

山东省小麦田荠菜对苯磺隆的抗性测定

吴翠霞¹, 马士仲¹, 马冲¹, 路兴涛^{1*}, 王金信²

(1. 山东省泰安市农业科学研究院, 泰安 271000; 2. 山东农业大学植物保护学院, 泰安 271000)

摘要 为了明确山东省小麦田荠菜对苯磺隆的抗性水平及分布现状,在温室中采用整株剂量-反应测定法测定了 51 份荠菜样本对苯磺隆的敏感性。结果表明,山东省小麦田荠菜已普遍对苯磺隆产生抗性,所测样本中,抗性种群 29 个,占总样本数的 56.86%,其中,中、高抗种群 27 个,占总样本数的 52.94%。鲁南山区和鲁西北平原区采集点的荠菜对苯磺隆的抗性水平较高,胶滩河谷平原区的荠菜对苯磺隆的抗性水平则相对较低。

关键词 山东省; 荠菜; 苯磺隆; 抗性水平; 抗性分布

中图分类号: S 451.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2016442

Resistant detection of *Capsella bursa-pastoris* to tribenuron-methyl in Shandong Province

WU Cuixia¹, MA Shizhong¹, MA Chong¹, LU Xingtiao¹, WANG Jinxin²

(1. Academy of Tai'an Agriculture Science, Shandong 271000, China;

2. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271000, China)

Abstract In order to detect the resistant level and distribution of shepherd's purse to tribenuron-methyl in Shandong Province, whole-plant dose response experiments were conducted to determine the dose-response of 51 populations to tribenuron-methyl in greenhouse. The results showed that the resistant weed infestation in Shandong Province had become a serious problem. Among all the 51 samples, 29 populations were resistant, accounting for 56.86% and including 27 high and middle resistance biotypes. The resistant levels were much higher in mountain regions in southern Shandong and plain regions in northwestern Shandong, while the level in plain regions in eastern Shandong was much lower.

Key words Shandong Province; *Capsella bursa-pastoris*; tribenuron-methyl; resistance level; resistance distribution

荠菜 *Capsella bursa-pastoris* (Linn.) Medik., 十字花科荠菜属一、二年生草本植物,种子繁殖,生育期长^[1],是我国黄淮海平原冬麦区常见阔叶杂草之一。其通过与小麦竞争水分、养料等有效资源影响小麦的产量和品质^[2-3]。

苯磺隆 tribenuron-methyl 是美国杜邦公司开发的磺酰脲类选择性内吸传导型除草剂,作用靶标为乙酰乳酸合成酶 (acetolactate synthase, ALS),是我国应用面积最大、使用时间最长的小麦田阔叶杂草防除剂之一。ALS 抑制剂类除草剂作用位点单一,易产生抗药性,目前全球已有 88 个杂草种群对苯磺隆产生抗性^[4],其中包括我国常见小麦田杂草播娘蒿、猪殃殃、麦家公、牛繁缕及荠菜^[5-10]。

刘君良等^[10]于 2011 年采用培养皿法和温室盆

栽法测定了山东滨州、泰安等地的 12 个荠菜样本对苯磺隆的抗性水平,发现这些样本尚未产生抗药性。但近两年苯磺隆大田登记剂量已不能有效防除荠菜,荠菜对苯磺隆的抗性已逐渐凸显。鉴于此,本研究于 2014 年 5 月中下旬至 6 月上旬采集了山东省 14 地市小麦田的 51 个荠菜样本,在温室内采用盆栽整株剂量-反应测定法^[11]测定其对苯磺隆的敏感性,以明确山东小麦田荠菜对苯磺隆的抗性水平和抗性分布现状,并分析栽培习惯对抗性水平差异的影响,以期杂草区域化治理和有效防除提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试药剂:75%苯磺隆水分散粒剂,上海杜邦农

收稿日期: 2016-12-01 修订日期: 2017-05-12

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(201303031)

* 通信作者 E-mail: xingtaolu@163.com

化有限公司产品。

主要仪器:ASS-3 型农药室内喷洒系统,配置 DG8003 喷头,喷雾压力 2.75 MPa,喷液量 400 L/hm²。

杂草种子:荠菜样本的详细采集地点见表 1。

1.2 方法

1.2.1 室内杂草培养

选择饱满度一致的荠菜种子,采用变温处理打破休眠后置于灭菌培养皿内催芽,培养温度为 18~22℃。将催芽露白的荠菜种子 15 粒均匀点播于直径 12 cm 的塑料盆中,覆土 0.5~1.0 cm 后置于温室内培养,室内温度 20~26℃、相对湿度(65±15)%、自然光照。以盆钵底部渗灌方式补水,保持土壤湿度。

