

除草剂对小麦田雀麦的生物活性测定

赵祖英^{1,2} 郭文磊¹ 李蓉荣¹ 李琦¹ 赵宁¹ 王金信^{1*}

(1. 山东农业大学植物保护学院, 泰安 271018; 2. 莘县农业局, 山东 聊城 252400)

摘要: 为筛选防除雀麦 *Bromus japonicus* 的高效除草剂, 采用室内生物测定法研究了 13 种除草剂对雀麦的除草活性及 5 种除草剂的田间药效试验。结果表明, 在田间推荐剂量的低剂量下, 氟唑磺隆、啶磺草胺、氟噻草胺、甲基二磺隆、异丙隆、磺酰磺隆、丙苯磺隆 7 种除草剂对雀麦具有很高的防除效果, 21 d 鲜重抑制率分别为 88.30%、86.32%、83.97%、78.47%、76.76%、72.83%、71.39%, 高剂量下的 21 d 鲜重抑制率达 98.57%、95.36%、91.58%、91.46%、89.47%、82.48%、82.20%; 其中氟唑磺隆各剂量下的防效较其它除草剂高。而嘧啶肟草醚、苯唑草酮、炔草酯、吡氟酰草胺、唑啉草酯、精噁唑禾草灵 6 种除草剂对雀麦防效较差。氟唑磺隆、啶磺草胺、氟噻草胺、甲基二磺隆、异丙隆 5 种除草剂的田间药效试验表明, 氟唑磺隆对雀麦防效最高, 高剂量下 20 d 株防效达 85.04%, 药后 40 d 株防效和鲜重防效分别达 83.94% 和 84.17%, 未见小麦有明显药害症状, 建议田间推荐用量为 21.00~42.00 g (a.i.)/hm²。表明雀麦对不同除草剂的敏感性存在差异, 在供试的 13 种除草剂中氟唑磺隆对雀麦防效最高, 较为安全, 为防除雀麦的理想除草剂。

关键词: 小麦; 雀麦; 除草剂; 氟唑磺隆; 生物活性

Biological activities of herbicides to japanese brome grass *Bromus japonicus* in wheat fields

Zhao Zuying^{1,2} Guo Wenlei¹ Li Rongrong¹ Li Qi¹ Zhao Ning¹ Wang Jinxin^{1*}

(1. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong Province, China;

2. Agriculture Bureau of Shen County, Liaocheng 252400, Shandong Province, China)

Abstract: In order to select the efficient herbicide to control *Bromus japonicus*, dose-response experiments were carried out to determine the weed control effect of 13 herbicides in glasshouses, and field experiments were conducted with five herbicides. The results showed that seven herbicides, including flucarbazone-Na, pyroxsulam, flufenacet, mesosulfuron-methyl, isoproturon, sulfosulfuron and propoxycarbazone-sodium, controlled *B. japonicus* very well at the test doses: the fresh weight inhibition rates after 21 days were 88.30%, 86.32%, 83.97%, 78.47%, 76.76%, 72.83%, and 71.39%, and the inhibition rates of fresh weight at the high doses after 21 days were 98.57%, 95.36%, 91.58%, 91.46%, 89.47%, 82.48% and 82.20%, respectively, among which flucarbazone-Na had the highest inhibition rate. On the contrary, the other six herbicides (pyribenzoxim, topramezone, clodinafop-propargyl, diflufenican, pinoxaden and fenoxaprop-p-ethyl) could not control *B. japonicus* very well at different doses. Field experiments with flucarbazone-Na, pyroxsulam, flufenacet, mesosulfuron-methyl and isoproturon showed that the herbicides were safe to wheat at the proposed dosage; flucarbazone-Na had a best control effect to *B. japonicus*: the plant control effect of flucarbazone-Na at the 20th day after treatment was 85.04%, and the plant control effect and the fresh weight control effect of flucarbazone-Na at the 40th day after

treatment were 83.94% and 84.17%, respectively, with a recommended dose of 21.00—42.00 g (a.i.)/hm². *B. japonicus* had different sensitivities to different herbicides. Among the 13 herbicides tested, flucarbazone-Na had the best control effect to *B. japonicus*, and it was safe to wheat, so it was the efficient herbicide for controlling *B. japonicus*.

Key words: wheat; *Bromus japonicus*; herbicide; flucarbazone-Na; biological activity

小麦是我国主要的粮食作物,全年种植面积达3 000多万hm²。山东省是我国主要冬小麦种植区,常年播种面积约333万hm²,杂草危害面积占小麦播种面积的80%以上,造成产量损失约15%(蒋仁棠等,1998)。由于少耕免耕技术的推广、不同地区间频繁调运麦种、联合收割机跨区作业以及过度依赖和长期使用防除阔叶杂草的除草剂等原因导致小麦田禾本科杂草的发生危害程度逐年加重(李香菊等,2004;张朝贤等,2007;陈秀双和韩关华,2012)。近年来,雀麦 *Bromus japonicus* 已成为冬小麦田优势禾本科杂草(王绍敏和陈春利,2011;吴明荣等,2013)。雀麦生育期、花果期长,比小麦出土晚、成熟早,分蘖多,适应性广,再生能力强,传播途径多,分布范围广,与小麦混生,在争夺水分、养分、空间中明显占优势(王更申,2008)。

