

八种除草剂对多异瓢虫不同虫态的安全性评价

谢欣¹, 戴长春^{2,3}, 薛正轩¹, 刘佳美¹, 李辉¹, 王佩玲^{1*}, 陆宴辉^{3*}

(1. 石河子大学农学院/新疆绿洲农业病虫害治理与植保资源利用重点实验室, 石河子 832003; 2. 东北农业大学农学院, 哈尔滨 150030; 3. 中国农业科学院植物保护研究所/植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193)

摘要: 在新疆棉区, 早春季节田埂杂草上滋养的天敌昆虫, 是棉田内天敌的主要来源, 也是棉田外天敌保育的重点。生产上, 常喷施除草剂来防除田埂上的恶性杂草, 从而除草剂可能会对非靶标天敌昆虫产生直接的不利影响。本文评价了新疆农田中常用的 8 种除草剂对多异瓢虫不同虫态存活的影响, 发现 8 种除草剂喷施对多异瓢虫卵孵化率、蛹羽化率、成虫存活率均没有显著影响, 精喹禾灵、苯磺隆、精噁唑禾草灵处理后 3 龄幼虫的存活率显著低于对照, 而高效氟吡甲禾灵、精吡氟禾草灵、烯草酮、氯氟吡氧乙酸、乙氧氟草醚处理组的幼虫存活率与对照没有显著差异。利用高效氟吡甲禾灵、乙氧氟草醚药液处理多异瓢虫卵后, 对卵、幼虫、蛹历期以及各虫态存活率、蛹重等均无明显影响, 仅高效氟吡甲禾灵处理组幼虫化蛹率显著降低。利用高效氟吡甲禾灵、乙氧氟草醚处理 3 龄幼虫后, 对其生长发育没有显著影响。本研究证实, 新疆农田常用的 8 种除草剂对多异瓢虫比较安全, 没有明显的毒杀作用与负面效应。

关键词: 多异瓢虫; 除草剂; 存活; 生长发育; 安全性评价

中图分类号: S476.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9261(2020)06-0899-06

The Safety Evaluation of Eight Herbicides on Different Developmental Stages of *Hippodamia variegata*

XIE Xin¹, DAI Changchun^{2,3}, XUE Zhengxuan¹, LIU Jiamei¹, LI Hui¹, WANG Peiling^{1*}, LU Yanhui^{3*}

(1. Agriculture College of Shihezi University/Key Laboratory for Xinjiang Oasis Agricultural Pest Management and Plant Protection Resources Utilization, Shihezi 832003, China; 2. Agriculture College of Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 3. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests/Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: In Xinjiang cotton-growing region, the natural enemies thriving on the weeds within non-crop habitats in early spring are the main sources of natural enemies immigrating into cotton fields, and are the key for natural enemy conservation outside cotton fields. In practice, herbicides are widely used to prevent malignant weeds on the ridges, which can potentially exert adverse effect on non-target natural enemies. In this study, we found no significant effects of eight herbicides on the egg hatchability, pupal emergence rate and adult survival rate of *Hippodamia variegata* (Goeze). However, the survival rate of the 3rd instar larvae treated with Quizalofop-p-ethyl, Tribenuron-methyl, Fenoxaprop-p-ethyl was significantly lower than that of the control group while there were no significant differences in larval survival rates in the larvae treated with Haloxyp-P-methyl, Floazifop-p-butyl, Clethodim, Fluroxypyr, and Oxyfluorfen in comparison with the control group. Eggs treated by Haloxyp-P-methyl and Oxyfluorfen showed no significant differences in immature developmental duration, survival rates and

收稿日期: 2020-03-16

基金项目: 国家重点研发计划 (2017YFD0201900)

作者简介: 谢欣, 硕士研究生, E-mail: 2846358873@qq.com; *通信作者, 王佩玲, 副教授, E-mail: wangpl69@126.com; 陆宴辉, 研究员, E-mail: luyanhui@caas.cn。

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2020.05.002

pupal weight, with exception of significantly reduced pupation rate in Haloxypop-P-methyl treatment. No significant effect was observed on the growth and development of 3rd instar larvae treated with Haloxypop-P-methyl and Oxyfluorfen. The study show that the herbicides commonly used in Xinjiang farmland are relatively safe for *H. variegata*, with no obvious toxic and negative effects.

