

不同地理种群鸭跖草 *Commelina communis* L. 对莠去津的耐受性

杨娟^{1,2}, 于海燕², 李香菊^{2*}, 董金皋^{1*}

(1. 河北省植物生理与分子病理学重点实验室, 河北农业大学生命科学学院, 保定 071001;

2. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193)

摘要 鸭跖草是我国常见杂草, 目前已成为农田难除杂草之一。生产实践中, 莠去津对玉米田鸭跖草的防效已有所降低。2016–2017年, 为了探讨鸭跖草不同地理种群对莠去津的耐受性, 采用莠去津单剂量甄别方法, 从黑龙江、吉林、辽宁、河北、江苏、浙江、湖北和贵州8个省份采集46个鸭跖草种群, 进行了其对莠去津的耐受性初筛试验。在此基础上, 选择7个不同地理来源的代表性种群, 研究其对莠去津的敏感性差异, 结果显示: 种群JS-10、HB-3和HB-6对莠去津敏感, GR_{50} 分别为122.21、153.27 g/hm²和158.13 g/hm²; 种群JL-13、HLJ-2、JL-7和JL-1对莠去津耐受性相对较强, GR_{50} 分别为273.98、277.29、374.68 g/hm²和379.57 g/hm²。以上结果表明, 不同地理种群鸭跖草对莠去津的耐受水平存在差异, 从地理分布上呈由南向北耐受水平增加的趋势。各地理种群对莠去津的耐受性差异可能与不同地区莠去津的使用年限、使用剂量和使用频度相关。

关键词 鸭跖草; 莠去津; 耐受性

中图分类号: S 482.42 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018105

Tolerance of different geographical populations of *Commelina communis* L. to atrazine

YANG Juan^{1,2}, YU Haiyan², LI Xiangju², DONG Jingao¹

(1. Key Laboratory of Hebei Province for Plant Physiology and Molecular Pathology,

College of Life Science, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China;

2. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract *Commelina communis* is a common weed that has become troublesome in farmland in China. It is observed in the field that atrazine failed to control *C. communis* in some regions. In order to investigate the tolerance of *C. communis* to atrazine, 46 populations were collected from 8 provinces, Heilongjiang, Jilin, Liaoning, Hebei, Jiangsu, Zhejiang, Hubei and Guizhou, and the tolerance degree of *C. communis* populations was determined using whole-plant dose-response experiment. The results showed that the population JS-10, HB-3 and HB-6 were susceptible to atrazine with GR_{50} values of 122.21 g/hm², 153.27 g/hm² and 158.13 g/hm², respectively, while the population JL-13, HLJ-2, JL-7 and JL-1 showed relative tolerance with GR_{50} values of 273.98 g/hm², 277.29 g/hm², 374.68 g/hm² and 379.57 g/hm², respectively. It indicated that the degree of atrazine tolerance varied among the populations of *C. communis*, and the populations from southern China were sensitive while those from northern China were relatively tolerant. The results might be related to the using history, dosage and the application frequency of atrazine in different regions of China.

Key words *Commelina communis*; atrazine; tolerance

鸭跖草 *Commelina communis* L. 是鸭跖草科 Commelinaceae 鸭跖草属 *Commelina* 单子叶晚春性杂草, 主要危害玉米、大豆、小麦、瓜类、蔬菜等作物^[1-2]。

鸭跖草起源于亚洲东北部, 在我国大部分地区均有分布。近年来, 随着耕作制度的改变和除草剂的单一使用, 杂草群落演替加剧, 鸭跖草已成为我国东

收稿日期: 2018-03-09 修订日期: 2018-04-10

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0300701)

* 通信作者 E-mail: xjli@ippcaas.cn; dongjingao@126.com

北、华北地区农田主要恶性杂草之一,严重影响作物产量和品质。因其防治难度大,在我国北方地区,98%的农民将其与多年生恶性杂草刺儿菜、苣荬菜并称“三菜”^[3-4]。鸭跖草具有两种繁殖方式:种子繁殖和无性繁殖。鸭跖草种子量较大,一株鸭跖草可结 500~1 000 粒种子;其植株生长繁茂,茎节处易生根,营养繁殖能力也很强^[5-6]。这种特殊的繁殖方式使鸭跖草具有顽强的生命力和对环境的适应能力。目前,对鸭跖草的防除以化学除草剂为主要手段。

