

# 吡虫啉和噻虫嗪对苜蓿盲蝽的防治效果及其在苜蓿中的残留

安静杰<sup>1</sup>, 郭江龙<sup>1</sup>, 高占林<sup>1</sup>, 袁文龙<sup>2</sup>, 党志红<sup>1</sup>,  
耿欣月<sup>1</sup>, 闫秀<sup>1</sup>, 李耀发<sup>1\*</sup>

(1. 河北省农林科学院植物保护研究所, 河北省农业有害生物综合防治工程技术研究中心, 农业农村部华北北部作物有害生物综合治理重点实验室, 保定 071000; 2. 河北省植保植检站, 石家庄 050011)

**摘要** 为了评价新烟碱类杀虫剂吡虫啉和噻虫嗪对苜蓿盲蝽的防治效果及安全性, 采用田间喷雾法测定了 20% 吡虫啉可溶液剂(SL)和 30% 噻虫嗪悬浮剂(SC)对苜蓿盲蝽的防治效果, 使用超高效液相色谱-串联质谱法(UPLC-MS/MS)测定了施药 1、2、3 次后(间隔 7 d), 药剂在苜蓿中的残留情况。结果表明, 当吡虫啉和噻虫嗪在施药剂量分别为 25.02 g/hm<sup>2</sup> 和 18.00 g/hm<sup>2</sup> 时, 药后 3~7 d 对苜蓿盲蝽的防治效果分别为 80.01%~82.01% 和 77.54%~83.29%。吡虫啉和噻虫嗪连续施药 3 次后, 在苜蓿中的最终残留量分别为 1.90 mg/kg 和 0.08 mg/kg, 吡虫啉已超过我国食品安全国家标准 GB 2763-2021 规定的果蔬中的最大残留限量(0.5 mg/kg)。因此建议每茬苜蓿生长期, 可选用吡虫啉和噻虫嗪防治苜蓿盲蝽, 吡虫啉和噻虫嗪喷施次数分别不宜超过 2 次和 3 次。

**关键词** 紫花苜蓿; 新烟碱类杀虫剂; 苜蓿盲蝽; 防治效果; 农药残留

**中图分类号:** S 435.4 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2021642

## Control effects of imidacloprid and thiamethoxam on *Adelphocoris lineolatus* and their residues in alfalfa

AN Jingjie<sup>1</sup>, GUO Jianglong<sup>1</sup>, GAO Zhanlin<sup>1</sup>, YUAN Wenlong<sup>2</sup>, DANG Zhihong<sup>1</sup>,  
GENG Xinyue<sup>1</sup>, YAN Xiu<sup>1</sup>, LI Yaofa<sup>1\*</sup>

(1. Plant Protection Institute, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, IPM Center of Hebei Province, Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northern Region of North China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Baoding 071000, China; 2. Plant Protection and Quarantine Station of Hebei Province, Shijiazhuang 050011, China)

**Abstract** In order to evaluate the control effect and safety of neonicotinoid insecticides imidacloprid and thiamethoxam, the control efficacies of imidacloprid 20% SL and thiamethoxam 30% SC on *Adelphocoris lineolatus* were measured by spray method. After spraying once, twice and three times at seven days intervals, the final residues of imidacloprid and thiamethoxam in alfalfa were determined by liquid chromatography-tandem mass spectrometry (UPLC-MS/MS). Three to seven days after application, the efficacy of imidacloprid and thiamethoxam against *A. lineolatus* at application dosage of 25.02 g/hm<sup>2</sup> and 18.00 g/hm<sup>2</sup> were 80.01% - 82.01% and 77.54% - 83.29%, respectively. The final residues of imidacloprid and thiamethoxam in alfalfa were 1.90 mg/kg and 0.08 mg/kg, respectively, after three successive applications. The content of imidacloprid has exceeded the maximum residue limit (0.5 mg/kg) of fruits and vegetables in national food safety standard GB 2763-2021. Therefore, it is suggested that imidacloprid and thiamethoxam can be used to control mirid bugs, and their spraying times should not exceed two and three times, respectively, in each alfalfa growth period.

