防治甘草萤叶甲生物源农药筛选及其对生物多样性的影响*

张治科[1**] 南宁丽[1] 张 蓉[1***] 钱锋利[2] 杨彩霞[1] 孙明舒[3]
(1. 宁夏农林科学院植物保护研究所 银川 750002; 2. 宁夏大学农学院 银川 750021;
3. 中国医学科学院药用植物研究所 北京 100193)

Screening of biogenic pesticides to Diorhbda tarsalis and effects of biogenic pesticides to bio-diversity

ZHANG Zhi-Ke**, NAN Ning-Li, ZHANG Rong***, QIAN Feng-Li, YANG Cai-Xia, SUN Ming-Shu
(1. Institute of Plant Protection, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China;
2. College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 3. Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract In order to screen pesticides against Diorhbda tarsalis, Weise toxicity of the pesticides was assayed by indoor and field experiments. The results of indoor toxicity showed that the sensitivity of D. tarsalis to vertrine 0.5% (SL) is the highest, the LD_{50} value is 0.139 mg/L, the followings are azadirachtin 0.3% (EC), L2, matrine 1% (SL), and L1, the LD_{50} values of these pesticides are 0.457, 1.352, 2.014 and 2.251 mg/L respectively. Those are all higher than that of other biogenic pesticides and chemical pesticides. The results of field efficacy showed 100% control effect of vertrine against D. tarsalis in 21 days, while the effect of matrine and azadirachtin are both 86.67%. The control effect of L2 and L1 are only 66.67% and 40%, respectively. In addition, above pesticides has distinct control effects to non-target pest Empoasca spp. as well. Those control effects in 21 days except for L1, are all higher than 68.89%. Azadirachtin, matrine, L2 and L1 are safe to narural enemies Hippodamia variegate and Chrysopa sinica, the highest correction reduced rate is 57.14%. What is more, these pesticides has minor effect on bio-diversity in ecosystem. The average bio-diversity index of matrine in all time is 2.93, that of azadirachtin, L1, L2 and vertrine is 2.88, 2.45, 2.43 and 2.07, respectively. Therefore, azadirachtin and matrine are considered to be ideal pesticides to control D. tarsalis.

Key words Diorhbda tarsalis, biogenic pesticides, determining toxity, field efficacy, bio-diversity

摘 要 为了筛选出防治甘草萤叶甲 Diorhbda tarsalis Weise的生物药剂, 采用多种生物源药剂, 通过室内、田间试验, 进行综合分析。室内毒力测定结果表明, 甘草萤叶甲对 0.5%黎芦碱 SL的敏感性最高, LD_{50}为 0.139 mg/L, 0.3%印楝素 EC, L2, 1%苦参碱 SL, L1依次递减, LD_{50}分别为 0.457, 1.352, 2.014 和 2.251 mg/L, 均高于其他药剂。田间防效结果表明, 黎芦碱药后 21 d对甘草萤叶甲的防效最高, 为 100%, 苦参碱、印楝素次之, 均为 86.67%, L2, L1的分别为 66.67%和 40%; 对非靶标害虫小绿叶蝉也有较好的控制作用, 药后 21 d防效 L1较低, 为 56.67%, 其他防效均高于 68.89%; 对田间天敌多异瓢虫和中华草蛉的安全性, 除黎芦碱外, 印楝素、苦参碱、L2, L1均较好, 药后 21 d校正虫口减退率最高为 57.14%; 另外, 苦参碱药后各期生物多样性指数平均最高, 为 2.93, 印楝素次之, 为 2.88, 黎芦碱、L1, L2