莠去津(atrazine)又称阿特拉津,是三氮苯类除草剂,属光合作用抑制剂,该药与 PS II 中质体醌的结构相似,在光合作用电子传递过程中,能够取代质体醌与叶绿体 D1 蛋白上的 Q_B 结合,从而阻断电子从 Q_A 向 Q_B 传递,干扰光合作用的正常进行,最终导致杂草褪绿干枯死亡。莠去津是内吸选择性苗前、苗后除草剂,广谱性强,能够有效防除一年生禾本科杂草和阔叶杂草,对某些多年生杂草也有一定的抑制效果^[7-8]。该药 1952 年由瑞士 Ciba Geigy 公司开发,1959 年在美国商业化生产并推广使用,至今已有 60 多年的使用历史^[9]。文献报道,在长期连续使用莠去津的选择压力下,对其具有抗性或耐受性杂草生物型出现的速度加快。长芒苋、早熟禾等杂草均已对莠去津产生不同程度的抗性^[10-11]。狼尾草、芦苇、菖蒲等植物对莠去津具有不同水平的耐受性。其中,将 20 粒狼尾草种子播种于含 20 mg/L

莠去津的土壤中,发现狼尾草对 20 mg/L 的莠去津具有较强耐受性,且随着叶龄的增加,对莠去津的耐受性增强^[12-13];王庆海等研究发现,当用含≤8 mg/L 莠去津的水培养芦苇一周,芦苇植株相对生长率受到抑制,但能够存活,说明芦苇对莠去津具有一定的耐受能力^[14];2 mg/L 的莠去津水溶液培养菖蒲 5 周后,菖蒲的丙二醛含量、叶绿素含量、最大光能转化效率(*Fv/Fw*)恢复至未用药对照组水平,说明菖蒲能够忍耐 2 mg/L 莠去津的胁迫^[15]。近年来,在生产实践中,莠去津对鸭跖草的防效显著下降,农药标签推荐剂量已不能有效控制鸭跖草的危害,但目前还未见关于鸭跖草对莠去津耐受性的相关报道。

为此,本试验从我国不同省份采集鸭跖草种群,采用整株生物测定法研究鸭跖草不同地理种群对莠去津的耐受性,以期为鸭跖草的区域性治理及莠去津减量使用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试鸭跖草种群

2016 年,分别从黑龙江、吉林、辽宁、河北、江苏、浙江、湖北、贵州省采集了 46 个鸭跖草种群植株营养体,单株移栽至温室钵钵中,当年秋季单株收取种子。为了保证试验材料的一致性,利用 2016 年单株收取的种子形成的纯合种群,于 2017 年进行上述种群对莠去津的耐受性测定。样品采集地点详见表 1。

表 1 不同种群鸭跖草的采集地点
Table 1 Collection sites of *Commelina communis* populations

种群 Population	采集地点 Collected location	用药历史 Herbicide using history
HLJ-1	黑龙江省黑河市嫩江县农业局试验基地 Experimental base of Agricultural Bureau of Nenjiang County, Heihe City, Heilongjiang Province	约 35 年
HLJ-2	黑龙江省黑河市五大连池农业技术推广中心试验基地 Experimental base of Agricultural Technology Promotion Center of Wudalianchi County, Heihe City, Heilongjiang Province	约 35 年
HLJ-3	黑龙江省黑河市北安农业技术推广中心试验基地 Experimental base of Agricultural Technology Promotion Center of Bei'an County, Heihe City, Heilongjiang Province	约 35 年
HLJ-4	黑龙江省黑河市北安赵光农场 Zhaoguang Farm, Bei'an County, Heihe City, Heilongjiang Province	约 35 年
HLJ-5	黑龙江省农业科学院黑河分院试验地 Experimental base of Heihe Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Heihe City, Heilongjiang Province	约 35 年
JL-1	吉林省四平市伊通满族自治县西苇镇民主村 Minzhu Village, Xiwei Town, Yitong Manchu Autonomous County, Siping City, Jilin Province	约 35 年
JL-2	吉林省四平市伊通满族自治县西苇镇红光村 Hongguang Village, Xiwei Town, Yitong Manchu Autonomous County, Siping City, Jilin Province	约 35 年
JL-3	吉林省四平市伊通满族自治县靠山镇庄家村 Zhuangjia Village, Kaoshan Town, Yitong Manchu Autonomous County, Siping City, Jilin Province	约 35 年
JL-4	吉林省四平市伊通满族自治县黄岭子镇莽丈村 Mangzhang Village, Huanglingzi Town, Yitong Manchu Autonomous County, Siping City, Jilin Province	约 35 年

