植物源壬酸水剂对三裂叶豚草的防除效果

张小利[1]， 崔建臣[1]， 姚丹丹[1]， 段永恒[1]， 杨得草[2]， 胡冬雪[2]， 丁建云[1*]

(1. 北京市植物保护站，北京 100029；2. 北京市怀柔区植物保护站，北京 101400)

摘要 三裂叶豚草是危害生态环境和人类健康的恶性杂草。本研究探索了植物源壬酸水剂对野外自然生长的三裂叶豚草的防治效果，分别于6月下旬和8月上旬两个时期，利用5%和10%两个浓度的壬酸水剂对三裂叶豚草进行茎叶喷雾处理。结果表明，北京地区8月上旬为三裂叶豚草现蕾期，此时施药不再有新出苗的植株结籽，为防除三裂叶豚草的最适时期。采用10%壬酸水剂，有效成分用量8 000 g/667 m^2，喷液量80 L/667 m^{2}进行喷雾防治，7 d和28 d的株防效分别达到94.9%和91.2%，结籽三裂叶豚草仅4.6株/m^2，比对照减少了93.11%，单株种子数量为261.78粒，比对照减少了83.73%，产生的种子少，防效较好。

关键词 植物源水剂； 壬酸； 三裂叶豚草； 防效评价

中图分类号： S 451.2 **文献标识码**： B **DOI**： 10.16688/j.zwbh.2017181

Control effect of botanical pelargonic acid on *Ambrosia trifida*

ZHANG Xiaoli[1]， CUI Jianchen[1]， YAO Dandan[1]， DUAN Yongheng[1]，
YANG Decao[2]， HU Dongxue[2]， DING Jianyun[1]

(1. *Beijing Plant Protection Station*, *Beijing* 100029, *China*;
2. *Plant Protection Station of Huairou County*, *Beijing* 101400, *China*)

Abstract *Ambrosia trifida* is one of the worst malignant weed which hazards the ecological environment and human health. Botanical pelargonic acid was used in our study to explore the control effect on *A. trifida* naturally growing in the field. 5% and 10% pelargonic acid aqua were sprayed on *A. trifida* in late June and early August, respectively. The result indicated that the optimum control time of *A. trifida* was early August in Beijing district when *A. trifida* was in the budding period and new seedling *A. trifida* did not set seed. Treated with pelargonic acid 10% AS at the active ingredient contents of 8 000 g/667 m^2 in early August, the plant number of *A. trifida* was reduced by 94.9% after 7 d and 91.2% after 28 d with the spray volume of 80 L/667 m^2, respectively. Only 4.6 plants per square meter produced seed, which was reduced by 93.11% in comparison to the control. The number of seed per plant was 261.78, which was reduced by 83.73% in comparison to the control. All the results suggested that treatment by pelargonic acid 10% AS could reduce the amount of weed seeds and had good control effect on *A. trifida*.

Key words botanical agent； pelargonic acid； *Ambrosia trifida*； effect assessment

三裂叶豚草 *Ambrosia trifida* L. 是菊科豚草属的一种外来入侵杂草，原产北美洲，现已传播到世界上很多地区。近年来，三裂叶豚草在我国的辽宁、河北、北京、新疆、山东、江苏、浙江、湖北、江西、广东等20多个省(市、自治区)先后报道发生[1-5]。由于其具有适应性和繁殖能力强、扩散快等特点，很快成为入侵地区的优势种群，对当地的生态环境造成严重破坏；侵入农田和果园的三裂叶豚草与农作物争肥争水，给农业生产安全带来了很大的危害；另外，三裂叶豚草的花粉会引起人类的过敏反应，秋季空气中飘散的大量花粉，威胁着人们的身体健康[6-7]。

1987年北京市首次报道发现三裂叶豚草，发生面积2.8 hm^2。2004年普查发现豚草在北京市海淀、顺义、昌平、门头沟、密云、房山和怀柔七个区县均有分布，发生面积超过2 000 hm^2，其中普通豚草 *A. artemisiifolia* Linn. 400 hm^2，三裂叶豚草1 600 hm^{2}左右。近年来北京市通过开展豚草专项防控，发生范围基本控制在门头沟、密云、房山和怀柔四个区县，面

