

田武学, 严牙丽, 沈嘉彬, 等. 土壤处理除草剂对小籽蒺藜室内生物活性评价[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(4): 128–132.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.04.019

土壤处理除草剂对小籽蒺藜室内生物活性评价

田武学¹, 严牙丽¹, 沈嘉彬², 傅 杨¹, 汤东生¹

(1. 云南农业大学植物保护学院, 云南昆明 650201; 2. 云南省大理市巍山县植保植检站, 云南巍山 672400)

摘要:除草剂的土壤处理是对当茬作物更经济、有效、安全的杂草防治措施。小籽蒺藜(*Phalaris minor* Retz.) 危害云南冬季作物田多年, 但尚未见采用土壤处理除草剂防治的报道。以小籽蒺藜为研究对象, 采用室内盆栽试验, 用常用土壤除草剂处理后检验其对小籽蒺藜种子萌发和幼芽生长的影响。结果表明, 900 g/L 乙草胺 EC 对小籽蒺藜种子萌发的抑制作用最强, 1/4 倍推荐剂量下仍 100% 抑制种子萌发; 其次是 720 g/L 异丙甲草胺 EC 和 690 g/L 精异丙甲草胺 EC, 其 90% 萌发抑制率有效剂量低于 1.5 倍推荐剂量; 其他土壤处理除草剂的 50% 萌发抑制率有效剂量基本超过了推荐剂量。推荐剂量处理下, 对芽长抑制率超过 75% 的除草剂为 900 g/L 乙草胺 EC 和 690 g/L 精异丙甲草胺 EC; 对芽长抑制率超过 60% 的除草剂为 720 g/L 异丙甲草胺 EC、50% 丁草胺 EC、30% 丙草胺 EC、240 g/L 乙氧氟草醚 EC、330 g/L 二甲戊灵 EC; 而 10% 苄嘧磺隆 WP 和 25% 绿麦隆 WP 则促进小籽蒺藜芽的生长。以上结果表明, 采用土壤处理除草剂控制小籽蒺藜的备用除草剂种类不多, 采用土壤处理剂来控制小籽蒺藜的压力较大。

关键词:小籽蒺藜; 除草活性; 土壤处理剂; 除草剂

中图分类号:S451; S482.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)04-0128-05

小籽蒺藜(*Phalaris minor* Retz.) 是近年来入侵云南中西部地区冬季农田的外来杂草, 危害地区已经涉及 6 个地(州)近 30 个县(区), 对大小麦、蚕豆和油菜等冬季作物生产造成严重影响^[1]。小籽蒺藜为冬季一年生杂草, 靠种子繁殖。由于该草苗期形态与大小麦高度相似^[2]、生育期相近, 导致区分困难, 农民常常错过最佳防治适期。杂草的化学防治是所有防治措施中最经济、有效的防治手段^[3]。杂草的化学防治主要包括茎叶处理和土壤处理。茎叶处理是指杂草发生危害初期采用选择性除草剂杀死杂草而保护作物的一种技术措施^[4]。课题组前期测试了多种茎叶处理剂对小籽蒺藜的作用效果, 发现麦田小籽蒺藜的防治可选除草剂品种少, 除草压力大^[5]。土壤处理是指在杂草未出土或刚出土时, 将除草剂喷撒至土壤表面, 杂草种子通过幼芽或幼根吸收药剂后产生致死效应来保护作物的一种除草措施, 是杂草防治的预防性措施。小籽蒺

藜已在我国云南危害多年, 但尚未有关于土壤处理除草剂对小籽蒺藜防效的研究报道。

除草剂的土壤处理是在作物出苗前实施的一种除草措施。土壤处理除草剂的选择重点不是除草剂在作物与杂草之间的选择性, 而是除草剂的吸收部位和持效期。土壤处理的选择性是一种针对深播作物, 同时利用位差和时差来实现的选择性, 对大多数深播作物安全、可选择品种多^[6]。叶照春等研究了土壤处理除草剂对半夏(*Pinellia ternata*) 播后苗前的除草效果, 结果表明, 酮·乙草胺·莠去津悬浮剂(SC)处理和 68.8% 噻草酮·乙草胺乳油(EC)的处理效果较好^[7]。杨云等的研究表明, 采用混合土壤处理剂乙草胺+烟嘧·莠去津处理比单剂效果好, 对田间主要杂草猪殃殃(*Galium aparine* L.) 的效果超过 98%^[8]。吴洁等的田间试验表明, 33% 二甲戊灵 EC 和 96% 异丙甲草胺 EC 在棉花(*Gossypium hirsutum*) 播种前后施用, 药后 42 d 控草效果均能达到 57% 以上^[9]。滕春红等研究发现, 新型土壤处理除草剂 20% 异噁唑草酮 SC 和 26% 噻草酮·异噁唑 SC 对玉米田杂草有较高的除草活性, 2 种药剂对各种杂草的 90% 萌发抑制率有效剂量(GR₉₀) 均低于田间推荐剂量^[10]。砒唑草啉对玉米田杂草具有良好的封闭处理和茎叶活性^[11]。土壤处理除草剂是一大类除草剂, 结构众多。第一