**Key words** *Medicago sativa*; neonicotinoid insecticides; *Adelphocoris lineolatus*; control effect; residue

紫花苜蓿 *Medicago sativa* 为多年生草本豆科牧草,具有较高的蛋白质含量和丰富的氨基酸等营养物质,被誉为“牧草之王”“绿色黄金”。紫花苜蓿广泛分布于世界各国,主要被种植用作畜牧饲料,具有较高的经济价值<sup>[1]</sup>。我国甘肃、陕西、新疆、河北等多个省份均有种植<sup>[2-3]</sup>。苜蓿具有多年生长、枝叶繁茂、营养价值高等特性,为昆虫提供了一个相对稳定、适宜生存的环境。

苜蓿盲蝽 *Adelphocoris lineolatus* 属半翅目,盲蝽科,是苜蓿上常发生的一种主要害虫<sup>[4]</sup>。其通过刺吸苜蓿嫩叶、嫩茎和花蕾的汁液,造成植株矮小、叶片卷缩、花蕾脱落<sup>[5]</sup>,还可以传播花叶病毒,显著降低苜蓿的产量和品质,严重时可造成减产 50% 以上<sup>[6]</sup>。由于苜蓿盲蝽若虫爬行能力和成虫飞翔能力均较强,扩散速度快,在大发生时化学防治仍是重要的治理措施。Liu 等<sup>[7]</sup>在室内条件下筛选出高效氯氰菊酯、溴氰菊酯、啶虫脒、吡虫啉等 12 种化学药剂均对苜蓿盲蝽 2 龄若虫有较高毒性,其  $LC_{50}$  为 0.58~14.85 mg/L。郭志刚等<sup>[8]</sup>评估了苯甲酰基脲类杀虫剂对苜蓿盲蝽种群的控制作用,发现 5% 氟铃脲乳油和 5% 氟啶脲乳油 1 500 mL/hm<sup>2</sup> 在施药 7 d 后对苜蓿盲蝽的防治效果仍能达到 96% 以上。使用氟虫腈或噻虫嗪种衣剂拌种处理后,也可有效防控苜蓿盲蝽的第一代成若虫<sup>[9]</sup>。高效药剂的筛选对苜蓿盲蝽的田间治理具有重要的指导意义。

新烟碱类杀虫剂是天然杀虫化合物烟碱的人工合成衍生物,其杀虫作用机制主要是通过选择性控制昆虫神经系统烟碱型乙酰胆碱受体,阻断昆虫中枢神经系统的正常传导而导致昆虫死亡<sup>[10]</sup>。该类杀虫剂具有广谱、高效、低毒的特点,其独特的作用方式和高效的杀虫活性,可以有效地防治多种刺吸式害虫,包括棉蚜 *Aphis gossypii*<sup>[11]</sup>、苜蓿蚜虫<sup>[12]</sup>、绿盲蝽 *Apolygus lucorum*<sup>[13]</sup> 等。苜蓿作为饲料作物,对农药的毒性及其残留要求较为严格。但是很多农民在农事操作中一味追求较高的防治效果,增加施药次数,忽视了农药残留的问题。化学农药在牧草中的残留研究有助于保障畜牧类产品安全供给。本研究选择新烟碱类杀虫剂吡虫啉和噻虫嗪对苜蓿盲蝽进行了田间防效试验,测定了不同施药次数后药剂在苜蓿中的残留量,为苜蓿的科学栽培管理和药剂的安全使用提供重要的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与试剂

药剂:20% 吡虫啉可溶液剂(SL),海利尔药业集团股份有限公司生产;30% 噻虫嗪悬浮剂(SC),武汉楚强生物有限公司生产。

仪器:超高效液相色谱质谱联用仪(UPLC-MS/MS, Qtrap 5500,美国 AB 公司);ACQUITY UPLC<sup>®</sup> BEH C<sub>18</sub> 色谱柱(1.7 μm, 2.1 mm×50 mm, Water 公司);超纯水发生器(美国 Millipore 公司);WA 旋转蒸发仪(日本 Eyela 公司);D3024R 台式高速离心机(大龙兴创实验仪器股份公司);CP214 电子天平(奥豪斯仪器上海有限公司);Filter Unit 滤膜(0.22 μm, Agela Technologies 公司)。

试剂:吡虫啉标准品(1 000 μg/mL)、噻虫嗪标准品(1 000 μg/mL)购于德国 Dr. Ehrenstorfer 公司;乙腈、正己烷均为色谱纯。丙酮、甲醇、氯化钠等均为分析纯。