Key words: *Hippodamia variegata*; herbicides; survival; growth and development; safety evaluation

在新疆棉区, 棉蚜 *Aphis gossypii* (Glover) 是当前棉花的主要害虫, 大量研究证实保护和利用天敌是减轻棉蚜为害的重要途径, 更是可持续控制棉蚜发生的关键措施^[1-4]。多异瓢虫 *Hippodamia variegata* (Goeze) 是新疆棉田优势捕食性天敌, 对棉蚜的捕食作用与控制潜能大^[5,6], 是新疆棉区农田自然天敌保护利用的重点对象之一。

新疆农田周围的非作物生境, 如田埂、排碱沟、林地等, 均长有大量的杂草。早春季节, 非作物生境中十字花科、豆科、菊科等一些植物开花而产生的花粉与花蜜为有益天敌提供了丰富的食物资源, 部分植物上寄生着高密度蚜虫从而滋养了大量天敌昆虫, 是棉田入迁天敌的主要虫源地^[7]。吕昭智等^[8]调查了新疆棉田及其边缘杂草生境中天敌种类和数量, 发现棉田和田边杂草生境中均存在多异瓢虫、草蛉等天敌, 杂草生境为天敌提供了多样的栖息地和食物源, 间接或直接地影响了天敌在棉田和杂草生境中的空间分布。冯宏祖等^[9]研究表明, 新疆棉区非作物生境中有种类较多的植食性昆虫, 可作为有益天敌的早期食源而促进天敌繁育。在北疆地区, 早春显花植物苦豆子对多异瓢虫具有明显的保育作用, 碱蓬植株上长有大量蚜虫而成为早春多异瓢虫的重要栖息地, 棉田周边长有苦豆子、碱蓬等具有天敌保育功能的杂草, 能有效增加棉田中多异瓢虫种群密度并提高益害比, 有助于控制棉田蚜虫发生^[10,11]。

新疆农户习惯使用除草剂来防治农田周边恶性杂草, 除草剂使用可能会对天敌昆虫产生不利影响。如 Adams^[12]通过直接喷施除草剂的方式研究了 2,4-D 对十三星瓢虫 *Hippodamia tredecimpunctata* (L.) 各龄幼虫的杀伤作用, 发现除草剂处理导致幼虫死亡率提高了 4 倍。Michaud 和 Vargas^[13]研究了 2,4-D 对具斑食蚜瓢虫 *Coleomegilla maculata* (DeGeer)、会聚长足瓢虫 *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville) 的毒性, 发现除草剂处理后两种瓢虫幼虫的死亡率分别为 25% 和 60%, 并使瓢虫幼虫的发育历期有所延长。Freydier 等^[14]同样发现 2,4-D 对具斑食蚜瓢虫幼虫具有很强的杀伤作用。徐锐等^[15]测定了亚致死剂量百草枯作用下七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* L. 的捕食和限域搜索行为, 发现瓢虫幼虫死亡率显著提高, 且捕食、搜索速率降低, 搜索范围缩小。陈建明等^[16]研究了 7 种除草剂的常规浓度对褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 及其捕食性天敌的杀伤作用, 发现扫弗特、丁草胺对尖钩宽尾螳 *Microvelia horvathi* (Lundblad)、黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis* (Reuter) 成虫的杀伤作用明显。

为了发展新疆棉区优势天敌多异瓢虫种群保育措施, 本文系统评价新疆农田中常用的八种除草剂使用对多异瓢虫不同虫态存活与生长发育的直接影响, 为指导棉田外杂草防除、促进棉田外天敌保育提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

多异瓢虫于 2019 年 8 月采自中国农业科学院植物保护研究所新疆库尔勒试验基地, 在中国农业科学院廊坊科研中试基地内用豌豆苗上的桃蚜 *Myzus persicae* (Sulzer) 进行继代饲养, 养虫室温度为 (24±1) °C, 相对湿度 50%±10%, 光周期 16L:8D。

