

21 种茎叶处理除草剂 对刺萼龙葵的生物活性研究

张少逸^{1,2}, 魏守辉¹, 李香菊¹, 史致国³, 黄红娟¹, 曹新明³, 王金信², 张朝贤^{1*}

(1. 中国农业科学院 植物保护研究所/农业部作物有害生物综合治理重点实验室, 北京 100193; 2. 山东农业大学 植物保护学院, 山东 泰安 271018; 3. 北京市通州区植物保护站, 北京 101117)

摘要:为筛选防治刺萼龙葵的安全、高效除草剂,采用温室盆栽法评价 21 种苗后阔叶除草剂对刺萼龙葵的防治效果,并对防效较好的药剂进行室内生物测定。结果表明,在田间推荐剂量下,有 7 种药剂对刺萼龙葵的防效较好,鲜质量抑制率 > 90.0%,其中辛酰溴苯腈对刺萼龙葵的活性最高,ED₉₀为 67.31 g/hm²(有效成分);氟磺胺草醚最低,ED₉₀为 795.47 g/hm²(有效成分)。7 种除草剂 ED₉₀由高到低的依次为辛酰溴苯腈、氯氟吡氧乙酸、百草枯、三氯吡氧乙酸、氨基吡啶酸、草甘膦、氟磺胺草醚。综合考虑药剂活性及其推荐剂量,辛酰溴苯腈、氯氟吡氧乙酸、百草枯、三氯吡氧乙酸、氨基吡啶酸和草甘膦均可在低于推荐剂量下用于防除刺萼龙葵,但使用氟磺胺草醚时应适当增加用量。

关键词:刺萼龙葵; 除草剂; 防效; 室内活性

中图分类号:S451.2 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2011)06-1077-05

A Study on the Biological Activity of 21 Foliar-applied Herbicides against *Solanum rostratum*

ZHANG Shao-yi^{1,2}, WEI Shou-hui¹, LI Xiang-ju¹, SHI Zhi-guo³,
HUANG Hong-juan¹, CAO Xin-ming³, WANG Jin-xin², ZHANG Chao-xian^{1*}

(1. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Integrated Pest Management in Crops, Ministry of Agriculture, Beijing 100193, China; 2. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China; 3. Plant Protection Station of Tongzhou District, Beijing 101117, China)

Abstract: To screen safe and effective herbicides to prevent and control buffalobur, pot experiments were conducted to evaluate the control effect of 21 postemergent broadleaf herbicides against buffalobur and greenhouse bioassay was further conducted for herbicides with better control effects. The results showed that fresh weight inhibition of 7 herbicides was more than 90.0% at the recommended dose. The toxicity of bromoxynil octanoate was the highest with ED₉₀ of 67.31, while that of fomesafen was the lowest, with ED₉₀ of 795.47 g/hm². The order of toxicity was bromoxynil > fluroxypyr > paraquat > triclopyr > picloram > glyphosate > fomesafen. Based on consideration of herbicidal activity and recommended dose of the 7 herbicides, bromoxynil, fluroxypyr, paraquat, triclopyr, picloram and glyphosate could be used to control buffalobur at lower dose than recommended, but fomesafen should be used at a higher dose.

收稿日期:2011-09-22 修回日期:2011-10-06

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(201103027)和“十一五”国家科技支撑计划(2006BAD08A09)

作者简介:张少逸(1987—),男,硕士生,主要从事杂草治理研究, E-mail: soyeezhang@163.com; * 通讯作者:张朝贤,研究员,博士, E-mail: cxzhang@wssc.org.cn.