### 1.2 对苜蓿盲蝽的防治效果调查

试验地点设在河北省黄骅市陈家庄村,苜蓿第二茬苜蓿盲蝽发生期(5 月 27 日)喷施 20% 吡虫啉 SL 和 30% 噻虫嗪 SC,施药有效成分用量按照推荐药量分别为 25.02 g/hm<sup>2</sup> 和 18.00 g/hm<sup>2</sup>,同时设置空白对照。每个小区面积 50 m<sup>2</sup>,每个处理 3 个重复,采用台州市路桥尚家喷雾器厂生产的电动喷雾器(3WBD-20 型)喷雾,药液量为 450 L/hm<sup>2</sup>。采用 5 点随机取样的方法,于当天喷药前和药后 3、7 d 和 10 d 调查苜蓿盲蝽种群数量,每点利用盆拍法调查 1 m<sup>2</sup> 的虫量,按以下公式计算虫口减退率和防治效果:

$$\text{虫口减退率} = (\text{施药前虫口数} - \text{施药后虫口数}) / \text{施药前虫口数} \times 100\%;$$
$$\text{防治效果} = (\text{处理区虫口减退率} - \text{对照区虫口减退率}) / (1 - \text{对照区虫口减退率}) \times 100\%。$$

利用 SPSS 16.0 软件进行数据分析,显著性测定采用新复极差检验法(DMRT)和 *t* 检验法。

### 1.3 农药残留检测

在河北省黄骅市陈家庄村于苜蓿第二茬生长季进行大区试验,每大区面积为 120 m<sup>2</sup>。分别设置吡虫啉 1 次(5 月 27 日)、2 次(5 月 27 日、6 月 3 日)、3 次施药(5 月 27 日、6 月 3 日、6 月 10 日),噻虫嗪 1 次、2 次、3 次施药(施药时间同吡

虫啉),另设清水对照。吡虫啉和噻虫嗪的有效成分用量按照推荐用药量分别为 25.02 g/hm<sup>2</sup> 和 18.00 g/hm<sup>2</sup>。

取样:于第二茬苜蓿收获前(6月24日)分别采集苜蓿样品,每区随机选取5个采样点剪取地上部组织,总共不少于1kg,切碎混合后装入塑料袋中于-20℃保存待测。

提取:参照SN/T 2073-2008<sup>[14]</sup>,吴绪金等<sup>[15]</sup>和陈博聪等<sup>[16]</sup>的方法测定样品中吡虫啉和噻虫嗪的残留量。准确称取切碎的苜蓿植株10g于50mL聚四氟乙烯离心管中,加入乙腈/水=1/1(V/V)30mL,振荡提取1h,加入5gNaCl,涡旋5min,5000r/min离心5min。取上清液10mL旋转浓缩至近干,加入甲醇定容至5mL待净化。

净化:用3mL甲醇、3mL水预淋固相萃取柱,将上述5mL待净化液分3次转入洗脱柱中洗脱并收集,再用3mL乙腈淋洗,收集,吹干。用甲醇定容至1mL经0.22μm微膜过滤,待测。

色谱检测条件。色谱柱:ACQUITY UPLC<sup>®</sup> BEH C<sub>18</sub>(1.7μm,2.1mm×50mm);流动相:乙腈/水=30/70(V/V);流速为0.5mL/min;进样体积为5μL;柱温为35℃。噻虫嗪和吡虫啉在此色谱条件下的保留时间分别为2.5min和2.45min。最低检出浓度为0.01mg/kg。

质谱检测条件。电子喷雾离子源,正离子电离(ESI<sup>+</sup>)模式;离子喷雾电压5500V;毛细管温度570℃;检测方式:多反应监测扫描模式;吡虫啉和噻虫嗪的质谱检测参数见表1。

表1 吡虫啉和噻虫嗪的UPLC-MS/MS检测条件参数<sup>1)</sup>

Table 1 Mass spectrometric parameters of imidacloprid and thiamethoxam

药剂 Insecticide	保留时间/min Retention time	母离子(m/z) Precursor ion	子离子(m/z) Product ion	锥孔电压/V Cone voltage	碰撞电压/V Collision voltage
吡虫啉 imidacloprid	2.5	256.0	209.3*	62	24
			175.2	62	24
噻虫嗪 thiamethoxam	2.4	292.0	210.71*	26	20
			181.1	26	10

1) \* 为定量离子对。

\* quantitative ion pair.