续表 1 Table 1(Continued)

种群 Population	采集地点 Collected location	用药历史 Herbicide using history
JL-5	吉林省四平市伊通满族自治县伊通镇 Yitong Town, Yitong Manchu Autonomous County, Siping City, Jilin Province	约 35 年
JL-6	吉林省通化市农业科学研究院试验基地 Experimental Base of Tonghua Academy of Agricultural Sciences, Meihekou County, Tonghua City, Jilin Province	约 35 年
JL-7	吉林省辽源市东丰县 Dongfeng County, Liaoyuan City, Jilin Province	约 35 年
JL-8	吉林省辽源市东辽县 Dongliao County, Liaoyuan City, Jilin Province	约 35 年
JL-9	吉林省通化市柳河县 Liuhe County, Tonghua City, Jilin Province	约 35 年
JL-10	吉林省通化市辉南县 Huinan County, Tonghua City, Jilin Province	约 35 年
JL-11	吉林省吉林市磐石市 Panshi County, Jilin City, Jilin Province	约 35 年
JL-12	吉林省四平市公主岭市黑林子镇 Heilinzhi Town, Gongzhuling County, Siping City, Jilin Province	约 35 年
JL-13	吉林省农业科学院试验地 Experimental Base of Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling County, Siping City, Jilin Province	约 35 年
LN-1	辽宁省铁岭市银州区牛岗子村 Niugangzi Village, Yinzhou District, Tieling City, Liaoning Province	约 35 年
LN-2	辽宁省铁岭市银州区前八里村 Qianbali Village, Yinzhou District, Tieling City, Liaoning Province	约 35 年
LN-3	辽宁省丹东市凤城市草河区保卫村 Baowei Village, Caohe Town, Fengcheng County, Dandong City, Liaoning Province	约 35 年
LN-4	辽宁省丹东市凤城市大堡蒙古族乡三官村 Sanguan Village, Dapu Mongolian Nationality Town, Fengcheng County, Dandong City, Liaoning Province	约 35 年
LN-5	辽宁省丹东市凤城市宝山镇大营子村 Dayingzi Village, Baoshan Town, Fengcheng County, Dandong City, Liaoning Province	约 35 年
LN-6	辽宁省锦州市农业科学院 Experimental Base of Jinzhou Academy of Agricultural Sciences, Jinzhou City, Liaoning Province	约 35 年
LN-7	辽宁省阜新市阜新蒙古族自治县阜新镇桃李村 Taoli Village, Fuxin Town, Fuxin Mongolian Autonomous County, Fuxin City, Liaoning Province	约 35 年
LN-8	辽宁省阜新市彰武县大四家子镇扎兰村 ZhalanVillage, Dasijiazi Town, Zhangwu County, Fuxin City, Liaoning Province	约 35 年
LN-9	辽宁省锦州市黑山县黑山镇北关村 Beiguan Village, Heishan Town, Heishan County, Jinzhou City, Liaoning Province	约 35 年
HB-1	河北省邯郸市农业科学院试验地 Experimental Base of Handan Academy of Agricultural Sciences, Handan City, Hebei Province	约 30 年
HB-2	河北省唐山市农业科学院试验地 Experimental Base of Tangshan Academy of Agricultural Sciences, Tangshan City, Hebei Province	约 30 年
HB-3	河北省唐山市迁西县 Qianxi County, Tangshan City, Hebei Province	约 30 年
HB-4	河北省唐山市迁安市野鸡坨镇大杨官营村 Dayanguanying Village, Yejituo Town, Qian'an County, Tangshan City, Hebei Province	未使用
HB-5	河北省唐山市迁西县兴城镇田庄村 Tianzhuang Village, Xingcheng Town, Qianxi County, Tangshan City, Hebei Province	未使用
HB-6	河北省秦皇岛市昌黎县两山乡两山村 Liangshan Village, Liangshan Town, Changli County, Qinhuangdao City, Hebei Province	约 30 年
HB-7	河北省秦皇岛市青龙满族自治县隔河头乡花果山村 Huaguoshan Village, Gehetou Town, Qinglong Manchu Autonomous County, Qinhuangdao City, Hebei Province	约 30 年
HB-8	河北省承德市平泉县农业局试验地 Experimental base of Agricultural Bureau of Pingquan County, Chengde City, Hebei Province	约 30 年
HB-9	河北北方学院试验地 Experimental base of Hebei North University, Zhangjiakou City, Hebei Province	约 30 年
HHB-1	湖北省十堰市竹山县城关镇虎山村 Hushan Village, Chengguan Town, Zhushan County, Shiyan City, Hubei Province	20 年
HHB-2	湖北省武汉市江夏区纸坊街道龚家铺村 Gong Jiapu Village, Zhifang Street, Jiangxia District, Wuhan City, Hubei Province	20 年
HHB-3	湖北省武汉市江夏区金水农场 Jinshui Farm, Jiangxia District, Wuhan City, Hubei Province	20 年