收稿日期: 2022-05-10

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 32160650); 云南省科技惠民计划专项(编号: 2016RA007)。

作者简介: 田武学(1994—), 甘肃武威人, 硕士研究生, 研究方向为杂草控制。E-mail: 3244583034@qq.com。

通信作者: 汤东生, 博士, 副教授, 研究方向为杂草控制。E-mail: tangds@ynau.edu.cn。

大类为酰胺类除草剂,主要通过幼芽吸收来防除一年生禾本科杂草和部分阔叶草,代表除草剂有乙草胺、异丙甲草胺、甲草胺、敌稗等,是应用最普遍的土壤处理除草剂种类,特别对禾本科杂草防治效果显著^[12-15]。取代脲类除草剂不抑制种子萌发,主要被植物根吸收到叶片中防除杂草幼苗,主要防治一年生禾本科杂草和部分阔叶草,代表除草剂包括绿麦隆、异丙隆、莎扑隆等。磺酰脲类除草剂^[16-18]为迄今活性最高、用量最低的一类除草剂,可被根叶吸收,双向输导可防除大部分阔叶杂草和部分禾本科杂草,代表除草剂有甲磺隆、苄嘧磺隆、氯嘧磺隆等。三氮苯类除草剂^[19-20]主要通过根部吸收传导至叶片,防除一年生杂草及种子繁殖的多年生杂草,代表除草剂有莠去津、扑草净、噻草酮等。硫代氨基甲酸酯类(如杀草丹)主要通过杂草幼根吸收,进入分生组织杀死杂草。二苯醚类除草剂^[21]主要用于防治一年生杂草或种子繁殖的多年生杂草幼芽,代表除草剂有乙氧氟草醚^[22]、乙羧氟草醚等。二硝基苯胺类对一年生禾本科杂草有特效,可用于

播后苗前防除杂草幼苗,代表除草剂有氟乐灵、二甲戊灵等。土壤处理除草剂不易产生抗药性,适应面较广,在农田杂草防治工作中起着重要作用。土壤处理技术是比茎叶处理更加安全、有效、经济的杂草防治措施。但由于其为杂草的预防措施,在生产中长期未得到足够重视。本研究以小籽藨草为研究对象,用常见土壤处理除草剂在室内测定其对种子萌发和萌发后种苗生长的影响,筛选出对防治小籽藨草最有效的土壤处理除草剂品种,旨在为小籽藨草的化学防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试杂草:小籽藨草于2020年4月采自云南省保山市(99.16°E,25.11°N,海拔1 673.0 m),待花序顶部变枯、种子开始脱落后,将半成熟的穗子剪下带回实验室,在阳台上自然晒干,反复搓揉,选取完整、饱满、具深褐色的种子装入网袋,放在通风干燥处保存。供试药剂详见表1。