## 2 结果与分析

### 2.1 吡虫啉和噻虫嗪对苜蓿盲蝽的防治效果

20%吡虫啉SL和30%噻虫嗪SC对苜蓿盲蝽的防治效果见表2。施药3d和7d后,20%吡虫啉SL有效成分用量25.02g/hm<sup>2</sup>的防效分别为

82.01%和80.01%,*t*检验分析表明与30%噻虫嗪SC有效成分用量18.00g/hm<sup>2</sup>的防治效果无显著差异(*t*=0.2222, *P*=0.8350; *t*=0.3449, *P*=0.7475)。施药10d后,20%吡虫啉SL的防效显著高于30%噻虫嗪SC(*t*=3.3816, *P*=0.0277)。随着施药时间的延长,两种药剂的防治效果均显著降低。

表2 吡虫啉和噻虫嗪对苜蓿盲蝽的防治效果<sup>1)</sup>

Table 2 Control effect of imidacloprid and thiamethoxam against *Adelphocoris lineolatus*

供试药剂 Insecticide	剂量/g·(hm <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> Dosage	防效/% Control efficacy		
		3 d	7 d	10 d
20%吡虫啉SL imidacloprid 20% SL	25.02	(82.01±3.14)aA	(80.01±5.05)aA	(63.21±4.13)aB
30%噻虫嗪SC thiamethoxam 30% SC	18.00	(83.29±4.79)aA	(77.54±5.07)aA	(51.57±2.41)bB

1) 同行中不同大写字母表示在0.05水平差异显著(DMRT),同列中不同小写字母表示在0.05水平差异显著(*t*检验)。

Different capital letters in the same row indicate significant difference at 0.05 level (DMRT), and different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level (*t* test).

### 2.2 检测方法的线性关系

取一定量的标准品,用甲醇溶液配制成0.1、0.2、0.5、1.0、2.0mg/L的系列标准溶液,在设计色谱条件下进行测定,以浓度(μg/mL)-峰面积作标准曲线。吡虫啉和噻虫嗪的直线回归方程分别为  $y$

$=9880.67x + 7.92 \times 10^5$ ,  $r^2 = 0.9890$  和  $y = 11207.74x + 1.25 \times 10^5$ ,  $r^2 = 0.9999$ 。其中  $y$  为定量离子峰面积,  $x$  为基质标准液浓度。上述回归方程均线性关系良好,可以用于样品中吡虫啉和噻虫嗪含量的检测。相关谱图见图1和图2。