Key words: *Solanum rostratum*; herbicide; control effect; greenhouse bioassay

刺萼龙葵(*Solanum rostratum* Dunal)是茄科、茄属的1年生草本植物,原产于北美洲,是一种危害极其严重的有毒植物。刺萼龙葵于1981年侵入我国,首次在辽宁省朝阳县被发现,现已扩散至吉林、山西、新疆、内蒙古、河北和北京等省市区^[1-3]。

刺萼龙葵具有适应性广、繁殖力强及蔓延迅速等特点,适生于温暖气候条件下的砂质土壤,在干旱或潮湿的耕地中也能正常生长^[3]。刺萼龙葵全株具刺,并且植株有毒,所产生的茄碱是一种高毒性的神经毒素,对中枢神经系统尤其对呼吸中枢有强烈的麻痹作用,可引起严重的肠炎和出血^[4]。刺萼龙葵已对农牧业生产、环境、生物多样性以及日常生活造成严重影响,成为亟待防除的外来恶性杂草,在《中华人民共和国进境植物检疫性有害生物名录》中其被列为检疫杂草^[5-7]。

目前国内刺萼龙葵的主要防除手段是机械防除和人工防除,费时费力、防除难度大,因此化学防治手段在其防治工作中具有重要的现实意义。已报道的防除刺萼龙葵较好的药剂有百草枯、草甘膦、2,4-D、麦草畏和草铵膦等,但这些药剂选择性不强、安全性也较差,在杀死刺萼龙葵的同时,往往将其它植物杀死,并且容易造成漂移药害^[8-10]。为了探索能安全、高效地防除刺萼龙葵的除草剂,笔者对21种防除阔叶杂草的茎叶处理除草剂进行了初筛,并对筛选出的效果较好的7种药剂进行了室内毒力测定,旨在更准确、科学地使用药剂,达到合理防除刺萼龙葵的目的,为完善刺萼龙葵的化学防控体系提供支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 种子处理及幼苗培养 刺萼龙葵种子于2010年11月采自北京市密云县。种子采集后在25℃室温条件下自然风干,然后装入纸袋,置于(4±0.5)℃冰箱中保存。选取籽粒饱满、大小均一、无机械损伤的棕黑色种子进行幼苗培养。刺萼龙葵种子播种前用2.4 mmol/L GA₃浸种,存放在(30±0.5)℃完全黑暗的培养箱中24 h以破除休眠^[11]。培养土壤为黏土,pH值6.8,有机质含量1.9%左右,使用时与草木炭按体积比3:1混合均匀,定量装至直径10 cm、高度8.5 cm的塑料盆钵4/5处,采用盆钵底部渗灌方式,使土壤完全湿润,将预处理的刺萼龙葵种子均匀播于土壤表面,每盆均匀播种20粒,覆土深度为2 cm^[12]。播种后移入温室常规培养,白天室温为(30±2)℃,晚上为(20±2)℃;相对湿度为(30±5)%;光照时间12 h,光照强度350 μmol/(m²·s)。出苗后7 d进行间苗定株,每盆留5株长势一致的刺萼龙葵,保持密度均匀一致,培养至4~5叶期备用。

1.1.2 供试药剂 从已登记的玉米、大豆、小麦等作物田及非耕地除草剂中针对性地选择了21种防除阔叶杂草的茎叶处理剂,分别为41%草甘膦异丙胺盐 AS(美国孟山都公司)、75%噻吩磺隆 WJ(北京中科绿亨除草科技有限公司)、75%苯磺隆 WG(上海杜邦农化有限公司)、25%啶嘧磺隆 WG(浙江石原金牛农药有限公司)、4%烟嘧磺隆 OF(山东济南天邦化工有限公司)、25%氟磺胺草醚 AS(山东先达化工有限公司)、20%百草枯 AS(先正达南通作物保护有限公司)、24%乳氟禾草灵 EC(山东青岛瀚生生物科技股份有限公司)、4%甲氧咪草烟 AS(巴斯夫欧洲公司)、25%辛酰溴苯腈 EC(山东先达化工有限公司)、24%乙氧氟草醚 EC(美国陶氏益农公司)、21.4%三氯羧草醚 AS(山东青岛瀚生生物科技股份有限公司)、48%灭草松 LD(巴斯夫欧洲公司)、72%2,4-滴丁酯 EC(大连瑞泽农药股份有限公司)、10%硝磺草酮 SC(瑞士先正达作物保护有限公司)、80%唑嘧磺草胺 WG(美国陶氏益农公司)、24%氨基吡啶酸 AS(利尔化学股份有限公司)、20%氯氟吡氧乙酸 EC(美国陶氏益农公司)、48%三氯吡氧乙酸 EC(美国陶氏益农公司)、5%咪唑乙烟酸 AS(沈阳科创化学品有限公司)、24%甲咪唑烟酸 AS(巴斯夫欧洲公司)。

