

两种除草剂对水葫芦和大藻的防除效果

陈兆杰[#], 黄璐璐[#], 宋世明, 雷雨豪, 谭辉华, 李雪生^{*}

(广西大学农药与环境毒理研究所, 广西农业环境与农产品安全重点实验室培育基地, 南宁 530004)

摘要 采用枯叶指数、枯柄指数、新根抑制、鲜重防效等指标, 评价 480 g/L 灭草松水剂和 10% 硝磺草酮可分散油悬浮剂对水葫芦及大藻的防除效果。盆栽毒力测定结果表明, 10% 硝磺草酮可分散油悬浮剂对水葫芦和大藻新根有很好的抑制作用, 药后 10 d, LC_{50} 分别为 14.22 和 7.21 mg/L; 480 g/L 灭草松水剂对水葫芦和大藻鲜重的毒力较强, 药后 10 d, LC_{50} 分别为 548.22 和 3.49 mg/L; 药后 20 d, LC_{50} 分别为 53.28 和 3.31 mg/L; 而 2 种除草剂对水葫芦叶片、叶柄和大藻的叶片毒力均较低, 其中 480 g/L 灭草松水剂对水葫芦叶片和叶柄毒力优于 10% 硝磺草酮可分散油悬浮剂, 药后 30 d LC_{50} 分别为 94.40 和 93.43 mg/L; 对大藻叶片毒力较强的是 10% 硝磺草酮可分散油悬浮剂, 药后 20 d LC_{50} 为 165.07 mg/L, 在实际应用中, 为提高防治效果, 可适当提高剂量或进行混配处理。

关键词 大藻; 水葫芦; 硝磺草酮; 灭草松; 防除

中图分类号: S 451 文献标识码: B DOI: 10.16688/j.zwbh.2017235

Control effect of two herbicides on water hyacinth and water lettuce

CHEN Zhaojie, HUANG Lulu, SONG Shiming, LEI Yuhao, TAN Huihua, LI Xuesheng

(*Institute of Pesticide & Environmental Toxicology, Guangxi University, Guangxi Breeding Base of Key Laboratory of Agro-Environment and Agro-Products Safety, Nanning 530004, China*)

Abstract The control effect of water hyacinth and water lettuce by 10% mesotrione dispersed oil suspensions and 480 g/L bentazone aqueous solution were evaluated by withering leaf index, withering petiole index, and the inhibition to new roots and fresh weight. The result showed that mesotrione 10% OD showed high toxicity to both water hyacinth root and water lettuce root, with the LC_{50} values of 14.22 mg/L and 7.21 mg/L after 10 d treatment, respectively. Bentazone 480 g/L AS has relative high toxicity to fresh weight of water hyacinth and water lettuce, with the LC_{50} values of 548.22 and 3.49 mg/L after 10 d treatment and 53.28 and 3.31 mg/L after 20 d treatment, respectively. However, the toxicity of the two herbicides was relatively low to leaf and petiole. Bentazone 480 g/L AS had a higher toxicity to leaf and petiole of water hyacinth than mesotrione 10% OD, with the LC_{50} values of 94.40 and 93.43 mg/L, respectively, while mesotrione 10% OD had a higher toxicity to leaf of water lettuce, with the LC_{50} value of 165.07 mg/L. In practical application, in order to improve the control effect, the dosage can be appropriately increased or mixed with each other.

Key words water lettuce; water hyacinth; mesotrione; bentazone; control

水葫芦 *Eichhornia crassipes* Solms, 又名凤眼莲、凤眼蓝, 为多年生草本植物, 原产于南美洲, 现在至少 62 个国家和地区受到了水葫芦入侵的危害^[1], 其中, 我国南方地区的 17 个省市也在受危害严重的名单中。水葫芦是世界上生长繁殖速度最快, 危害最为严重的外来入侵多年生水生杂草之一, 位列世