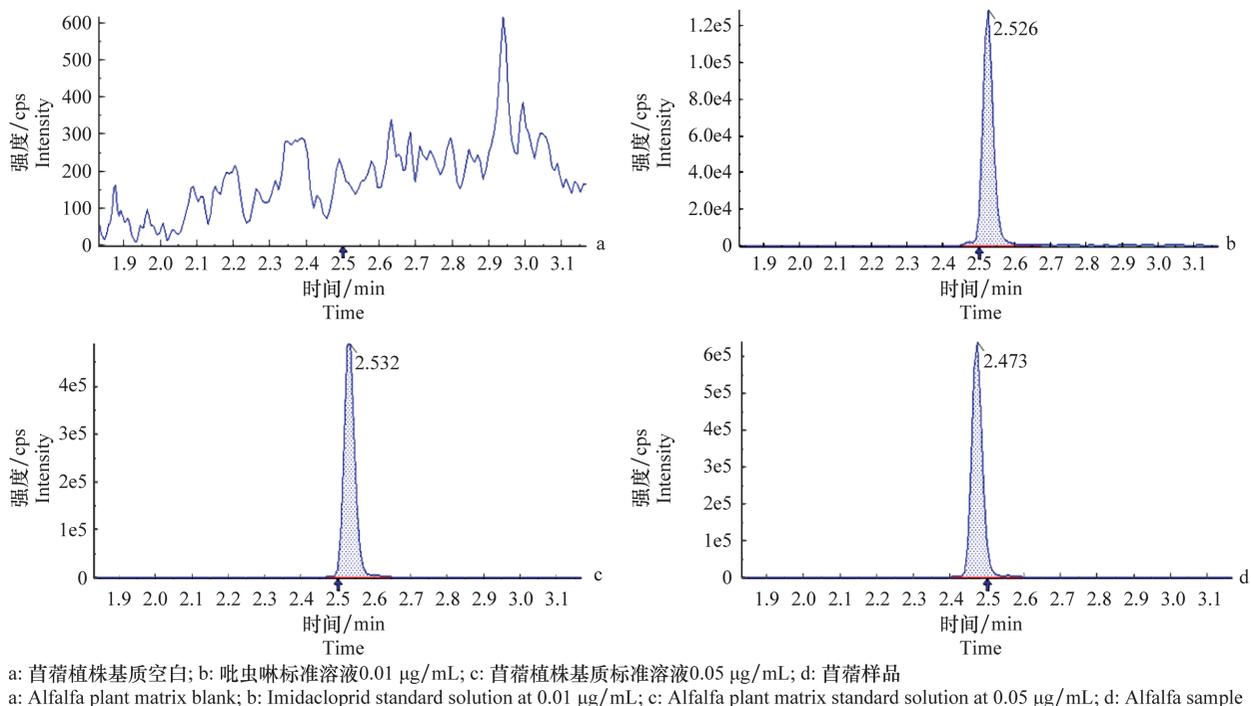


图 1 吡虫啉 UPLC-MS/MS 相关测定色谱图

Fig. 1 UPLC-MS/MS multiple reaction mode chromatograms of imidacloprid

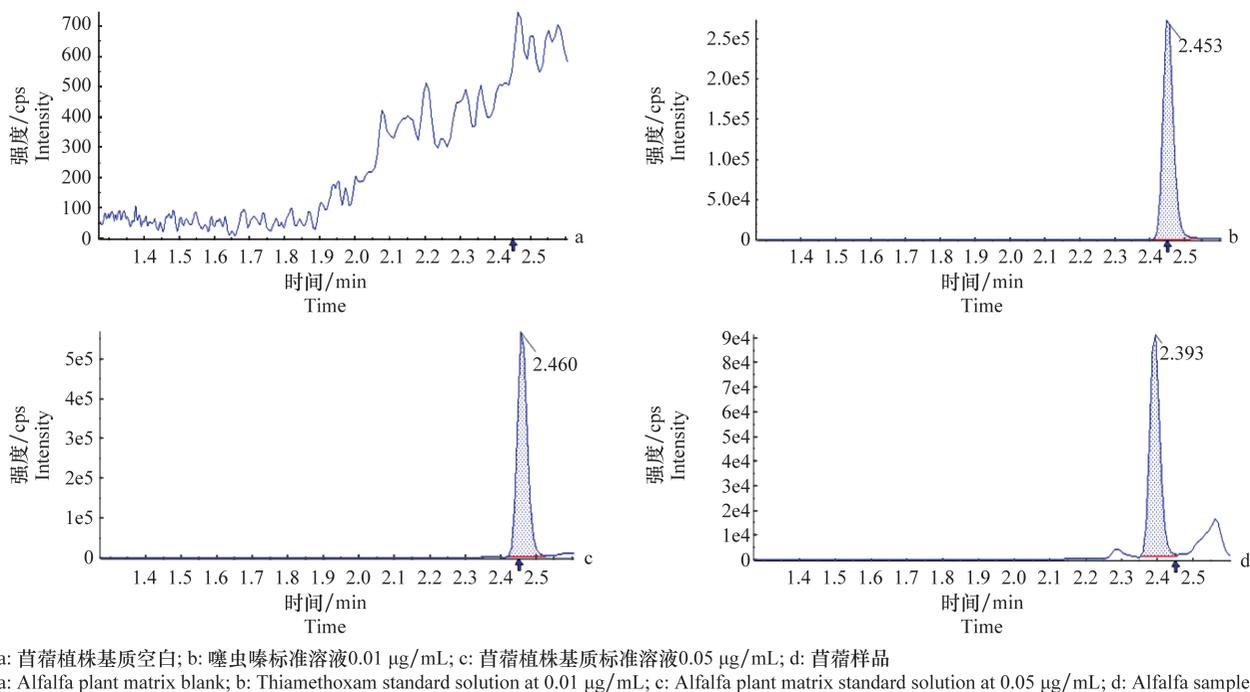


图 2 噻虫嗪 UPLC-MS/MS 相关测定色谱图

Fig. 2 UPLC-MS/MS multiple reaction mode chromatograms of thiamethoxam

### 2.3 吡虫啉和噻虫嗪在苜蓿植株中的残留量

在苜蓿田,20%吡虫啉 SL 和 30%噻虫嗪 SC 按推荐剂量分别喷施 1 次、2 次和 3 次后,在距第 3 次

施药 14 d 后采集样品测定两种药剂在苜蓿中的残留量,结果表明(表 3),2 种新烟碱类杀虫剂在苜蓿中的残留量均随施药次数的增加而增加。间隔 7 d

连续施药 3 次后,第 3 次施药后 14 d 吡虫啉和噻虫嗪的残留量分别为 1.90 mg/kg 和 0.08 mg/kg,显著高于施药 2 次和施药 1 次的处理。在对照区的苜蓿植株中也能检测到微量的吡虫啉,但未检测到噻虫嗪。