续表 1 Table 1(Continued)

种群 Population	采集地点 Collected location	用药历史 Herbicide using history
JS-10	江苏省南京市六合区竹镇仇庄村 Qiuzhuang Village, Zhu Town, Liuhe District, Nanjing City, Jiangsu Province	未使用
ZJ-1	浙江省杭州市富阳区 Fuyang District, Hangzhou City, Zhejiang Province	零星使用
GZ-1	贵州省安顺市平坝县白云镇 Baiyun Town, Pingba County, Anshun City, Guizhou Province	零星使用
GZ-2	贵州省安顺市普定县马关镇 Maguan Town, Puding County, Anshun City, Guizhou Province	零星使用
GZ-6	贵州省六盘水市盘县大山镇 Dashan Town, Pan County, Liupanshui City, Guizhou Province	零星使用
GZ-9	贵州省安顺市平坝县十字乡 Shizi Town, Pingba County, Anshun City, Guizhou Province	零星使用
GZ-10	贵州省黔东南苗族侗族自治州麻江县谷硐镇景阳村 Jingyang Village, Gudong Town, Majiang County, Qiandongnan Miao and Dong Autonomous Prefecture, Guizhou Province	零星使用

1.2 供试药剂及施药设备

50%莠去津悬浮剂,山东滨农科技有限公司生产。ASS-4 型行走式喷雾塔(配备 Tee Jet 8002 扇形喷头,喷雾压力为 0.275 MPa),国家农业信息化工程技术研究中心研制。

1.3 鸭跖草种群幼苗培养

将 Klasmann-Deilmann 泥炭土 TS1(德国 Klasmann-Deilmann 公司生产)定量装入 10.5 cm×9 cm 盆钵中,从钵底部灌水至饱和,备用。选用解除休眠的鸭跖草种子,无菌水冲洗 3 次,置于水琼脂培养基,催芽 96 h 后挑选长势整齐一致的幼苗移栽至上述装有泥炭土的盆钵中,保持昼夜温度 20~25℃。当鸭跖草长至 3~4 叶期,置喷雾塔进行药剂处理。

1.4 处理及调查方法

1.4.1 不同地理来源鸭跖草种群对莠去津耐受性初筛
采用莠去津单剂量甄别的方法对不同地理种群鸭跖草的耐受水平进行初筛。50%莠去津 SC 处理剂量为 637.50 g/hm²(农药标签推荐剂量一半),喷液量为 450 L/hm²。按 1.3 所述方法培养鸭跖草幼苗,每个种群选择长势基本一致的鸭跖草植株,置 ASS-4 型行走式喷雾塔进行茎叶喷雾。每处理4次重复。施药后 14 d 统计各种群鸭跖草存活株数,计算存活率。

$S=SP/TP\times 100\%$,式中, S 表示施药后鸭跖草存活率; SP 表示施药后鸭跖草存活株数; TP 表示施药前鸭跖草总株数。

1.4.2 鸭跖草对莠去津的耐受水平测定

采用整株测定法进行剂量-反应曲线研究。在试验 1.4.1 结果的基础上,选取对莠去津反应差异较大的 7 个代表性种群 JS-10、HB-3、HB-6、JL-13、HLJ-2、

