林下黄精田间有害生物与天敌发生规律调查及有效防治药剂和生防资源筛选

周巧钰[1] 黄 欣[2] 邓 雪[2] 武云婧[2] 郑凌燕[1] 孔惠东[1] 陈 江[1]
赵奕舒[2] 黄扬迪[2] 雷乐童[2] 陈嘉欣[2] 包金亮[3] 王圣印[2*]

（1. 浙江省金华市磐安县农业技术推广中心，磐安 322300；2. 浙江师范大学行知学院，兰溪 321100；
3. 磐安县山之舟生态农业有限公司，浙江 磐安 322300）

摘要：为防控林下黄精*Polygonatum sibiricum*主要害虫，于2024年在浙江省金华市磐安县双峰乡大皿村对林下黄精田间有害生物和天敌的种类与发生规律进行调查，测定常用杀虫(螨)剂对桃蚜*Myzus persicae*、山楂叶螨*Tetranychus viennensis*和二斑叶螨*Tetranychus urticae*的室内毒力和田间防效，并测定黄瓜新小绥螨*Neoseiulus cucumeris*对两种叶螨的田间防效。结果显示：林下黄精田间桃蚜、山楂叶螨、二斑叶螨和小地老虎*Agrotis ipsilon*的发生高峰期分别为6月25日至7月2日、6月11日至25日、7月2日至16日、7月16日至30日，0~20 cm土层丽金龟属*Anomala*和鳃金龟属*Holotrichia*蛴螬发生高峰期分别为5月和9月。天敌瓢虫(瓢虫属*Coccinella*和大丽瓢虫属*Harmonia*)和蜘蛛(狼蛛属*Lycosa*、豹蛛属*Pardosa*和花蟹蛛属*Misumenops*)发生高峰期分别为6月18日至7月9日和7月2日至23日。双丙环虫酯、氟吡呋喃酮和环氧虫啶对桃蚜的室内毒力较高，LC_{50}分别为0.857、0.896和0.952 mg/L；阿维菌素对山楂叶螨的室内毒力最高，LC_{50}为0.033 mg/L；阿维菌素、联苯肼酯、螺虫乙酯和乙唑螨腈对二斑叶螨的室内毒力接近，LC_{50}为4.787~5.772 mg/L。施药后7 d，5%双丙环虫酯可分散液剂和17%氟吡呋喃酮悬浮剂对桃蚜的田间校正防效高于97.00%，1.8%阿维菌素乳油对山楂叶螨和二斑叶螨的田间校正防效分别为96.75%和91.60%，30%茚虫威可湿性粉剂对小地老虎和蛴螬的田间校正防效(89.40%和75.00%)及对黄精的保护效果(69.72%和83.10%)均最高。释放后7 d，黄瓜新小绥螨对二斑叶螨和山楂叶螨的田间校正防效分别为90.47%和93.01%。根据林下黄精田间桃蚜、二斑叶螨、山楂叶螨、小地老虎和蛴螬发生规律，建议选择5%双丙环虫酯可分散液剂、17%氟吡呋喃酮悬浮剂、1.8%阿维菌素乳油和30%茚虫威可湿性粉剂进行化学防控，并在田间释放黄瓜新小绥螨进行生物防治。

关键词：黄精；桃蚜；二斑叶螨；山楂叶螨；小地老虎；黄瓜新小绥螨；室内毒力；田间防效

Investigation of the occurrence patterns of pests and natural enemies in under-forest *Polygonatum sibiricum* fields and screening of effective pesticides and biological control resources

Zhou Qiaoyu[1] Huang Xin[2] Deng Xue[2] Wu Yunjing[2] Zheng Lingyan[1] Kong Huidong[1] Chen Jiang[1]
Zhao Yishu[2] Huang Yangdi[2] Lei Yuetong[2] Chen Jiaxin[2] Bao Jinliang[3] Wang Shengyin[2*]

(1. Agricultural Technology Extension Center of Pan'an County, Jinhua 322300, Zhejiang Province, China;
2. Xingzhi College, Zhejiang Normal University, Lanxi 321100, Zhejiang Province, China;
3. Pan'an Shanzhizhou Ecological Agriculture Co., Ltd., Pan'an 322300, Zhejiang Province, China)

基金项目：浙江省中药材产业技术团队项目(2024-29)，浙江师范大学行知学院科研启动金资助项目(ZC302925001)，浙江省磐安县2025年度县级科技项目(磐科农202505)

* 通信作者 (Author for correspondence)，E-mail：wsy19840822@163.com

收稿日期：2025-12-18

Abstract: To control the key target pests of under-forest *Polygonatum sibiricum*, the species and occurrence patterns of pests and natural enemies in under-forest *P. sibiricum* fields were investigated in Damin Village, Shuangfeng Township, Pan'an County, Jinhua City, Zhejiang Province, in 2024. The laboratory toxicity and field control efficacy of ten commonly used insecticides against *Myzus persica*, and ten commonly used acaricides against *Tetranychus urticae* and *Tetranychus viennensis* were determined, and the field control efficiency of *Neoseiulus cucumeris* against *T. urticae* and *T. viennensis* were also measured. The results showed that the peak occurrence period of *M. persica* in under-forest *P. sibiricum* fields was from June 25 to July 2; those of *T. viennensis*, *T. urticae* and *Agrotis ipsilo*n were from June 11 to June 25, July 2 to July 16 and July 16 to July 30, respectively. The peak occurrence periods of grubs of *Anomala* and *Holotrichia* in the 0−20 cm soil layer were May and September, respectively. The peak occurrence periods of natural enemies, including lady beetles (*Coccinella* and *Harmonia*) and spiders (*Lycosa*, *Pardosa* and *Misumenops*) were from June 18 to July 9 and from July 2 to July 23, respectively. Afidopyropen, flupyradifurone, and cycloxaprid showed high laboratory toxicity against *M. persicae*, with LC_{50} values of 0.857, 0.896 and 0.952 mg/L, respectively. Avermectin showed higher laboratory toxicity against *T. viennensis* than the other tested acaricides, with an LC_{50} value of 0.033 mg/L. Avermectin, bifenazate, spirotetramat, and cyetpyrafen showed similar laboratory toxicity against *T. urticae*, with LC_{50} values ranging from 4.787 to 5.772 mg/L. At 7 d after application, 5% afidopyropen dispersible concentrate and 17% flupyradifurone suspension concentrate showed corrected field control efficacies of more than 97.00% against *M. persicae*. The corrected field control efficacies of 1.8% avermectin EC against *T. viennensis* and *T. urticae* were 96.75% and 91.60%, respectively. The corrected field control efficacies of 30% indoxacarb WP against *A. ipsilon* and grubs were 89.40% and 75.00%, respectively, and its protective effects on *P. sibiricum* were 69.72% and 83.10%, respectively, which were higher than those of the other tested insecticides. At 7 d after release, the corrected field control efficacies of *N. cucumeris* against *T. viennensis* and *T. urticae* were 90.47% and 93.01%, respectively. Based on the occurrence patterns of *M. persicae*, *T. urticae*, *T. viennensis*, *A. ipsilon*, and grubs in under-forest *P. sibiricum* fields, 5% afidopyropen dispersible concentrate, 17% flupyradifurone suspension concentrate, 1.8% avermectin emulsifiable concentrate, and 30% indoxacarb wettable powder are recommended for the control of these pests, and *N. cucumeris* can be released in the filed to control *T. viennensis* and *T. urticae*.