表 3 不同施药次数后苜蓿中药剂的残留量<sup>1)</sup>

Table 3 Residues of imidacloprid and thiamethoxam in alfalfa after different application times

施药次数/次 Spraying times	吡虫啉/mg · kg <sup>-1</sup> imidacloprid	噻虫嗪/mg · kg <sup>-1</sup> thiamethoxam
1	(0.12±0.06)b	(0.02±0.01)b
2	(0.27±0.06)b	(0.03±0.02)b
3	(1.90±0.26)a	(0.08±0.01)a
对照 CK	(0.09±0.02)b	<0.01

1) 不同小写字母表示同列比较在 0.05 水平差异显著(DMRT)。Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level (DMRT).

### 3 结论与讨论

新烟碱类杀虫剂是当前应用最为广泛的杀虫剂种类之一,吡虫啉对金银花蚜虫<sup>[17]</sup>、小麦吸浆虫<sup>[18]</sup>等害虫均有较好的防效,也可应用于粮食储存中以减少谷蠹 *Rhyzopertha dominica*、米象 *Sitophilus oryzae* 等仓储害虫的危害<sup>[19]</sup>。噻虫嗪在棉蚜<sup>[20]</sup>、柑橘木虱 *Diaphorina citri*<sup>[21]</sup>、茶棍蓟马 *Dendrothrips minowai*<sup>[22]</sup>等害虫的防治中也多有应用。本研究中 2 种新烟碱类杀虫剂对苜蓿盲蝽的田间防治试验表明,20%吡虫啉 SL(25.02 g/hm<sup>2</sup>)和 30%噻虫嗪 SC(18.00 g/hm<sup>2</sup>)在施药 3~7 d 时对苜蓿盲蝽的防治效果达到 77.54%~83.29%。罗兰等<sup>[12]</sup>也报道了应用 10%吡虫啉可湿性粉剂 35.7 g/hm<sup>2</sup>时,对苜蓿蚜虫和苜蓿蓟马 1~7 d 的防治效果分别为 80.83%~94.78%和 78.33%~95.57%。表明以吡虫啉为代表的新烟碱类杀虫剂可作为苜蓿田的适宜药剂,对发生的苜蓿盲蝽、蚜虫、蓟马均有较好的防治效果。

在农事生产中,药剂的剂型、施药方式、施药时期不同都可能会导致药剂持效期及防治效果的差异。花生开花下针期撒施含吡虫啉毒土,对地下害虫蛴螬的防治效果和花生的保种效果要优于药剂拌种处理、播种沟施药剂处理<sup>[23]</sup>。小麦田中喷施 600 g/L 吡虫啉悬浮剂(67.5 g/hm<sup>2</sup>)和 20%噻虫嗪

悬浮剂(25.2 g/hm<sup>2</sup>)后,2 种药剂在小麦植株中的残留消解半衰期分别为 4.4~8.7 d 和 4.6~5.9 d<sup>[24-25]</sup>。本研究发现当吡虫啉和噻虫嗪施药 10 d 后,对苜蓿盲蝽的防治效果显著降低,这可能与药剂在环境或植株中的降解代谢有关。罗兰等<sup>[12]</sup>发现吡虫啉以 35.7 g/hm<sup>2</sup> 的剂量喷施 7 d 后在苜蓿中的残留量低于 0.5 mg/kg;全东超等<sup>[24]</sup>按照推荐剂量在麦蚜发生期喷施吡虫啉悬浮剂 2 次,施药间隔 7 d,在第 2 次施药 14 d 后小麦中吡虫啉的残留量也低于吡虫啉在小麦中的最大残留限量。但是,我们分别以 25.02 g/hm<sup>2</sup> 和 18.00 g/hm<sup>2</sup> 的剂量在苜蓿田喷施吡虫啉和噻虫嗪,间隔 7 d 连续施药 3 次,最后一次施药后 14 d 后吡虫啉残留量已超过其在蔬果中的最大残留限量 0.5 mg/kg<sup>[26-27]</sup>。因此,为了保障牧草安全,建议减少施药次数或延长施药间隔期,每茬苜蓿生长期,吡虫啉和噻虫嗪按照推荐剂量喷施次数分别不宜超过 2 次和 3 次。