JL-7 和 JL-1,按照 1.3 方法培养鸭跖草幼苗,每盆保留 3 株进行莠去津处理。50%莠去津 SC 施药剂量为 0.00、79.69、159.38、318.75、637.50、1 275.00 g/hm²,每个处理 5 次重复。施药方法同 1.4.1。

施药后观察鸭跖草对莠去津的反应症状,21 d 后剪取所有处理的鸭跖草植株地上部,烘干 72 h,计算各处理组相对于对照组的干重比。按照以下公式计算干重抑制中量 GR₅₀。

$$Y=Y_x/Y_0\times 100\%;Y=C+(D-C)/[1+(X/GR_{50})^b]$$

式中, X 为莠去津使用剂量; Y_x 为施用剂量为 X 时鸭跖草地上部干重; Y_0 为不用药对照组鸭跖草地上部干重; Y 为莠去津施用剂量为 X 时鸭跖草地上部干重占对照干重的比率; C 为莠去津使用剂量反应下限, D 为莠去津使用剂量反应上限;GR₅₀ 为鸭跖草生长抑制中量; b 为斜率。

1.5 统计分析

采用 SigmaPlot 12.0 软件的双逻辑非线性回归模型对 1.4.2 中的数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 莠去津单剂量处理不同鸭跖草种群的存活率

施用 50%莠去津 SC 637.50 g/hm² 14 d 后,鸭跖草不同种群的存活率存在较大差异(表 2)。种群 JS-10、HB-3 和 HB-6 的存活率均低于 10.00%,其中,种群 JS-10 存活率仅为 2.50%,对莠去津最敏感,HB-3 和 HB-6 次之,存活率均为 5.00%;种群 JL-13、HLJ-2、JL-7 和 JL-1 存活率相对较高,均大于 50%,其中种群 JL-1 的存活率最高,为 55.00%;其他种群的存活率在 20.00%~50.00%之间。

表 2 不同种群鸭跖草经 50%莠去津 SC 637.50 g/hm² 处理 14 d 后的存活率

Table 2 Survival rate of *Commelina communis* populations 14 DAT at the dose of atrazine 50% SC 637.50 g/hm²

种群 Population	总株数/株 Total plants	存活株数/株 Survival plants	存活率/% Survival rate	种群 Population	总株数/株 Total plants	存活株数/株 Survival plants	存活率/% Survival rate
HLJ-1	10	3.00	30.00	LN-6	10	4.50	45.00
HLJ-2	10	5.25	52.50	LN-7	10	3.25	32.50
HLJ-3	10	3.75	37.50	LN-8	10	4.00	40.00
HLJ-4	10	3.25	32.50	LN-9	10	3.75	37.50
HLJ-5	10	3.75	37.50	HB-1	10	3.75	37.50
JL-1	10	5.50	55.00	HB-2	10	2.75	27.50
JL-2	10	4.25	42.50	HB-3	10	0.50	5.00
JL-3	10	4.50	45.00	HB-4	10	3.25	32.50
JL-4	10	4.00	40.00	HB-5	10	3.00	30.00
JL-5	10	3.75	37.50	HB-6	10	0.50	5.00
JL-6	10	4.50	45.00	HB-7	10	3.50	35.00
JL-7	10	5.25	52.50	HB-8	10	3.50	35.00
JL-8	10	4.25	42.50	HB-9	10	2.75	27.50
JL-9	10	4.25	42.50	HHB-1	10	3.75	37.50
JL-10	10	4.00	40.00	HHB-2	10	2.75	27.50
JL-11	10	4.25	42.50	HHB-3	10	3.00	30.00
JL-12	10	4.00	40.00	JS-10	10	0.25	2.50
JL-13	10	5.25	52.50	ZJ-1	10	3.50	35.00
LN-1	10	4.00	40.00	GZ-1	10	3.25	32.50
LN-2	10	4.00	40.00	GZ-2	10	2.50	25.00
LN-3	10	3.25	32.50	GZ-6	10	3.00	30.00
LN-4	10	3.00	30.00	GZ-9	10	3.00	30.00
LN-5	10	3.00	30.00	GZ-10	10	3.25	32.50