收稿日期： 2017-05-17 **修订日期**： 2017-06-23
* 通信作者 E-mail:dingjianyun@163.com

积 1 400 hm^2 左右，其中普通豚草 130 hm^2，三裂叶豚草 1 300 hm^2（北京市植物保护站 2015 年数据）。但河流改造、园林绿化、公路扩建等基础建设，以及种子调运等因素加大了豚草扩散蔓延风险，因此豚草的普查和防控是其入侵地区长期面对的难题。

三裂叶豚草是豚草属中进化最高、分布最广、危害最大的种类，因此其防控难度更大。北京市三裂叶豚草面积和危害较大。为控制三裂叶豚草的蔓延，国内外报道了很多防控方法，主要包括人工拔除、化学防除和生物控制。其中化学农药的防除见效快、成本低，但引起的环境生态问题突出，近年来一些毒性低、残留少的新型植物源除草剂的开发和应用，为豚草的绿色防除提供了新的思路。壬酸（pelargonic acid）是广泛存在于动物和植物中的一种脂肪酸，具有除草、杀虫和杀菌活性，并且广谱、低毒、低残留，已有报道壬酸对禾本科和阔叶杂草的防效较好[8-9]，尚未有报道壬酸用于野外三裂叶豚草的防除效果研究。本研究旨在明确北京地区防除野外生长的三裂叶豚草的最适时期，以及筛选出壬酸防除三裂叶豚草的最适浓度和剂量，为三裂叶豚草的防控提供指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试药剂为 80%壬酸水剂，提取自山竹葵，低毒，由北京绿润浩泰科技有限公司提供。供试三裂叶豚草为房山云居寺野外自然生长的杂草；施药器械为手拉式电动喷雾器（WS-25DA）。

1.2 试验方法

6 月 24 日和 8 月 7 日分别用 5%壬酸水剂有效成分用量 4 000 g/667 m^2（制剂用量 5 L/667 m^2）和 10%壬酸水剂有效成分用量 8 000 g/667 m^2（制剂用量 10 L/667 m^2）对三裂叶豚草进行茎叶喷雾处理，喷液量为 80 L/667 m^2，并设清水对照。试验共 5 个处理，每个处理 5 次重复（小区），每个小区面积为 24 m^2（3 m×8 m），共 25 个小区。所有小区处理为随机区组排列。

1.3 调查方法

每个小区选择三裂叶豚草长势和密度较一致的区域，划定 1 m^2 为调查区域。施药前调查三裂叶豚草的密度，并测量所有植株株高。施药后观察三裂叶豚草中毒症状，调查药后 7 d 和 28 d 残存三裂叶豚草株数，计算株防效。10 月 21 日调查处理地块残存三裂叶豚草株数，按单株收集残存植株的种子，统计单株种子数量和种子千粒重。

$$株防效=\frac{死亡豚草株数}{施药前豚草株数}\times 100\%。$$

1.4 数据分析方法

数据采用 SPSS 19.0 统计软件 ANOVA 进行分析，差异显著时用 Duncan 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 三裂叶豚草的生长情况

试验点位于北京市房山区山谷之中，河流沿岸。试验点三裂叶豚草生长茂盛并形成单一的优势群落。6 月 24 日，三裂叶豚草处于苗期，平均株高 39.80 cm，密度 57.6 株/m^2。8 月 7 日，三裂叶豚草处于现蕾期，平均株高 147.23 cm，密度 50.6 株/m^2。

2.2 壬酸对三裂叶豚草植株的影响

施用不同浓度的壬酸后三裂叶豚草叶片很快开始失绿，出现萎蔫症状，施药 7 d 后叶片基本干枯，茎秆上有大量黑色枯斑，大量植株死亡，药后 28 d 部分三裂叶豚草长出新的侧枝。结果（表 1）表明，于 6 月份豚草植株高度 40 cm 左右时施药，药后 7 d，5%和 10%壬酸水剂的株防效相当，分别为 77.5%和 77.6%；药后 28 d 两个浓度的株防效差异不显著，但比 7 d 株防效均有提高，分别提高 21.7%和 14.0%；8 月份豚草植株高度近 150 cm 时施药，药后 7 d 和 28 d，10%壬酸水剂的株防效明显好于 5%壬酸水剂，株防效增加 40%左右，差异显著；施用 5%壬酸水剂，随着植株高度的增加，株防效下降，6 月施药与8 月施药相比，7 d 和 28 d 株防效分别减少了 16.0%和 32.1%；施用 10%壬酸水剂，随着植株高度的增加，6 月施药与 8 月施药相比，株防效稍有增加但差异不显著。

