

# <sup>60</sup>Co-γ 辐射对 3 株南山茶种子发芽及幼苗生长的影响

查钱慧,金俊,杨亚慧,龚海光,黄永芳\*

(华南农业大学 林学与风景园林学院/广东省森林植物种质创新与利用重点实验室,广东 广州 510642)

**摘要:**为了探究<sup>60</sup>Co-γ 辐射对不同南山茶优树种子发芽和幼苗生长的影响,选取 3 株南山茶优树种子分别进行 0(对照)、10、20、30 Gy <sup>60</sup>Co-γ 辐射处理。结果表明:增城 1 号种子经 10 Gy 辐射,其种子发芽率和幼苗成活率分别为 29.00% 和 5.00%,11 月苗高为 16.56 cm,均为 4 个处理中最低值;东莞 5 号和广宁 2 号则表现为 30 Gy 辐射组成活率、苗高、叶片生长指标居 4 个处理中最低;增城 1 号 20、30 Gy 辐射组叶绿素含量均高于对照组,而东莞 5 号和广宁 2 号则表现为辐射组叶绿素含量均低于对照组。对增城 1 号发芽及生长抑制作用最强的辐射剂量为 10 Gy,对东莞 5 号、广宁 2 号发芽及生长抑制作用最强的为 30 Gy,表明 3 株南山茶优树对<sup>60</sup>Co-γ 辐射的响应不完全一致。

**关键词:**南山茶;<sup>60</sup>Co-γ 辐射;发芽率;苗高;叶片生长;叶绿素含量

**中图分类号:** S794.4      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2015)10-0061-05

## Effects of <sup>60</sup>Co-γ Radiation on Seed Germination and Seedling Growth of Three Strains of *Camellia semiserrata*

ZHA Qianhui, JIN Jun, YANG Yahui, GONG Haiguang, HUANG Yongfang\*

(Guangdong Key Laboratory for Innovative Development and Utilization of Forest Plant Germplasm/College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** In order to explore the influence of <sup>60</sup>Co-γ radiation on different trees of *Camellia semiserrata* including germination and seedling growth, the seeds of three strains of *Camellia semiserrata* were irradiated by <sup>60</sup>Co-γ radiation of 0 Gy, 10 Gy, 20 Gy and 30 Gy respectively. The result showed that the germination rate, survival rate and seedling length in November of *Camellia semiserrata* ‘Zengcheng No. 1’ of 10 Gy group were 29.00%, 5.00% and 16.56 cm respectively, which were the lowest of the four groups. In the contrary, the survival rate, seedling length and leaf index of *Camellia semiserrata* ‘Dongguan No. 5’ and ‘Guangning No. 2’ of 30 Gy group were the lowest of the four groups. The chlorophyll contents of *Camellia semiserrata* ‘Zengcheng No. 1’ in higher radiation groups(20 Gy and 30 Gy) were higher than the control group, but the chlorophyll contents of *Camellia semiserrata* ‘Dongguan No. 5’ and ‘Guangning No. 2’ of the control group were higher than the radiation groups. The radiation dose showing strongest inhibition to germination and growth of *Camellia semiserrata* ‘Zengcheng No. 1’ was 10 Gy, but to *Camellia semiserrata* ‘Dongguan No. 5’ and ‘Guangning No. 2’ was 30 Gy. It suggested that the reaction of three

收稿日期:2015-04-16  
基金项目:广东省林业科技创新项目(2013KJ CX009-05);广东省农业攻关项目(2011B02032003);广东省教育部产学研结合项目(2012B091100090)  
作者简介:查钱慧(1991-),女,安徽安庆人,在读硕士研究生,研究方向:经济林和森林培育。E-mail:1060477239@qq.com  
\* 通讯作者:黄永芳(1963-),女,广西博白人,教授,主要从事经济林和森林培育的教学与科研工作。  
E-mail:574366567@qq.com  
网络出版时间:2015-09-14 15:35:39  
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/41.1092.S.20150914.1535.002.html>

strains of *Camellia semiserrata* to the  $^{60}\text{Co}-\gamma$  radiation was inconsistent.