1.2 供试药剂及使用方法

选用了新疆农田中常用的 8 种除草剂, 其中高效氟吡甲禾灵、精喹禾灵、精吡氟禾草灵、精噁唑禾草灵、烯草酮为针对禾本科杂草的选择性除草剂, 氯氟吡氧乙酸和苯磺隆适用于防除一年生阔叶杂草, 乙氧氟草醚是棉田常用的土壤封闭剂。试验中, 使用喷雾塔 (鹤壁佳多科工贸有限责任公司生产) 来模拟田间除草剂喷雾, 喷雾压力 20 kPa, 每次加药量 10 mL。根据各种除草剂产品的推荐用量、以及田间药液常规使用量 (30 L/亩), 确定了每种除草剂的使用浓度 (表 1)。

表 1 供试药剂及浓度
Table 1 Tested herbicides and concentrations

除草剂种类及剂型 Formulations of herbicides	生产厂家 Manufacturer	有效成分含量 Active ingredients	推荐用量 Recommended concentrations	本试验使用量 Dosage used in this study	本试验使用浓度 Concentrations tested in this study
高效氟吡甲禾灵乳油 Haloxyfop-P-methyl EC	美国陶氏益农公司	108 g/L	25~30 mL/亩	27.5 mL/亩	0.10 g/L
乙氧氟草醚乳油 Oxyfluorfen EC	山东济南仕邦农化有限公司	240 g/L	40~50 mL/亩	45 mL/亩	0.36 g/L
烯草酮乳油 Clethodim EC	天津市华宇农药有限公司	240 g/L	27~40 mL/亩	33.5 mL/亩	0.27 g/L
氯氟吡氧乙酸乳油 Fluroxypyr EC	江苏中旗作物保护股份有限公司	20%	40~70 mL/亩	55 mL/亩	0.37 ml/L
精喹禾灵乳油 Quizalofop-p-ethyl EC	江苏丰山集团股份有限公司	15%	20~25 mL/亩	22.5 mL/亩	0.11 ml/L
苯磺隆可湿性粉剂 Tribenuron-methyl WP	江苏丰山集团股份有限公司	10%	10~15 g/亩	12.5 g/亩	0.04 g/L
精吡氟禾草灵 乳油 Floazifop-p-butyl EC	宁波石原金牛农业科技有限公司	15%	33~67 mL/亩	45 mL/亩	0.23 ml/L
精噁唑禾草灵乳油 Fenoxaprop-p-ethyl EC	北京中林佳林科技有限公司	69 g/L	50~60 mL/亩	55 mL/亩	0.13 g/L

1.3 处理方法

1.3.1 除草剂处理对多异瓢虫存活的影响 分别测试 8 种除草剂药液及清水对多异瓢虫的卵、幼虫、蛹、成虫存活率的影响，其中幼虫、成虫分别与猎物棉蚜一同处理，而卵、蛹则单独处理。

选取当日新产的卵，用蘸水的毛笔将饱满的卵转移到铺有一层滤纸的培养皿（直径 3.5 cm）内，每皿放卵 1 粒。将培养皿放入喷雾塔内喷雾处理后移入人工气候箱（温度 26 ℃±1 ℃，相对湿度 65%±5%，光周期 16L:8D；下同）。3 d 后调查卵的孵化情况，不孵化的卵视为死亡。蛹的处理方法同卵，选取当日新化的蛹进行药剂处理，5 d 后调查蛹的羽化情况，不羽化的蛹视为死亡。

选用 3 龄幼虫、3 日龄未交配成虫（雌雄各半）进行测试。将 5%的琼脂倒入塑料杯（直径 6 cm，高 4 cm）至 1/3 刻度。选取定殖有棉蚜的棉花叶片，剪成圆形铺在琼脂上。用毛笔接入 1 头饥饿 4 h 的多异瓢虫，将塑料杯放入喷雾塔内喷雾处理。喷雾后盖上杯盖（盖打孔，直径 5 cm，粘上 100 目纱网），放入人工气候箱内。48 h 后调查试虫死亡情况，以毛笔轻触虫体不能正常行走视为死亡^[17]。在放置幼虫、成虫的塑料杯中，每片棉叶上棉蚜数量分别为 150~200 头、300~350 头。