1.2.2 荠菜对苯磺隆的抗性水平测定

参照行业标准(NY/T1154.18-2006),对供试样本进行室内抗性水平测定。杂草 1~2 叶期间苗,每盆保留 10 株,3~4 叶期时置于喷雾塔内茎叶喷雾施药。苯磺隆浓度设置为 2.73、5.47、10.94、21.88、43.75、87.50、175.00、350.00、700.00 g/hm²(有效成分,下同),以喷施清水为对照,重复 3 次。处理后 21 d 剪取杂草地上部分称重,计算鲜重抑制率。鲜重抑制率=(空白对照杂草鲜重-处理杂草鲜重)/空白对照杂草鲜重×100%。

使用 DPS 7.05 对药剂剂量的对数值与鲜重防效的概率值进行回归分析,得剂量-反应曲线、抑制杂草生长 50% 的除草剂剂量 GR₅₀(50% reduction in growth)、置信区间及相关系数,进而计算供试杂草抗性种群的相对抗性倍数(resistance/susceptibility, R/S)。抗性水平判定标准^[12]:敏感种群:1≤R/S<5;低抗性种群:5≤R/S<10;中抗性种群:10≤R/S<50;高抗性种群:R/S≥50。

1.2.3 荠菜对苯磺隆的抗性分布

根据山东省不同区域地貌特点、气候特性等方面

的差异,按照顾耘和顾松东^[13]的方法,将山东省划分为鲁西北平原区、鲁北滨海区、胶东丘陵区、胶潍河谷平原区、鲁中山区、鲁南山区及鲁西南平洼区 7 个区域。根据采集地荠菜种群相对抗性倍数的高低,明确山东省小麦田荠菜对苯磺隆的抗性分布现状。

2 结果与分析

2.1 山东省小麦田荠菜对苯磺隆的抗性水平

山东多地的荠菜种群已普遍对苯磺隆产生抗性,不同地区间抗性水平差异较大,同一地区内抗性水平亦存在差异(表 1)。在测定的 51 个种群中,抗性种群 29 个,占总采样数的 56.86%;高抗种群 24 个,中抗种群 3 个,中、高抗种群所占比例高达 52.94%;敏感种群 22 个,占 43.14%,其中滨州市邹平县田李靳村的种群抗性水平最高,GR₅₀ 为 343.19 g/hm²,抗性倍数高达 6 863.80,其次为聊城市高唐县姚王庄村和茌平县博平镇的种群,抗性倍数分别为 3 599.40 和 3 122.40。

不同地区荠菜种群对苯磺隆的敏感性差异较大,在取样的 14 个地区中,聊城市采集种群的抗性水平整体相对较高,均为高抗种群,抗性倍数在 236.00~3 599.40 间,莱芜、烟台、淄博、威海采集的荠菜种群则对苯磺隆比较敏感,尚未产生抗药性。

同一地区不同地点采集的荠菜种群对苯磺隆的敏感性亦有差异。临沂市采集的 7 个种群中,河东区大十六湖村的种群较为敏感,无抗药性,其余 6 个种群均为抗性种群,GR₅₀ 为 3.53~34.14 g/hm²,相应的抗性倍数为 70.60~682.80。德州市采集的 9 个种群中,敏感种群 2 个,中抗种群 2 个,高抗种群 5 个,抗性倍数在 12.60~2 506.80,其中乐陵县郭家街道侯村的种群最为敏感,齐河县华店社区王庄村的种群抗性水平最高。

表 1 山东省不同地区荠菜对苯磺隆的抗性水平

Table 1 Resistant detection of *Capsella bursa-pastoris* to tribenuron-methyl in Shandong Province

采集地点 Collection site	剂量-反应曲线 Dose-response curve	相关系数 Correlation coefficient	GR ₅₀ (95%CL)/ g·(hm ²) ⁻¹	抗性倍数 R/S ratio
临沂市				
河东区大十六湖村	y=5.382 6+0.374 7x	0.971 6	0.10(0.04~0.24)	2.00
莒南县板泉镇前涝坡村	y=4.571 9+0.781 7x	0.924 1	3.53(2.20~5.65)	70.60
莒南县板泉镇前涝坡村	y=4.341 6+0.509 0x	0.918 6	19.65(11.94~32.35)	393.00
临沭县郑山街道姜屯村	y=4.101 7+0.645 9x	0.980 0	24.60(19.06~31.74)	492.00
苍山县贾庄镇朱村	y=4.356 2+0.753 3x	0.941 0	7.16(4.37~11.72)	143.20
苍山县贾庄镇朱村	y=3.093 7+1.243 3x	0.978 4	34.14(25.05~46.54)	682.80
苍山县贾庄镇东坞丘村	y=3.576 4+1.182 5x	0.945 3	15.99(10.89~23.49)	319.80