Key words: *Polygonatum sibiricum*; *Myzus persicae*; *Tetranychus urticae*; *Tetranychus viennensis*; *Agrotis ipsilon*; *Amblyseius cucumeris*; laboratory toxicity; field control efficacy

百合科药材黄精*Polygonatum sibiricum*适宜在上层透光性强、土壤肥沃、表层水分充沛的林地边缘或林地间隙种植(温作荣等,2024)。目前,在林下黄精种植过程中,环境高温高湿,虫害发生普遍且严重,加之我国不同地区黄精种植模式和环境条件存在较大差异,导致害虫发生规律也并不相同(张欣,2012),这在一定程度上加大了防治难度。杜春莲等(2006)调查了山东省泰山黄精主要病虫害发生规律,推荐使用辛硫磷乳油拌种或1 000倍液浇灌防治地下害虫;孙世伟(2007)研究了陕西省汉中地区黄精主要害虫发生规律及防治技术,地下害虫主要有小地老虎*Agrotis ipsilon*、华北大黑鳃金龟*Holotrichia oblita*,地上害虫(螨)主要有二斑叶螨*Tetranychus urticae*、山楂叶螨*Tetranychus viennensis*、蚜虫等;刘悦等(2021)研究了云南省滇黄精*Polygonatum kingianum*大田、林下和茶地3种种植模式下蛴螬、小地老虎、东方蝼蛄*Gryllotalpa orientalis*等虫害和茎腐病、黑斑病、叶斑病等病害的发生情况;张征和姚卫平(2021)调查了安徽省池州市九华黄精*Polygonatum cyrtonema*叶斑病、白绢病、黑斑病、蛴螬、金针虫等主要病虫害发生规律,并给出了农业、物理和生物防治措施;杨秀华等(2024)调查了贵州省松桃县寨英镇种植基地单作、油茶*Camellia oleifera*套种的黄精和正大乡玉米*Zea mays*套种、油茶

套种的黄精病虫害发生规律；田雪丽等（2024）针对油茶林下黄精蚜虫和红蜘蛛提出了相应防治措施。浙江省黄精种植面积近年增长迅猛，蛴螬、小地老虎、叶螨和蚜虫发生严重，但尚未见对其发生规律和防治措施的系统研究。总体来看，目前国内对黄精害虫防治措施的研究报道多数仅限于单个靶标害虫或单项防治措施，且对靶标害虫发生规律的表述较简略，对防治措施效果的描述缺少数据分析。

黄精地上植株主要靶标害虫包括桃蚜 *Myzus persicae*、二斑叶螨和山楂叶螨，地下害虫种类主要包含蛴螬和小地老虎等（孙世伟，2007）。孙世伟（2007）研究发现，桃蚜多为害黄精嫩叶、嫩稍，吸食处叶片褪绿、卷曲，其分泌物可封闭植株气孔，直接影响植株光合作用，生长衰弱；山楂叶螨出蛰后先潜伏在芽鳞上，芽开绽后为害嫩芽，展叶后为害叶片；陆丽华（2010）研究发现，二斑叶螨于花果期为害黄精会导致落花、落果，结实率降低，影响黄精的有性繁殖。为防控黄精主要靶标害虫，张欣等（2012）研究发现大草蛉 *Chrysopa pallens* 对黄精田间二斑叶螨有较强的控害潜能，且田间环境温度对其控害能力有显著影响；蒋燕锋等（2021）研究表明15%乐斯本颗粒剂和3%地虫克星颗粒剂对蛴螬和小地老虎有良好的田间防效；孙世伟等（2009）研究表明1.8%阿维菌素乳油对二斑叶螨有显著的防效；郭乔仪等（2021）研究发现将具触杀作用的杀螨剂与渗透性强的杀螨剂混用可显著提高对黄精田间山楂叶螨的防效。目前关于黄精主要靶标害虫桃蚜、蛴螬和小地老虎的发生规律和防治措施的研究报道较少，应进一步加强相关研究与探索。

为降低田间有害生物对黄精的影响，提高其产量和品质，丰富黄精害虫的化学防治措施，需要贯彻“预防为主、综合防治”的植保方针（龙艳等，2023；朱书生等，2025）。加强对黄精田间桃蚜、二斑叶螨、山楂叶螨、蛴螬和小地老虎等主要害虫的监测和防控，同时保护和利用天敌资源，有助于实现黄精主要靶标害虫的绿色防控（何艳艳等，2024）。鉴于浙江省黄精虫害发生现状，本研究通过调查林下黄精田间主要靶标害虫及天敌的发生规律，测定常用杀虫剂对桃蚜、山楂叶螨和二斑叶螨的室内毒力，评估常见杀虫剂商品制剂对主要靶标害虫的田间防效，并测定黄瓜新小绥螨 *Neoseiulus cucumeris* 对黄精田间二斑叶螨和山楂叶螨的控害潜能，旨在明确化学杀虫（螨）剂和天敌的田间防效，为高效防控浙江省黄精主要靶标害虫提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试黄精：2023年3月自浙江省金华市磐安县双峰乡大皿村黄精种植基地采集健康2年生黄精，种植在浙江农林大学平山试验基地，环境条件为温度（25±0.5）℃、相对湿度（60±5）%、光周期12 L∶12 D。