表1 不同土壤处理剂除草剂使用剂量

除草剂	使用剂量(g/hm ² , mL/hm ²)				生产厂家
	2 倍推荐剂量	推荐剂量	1/2 推荐剂量	1/4 推荐剂量	
480 g/L 氟乐灵 EC	2 016	1 008	504	252	江苏丰山集团股份有限公司
690 g/L 精异丙甲草胺 EC	1 086.75	543.38	271.69	135.84	瑞士先正达作物保护有限公司
240 g/L 乙氧氟草醚 EC	504	252	126	63	上海惠光环境科技有限公司
330 g/L 二甲戊灵 EC	1 386.00	693.00	346.50	173.25	山东天道生物工程有限公司
50% 丁草胺 EC	2 250.00	1 125.00	562.50	281.25	昆明农药有限公司
900 g/L 乙草胺 EC	2 700.0	1 350.0	675.0	337.5	南通江山农药化工股份有限公司
38% 莠去津 SC	3 876.0	1 938.0	969.0	484.5	昆明农药有限公司
40% 扑草津可湿性粉剂(WP)	1 500.0	750.0	375.0	187.5	浙江中山化工集团股份有限公司
50% 敌草胺 WP	1 800	900	450	225	江苏快达农化股份有限公司
720 g/L 异丙甲草胺 EC	3 240	1 620	810	405	江苏辉丰生物农业股份有限公司
25% 绿麦隆 WP	4 500.0	2 250.0	1 125.0	562.5	江苏快达农化股份有限公司
75% 甲嘧磺隆 WP	1 350.00	675.00	337.50	168.75	苏瑞邦农化股份有限公司
30% 丙草胺 EC	1 125.00	562.50	281.25	140.63	江苏莱科化学有限公司
10% 苄嘧磺隆 WP	150.00	75.00	37.50	18.75	安徽华星化工有限公司
51% 丙炔氟草胺水分散性粒剂(WG)	183.60	91.80	45.90	22.95	四川利尔作物科学有限公司

1.2 方法

1.2.1 除草剂对小籽藨草萌发的作用 利用土培法测定除草剂对小籽藨草种子萌发的影响。取学校后山荒地表层土(20 cm 以内,未使用过除草剂),先放在电热恒温鼓风干燥箱 80 ℃ 恒温烘烤 72 h,烘干后过 2 mm 筛,在透明塑料杯(杯高 9 cm、杯口 8 cm、杯底 5 cm)中加入过筛土壤 60 g,控制含水量

80%。每个杯中均匀放入 20 粒小籽藨草种子,在室温下放置 24 h 后用手压式喷雾器喷施 10 mL 稀释药剂,从高剂量到低剂量顺序进行喷雾处理。每个处理 4 次重复,以喷施自来水为对照。将各处理封膜后放入 15 ℃ 的光照培养箱培养 14 d,每日观察记录小籽藨草种子的萌发情况,至连续 3 d 不出现新萌发的种子为止。计算萌发抑制率。

1.2.2 除草剂对小籽藨草幼芽的作用 采用沙培法培育小籽藨草种子。将石英沙用清水漂洗洁净置于电热恒温鼓风干燥箱 80 ℃ 恒温烘烤 72 h,烘干后每个培养皿称取 30 g 石英砂,放入均匀一致的小籽藨草种子,每个培养皿 30 粒。将培养皿置于 15 ℃ 温箱里培养,培养至小籽藨草种子胚根突破种皮 1~2 mm 备用。将各药剂设置 4 个水平梯度,以纯水为对照。药剂配置采用梯度稀释法,以各药剂大田最高推荐剂量的 2 倍作为最高施用剂量,然后采用 2 倍稀释法进行稀释,各土壤处理剂使用有效剂量(表 1)。再称取 30 g 石英沙于培养皿中,选 10 粒发芽一致(芽长 3~4 mm)的小籽藨草种子均匀放入培养皿内,种子的胚根与胚芽的方向要保持一致,用移液枪吸取 10 mL 的稀释药剂于培养皿中,并充分将种子浸着药液,设置对照,4 次重复。将各处理封膜后放入 15 ℃ 的光照培养箱,5 d 后用直尺测量各处理的根长,并计算芽长抑制率。

1.3 数据分析

采用 Microsoft excel 365 整理试验数据,采用 SPSS 23 软件对药剂剂量与种子萌发抑制率的概念值进行概率回归分析,求得回归方程的斜率,50% 萌发抑制率有效剂量 (GR₅₀)、90% 萌发抑制率有效剂量 (GR₉₀) 及其 95% 置信区间,卡方值及 *P* 值。对药剂剂量的自然对数与种苗芽长抑制率进行线性回

归分析,求得回归方程和决定系数 *R*²。
萌发抑制率 = (对照萌发数 - 处理萌发数) / 对照萌发数 × 100% ;
芽长抑制率 = (对照芽长 - 处理芽长) / 对照芽长 × 100% 。