### 参考文献

- [1] 李世雄,王彦荣,孙建华. 中国苜蓿品种种子产量性状的遗传多样性[J]. 草业学报, 2003, 12(1): 23-29.
- [2] 王立杰,马岩,杨伟坤. 河北苜蓿产业化发展现状、问题及对策研究——基于沧州市苜蓿产业化发展的调查和思考[J]. 草业科学, 2007, 24(7): 83-86.
- [3] 宋丽萍,牛伊宁,罗珠珠,等. 黄土高原苜蓿及后茬作物土壤水分恢复效应及蒸散特征[J]. 草业科学, 2019, 36(5): 1231-1239.
- [4] 杨向黎,韩凤英,秦旭,等. 紫花苜蓿几种主要害虫的化学防治试验[J]. 作物杂志, 2014(2): 131-136.
- [5] 贾淑英,智晓青,贾虹燕. 苜蓿盲蝽的发生危害与防治[J]. 内蒙古农业科技, 1999(2): 36.
- [6] WHEELER A G. Biology of the plant bugs (Hemiptera: Miridae): Pests, predators, opportunists [M]. Ithaca, NY: Cornell University Press, 2001.
- [7] LIU Yongqiang, LIU Bing, ABID A, et al. Insecticide toxicity to *Adelphocoris lineolatus* (Hemiptera: Miridae) and its nymphal parasitoid *Peristenus spretus* (Hymenoptera: Braconidae) [J]. Journal of Economic Entomology, 2015, 108(4): 1779-1784.
- [8] 郭志刚,党志红,高占林,等. 苯甲酰基脲类杀虫剂对苜蓿盲蝽的生物活性和田间防治效果[J]. 农药, 2011, 50(6): 446-448.
- [9] 李继强,赵向田,王浩瀚,等. 苜蓿盲蝽对油菜的危害及防治[J]. 分子植物育种, 2016, 14(3): 718-721.
- [10] HOUCHEAT J N, CARTEREAU A, MAUFF A L, et al. An