供试昆虫和螨：桃蚜、二斑叶螨、山楂叶螨、小地老虎、丽金龟属 *Anomala* 和鳃金龟属 *Holotrichia* 蛴螬于2023年4月采自浙江省金华市磐安县双峰乡大皿村林下黄精田（海拔718~740 m），并在室内使用健康黄精植株饲养，环境条件为温度（25±0.5）℃、相对湿度（60±5）%、光周期12 L∶12 D，分别取桃蚜成蚜及二斑叶螨和山楂叶螨雌成螨供试。供试桃蚜、二斑叶螨和山楂叶螨敏感种群采自浙江省磐安县仁川镇平象村山地野生黄精植株（海拔630~680 m），在浙江农林大学现代农学院植物保护专业实验室内用未喷施任何杀虫剂的黄精植株饲养2年以上，饲养期间与外界无基因交流。黄瓜新小绥螨成螨购自福建艳璇生物防治技术有限公司，于10 ℃保存备用。

供试药剂：97%环氧虫啶（cycloxaprid）原药、96%螺虫乙酯（spirotetramat）原药、2.5%高效氯氟氰菊酯（lambda-cyhalothrin）乳油、25%环氧虫啶可湿性粉剂，湖北玖丰隆化工有限公司；99%双丙环虫酯（afidopyropen）原药、99.4%氟吡呋喃酮（flupyradifurone）原药、5%双丙环虫酯可分散液剂、17%氟吡呋喃酮悬浮剂，湖北启牛化学科技有限公司；99%氟啶虫胺腈（sulfoxaflor）原药、50%氟啶虫胺腈水分散粒剂，湖北鑫宇宏生物医药技术有限公司；70%噻虫嗪（thiamethoxam）原药、25%噻虫嗪水分散粒剂、2%甲维盐乳油，开封市普朗克生物化学有限公司；99%吡虫啉（imidacloprid）原药、5%吡虫啉可湿性粉剂，武汉贝乐叶生物医药科技有限公司；98%噻虫胺（clothianidin）原药、30%噻虫胺悬浮剂，山东正运化工科技有限公司；98%吡蚜酮（pymetrozine）原药、98%啶虫脒（acetamiprid）原药、98%螺螨酯（spirodiclofen）原药、22.4%螺虫乙酯悬浮剂、25%吡蚜酮可湿性粉剂、5%啶虫脒乳油，湖北魏氏化学试剂股份有限公司；98%烯啶虫胺（nitenpyram）原药、20%烯啶虫胺可溶液剂，湖北健楚生物医药有限公司；99%阿维菌素（avermectin）原药、1.8%阿维菌素乳油，厦门吉瑞康生物科技有限公司；98%苦参碱（matrine）原药、0.36%苦参碱水剂，宝鸡市方晟生物开发有限

公司;95%印楝素(azadirachtin)原药,上海源叶生物科技有限公司;93%乙螨唑(etoxazole)原药、11%乙螨唑悬浮剂、24%螺螨酯悬浮剂,湖北兴恒业科技有限公司;98%乙唑螨腈(cyetpyrafen)原药、30%乙唑螨腈悬浮剂,江苏瑞点药业有限公司;98%藜芦碱(crystallised)原药、0.5%藜芦碱悬浮剂,上海同田生物技术有限公司;97%丁醚脲(diafenthiuron)原药、25%丁醚脲悬浮剂,济南铭信化工有限公司;95%联苯肼酯(bifenazate)原药、43%联苯肼酯悬浮剂,武汉拉那白医药化工有限公司;25%灭幼脲(chlorobenzuron)悬浮剂,河北天发生物科技有限公司;0.3%印楝素乳油,成都绿金生物科技有限责任公司;30%茚虫威(indoxacarb)可湿性粉剂,湖北得安特化工科技有限公司。

试剂和仪器:本研究所用试剂均为国产分析纯。SMZ800N型体式显微镜,尼康株式会社;3WBD-20A型背负式电动喷雾器,兰习自动化(上海)科技有限公司。

1.2 方法

1.2.1 林下黄精有害生物及天敌发生规律调查

参考不同地区黄精主要靶标害虫桃蚜、二斑叶螨、山楂叶螨、小地老虎、蛴螬及天敌生物蜘蛛和瓢虫的年度发生规律(周先治等,2017;杨秀华等,2024),于2024年4—8月在浙江省金华市磐安县双峰乡大皿村林下黄精种植基地进行调查。基地种植有1.67 hm^2黄精,为2~3年生,密度约为6万株/hm^2。黄精种植田依靠自然雨水浇灌,不使用杀虫剂,每年增施一次由菌菇棒发酵自制的有机肥。在该基地随机选择10个调查点,每点选择5株黄精,统计并记录其叶表面、茎秆上靶标害虫及天敌的发生数量。另外随机划定1 m×1 m调查区域,挖掘黄精植株周围0~10、11~20、21~30 cm深度土壤,过筛收集并记录小地老虎和蛴螬数量,重复调查5个区域。

1.2.2 供试杀虫剂对靶标害虫的室内毒力测定

桃蚜的室内生物测定采用叶片浸液法(赵斌荣等,2023)。用丙酮将10种杀虫剂原药溶解制成浓度为100 mg/L的母液,用0.1%吐温80水溶液将母液以2倍梯度稀释为5~6个系列浓度,双丙环虫酯和氟吡呋喃酮浓度均为0.2~3.2 mg/L,环氧虫啶浓度为0.25~4.0 mg/L,氟啶虫胺腈浓度为0.2~6.4 mg/L,吡虫啉和噻虫胺浓度均为0.5~8.0 mg/L,吡蚜酮浓度为1.0~32.0 mg/L,啶虫脒浓度为1.25~20.0 mg/L,噻虫嗪浓度为1.5~24.0 mg/L,烯啶虫胺浓度为2.5~40.0 mg/L。在直径5 cm培养皿中放置1张定性滤纸,滴加1 mL蒸馏水保湿。取健康黄精叶片在上述各系列浓度药液中浸泡5 s取出,晾干后放置在培养皿中的滤纸上。将用黄精植株饲喂的桃蚜成虫移入培养皿中,每个培养皿中桃蚜数量不少于25头,于温度(25±0.5) ℃、相对湿度(60±5)%、光周期12 L∶12 D条件下饲养。每个浓度处理3个重复,每个重复1皿。48 h后检查桃蚜存活数量并计算死亡率,以小毛笔轻触虫体不动或虫体干瘪为死亡判断标准。采用Polo Plus 2.0软件应用Probit分析法计算回归方程、半致死浓度LC_{50}。