2 结果与分析

2.1 土壤处理剂对小籽藨草种子萌发的影响
各土壤处理除草剂对小籽藨草萌发抑制率见表 2。在供试的 15 种除草剂中,900 g/L 乙草胺 EC 对小籽藨草种子的萌发抑制率最强,其 1/4 推荐剂量 (337.5 mL/hm²) 作用下仍无种子萌发。其次是 720 g/L 异丙甲草胺 EC,其 GR₉₀ 为 1 716.60 mL/hm²,略高于 1 倍推荐剂量 (1 620 mL/hm²),并且其 1/4 推荐剂量 (405 mL/hm²) 对种子的萌发抑制率仍高于 60%。再次就是 690 g/L 精异丙甲草胺 EC,其 GR₉₀ 为 848.22 mL/hm²,约为 1.5 倍的推荐剂量 (543.38 mL/hm²)。然后就是 480 g/L 氟乐灵 EC,其 GR₅₀ 为 1 028.60 mL/hm²,略高于推荐剂量 (1 008 mL/hm²)。另外,30% 丙草胺 EC 的 GR₅₀ 为 780.80 mL/hm²,约为 1.4 倍的推荐剂量 (562.5 mL/hm²)。其他除草剂的 GR₅₀ 均高于各自 2 倍推荐剂量,超过了测试范围,为控制小籽藨草种子萌发的低效除草剂。

表 2 各种土壤处理除草剂对小籽藨草种子萌发的活性

药剂	斜率 ± 标准误	GR ₅₀ (95% 置信限)	GR ₉₀ (95% 置信限)	卡方值	自由度	<i>P</i> 值
480 g/L 氟乐灵 EC	0.67 ± 0.08	1 028.60 (850.47 ~ 1 295.82)	o	0.96	4	0.62
690 g/L 精异丙甲草胺 EC	0.91 ± 0.10	208.25 (170.88 ~ 244.00)	848.22 (683.00 ~ 1 151.46)	1.49	4	0.48
240 g/L 乙氧氟草醚 EC	0.99 ± 0.16	o	o	0.84	4	0.66
330 g/L 二甲戊灵 EC	0.17 ± 0.09	o	o		4	0.84
50% 丁草胺 EC	0.29 ± 0.08	o	o	0.20	4	0.90
900 g/L 乙草胺 EC	-	-	-	-	-	-
38% 莠去津 SC	0.43 ± 0.08	o	o	0.49	4	0.78
40% 扑草津 WP	0.34 ± 0.11	o	o	1.25	4	0.54
50% 敌草胺 WP	0.33 ± 0.07	o	o	2.04	4	0.36
720 g/L 异丙甲草胺 EC	0.93 ± 0.11	o	1 716.60 (1 410.60 ~ 2 260.58)	2.46	4	0.29
25% 绿麦隆 WP	0.69 ± 0.16	o	o	1.58	4	0.45
75% 甲噻磺隆 WP	0.68 ± 0.18	o	o	1.74	4	0.42
30% 丙草胺 EC	0.48 ± 0.08	780.80 (588.79 ~ 1 214.34)	o	2.38	4	0.30
10% 苄嘧磺隆 WP	0.22 ± 0.10	o	o	0.34	4	0.84
51% 丙炔氟草胺 WG	0.79 ± 0.10	o	o	1.38	4	0.50

注：“o”表示预测出来的 GR₅₀ 或 GR₉₀ 均超过了 2 倍推荐剂量；“-”表示所有供试剂量作用下,种子均不萌发,无法计算。

2.2 土壤处理剂对小籽蒺藜草芽长的影响

不同土壤处理除草剂对小籽蒺藜草芽长抑制率及回归方式见表 3。可以看出,对小籽蒺藜草种抑制力最强的是 690 g/L 精异丙甲草胺 EC,推荐剂量(543.38 mL/hm²)处理下,芽长抑制率接近 80%,是除草效率最高的除草剂;其 1/4 推荐剂量(135.84 mL/hm²)的处理效果也高于 56%。其次为 900 g/L 乙草胺 EC,其推荐剂量(1 350.0 mL/hm²)和 1/4 推荐剂量(337.5 mL/hm²)处理下,芽长抑制率分别为 76.92% 和 57.69%。然后就是 50% 丁草胺 EC,其推荐剂量(1 125.0 mL/hm²)和 1/4 推荐剂量(281.25 mL/hm²)的处理效果分别为 65.38% 和 46.92%。240 g/L 乙氧氟草醚 EC 推荐剂量