**Key words:** *Camellia semiserrata*;  $^{60}\text{Co}-\gamma$  radiation; germination rate; height growth; leaf growth; chlorophyll content

油茶是山茶科 (Theaceae) 山茶属 (*Camellia*) 植物,与油棕、油橄榄、椰子并称为世界四大木本食用油料植物,也是我国特有的木本油料植物<sup>[1]</sup>。油茶主要分布在我国长江以南,并以湖南、江西、广西、广东为分布中心<sup>[2]</sup>。茶油碘值低、烟点高,加热不易产生对人体有害的物质,且含丰富的维生素、不饱和脂肪酸及活性物质,具有较高的食用价值和营养保健功能<sup>[3-4]</sup>。目前,我国有多个油茶栽培种,其中南山茶 (*Camellia semiserrata*) 是适合广东种植的栽培种,其不仅产油率高,而且树形优美,具有很高的观赏价值<sup>[5]</sup>。

相比传统育种,辐射育种具有方法简单、安全、突变率高等特点,能在较短时间内育成新品种,是作物品种改良的重要途径之一<sup>[6]</sup>。其中 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射是辐射育种最常用的方法之一,利用 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射方法已在花卉、农作物、草坪草中育出了多个新品种<sup>[7-9]</sup>。现今油茶育种方式仍以传统育种为主,辐射育种和抗性育种则较少。同种油茶的不同单株种子对 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射的反应可能不一致,而现有的油茶辐射育种研究均未分单株进行<sup>[10]</sup>。本试验选取 3 株南山茶优树种子分别进行 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射,并监测其种子发芽及幼苗生长等指标,旨在探讨 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射对不同南山茶单株的影响,为进一步研究南山茶辐射育种提供方向和依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试材料及辐射源

供试 3 株南山茶优树种子分别为增城 1 号、东莞 5 号、广宁 2 号,其中增城 1 号种子采自广州增城油茶基地,东莞 5 号采自广东东莞樟木头林场,广宁 2 号采自广东肇庆广宁县。将采摘的鲜果放置于实验室通风处,待其自然开裂后,收集种子冷藏放置备用。 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射源由广州华大生物科技有限公司提供。

### 1.2 方法

设置 0 Gy (对照)、10 Gy、20 Gy、30 Gy 4 种剂量 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射处理,每株南山茶优树种子均重复 3 次,分别用网袋分装,做好标记,于 2013 年 12 月 5 日进行辐射试验。将辐射处理后的南山茶优树种子播种于基地沙床 (经 0.5% 高锰酸钾消毒) 中,覆盖 15~20 cm 河沙。待种子发芽并出苗后,2014 年 1 月 15 日将其从沙床移至营养袋,基质为 30% 黄心土 + 70% 泥炭土。

### 1.3 测定项目及方法

1.3.1 发芽率和成活率 播种后每隔 2~3 d 淋水一次进行催芽,同时观察并统计发芽率和成活率。

1.3.2 苗高、叶长、叶宽、叶面积 2014 年 7 月 1 日每种处理随机选取 30 株南山茶幼苗进行第 1 次苗高测定,之后每月测定 1 次。2014 年 9 月南山茶生长趋于稳定后,采用北京雅欣叶面积仪测定每种处理油茶植株中部 30 片叶的叶长、叶宽和叶面积。

1.3.3 叶绿素含量 采用丙酮提取法<sup>[11]</sup>,称取剪碎混匀的南山茶植株中部叶片 0.3 g 置于研钵中研磨成匀浆,加入 10 mL 80% 的丙酮研磨至组织变为白色后静置 3 min,过滤入 25 mL 棕色容量瓶里,用 80% 的丙酮定容至 25 mL。以 80% 的丙酮为空白对照,分别测定 663 nm、646 nm、470 nm 波长下的吸光度,计算叶绿素含量。

### 1.4 数据统计与分析

采用 Excel 进行数据整理,采用 SPSS 进行单因素方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射对南山茶种子发芽率、幼苗成活率的影响