2.2 不同鸭跖草种群对莠去津的耐受水平

施药后 21 d,7 个不同鸭跖草种群对莠去津的症状反应见图 1。



图 1 7 个鸭跖草种群在施用 50%莠去津 SC 21 d 后的症状表现

Fig. 1 Injury symptoms of seven *Commelina communis* populations 21 DAT at different doses of atrazine 50% SC

从图中可以看出,不同地理来源的鸭跖草种群对莠去津的反应存在差异。50%莠去津 SC 供试剂量 79.69 g/hm² 即可显著抑制种群 JS-10 的生长,表现为植株矮小;该剂量下种群 HB-6 叶片边缘开始干枯,但株高降低不如 JS-10 明显,上述剂量对其他种群的生长影响不大。剂量为 159.38 g/hm² 时,种群 HB-6 株高明显降低,HB-3 叶片边缘黄化干枯,而种群 HLJ-2、JL-1、JL-7 和 JL-13 植株无明显受害症状。施用剂量为 318.75 g/hm² 时,种群 JS-10、HB-3、HB-6 植株叶片大部分失绿、干枯,并开始死亡;种群 HLJ-2、JL-7 和 JL-13 叶片边缘出现轻微发黄干枯症状,植株生长受到抑制,而种群 JL-1 在该剂量下仅株高稍有降低,叶片无明显受害症状;施用剂量为 637.50 g/hm² 时,种群 HLJ-2、JL-1、JL-7 和 JL-13 植株叶片枯萎,生长受到明显抑制。

整株测定法结果表明:在供试剂量范围内,随着莠去津处理剂量的增加,各种群鸭跖草的生物量降低。不同种群鸭跖草对莠去津的剂量反应曲线见图 2。

采用双逻辑非线性回归模型拟合,计算出莠去津对鸭跖草各种群的 GR₅₀(表 3)。由此看出,JS-10、

HB-3 和 HB-6 的 GR₅₀ 较低,分别为 122.21、153.27 g/hm² 和 158.13 g/hm²,表明 JS-10 对莠去津最为敏感,另外两个种群次之;种群 JL-13、HLJ-2、JL-7 和 JL-1 的 GR₅₀ 分别为 273.98、277.29、374.68 g/hm² 和 379.57 g/hm²,表明上述 4 个种群对莠去津耐受水平相对较高,其中种群 JL-1 对莠去津的耐受水平最高。

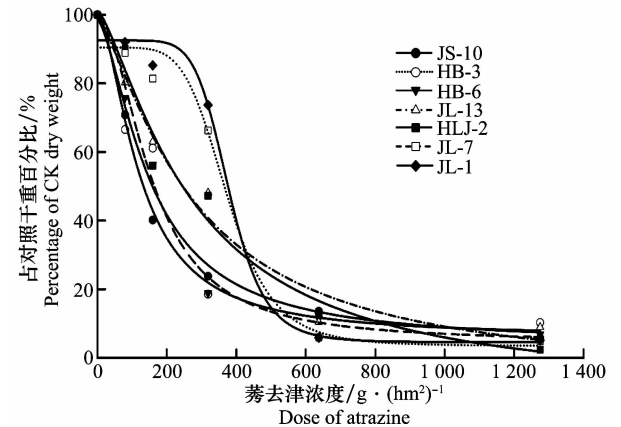


图 2 敏感性和耐药性鸭跖草种群对莠去津的剂量-反应曲线
Fig. 2 Dose-response curves of sensitive and tolerant *Commelina communis* populations to atrazine

表 3 50%莠去津 SC 药后 21 d 对鸭跖草各种群的剂量反应方程及 GR₅₀
Table 3 GR₅₀ value and dose-response equation of seven *Commelina communis* populations 21 DAT at different doses of atrazine 50% SC

种群 Population	GR ₅₀ /g · (hm ²) ⁻¹	剂量反应方程 Dose-response equation	相关系数(r) Correlation coefficient
JS-10	122.21	$Y=94.26/[1+(X/122.21)^{1.67}]+6.07$	0.99
HB-3	153.27	$Y=94.46/[1+(X/153.27)^{1.55}]+4.03$	0.98
HB-6	158.13	$Y=94.35/[1+(X/158.13)^{1.96}]+4.49$	0.99
JL-13	273.98	$Y=105.66/[1+(X/273.98)^{1.34}]-6.67$	0.99
HLJ-2	277.29	$Y=111.93/[1+(X/277.29)^{1.36}]-10.65$	0.99
JL-7	374.68	$Y=87.04/[1+(X/374.68)^{5.68}]+3.45$	0.99
JL-1	379.57	$Y=88.00/[1+(X/379.57)^{7.40}]+4.54$	0.99