二斑叶螨和山楂叶螨的室内生物测定采用玻片浸液法(李鉴鉴等,2020;张国才等,2024)。将阿维菌素、联苯肼酯、乙唑螨腈、丁醚脲、螺虫乙酯、螺螨酯原药用丙酮进行溶解,印楝素、藜芦碱、苦参碱和乙螨唑用二甲基亚砜溶解,均制成浓度为100 mg/L的母液,然后用0.1%吐温80水溶液以2倍梯度稀释为5~6个系列浓度。针对二斑叶螨,阿维菌素浓度为1.0~16.0 mg/L,联苯肼酯、乙唑螨腈和螺虫乙酯浓度均为1.25~20.0 mg/L,丁醚脲浓度为2.0~32.0 mg/L,螺螨酯浓度为5.0~160.0 mg/L,印楝素和藜芦碱浓度为7.5~120.0 mg/L,苦参碱和乙螨唑浓度为8.0~128.0 mg/L。针对山楂叶螨,阿维菌素浓度为0.007 5~0.12 mg/L,联苯肼酯浓度为0.5~8.0 mg/L,乙唑螨腈浓度为1.0~16.0 mg/L,丁醚脲浓度为1.25~20.0 mg/L,螺虫乙酯浓度为2.0~32.0 mg/L,螺螨酯浓度为3.0~48.0 mg/L,印楝素和藜芦碱浓度均为1.5~24.0 mg/L,苦参碱浓度为2.5~40.0 mg/L,乙螨唑浓度为9.0~144.0 mg/L。将双面胶粘在载玻片的一端,从黄精叶片上挑取二斑叶螨或山楂叶螨雌成螨,背部朝下粘在双面胶上。载玻片静置2 h,在体式解剖镜下去除活力较差和错误粘贴腹面的试虫。将载玻片有螨一端在上述各系列浓度药液中浸泡5 s,取出后平放,待药液干燥后于温度(25±0.5) ℃、相对湿度(60±5)%、光周期12 L∶12 D条件下静置。每个浓度处理3个重复,每个重复不少于20头试虫。48 h后检查供试山楂叶螨和二斑叶螨的存活情况并计算死亡率,以镊子轻触虫体时足不能正常活动为死亡判断标准。采用Polo Plus 2.0软件应用Probit分析法计算回归方程和LC_{50}。

1.2.3 供试杀虫剂对靶标害虫的田间防效测定

2024年5月在浙江省金华市磐安县双峰乡大皿村林下黄精田进行田间防效试验,黄精种植情况、水肥管理水平同1.2.1,选择桃蚜、二斑叶螨、山楂叶螨、小地老虎、蛴螬密度较大区域供试,试验采用喷

雾法测定各杀虫剂的田间防效（赵斌荣等，2023）。将5%吡虫啉可湿性粉剂、20%烯啶虫胺可溶液剂、25%环氧虫啶可湿性粉剂、25%噻虫嗪水分散粒剂、30%噻虫胺悬浮剂、5%啶虫脒乳油、17%氟吡呋喃酮悬浮剂、5%双丙环虫酯可分散液剂、50%氟啶虫胺腈水分散粒剂和25%吡蚜酮可湿性粉剂这10种杀虫剂参照推荐浓度用清水稀释为25、40、125、25、60、25、25、5、25和10 mg/L，用于桃蚜防治试验；将1.8%阿维菌素乳油、22.4%螺虫乙酯悬浮剂、0.3%印楝素乳油、24%螺螨酯悬浮剂、11%乙螨唑悬浮剂、25%丁醚脲悬浮剂、30%乙唑螨腈悬浮剂、0.36%苦参碱水剂、0.5%藜芦碱悬浮剂和43%联苯肼酯悬浮剂这10种杀虫剂参照推荐浓度用清水分别稀释为6、56、2.5、48、18.3、125、50、4.5、10和143.3 mg/L，用于山楂叶螨和二斑叶螨防治试验；均以喷施清水为对照组。试验开始前首先调查林下黄精靶标害虫的虫口基数，然后划定试验区域用背负式电动喷雾器进行药液喷雾处理，每种杀虫剂重复5个试验小区，每个小区长5 m、宽2 m，相邻小区之间距离10 m以上。为防止药物弥散干扰其他试验结果，配合防风罩选择无风日进行喷雾。施药后1、3、5、7 d分别调查各试验小区中桃蚜、二斑叶螨和山楂叶螨数量，方法同1.2.1。施药后7 d调查小地老虎和蛴螬数量，方法同1.2.1，并调查未被为害的黄精块茎数量。计算虫口减退率、校正防效、产量损失率和保护效果，虫口减退率=（处理前害虫数−处理后害虫数）/处理前害虫数×100%；校正防效=（处理区虫口减退率−对照区虫口减退率）/（1−处理区虫口减退率）×100%；产量损失率=（对照区块茎数量−处理区块茎数量）/对照区块茎数量×100%；保护效果=（对照组损失率−处理组损失率）/对照组损失率×100%。

1.2.4　*黄瓜新小绥螨对靶标害螨的生物防效测定*

供试区域林下黄精种植品种、水肥管理水平一致，具体情况同1.2.1。试验设生防区（释放黄瓜新小绥螨）和对照区2个处理，每个处理5个重复，每个重复为1个小区，每个小区长7.5 m、宽4.0 m。各处理和重复间设置无纺布，防止捕食螨和害螨在不同小区间活动。参照周铁锋等（2011）方法，选择6月5日（晴天）早晨在生防区释放黄瓜新小绥螨成螨，每个小区释放3 000头，对照区不做任何处理。释放黄瓜新小绥螨前1 d及释放后3、5和7 d调查害螨虫口数量。采取随机5点取样法进行调查，每点调查10株黄精，每株上、中、下部各选择2片叶片统计害螨数量，计算黄瓜新小绥螨释放后二斑叶螨和山楂叶螨的虫口减退率及其田间校正防效，方法同1.2.3。

1.3　数据分析

使用SPSS 22.0软件对虫口减退率及校正防效进行正态分布检验，对不符合正态分布的数据进行反正弦转换后，再进行单因素方差分析，应用最小显著差数（least significant difference，LSD）法进行差异显著性检验。

2　结果与分析

2.1　林下黄精田间有害生物及天敌的发生规律

2.1.1　*林下黄精田间地上害虫的发生规律*

林下黄精田间桃蚜的发生呈现单峰型，高峰期为6月25日至7月2日，黄精植株上桃蚜数量峰值为2 572.8头/株（图1-A）。林下黄精田间山楂叶螨的发生呈现双峰型，第1个高峰期为6月11日至6月25日，第2个高峰期为7月30日至8月13日，山楂叶螨数量峰值分别为571.2头/株和427.4头/株（图1-B）。林下黄精田间二斑叶螨的发生呈现单峰型，高峰期为7月2日至7月16日，黄精植株上二斑叶螨数量峰值为3 343.0头/株（图1-C）。