由表 1 可知,10 Gy  $^{60}\text{Co}-\gamma$  辐射抑制了增城 1 号种子的发芽,大幅降低其幼苗成活率,20 Gy 辐射促进其种子发芽,30 Gy 辐射抑制了种子发芽并降低了幼苗成活率;10 Gy、20 Gy 辐射抑制了东莞 5 号种子发芽,降低其幼苗成活率,30 Gy 辐射促进其种子发芽但大幅降低了幼苗成活率;10 Gy、20 Gy、30 Gy 3 种剂量 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射均抑制广宁 2 号种子发芽,并降低其幼苗成活率,其中 30 Gy 辐射处理降幅最大。试验观察到,3 株南山茶经 30 Gy 辐射的种子均有部分出现早期能正常伸出胚根,但后期胚根萎缩、致其死亡的现象,另有部分种子出现胚根肥大现象,无法正常发芽。

### 2.2 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射对南山茶幼苗生长的影响

2.2.1 苗高 由图 1 可知,与对照相比,不同剂量 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射对增城 1 号优树苗高变化影响显著。10 Gy 辐射对幼苗生长的抑制作用较 20 Gy、30 Gy 辐射更强,苗高增长缓慢,且长势较差。7 月辐射组苗高与对照均达到显著性差异,8—11 月仅 10 Gy 处理组与对照差异显著。

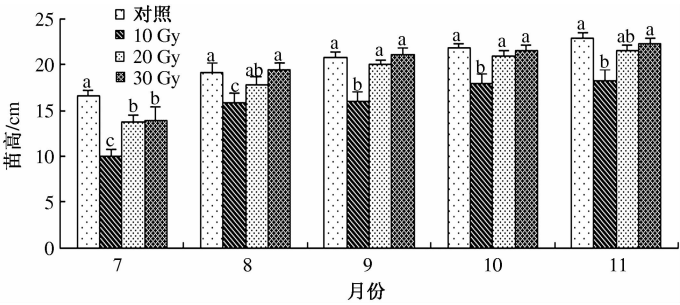
由图 2 知,与对照相比,10 Gy、20 Gy、30 Gy 3 种剂量 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射对东莞 5 号苗高均有抑制作

用。其中 30 Gy 辐射处理对苗高的抑制作用最明显,7—11 月 30 Gy 辐射后的苗高与 10 Gy 辐射、20 Gy 辐射、对照组苗高均差异显著,表明 30 Gy 辐射较 10 Gy、20 Gy 辐射对东莞 5 号幼苗的损伤更大,对苗高的抑制作用最强。

由图 3 可知,与对照相比,在 7、8 月份 10 Gy、20 Gy、30 Gy 3 种剂量<sup>60</sup>Co-γ 辐射对广宁 2 号幼苗苗高均有抑制作用;10 Gy、20 Gy 辐射处理对幼苗苗高的抑制作用随幼苗生长而减弱,在 9—11 月与对照差异已不显著,这可能与辐射剂量较低,幼苗能够应激修复辐射损伤有关,其中 20 Gy 辐射甚至出现促进苗高增长的现象;30 Gy 辐射处理的幼苗 7—11 月苗高与 10 Gy、20 Gy 辐射及对照均差异显著,表明 30 Gy 辐射对广宁 2 号苗高增长抑制作用最强。

表 1 不同剂量<sup>60</sup>Co-γ 辐射对南山茶种子发芽率和幼苗成活率的影响

优树号	剂量/Gy	发芽率/%	成活率/%
增城 1 号	0	37.00	26.00
	10	29.00	5.00
	20	44.00	26.00
	30	32.00	20.00
东莞 5 号	0	53.57	48.57
	10	39.29	31.43
	20	50.00	40.71
	30	90.00	27.00
广宁 2 号	0	100.00	48.39
	10	58.06	37.10
	20	74.19	32.26
	30	61.29	11.29