* “十一五”国家科技支撑计划(2006BAD09B04-11), 科技部科技成果转化项目(2008GB2G300335)。

** E-mail: zhangzhike98@163.com
*** 通讯作者, E-mail: zhangrong_nx@yahoo.com.cn

收稿日期: 2009-02-16 修回日期: 2009-03-19, 2009-04-28再修回

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

依次递减, 分别为 2.45、2.43和 2.07. 因此, 印楝素、苦参碱是防治甘草萤叶甲的理想药剂。

关键词　甘草萤叶甲, 生物源农药, 毒力测定, 田间防效, 生物多样性

甘草萤叶甲 *Diorhabda tarsalis* Weise是危害甘草 *Glycyrrhiza uralensis* Fisch叶部的重要害虫, 近年来, 由于人工甘草种植面积不断增大, 该虫发生呈逐年上升趋势, 给甘草生产造成重大损失。目前, 有关甘草萤叶甲的研究, 仅限于其生物学、生态学特性[1~3]及室内化学药剂筛选[4]等方面。随着现代农业的发展[5,6], 生物防治越来越受到重视。而我国对生物农药的安全问题没有统一的标准, 使生物农药在安全控制方面容易出现新的问题[4]。作者研究不同生物源农药对甘草萤叶甲的室内毒力、田间防效以及对非靶标害虫、天敌、生物多样性的影响。

1　材料与方法

1.1　材料

甘草萤叶甲, 采自宁夏盐池县城西滩甘草地; 多异瓢虫 *Hippodamia variegata*, 采自宁夏盐池县城西滩甘草地。引进 10种供试生物源农药, 并以 3种常用高效化学药剂作为对照药剂。0.60% I1可溶性液剂, 有效成分为苦参碱, 自制生物源药剂; 0.20% I2可溶性液剂, 有效成分为小檗碱, 自制生物源药剂; 0.50%黎芦碱(Vertrine)可溶性液剂, 山东聊城赛德有限公司; 0.30%印楝素(Azadirachtin) EC, 海南利蒙特生物农药公司; 1%苦参碱(Matrine)可溶性液剂, 赤峰中农大生物科技有限公司; 2.50%鱼藤酮(Rotenone) EC, 广州农药厂从化市分厂; 10%烟碱(Nicotine) EC, 云南文山润泽生物农药厂; 32 000 IU/mg BtWP, 重庆重大生物技术发展有限公司; 100亿孢子/mL绿僵菌(*Metarhizium anisopliae*)油悬浮剂, 重庆重大生物技术发展有限公司; 1.80%阿维菌素(Avermectins) EC, 北京中农大生物科技股份有限公司; 2.50%吡虫啉(Imidacloprid) WP, 山东京蓬生物药业股份有限公司; 40%毒死蜱(Chlorpyrifos) EC, 山东华阳科技股份有限公司; 4.5%高效氯氰菊酯(Beta cypermethrin) EC, 东莞市瑞德丰生物科技有限公司。

1.2　方法

1.2.1　甘草萤叶甲室内毒力测定　采用浸液法, 取带有叶片大小一致的新鲜甘草小枝, 浸入药液 5 s后取出, 用吸水纸吸去多余药液, 自然晾干, 置于直径 90 mm的培养皿中, 放入试虫 30头。各药剂设不同有效成分梯度, 并以清水作对照, 共 89个处理, 重复 4次。在室温(22±3)℃条件下观察, 药后 48 h检查各处理试虫的存活情况。求出死亡率, 采用 Abbott氏公式[7]进行校正。

$$\text{校正死亡率}(\%) = \frac{\bar{x} - y}{x} \times 100$$

式中 x为对照组内的生存率, y为处理组内的生存率, $\bar{x} - y$为由于药剂处理的死亡率。使用 DPS 8.5求毒力回归方程及 LD_{50}。

有效成分梯度设置: I1设 12、6、3、1.5、0.75、0.375 mg/L, I2设 6、3、1.5、0.75、0.375和 0.188 mg/L, B设 640、320、160、64、32、16、8、4和 2 mg/L, 绿僵菌设 2×10^7、1×10^7、5×10^6、2×10^6、1×10^6、5×10^5、2.5×10^5、1.25×10^5和 6.25×10^4 mg/L, 苦参碱设 10、5、2.5、1.25、0.625和 0.4 mg/L, 鱼藤酮设 250、125、50、25、12.5、6.25、3.125和 1.562 5、1 mg/L, 烟碱设 1 000、500、200、100、50、25、12.5、6.25和 4 mg/L, 吡虫啉设 100、50、25、12.5、6.25和 4 mg/L, 毒死蜱设 133.33、66.667、40、26.667、20和 16 mg/L, 印楝素设 1、0.5、0.3、0.2、0.15和 0.12 mg/L, 阿维菌素设 10、8、6.67、5、4和 2 mg/L, 藜芦碱设 0.5、0.25、0.125、0.063和 0.031 mg/L, 高效氯氰菊酯设 4.5、2.25、1.125、0.564和 0.281 mg/L。