(252 mL/hm²) 和 1/4 推荐剂量(63 mL/hm²) 的处理效果分别为 69.23% 和 44.62%。720 g/L 异丙甲草胺 EC 推荐剂量(1 620 mL/hm²) 和 1/4 推荐剂量(405 mL/hm²) 的处理效果分别为 62.31% 和 19.23%。30% 丙草胺 EC 推荐剂量(562.50 mL/hm²) 和 1/4 推荐剂量(140.63 mL/hm²) 处理效果分别为 66.15% 和 43.59%。还有 330 g/L 二甲戊灵 EC、480 g/L 氟乐灵 EC、50% 敌草胺 WP、38% 莠去津 SC 推荐剂量的防效均超过 50%,但当剂量降低到 1/4 推荐剂量后,其芽长抑制率均在 30% 及以下。25% 绿麦隆 WP、10% 苄嘧磺隆 WP 和 40% 扑草净 WP 在低于等于推荐剂量处理下,不但对小籽蒺藜草种苗生长没有抑制作用,反而促进其生长。

表 3 土壤处理除草剂对小籽蒺藜草芽长抑制率的影响

除草剂	防效(%)				回归方程
	2 倍推荐剂量	推荐剂量	1/2 推荐剂量	1/4 推荐剂量	
480 g/L 氟乐灵 EC	62.31 ± 4.72	51.54 ± 3.11	43.85 ± 3.11	30.00 ± 3.33	$Y = -52.09 + 15.7\ln(x) (r^2 = 0.98)$
690 g/L 精异丙甲草胺 EC	89.23 ± 2.19	78.46 ± 4.97	70.77 ± 3.97	56.15 ± 2.58	$Y = -17.99 + 15.40\ln(x) (r^2 = 0.98)$
240 g/L 乙氧氟草醚 EC	76.15 ± 4.78	69.23 ± 3.64	56.92 ± 4.19	44.62 ± 2.99	$Y = -18.24 + 15.43\ln(x) (r^2 = 0.98)$
330 g/L 二甲戊灵 EC	73.08 ± 4.63	63.08 ± 3.97	48.46 ± 2.56	25.38 ± 3.81	$Y = -88.53 + 22.77\ln(x) (r^2 = 0.95)$
50 丁草胺 EC	79.23 ± 3.56	65.38 ± 2.22	58.46 ± 4.19	46.92 ± 3.13	$Y = -37.43 + 14.96\ln(x) (r^2 = 0.98)$
900 g/L 乙草胺 EC	85.38 ± 4.73	76.92 ± 2.16	71.54 ± 3.11	57.69 ± 3.72	$Y = -14.51 + 12.74\ln(x) (r^2 = 0.95)$
38% 莠去津 SC	74.62 ± 3.91	58.46 ± 2.48	25.38 ± 1.73	5.38 ± 0.49	$Y = -209.99 + 34.75\ln(x) (r^2 = 0.98)$
40% 扑草津 WP	41.54 ± 2.39	-36.15 ± 5.86	-96.92 ± 4.38	-161.54 ± 5.67	$Y = -669.64 + 96.67\ln(x) (r^2 = 0.99)$
50% 敌草胺 WP	68.46 ± 3.16	50.77 ± 2.19	40.77 ± 3.11	22.31 ± 3.52	$Y = -92.77 + 21.42\ln(x) (r^2 = 0.98)$
720 g/L 异丙甲草胺 EC	80.77 ± 2.24	62.31 ± 4.7	38.46 ± 1.56	19.23 ± 2.49	$Y = -161.65 + 30.08\ln(x) (r^2 = 0.99)$
25% 绿麦隆 WP	39.23 ± 5.04	-28.46 ± 3.27	-68.46 ± 6.29	-147.25 ± 7.99	$Y = -689.13 + 86.52\ln(x) (r^2 = 0.98)$
7% 5 甲嘧磺隆 WP	54.62 ± 2.97	25.38 ± 3.09	-16.92 ± 2.74	-73.50 ± 4.29	$Y = -382.14 + 61.54\ln(x) (r^2 = 0.98)$
30% 丙草胺 EC	76.15 ± 3.31	66.15 ± 3.19	56.15 ± 4.11	43.59 ± 2.96	$Y = -32.51 + 15.54\ln(x) (r^2 = 0.99)$
10% 苄嘧磺隆 WP	-69.23 ± 3.36	-142.31 ± 1.13	-190.00 ± 5.76	-256.92 ± 9.24	$Y = -513.92 + 87.98\ln(x) (r^2 = 0.99)$
51% 丙炔氟草胺 WG	67.69 ± 2.12	43.08 ± 2.23	17.69 ± 2.89	-21.54 ± 8.27	$Y = -149.80 + 42.31\ln(x) (r^2 = 0.98)$