界十大恶性杂草之一^[2]。水葫芦的叶柄中下部膨大, 恰似葫芦, 以及其淡紫色的花瓣均使其极具观赏性, 多国曾以观赏的目的大量引进; 同时因其具有极为发达的须根, 净化水源也是水葫芦被引入的原因之一^[3]; 但较强的环境适应性和抗逆境的能力使其能在大多数的气候中生长繁殖, 泛滥成灾^[4]。

收稿日期: 2017-06-21

修订日期: 2017-07-24

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0201208-4); 广西农业环境与农产品安全重点实验室培育基地(桂科基字(2016)133号)

* 通信作者 E-mail: lxsngx@163.com

为并列第一作者

大藻 *Pistia stratiotes* Linn. 又名大萍、水浮莲、水白菜,为多年生草本植物,原产地为南美洲的巴西,现在广泛分布于热带、亚热带地区,近年来在我国的华南、华东、西南 10 余个地区危害严重^[5];大藻繁殖能力强,速度快,环境适应就会侵占其他生物的生长领地,被列入我国 100 种最危险的入侵物种的名单^[6]。因其发达的根系和较高的营养和药用价值而被大量引入养殖用于净化水源和用作药材,但由于其在气温适宜的亚热带、热带地区能全年繁殖,对我国以及世界多个国家和地区的河道和水生态环境造成威胁^[7]。

目前,防除水葫芦和大藻的方法主要有化学防除、生物控制和人工打捞等。化学防除是目前最为有效而快捷防除水葫芦和大藻的方法。水葫芦的防除一直以来都是世界难题,相关研究已有较多的报道,但化学防除普遍存在持效性差、成分单一、污染水源和影响人类健康等问题,如以草甘膦为主要有效成分的系列制剂成品,大多数仅仅在有效成分的含量上进行改良,并不能缓解草甘膦对水环境生态以及人类健康带来的压力^[8-10]。王长方等研究发现 2,4-D 丁酯水剂对水葫芦有很好的防除效果,同时,在欧美的一些国家或地区已经成功地使用 2,4-D 治理水葫芦在内等多种水生杂草^[11]。相较于水葫芦,大藻防除方面的报道较少,国外主要利用唑草酮、甲氧咪草烟和五氟磺草胺等进行防除研究^[12-13]。现阶段缺乏同时防除大藻和水葫芦的手段,同时,互为优势种的现象存在于世界各地,有效控制了水葫

芦后,往往大藻会变成优势种开始泛滥生长^[14],大藻和水葫芦威胁河道和水生态环境的问题依然没有得到解决,为此,本研究首次筛选出能同时防除大藻和水葫芦的除草剂,且毒性低,见效快,效果好,为化学防除水葫芦和大藻以及相似类型的水生杂草提供一个新思路。

1 材料与方 法

1.1 供试除草剂

480 g/L 灭草松水剂(AS),山东潍坊润丰化工股份有限公司;10% 硝磺草酮可分散油悬浮剂(OD),山东胜邦绿野化学有限公司。

1.2 供试水生杂草

水葫芦及大藻均采自广西南宁西乡塘区石埠县野外水域。

1.3 试验设计

初筛试验:以表 1 中 10 种杀草谱为单子叶或阔叶类杂草的除草剂进行预试验。每盆放置生长情况和大小基本一致的水葫芦和大藻各 3 株(每株叶片数 6~8 片,水葫芦株高为 11~13 cm,大藻株高为 5~7 cm),放养于面积为 0.126 m² 的塑料盆内,深度为 12 cm,水源为曝晒 7 d 以上的自来水,2 d 后进行试验。采用德国 car system 压力喷雾器按田间推荐剂量进行茎叶喷雾处理,喷药量为 100 mL/盆,每个浓度重复 3 次,以喷清水为对照。分别在药后 1、3、5、7、14、21、30 d 观察药效情况并记录死亡天数和第 30 天的复活率。