2.1.2　*林下黄精田间地下害虫的发生规律*

林下黄精田间小地老虎的发生有两个高峰期，第1个高峰期为5月28日至6月4日，第2个高峰期为7月16日至7月30日，小地老虎数量峰值分别为5.4头/m²和6.2头/m²（图2-A）。在土层深度0~10 cm中，蛴螬数量在9月最高，峰值为15.7头/m²；在土层深度11~20 cm中，蛴螬数量也在9月达到最高，峰值为18.0头/m²；在土层深度21~30 cm中，蛴螬数量在10月最高，峰值为2.6头/m²（图2-B）。

2.1.3　*林下黄精田间天敌的发生规律*

调查发现林下黄精田间瓢虫多属于瓢虫属*Coccinella*和大丽瓢虫属*Harmonia*，蜘蛛多属于狼蛛属*Lycosa*、豹蛛属*Pardosa*和花蟹蛛属*Misumenops*，本研究中计算的瓢虫和蜘蛛数量分别为各属之和。瓢虫的发生高峰期为6月18日至7月9日，峰值为134.2头/百株（图3-A）；蜘蛛的发生高峰期为7月2日至23日，峰值为77.4头/百株（图3-B）。

2.2　供试杀虫剂对林下黄精有害生物的室内毒力

2.2.1　*供试杀虫剂对桃蚜的室内毒力*

双丙环虫酯、氟吡呋喃酮和环氧虫啶对桃蚜的室内毒力最高，LC_{50}分别为0.857、0.896和0.952 mg/L；氟啶虫胺腈对桃蚜的室内毒力次之，LC_{50}为1.090 mg/L；吡虫啉和噻虫胺对桃蚜的室内毒力

(LC_{50}分别为2.123和2.142 mg/L)高于吡蚜酮、啶虫脒和噻虫嗪对桃蚜的室内毒力(LC_{50}为5.017~5.926 mg/L);烯啶虫胺对桃蚜的室内毒力最低,LC_{50}为11.108 mg/L(表1)。

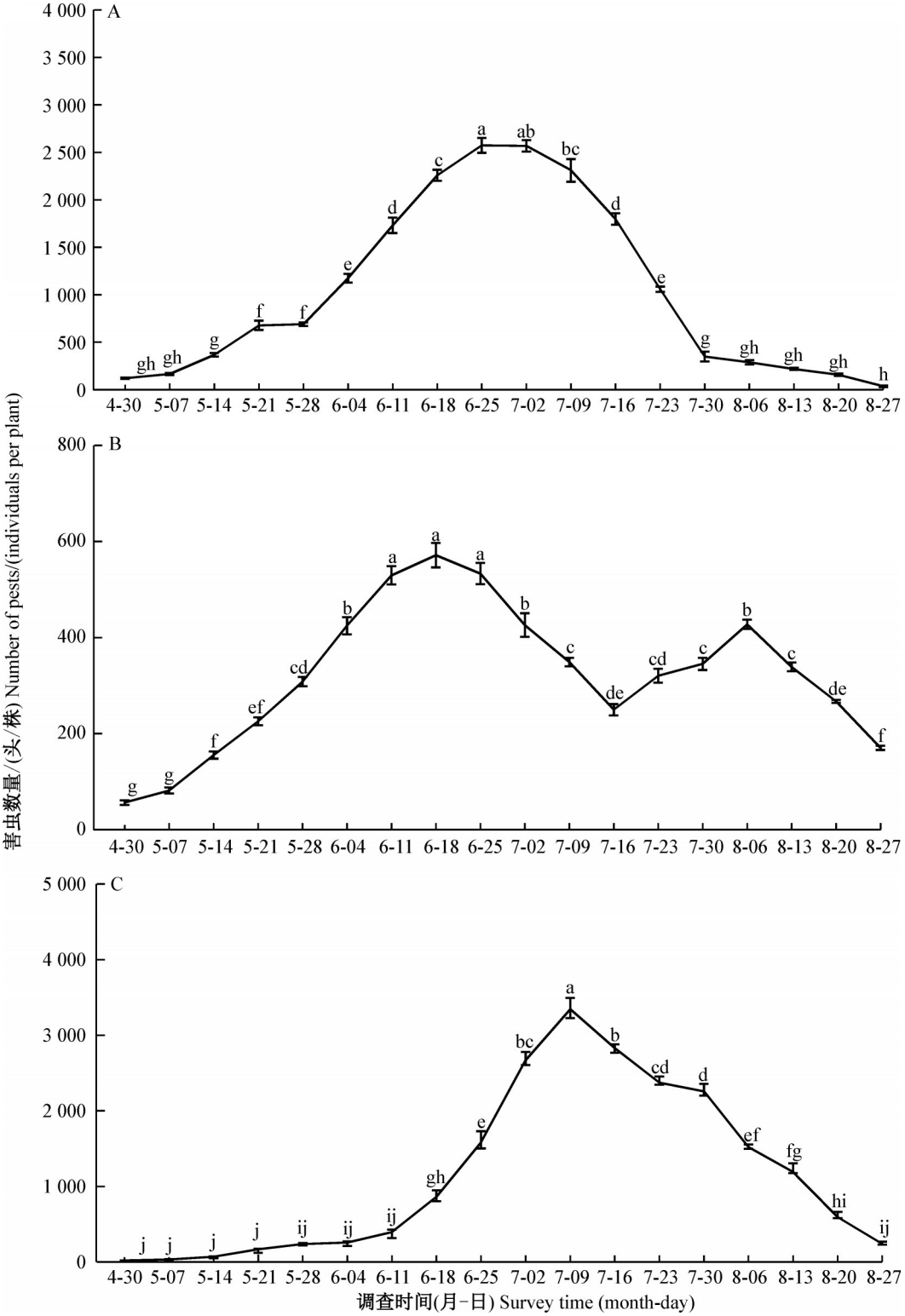


图1 林下黄精田间桃蚜(A)、山楂叶螨(B)和二斑叶螨(C)的发生规律

Fig. 1 Occurrence patterns of *Myzus persicae* (A), *Tetranychus viennensis* (B) and *Tetranychus urticae* (C) in under-forest *Polygonatum sibiricum* fields

图中数据为平均数±标准误。不同小写字母表示经LSD法检验差异显著(P<0.05)。Data are mean±SE. Different lowercase letters indicate significant differences according to the LSD test (P<0.05).