1.3.2 除草剂处理对多异瓢虫生长发育的影响 在试验 1.3.1 基础上，选择安全性较好的高效氟吡甲禾灵、乙氧氟草醚开展进一步评价，对多异瓢虫卵、3 龄幼虫进行喷雾处理后，继续观察其生长发育情况。药剂的使用浓度、处理方式同 1.3.1。

对卵喷雾处理后，逐日观察卵的孵化进度，孵化 24 h 内将幼虫移入培养皿（直径 9 cm）内用足量棉蚜进行饲养。3 龄幼虫进行药剂处理 48 h 后，将存活个体同样移入培养皿内饲喂，每皿内 1 头幼虫，并提供足量的棉蚜。逐日记录多异瓢虫幼虫发育、化蛹、羽化及死亡情况，于化蛹后 24 h 称其蛹重，同时每天更换新鲜的棉蚜食物。

1.4 安全性评价标准

除草剂对多异瓢虫安全性评价参照孙定炜^[18]提出的标准，其中 I 级：安全（孵化率或存活率>80%）；II 级：比较安全（孵化率或存活率 80%~50%）；III 级：较不安全（孵化率或存活率 50%~20%）；IV 级不安全（孵化率或存活率<20%）。

1.5 数据统计与分析

数据处理和分析采用 Excel 2016 和 SPSS 23.0 软件进行。对多异瓢虫卵孵化率、幼虫和成虫存活率、蛹羽化率、各虫态发育历期、蛹重均采用单因素方差分析（One-way ANOVA），并采用 Duncan’s 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 除草剂处理对多异瓢虫存活的影响

多异瓢虫卵经 8 种除草剂喷施处理后，孵化率与清水对照没有显著差异（ $P>0.05$ ）。其中，氯氟吡氧

乙酸、精喹禾灵、烯草酮对多异瓢虫卵安全（Ⅰ级），其余 5 种除草剂对卵较为安全（Ⅱ级）。

8 种除草剂处理后，多异瓢虫 3 龄幼虫存活率差异显著（ $P<0.05$ ）。精喹禾灵、苯磺隆、精噁唑禾草灵处理组幼虫存活率显著低于清水对照，而其余 5 种对幼虫存活率没有显著影响。根据安全性评估，高效氟吡甲禾灵、乙氧氟草醚、氯氟吡氧乙酸、精吡氟禾草灵对多异瓢虫 3 龄幼虫安全（Ⅰ级），其余 4 种较为安全（Ⅱ级）。多异瓢虫成虫、蛹经除草剂处理后成虫存活率和蛹羽化率与清水对照没有显著差异（ $P>0.05$ ），8 种除草剂对成虫和蛹均安全（Ⅰ级）（表 2）。

表 2 除草剂处理后多异瓢虫不同虫态的存活率
Table 2 Survival rate of *Hippodamia variegata* at different development stages after being treated by herbicides

除草剂种类及剂型 Herbicide types and formulations	卵 Eggs		3 龄幼虫 3 rd -instar larvae		蛹 Pupae		成虫 Adults	
	孵化率	安全性	存活率	安全性	羽化率	安全性	存活率	安全性
	Hatching rate (%)	Safety level	Survival rate (%)	Safety level	Emergence rate (%)	Safety level	Survival rate (%)	Safety level
CK	86.67±3.33 a	I	95.00±2.89 a	I	95.00±2.89 a	I	96.67±1.60 abc	I
高效氟吡甲禾灵乳油 Haloxypop-P-methyl EC	73.33±3.85 a	II	91.67±6.00 ab	I	86.67±3.33 a	I	95.00±0.00 bc	I
乙氧氟草醚乳油 Oxyfluorfen EC	75.56±2.94 a	II	90.00±2.89 ab	I	90.00±2.89 a	I	98.33±1.60 ab	I
氯氟吡氧乙酸乳油 Fluroxypyr EC	85.56±6.76 a	I	85.00±2.89 abc	I	85.00±2.89 a	I	98.33±1.60 ab	I
精喹禾灵乳油 Quizalofop-p-ethyl EC	80.00±5.09 a	I	75.00±2.89 bc	II	90.00±2.89 a	I	98.33±1.6 ab	I
苯磺隆可湿性粉剂 Tribenuron-methyl WP	78.89±1.11 a	II	71.67±4.41 c	II	90.00±5.00 a	I	100.00±0.00 a	I
精吡氟禾草灵乳油 Floazifop-p-butyl EC	78.89±2.93 a	II	81.67±8.81 abc	I	90.00±2.89 a	I	100.00±0.00 a	I
精噁唑禾草灵乳油 Fenoxaprop- p-ethyl EC	74.44±7.78 a	II	75.00±7.63 bc	II	88.33±1.67 a	I	98.33±1.67 ab	I
烯草酮乳油 Clethodim EC	80.00±5.09 a	I	78.33±4.41 abc	II	91.67±1.67 a	I	93.33±1.67 c	I