小麦田杂草的化学防除是小麦增产的重要措施,但是对其高度依赖导致抗(耐)药杂草群落产生,同时也降低了除草剂的使用效率,土壤和农产品农药残留超标(姜德锋等,1999;李秉华等,2013;李贵等,2015)。目前缺乏防除雀麦的高效除草剂,现已广泛推广应用的防治禾本科杂草的除草剂精噁唑禾草灵、炔草酯对其防效较差,甲基二磺隆等虽对其有一定防效,但存在安全性问题(浑之英等,2007;席建英,2007;李秉华等,2008)。国内仅见高兴祥等(2011)对防治雀麦的8种药剂的室内防效进行比较的报道。为明确小麦田新型和常规禾本科杂草除草剂对雀麦的防除效果,筛选出防除雀麦的高效除草剂,本试验采用农药室内生物测定法研究13种除草剂对雀麦的除草活性,并在室内生测基础上选择防效较好的5种除草剂进行田间药效试验,以期对雀麦化学防除提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试杂草:雀麦于2013年采自山东省泰安市岱岳区马庄镇冬小麦田,晒干后装入牛皮纸袋于25±2℃贮存,发芽率达95%以上,小麦品种为山农25。

供试除草剂:70%氟唑磺隆(flucarbazone-Na)水

分散粒剂,爱利思达生物化学品北美有限公司;7.5%啶磺草胺(pyroxulam)水分散粒剂,美国陶氏益农公司;3%甲基二磺隆(mesosulfuron-methyl)油悬浮剂、6.9%精喹禾灵(fenoxaprop-p-ethyl)水乳剂,德国拜耳作物科学公司;50%异丙隆(isoproturon)可湿性粉剂、480 g/L 氟噻草胺(flufenacet)乳油、75%磺酰磺隆(sulfosulfuron)水分散粒剂、70%丙苯磺隆(propoxycarbazone-sodium)水分散粒剂,青岛金尔农化有限公司提供;5%嘧啶肟草醚(pyribenzoxim)乳油,韩国LG生命科学有限公司;30%苯唑草酮(topramezone)悬浮剂,巴斯夫欧洲公司;50%吡氟酰草胺(diflufenican)可湿性粉剂,江苏辉丰农化股份有限公司;15%炔草酯(clodinafop-propargyl)可湿性粉剂、5%唑啉草酯(pinoxaden)乳油,瑞士先正达作物保护有限公司。

仪器:ASS-4型智能喷洒系统,北京盛恒天宝科技有限公司;WS-16P型背负式喷雾器(扇形喷头),山东卫士植保机械有限公司生产;SPX型智能生化培养箱,宁波江南仪器厂;GA110型万分之一电子天平,德国赛多利斯公司。

1.2 方法

1.2.1 室内生测试验

试材培养:挑选均匀一致的雀麦种子于25℃、320 μmol·m⁻²·s⁻¹光照12 h的智能生化培养箱中催芽至露白。选择直径12 cm的塑料营养钵装入从农田采集风干过筛的表层土壤(4/5处),将营养钵放入搪瓷盆中,采用底部渗灌的方式使土壤完全湿润,每盆播种露白的雀麦种子10粒,覆盖过筛的细土,覆土深度0.5 cm,置于人工智能日光温室内培养。待雀麦长至1~2叶期间苗,每盆留生长健壮、长势一致的雀麦6株。13种除草剂初步筛选活性测定试验温度范围为18~27℃,相对湿度为63%~77%;7种活性相对较高的除草剂进一步筛选活性测定试验温度范围为19~29℃,相对湿度为65%~76%。

药剂处理:待雀麦长至2叶1心期时使用ASS-4型智能喷洒系统茎叶喷雾处理,喷液量450 L/hm²,喷雾压力为0.275 MPa。参照NY/T1155.4—2006茎叶喷雾法进行。药剂处理后将雀麦置于人工智能日

光温室内继续培养,培养条件同施药前。施药后 21 d 观察并记录杂草受害症状,剪去地上部分茎叶,称量鲜重,计算鲜重抑制率:鲜重抑制率=(对照鲜重-处理鲜重)/对照鲜重 $\times$ 100%。

首先采用较低剂量对 13 种除草剂进行初步筛选,以该药剂报道或登记大田推荐用量的最低剂量(A)为最高试验剂量(刘长令,2002),依此分别设 3 个处理剂量(A、A/2、A/4),并设不喷药处理为对照。药剂的配制采用梯度稀释法,用去离子水梯度稀释,每个处理均设置 3 次重复。各除草剂用量如下:氟唑磺隆 21.00、10.50、5.25 g (a.i.)/hm²,啶磺草胺 10.60、5.30、2.65 g (a.i.)/hm²,氟噻草胺 120.00、60.00、30.00 g (a.i.)/hm²,甲基二磺隆 9.00、4.50、2.25 g (a.i.)/hm²,磺酰磺隆 30.00、15.00、7.50 g (a.i.)/hm²,异丙隆 900.00、450.00、225.00 g (a.i.)/hm²,丙苯磺隆 30.00、15.00、7.50 g (a.i.)/hm²,嘧啶肟草醚 37.50、18.75、9.38 g (a.i.)/hm²,苯唑草酮 25.20、12.60、6.30 g (a.i.)/hm²,炔草酯 45.00、22.50、11.25 g (a.i.)/hm²,吡氟酰草胺 101.25、50.63、25.31 g (a.i.)/hm²,唑啉草酯 45.00、22.50、11.25 g (a.i.)/hm²,精噁唑禾草灵 50.00、25.00、12.50 g (a.i.)/hm²。

为进一步明确对雀麦防效较好的 7 种除草剂在田间推荐用量下对雀麦的除草活性,以该药剂报道或登记大田推荐剂量的高(B)、中((A+B)/2)、低(A)3 个试验剂量进行试验,设不喷药处理为对照。用去离子水稀释药剂,各处理 3 次重复。试验浓度:氟唑磺隆 42.00、31.50、21.00 g (a.i.)/hm²,啶磺草胺 14.06、12.33、10.60 g (a.i.)/hm²,氟噻草胺 200.00、160.00、120.00 g (a.i.)/hm²,甲基二磺隆 15.75、12.38、9.00 g (a.i.)/hm²,磺酰磺隆 45.00、37.50、30.00 g (a.i.)/hm²,异丙隆 1 050.00、975.00、900.00 g (a.i.)/hm²,丙苯磺隆 70.00、50.00、30.00 g (a.i.)/hm²。