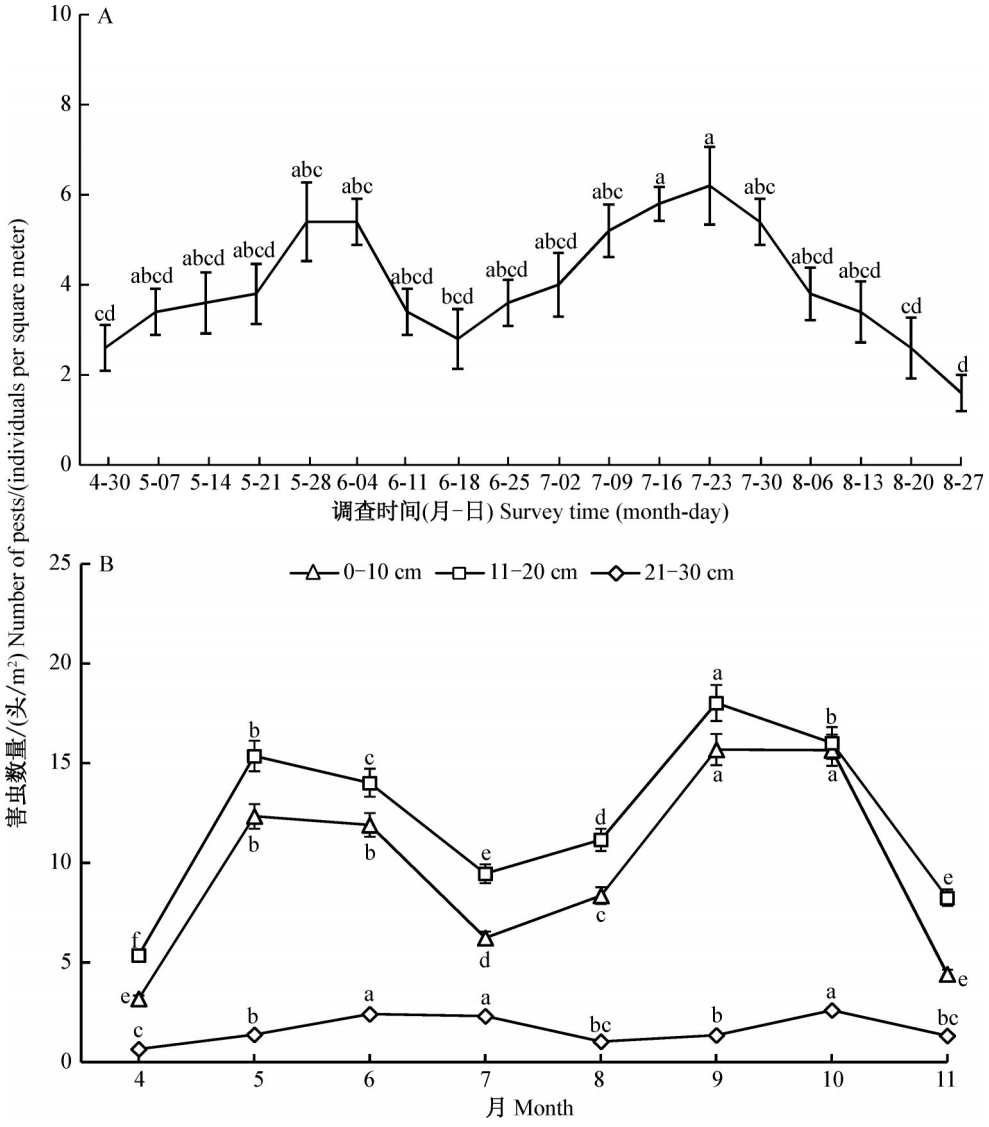


图2 林下黄精田间小地老虎(A)和蛴螬(B)的发生规律

Fig. 2　Occurrence patterns of *Agrotis ipsilon* (A) and scarab grubs (B) in under-forest *Polygonatum sibiricum* fields

图中数据为平均数±标准误。不同小写字母表示经LSD法检验差异显著(P<0.05)。Data are mean±SE. Different lowercase letters indicate significant differences according to the LSD test (P<0.05).

2.2.2　*供试杀虫剂对山楂叶螨的室内毒力*

阿维菌素对山楂叶螨的室内毒力最高，LC_{50}为0.033 mg/L；联苯肼酯对山楂叶螨的室内毒力次之，LC_{50}为2.263 mg/L；乙唑螨晴、丁醚脲、印楝素、藜芦碱和螺虫乙酯对山楂叶螨的室内毒力居中，LC_{50}为4.460~9.386 mg/L；苦参碱和螺螨酯对山楂叶螨的室内毒力较低，LC_{50}分别为11.653 mg/L和12.883 mg/L；乙螨唑的室内毒力最低，LC_{50}为39.424 mg/L(表2)。

2.2.3　*供试杀虫剂对二斑叶螨的室内毒力*

阿维菌素、联苯肼酯、螺虫乙酯和乙唑螨晴对二斑叶螨的室内毒力较高，LC_{50}分别为4.787、4.975、5.032和5.772 mg/L；丁醚脲对二斑叶螨的室内毒力次之，LC_{50}为9.539 mg/L；藜芦碱、印楝素、苦参碱、乙螨唑和螺螨酯对二斑叶螨的室内毒力较差，LC_{50}介于31.239~39.407 mg/L之间(表3)。

2.3　供试杀虫剂对林下黄精田间有害生物的校正防效

2.3.1　*供试杀虫剂对黄精田间桃蚜的校正防效*

供试10种杀虫剂对黄精田间桃蚜的校正防效均随着施用后天数的增加而升高。施药后1 d，17%氟吡呋喃酮悬浮剂的校正防效最高，达88.12%，仅显著高于25%环氧虫啶可湿性粉剂和25%噻虫嗪水分散粒剂的校正防效，与其余7种杀虫剂的校正防效(80.07%~84.76%)无显著差异；施药后3 d，17%氟吡呋喃酮悬浮剂的校正防效仍最高，达91.01%，仅显著高于25%环氧虫啶可湿性粉剂和20%烯啶虫胺可溶液剂的校正防效，与其余7种杀虫剂的校