注：数据为平均值±标准误，同一列数据中不同小写字母表示 0.05 水平上差异显著。
Note: The data are presented as mean±SE, and the data in the same column with different lowercase letters are significantly different at 0.05 level.

2.2 除草剂处理对多异瓢虫生长发育的影响

2.2.1 处理卵对后期生长发育的影响 利用高效氟吡甲禾灵、乙氧氟草醚药液处理多异瓢虫卵后，对卵、幼虫、蛹的历期，以及蛹重、蛹羽化率均没有显著影响（ $P>0.05$ ）。高效氟吡甲禾灵喷雾处理后，幼虫化蛹率平均为 85.96%，显著低于清水对照（ $P<0.05$ ）（表 3）。

表 3 除草剂处理后多异瓢虫卵及后期虫态的生长发育
Table 3 The development and growth of eggs and other following stages of *Hippodamia variegata* after being treated by herbicides

处理 Treatments	卵期 Egg period (d)	幼虫期 Larval period (d)	蛹期 Pupal period (d)	化蛹率 Pupation rate (%)	蛹重 Pupal weight (mg)	羽化率 Emergence rate (%)
清水对照 CK	3.97±0.03 a	7.90±0.24 a	3.37±0.06 a	97.15±1.43 a	11.17±0.17 a	99.01±1.34 a
高效氟吡甲禾灵乳油 Haloxypop-P-methyl EC	3.92±0.04 a	7.64±0.31 a	3.46±0.17 a	85.96±3.56 b	10.75±0.11 a	93.33±6.67 a
乙氧氟草醚乳油 Oxyfluorfen EC	3.97±0.01 a	8.39±0.23 a	3.52±0.01 a	90.17±2.42 ab	11.16±0.52 a	98.41±1.59 a

注：数据为平均值±标准误，同一列中不同小写字母表示 0.05 水平上差异显著。
Note: The data are presented as mean±SE, and the data in the same column with different lowercase letters are significantly different at 0.05 level.

2.2.2 处理 3 龄幼虫对后期生长发育的影响 高效氟吡甲禾灵和乙氧氟草醚处理多异瓢虫 3 龄幼虫后，处理组与清水对照组的 3 龄幼虫至化蛹历期、蛹期、蛹重、化蛹率、羽化率均没有显著差异（ $P>0.05$ ）（表 4）。

表 4 除草剂处理后多异瓢虫 3 龄幼虫及后期虫态的生长发育

Table 4 The development and growth of 3rd instar nymphs and other following stages of *Hippodamia variegata* at different development stages after being treated by herbicides

处理 Treatments	3 龄幼虫至蛹历期 3 rd larva-pupa duration (d)	蛹期 Pupal period (d)	化蛹率 Pupation rate (%)	蛹重 Pupal weight (mg)	羽化率 Emergence rate (%)
清水对照 CK	4.15±0.13 a	3.81±0.04 a	93.33±1.92 a	9.99±0.14 a	94.13±3.14 a
高效氟吡甲禾灵乳油 Haloxypop-P-methyl EC	4.23±0.17 a	3.82±0.05 a	87.78±5.56 a	9.95±0.19 a	89.24±7.12 a
乙氧氟草醚乳油 Oxyfluorfen EC	4.31±0.12 a	3.72±0.07 a	90.00±1.92 a	10.18±0.21 a	93.73±2.63 a

注：数据为平均值±标准误，同一列中不同小写字母表示 0.05 水平上差异显著。
Note: The data are presented as mean±SE, and the data in the same column with different lowercase letters are significantly different at 0.05 level.