1.2.2 田间药效试验

以 GB/T 17980.41—2000 方法为参照,于 2014 年 11 月 26 日在山东省泰安市泰山区省庄镇圣元村进行了氟唑磺隆、啶磺草胺、氟噻草胺、甲基二磺隆、异丙隆 5 种药剂防除冬小麦田雀麦及其它主要杂草的田间药效试验,以明确各药剂对冬小麦田杂草的防除效果。小麦于 2014 年 10 月 2 日播种,上下茬作物均为玉米,玉米收获翻耕后直接播种小麦。常规栽培管理,土壤质地为壤土,弱碱性,浇水条件良好。杂草种类以雀麦、播娘蒿 *Descurainia sophia*、荠菜 *Capsella bursa-pastoris*、猪殃殃 *Galium aparine* 为主,有少量婆婆纳 *Veronica didyma*。本试验小区分

布采用随机区组排列,每种药剂设 4 个处理,即低、中、高、中剂量倍量,每处理 4 次重复,另设不施药的空白对照,共 84 个小区,小区采用长方形设计(5 m $\times$ 4 m),面积 20 m²。各处理剂量如下:氟唑磺隆 21.00、31.50、42.00、63.00 g (a.i.)/hm²,啶磺草胺 10.60、12.33、14.06、24.66 g (a.i.)/hm²,氟噻草胺 100.00、150.00、200.00、300.00 g (a.i.)/hm²,甲基二磺隆 9.00、12.38、15.75、24.76 g (a.i.)/hm²,异丙隆 900.00、975.00、1 050.00、1 950.00 g (a.i.)/hm²。

施药器械采用 WS-16P 型背负式喷雾器,扇形喷头,茎叶喷雾,喷液量 450 L/hm²。施药时小麦及禾本科杂草为 3~5 叶期、阔叶杂草为 2~5 叶期。施药当天天气阴,试验期间雨水较少,平均气温 6.0℃,相对湿度 82%,地表温度 5.1℃,10 cm 地温 6.5℃,天气较干燥。

除草效果调查(绝对数调查法):施药后 20、40 d 分别调查各小区存活杂草数,每小区随机调查 4 点,每点 0.25 m²,计算杂草株防效;药后 40 d 同时称量小区内调查杂草的地上部分鲜重,计算鲜重防效。株/鲜重防效=(对照杂草株数/鲜重-处理杂草株数/鲜重)/对照杂草株数/鲜重 $\times$ 100%。

1.3 数据分析

采用 DPS 9.05 软件进行数据统计分析,并用 Duncan 氏新复极差法对数据进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 13 种除草剂对雀麦室内生物活性的初步筛选

氟唑磺隆、啶磺草胺、氟噻草胺、甲基二磺隆、异丙隆、磺酰磺隆、丙苯磺隆 7 种除草剂在最高试验剂量下处理雀麦,药后 10~15 d 雀麦表现黄化,生长受到抑制,21 d 鲜重抑制率分别为 88.30%、86.32%、83.97%、78.47%、76.76%、72.83%、71.39%,其中氟唑磺隆抑制作用最为明显;而嘧啶肟草醚、苯唑草酮、炔草酯、吡氟酰草胺、唑啉草酯、精噁唑禾草灵 6 种除草剂对雀麦防效较差,对其生长无显著抑制作用,21 d 鲜重抑制率仅达到 36.11%、27.62%、26.10%、25.67%、20.38%、18.97%;将氟唑磺隆、啶磺草胺、氟噻草胺最高试验剂量减半后,21 d 对雀麦的鲜重抑制率分别为 83.82%、80.59%、80.73%,雀麦仍表现出一定程度的叶片黄化、生长抑制,其中氟唑磺隆各剂量下鲜重抑制率均为最高(表 1)。

2.2 7 种除草剂对雀麦室内生物活性的复筛结果

在初筛结果的基础上,对防除雀麦较好的氟唑磺隆、啶磺草胺、氟噻草胺、甲基二磺隆、异丙隆、磺

酰磺隆、丙苯磺隆 7 种除草剂活性进行进一步测定, 试验剂量为田间推荐剂量范围。药后 10~15 d 氟唑磺隆、啶磺草胺处理的雀麦表现严重黄化, 生长受到严重抑制, 氟唑磺隆处理表现最为明显, 氟噻草胺、甲基二磺隆、异丙隆、磺酰磺隆、丙苯磺隆各处理雀麦表现不同程度的叶片黄化和生长抑制。结果表

明, 随着浓度的升高, 各药剂对雀麦的防效升高, 氟唑磺隆、啶磺草胺、氟噻草胺、甲基二磺隆在高剂量下对雀麦的鲜重抑制率为 98.56%、95.36%、91.58%、91.46%, 异丙隆、磺酰磺隆、丙苯磺隆在高剂量下对雀麦的鲜重抑制率为 89.47%、82.48%、82.20%, 氟唑磺隆各剂量下的鲜重抑制率均高于其它除草剂(表 2)。

表 1 13 种除草剂对雀麦室内生物活性的初步筛选结果

Table 1 Biological activities of 13 herbicides to *Bromus japonicus* in the initial screening tests