1.2 方法

1.2.1 试验方法 刺萼龙葵的药剂筛选分为单剂量初筛和室内活性测定,即用每种药剂的田间推荐剂量,初步评价不同药剂对刺萼龙葵的防效,然后从21种除草剂中选出对刺萼龙葵活性较高(防效>90%)的药剂,进行室内活性测定。

1.2.2 试验设计 初筛试验设计见表1,共设21个药剂处理,另设空白(清水)对照,每个处理设4次

重复。按所设计剂量用 ASS-3 型自动控制农药喷洒试验系统(国家农业信息化工程技术研究中心)进行茎叶喷雾处理, 喷液量按 450 L/hm^2 计算。药后 14 d 称量各处理地上部分鲜质量, 计算鲜质量抑制率。

表 1 21 种除草剂的初筛用量及对刺萼龙葵的主要症状和鲜质量抑制率

Tab. 1 The recommended rate, main symptoms and fresh weight inhibition of 21 herbicides for control of buffalobur

药剂 Herbicides	有效成分剂量/ ($\text{g} \cdot \text{hm}^{-2}$) Dose of active ingredient	症状 Symptoms	鲜质量抑制率/% Inhibition rate of fresh weight
41% 草甘膦异丙胺盐 AS 41% glyphosate AS	1 230	叶片黄化, 有枯斑, 植株逐渐萎蔫	100
20% 百草枯 AS 20% paraquat AS	600	叶片水渍状枯斑, 1 天后开始枯死	100
25% 辛酰溴苯腈 EC 25% bromoxynil EC	562.5	植株斑点性褪色, 后期枯萎	100
25% 氟磺胺草醚 AS 25% fomesafen AS	562.5	叶片干枯, 失绿, 植株逐渐萎蔫	97.9
24% 氨基吡啶酸 AS 24% picloram AS	2 160	植株扭曲, 倒伏, 最后枯萎	93.4
48% 三氯吡氧乙酸 EC Triclopyr 48% EC	3 000	植株扭曲, 生长停滞, 最后萎蔫	90.8
20% 氯氟吡氧乙酸 EC 20% fluroxypyr EC	210	植株扭曲, 倒伏, 最后枯萎	90.0
24% 乳氟禾草灵 EC 24% lactofen EC	108	部分扭曲, 失绿, 后期叶片有褐斑	74.4
4% 甲氧咪草烟 AS 4% imazamox AS	50	植株扭曲, 黄化	73.7
48% 灭草松 LD 48% bentazone LD	1 440	部分叶片有黄褐斑	68.4
75% 苯磺隆 WG 75% tribenuron-methyl WG	22.5	叶片有枯斑, 心叶黄化, 植株矮小	66.8
75% 噻吩磺隆 WJ 75% thifensulfuron-methyl WJ	33.8	叶片有枯斑, 心叶黄化, 植株矮小	56.4
24% 乙氧氟草醚 EC 24% oxyfluorfen EC	300	叶片黄化, 后期枯萎	54.3
21.4% 三氟羧草醚 AS 21.4% acifluorfen AS	480	叶片有枯斑	51.9
72% 2,4-滴丁酯 EC 72% 2,4-D-butylate EC	756	植株扭曲, 后期逐渐减轻	50.3
10% 硝磺草酮 SC 10% mesotrione SC	150	心叶白化	45.9
25% 啶嘧磺隆 WG 25% flazasulfuron WG	75	叶片黄化, 生长缓慢	42.1
24% 甲咪唑烟酸 AS 24% imazapic AS	108	植株轻度扭曲	30.3
5% 咪唑乙烟酸 AS 5% imazethapyr AS	100.5	植株轻度扭曲	28.4
80% 唑嘧磺草胺 WG 80% flumetsulam WG	60	部分叶片黄化	18.8
4% 烟嘧磺隆 OF 4% nicosulfuron OF	60	部分叶片黄化	13.8