表 1 供试防除大藻和水葫芦的除草剂

Table 1 Herbicides for controlling water lettuce and water hyacinth

除草剂 Herbicide	类型 Type	有效成分及剂型 Active ingredient and dosage form	推荐有效剂量/g·(hm ²) ⁻¹ Recommended dose
喹禾灵 quizalofop-ethyl	芳氧苯氧丙酸类 Phenoxy propionic acid	10% 乳油 10% Emulsifiable concentrate	150
二氯吡啶酸 clopyralid	杂环类 Heterocycle	30% 水剂 30% Aqueous solution	270
噁唑酰草胺 metamifop	芳氧苯氧丙酸类 Phenoxy propionic acid	15% 乳油 15% Emulsifiable concentrate	120
灭草松 bentazone	杂环类 Heterocycle	480 g/L 水剂 480 g/L Aqueous solution	1 440
草除灵 benazolin-ethyl	杂环类 Heterocycle	30% 悬浮剂 30% Suspension concentrate	300
硝磺草酮 mesotrione	三酮类 Triketone	10% 可分散油悬浮剂 10% Oil-based suspension concentrate	150
苄嘧磺隆 bensulfuron-methyl	磺酰脲类 Sulfonylurea	10% 可湿性粉剂 10% Wettable powder	45
吡嘧磺隆 pyrazosulfuron-ethyl	磺酰脲类 Sulfonylurea	10% 可湿性粉剂 10% Wettable powder	30
唑草酮 carfentrazone-ethyl	三唑啉酮类 Triazolone	20% 可湿性粉剂 20% Wettable powder	36
仲丁灵 butralin	二硝基苯胺类 Dinitroaniline	48% 乳油 48% Emulsifiable concentrate	稀释 100 倍

复筛试验:在预试验的基础上设置 5 个不同的试验浓度,10%硝磺草酮可分散油悬浮剂 5 个浓度

梯度分别为 5、10、25、50、75 mg/L;480 g/L 灭草松水剂 5 个浓度梯度分别为 24、48、72、96、120 mg/L,

进行茎叶喷雾,喷药量为 100 mL/盆,每个浓度重复 3 次,以喷清水为对照。于药后 10、20、30 d 分别调查枯叶指数、枯柄指数、新根数、鲜重等指标,计算 10% 硝磺草酮可分散油悬浮剂、480 g/L 灭草松水剂对水葫芦和大藻叶片、叶柄、鲜重、新根的毒力。

1.4 数据统计方法

试验调查过程中,叶片和叶柄采用分级统计法进行统计,枯叶(枯柄)分级标准如下(由于大藻毒力评价未见有关文献报道,文中采用与水葫芦一样的评价方法):

0 级:全叶绿色;

1 级:绿色面积占叶(叶柄)面积 79% 以上;

2 级:绿色面积占叶(叶柄)面积 60%~79%;

3 级:绿色面积占叶(叶柄)面积 40%~59%;

4 级:绿色面积占叶(叶柄)面积 20%~39%;

5 级:绿色面积占叶(叶柄)面积 20% 以下。

主要计算公式如下:

枯叶(枯柄)指数 = $\frac{\sum[\text{各级枯叶(枯柄)数} \times \text{相对级数值}]}{[\text{调查总叶(叶柄)数} \times 5]} \times 100\%$;

叶片(叶柄)防效 = $[\text{处理区枯叶(叶柄)指数} -$

对照区枯叶(叶柄)指数] / $[100 - \text{对照区枯叶(叶柄)指数}] \times 100\%$;

鲜重减退率 = $(\text{处理前鲜重} - \text{处理后鲜重}) / (\text{处理前鲜重}) \times 100\%$;

鲜重防效 = $(\text{处理鲜重减退率} - \text{对照鲜重减退率}) / (100 - \text{对照鲜重减退率}) \times 100\%$;

新根抑制率 = $(\text{对照区新根数} - \text{处理区新根数}) / (\text{对照区新根数}) \times 100\%$;