总体上，当 6 月份豚草高度在 40 cm 左右时，株防效在 77.5%～94.3%，5%和 10%壬酸水剂的株防效差异不显著；8 月份北京地区进入雨季，豚草植株迅速长高，株高达 150 cm 左右，10%壬酸水剂的株防效较好，达到 90%以上，与 5%壬酸水剂差异显著。

2.3 壬酸对三裂叶豚草结籽的影响

6 月份施药时，三裂叶豚草植株高度 40 cm 左右，药后部分残存三裂叶豚草长出新的侧枝，8 月份以后陆续有新的三裂叶豚草出苗，10 月份大量豚草结籽，5%和 10%壬酸水剂处理的地块分别有 53.0 和 42.8 株/m^2 产生种子，比对照减少了 20.65%和 35.93%；单株种子数量分别为 1 567.40 粒和 1 048.80 粒，比对照减少了 2.61%和 34.83%；种子千粒重分别比对照增加了 14.93%和 3.03%。

表 1　壬酸对三裂叶豚草株防效的影响[1)]

Table 1　Influence of pelargonic acid on the control effect of *Ambrosia trifida*

施药时间/月-日 Application time	药剂浓度/% Reagent concentration	有效成分用量/g·(667m²)⁻¹ Dosage	株高/cm Plant height	密度/株·m⁻² Plant density	7 d 防效/% Control efficacy after 7 d	28 d 防效/% Control efficacy after 28 d
06-24	5	4 000	(39.27±1.30)bB	53.2	(77.5±5.9)abAB	(94.3±1.3)aA
	10	8 000	(40.32±1.60)bB	62.0	(77.6±5.3)abAB	(88.5±3.0)aA
08-07	5	4 000	(148.37±4.90)aA	42.4	(65.1±8.4)bB	(64.0±7.5)bB
	10	8 000	(146.09±1.87)aA	58.8	(94.9±1.6)aA	(91.2±3.6)aA

1) 表中数据为平均值±标准误。同一列数据不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。
Data in the table are mean±standard error. In the same column, different small letter indicate significant difference ($P<0.05$), and different capital letters show extremely significant difference ($P<0.01$).

8 月份施药时,三裂叶豚草植株高度 150 cm 左右,药后仅有少量残存三裂叶豚草长出新的侧枝并结籽。5%和 10%壬酸水剂处理的地块分别有 16.8 和 4.6 株/m² 产生种子,比对照减少了 74.85%和 93.11%;单株种子数量分别为 237.36 和 261.78 粒/株,比对照减少了 85.25%和 83.73%;种子千粒重与对照相当。10%壬酸水剂处理的地块单株种子数量比 5%壬酸水剂的多 24.42 粒,结籽的植株数量比 5%壬酸水剂的少 12.2 株/m²,每平方米种子的总量比 5%壬酸水剂少 2 783.46 粒。

6 月份施药,药后由于雨季的到来,施药地块大量新的三裂叶豚草植株出苗,加上残存的少量三裂叶豚草植株长出侧枝,使得施药地块的豚草密度达到 42.8～53.0 株/m²,而每株产生上千粒种子,每平方米可产生 4 万～8 万粒种子;而 8 月份施药,药后仅有少量残存的三裂叶豚草产生的侧枝结籽(4.6～16.8 株/m²),没有新出苗的植株结籽,每株产生 200 多粒种子,每平方米产生 0.12～0.4 万粒种子,三裂叶豚草密度和种子量大大降低。

总体上,当 6 月份豚草高度在 40 cm 左右时施药,5%和 10%壬酸水剂施药地块都产生了大量种子;当 8 月份豚草高度在 150 cm 左右时施药,施药地块的残存植株比对照每平方米减少了 74.85%～93.11%,产生的种子数量较少,因此 8 月份施药的防效较好。另外,8 月份施药后,10%壬酸水剂处理地块的结籽量比 5%壬酸水剂处理地块减少了2 783.46粒/m²。种子数量的多少对于一年生的三裂叶豚草防控非常重要,因此北京地区在 7 月下旬到 8 月上旬,采用浓度 10%壬酸水剂的防控效果较好。