除草剂 Herbicide	剂量 Dose (g (a.i.)/hm ²)	鲜重 Fresh weight (g)	抑制率 Inhibition rate (%)
氟唑磺隆	21.00	0.09±0.00 b	88.30±0.55 a
Flucarbazone-Na	10.50	0.13±0.02 ab	83.82±1.96 a
	5.25	0.17±0.04 a	78.53±5.34 b
啶磺草胺	10.60	0.11±0.03 c	86.32±2.67 a
Pyroxsulam	5.30	0.15±0.05 b	80.59±6.65 b
	2.65	0.24±0.02 a	69.03±3.02 c
氟噻草胺	120.00	0.12±0.01 b	83.97±1.03 a
Flufenacet	60.00	0.15±0.04 b	80.73±4.48 a
	30.00	0.26±0.05 a	66.20±6.14 a
甲基二磺隆	9.00	0.17±0.05 b	78.47±6.01 a
Mesosulfuron-methyl	4.50	0.24±0.04 ab	69.49±4.91 ab
	2.25	0.29±0.04 a	63.02±4.76 b
异丙隆	900.00	0.18±0.00 c	76.76±0.25 a
Isoproturon	450.00	0.35±0.01 b	55.67±1.42 a
	225.00	0.46±0.00 a	40.62±0.29 a
磺酰磺隆	30.00	0.21±0.01 c	72.83±1.33 a
Sulfosulfuron	15.00	0.37±0.01 b	52.68±1.76 ab
	7.50	0.49±0.02 a	36.54±2.69 b
丙苯磺隆	30.00	0.22±0.01 b	71.39±0.97 a
Propoxycarbazon-sodium	15.00	0.29±0.05 ab	63.42±6.97 ab
	7.50	0.35±0.06 a	54.69±7.23 b
嘧啶肟草醚	37.50	0.50±0.02 a	36.11±2.32 a
Pyribenzoxim	18.75	0.57±0.02 a	26.57±3.13 a
	9.38	0.58±0.05 a	25.09±6.60 a
苯唑草酮	25.20	0.56±0.03 b	27.62±3.31 a
Topramezone	12.60	0.61±0.07 b	21.94±9.52 a
	6.30	0.74±0.02 a	5.00±2.94 b
炔草酯	45.00	0.58±0.03 b	26.10±3.76 a
Clodinafop-propargyl	22.50	0.66±0.04 ab	15.90±5.22 a
	11.25	0.70±0.03 a	9.81±3.63 a
吡氟酰草胺	101.25	0.58±0.03 a	25.67±3.30 a
Diflufenican	50.63	0.60±0.07 a	23.14±8.38 a
	25.31	0.62±0.02 a	20.68±1.97 a
唑啞草酯	45.00	0.62±0.02 b	20.38±2.51 a
Pinoxaden	22.50	0.64±0.03 b	18.01±3.38 a
	11.25	0.73±0.03 a	5.79±4.02 b
精噁唑禾草灵	50.00	0.63±0.10 b	18.97±3.93 a
Fenoxaprop-p-ethyl	25.00	0.63±0.03 ab	13.60±2.62 a
	12.50	0.67±0.02 a	12.23±7.06 a
对照 CK	—	0.79±0.11 a	—

表中数据为平均数±标准误。同列数据后不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

2.3 除草剂对小麦田杂草的防效

药后 20 d, 氟唑磺隆、啶磺草胺、氟噻草胺、甲基二磺隆、异丙隆对小麦田雀麦、播娘蒿、荠菜、猪殃殃

有不同程度的黄化和抑制生长作用, 氟唑磺隆各处理剂量对雀麦的防效明显高于其它除草剂各相应剂量。当氟唑磺隆用量为 42.00 g (a.i.)/hm² 时, 对雀麦

的株防效为 85.04%, 对猪殃殃防效较差为 44.19%, 总体株防效为 63.62%; 14.06 g (a.i.)/hm² 啶磺草胺、200.00 g (a.i.)/hm² 氟噻草胺、15.75 g (a.i.)/hm² 甲基二磺隆、1 050.00 g (a.i.)/hm² 异丙隆对雀麦的株防效为 79.53%、73.23%、68.50% 和 67.72%, 总体株防效

为 64.23%、59.15%、59.55% 和 56.10%。各除草剂用量提高后, 对杂草防效有不同程度提高, 氟噻草胺用量为 63.00 g (a.i.)/hm² 时对雀麦的株防效达到 98.70%, 啶磺草胺用量为 24.66 g (a.i.)/hm² 时对雀麦的株防效达到 82.68% (表 3)。

表 2 7 种除草剂对雀麦室内生物活性的复筛结果

Table 2 Biological activity of seven herbicides to *Bromus japonicus* in secondary screenings

药剂 Herbicide	剂量 Dose (g (a.i.)/hm ²)	鲜重 (g) Fresh weight	抑制率 (%) Inhibition rate	药剂 Herbicide	剂量 Dose (g (a.i.)/hm ²)	鲜重 (g) Fresh weight	抑制率 (%) Inhibition rate
氟唑磺隆 Flucarbazone-Na	42.00	0.01±0.01 b	98.57±1.01 a	异丙隆 Isoproturon	1 050.00	0.08±0.11 c	89.47±1.13 a
	31.50	0.08±0.01 a	90.29±1.60 b		975.00	0.11±0.01 b	85.71±1.17 ab
	21.00	0.10±0.07 a	87.94±8.75 b		900.00	0.15±0.01 a	81.48±1.15 b
啶磺草胺 Pyroxulam	14.06	0.04±0.02 b	95.36±3.15 a	磺酰磺隆 Sulfosulfuron	45.00	0.14±0.01 a	82.48±1.16 a
	12.33	0.08±0.02 ab	90.21±2.46 ab		37.50	0.18±0.05 a	77.84±5.99 a
	10.60	0.11±0.02 a	86.04±3.06 ab		30.00	0.19±0.02 a	76.43±2.29 a
丙苯磺隆 Propoxycarbazone-sodium	70.00	0.14±0.03 a	82.20±3.42 a	氟噻草胺 Flufenacet	200.00	0.07±0.00 b	91.58±0.20 a
	50.00	0.15±0.04 a	80.77±5.13 a		160.00	0.14±0.01 a	82.48±1.16 a
	30.00	0.18±0.02 a	77.39±3.14 a		120.00	0.14±0.06 a	81.88±7.52 a
甲基二磺隆 Mesosulfuron-methyl	15.75	0.07±0.01 b	91.46±1.56 a	对照 CK	—	0.78±0.12 a	—
	12.38	0.12±0.02 a	85.20±2.53 ab				
	9.00	0.17±0.02 a	79.09±2.88 b				