数据利用 SPSS 19.0 统计软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 预试验筛选结果

通过对供试的 10 种除草剂的药效对比试验,10% 硝磺草酮可分散油悬浮剂和 480 g/L 灭草松水剂对水葫芦和大藻的药效等级均达到了 4 级,致死天数分别为 7 d 和 6 d。在 30 d 观察期间复活率均为 0。大藻、水葫芦植株均表现出须根脱离、下沉、腐烂等现象,大藻较水葫芦下沉腐烂快。其他 8 种供试药剂同时防除水葫芦和大藻的效果均在 3 级以下或无防治效果(表 2)。

表 2 12 种除草剂防除水葫芦和大藻的效果¹⁾

Table 2 Control effect of 12 herbicides on water hyacinth and water lettuce

除草剂 Herbicide	大藻药效级别 The level of efficacy on water lettuce	水葫芦药效级别 The level of efficacy on water hyacinth	致死天数/d Death day	第 30 天复活率/% Resurrection rate at 30th day
10% 唑禾灵 EC quizalofop-ethyl 10% EC	3	1	—	—
30% 二氯吡啶酸 AS clopyralid 30% AS	0	0	—	—
15% 噁唑酰草胺 EC metamifop 15% EC	4	2	—	—
480 g/L 灭草松 AS bentazone 480 g/L AS	4	4	6	0
30% 草除灵 SC benazolin-ethyl 30% SC	0	4	—	—
10% 硝磺草酮 OD mesotrione 10% OD	4	4	7	0
10% 苄嘧磺隆 WP bensulfuron-methyl 10% WP	0	0	—	—
10% 吡嘧磺隆 WP pyrazosulfuron-ethyl 10% WP	1	2	—	—
20% 唑草酮 WP carfentrazone-ethyl 20% WP	3	0	—	—
48% 仲丁灵 EC butralin 48% EC	4	0	—	—

1) 药效分级:0 级为正常生长;1 级为抑制率 $\leq 30\%$;2 级为 $30\% < \text{抑制率} \leq 60\%$;3 级为 $60\% < \text{抑制率} < 100\%$;4 级为抑制率 100% ^[15]。
Efficacy class: Level 0: Normal growth; Level 1: Inhibition rate $\leq 30\%$; Level 2: $30\% < \text{Inhibition rate} \leq 60\%$; Level 3: $60\% < \text{Inhibition rate} < 100\%$; Level 4: Inhibition rate = 100% ^[15]。

2.2 2 种除草剂对水葫芦的毒力测定结果

毒力测定结果表明,同一除草剂对不同作用部位以及不同除草剂对同一作用部位的毒力均不相同(表 3~表 4)。

在水葫芦毒力试验中,药后 10 d,2 种除草剂对新根的抑制作用均强于其他部位,其中,10% 硝磺草

酮可分散油悬浮剂对新根的抑制作用较好,其 LC_{50} 为 14.22 mg/L,是 480 g/L 灭草松水剂的 0.32 倍;而 480 g/L 灭草松水剂对叶片、叶柄和鲜重的抑制作用较好, LC_{50} 分别为 155.23、231 和 548.22 mg/L;水葫芦各部位对 2 种除草剂敏感性高低依次为新根、叶片、叶柄和鲜重。药后 30 d,480 g/L 灭草松水剂对

水葫芦各部位均体现了较好的抑制效果,对叶片、叶柄、鲜重和新根抑制的 LC_{50} 分别为 94.40、93.43、22.99 和 20.09 mg/L。10% 硝磺草酮可分散油悬浮剂对水葫芦各部位抑制作用大小依次为新根、鲜重、叶片和叶柄,而 480 g/L 灭草松水剂对水葫芦各部位抑制作用大小依次为新根、鲜重、叶柄和叶片。

2.3 2 种除草剂对大藻的毒力测定结果

在大藻的毒力试验中,药后 10 d,10% 硝磺草酮可分散油悬浮剂对新根抑制效果最好,新根抑制的 LC_{50} 为 7.21 mg/L,是 480 g/L 灭草松水剂 LC_{50} 的 0.11 倍;而 480 g/L 灭草松水剂对鲜重有很好的抑制效果,其 LC_{50} 为 3.49 mg/L,是 10% 硝磺草酮可分散油悬浮剂的 0.13 倍。药后 20 d,10% 硝磺草酮可分散油悬浮剂和 480 g/L 灭草松水剂对