3 讨论

新疆北疆地区棉田杂草主要以阔叶杂草为主，共 19 科 50 种，禾本科杂草占 18%，阔叶类杂草占 82%，另外一年生杂草占杂草总数的 64%，多年生杂草占 36%^[19]。棉花播前土壤处理通常选用二甲戊灵、扑草净、乙氧氟草醚等土壤处理剂封闭，播后苗前通常选用乙草胺、扑草净等封闭，棉花苗期主要进行茎叶（叶面）处理，禾本科杂草主要选用精喹禾灵、氟吡甲禾灵、精吡氟禾草灵、精噁唑禾草灵、烯草酮等除草剂^[20]。本研究表明，供试的 8 种除草剂喷施对多异瓢虫卵孵化率、蛹羽化率、成虫存活率均无显著影响；精喹禾灵、苯磺隆、精噁唑禾草灵处理组多异瓢虫 3 龄幼虫存活率显著低于清水对照，对幼虫比较安全，而其余 5 种除草剂对幼虫存活率没有显著影响。使用高效氟吡甲禾灵、乙氧氟草醚药液处理多异瓢虫卵、3 龄幼虫后，卵经处理后孵化幼虫的化蛹率明显降低，而卵、幼虫、蛹历期以及各虫态存活率、蛹重等均无明显影响。综合上述结果，新疆农田常用的 8 种除草剂对多异瓢虫的存活与生长发育没有明显的直接影响。这一研究结果为新疆棉区后续结合开展杂草科学防除与天敌有效保育，提供了科学依据。

化学农药常对某些非靶标生物具有一定毒性，除草剂也不例外。本试验采用模拟喷雾方法研究了除草剂对多异瓢虫不同虫态的直接影响，而在农田生态系统中除草剂作用于植物后可能对天敌昆虫产生间接影响。Agnello 等^[21]采用吡氟禾草灵、稀禾定、氟磺酰草胺处理大豆、利马豆，发现稀禾定处理的大豆植株上墨西哥豆瓢虫 *Epilachna varivestis* Mulsant 幼虫发育历期更长，吡氟禾草灵处理的利马豆植株上幼虫化蛹重量高于对照，这可能是由于除草剂通过改变植物的营养成分含量而对墨西哥豆瓢虫产生了间接影响。Xin 等^[22]研究表明水稻被喷施低剂量的 2,4-D 后，胰蛋白酶抑制剂活性和挥发性物质的产生显著增加，诱导水稻植株对二化螟 *Chilo suppressalis* (Walker) 的抗性增强，对褐飞虱及其天敌稻虱缨小蜂 *Anagrus Nilaparvatae* (Pang et Wang) 更具吸引力。长期进行化学除草会改变农田植物群落中的物种组成和结构，降低植物多样性，使杂草生物量长期维持在较低的水平，从而引起植食性昆虫的种类和数量也相应地发生变化，进而影响天敌种类和数量^[23]。综上所述，除草剂可能通过多种途径对害虫天敌产生间接影响。本研究表明，新疆农田中常用的 8 种除草剂对多异瓢虫比较安全，没有明显的直接毒杀作用与负面效应，而这些除草剂对多异瓢虫种群发生、控害功能的间接影响仍然有待进一步评价。

参 考 文 献

[1] 热依汗古丽·阿布都热合曼, 艾合买提·吾斯曼, 魏新政, 等. 2019 年新疆棉花主要病虫害发生概况[J]. 中国棉花, 2019, 46(11): 7-9.

[2] 帕提玛·乌木尔汗, 郭佩佩, 马少军, 等. 新疆地区棉蚜田间种群对 10 种杀虫剂的抗性[J]. 植物保护, 2019, 45(6): 273-278.