表 2　壬酸对三裂叶豚草结籽的影响[1)]

Table 2　Influence of pelargonic acid on seed setting of *Ambrosia trifida*

药剂 Reagent	结籽三裂叶豚草/株·m⁻² *Ambrosia trifida* bearing seeds		单株种子数量/粒 Seeds per plant		种子千粒重/g Thousand-seed weight	
	06-24	08-07	06-24	08-07	06-24	08-07
5%壬酸水剂 Pelargonic acid 5% AS	(53.0±6.1)abAB	(16.8±3.1)cC	(1 567.40±292.70)aA	(237.36±24.43)cC	(20.86±0.59)abA	(23.63±1.70)aA
10%壬酸水剂 Pelargonic acid 10% AS	(42.8±3.8)bB	(4.6±1.2)cC	(1 048.80±182.84)bB	(261.78±36.85)cC	(18.70±0.66)bA	(19.11±0.90)bA
对照 Control	(66.8±7.0)aA		(1609.40±380.20)aA		(18.15±1.31)bA	

1) 表中数据为平均值±标准误。同一列数据不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。
Data in the table are mean±standard error. In the same column, different small letter indicate significant difference ($P<0.05$), and different capital letters show extremely significant difference ($P<0.01$).

3　结论与讨论

国内外很多研究表明壬酸作为一种植物源化合物,在除草[8-9]、疏花疏果[11]等领域具有开发应用价值。本研究结果表明:北京地区 7 月下旬至 8 月上旬,在三裂叶豚草不再陆续出苗,花粉未大量飘散之前为防除三裂叶豚草的最适时期;采用 10%壬酸水剂,有效成分用量 8 000 g/667 m²(制剂用量 10 L/667 m²),喷液量 80 L/667 m² 对三裂叶豚草进行茎叶喷雾处理,株防效达到 90%以上,能结籽的植株较少,仅 4.6株/m²,产生的种子少,单株种子数量为 261.78 粒,防除效果好。本研究结果为野外三裂叶豚草的防控提供了参考依据。

壬酸是广泛存在于动植物体内的脂肪酸,在植

物中多以酯的形态存在于精油中，极少数以游离态形式存在，微毒，在水和土壤中易降解且残留时间短，对环境友好[8]，被认为是值得研究开发的新型生物源农药。近年来壬酸的除草作用引起了人们的关注，其具有广谱、速效、触杀和非选择性的作用特点，可有效防除各种阔叶杂草和禾本科杂草，陆续有文献报道了其除草活性、杀草谱、作用机制和应用效果[9-10]。刘婕等研究了壬酸制剂对非耕地杂草的防除效果，结果表明30%壬酸水乳剂有效成分用量25～40 kg/hm^{2}对非耕地一年生禾本科、阔叶类以及其他类杂草的田间防除效果良好，除草速度、杀草谱和防效相当于20%百草枯水剂处理，处理7 d后对一年生杂草防效可达85%以上，随着试剂有效成分含量的增加，对各类杂草的防效也明显提升，对环境无明显不良影响[10]。Fallahi发现壬酸用作苹果和桃的疏花疏果剂，对苹果和桃的果实都没有造成药害[12]。Lederer等发现壬酸的除草作用是通过穿透植物的细胞膜，引起光触发的过氧化反应破坏叶绿体，造成叶片的失水褪绿，并且对环境影响小[11]。钱振官等的研究表明，30%壬酸水乳剂有效成分用量11～23 kg/hm^{2}对23种杂草均有良好的防除效果，对阔叶杂草的防效优于禾本科杂草，药后2 h，杂草叶片开始失绿萎蔫；药后24 h，对部分杂草的防效可达90%～100%；药后7 d，禾本科杂草开始长出新的心叶，多年生植物也开始长出新芽，根据这一特性，壬酸可以作为灭生性除草剂在栽前灭茬和果林、非耕地等处应用[9]。壬酸与桉叶油按照质量比1∶10～10∶1进行配比，再加入助剂复配成乳油、微乳剂和水乳剂，对禾本科和阔叶杂草有较好的田间防除效果[13]。本研究发现10%壬酸水剂有效成分用量8 000 g/667 m^2(制剂用量10 L/667 m^2)对三裂叶豚草的防除效果好，并未发现壬酸施药地块周边的植物有不良反应。