室内活性测定试验设计见表 2, 经过多次预试验确定不同药剂的浓度梯度, 药液配制采用倍量稀释法。每个处理重复 4 次, 另设空白对照, 根据不同药剂的作用特点, 百草枯、草甘膦和辛酰溴苯腈 14 d 后称量各处理地上部分鲜质量, 氟磺胺草醚、氨基吡啶酸、氯氟吡氧乙酸和三氯吡氧乙酸 21 d 后称量各处理地上部分鲜质量, 计算鲜质量抑制率。

表 2 7 种药剂室内活性测定剂量

Tab. 2 The doses of 7 herbicides for greenhouse bioassay

药剂 Herbicides	有效成分剂量/($\text{g} \cdot \text{hm}^{-2}$) Dose of active ingredient
41% 草甘膦异丙胺盐 AS 41% glyphosate AS	50, 100, 200, 400, 800, 1 600
20% 百草枯 AS 20% paraquat AS	12.5, 25, 50, 100, 200, 400
25% 辛酰溴苯腈 EC 25% bromoxynil EC	5, 10, 20, 40, 80, 160
25% 氟磺胺草醚 AS 25% fomesafen AS	17.5, 35, 70, 140, 280, 560
24% 氨基吡啶酸 AS 24% picloram AS	67.5, 135, 270, 540, 1 080, 2 160
20% 氯氟吡氧乙酸 EC 20% fluroxypyr EC	7.5, 15, 30, 60, 120, 240
48% 三氯吡氧乙酸 EC 48% triclopyr EC	67.5, 135, 270, 540, 1 080, 2 160

1.2.3 调查及统计方法 依据中华人民共和国农业行业标准《农药室内生物测定试验准则 除草剂 第 4 部分: 活性测定试验 茎叶喷雾法》(NY/T 1155.4-2006) 的要求和方法进行药效调查和数据统计^[13]。

处理后定期观察并详细记录刺萼龙葵的受害症状。采用 DPS 7.05 数据处理系统对药剂剂量的对数值与鲜质量抑制率的几率值进行回归分析,计算药剂对刺萼龙葵的 ED_{90} 、相关系数 r 及 95% 置信限。

2 结果与分析

2.1 21 种除草剂对刺萼龙葵的鲜质量抑制率

根据施药后刺萼龙葵的主要受害症状和鲜质量抑制率,将 21 种除草剂划分防效好、防效较好、防效一般和防效较差 4 类。对刺萼龙葵防效好(100%)的除草剂有 3 种,41% 草甘膦异丙胺盐 AS、20% 百草枯 AS 和 25% 辛酰溴苯腈 EC。其中 20% 百草枯 AS 和 41% 草甘膦异丙胺盐 AS 为灭生性除草剂,可用于刺萼龙葵危害比较严重的非耕地,25% 辛酰溴苯腈 EC 为选择性除草剂,可用于玉米田刺萼龙葵的防治。

对刺萼龙葵防效较好(90%~100%)的除草剂有 4 种,25% 氟磺胺草醚 AS、24% 氨基吡啶酸 AS、20% 氯氟吡氧乙酸 EC 和 48% 三氯吡氧乙酸 EC。其中 25% 氟磺胺草醚 AS 可用于大豆田刺萼龙葵的防治,20% 氯氟吡氧乙酸 EC 可用于玉米田和小麦田刺萼龙葵的防治,24% 氨基吡啶酸 AS 和 48% 三氯吡氧乙酸 EC 分别可用于非耕地刺萼龙葵的防治。

对刺萼龙葵防效一般(50%~80%)的除草剂有 8 种,24% 乳氟禾草灵 EC、4% 甲氧咪草烟 AS、48% 灭草松 LD、75% 苯磺隆 WG、75% 噻吩磺隆 WJ、24% 乙氧氟草醚 EC、21.4% 三氟羧草醚 AS 和 72% 2,4-滴丁酯 EC。这些药剂有较好的生长抑制作用,但不能有效控制杂草的后期生长,因此需要提高施用剂量来控制刺萼龙葵。