[3] 党志红, 安静杰, 高占林, 等. 河北省不同地区棉蚜种群对 6 种杀虫剂抗药性与种群适合度[J]. 植物保护, 2019, 45(3): 111-114.

[4] 张国福, 李琳琳, 李本杰, 等. 山东省不同地区棉蚜对新烟碱类杀虫剂的抗药性检测及酶抑制剂的增效作用研究[J]. 农药学学报, 2014, 16(6): 673-680.

[5] 冯宏祖, 王兰, 熊仁慈, 等. 多异瓢虫种群动态及捕食功能的研究[J]. 昆虫知识, 2000, 37(4): 223-226.

[6] Kontodimas D C, Stathas G J. Phenology, fecundity and life table parameters of the predator *Hippodamia variegata* reared on *Dysaphis crataegi*[J]. BioControl, 2005, 50(2): 223-233.

- [7] 杨海峰, 马祁, 徐遥. 新疆棉田天敌的源库及其保护与扩增[J]. 新疆农业科学, 2001, 38(1): 1-3.
- [8] 吕昭智, 田长彦, 胡明芳, 等. 棉田及其边缘杂草对天敌的影响[J]. 植物保护, 2002, 28(5): 22-24.
- [9] 冯宏祖, 王兰. 利用非棉田生境进行棉蚜生态调控初探[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(9): 3752-3753.
- [10] 罗延亮, 李雪玲, 李辉, 等. 苦豆子条带对棉田捕食性天敌发生的影响[J]. 新疆农业科学, 2019, 56(1): 74-83.
- [11] 李雪玲, 罗延亮, 李辉, 等. 田埂碱蓬带对棉田多异瓢虫种群发生的调控作用[J]. 新疆农业科学, 2019, 56(1): 13-22.
- [12] Adams J B. Effects of spraying 2, 4-D amine on coccinellid larvae[J]. Canadian Journal of Zoology, 1960, 38(2): 285-288.
- [13] Michaud J P, Vargas G. Relative toxicity of three wheat herbicides to two species of Coccinellidae[J]. Insect science, 2010, 17(5): 434-438.
- [14] Freydier L, Lundgren J G. Unintended effects of the herbicides 2, 4-D and dicamba on lady beetles[J]. Ecotoxicology, 2016, 25(6): 1270-1277.
- [15] 徐锐, 吴迪, 杨松, 等. 亚致死剂量百草枯对七星瓢虫捕食及限域搜索行为的影响[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2008, 30(2): 191-197.
- [16] 陈建明, 俞晓平, 吕仲贤, 等. 除草剂和杀菌剂对褐飞虱及其天敌的影响[J]. 植物保护学报, 1999, 26(2): 162-166.
- [17] 张坤鹏, 宫庆涛, 武海斌, 等. 11 种杀螨剂对异色瓢虫的安全性比较[J]. 环境昆虫学报, 2014, 36(5): 768-774.
- [18] 孙定炜, 苏建亚, 沈晋良, 等. 杀虫剂对褐飞虱捕食性天敌黑肩绿盲蝽的安全性评价[J]. 中国农业科学, 2008, 41(7): 1995-2002.
- [19] 郝彦俊, 李广阔, 王剑, 等. 新疆棉田杂草调查[J]. 植物保护, 2003, 29(4): 42-44.
- [20] 李欢欢, 马小艳, 姜伟丽, 等. 棉田化学除草现状及对策[J]. 中国棉花, 2019, 46(5): 1-7, 10.
- [21] Agnello A M, Bradley Jr J R, Van Duyn J W. Plant-mediated effects of postemergence herbicides on *Epilachna varivestis* (Coleoptera: Coccinellidae)[J]. Environmental Entomology, 1986, 15(1): 216-220.
- [22] Xin Z, Yu Z, Erb M, *et al.* The broad-leaf herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid turns rice into a living trap for a major insect pest and a parasitic wasp[J]. New Phytologist, 2012, 194(2): 498-510.
- [23] 黄顶成, 尤民生, 侯有明, 等. 化学除草剂对农田生物群落的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(6): 1451-1458.