续表 1 Table 1(Continued)

采集地点 Collection site		剂量-反应曲线 Dose-response curve	相关系数 Correlation coefficient	GR ₅₀ (95%CL)/ g • (hm ²) ⁻¹	抗性倍数 R/S ratio
济宁市	任城区齐村	y=4.621 5+0.869 4x	0.971 8	2.72(1.60~4.65)	54.40
	鱼台县老砦镇政府西	y=3.658 0+1.220 3x	0.952 2	12.58(7.47~21.18)	251.60
	鱼台县王鲁镇西华村	y=5.426 5+0.329 4x	0.959 1	0.05(0.01~0.26)	1.00
	鱼台县谷亭镇马石庄村	y=5.619 9+0.170 6x	0.993 6	<0.05	1.00
菏泽市	单县终兴镇王小庄村	y=3.802 0+1.983 9x	0.949 1	16.51(11.39~23.92)	330.20
聊城市	茌平县博平镇 S257 附近	y=3.678 7+0.602 4x	0.983 6	156.12(91.67~265.88)	3122.40
	高唐县赵寨子乡姚王庄村	y=3.055 7+0.862 1x	0.962 1	179.97(75.79~427.37)	3599.40
	高唐县鱼邱湖街道办	y=3.902 8+0.700 0x	0.909 2	36.93(18.35~74.33)	738.60
	高唐县鱼邱湖街道办	y=3.225 5+1.655 2x	0.977 2	11.80(9.23~15.10)	236.00
德州市	平原县腰站镇窑庄村	y=5.210 2+0.251 0x	0.985 4	0.11(0.06~0.20)	2.20
	平原县腰站镇小庄村	y=4.555 8+0.700 3x	0.986 7	4.30(3.54~5.24)	86.00
	齐河县华店社区王庄村	y=3.732 5+0.604 1x	0.964 8	125.34(60.49~259.72)	2506.80
	德城区黄河涯镇宋奇屯村	y=3.929 6+0.938 6x	0.969 0	13.82(10.41~18.34)	276.40
滨州市	宁津县柴胡店镇街道办事处	y=4.511 2+0.770 5x	0.945 6	0.63(0.46~0.81)	12.60
	宁津县柴胡店至庆云县路上	y=4.402 9+0.700 7x	0.909 8	7.12(3.55~14.28)	142.40
	庆云县尚堂镇	y=4.811 6+0.646 6x	0.934 7	1.96(1.16~3.31)	39.20
	庆云县中丁乡杨河寺村	y=4.420 6+1.243 6x	0.963 9	2.92(2.08~4.10)	58.40
	乐陵县郭家街道侯村	y=5.842 3+0.095 8x	0.927 5	<0.05	1.00
	滨城区梁才办事处毛李村	y=5.863 3+0.308 6x	0.979 7	<0.05	1.00
	滨城区尚集乡把棍张村	y=5.299 2+0.158 4x	0.961 4	<0.05	1.00
	滨城区尚集乡尹集西村	y=5.394 0+0.226 3x	0.951 8	<0.05	1.00
	滨城区梁才街道梨园张村	y=5.841 2+0.129 3x	0.987 0	<0.05	1.00
	博兴县柳桥镇姜韩村	y=4.738 2+0.572 0x	0.950 2	2.87(1.13~7.31)	57.40
	邹平县田李靳村	y=3.718 1+0.505 6x	0.944 6	343.19(121.45~969.75)	6863.80
	章丘市辛寨乡	y=4.107 5+0.508 8x	0.958 2	56.79(36.01~89.55)	1135.80
济南市	广饶县大王经济开发区	y=2.482 1+1.334 1x	0.986 4	77.14(57.78~102.99)	1542.80
东营市	利津县西李家村	y=5.334 4+0.146 0x	0.924 6	<0.05	1.00
	淄博市沂源县鲁村镇西坡村	y=5.824 4+0.083 3x	0.989 1	<0.05	1.00
潍坊市	临朐县辛寨镇南后窑窝村	y=5.139 0+0.321 8x	0.935 0	0.37(0.00~0.15)	7.40
青州市	黄楼镇张楼村	y=5.792 9+0.385 6x	0.993 2	<0.05	1.00
	胶州市胶北镇胶济高铁附近	y=5.851 1+0.196 5x	0.985 6	<0.05	1.00
平度市	麻兰镇上埠村	y=5.815 0+0.225 2x	0.936 4	<0.05	1.00
	门村镇东南疃村	y=4.102 5+0.655 6x	0.948 1	23.38(15.82~34.56)	467.60
	莱西市祝沟镇岈沽村	y=5.112 0+0.338 5x	0.943 9	0.47(0.12~1.82)	9.40
	莱西市日庄镇岱墅村	y=5.203 2+0.277 1x	0.991 5	0.18(0.10~0.35)	3.60
莱西市	照旺庄镇叶家泊村	y=4.997 4+0.396 6x	0.975 0	1.02(0.49~2.093)	20.40
	莱阳市桃源庄村	y=5.400 8+0.065 3x	0.963 9	<0.05	1.00
	牟平区玉林店镇山后村	y=5.757 3+0.209 3x	0.940 0	<0.05	1.00
	海阳市行村镇瑞宇村	y=5.601 1+0.165 9x	0.961 2	<0.05	1.00
威海市	荣成市港西镇北港西村	y=5.641 9+0.285 1x	0.963 9	<0.05	1.00
	文登市大水泊镇泊岳家村	y=5.762 3+0.245 3x	0.980 7	<0.05	1.00
	文登市米山镇北郑格庄村	y=5.476 3+0.304 1x	0.928 9	<0.05	1.00
	乳山市育黎镇曲水村	y=3.846 3+0.805 6x	0.988 3	27.04(22.50~32.50)	540.80
莱芜市	杨庄镇	y=5.408 1+0.307 8x	0.966 7	0.05(0.01~0.24)	1.00