鲜重和新根抑制作用较大,鲜重 LC_{50} 和新根 LC_{50} 分别为 4.66、5.30 mg/L 和 3.31、37.84 mg/L;但 2 种除草剂对大藻叶片的毒力均不理想,其中,480 g/L 灭草松水剂的效果最差,药后 10 d 和药后 20 d, LC_{50} 分别为 1 717.72 mg/L 和 352.28 mg/L,是其对鲜重 LC_{50} 的 492.18 倍和 106.43 倍。

综上所述,10% 硝磺草酮可分散油悬浮剂对水葫芦和大藻的新根有很好的抑制作用,而 480 g/L 灭草松水剂对水葫芦和大藻的鲜重有着很好的抑制效果,但叶片和叶柄对 2 种除草剂的敏感度均较差。在 30 d 的观察期内,水葫芦(部分叶片和叶柄并未完全枯死,但根系已腐烂脱落)和大藻均 100% 死亡,且无再生现象。本研究结果可为同时防除这两种水生杂草提供一种新的化学防除思路。

表 3 两种除草剂对水葫芦的毒力测定

Table 3 Toxicity of two herbicides on water hyacinth

药后天数/d Days after treatment	除草剂 Herbicide	作用部位 Site of action	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 Correlation coefficient	LC_{50} (95% 置信区间)/mg · L ⁻¹ LC_{50} (95% confidence interval)
10	10% 硝磺草酮 OD mesotrione 10% OD	叶片 Leaf	$y = -2.072 + 0.920x$	0.903	178.55(103.03~506.25)
		叶柄 Petiole	$y = -1.462 + 0.449x$	0.846	1 808.90(301.43~29 271.34)
		鲜重 Fresh weight	$y = -2.709 + 0.750x$	0.957	4 091.00(564.67~520 905.72)
		新根 New root	$y = -1.061 + 0.921x$	0.846	14.22(9.98~18.91)
	480 g/L 灭草松 AS bentazone 480 g/L AS	叶片 Leaf	$y = -2.566 + 1.171x$	0.317	155.23(118.25~251.12)
		叶柄 Petiole	$y = -1.781 + 0.753x$	0.921	231.00(142.04~949.74)
		鲜重 Fresh weight	$y = -1.120 + 0.313x$	0.848	548.22(209.89~4 996.69)
		新根 New root	$y = -2.089 + 1.263x$	0.443	45.06(32.94~56.06)
20	10% 硝磺草酮 OD mesotrione 10% OD	叶片 Leaf	$y = -1.245 + 0.574x$	0.951	147.09(72.69~853.15)
		叶柄 Petiole	$y = -1.181 + 0.418x$	0.680	665.00(159.43~9 138.00)
		鲜重 Fresh weight	$y = -1.913 + 0.670x$	0.553	718.00(229.46~17 594.64)
		新根 New root	$y = -0.857 + 0.940x$	0.403	8.17(5.06~11.30)
	480 g/L 灭草松 AS bentazone 480 g/L AS	叶片 Leaf	$y = -1.476 + 0.717x$	0.779	114.36(79.79~239.03)
		叶柄 Petiole	$y = -1.385 + 0.664x$	0.850	121.73(82.33~307.88)
		鲜重 Fresh weight	$y = -2.240 + 1.297x$	0.583	53.28(41.03~65.24)
		新根 New root	$y = -1.944 + 1.220x$	0.306	39.19(26.99~49.83)
30	10% 硝磺草酮 OD mesotrione 10% OD	叶片 Leaf	$y = -1.192 + 0.570x$	0.814	123.16(63.64~611.24)
		叶柄 Petiole	$y = -1.287 + 0.589x$	0.950	152.00(75.64~852.07)
		鲜重 Fresh weight	$y = -1.253 + 0.707x$	0.901	59.29(39.02~122.89)
		新根 New root	$y = -0.739 + 0.909x$	0.312	6.50(3.65~9.36)
	480 g/L 灭草松 AS bentazone 480 g/L AS	叶片 Leaf	$y = -1.421 + 0.719x$	0.829	94.40(65.94~167.53)
		叶柄 Petiole	$y = -1.414 + 0.717x$	0.843	93.43(65.13~165.00)
		鲜重 Fresh weight	$y = -1.994 + 1.465x$	0.718	22.99(14.41~30.58)
		新根 New root	$y = -2.337 + 1.714x$	0.314	20.09(15.27~29.67)