不同字母表示同一月份不同处理在 5% 水平差异显著,下同

图 1 不同剂量<sup>60</sup>Co-γ 辐射对增城 1 号苗高的影响

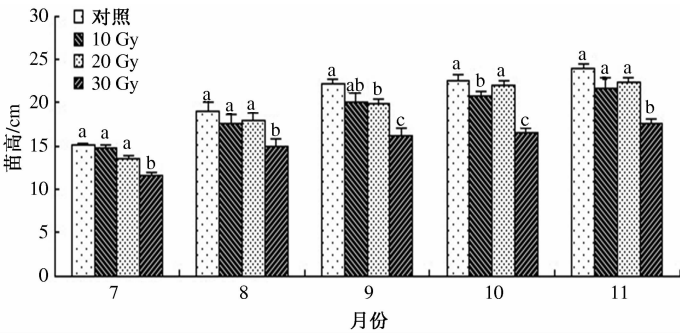


图 2 不同剂量<sup>60</sup>Co-γ 辐射对东莞 5 号苗高的影响

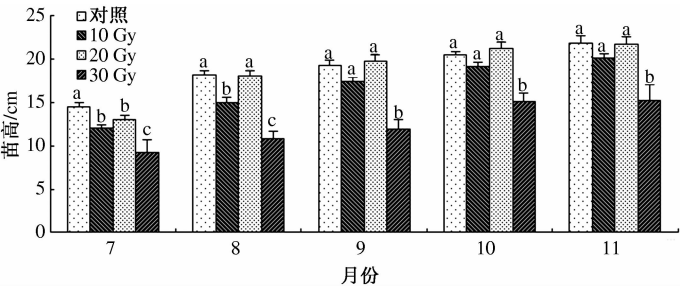


图 3 不同剂量<sup>60</sup>Co-γ 辐射对广宁 2 号苗高的影响

2.2.2.2 叶片生长 由表 2 知,增城 1 号种子经<sup>60</sup>Co-γ 辐射处理,其幼苗叶片生长受到抑制,叶长、叶宽、叶面积均小于对照,其中 30 Gy、10 Gy 辐射处理幼苗叶长、叶面积与对照组差异显著,而 4 个

处理组间叶宽差异均不显著;10 Gy、20 Gy 辐射对东莞 5 号幼苗叶片生长的抑制作用较弱,其叶长、叶宽和叶面积与对照均无显著差异,但 30 Gy 辐射则显著抑制其幼苗叶片生长;广宁 2 号的 10 Gy、20 Gy

辐射组叶长和叶面积均大于对照组,30 Gy 辐射组叶长、叶宽、叶面积则小于对照组,与 10 Gy、20 Gy 辐射组及对照组存在显著性差异。

同一剂量辐射相比较,10 Gy 辐射对增城 1 号幼苗叶片生长抑制作用较强,而对东莞 5 号和广宁 2 号则影响较弱,增城 1 号优树叶长、叶面积与对照差异显著,东莞 5 号和广宁 2 号叶长、叶宽、叶面积与对照差异不显著。20 Gy 辐射对 3 株南山茶幼苗叶宽、叶长、叶面积影响较小,与对照差异均不显著。30 Gy 辐射对 3 株南山茶优树叶生长影响明显,除增城 1 号叶宽、广宁 2 号叶长与对照组差异不显著外,3 株优树的叶生长指标与对照组差异均显著。

表 2 不同剂量<sup>60</sup>Co-γ 辐射对南山茶幼苗叶片生长的影响

优树号	剂量/ Gy	叶长/cm	叶宽/cm	叶面积/cm <sup>2</sup>
增城 1 号	0	6.13 ± 0.2a	3.18 ± 0.17a	1 247.38 ± 109.09a
	10	5.17 ± 0.32b	3.15 ± 0.15a	834.03 ± 86.67b
	20	5.59 ± 0.27ab	2.77 ± 0.12a	1 022.14 ± 87.26ab
	30	5.33 ± 0.22b	2.79 ± 0.19a	836.89 ± 96.82b
东莞 5 号	0	6.48 ± 0.15a	3.46 ± 0.07a	1 455.49 ± 47.16a
	10	6.47 ± 0.15a	3.27 ± 0.14a	1 272.73 ± 119.18ab
	20	6.91 ± 0.15a	3.33 ± 0.08a	1 430.35 ± 57.76a
	30	5.77 ± 0.28b	2.89 ± 0.14b	1 085.04 ± 104.73b
广宁 2 号	0	6.68 ± 0.49ab	3.48 ± 0.18a	1 511.60 ± 178.6a
	10	6.97 ± 0.24a	3.70 ± 0.16a	1 574.79 ± 62.12a
	20	7.55 ± 0.19a	3.21 ± 0.11a	1 743.92 ± 104.75a
	30	5.60 ± 0.06b	2.63 ± 0.12b	865.87 ± 171.94b