对刺萼龙葵防效较差(0%~50%)的除草剂有 6 种,10% 硝磺草酮 SC、25% 啶嘧磺隆 WG、24% 甲咪唑烟酸 AS、5% 咪唑乙烟酸 AS、80% 唑嘧磺草胺 WG 和 4% 烟嘧磺隆 OF。这些药剂刺萼龙葵生长抑制较弱,不适合用于防治刺萼龙葵。

2.2 7 种除草剂对刺萼龙葵的室内活性

由表 3 可以看出(按有效成分计),辛酰溴苯腈对刺萼龙葵的室内活性最高, ED_{90} 为 67.31 g/hm^2 ,氟磺胺草醚最低, ED_{90} 为 795.47 g/hm^2 。按各个药剂的活性指数 ED_{90} 由高到低依次为:辛酰溴苯腈、氯氟吡氧乙酸、百草枯、三氯吡氧乙酸、氨基吡啶酸、草甘膦异丙胺盐、氟磺胺草醚。

表 3 7 种除草剂对刺萼龙葵的室内活性测定结果

Tab. 3 The results of 7 herbicides to buffalobur for greenhouse bioassay

药剂 Herbicides	毒力回归方程 Regression equation	相关系数 r Correlation coefficient	ED_{90} / ($\text{g} \cdot \text{hm}^{-2}$)	95% 置信限 95% C. L.
25% 辛酰溴苯腈 EC 25% bromoxynil EC	$Y = -0.2264 + 3.56X$	0.974 0	67.31	45.53 ~ 99.51
20% 氯氟吡氧乙酸 EC 20% fluroxypyr EC	$Y = 2.7649 + 1.6614X$	0.970 7	130.83	79.72 ~ 214.71
20% 百草枯 AS 20% paraquat AS	$Y = 1.3032 + 2.0558X$	0.949 9	264.04	149.17 ~ 467.38
48% 三氯吡氧乙酸 EC 48% triclopyr EC	$Y = -3.6533 + 4.0217X$	0.974 4	295.32	222.23 ~ 392.45
24% 氨基吡啶酸 AS 24% picloram AS	$Y = 0.4552 + 2.2704X$	0.984 4	368.32	286.46 ~ 473.56
41% 草甘膦异丙胺盐 AS 41% glyphosate AS	$Y = -0.2046 + 2.2782X$	0.950 2	703.05	389.18 ~ 1 270.07
25% 氟磺胺草醚 AS 25% fomesafen AS	$Y = 2.2421 + 1.3927X$	0.980 5	795.21	496.42 ~ 1 273.84

根据药剂的作用特点和刺萼龙葵受药后的反应,可将 7 种除草剂分为速效型和持效型两类。速效性药剂包括百草枯和辛酰溴苯腈,均为光合作用抑制剂,这类药剂的作用速度非常快,药后 2~5 d 即可

干枯死亡,但剂量偏低时不能彻底杀死刺萁龙葵,植株容易复活。持效型药剂为氯氟吡氧乙酸、三氯吡氧乙酸、氨基吡啶酸、草甘膦和氟磺胺草醚,这类药剂彻底杀死刺萁龙葵要 7~20 d,控制时间长,刺萁龙葵枯死后不易复发,尽管低剂量不能彻底杀死刺萁龙葵,但能长期抑制刺萁龙葵的生长。

2.3 7 种除草剂的 ED₉₀ 与田间推荐剂量间的比较

对比药剂的 ED₉₀ 与田间推荐剂量(图 1)可以看出,除了氟磺胺草醚,6 种药剂的 ED₉₀ 均低于田间推荐剂量,在低于田间推荐剂量的情况下能起到有效地控制刺萁龙葵的目的(降幅为 38%~90%,最大的为三氯吡氧乙酸,最小的为氯氟吡氧乙酸)。氟磺胺草醚的 ED₉₀ 略高于田间推荐剂量(约为推荐剂量的 1.4 倍),防除刺萁龙葵时应增加使用剂量。

