水量4.7%,而不是温度4℃,含水量8.7%,最差的是常温,含水量8.7%。它们经过3个月贮藏,6种组合发芽率在55%~80%之间波动,说明低温和较低的水量有利于种子的蛋白质、酶系统保存和萌发率的保持等综合贮藏效果。Heller等<sup>[2]</sup>在16℃下未封口的塑料袋中贮藏麻疯树种子,7年后萌发率为47%。Dharmaputra等发现,种子在较高湿度环境(93%)贮藏20周后,种子含水率达到了12.05%,萌发率降为零,而较低的湿度环境(64%)贮藏20周后,种子含水率为7.64%,萌发率仍能保持在29.33%<sup>[15]</sup>。因此在生产实践中,用于再生扩繁的麻疯树种子要特别注意:1)贮藏时间控制在1个月至1年内;2)贮藏场地通风干燥和避光低温(这样能保证较低的水量含

表3 各个指标间相关性分析

	贮藏时间	种子重	种仁重	出仁率	种子含水率	种仁含水率	酸值	含油率	棕榈酸	油酸	亚油酸	萌发率
贮藏时间 r	1.00	0.27	0.27	-0.07	0.16	<b>-0.60</b>	<b>0.58</b>	-0.02	0.39	-0.43	0.45	-0.85
Sig.	—	0.14	0.14	0.39	0.26	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	0.46	0.05	0.04	0.01	0.00
种子重 r	0.27	1.00	<b>0.93</b>	0.15	0.07	-0.16	0.16	0.28	0.15	<b>-0.91</b>	<b>0.88</b>	-0.43
Sig.	0.14	—	<b>0.00</b>	0.28	0.39	0.27	0.27	0.13	0.27	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	0.10
种仁重 r	0.27	<b>0.93</b>	1.00	0.12	0.04	-0.21	0.26	<b>0.35</b>	0.18	<b>-0.94</b>	<b>0.89</b>	-0.42
Sig.	0.14	<b>0.00</b>	—	0.31	0.43	0.20	0.15	<b>0.05</b>	0.24	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	0.23
出仁率 r	-0.07	0.15	0.12	1.00	<b>-0.78</b>	-0.39	0.07	0.03	0.44	-0.07	-0.02	0.16
Sig.	0.39	0.28	0.31	—	<b>0.00</b>	0.05	0.39	0.45	0.06	0.40	0.47	0.26
种子含水率 r	0.16	0.07	0.04	<b>-0.78</b>	1.00	<b>0.59</b>	0.04	-0.16	<b>-0.57</b>	-0.04	0.25	-0.38
Sig.	0.26	0.39	0.43	<b>0.00</b>	—	<b>0.00</b>	0.44	0.27	<b>0.01</b>	0.43	0.16	0.06
种仁含水率 r	<b>-0.60</b>	-0.16	-0.21	-0.39	<b>0.59</b>	1.00	<b>-0.37</b>	-0.17	<b>-0.67</b>	0.33	-0.25	0.38
Sig.	<b>0.00</b>	0.27	0.20	0.05	<b>0.00</b>	—	<b>0.07</b>	0.25	<b>0.00</b>	0.09	0.16	0.06
酸值 r	<b>0.85</b>	0.16	0.26	0.07	0.04	<b>-0.37</b>	1.00	0.07	0.16	-0.30	0.39	-0.59
Sig.	<b>0.01</b>	0.27	0.15	0.39	0.44	<b>0.07</b>	—	0.40	0.27	0.11	0.06	0.02
含油率 r	-0.02	0.28	<b>0.35</b>	0.03	-0.16	-0.17	0.07	1.00	-0.18	-0.23	0.12	0.00
Sig.	0.46	0.13	<b>0.05</b>	0.45	0.27	0.25	0.40	—	0.23	0.18	0.32	0.49
棕榈酸 r	0.39	0.15	0.18	0.44	<b>-0.57</b>	<b>-0.67</b>	0.16	-0.18	1.00	-0.26	0.15	-0.19
Sig.	0.05	0.27	0.24	0.06	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	0.27	0.23	—	0.15	0.27	0.22
油酸 r	-0.43	<b>-0.91</b>	<b>-0.94</b>	-0.07	-0.04	0.33	-0.30	-0.23	-0.26	1.00	-0.90	0.46
Sig.	0.04	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	0.40	0.43	0.09	0.11	0.18	0.15	—	0.00	0.06
亚油酸 r	0.45	<b>0.88</b>	<b>0.89</b>	-0.02	0.25	-0.25	0.39	0.12	0.15	-0.90	1.00	-0.48
Sig.	0.01	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	0.47	0.16	0.16	0.06	0.32	0.27	0.00	—	0.09
萌发率 r	<b>-0.85</b>	-0.43	-0.42	0.16	<b>-0.38</b>	<b>0.38</b>	<b>-0.50</b>	0.00	-0.19	0.46	-0.48	1.00
Sig.	<b>0.00</b>	0.10	0.23	0.26	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>0.02</b>	0.49	0.22	0.06	0.09	—