1.2.2　天敌敏感性测定　根据甘草萤叶甲室内毒力测定结果, 选用使甘草萤叶甲死亡率达 85%以上的药液有效成分, 均匀喷于直径 9 cm定性滤纸上, 用吸水纸吸去滤纸上的多余药液

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.n

并风干后放于培养皿内，每皿接入多异瓢虫 10头，并设喷清水作对照，共 13个处理，重复 3次。分别于 24、48 h后检查死亡率（以轻触试虫无任何反应者为死亡标准），计算多异瓢虫的死亡率、校正死亡率。

1.2.3 供试药剂对甘草萤叶甲的防效及对生物多样性的影响 2007年 7月，在宁夏盐池县沙边子人工种植甘草基地，将室内筛选出的生物药剂进行田间验证，依照室内筛选出的各药剂的最佳有效成分设 I_1 12.0 mg/L、I_2 6.0 mg/L、苦参碱 12.5 mg/L、印楝素 3.0 mg/L、藜芦碱 1.0 mg/L、吡虫啉 125.0 mg/L、毒死蜱 200.0 mg/L，另设清水作对照，共 9个处理。每处理防治面积 666.7 m^2，3次重复。分别于施药前及施药后 1、3、7、14和 21 d进行防效调查，随机 5点取样，每个样点 10复网，统计甘草萤叶甲活虫数，依 Abbot公式 $Q=\frac{a-e}{a}\times 100\%$ 和 $pr=\frac{pe-pck}{1-pck}\times 100\%$，（式中 a为上次调查各样点平均虫量，e为本次调查各样点平均虫。Pe为防治区虫口减退率，Pck为对照区虫口减退率），分别求出甘草萤叶甲、小绿叶蝉、多异瓢虫、草蛉的虫口减退率和校正虫口减退率，评价供试药剂对甘草萤叶甲及非靶标害虫小绿叶蝉的防治效果，以及对天敌多异瓢虫和草蛉的影响；同时根据施药前及施药后 1、3、7、14和 21 d统计的各处理区昆虫种类及其数量，采用 Shannon_wiener多样性指数（H′）：$H'=\sum_{i=1}^{s} p_i \ln(p_i)$ 及 Margale物种丰富度指数（D）：$D=\frac{S-1}{\ln S}$，（式中 P_i为群落中第 i物种的相对丰盛度，$P_i=N_i/N$，i=1，2，3…，S，S为物种种类数。）计算也药前及药后不同时期各药剂处理区的昆虫多样性及丰富度指数，分析各药剂对甘草田昆虫多样性的影响。

2 结果与分析

2.1 甘草萤叶甲的室内毒力测定

甘草萤叶甲对藜芦碱的敏感性最高，LD_{50}为 0.138 5 mg/L，比化学农药高效氯氰菊酯高 7.11倍；印楝素、I_2、苦参碱、I_1次之，LD_{50}分别为 0.457、1.352、2.014和 2.251 mg/L，均高于对照化学药剂吡虫啉和毒死蜱；对鱼藤酮、烟碱的敏感性较弱；微生物药剂绿僵菌、Bt对甘草萤叶甲的活性很低（表 1）。