3 结论与讨论

近几年农业生产实践中,一直有莠去津对鸭跖草田间防效不佳的实例,但不同地理种群鸭跖草对莠去津敏感性差异未见报道。本研究发现,不同鸭跖草种群对莠去津的耐受水平存在差异:采自吉林、黑龙江和辽宁 3 省的鸭跖草种群对莠去津的耐受水平相对较高;河北、湖北、浙江和贵州 4 省的鸭跖草种群耐受性次之,采自江苏省的鸭跖草种群对莠去津的耐受性最低。

与其他杂草种相比,鸭跖草对莠去津具较高耐受性。鸭跖草独特的器官组织结构可能是其对多种除草剂存在耐受性的原因之一。一方面,鸭跖草根

系发达、水肥吸收能力强,具有较强的抗逆性^[16];另一方面,鸭跖草叶片表面光滑,蜡质层较厚,阻碍了其对除草剂的吸收;其枝繁叶茂盛,再生能力强,致使其不易被除草剂杀死。马红等研究发现,鸭跖草喷施咪唑乙烟酸后,叶片气孔密度降低,表皮厚度增加^[17];Santiago 等报道,草甘膦低剂量对鸭跖草防效差,只有当其使用剂量达 13.44 kg/hm² (16×) 时,才能杀死鸭跖草植株^[18]。

从地理分布上看,鸭跖草种群对莠去津耐受水平呈由南向北增加的趋势:东北地区>华北地区>黄淮海地区>长江流域地区。分析不同地理种群鸭跖草对莠去津的耐受水平差异原因,可能由以下几个方面:首先,可能与不同地区莠去津的使用年限和

使用剂量相关。东北地区是莠去津应用较早的地区,1965 年开始大面积应用,且使用剂量逐年增加,如吉林省目前单位面积用量为 $1\ 795.5\sim 2\ 241.0\text{ g/hm}^2$,有些地区用量甚至更高。华北地区也是莠去津使用相对较早的地区。目前,东北地区和华北地区莠去津使用量占全国使用量的 80% ^[19-20]。由于莠去津的长期单一使用,导致该区域鸭跖草种群多为对莠去津耐受水平较高的生物型。如试验中,采自吉林省四平市的种群 JL-1 和辽源市的种群 JL-7 对莠去津的耐受性最强,GR₅₀ 分别为 379.57 g/hm^2 和 374.68 g/hm^2 。而未使用过莠去津的江苏省南京市种群 JS-10 的 GR₅₀ 仅为 122.21 g/hm^2 ,与前者 GR₅₀ 相差 3 倍以上。其次,耕作制度可能是导致鸭跖草对莠去津耐受性差异的另一因素。东北地区是我国玉米的主产区,一年一熟制,多地采用玉米连作;华北地区通常采用小麦-玉米一年两熟的种植模式;而长江流域及其他地区种植模式复杂,一年两熟制,玉米与花生、大豆、水稻等作物轮作,作物轮作导致了除草剂的轮换使用,长江流域莠去津使用频率相对较低,因此,鸭跖草对莠去津较为敏感。

杂草对除草剂的耐受性机制目前成为各国杂草防除工作者研究的热点。1972 年美国马里兰州首次发现绿穗苋 *Amaranthus hybridus* L. 对莠去津产生抗性,目前全球发现对莠去津有耐受性的杂草生物型 73 个,从数量上仅次于乙酰乳酸合成酶(ALS)抑制剂类除草剂^[21]。杂草对莠去津产生抗药性主要是由于编码叶绿体 D1 蛋白的 *psbA* 基因 790 位碱基发生点突变,由 A 突变为 G,致使 D1 蛋白的 264 位氨基酸由丝氨酸(Ser)突变为甘氨酸(Gly),导致莠去津与杂草结合位点的亲和力降低^[22]。但是,上述大部分杂草生物型耐受莠去津的机制缺少试验数据。因此,有必要进一步研究鸭跖草不同地理种群对莠去津的耐受理机制。