3 讨论

“预防为主,综合防治”是植物保护的基本方针,杂草防治也不例外^[23]。但长期以来,农民更关心杂草发生后的防除措施,在未发生之前和发生之初采用积极的措施预防杂草的发生危害却没有引起足够的重视。正因为只重视杂草的茎叶处理,习惯于长期使用单一茎叶处理剂防除田间杂草,造成我国许多地区杂草抗药性的问题居高不下^[24-27]。使用土壤处理除草剂是杂草防治的预防性措施,不易产生抗药性^[28],使用得当将为作物早期生长创造良好的生长环境,成本低、效果显著。

本研究测试了常见土壤处理剂对小籽蒺藜草种子

萌发和种苗生长的作用。结果表明,900 g/L 乙草胺 EC 对小籽蒺藜草种子的萌发抑制力最强,其次是 690 g/L 精异丙甲草胺 EC 和 720 g/L 异丙甲草胺 EC,然后就是 480 g/L 氟乐灵 EC,其他除草剂的最高推荐使用剂量均不能达到 50% 的萌发抑制率。整体来看,酰胺类除草剂对小籽蒺藜草的效果明显高于其他结构类型的除草剂,这与酰胺类除草剂主要针对禾本科杂草有关,这与前人的研究^[13]一致。但国外对蒺藜草化学防治的研究主要集中于茎叶处理剂的药效评价^[29-30],通过土壤处理来防治小籽蒺藜草的研究鲜见报道,这可能与国外小籽蒺藜草主要在麦田发生有关。但由于云南冬季温度相对较高,而大麦、小麦只是小众作物,田间作物仍以阔叶经济作

物为主,这些作物或者采用深播(如蚕豆),或者采用移栽(如各种十字花科蔬菜)的方式来栽种,因此利用土壤处理来控制藨草的发生可行性和必要性均较高。但本研究表明,能有效控制小籽藨草种子萌发的候选除草剂种类并不多。

若土壤处理剂使用时,杂草种子已经萌发,除草效果则要看除草剂对杂草芽的抑制能力。本研究选用的 15 种除草剂,在推荐剂量下,效果最好的是 690 g/L 精异丙甲草胺 EC 和 900 g/L 乙草胺 EC,芽长抑制率超过 75%,对于控制小籽藨草的芽后生长可起到很好的作用。因此,采用这 2 种药剂不仅可以用来防止藨草萌发,还能用来控制萌发的芽,应作为藨草土壤处理的优选除草剂。但整体来讲,利用土壤处理剂来预防小籽藨草的发生并不容易,可供选择的药剂和麦田茎叶处理剂一样,品种也较少。因此,小籽藨草群体对化学除草剂整体抗药性较强,筛选高效除草剂品种或品种组合对于小籽藨草的防治仍具有重要意义。

25% 绿麦隆 WP、75% 甲嘧磺隆 WP 和 10% 苄嘧磺隆 WP 对藨草种子萌发和幼芽生长效率低下,而且在 1/4 推荐剂量处理下,对幼芽生长还具有较高的促进作用。但从杂草控制的角度来讲,促进杂草种苗快速生长,提高杂草萌发的整齐度,便于及早开展化学防治,对于减轻杂草对作物苗期生长也具有积极作用^[31]。

参考文献:

- [1] 汤东生,杨肖艳,李永川,等. 入侵杂草藨草在云南的发生、危害和防除状况调查[J]. 植物保护,2018,44(2):167-169,214.
- [2] Shukla U. The grasses of north-eastern India[M]. Iodhpur: Scientific publishers,1996.
- [3] 周文冠,孟永杰,陈 锋,等. 除草剂研发及其复混使用的现状与展望[J]. 草业科学,2018,35(1):93-105.
- [4] 徐汉虹. 植物化学保护学[M]. 5 版. 北京:中国农业出版社,2018.
- [5] 杨肖艳,刘红斌,李 铤,等. 麦田入侵杂草小籽藨草对麦田常用除草剂的敏感性测定[J]. 植物保护,2020,46(6):264-269.
- [6] Das P C. Weed science[M]. New Delhi: New India Publishing Agency,2015.
- [7] 叶照春,兰献敏,冉海燕,等. 5 种土壤处理除草剂对半夏田杂草防除效果[J]. 农药,2021,60(2):139-142,153.
- [8] 杨 云,金 容,何 川,等. 两类除草剂减施防除玉米田杂草的效果[J]. 中国植保导刊,2021,41(8):74-76.
- [9] 吴 洁,吴珍平,赵 沛,等. 土壤处理剂在鄱阳湖地区直播棉田的控草效果[J]. 中国植保导刊,2021,41(8):77-80.
- [10] 滕春红,岳建超,马艺倩,等. 异噁唑草酮及其混剂噻酮·异噁唑的除草活性及对玉米的安全性[J]. 植物保护,2021,47(4):