正防效(85.35%~88.82%)无显著差异;施药后5 d,17%氟吡呋喃酮悬浮剂的校正防效仍最高(94.63%)且显著高于25%噻虫嗪水分散粒剂和20%烯啶虫胺可溶液剂的校正防效,与其他7种杀虫剂的校正防效(91.14%~92.99%)无显著差异;施药后7 d,5%双丙环虫酯可分散液剂(97.35%)的校正防效最高,显著高于25%噻虫嗪水分散粒剂和20%烯啶虫胺可溶液剂的校正防效,与其他7种杀虫剂的校正防效(95.77%~97.15%)无显著差异(表4)。结合供试杀虫剂对桃蚜的速效性和持久性,推荐5%双丙环虫酯可分散液剂和17%氟吡呋喃酮悬浮剂混合使用。

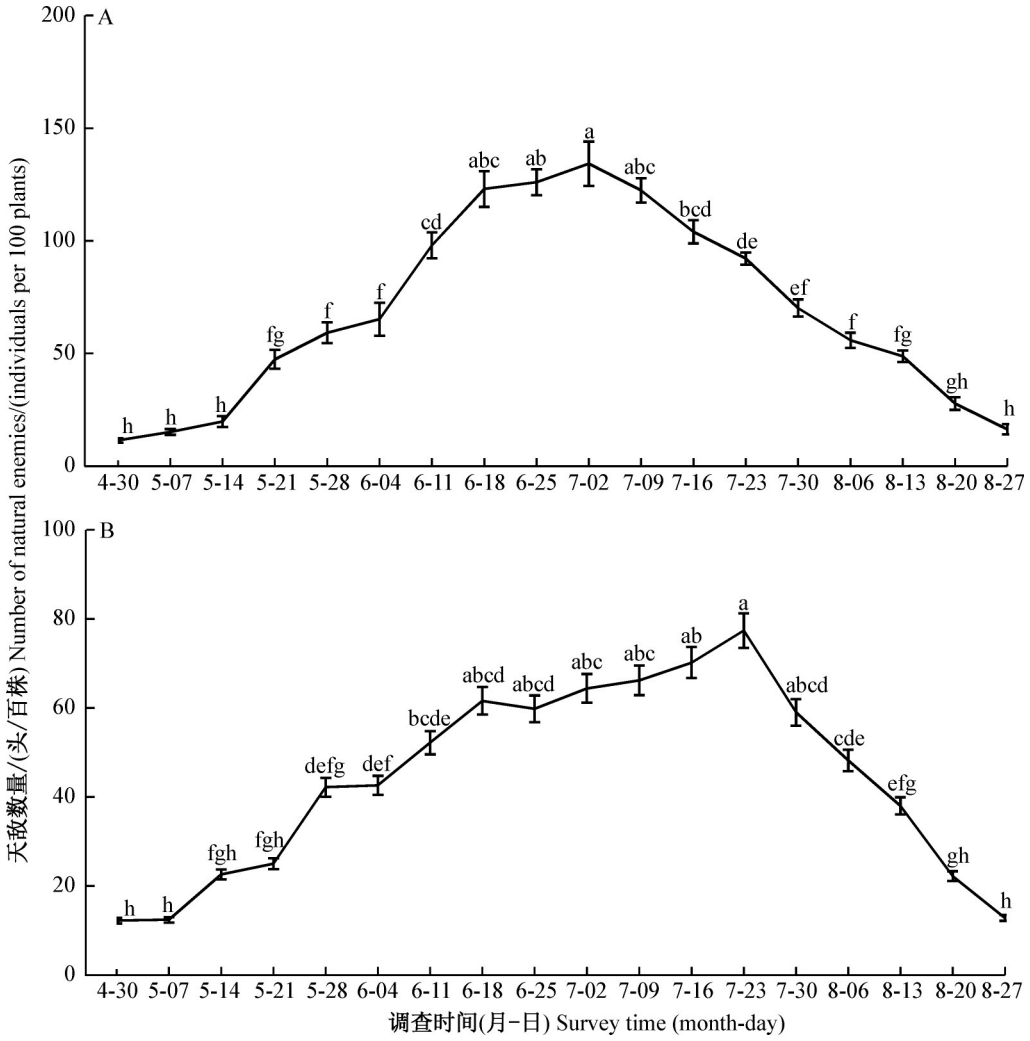


图3 林下黄精田间瓢虫(A)和蜘蛛(B)的发生规律

Fig. 3 Occurrence patterns of lady beetles (A) and spiders (B) in under-forest *Polygonatum sibiricum* fields

图中数据为平均数±标准误。不同小写字母表示经LSD检验差异显著(P<0.05)。Data are mean±SE. Different lowercase letters indicate significant differences according to the LSD test (P<0.05).

2.3.2 供试杀虫剂对黄精田间山楂叶螨的校正防效

供试10种杀虫剂对黄精田间山楂叶螨的校正防效均随着施用后天数的增加而升高。施药后1 d,30%乙唑螨腈悬浮剂(87.65%)和1.8%阿维菌素乳油(87.30%)的校正防效最高,与25%丁醚脲悬浮剂和0.36%苦参碱水剂的校正防效无显著差异,但均显著高于其余6种杀虫剂的校正防效(68.93%~79.33%);施药后3 d,30%乙唑螨腈悬浮剂的校正防效最高,达92.37%,与1.8%阿维菌素乳油和25%丁醚脲悬浮剂的校正防效(分别为91.73%和87.17%)无显著差异,但显著高于其余7种杀虫剂的校正防效(78.06%~84.07%);施药后5 d和7 d,1.8%阿维菌素乳油的校正防效均最高,分别达94.49%和96.75%,均与30%乙唑螨腈悬浮剂(93.86%和94.71%)、43%联苯肼酯悬浮剂(89.58%和93.58%)和25%丁醚脲悬浮剂(90.58%和93.48%)的校正防效无显著差异,但均显著高于其余6种杀虫剂的校正防效(83.80%~88.06%和89.13%~91.84%)(表5)。因此,在黄精田

间防治山楂叶螨时推荐使用1.8%阿维菌素乳油、　丁醚脲悬浮剂。
30%乙唑螨腈悬浮剂、43%联苯肼酯悬浮剂和25%

表1 杀虫剂对采自林下黄精田间桃蚜的室内毒力

Table 1 Laboratory toxicity of insecticides against *Myzus persicae* infesting *Polygonatum polygonatum* under forest canopy