北京地区三裂叶豚草4月底5月初开始出苗，一直到10月中旬结籽，生长周期长达5～6个月。5—6月份苗期防除用药少、成本低，但是后期雨季来临，会有大量新的植株出苗，到10月份形成大量种子；而8月上旬以后，三裂叶豚草进入花期，大量花粉飘散对过敏人群的健康带来危害；8月下旬以后三裂叶豚草产生的种子散落到地里，为今后的防除工作带来困难。对于三裂叶豚草这种一年生杂草，防除的原则是最小成本、最大限度地减少当年植株的结籽量，北京地区在7月下旬至8月上旬基本不再有新出苗的植株结籽，因此在每年的这个时候进行防除效果最好，其他地区还得根据三裂叶豚草的生境、分布、除草剂作用方式等情况选择适宜的防除时期，以达到高效并经济的目的。

壬酸作为一种新型的植物源农药制剂，具有除草、杀虫和杀菌效果，并在剂量低的情况下作为疏花疏果剂应用，在杂草防除、有机农业生产方面有很大的开发利用价值。目前在应用时还存在一些问题，例如雾滴漂移、药液挥发、成本较高等因素，另外本研究发现壬酸处理7 d后，很多三裂叶豚草侧枝出芽生长，最后代替主茎横向扩展，并产生种子，说明药剂的持效性较短，这与前人研究结果一致[9]。因此还需要进一步对壬酸的剂型、助剂的开发以及配套施药器械等方面开展研究，对壬酸残留和毒理也需要进行深入评价，使其能更安全高效地在杂草防控、有机食品生产方面发挥作用。

参考文献

[1] 张德满，常兆芝，王翠萍，等. 三裂叶豚草发生规律及综合防控措施研究[J]. 中国植保导刊，2009，29(9)：25－28.

[2] 黄水金，陈琼，陈红松，等. 6种除草剂对豚草的田间防治效果[J]. 植物保护，2012，38(2)：171－174.

[3] 冯莉，田兴山，岳茂峰，等. 15种除草剂对不同生长时期豚草的防效评价[J]. 中国农学通报，2011，27(25)：117－120.

[4] 陆秋华，江荣昌，张文明，等. 豚草在南京中心的发生及化学防除技术[J]. 杂草科学，1994(1)：20－22.

[5] 杨新武，仇正华，王筱筱，等. 14种除草剂对豚草的生物活性比较[J]. 浙江农业科学，2009(2)：367－370.

[6] 胡颖钊，那美玲，张鹰. 豚草花粉症及其相关因素调查[J]. 护理学杂志，2002，17(8)：589－590.

[7] 万方浩，关广清，王韧. 豚草及豚草综合治理[M]. 北京：中国科学技术出版社，1993：89－96.

[8] 张一宾，李涛，柴晓玲，等. 一种生物源除草剂及其制备方法与应用：101743964A [P]. 2010－06－23.

[9] 钱振官，沈国辉，李涛，等. 植物源除草剂壬酸除草活性及其应用技术的研究[J]. 上海农业学报，2010，26(2)：1－4.

[10] 刘婕，李良德，姜春来，等. 生物源除草剂壬酸对非耕地杂草的防治作用[J]. 中国农学通报，2012，28(27)：246－249.

[11] LEDERER B，FUJIMORI T，TSUJINO Y，et al. Phytotoxic activity of middle-chain fatty acids II：peroxidation and membrane effects [J]. Pesticide Biochemistry & Physiology，2004，80(3)：151－156.

[12] FALLAHI E. Applications of endothalic acid，pelargonic acid，and hydrogen cyanamide for blossom thinning in apple and peach[J]. HortTechnology，1997，7(4)：395－399.

[13] 张兴，周一万，吴华，等. 一种含壬酸的生物源增效复配除草剂及其制备方法：104186562B [P]. 2016－07－20.

(责任编辑：杨明丽)