注:Sig表示显著性差异, $p < 0.05$ 有显著性差异;r表示相关系数;加黑数字表示有显著性或接近显著性差异的相关指标。

水率,降低虫害病害的风险);减缓种子蛋白质减少、MDA和可溶性糖增多以及油脂酸败,保持种子活力。

### 3.2 影响出油量的因素

由表3还可见,种子的含油量与种仁重量( $r = 0.35$ )呈正相关,也就是培育健康饱满的种子对含油量的增加有30%贡献,因为种仁还含有粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、淀粉和可溶性糖等其它物质。另外一个间接影响因素是出仁率,如果种子健康饱满,但是在贮藏过程中,由于病虫害造成霉变空壳,会影响总体的出油量。出仁率与种子含水率( $r = -0.78$ )和种仁含水率( $r = -0.39$ )呈负相关,因此不考虑种仁含水率对萌发率的影响,尽量干燥的种子可以减少感病空壳的风险,增加出仁率,从而提高总体出油量。

在1个月至5年的贮藏期内,同样的贮藏条件下,延长贮藏时间并没有影响含油量和出仁率,以贮藏1个月的种子出仁率81%和萌发率81%为例,推测采收过程和去果皮取种子的最初1个月可能是抑制物去除,快速风干减病减灾的关键。理想的生物柴油原料油应该有较低的酸值( $< 1 \text{ mg/g}$ ),主要的脂肪酸在二十碳链以下,较少的不饱和脂肪酸可以减少空气氧

化,增加生物柴油稳定性<sup>[5]</sup>。麻疯树最大的经济价值在于种子油,研究发现,贮藏5年的种子油酸值仅从2.45 mg/g增加到5.26 mg/g,其它出仁率、含油率以及主要脂肪酸比率等指标都没有因为贮藏时间延长发生相关变化,而且种壳和种仁颜色正常,外观完整。陈丽等<sup>[14]</sup>研究了麻疯树从青果、黄果、新果到贮藏1年和贮藏2年的麻风树种子油的理化性质,发现碘值和皂化值变化不大,仅成熟后的种油酸值从1.51 mg/g上升到5.69 mg/g,水分从0.36%下降到0.19%,这与本研究结果相似(酸值增加,水分减少)。而Sushma<sup>[17]</sup>研究发现,贮藏3个月,种油酸值从1.42 mg/g增加到1.74 mg/g,但是种子含水率从7.59%增加到13.71%,这可能是贮藏地的外环境湿度不同有关。高湿度种子含水率增加,低湿度则种子含水率减少<sup>[15]</sup>,所以在生产实践中,用于制备生物柴油的麻疯树种子应具备以下条件:1)贮藏时间可控制在5年左右(只要控制好酯化前酸性原料油的碱中和);2)贮藏种子尽量干燥,有条件的地方可适当烘干。

(下转第81页)

时,覆土不宜太厚,才利于种子萌发。

水分是影响种子萌发的另一个重要因子,充足的水分是种子萌发的必要条件。土壤含水量的高低,调节着种子的萌发速率。而不同物种的种皮透气性及吸水性能差别较大,因此不同植物种子萌发所需最低水分也不同<sup>[14]</sup>。本研究结果表明,在含水量较高的条件下,非洲凤仙种子萌发较好(图3A),推测这与非洲凤仙喜湿润环境、不耐干旱的特性有关。所以,非洲凤仙种子适合在较高的土壤含水量条件下萌发。

#### 4 结 论

综上所述,在进行非洲凤仙种子萌发和育苗时,一定要控制好温度、水分和光照条件,非洲凤仙种子萌发的最适温度为22℃,最适含水量为20%,且萌发过程需要光照,连续光照效果最好。

#### 参考文献:

[1]宋伟.北方地区非洲凤仙栽培生产技术[J].园艺与种苗,2014(9):41-42,63.  
 [2]叶凌风.非洲凤仙的栽培技术[J].中国农业信息,2013(11):81-82.  
 [3]李一平,林沛林.非洲凤仙花深液流无土栽培[J].中国花卉园艺,2010(10):30.