表 4 两种除草剂对大藻的毒力测定

Table 4 Toxicity test of two herbicides on water lettuce

药后天数/d Days after treatment	除草剂 Herbicide	作用部位 Site of action	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 Correlation coefficient	LC ₅₀ (95%置信区间)/mg·L ⁻¹ LC ₅₀ (95% confidence interval)
10	10%硝磺草酮 OD mesotrione 10% OD	叶片 Leaf	$y = -1.441 + 0.632x$	0.912	189.92(91.77~1 064.45)
		鲜重 Fresh weight	$y = -1.384 + 0.964x$	0.343	27.22(20.73~36.84)
		新根 New root	$y = -1.193 + 1.390x$	0.673	7.21(5.21~9.21)
	480 g/L 灭草松 AS bentazone 480 g/L AS	叶片 Leaf	$y = -3.269 + 1.011x$	0.659	1 717.72(524.11~136 229.88)
		鲜重 Fresh weight	$y = -0.313 + 0.575x$	0.919	3.49(0.36~12.82)
		新根 New root	$y = -3.723 + 2.066x$	0.562	63.38(54.95~72.22)
20	10%硝磺草酮 OD mesotrione 10% OD	叶片 Leaf	$y = -1.348 + 0.608x$	0.935	165.07(81.33~903.71)
		鲜重 Fresh weight	$y = -0.845 + 1.265x$	0.857	4.66(2.89~6.43)
		新根 New root	$y = -1.110 + 1.532x$	0.533	5.30(3.71~6.86)
	480 g/L 灭草松 AS bentazone 480 g/L AS	叶片 Leaf	$y = -3.056 + 1.200x$	0.532	352.28(220.95~1 001.20)
		鲜重 Fresh weight	$y = -0.444 + 0.854x$	0.845	3.31(0.09~9.81)
		新根 New root	$y = -4.404 + 2.791x$	0.998	37.84(14.46~56.86)

3 结论与讨论

10%硝磺草酮可分散油悬浮剂、480 g/L 灭草松水剂对水葫芦和大藻均有很好的防治效果。盆栽试验结果表明,不同部位对同一除草剂与同一部位对不同除草剂的敏感性差异较大。10%硝磺草酮可分散油悬浮剂对水葫芦和大藻新根的抑制作用强,药后 10 d,新根抑制的 LC₅₀ 分别为 14.22 和 7.21 mg/L,是 480 g/L 灭草松水剂的 0.32 和 0.11 倍。这可能由于 10%硝磺草酮可分散油悬浮剂抑制羧基苯基丙酮酸酯双氧化酶(hydroxy phenyl pyruvate oxidase)的合成,使酪氨酸积累,影响类胡萝卜素的合成,抑制光合作用,从而影响了新根的生长;480 g/L 灭草松水剂对水葫芦和大藻的鲜重有很好的抑制作用,药后 20 d,抑制鲜重的 LC₅₀ 分别为 53.28 和 3.31 mg/L,是 10%硝磺草酮可分散油悬浮剂的 0.07 和 0.71 倍,可能由于 480 g/L 灭草松水剂强烈抑制水分的代谢,造成叶片、叶柄失水枯干而死^[16];2 种除草剂对水葫芦的叶片和叶柄以及大藻的叶片抑制作用较弱,药后 30 d,480 g/L 灭草松水剂对水葫芦叶片和叶柄抑制的 LC₅₀ 分别为 94.40 和 93.43 mg/L,是 10%硝磺草酮可分散油悬浮剂的 0.77 和 0.61 倍;而 10%硝磺草酮可分散油悬浮剂对大藻叶片的抑制作用强于 480 g/L 灭草松水剂,药后 20 d,新根抑制的 LC₅₀ 为 165.07 mg/L,是 480 g/L 灭草松水剂的 0.47 倍。因此,为提高防治效果,日后可根据环境安全评估的相关数据适当提高施用浓度,或考虑采用 480 g/L 灭草松水剂和 10%硝磺草酮可分散油