表 1 供试药剂对甘草萤叶甲室内毒力测定结果

药剂	毒力回归方程	χ^2	LD_{50}及 95% FL（mg/L）	
I_1	Y=1.29X+4.55	1.78	2.25	1.56～3.29
I_2	Y=0.53X+4.93	5.12	1.35	0.53～5.25
藜芦碱	Y=2.09X+6.79	1.32	0.14	0.11～0.18
印楝素	Y=2.08X+5.71	2.24	0.46	0.36～0.65
苦参碱	Y=1.94X+4.41	14.43	2.01	1.19～3.61
鱼藤酮	Y=0.80X+3.24	29.25	161.85	44.26～15 309.46
烟碱	Y=1.09X+2.40	27.93	233.65	103.11～1 238.89
Bt	Y=0.10X+3.84	0.26	1.52E+11	—
绿僵菌	Y=1.01X−1.33	51.59	1 778 769	1 046 769～3 022 652
阿维菌素	Y=4.11X+1.27	8.48	8.08	6.92～10.63
吡虫啉	Y=0.90X+4.04	5.74	11.57	5.64～18.83
毒死蜱	Y=3.18X+0.43	1.79	27.40	21.92～32.24
高效氯氰菊酯	Y=1.82X+5.01	2.64	0.99	0.72～1.31

2.2 天敌敏感性测定

烟碱、Bt对多异瓢虫最为安全，24 h后校正死亡率仅为 10%和 13%，48 h后均为 20%；苦参碱、鱼藤酮次之，24 h后校正死亡率为 16.7%和 18.5%，48 h后上升为 48.08%和 33.33%；印楝素对多异瓢虫的敏感性中等；I_1、

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

藜芦碱对多异瓢虫 24 h后的敏感性较低, 但 48 h后校正死亡率达到 60%以上, 与化学农药吡虫啉相近。化学农药中高效氯氰菊酯对多异瓢虫的影响很小, 24 h后校正死亡率仅为 3.3%; 毒死蜱对多异瓢虫具有很强的毒杀作用, 校正死亡率达到 90%。因此, 选择黎芦碱、印楝素、苦参碱、I1和 I2田间进一步验证 (表 2)。

2.3 对甘草萤叶甲的田间防效及对生物多样性的影响

2.3.1 对甘草萤叶甲的田间防效　各药剂对甘草萤叶甲均表现出良好的防效 (表 3), 生物源农药中藜芦碱的防效最高, 药后 1 d防效达到 83.33%, 药后 3~21 d的防效一直保持在 100%, 表明藜芦碱对甘草萤叶甲具有很好的速效性和持效性; I2、苦参碱、印楝素和 I1对甘草萤叶甲的防效随着喷药后时间的延长防效增加, 药后 14 d防效达到 91.67%~100%, 药后 21 d除 I1下降较快外, 其它药剂防效仍然保持在 66.67%以上。

表 2　供试药剂对多异瓢虫的敏感性测定结果

供试药剂	有效成分 (mg/L)	24 h 死亡率 (%)	24 h 校正死亡率 (%)	48 h 死亡率 (%)	48 h 校正死亡率 (%)
I1	12.0	22.4	22.4	66.7	60.1
I2	6.0	50.0	50.0	83.3	80.0
藜芦碱	0.5	16.7	16.7	83.9	80.7
印楝素	1.0	31.8	31.8	53.3	44.0
苦参碱	12.5	16.7	16.7	56.7	48.1
鱼藤酮	125.0	18.5	18.5	44.4	33.3
烟碱	500.0	10.0	10.0	33.3	20.0
Bt	160.0	13.3	13.3	33.3	20.0
绿僵菌	5×10^6	46.7	46.7	76.7	72.1
吡虫啉	100.0	50.5	50.5	60.5	52.6
毒死蜱	133.3	90.0	90.0	96.7	96.0
高效氯氰菊酯	4.5	3.3	3.3	40.0	28.1
CK	—	0.0	—	16.6	—