[4]王晶晶,蔡赫,李然红,等.非洲凤仙花细胞悬浮培养条件的优化[J].牡丹江师范学院学报(自然科学版),2009(3):13-14.  
 [5]顾亚东,张华丽,张西西.非洲凤仙花粉萌发条件及花粉活力研究[J].北方园艺,2011(6):65-67.  
 [6]国际种子检验协会(ISTA).国际种子检验规程[M].北京:北京农业大学出版社,1995:54-57.  
 [7]黄振英,张新时,YitzchakG,等.光照、温度和盐分对梭梭种子萌发的影响[J].植物生理学报,2001,27(3):275-280.  
 [8]牛红彬,关文灵,李世峰,等.光照和温度对毛茛铁线莲种子萌发的影响[J].亚热带植物科学,2013,42(1):43-45.  
 [9]林涛,白玉娥,魏菁芸,等.光照、温度和水分条件对沙地云杉种子萌发影响的研究[J].干旱区资源与环境,2005,19(2):188-191.  
 [10]王晓明,蒋小满.需光种子的萌发[J].植物生理学通讯,1989(1):69-73.  
 [11]姜勇,王文杰,李艳红,等.光质、光强对入侵植物紫茎泽兰种子萌发及幼苗状态的影响[J].植物研究,2012,32(4):415-419.  
 [12]宋兆伟,郝丽珍,黄振英,等.光照和温度对沙芥和斧翅沙芥植物种子萌发的影响[J].生态学报,2010,30(10):2562-2568.  
 [13]张健.非洲凤仙播种繁育[J].中国花卉园艺,2007(2):38-39.  
 [14]尚瑞广,王兵益,徐珑峰.温度、水分和光照对玛咖种子萌发的影响[J].西南农业学报,2014,27(6):2564-2568.

(上接第77页)

#### 参考文献:

[1]杨静,刘永平,刘蕴,等.麻疯树分子生物学研究进展[J].生物工程学报,2012,28(6):671-683.  
 [2]Heller J. Physic nut *Jatropha curcas* L.[J]. International Plant Genetic Resources Institute,1996,ISBN 92-9043-278-0:1-66.  
 [3]Openshaw K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise[J]. Biomass Bioenergy,2000,19:1-15.  
 [4]Jongschaap R. E., Blesgraaf R. A., Bogaard T. A. et al. The water footprint of bioenergy from *Jatropha curcas* L.[J]. Proc Natl Acad Sci U S A,2009,106(35):E 92.  
 [5]李洋,张爱华,肖志红,等.非食用植物油作为生物富烃燃料原料的研究进展[J].湖南林业科技,2014(5):86-92.  
 [6]刘永平,杨静,杨明峰.植物开花调控途径[J].生物工程学报,2015,31(11):1-14.  
 [7]韦剑锋,韦冬萍,吴炫柯,等.麻疯树种子特性及其影响因素研究进展[J].种子,2013,32(2):51-55.  
 [8]吴跃开,李晓虹,欧国腾.麻疯树种子主要贮藏害虫及其防治[J].现代农业科技,2014(20):118-120.  
 [9]吴跃开,欧国腾.麻疯树种子贮藏真菌研究综述[J].中国林副特产,2015(3):80-85.  
 [10]黄情,李云霞,魏先杰,等.种子劣变与修复[J].种子,2013,

32(4):40-44.  
 [11]韦小丽,周晓东.不同贮藏条件对麻疯树种子生理生化和萌发的影响[J].种子,2011,30(1):33-37.  
 [12]韦剑锋,吴炫柯,韦冬萍,等.采收贮藏时间对麻疯树种子表现性状及萌发能力的影响[J].种子,2014,33(1):14-18.  
 [13]Tambunan A. H., Situmorang J. P., Silip J. J. et al. Yield and physicochemical properties of mechanically extracted crude *Jatropha curcas* L.oil[J]. Biomass Bioenergy,2012,43:12-17.  
 [14]陈丽,吴军,曾妮,等.用GC-MS分析不同采收和贮存时期的麻疯树种子油的脂肪酸[J].热带亚热带植物学报,2007(5):443-446.  
 [15]Dharmaputra O., Worang R. L., Syarief R. et al. The quality of physic nut (*Jatropha curcas*) seeds affected by water activity and duration of storage[J]. Microbiology,2009,3(3):139-145.  
 [16]邓志军,向振勇,程红焱,等.麻疯树种子的发育、萌发和脱水耐性的初步研究[J].云南植物研究,2008,30(3):355-359.  
 [17]Sushma. Analysis of oil content of *Jatropha curcas* seeds under storage condition[J]. J Environ Biol,2014,35(3):571-575.