悬浮剂混配。种子是水葫芦和大藻有性繁殖的一种手段^[17],文中并没有探究两种除草剂对大藻和水葫芦种子萌发的影响,同时,不同剂型是否会对防效造成影响等问题有待在以后的研究中进一步探讨。

参考文献

- [1] 高雷,李博. 入侵植物凤眼莲研究现状及存在的问题[J]. 植物生态学报, 2004, 28(6): 735-752.
- [2] 江洪涛,张红梅. 国内外水葫芦防治研究综述[J]. 中国农业科技导报, 2003, 5(3): 72-75.
- [3] HOWARD G W, HARLEY K L S. How do floating aquatic weeds affect wetland conservation and development? How can these effects be minimised? [J]. Wetlands Ecology and Management, 1997, 5(3): 215-225.
- [4] JAMIL K, MADHAVENDRA S S, JAMIL M Z. Studies on water hyacinth as a biological filter for treating contaminants from agricultural wastes and industrial effluents [J]. Journal of Environmental Science & Health, Part B: Pesticides Food Contaminants, and Agricultural Wastes, 1987, 22(1): 103-112.
- [5] LIU Dasheng, WANG Rui, GORDON D R, et al. Predicting plant invasions following China's water diversion project [J]. Environmental Science & Technology, 2017, 51(3): 1450-1457.
- [6] 马国君,张振兴,张颖洁. 外来物种入侵灾变治理的困境与对策研究—以清水江三板溪库区“水白菜”泛滥为例[J]. 原生态环境文化学刊, 2014, 6(4): 2-13.
- [7] ADEBAYO A A, BRISKI E, KALACI O, et al. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and water lettuce (*Pistia stratiotes*) in the Great Lakes: playing with fire? [J]. Aquatic Invasions, 2011, 6(1): 91-96.
- [8] 游泳,王长方,王俊,等. 草甘膦异丙胺盐水剂防除水葫芦效果及其在水中的残留[J]. 福建农业学报, 2007, 22(2): 167-171.
- [9] 潘晓皖,汪晓红. 36%草甘·氯磺可溶性粉剂防除水域水葫芦试验[J]. 农药科学与管理, 2004, 25(3): 10-12.

[10] GASNIER C, DUMONT C, BENACHOUR N, et al. Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines [J]. *Toxicology*, 2009, 262(3): 184.

[11] 王长方, 游泳, 王俊, 等. 2,4-D 丁酯水剂防除水葫芦的效果及其在水中的残留动态[J]. *农业环境科学学报*, 2007, 26(5): 1719 - 1724.

[12] KOSCHNICK T J, HALLER W T, CHEN A W. Carfentrazone-ethyl pond dissipation and efficacy on floating plants 1 [J]. *Journal of Aquatic Plant Management*, 2004, 42(7): 103 - 108.

[13] MUDGE C R, NETHERLAND M D. Response of invasive floating plants and nontarget emergent plants to foliar applica-

tions of imazamox and penoxsulam [J]. *Journal of Aquatic Plant Management*, 2014, 52: 1 - 7.

[14] LACOUL P, FREEDMAN B. Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems [J]. *Environmental Reviews*, 2006, 14(2): 89 - 136.