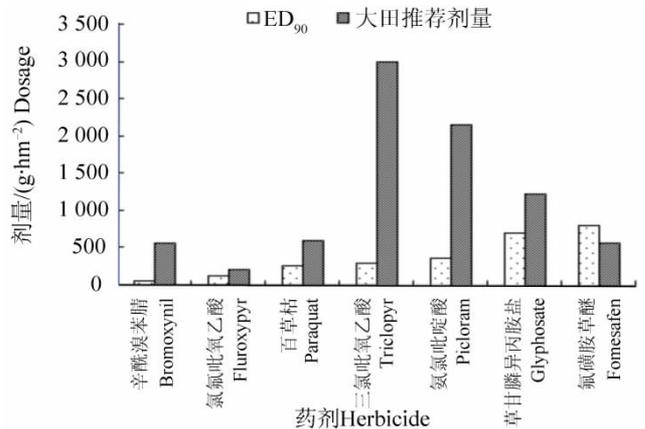


图 1 7 种除草剂的 ED₉₀ 和田间推荐剂量对比

Fig. 1 Comparison of ED₉₀ and the recommended dose of 7 herbicides

3 结论与讨论

本研究筛选出了防治非耕地、玉米田、大豆田、花生田和麦田刺萁龙葵的不同除草剂,能为不同入侵地刺萁龙葵的防治提供参考。其中可用于非耕地的有百草枯、草甘膦、氨基吡啶酸和三氯吡氧乙酸,可用于大豆和花生田的有氟磺胺草醚,可用于玉米田的有辛酰溴苯腈、氨基吡啶酸和氯氟吡氧乙酸,另外辛酰溴苯腈和氯氟吡氧乙酸还可用于小麦田。综合考虑辛酰溴苯腈、氯氟吡氧乙酸、百草枯、三氯吡氧乙酸、氨基吡啶酸、草甘膦异丙胺盐和氟磺胺草醚的特性,并对比药剂的田间推荐剂量,上述药剂中氟磺胺草醚的使用剂量应略高于田间推荐剂量,其它药剂在低于田间推荐剂量下就可达到较好的除草效果。辛酰溴苯腈、百草枯和草甘膦对 4~5 叶期的刺萁龙葵具有快速强烈的杀灭作用,其中辛酰溴苯腈有特效,可作为防除刺萁龙葵的重点药剂,氨基吡啶酸、三氯吡氧乙酸和氯氟吡氧乙酸对刺萁龙葵也具有较好的控制作用,并且对生态环境影响较小。

辛酰溴苯腈是以触杀作用为主的光合作用抑制剂,选择性较好,适用于禾谷类作物田和玉米田,在土壤中半衰期为 10~15 d,对后茬作物安全,并且在试验剂量内对动物无致畸、致癌、致突变作用^[14];氯氟吡氧乙酸是一种低毒的选择性内吸传导性除草剂,对禾本科杂草无效;三氯吡氧乙酸是一种内吸传导型除草剂,它能很快的被叶和根吸收,毒性极低,对兔皮肤无刺激,对眼睛稍有刺激;氨基吡啶酸为激素型除草剂,具有生长调节作用,大多数禾本科植物是耐药的,大多数双子叶作物(十字花科除外)、杂草、灌木敏感,在土壤中较稳定,半衰期为 1~12 月,使用时注意残效期,合理轮作倒茬;氟磺胺草醚为触杀型选择性除草剂,在推荐剂量下对大豆、环境和后茬作物安全,但是在土壤中持效期长,故高剂量使用应注意避免残留药害;草甘膦是一种内吸传导型灭生性除草剂,对天敌及有益生物较安全但是不具有选择性,不适合用于作物田;百草枯是一种触杀型灭生性除草剂,对人毒性极大,且无特效解毒剂,对环境和生态的安全性较差,应酌情使用^[15-16]。

本研究中除草剂的室内毒力测定为温室盆栽试验结果,可为刺萁龙葵的化学防治提供参考,但各个药剂在田间的实际应用效果,有待于进一步验证。关于刺萁龙葵化学防控体系的研究,除了关注对刺萁龙葵的控制效果外,还应该关注和评价化学防控对生态环境、人畜健康及生物多样性等方面的影响,建立合理的化学防控标准,从而形成完善的可以规范化应用的刺萁龙葵化学防控体系。

参考文献:

- [1] 关广清, 高东昌, 李文耀, 等. 刺萁龙葵: 一种检疫性杂草[J]. 植物检疫, 1984, 4(11): 25-28.
- [2] 刘全儒, 车晋滇, 贯路生, 等. 北京及河北植物新记录(III) [J]. 北京师范大学学报, 2005, 41(5): 510-512.