注:同列不同字母表示同一优树不同剂量处理在 5% 水平上差异显著,下同。

2.3 <sup>60</sup>Co-γ 辐射对南山茶叶片叶绿素含量的影响

由表 3 知,增城 1 号种子经 20 Gy、30 Gy 辐射处理,其幼苗叶片叶绿素含量较对照增加,各剂量辐射处理幼苗叶绿素含量表现为 30 Gy > 20 Gy > 对照 > 10 Gy;东莞 5 号种子经辐射处理,其幼苗叶片叶绿素含量均较对照降低,其中 20 Gy 辐射处理叶绿素含量与对照差异显著,各剂量辐射处理幼苗叶绿素含量表现为对照 > 10 Gy > 30 Gy > 20 Gy;广宁 2 号种子经辐射处理,其幼苗叶片叶绿素含量均较对照降

表 3 不同剂量<sup>60</sup>Co-γ 辐射对南山茶优树叶片叶绿素含量的影响

优树号	剂量/Gy	叶绿素含量/(mg/g)
增城 1 号	0	1.19 ± 0.14a
	10	1.12 ± 0.17a
	20	1.23 ± 0.03a
	30	1.25 ± 0.35a
东莞 5 号	0	1.39 ± 0.13a
	10	1.10 ± 0.17ab
	20	0.96 ± 0.07b
	30	0.98 ± 0.36ab
广宁 2 号	0	1.32 ± 0.21a
	10	1.31 ± 0.12a
	20	0.98 ± 0.06a
	30	1.00 ± 0.05a

低,但差异均不显著。

3 结论与讨论

本试验结果表明,增城 1 号种子经 10 Gy <sup>60</sup>Co-γ 辐射处理,其幼苗成活率、苗高、叶长、叶面积、叶绿素含量均低于经 20 Gy、30 Gy 辐射处理;东莞 5 号种子经 30 Gy <sup>60</sup>Co-γ 辐射后,其幼苗苗高、叶长、叶宽、叶面积均显著低于对照;广宁 2 号幼苗的苗高、叶长、叶宽、叶面积受 30 Gy <sup>60</sup>Co-γ 辐射的抑制作用更强。10 Gy <sup>60</sup>Co-γ 辐射对 3 株南山茶优树种子发芽、苗高和叶绿素含量均有抑制作用,但对广宁 2 号叶片生长有一定促进作用;20 Gy <sup>60</sup>Co-γ 辐射促进增城 1 号种子发芽,抑制东莞 5 号、广宁 2 号种子发芽;30 Gy 辐射使 3 株优树幼苗成活均受到抑制,幼苗成活率均低于对照组,幼苗表现出植株矮化、茎分枝增多、叶片小、生长缓慢等。

同一剂量<sup>60</sup>Co-γ 辐射对 3 株优树种子发芽及幼苗生长的影响存在差异,这与曾丽琼等<sup>[12]</sup>对油茶(*Camellia oleifera*)的辐射研究结果一致,说明南山茶和油茶均存在单株间遗传物质差异导致对辐射响应不同的现象。杨方西<sup>[13]</sup>研究发现,50 ~ 500 伦辐射能促进小果油茶(*Camellia meocarpa*)种子的发芽和幼苗生长,10 000 伦则延迟其发芽,抑制幼苗生长,20 000 伦则完全抑制发芽。本研究亦发现,种子经 10 Gy、20 Gy(低剂量)辐射,东莞 5 号、广宁 2 号部分幼苗的苗高、叶长、叶宽、叶面积高于对照,而 30 Gy(高剂量)辐射则抑制了其幼苗的生长,幼苗出现矮化、茎分枝增多等现象,这一现象也出现在高剂量辐射的澳洲坚果(*Macadamia ternifolia*)幼苗<sup>[14]</sup>中。易立飒等<sup>[15]</sup>选取广宁红花油茶(即南山茶)种子进行<sup>60</sup>Co-γ 辐射,发现辐射对其种子发芽和幼苗成活有抑制作用,且抑制作用随辐射剂量升高而增加,同时对幼苗生长存在抑制作用,但未发现不同单株辐射效应存在不一致的现象。本研究选取 3 株南山茶优树种子进行试验,发现增城 1 号优树受 10 Gy 辐射的抑制作用高于 20 Gy、30 Gy 辐射,这可能是个体差异性导致。