表 3　各药剂对甘草萤叶甲的田间防效

供试药剂	有效成分 (mg/L)	药前虫口数 (头)	药后 1 d 虫口数 (头)	药后 1 d 防效 (%)	药后 3 d 虫口数 (头)	药后 3 d 防效 (%)	药后 7 d 虫口数 (头)	药后 7 d 防效 (%)	药后 14 d 虫口数 (头)	药后 14 d 防效 (%)	药后 21 d 虫口数 (头)	药后 21 d 防效 (%)
I1	12.0	16.8	7	61.11	4	76.47	3	82.35	2	94.44	9	40.00
I2	6.0	16.8	5	72.22	4	76.47	1	94.12	0	100.00	5	66.67
苦参碱	12.5	16.8	6	66.67	5	70.59	2	88.24	3	91.67	2	86.67
印楝素	3.0	16.8	8	55.56	4	76.47	4	76.47	2	94.44	2	86.67
藜芦碱	1.0	16.8	3	83.33	0	100.00	0	100.00	0	100.00	0	100.00
吡虫啉	125.0	16.8	3	83.33	3	82.35	1	94.12	0	100.00	2	86.67
毒死蜱	200.0	16.8	2	88.89	0	100.00	0	100.00	0	100.00	0	100.00
CK	—	16.8	18	—	17	—	17	—	36	—	15	—

2.3.2 对非靶标害虫小绿叶蝉的影响　各药剂对非靶标害虫小绿叶蝉 Empoasca flavescens 的防效明显 (图 1), 其中藜芦碱、苦参碱、印楝素对小绿叶蝉药后 21 d内防效均达 90%以上, 表现出很好的速效性和持效性; I1在药后 14 d防效达 97.62%, 药后 21 d下降到 56.67%, 持效期较短。

2.3.3 对天敌瓢虫和草蛉的影响　植物源农药印楝素、苦参碱对多异瓢虫、草蛉最安全, 其药后不同时期校正虫口减退率均最低 (图 2); 其次是 I2、I1, 校正虫口减退率约为 50%, 对多异瓢虫、草蛉的影响较小; 藜芦碱的校正虫口减

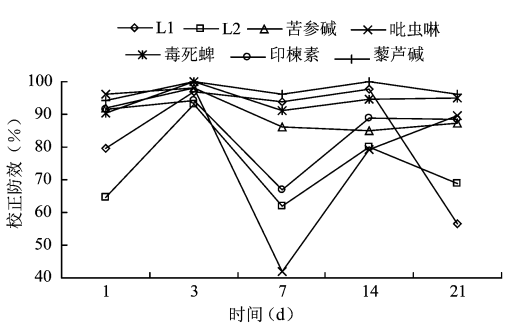

图 1　各处理药后不同时期对小绿叶蝉的校正防效曲线

(C)1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.n

退率较高，仅次于化学对照药剂毒死蜱，对多异瓢虫、草蛉具有较强的毒杀作用。因此，印楝素、苦参碱、L2、L1 均可作为安全药剂选择使用。

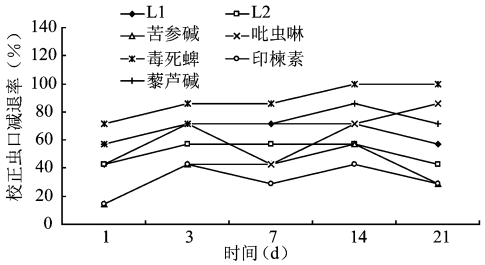

图 2 各处理药后不同时期对天敌（多异瓢虫）的校正虫口减退率曲线

2.3.4 对甘草田生物多样性的影响 生物源药剂苦参碱、印楝素药后不同时期的昆虫多样性指数和丰富度均较高，其次是 L1、L2，藜芦碱药后各时期的昆虫多样性指数和丰富度均较低，对生物多样性的影响较大（图 3）。