表中数据为平均数±标准误。同列数据后不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

表 3 不同除草剂药后 20 d 对冬小麦田杂草的防除效果

Table 3 Plant control effects of different herbicides against weeds in wheat fields 20 days after treatment %

除草剂 Herbicide	株防效 Plant control efficiency					
	剂量 Dose (g (a.i.)/hm ²)	雀麦 <i>B. japonicus</i>	播娘蒿 <i>D. sophia</i>	芥菜 <i>C. bursa-pastoris</i>	猪殃殃 <i>G. aparine</i>	总体 Total
氟唑磺隆 Flucarbazone-Na	21.00	62.20±0.67 b	42.29±0.94 a	44.23±1.38 a	34.88±3.05 a	46.54±2.27 c
	31.50	70.87±0.54 ab	45.71±0.95 a	48.08±1.57 a	41.86±2.45 a	52.03±1.27 bc
	42.00	85.04±1.10 ab	60.57±0.75 a	58.65±2.16 a	44.19±1.93 a	63.62±2.51 ab
	63.00	98.70±0.49 a	68.57±1.26 a	66.35±1.88 a	52.33±2.54 a	71.75±0.82 a
啶磺草胺 Pyroxulam	10.60	55.91±1.63 b	44.00±0.53 a	46.15±1.65 b	44.19±1.92 b	47.56±2.15 c
	12.33	66.93±1.58 ab	47.43±1.22 a	50.00±1.63 ab	58.14±3.00 ab	54.88±0.27 bc
	14.06	79.53±1.08 ab	53.14±0.71 a	63.46±1.29 ab	65.12±3.05 ab	64.23±5.92 ab
	24.66	82.68±2.51 a	63.43±1.01 a	72.12±0.69 a	75.58±1.66 a	72.36±5.18 a
氟噻草胺 Flufenacet	100.00	51.18±0.80 b	40.00±1.16 b	42.31±1.68 a	37.21±1.52 a	42.89±5.66 c
	150.00	62.99±2.65 b	42.86±0.76 ab	51.92±1.46 a	55.81±1.92 a	52.24±3.89 b
	200.00	73.23±1.23 ab	48.00±0.51 ab	59.62±1.32 a	60.47±1.92 a	59.15±2.19 ab
	300.00	81.89±1.10 a	54.86±0.87 a	62.50±2.05 a	63.95±2.26 a	65.04±0.85 a
甲基二磺隆 Mesosulfuron-methyl	9.00	48.03±0.78 b	44.00±1.44 a	48.08±1.57 a	40.70±3.20 a	45.33±4.04 c
	12.38	50.39±1.49 b	48.57±1.02 a	53.85±1.65 a	46.51±1.63 a	49.80±3.75 bc
	15.75	68.50±0.54 ab	54.86±2.01 a	64.42±0.66 a	50.00±2.32 a	59.55±1.21 ab
	24.76	81.10±1.18 a	62.86±1.25 a	70.19±1.87 a	58.14±2.45 a	68.29±0.20 a
异丙隆 Isoproturon	900.00	58.27±1.55 a	30.86±0.32 a	54.81±1.33 a	41.86±2.45 b	44.92±1.99 b
	975.00	64.57±1.47 a	38.86±0.95 a	59.62±1.32 a	45.35±0.76 ab	51.02±1.07 ab
	1 050.00	67.72±1.49 a	41.71±0.62 a	63.46±1.98 a	59.30±1.82 ab	56.10±8.30 ab
	1 950.00	70.87±3.08 a	53.71±1.41 a	70.19±1.87 a	65.12±3.05 a	63.62±6.88 a

表中数据为平均数±标准误。同列数据后不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

药后 40 d,部分处理的杂草株防效较 20 d略有下降,氟唑磺隆各剂量对雀麦的防效显著高于其它药剂各相应剂量,当氟唑磺隆用量 42.00 g (a.i.)/hm²时,对雀麦的株防效达 83.94%,对播娘蒿、荠菜、猪殃殃的株防效仅为 55.19%、53.91%、37.89%,总体株防效为 59.25%; 14.06 g (a.i.)/hm²啶磺草胺、氟噻草胺 200.00 g (a.i.)/hm²、15.75 g (a.i.)/hm²甲基二磺隆、

1 050.00 g (a.i.)/hm²异丙隆对雀麦的株防效为 68.61%、70.80%、64.23%和 64.57%,总体株防效为 59.62%、56.60%、56.23%和 53.86%。各药剂剂量提高后,对各杂草防效有不同程度提高,当氟唑磺隆用量提高至 63.00 g (a.i.)/hm²时,对雀麦的株防效达到 90.81%,明显高于相应剂量的其它除草剂对雀麦的防效(表 4)。

表 4 不同除草剂药后 40 d 对冬小麦田杂草的防除效果

Table 4 Plant control effects of different herbicides against weeds in wheat fields 40 days after treatment %