<sup>60</sup>Co-γ 辐射诱变效果与辐射方法有关,急性辐射相比慢性辐射突变率高<sup>[16-17]</sup>,本试验采用急性照射方法,并对辐射后南山茶种子发芽率、成活率以及幼苗生长表观指标进行监测,为深入开展油茶辐射育种及良种选育提供了参考。同等剂量辐射对不同辐射材料产生的诱变效果会不同<sup>[18]</sup>。本试验中仅采用油茶种子作为辐射材料,后续试验可考虑对油茶植株、枝条、花粉等进行辐射研究,并进一步监测辐射后油茶的生理指标变化及开花结实等情况。

(下转第 72 页)

- of Agronomy, 2007, 26(2):166-177.
- [3] Drinkwater L E, Snapp S S. Nutrients in agroecosystems: Rethinking and the management paradigm [J]. *Advances in Agronomy*, 2007, 92:163-186.
- [4] 王志敏, 王璞, 李绪厚, 等. 冬小麦节水省肥高产简化栽培理论与技术[J]. *中国农业科技导报*, 2006, 8(5):38-44.
- [5] 张福锁, 崔振岭, 王激清, 等. 中国土壤和植物养分管理现状与改进策略[J]. *植物学通报*, 2007, 24(6):687-694.
- [6] Zhao R F, Chen X P, Zhang F S, *et al.* Fertilization and nitrogen balance in a wheat-maize rotation system in North China [J]. *Agronomy Journal*, 2006, 98(4):938-945.
- [7] Liu X J, Ju X T, Zhang F S, *et al.* Nitrogen dynamics and budgets in a winter wheat-maize cropping system in the North China Plain [J]. *Field Crops Research*, 2003, 83(2):111-124.
- [8] 王丽梅, 李世清, 邵明安. 水、氮供应对玉米冠层营养器官干物质和氮素累积、分配的影响[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(13):2697-2705.
- [9] 蒿宝珍, 张英华, 姜丽娜, 等. 限水灌溉下追氮水平对冬小麦旗叶光合特性及物质运转的影响[J]. *麦类作物学报*, 2010, 30(5):863-869.
- [10] 马冬云, 郭天财, 王晨阳, 等. 施氮量对冬小麦灌浆期光合产物积累、转运及分配的影响[J]. *作物学报*, 2008, 34(6):1027-1033.
- [11] 徐祥玉, 张敏敏, 翟丙年, 等. 施氮对不同基因型夏玉米干物质累积转移的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2009, 15(4):786-792.
- [12] 臧贺藏, 刘云鹏, 余鹏, 等. 水氮限量供给下两个高产小麦品种物质积累与水分利用特征[J]. *麦类作物学报*, 2012, 32(4):689-695.
- [13] 孙占祥, 邹晓锦, 张鑫, 等. 施氮量对玉米产量和氮素利用效率及土壤硝态氮累积的影响[J]. *玉米科学*, 2011, 19(5):119-123.
- [14] 徐丽娜, 黄收兵, 陶洪斌, 等. 不同施氮模式对夏玉米冠层结构及部分生理和农艺性状的影响[J]. *作物学报*, 2012, 38(2):301-306.
- [15] Tollenaar M, Daynard T B. Effect of source-sink ration on dry matter accumulation and leaf senescence of maize [J]. *Canadian Journal of Plant Science*, 1982, 62:855-860.
- [16] 黄振喜, 王永军, 王空军, 等. 产量 15 000 kg · hm<sup>-2</sup> 以上夏玉米灌浆期间的的光合特性[J]. *中国农业科学*, 2007, 40(9):1898-1906.
- [17] 张经廷, 刘云鹏, 李旭辉, 等. 夏玉米各器官氮素积累与分配动态及其对氮肥的响应[J]. *作物学报*, 2013, 39(3):506-514.
- [18] 马存金. 施氮量对不同氮效率玉米根系特性和氮素利用的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2014.
- [19] 吴亚男, 齐华, 盛耀辉, 等. 密度、氮肥对春玉米光合特性、干物质积累及产量的影响[J]. *玉米科学*, 2011, 19(5):124-127.
- [20] 韦彩会, 李伏生, 许春辉, 等. 调亏灌溉及施肥对玉米干物质积累和相关生理性状的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2010, 28(4):76-84.