2.2 山东省小麦田荠菜对苯磺隆的抗性分布

山东省不同地区荠菜对苯磺隆的抗性水平统计如表 2 所示。在鲁西北平原区、鲁北滨海区、胶东丘陵区、胶潍河谷平原区、鲁中山区、鲁南山区及鲁西南平洼区 7 个区域中，鲁南山区的荠菜种群对苯磺

隆的抗性水平相对较高，采集的 7 个种群中，高抗种群 6 个，所占比例高达 85.71%，其次为鲁西北平原区，鲁西南平洼区、鲁北滨海区、鲁中山区及胶东丘陵区，胶潍河谷平原区较低。

表 2 山东省不同地区小麦田抗苯磺隆荠菜数量统计

Table 2 Statistical numbers of *Capsella bursa-pastoris* resistant to tribenuron-methyl in Shandong Province

采集区域 Collection region	采集地 Collection site	样品数/个 Samples	敏感种群/个 Susceptible population	高抗种群/个 High resistant population	中抗种群/个 Middle resistant population	低抗种群/个 Low resistant population	高抗种群百分率/% High resistance rate
鲁西北平原区 Plain region in Northwest Shandong	德州、聊城	13	2	9	2	0	69.23
鲁北滨海区 Coastal region in Northern Shandong	滨州、东营	8	5	3	0	0	37.50
胶东丘陵区 Hilly region in Eastern Shandong	烟台、威海、青岛	13	9	2	1	1	15.38
胶淮河谷平原区 Plain region in the middle of Shandong	潍坊	2	1	0	0	1	0.00
鲁中山区 Mountain region in the middle of Shandong	济南、莱芜、淄博	3	2	1	0	0	33.33
鲁南山区 Mountain region in Southern Shandong	临沂	7	1	6	0	0	85.71
鲁西南平洼区 Depression region in Southwestern Shandong	济宁、菏泽	5	2	3	0	0	60.00

3 讨论

作用位点单一的除草剂在长期高频使用的选择压力下势必会导致杂草对其产生抗药性^[14]。苯磺隆自 1988 年在我国登记以来,已有 28 年使用历史,牛繁缕、播娘蒿等小麦田阔叶杂草不可避免地对其产生了抗性,荠菜也不例外。本研究结果表明,山东省小麦田荠菜对苯磺隆的抗性程度较重,采集的 51 个样本中,高抗种群 24 个,占比 47.06%,其中滨州市邹平县田李靳村的种群抗性水平最高,抗性倍数高达 6 863.80。