参考文献

- [1] 李扬汉. 中国杂草志[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [2] MISHRA J S, SINGH V P, YADURAJU N T. Interference of common dayflower (*Commelina communis* L.) in soybean (*Glycine max* L.)[J]. Indian Journal of Weed Science, 2002, 34(3): 295–296.
- [3] 胡凡, 付迎春, 朴英, 等. 鸭跖草生物学特性及与大豆竞争关系的研究[J]. 大豆科学, 2003, 22(3): 230–233.
- [4] 马红, 关成宏, 陶波. 不同叶龄鸭跖草对咪唑乙烟酸的耐药性差异及生理基础研究[J]. 中国油料作物学报, 2010, 32(1): 136–138.
- [5] 李向勇, 陶波, 李英慧, 等. 黑龙江省六个地点鸭跖草 RAPD 遗传多样性分析[J]. 作物杂志, 2008, 20(2): 21–25.
- [6] 由立新, 赵长山, 李林海, 等. 鸭跖草生物学特性的研究[J]. 黑龙江农业科学, 2002, 25(1): 21–23.
- [7] ALBRIGHT V C, MURPHY I J, ANDERSON J A, et al. Fate of atrazine in switchgrass-soil column system [J]. Chemosphere, 2013, 90(6): 1847–1853.
- [8] 司友斌, 孟雪梅. 除草剂阿特拉津的环境行为及其生态修复研究进展[J]. 安徽农业大学学报, 2007, 34(3): 451–455.
- [9] GUNTHER F A, GUNTHER J D. Single pesticide volume: The triazine herbicides [M]. New York: Springer, 1970, 32: 1–9.
- [10] JIANG Zhao, MA Bingbing, ERINLE K O, et al. Enzymatic antioxidant defense in resistant plant: *Pennisetum americanum* (L.) K. Schum during long-term atrazine exposure [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2016, 133: 59–66.
- [11] EVANS A F, O'BRIEN S R, MA Rong, et al. Biochemical characterization of metabolism-based atrazine resistance in *Amaranthus tuberculatus* and identification of an expressed GST associated with resistance [J]. Plant Biotechnology Journal, 2017, 15(10): 1238–1249.
- [12] SVYANTEK A W, ALDAHIR P, CHEN Shu, et al. Target and nontarget resistance mechanisms induce annual bluegrass (*Poa annua*) resistance to atrazine, amicarbazone, and diuron [J]. Weed Technology, 2016, 30(3): 773–782.
- [13] 马兵兵, 姜昭, ERINLE K O, 等. 狼尾草根系对阿特拉津长期胁迫的氧化应激响应[J]. 生态毒理学报, 2016, 11(6): 214–222.
- [14] 王庆海, 李翠, 陈超, 等. 芦苇对阿特拉津胁迫的生理响应及其与耐受性的关系[J]. 农业环境科学学报, 2017, 36(10): 1968–1977.
- [15] 李翠, 温海峰, 郑瑞伦, 等. 阿特拉津胁迫对菖蒲的生理毒性效应[J]. 农业环境科学学报, 2016, 35(10): 1895–1902.
- [16] 李学宏. 恶性杂草鸭跖草的危害与防除[J]. 陕西农业科学, 2012, 58(4): 266–267.
- [17] 马红, 关成宏, 陶波. 不同叶龄鸭跖草对咪唑乙烟酸的耐药性[J]. 植物保护学报, 2009, 36(5): 450–454.
- [18] SANTIAGO M U, MICHEAL D K. Response of Asiatic dayflower (*Commelina communis*) to glyphosate and alternatives in soybean [J]. Weed Science, 2009, 57(1): 74–80.
- [19] 苏少泉. 莠去津特性与使用中的问题[J]. 农药研究与应用, 2010, 14(3): 1–5.
- [20] 弓爱君, 叶常明. 除草剂阿特拉津(atrazine)的环境行为综述[J]. 环境工程学报, 1997, 5(2): 37–47.
- [21] HEAP I. The international survey of herbicide resistant weeds [EB]. (2018–03–06) <http://www.weedscience.org>.
- [22] POWLES S B, YU Qin. Evolution in action: plants resistant to herbicides [J]. Annual Review of Plant Biology, 2010, 61: 317–347.

(责任编辑: 杨明丽)