除草剂 Herbicide	株防效 Plant control efficiency					
	剂量 Dose (g (a.i.)/hm ²)	雀麦 <i>B. japonicus</i>	播娘蒿 <i>D. sophia</i>	荠菜 <i>C. bursa-pastoris</i>	猪殃殃 <i>G. aparine</i>	总体 Total
氟唑磺隆 Flucarbazone-Na	21.00	57.66±0.41 b	38.80±2.89 b	38.26±1.71 a	30.53±3.24 b	42.08±4.64 b
	31.50	67.15±1.52 b	41.53±2.85 b	40.00±1.90 a	36.84±2.50 ab	46.98±2.54 b
	42.00	83.94±1.24 a	55.19±3.82 ab	53.91±2.70 a	37.89±3.08 ab	59.25±4.19 a
	63.00	90.81±2.35 a	63.93±2.61 a	59.13±2.81 a	46.32±5.43 a	66.42±4.16 a
啶磺草胺 Pyroxsulam	10.60	53.28±3.32 b	43.72±4.66 a	42.61±5.16 b	42.11±5.80 b	45.66±4.77 b
	12.33	62.77±3.21 b	45.90±4.37 a	43.48±4.76 b	50.53±2.14 ab	50.57±4.33 b
	14.06	68.61±1.69 ab	51.91±5.16 a	60.00±7.60 a	61.05±3.26 ab	59.62 ±3.81 ab
	24.66	79.56±1.53 a	57.92±2.12 a	68.70±3.05 a	71.58±7.37 a	68.30±3.38 a
氟噻草胺 Flufenacet	100.00	49.64±2.08 b	38.80±3.34 a	40.87±2.24 b	36.84±4.64 a	41.70±3.67 c
	150.00	59.85±2.02 b	41.53±1.64 a	48.70±2.42 ab	53.68±5.23 a	50.00±3.03 bc
	200.00	70.80±0.75 a	46.45±1.84 a	54.78±1.68 ab	57.89±1.84 a	56.60±4.50 ab
	300.00	78.83±1.43 a	50.82±1.56 a	60.87±3.01 a	63.16±4.58 a	62.45±2.94 a
甲基二磺隆 Mesosulfuron-methyl	9.00	46.72±1.90 b	42.08±0.64 a	45.22±2.08 a	37.89±0.82 b	43.21±3.70 c
	12.38	47.45±1.59 b	45.90±1.80 a	49.57±3.03 a	45.26±1.46 ab	46.98±2.61 bc
	15.75	64.23±1.74 b	52.46±2.10 a	60.00±1.32 a	47.37±2.98 ab	56.23±3.92 ab
	24.76	78.83±2.17 a	60.11±0.73 a	66.96±1.77 a	53.68±2.87 a	65.28±2.80 a
异丙隆 Isoproturon	900.00	54.01±1.60 b	28.96±0.76 b	55.65±2.36 a	33.68±1.65 c	42.08±3.33 c
	975.00	62.04±3.73 ab	37.16±1.89 b	57.39±0.46 a	38.95±2.95 bc	48.30±4.20 bc
	1 050.00	64.57±2.61 ab	40.57±1.63 ab	61.54±2.02 a	55.81±1.92 ab	53.86±3.47 b
	1 950.00	68.50±2.42 a	52.00±3.96 a	69.23±1.62 a	62.79±1.52 a	61.79±2.87 a

表中数据为平均数±标准误。同列数据后不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

药后 40 d,氟唑磺隆用量为 21.00、31.50、42.00 和 63.0 g (a.i.)/hm²时对雀麦的鲜重防效分别为 60.42%、68.07%、84.17%和 93.14%,总体鲜重防效为 45.50%、50.98%、62.64%和 71.56%,各剂量处理对播娘蒿、荠菜、猪殃殃的鲜重防效较雀麦低,为 31.91%~67.27%,啶磺草胺在 24.66 g (a.i.)/hm²时对雀麦的鲜重防效为 80.67%,氟噻草胺在 300.00 g (a.i.)/hm²、甲基二磺隆在 24.76 g (a.i.)/hm²浓度时对雀麦的鲜重防效分别为 80.74%、81.00%,而异丙隆最高剂量在 1 950.00 g (a.i.)/hm²时对雀麦的鲜重防效仅为 70.71%(表 5)。

3 讨论

雀麦对各除草剂的敏感性不同,所以有针对性选择除草剂,才能取得最佳防除效果。本试验结果表明,氟唑磺隆、啶磺草胺、甲基二磺隆在田间推荐剂量下对雀麦均有较高防效,氟噻草胺、丙苯磺隆、磺酰磺隆、异丙隆在田间推荐剂量下对雀麦也有一定防效,而嘧啶肟草醚、苯唑草酮、炔草酯、吡氟酰草胺、唑啉草酯、精噁唑禾草灵 6 种药剂对雀麦防效较差。本研究对室内防除雀麦表现较好的 5 种除草剂进行了田间药效试验,结果表明氟唑磺隆、啶磺草胺对雀麦防效较高,尤其是氟唑磺隆表现更为突出,