山东省小麦田荠菜对苯磺隆的抗性分布区域中,鲁南山区和鲁西北平原区的抗性较重,胶淮河谷平原区相对较轻,鲁西南平洼区、鲁中山区、鲁北滨海区及胶东丘陵区居中,这与高兴祥等^[12]报道的播娘蒿在山东各区域的抗性分布有所差异,造成差异的原因可能与采集地点、采集时间、用药历史以及当地荠菜种群的生物多样性等有关的结论一致。

不同地区采集点的荠菜样本对苯磺隆抗性水平存在差异的原因除用药历史外,也与当地的种植方式密切相关。鲁南山区的采集点和鲁西北平原区地形均为平原,为典型的小麦玉米轮作区,种植方式单一,杂草危害重,除草剂使用历史较长,因而荠菜对苯磺隆的抗性水平较高。胶淮河谷平原区虽同样为平原地带,但作物以蔬菜、果树、棉花等为主,小麦种植面积相对较小,且轮作方式多样,杂草发生轻,除草剂用量少,因此荠菜抗性水平较低。同一地区不同采集点荠菜对苯磺隆抗性水平存在差异则主要与除草剂的使用历史、剂量、频率等相关。

选择不同作用机制的除草剂合理混用或轮用,可有效预防或延缓杂草抗药性的发生、发展。在荠菜抗性区域,建议停止单独使用苯磺隆和其他 ALS 抑制剂类除草剂,选择适合的混配制剂,如双氟·苯磺隆、氯吡·苯磺隆、2 甲·双氟、双氟·滴辛酯等,以达到除草、增产的效果。

Jin 等^[15]发现河南驻马店地区荠菜对苯磺隆产

生抗性的原因在于靶标酶 ALS 基因 Domain A 保守区域中第 197 位的脯氨酸被丝氨酸所替代,而山东省高抗种群产生抗性的原因尚需进一步研究。

参考文献

[1] 李扬汉,强胜. 中国杂草志[M]. 北京:中国农业出版社,1998.

[2] 池吉平. 农田杂草危害及防除[J]. 现代农业,2011(7):24.

[3] 孙艳侠. 麦田杂草的发生、危害特点及综防措施[J]. 安徽农业,2004(1):28-29.

[4] IAN Heap. International survey of herbicide-resistant weeds [EB/OL]. <http://weeds science.org/Summary/ResistByActive.aspx>, 2016-09-14.

[5] 许贤,王贵启,张宏军,等. 河北省境内播娘蒿对苯磺隆抗药性研究初报[J]. 西北农业学报,2008,17(2):270-273.

[6] 彭学岗,王金信,段敏,等. 中国北方部分冬麦区猪殃殃对苯磺隆的抗性水平[J]. 植物保护学报,2008,35(5):458-462.

[7] CUI Hailan, ZHANG Chaoxian, ZHANG Hongjun, et al. Tribenuron-methyl resistant flixweed (*Descurainia sophia*) [J]. Agricultural Sciences in China, 2009, 8(4): 488-490.

[8] LIU Weitang, BI Yaling, LI Lingxu, et al. Target-site basis for resistance to acetolactate synthase inhibitor in water chickweed (*Myosoton aquaticum* L.) [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2013, 107: 50-54.

[9] 吴小虎,王金信,刘伟堂,等. 山东省部分市县麦田杂草麦家公 (*Lithospermum arvense*) 对苯磺隆的抗药性[J]. 农药学报,2011,13(6):597-602.

[10] 刘君良,王金信,刘伟堂,等. 中国北方部分地区麦田荠菜对苯磺隆的抗性水平[J]. 农药学报,2011,13(4):347-353.

[11] 宋小玲,马波,皇甫超河,等. 除草剂生物测定方法[J]. 杂草科学,2004(3):1-6.

[12] 高兴祥,李美,高宗军,等. 山东省小麦田播娘蒿对苯磺隆的抗性测定[J]. 植物保护学报,2014,41(3):373-378.

[13] 顾耘,顾松东. 山东省农业昆虫的地理区划[J]. 山东农业科学,1995(3):23-27.

[14] 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.

[15] JIN Tao, LIU Junliang, HUAN Zhibo, et al. Molecular basis for resistance to tribenuron in shepherd's purse (*Capsella bursa pastoris* (L.) Medik.) [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2011, 100: 160-164.

(责任编辑:杨明丽)