(下转第 1106 页)

- [12]宋红,宋刚,王玲.红松种子超干贮藏研究[J].种子,2009,28(6):30-33.
- [13]中国科学院上海植物生理研究所,上海植物生理学会.现代植物生理学实验指南[M].北京:科学出版社,1999:305-306.
- [14]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,2001:164-260.
- [15]高峻凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006:143-215.
- [16]罗广华,王爱国,邵从本,等.高浓度氧对种子萌发和幼苗生长的伤害[J].植物生理学报,1987,23(13):161-167.
- [17]朱诚,曾广文,郑光华.超干花生种子耐藏性与脂质过氧化作用[J].作物学报,2000,26(2):235-238.
- [18]Pallares I, Ferrari L, Ritta M. Discrimination between seed storage proteins of *Lotus tenuis* and *Lotus corniculatus* by PAGE [J]. Seed Sci & Teehno, 2000, 28(3):769-777.
- [19]Vladova R, Pandeva R, Peteolieheva K. Seed storage proteinsin *Capsieum annuum* cultivars [J]. Biologia-Plantarum, 2000, 43(2):291-295.
- [20]Tang Shande, TeKrony D M, Egli D B. An altemative model to prediet corn seed deterioration during storage [J]. Crop - Science, 2000, 40(2):463-470.
- [21]方允中,李文杰.自由基与酶:基础理论及其在生物学和医学中的应用[M].北京:科学出版社,1994.
- [22]杨期和,叶万辉,廖富林,等.种子贮藏特性研究的实验影响因素[J].武汉植物学研究,2006,24(5):469-475.

(上接第1081页)

- [3]高芳,徐驰.潜在危险性外来物种:刺萼龙葵[J].生物学通报,2005,40(9):11-12.
- [4]Bah M, Gutierrez D M, Escobedo C, et al. Methylprotodioscin from the Mexican medical plant *Solanum rostratum* (Solanaceae) [J]. Biochemical Systematics and Ecology, 2004, 32(2):197-202.
- [5]魏守辉,张朝贤,刘延,等.外来杂草刺萼龙葵及其风险评估[J].中国农学通报,2007,23(3):347-351.
- [6]林玉,谭敦炎.一种潜在的外来入侵植物:黄花刺茄[J].植物分类学报,2007,45(5):675-685.
- [7]刘勇,廖芳,杨秀丽,等.重要检疫性杂草刺萼龙葵分子生物学检测的研究[J].植物检疫,2011,25(2):51-54.
- [8]高芳,徐驰,周云龙.外来植物刺萼龙葵潜在危险性评估及其防治对策[J].北京师范大学学报,2005,41(4):420-424.
- [9]魏守辉,张少逸,张朝贤,等.防除刺萼龙葵的除草剂初步筛选[J].农药,2011,50(5):377-379.
- [10]曲波,王承旭,赵丹,等.3种除草剂对苗期刺萼龙葵的防除试验[J].草业科学,2011,28(4):614-617.
- [11]Wei S H, Zhang C X, Chen X Z, et al. Rapid and effective methods for breaking seed dormancy in buffalobur (*Solanum rostratum*) [J]. Weed Science, 2010, 58:141-146.
- [12]Wei S H, Zhang C X, Li X J, et al. Factors affecting buffalobur (*Solanum rostratum*) seed germination and seedling emergence [J]. Weed Science, 2009, 57:521-525.
- [13]农业部农药检定所生测室.农药室内生物测定试验准则 除草剂 第4部分[M].北京:中国农业出版社,2006:1-3.
- [14]刘长令.世界农药大全[M].北京:化学工业出版社,2002:312-313.
- [15]张朝贤,张跃进,倪汉文.农田杂草防除手册[M].北京:中国农业出版社,2000:256-257.
- [16]徐汉虹.植物化学保护[M].北京:中国农业出版社,2007:197-198.