在 21~42 g (a.i.)/hm² 剂量下对小麦安全, 未见明显药害症状, 是防除雀麦的高效、安全的理想除草剂。

表 5 不同除草剂药后 40 d 对冬小麦田杂草的防除效果

Table 5 Fresh weight control effects of different herbicides against weeds in wheat fields 40 days after treatment %						
除草剂 Herbicide	鲜重防效 Fresh weight control efficiency					
	剂量 Dose (g (a.i.)/hm ²)	雀麦 <i>B. japonicus</i>	播娘蒿 <i>D. sophia</i>	芥菜 <i>C. bursa-pastoris</i>	猪殃殃 <i>G. aparine</i>	总体 Total
氟唑磺隆 Flucarbazone-Na	21.00	60.42±1.93 b	41.09±1.43 c	40.11±1.65 b	31.91±3.75 a	45.50±1.35 c
	31.50	68.07±1.19 b	41.98±2.52 bc	46.70±1.83 ab	39.57±1.48 a	50.98±3.85 c
	42.00	84.17±1.68 a	56.86±0.72 ab	54.95±2.29 ab	42.13±4.36 a	62.64±2.71 b
	63.00	93.14±3.00 a	67.27±0.10 a	62.64±0.27 a	49.79±1.30 a	71.56±4.23 a
啶磺草胺 Pyroxsulam	10.60	54.09±1.47 c	44.06±1.90 a	44.51±6.80 b	42.98±0.15 c	47.27±2.58 c
	12.33	65.44±1.07 b	46.15±3.02 a	46.70±4.19 b	54.04±1.31 b	54.33±1.83 bc
	14.06	71.44±1.72 ab	52.31±0.50 a	61.72±4.32 ab	62.55±0.64 ab	62.35±2.22 b
	24.66	80.67±1.07 a	59.04±3.07 a	69.78±3.37 a	74.04±2.89 a	71.12±1.84 a
氟噻草胺 Flufenacet	100.00	50.92±3.36 a	41.09±0.67 a	41.21±0.79 b	36.60±3.87 b	43.47±3.69 d
	150.00	60.16±1.02 a	42.28±2.65 a	50.55±3.77 ab	54.04±0.40 a	52.04±0.43 c
	200.00	72.82±2.44 a	47.63±3.93 a	57.14±5.19 ab	59.15±3.79 a	59.99±4.75 b
	300.00	80.74±2.60 a	54.18±3.19 a	60.99±3.56 a	63.83±1.79 a	66.17±1.81 a
甲基二磺隆 Mesosulfuron-methyl	9.00	46.17±1.55 c	43.47±5.60 c	46.70±9.61 b	39.15±5.40 a	44.00±3.35 c
	12.38	48.81±3.91 c	46.74±10.48 bc	50.00±4.93 b	45.53±10.4 a	47.71±3.28 c
	15.75	67.02±0.23 b	54.48±1.92 ab	63.74±1.39 ab	48.09±2.37 a	58.84±6.07 b
	24.76	81.00±2.66 a	61.62±0.13 a	68.68±0.83 a	54.89±0.54 a	67.85±5.20 a
异丙隆 Isoproturon	900.00	56.46±5.63 b	29.49±4.13 c	54.95±0.07 a	41.28±8.89 a	45.06±2.21 c
	975.00	64.12±0.84 ab	38.41±0.18 bc	56.59±6.41 a	44.68±0.97 a	51.24±0.29 bc
	1 050.00	66.23±4.26 ab	40.49±1.00 b	62.64±0.27 a	57.87±2.09 a	56.28±0.40 b
	1 950.00	70.71±0.79 a	52.99±1.36 a	69.78±4.78 a	63.83±3.88 a	63.87±1.70 a

表中数据为平均数±标准误。同列数据后不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

磺酰脲类除草剂以极低剂量, 约 2~75 g (a.i.)/hm² 时即表现超高活性, 为传统除草剂的 100~1 000 倍 (张敏恒, 2010)。氟唑磺隆属于新型磺酰脲类除草剂, 也具有此特点。但是本试验发现田间条件下的防效明显低于室内生测, 这可能与室内生测试验时杂草叶龄较小, 且催芽及温室的控光、温、湿等条件很好有关, 也可能与田间试验的温度较低不利于药效发挥有关。施药后目测, 供试的 5 种除草剂中, 氟唑磺隆、啶磺草胺、甲基二磺隆各处理区小麦生长正常, 未见明显药害症状, 而氟噻草胺、异丙隆对小麦幼苗有一定药害。高应奇等 (2007) 报道, 甲基二磺隆易产生药害、农药残留期长; 李健等 (2010) 报道, 啶磺草胺对小麦产生蹲苗现象。因此室内试验不应只评价除草剂对杂草的防效, 还应展开多角度的研究, 再将除草剂应用于田间, 本研究仅是对可能用于防除小麦田禾本科杂草的除草剂进行了初步筛选, 对不同环境因素、施药量、小麦品种等影响药害的因素还需进行系统研究。

另外, 从田间药效试验可知, 供试的 5 种除草剂

对阔叶杂草防效不高。氟唑磺隆属于乙酰乳酸合成酶抑制剂 (acetolactate synthase, ALS), Tranel & Wright (2002) 研究表明杂草极易对 ALS 类除草剂产生抗药性, 赵冰梅等 (2013) 研究表明, 氟唑磺隆与 2,4-D 丁酯、苯磺隆混用在不降低对禾本科杂草防效的同时能显著提高对阔叶杂草的防效, 因此为一次性防除小麦田禾本科和阔叶杂草, 有效预防和延缓杂草产生抗药性, 氟唑磺隆在防除雀麦的同时, 还需与其它作用类型除草剂进行复配, 扩大其杀草谱、提高防效, 为其应用提供更广阔的空间。

参 考 文 献 (References)

- Chen XS, Han GH. 2012. Experiment on grass weed - *Bromus japonicus* control in winter wheat filed by two herbicides. Pesticide Science and Administration, 33(9): 58-59 (in Chinese) [陈秀双, 韩关华. 2012. 2 种药剂防除麦田禾本科杂草——雀麦试验. 农药科学与管理, 33(9): 58-59]
- Gao XX, Li M, Ge QL, Zhang JH, Gao ZJ, Zhang YL. 2011. Biological activity of eight herbicides to eight species of major grasses in wheat fields. Journal of Plant Protection, 38(6): 557-562 (in