(上接第 64 页)

#### 参考文献:

- [1] 庄瑞林. 中国油茶[M]. 2 版. 北京: 中国林业出版社, 2008:71-72.
- [2] 彭邵锋, 陆佳, 陈永忠, 等. 油茶品种资源现状与良种筛选技术[J]. *经济林研究*, 2012(4):174-179.
- [3] 马力, 陈永忠. 茶油的功能特性分析[J]. *中国农学通报*, 2009, 25(8):82-84.
- [4] 廖书娟, 吉当玲, 童华荣. 茶油脂脂肪酸组成及其营养保健功能[J]. *粮食与油脂*, 2005(6):7-9.
- [5] 丁晓纲, 张应中, 陈清风, 等. 广宁红花油茶果实性状的遗传变异规律[J]. *经济林研究*, 2012(2):23-27.
- [6] 高尚士. 国内外辐射育种的研究[J]. *盐碱地利用*, 1994(1):35-37.
- [7] 高健, 卢惠萍. 花卉辐射诱变育种研究进展(综述)[J]. *安徽农业大学学报*, 2000, 27(3):228-230.
- [8] 喻吉生, 宋富根, 欧阳享泱, 等. 辐照在农作物新品种选育上应用研究[J]. *现代农业科技*, 2009(22):61.
- [9] 谢治芳, 洪佩英, 朱干波. 辐射诱变板栗新品种——农大 1 号高产稳产性状分析[J]. *华南农业大学学报*, 1993, 14(3):120-124.
- [10] 张日清, 丁植磊, 张勘, 等. 油茶育种研究进展[J]. *经济林研究*, 2006(4):1-8.
- [11] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000:134-137.
- [12] 曾丽琼, 黄永芳, 叶小萍, 等. <sup>60</sup>Co - γ 辐照油茶种子对其幼苗生长的影响[J]. *亚热带植物科学*, 2012, 41(4):42-44.
- [13] 杨方西. 钴 - <sup>60</sup>γ 射线对油茶苗木生育效应及其丰产性状的研究[J]. *核农学报*, 1982(1):1-8.
- [14] 柳颀, 孔广红, 倪书邦, 等. 高剂量<sup>60</sup>Co - γ 射线辐照对澳洲坚果种子的诱变及致死效应[J]. *西南农业学报*, 2014, 27(1):291-295.
- [15] 易立颀, 李文锋, 崔之益, 等. <sup>60</sup>Co - γ 辐照对广宁红花油茶种子发芽及幼苗生长的影响[J]. *华南农业大学学报*, 2014, 35(5):93-97.
- [16] 叶力勤, 杨世宏. γ 射线辐射诱变中应注意的几个问题[J]. *宁夏农林科技*, 2002(5):49-50.
- [17] 王旭军, 吴际友, 程勇, 等. 辐射育种及其在林木育种中的应用前景[J]. *湖南林业科技*, 2007, 34(2):13-15, 18.
- [18] 齐孟文, 王化国. 我国花卉辐射育种的进展与剖析[J]. *核农学通报*, 1997(6):39-41.