- overview on the effect of neonicotinoid insecticides on mammalian cholinergic functions through the activation of neuronal nicotinic acetylcholine receptors [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(9): 3222. DOI: 10.3390/ijerph17093222.
- [11] 安静杰, 党志红, 高占林, 等. 河北省棉蚜对新烟碱类杀虫剂敏感基线及抗药性水平[J]. *河北农业大学学报*, 2018, 41(4): 112-116.
- [12] 罗兰, 袁忠林, 孙娟. 3种杀虫剂对苜蓿蚜虫和蓟马的防效及其在苜蓿中的残留[J]. *草业学报*, 2017, 26(1): 160-167.
- [13] 赵钧, 涂洪涛, 张金勇, 等. 绿盲蝽对果园常用杀虫剂敏感基线与诊断剂量的建立[J]. *果树学报*, 2020, 37(12): 198-203.
- [14] 国家认证认可监督管理委员会. SN/T 2073-2008 进出口植物性产品吡虫啉残留量的检测方法 液相色谱串联质谱法[S]. 2008-11-01.
- [15] 吴绪金, 李萌, 张军锋, 等. 小麦和土壤中噻虫嗪残留及消解动态分析[J]. *麦类作物学报*, 2014, 34(7): 1010-1017.
- [16] 陈博聪, 张燕宁, 刘同金, 等. 噻虫嗪对田间麦蚜种群防控效果与残留消减动态的关系[J]. *植物保护*, 2019, 45(1): 98-103.
- [17] 吴廷娟, 谢小龙, 李景亮, 等. 不同农药种类对金银花蚜虫的防治效果[J]. *安徽农业科学*, 2020, 48(1): 153-154.
- [18] 段爱菊, 刘顺通, 张自启, 等. 不同施药时期药剂对麦红吸浆虫的防治效果[J]. *河南农业科学*, 2011, 40(11): 97-99.
- [19] DAGLISH G J, NAYAK M K. Potential of the neonicotinoid imidacloprid and the oxadiazine indoxacarb for controlling five coleopteran pests of stored grain [J]. *Insect Science*, 2012, 19(1): 96-101.
- [20] 刘景坤, 刘润峰, 宋建华, 等. 50%噻虫嗪悬浮种衣剂的研制及其对棉花蚜虫的防治效果[J]. *农药学报*, 2015, 17(1): 60-67.
- [21] 宋晓兵, 彭埃天, 陈霞, 等. 高效氯氟·噻虫嗪等6种药剂对柑橘木虱的防治效果[J]. *农药*, 2015, 54(12): 915-917.
- [22] 刘惠芳, 杨文, 陈瑶, 等. 4种杀虫剂对茶棍蓟马的防效及其在茶树上的残留动态[J]. *贵州农业科学*, 2018, 46(12): 48-51.
- [23] 刘爱芝, 韩松, 梁九进. 吡虫啉不同施药方法对花生蛴螬防控效果以及对产量的影响[J]. *植物保护*, 2012, 38(6): 161-165.
- [24] 仝东超, 廉景燕, 徐应明, 等. 吡虫啉在小麦和土壤中的残留及消解动态研究[J]. *山东化工*, 2015, 44(3): 155-159.
- [25] 邵建果, 杨俊柱, 王军. 噻虫嗪在小麦中的残留消解动态及风险评估[J]. *农药学报*, 2013, 15(1): 98-102.
- [26] 国家卫生健康委员会, 农业农村部, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量: GB 2763-2021 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2021.
- [27] 张志恒. 农药合理使用规范和农药最高残留限量标准[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- (责任编辑: 田 喆)
- 
- (上接 341 页)
- [8] MA Gang, MA Chunsen. Differences in the nocturnal flight activity of insect pests and beneficial predatory insects recorded by light traps: possible use of a beneficial-friendly trapping strategy for controlling insect pests [J]. *European Journal of Entomology*, 2012, 109(3): 395-401.
- [9] 马春森, 马罡, 常向前, 等. 北京地区几种金龟子和天敌昆虫趋光节律的初步研究[M]//杨怀文. 迈入 21 世纪的中国生物防治. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2005: 171-172.
- [10] 黄红宙, 刘丽, 赵飞, 等. 应用性信息素监测杏园食心虫研究[J]. *中国植保导刊*, 2011, 31(5): 33-35.
- [11] 田宝良, 马春森, 孔德仓, 等. 不同果园中主要食心虫种群监测与防控技术[J]. *植物保护学报*, 2012, 39(1): 7-12.
- [12] 马罡, 马春森, 常向前. 物理方法防治转 Bt 棉田棉花害虫技术的研究[M]//朱昌雄. 农业生物资源与环境调控. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007: 196-198.
- [13] 马春森, 马罡, 常向前, 等. 棉铃虫的环境友好型诱杀技术研究[J]. *环境昆虫学报*, 2009, 31(3): 219-225.
- [14] 雷浩霖, 张宇瑶, 刘伟, 等. 诱虫灯与性诱剂联用对二化螟和稻纵卷叶螟的诱杀效果[J]. *华中昆虫研究*, 2020, 16: 227-237.
- [15] 刘琼, 文礼章, 徐练. 烟草夜蛾对太阳能诱虫灯和性诱剂趋向效果的比较研究[J]. *华中昆虫研究*, 2014, 10: 42-45.
- [16] 蒋建忠, 何吉, 袁联国, 等. 性诱剂和黑光灯在甜菜夜蛾和斜纹夜蛾测报上的应用效果比较[J]. *上海农业学报*, 2009, 25(4): 140-142.
- [17] 黄贤夫, 陈海波, 李程巧, 等. 性诱剂与黑光灯对二化螟的诱捕效果及其影响因素[J]. *农药学报*, 2020, 22(4): 602-610.
- [18] 刘振兴. 粘虫和棉铃虫趋光行为、复眼结构及光受体基因差异研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2019.
- [19] 武承旭. 斜纹夜蛾成虫行为节律及性选择研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2015.
- [20] 周祖琳. 葡萄透翅蛾的习性与防治策略探讨[J]. *植物保护学报*, 1991(1): 45-48.
- [21] 桑文, 黄求应, 王小平, 等. 中国昆虫趋光性及灯光诱虫技术的发展、成就与展望[J]. *应用昆虫学报*, 2019, 56(5): 907-916.
- (责任编辑: 田 喆)