[15] 蔡英杰, 陈丽玲, 刘学东. 防除水葫芦除草剂的筛选[J]. *杂草科学*, 2008(4): 73 - 74.

[16] 王险峰, 辛明远. 除草剂安全应用手册[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.

[17] 贾洪亮, 农日升, 魏国余. 广西湿地外来入侵植物调查初报 [J]. *南方农业学报*, 2011, 42(12): 1493 - 1496.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 189 页)

[20] 王春花. 草莓炭疽病在东港地区的发生及防治[J]. *北方果树*, 2013(2): 38.

[21] 姚红燕, 张庆, 张松柏. 宁波地区草莓炭疽病菌株分离和生物学特性研究[J]. *浙江农业科学*, 2010(2): 376 - 379.

[22] 向发云, 韩永超, 曾祥国, 等. 湖北省草莓育苗期炭疽病病害调查[J]. *湖北农业科学*, 2012, 51(24): 5650 - 5653.

[23] 杨敬辉, 陈宏州, 肖婷, 等. 草莓炭疽病病原鉴定及其 12 种杀菌剂的毒力测定[J]. *西南农业学报*, 2015, 28(6): 2527 - 2531.

[24] 陈志谊, 刘永锋, 陆凡. 井冈霉素和生防菌 Bs-916 协同控病作用及增效机理[J]. *植物保护学报*, 2003, 30(4): 429 - 434.

[25] 刘邮洲, 陈志谊, 刘永锋, 等. 枯草芽孢杆菌 sf628 和咪鲜胺锰盐协同作用防治番茄枯萎病[J]. *江苏农业学报*, 2011, 27(6): 1249 - 1253.

[26] KLOEPPER J W, LEONG J, TEINTZE M, et al. Enhance plant growth by siderophores produced by plant growth promoting *Rhizobacteria* [J]. *Nature*, 1980, 286: 885 - 886.

[27] WELLER D M. Biological control of soil-borne plant pathogens in the *Rhizosphere* with bacteria [J]. *Annual Review of Phytopathology*, 1988, 26: 397 - 407.

(责任编辑: 杨明丽)



《葡萄健康栽培与病虫害防控》



中国农业科学院植物保护研究所王忠跃研究员主编的《葡萄健康栽培与病虫害防控》于 2017 年 11 月由中国农业科学技术出版社出版。该书由吴孔明院士作序,分绪论和上中下三篇,共十六章,78 万字,彩图 336 幅,全书 557 页,精装。该书首先综述了植物健康概念及发展的历史脉络,并从植物健康概念出发,提出了葡萄健康栽培的技术路线;按照这个技术路线,从葡萄种植的健康(包括:在种植区域或种植地块和品种的选择、土壤消毒和处理、葡萄的种植与营养生长管理、葡萄的树体管理和花果管理等)入手,全面介绍了土壤健康的维护(包括:土壤消毒、土壤管理、肥料科学施用和水分管理)和葡萄病虫害防控技术(包括我国葡萄病虫害重要种类及它们的发生规律和防控技术、病虫害防控基础知识和农药的科学使用等),并重点总结和介绍了葡萄健康栽培的周年管理技术,即在一个生育周期或年周期中如何进行病虫害的规范化防控、树体管理和花果管理、肥水管理等。

该书由五十多位从事葡萄育种、栽培、土壤管理、植物病理学、农业昆虫学、农药学等科研和教学的专家教授及从事一线葡萄生产的优秀从业者共同协作完成,提供了葡萄品种选择、葡萄栽种、树体管理、病虫害防控和土肥水管理的全面技术资料,不但总结了我国近几年或十几年发展起来的新技术,且注重实用、关注田间、立足产业、贴近生产,是葡萄种植者、从事葡萄学相关的教学和科研人员、基层技术干部等的一本很好工具性参考书,尤其是对生产一线的葡萄生产者科学使用农药化肥、生产优质葡萄,具有很好的指导作用。