- Chinese) [高兴祥, 李美, 葛秋岭, 张建华, 高宗军, 张悦丽. 2011. 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. 植物保护学报, 38(6): 557-562]
- Gao YQ, Gao H, Yang RX, Shen ZN, Shi CX. 2007. The test of herbicides to control *Bromus japonicus* in wheat field. Inner Mongolia Agricultural Science and Technology, (1): 50 (in Chinese) [高应奇, 高慧, 杨瑞霞, 沈志宁, 时彩霞. 2007. 农田恶性杂草雀麦的药剂防治试验. 内蒙古农业科技, (1): 50]
- Hun ZY, Chai TH, Chen D. 2007. Efficacy of 15% clodinafop-propargyl to *Alopecurus japonicus* Steud and others of gramineous weeds in wheat field. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 11 (2): 36-38 (in Chinese) [浑之英, 柴同海, 陈丹. 2007. 15%麦极WP对日本看麦娘等麦田恶性禾本科杂草的防治效果. 河北农业科学, 11(2): 36-38]
- Jiang DF, Liu ST, Chen JM, Ni HW, Li SR. 1999. Effect of chemical control on weed community in wheat fields. Journal of Plant Protection, 26(4): 367-370 (in Chinese) [姜德锋, 刘树堂, 陈洁敏, 倪汉文, 李孙荣. 1999. 化学除草对麦田杂草群落结构的影响. 植物保护学报, 26(4): 367-370]
- Jiang RT, Tan WJ, Liu DZ. 1998. The major species and regional distribution of weed in Shandong Province. Weed Science, (4): 15-17 (in Chinese) [蒋仁棠, 谈文瑾, 刘忠德. 1998. 山东省农田杂草的主要种类及区域分布. 杂草科学, (4): 15-17]
- Li BH, Wang GQ, Su LJ, Fan CQ, Dong JG. 2008. Biological activity of herbicides to *Bromus japonicus* in wheat field and the safety of herbicides to wheat. Weed Science, (2): 58-59 (in Chinese) [李秉华, 王贵启, 苏立军, 樊翠芹, 董金皋. 2008. 防除雀麦除草剂的筛选及其对小麦安全性评价. 杂草科学, (2): 58-59]
- Li BH, Wang GQ, Wei SH, Fan CQ, Huang HJ, Zhang CX. 2013. Characterization of weed community in winter wheat in Hebei Province. Journal of Plant Protection, 40(1): 83-88 (in Chinese) [李秉华, 王贵启, 魏守辉, 樊翠芹, 黄红娟, 张朝贤. 2013. 河北省冬小麦田杂草群落特征. 植物保护学报, 40(1): 83-88]
- Li G, Wang XL, Zhang CX, Huang HJ, Wei SH. 2015. Effects of rice-straw residues and herbicide clodinafop-propargyl on wheat and Gramineae weeds. Journal of Plant Protection, 42(1): 130-137 (in Chinese) [李贵, 王晓琳, 张朝贤, 黄红娟, 魏守辉. 2015. 水稻秸秆还田结合炔草酯对禾本科杂草和小麦生长发育的影响. 植物保护学报, 42(1): 130-137]
- Li J, Li PG, Zhou SD, Zong YR, Zhu FM, Ding HF, Wu CJ. 2010. Controlling effects and security of pyroxsulam WG on weeds in winter wheat field. Weed Science, (4): 59-61 (in Chinese) [李健, 李品刚, 周顺达, 宗幼如, 朱福明, 丁荷芳, 吴常君. 2010. 啶磺草胺WG防除冬小麦田杂草的效果及安全性. 杂草科学, (4): 59-61]
- Li XJ, Wang GQ, Fan CQ, Duan MS. 2004. Weeds and their chemical control in winter wheat in Hebei Province. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 8(1): 14-17 (in Chinese) [李香菊, 王贵启, 樊翠芹, 段美生. 2004. 河北省冬小麦田杂草的发生规律及化学防除. 河北农业科学, 8(1): 14-17]
- Liu CL. 2002. Encyclopedia of world pesticide: herbicide. Beijing: Chemical Industry Press (in Chinese) [刘长令. 2002. 世界农药大全: 除草剂卷. 北京: 化学工业出版社]
- Tranel PJ, Wright TR. 2002. Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: what have we learned? Weed Science, 50(6): 700-712
- Wang GS. 2008. The research with the characteristic happened and prevention and cure medicament of the grass family weed in wheat field. Chinese Agricultural Science Bulletin, 24(6): 385-388 (in Chinese) [王更申. 2008. 麦田禾本科杂草发生特点及防治药剂的研究. 中国农学通报, 24(6): 385-388]
- Wang SM, Chen CL. 2011. The control effect and security of 4 herbicides against gramineal weeds in wheat field. Agrochemicals, 50 (4): 305-308, 311 (in Chinese) [王绍敏, 陈春利. 2011. 4种除草剂防除麦田禾本科杂草效果及安全性. 农药, 50(4): 305-308, 311]
- Wu MR, Tang W, Chen J. 2013. Herbicide application and resistance in wheat field of China. Agrochemicals, 52(6): 457-460 (in Chinese) [吴明荣, 唐伟, 陈杰. 2013. 我国小麦田除草剂应用及杂草抗药性现状. 农药, 52(6): 457-460]
- Xi JY. 2007. Winter wheat field in Hebei Province malignant gramineous weed occurrence and prevention technology. Plant Quarantine, 21(5): 278-280 (in Chinese) [席建英. 2007. 河北省冬小麦田恶性禾本科杂草发生及防治技术初探. 植物检疫, 21(5): 278-280]
- Zhang CX, Li XJ, Huang HJ, Wei SH. 2007. Alert and prevention of the spreading of *Aegilops tauschii*, a worst weed in wheat field. Journal of Plant Protection, 34(1): 103-106 (in Chinese) [张朝贤, 李香菊, 黄红娟, 魏守辉. 2007. 警惕麦田恶性杂草节节麦蔓延危害. 植物保护学报, 34(1): 103-106]
- Zhang MH. 2010. The development situation market and trend of sulfonylurea herbicides. Agrochemicals, 49(4): 235-240, 245 (in Chinese) [张敏恒. 2010. 磺酰脲类除草剂的发展现状、市场与未来趋势. 农药, 49(4): 235-240, 245]
- Zhao BM, Zhang F, Yu L, Ma JF. 2013. Study of the control effect on weed and applied technique of using 70% flucarbazone WDG in spring wheat field. Xinjiang Agricultural Sciences, 50(6): 1089-1094 (in Chinese) [赵冰梅, 张芳, 余璐, 马江峰. 2013. 70% 氟唑磺隆WDG防除春小麦田杂草效果及应用技术研究. 新疆农业科学, 50(6): 1089-1094]

(责任编辑:高峰)