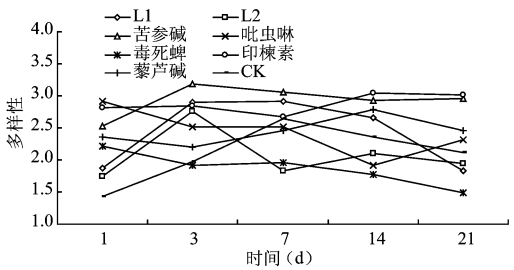

图 3 各处理药后不同时期对甘草地生物多样性的影响

3 讨论

黎芦碱属于生物碱类植物源农药，对昆虫的作用方式多种多样，如毒杀、忌避、拒食、麻醉和抑制生长发育等，对昆虫的毒力最强[8]，不宜在甘草田中使用。本研究结果表明，黎芦碱虽对甘草萤叶甲及非靶标害虫小绿叶蝉起到很好的控制作用，但同时对天敌也有着很强的毒杀作用，降低了甘草田生态系昆虫的多样性。

苦参碱是一种由多种药用植物中提取出的双稠哌啶类生物碱加工而成的植物源农药，该药对甘草萤叶甲的防治效果很好，有很好的速效性和持效性，且对天敌安全，对生物多样性的影响小。韩宏义等研究表明，苦参碱防治有机草莓金龟子有良好的速效性和较长的持效性[8]；吴传万等研究显示，苦参碱对韭蛆的防效可稳定在 91.84%～93.67%，持效期达 30 d以上，且对韭菜安全、无毒[9]，与本研究结果相似。

印楝素属于萜烯类植物源农药，这类物质有拒食、内吸、麻醉、忌避、抑制生长发育、破坏害虫信息传递和交配，兼有触杀和胃毒作用[8]。本研究结果显示，印楝素对甘草萤叶甲的防效随着喷药后时间的延长，防效逐渐增加，比常规化学农药药效持续时间长，对甘草萤叶甲种群有着很好的控制作用，这与戴建青等[10]的印楝素对斜纹夜蛾 Spodoptera litura 种群的控制效果一致。有关文献报道，由于印楝素在结构上与害虫体内的类固醇和甾类化合物等激素类物质非常相似，可干扰或杀死害虫，同时不易引起害虫产生抗药性，对人类毒性低，在环境中能很快降解，对非靶标生物安全[11-12]，这都与本研究结果相吻合。因此，印楝素杀虫剂成为 21 世纪最有发展前景的植物源农药。

综上所述，苦参碱、印楝素可作为甘草萤叶甲综合治理的首选药剂。

参 考 文 献

1 张治科，杨彩霞，高立原. 甘草萤叶甲发育起点温度与有效积温的研究. 宁夏大学学报（自然科学版），2004，**25**（2）：164～166.

2 张治科，杨彩霞，高立原. 甘草萤叶甲空间分布型的初步研究. 西北农业学报，2005，**14**（2）：74～77.

3 张治科，杨彩霞，高立原，等. 不同温度下甘草萤叶甲实验种群生命表. 植物保护学报，2007，**34**（1）：5～9.

4 纪明山，谷祖敏，张杨. 生物农药研究与应用现状及发展前景. 沈阳农业大学学报，2006，**37**（4）：545～550.

5 鲁海菊，张云霞，刘云龙. 生物防治研究进展. 红河学院学报，2004，**2**（2）：90～92.

6 台莲梅，金红，贾锡云. 农作物病害生物防治研究进展. 黑龙江八一农垦大学学报，2002，**14**（2）：21～24.

7 翟金玲，张鹏，宋淑霞，等. 我国植物源农药研究现状. 河北林业科技，2008，**6**（3）：34～35.

8 韩宏义，史功成，白鹏，等. 0.3%苦参碱防治草莓金龟子的田间药效试验. 农业科技与信息，2008，**13**（5）：17～18.

9 吴传万，杜小凤，杨文飞，等. 植物源农药苦参碱防治韭蛆试验. 现代农药，2004，**3**（1）：42～44.

10 戴建青，黄志伟，杜家纬. 印楝素乳油对斜纹夜蛾的生物活性及田间防效研究. 应用生态学报，2005，**16**（6）：1 095～1 098.

11 李晓东，赵善欢. 印楝素对昆虫的毒理作用机制. 华南农业大学学报，1995，**17**（1）：118～122.

12 Feng R，Isman M B. Selection for resistance to azadirachtin in the green peach aphid，Myzus persicae. Experientia，1995，**51**：831～833.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n