293-297.

- [11] 徐洪乐,苏旺苍,冷秋丽,等. 氟吡草啶对玉米田杂草的除草活性及其安全性评价[J]. 玉米科学,2021,29(2):157-163.
- [12] 丁 丽,付 颖,叶 非. 酰胺类除草剂的研究和应用进展[J]. 农药科学与管理,2011,32(9):22-26.
- [13] 高兴祥,李 美,葛秋岭,等. 啶磺草胺等 8 种除草剂对小麦田 8 种禾本科杂草的生物活性[J]. 植物保护学报,2011,38(6):557-562.
- [14] 张一宾. 酰胺类除草剂的全球市场、品种及发展趋向[J]. 现代农药,2011,10(1):41-43,50.
- [15] 纪洪亭,王 勇,曾燕楠,等. 不同土壤封闭除草剂对观赏向日葵主要观赏价值指标影响的评价[J]. 江苏农业科学,2021,49(6):103-108.
- [16] 刘金胜,寇俊杰,刘桂龙. 磺酰脲类除草剂的应用研究进展[J]. 农药,2007,46(3):145-147.
- [17] 张敏恒. 磺酰脲类除草剂的发展现状、市场与未来趋势[J]. 农药,2010,49(4):235-240,245.
- [18] 王险峰,关成宏,范志伟,等. 磺酰脲类除草剂应用与开发[J]. 农药,2011,50(1):9-15.
- [19] 张付斗,郭怡卿,李天林. 土壤湿度对三氮苯类除草剂药效的影响及优化方案[J]. 植物保护学报,2002,29(2):177-182.
- [20] 张玉聚,张德胜,张俊涛,等. 均三氮苯类除草剂的药害与安全应用[J]. 农药,2003,42(4):42-44.
- [21] 钟决龙. 二苯醚类除草剂生产及大田应用现状[J]. 农药,2005,44(5):237-238.
- [22] 范莲生. 二苯醚类除草剂乙氧氟草醚[J]. 农药,2000,39(2):39-40.
- [23] 《农作物病虫害防治条例》2020 年 3 月 26 日发布自 5 月 1 日起施行[J]. 中国植保导刊,2020,40(5):102-104.
- [24] 谷 涛,李永丰,张自常,等. 杂草对激素类除草剂抗药性研究进展[J]. 植物保护,2021,47(1):15-26.
- [25] 龙 迪,王彦辉,曾东强. 杂草对光系统 II 抑制剂的抗药性研究进展[J]. 分子植物育种,2021,19(4):1383-1392.
- [26] 董立尧,高 原,房加鹏,等. 我国水稻田杂草抗药性研究进展[J]. 植物保护,2018,44(5):69-76.
- [27] 张朝贤,黄红娟,崔海兰,等. 抗药性杂草与治理[J]. 植物保护,2013,39(5):99-102.
- [28] Busi R, Powles S B, Beckie H J, et al. Rotations and mixtures of soil-applied herbicides delay resistance[J]. Pest Management Science, 2020,76(2):487-496.
- [29] Yadav D B, Yadav A, Punia S S, et al. Management of herbicide-resistant *Phalaris minor* in wheat by sequential or tank-mix applications of pre- and post-emergence herbicides in north-western Indo-Gangetic Plains[J]. Crop Protection, 2016, 89: 239-247.
- [30] Kaur S, Kaur T, Bhullar M S. Efficacy of different clodinafop-propargyl formulations against littleseed canarygrass in wheat[J]. Indian Journal of Weed Science, 2016, 48(2):164-167.
- [31] Zimdahl R L. Fundamentals of weed science[M]. 4th ed. Chennai, India: Elsevier, 2013.