供试杀虫剂 Tested insecticide	试虫数 Number tested	斜率±标准差 Slope±SD	χ^2	LC_{50}（95%置信区间） LC_{50} (95% confidence interval)/(mg/L)
双丙环虫酯 Afidopyropen	332	2.149±0.215	8.818	0.857（0.723−1.011）
氟吡呋喃酮 Flupyradifurone	343	2.660±0.435	9.891	0.896（0.637−1.118）
环氧虫啶 Cycloxaprid	307	2.058±0.221	4.824	0.952（0.789−1.138）
氟啶虫胺腈 Sulfoxaflor	402	1.562±0.191	9.802	1.090（0.766−1.447）
吡虫啉 Imidacloprid	342	2.205±0.209	6.506	2.123（1.805−2.507）
噻虫胺 Clothianidin	316	2.395±0.236	6.393	2.142（1.827−2.506）
吡蚜酮 Pymetrozine	389	1.678±0.161	8.973	5.017（4.097−6.084）
啶虫脒 Acetamiprid	334	2.379±0.295	14.416	5.708（4.199−7.270）
噻虫嗪 Thiamethoxam	321	2.233±0.227	18.056	5.926（4.679−7.424）
烯啶虫胺 Nitenpyram	319	2.447±0.315	11.588	11.108（8.529−13.702）

表2 杀虫剂对采自林下黄精田间山楂叶螨的室内毒力

Table 2 Laboratory toxicity of insecticides to *Tetranychus viennensis* infesting *Polygonatum polygonatum* under forest canopy

供试杀虫剂 Tested insecticide	试虫数 Number tested	斜率±标准差 Slope±SD	χ^2	LC_{50}（95%置信区间） LC_{50} (95% confidence interval)/(mg/L)
阿维菌素 Avermectin	353	2.367±0.246	12.915	0.033（0.027−0.039）
联苯肼酯 Bifenazate	342	2.274±0.261	11.534	2.263（1.814−2.751）
乙唑螨晴 Cyetpyrafen	332	2.209±0.245	6.650	4.460（3.604−5.423）
丁醚脲 Diafenthiuron	346	2.576±0.319	12.988	6.255（5.014−7.533）
印楝素 Azadirachtin	333	2.344±0.261	6.219	6.823（5.553−8.227）
藜芦碱 Veratrine	330	2.413±0.300	3.443	7.385（5.811−9.052）
螺虫乙酯 Spirotetramat	349	2.539±0.307	8.392	9.386（7.457−11.376）
苦参碱 Matrine	345	2.458±0.294	13.111	11.653（9.070−14.351）
螺螨酯 Spirodiclofen	345	2.408±0.267	6.782	12.883（10.428−15.518）
乙螨唑 Etoxazole	352	2.230±0.283	11.832	39.424（30.092−48.958）

表3 杀虫剂对采自林下黄精田间二斑叶螨的室内毒力

Table 3 Laboratory toxicity of insecticides to *Tetranychus urticae* on *Polygonatum polygonatum* under forest canopy

供试杀虫剂 Tested insecticide	试虫数 Number tested	斜率±标准差 Slope±SD	χ^2	LC_{50}（95%置信区间） LC_{50} (95% confidence interval)/(mg/L)
阿维菌素 Avermectin	348	2.297±0.315	8.463	4.787（3.575−6.001）
联苯肼酯 Bifenazate	341	2.368±0.280	6.767	4.975（3.920−6.072）
螺虫乙酯 Spirotetramat	359	2.363±0.257	10.214	5.032（4.030−6.098）
乙唑螨腈 Cyetpyrafen	343	2.657±0.354	4.043	5.772（4.476−7.042）
丁醚脲 Diafenthiuron	358	2.347±0.292	6.928	9.539（7.522−11.638）
藜芦碱 Veratrine	351	2.380±0.278	4.198	31.239（24.760−38.022）
印楝素 Azadirachtin	357	2.211±0.286	8.955	35.546（27.069−44.371）
苦参碱 Matrine	345	2.398±0.278	6.096	36.693（29.340−44.409）
乙螨唑 Etoxazole	350	2.303±0.290	11.720	37.353（28.811−46.312）
螺螨酯 Spirodiclofen	403	1.961±0.281	12.527	39.407（27.603−51.228）

2.3.3 供试杀虫剂对黄精田间二斑叶螨的校正防效　供试10种杀虫剂对黄精田间二斑叶螨的校正防效均随着施用后天数的增加而升高。施药后1 d，1.8%阿维菌素乳油的校正防效最高，为78.07%，与

0.5%藜芦碱悬浮剂和0.3%印楝素乳油的校正防效差异不显著,但显著高于其余7种杀虫剂的校正防效(68.33%~72.61%);施药后3 d,1.8%阿维菌素乳油的校正防效仍最高,达81.73%,显著高于0.36%苦参碱水剂(77.04%)、22.4%螺虫乙酯悬浮剂(76.99%)、24%螺螨酯悬浮剂(75.38%)和11%乙螨唑悬浮剂(73.85%)的校正防效,与其他5种杀虫剂的校正防效(77.58%~80.60%)无显著差异;施药后5 d,1.8%阿维菌素乳油的校正防效(86.82%)仍最高,且显著高于0.36%苦参碱水剂(82.40%)、22.4%螺虫乙酯悬浮剂(81.84%)、0.3%印楝素乳油(81.88%)、24%螺螨酯悬浮剂(79.51%)和11%乙螨唑悬浮剂(78.17%)的校正防效,与其余4种杀虫剂的校正防效无显著差异;施药后7 d,1.8%阿维菌素乳油的校正防效超过90.00%,达91.60%,与43%联苯肼酯悬浮剂(90.35%)、30%乙唑螨腈悬浮剂(90.30%)和25%丁醚脲悬浮剂(89.04%)的校正防效无显著差异,但显著高于其余6种杀虫剂的校正防效(81.36%~88.58%)(表6)。因此,在黄精田间防治二斑叶螨时推荐使用1.8%阿维菌素乳油、43%联苯肼酯悬浮剂、30%乙唑螨腈悬浮剂和25%丁醚脲悬浮剂。

表4 杀虫剂对林下黄精田间桃蚜的校正防效

Table 4 Corrected control efficacy of insecticides against *Myzus persicae* in under-forest *Polygonatum polygonatum* fileds %

杀虫剂 Insecticide	施用后1 d 1 d after application		施用后3 d 3 d after application		施用后5 d 5 d after application		施用后7 d 7 d after application	
	虫口减退率 Population reduction rate	校正防效 Corrected control efficacy	虫口减退率 Population reduction rate	校正防效 Corrected control efficacy	虫口减退率 Population reduction rate	校正防效 Corrected control efficacy	虫口减退率 Population reduction rate	校正防效 Corrected control efficacy
5%双丙环虫酯可分散液剂 5% afidopyropen DC	82.91± 4.20 Dab	83.87± 3.96 Dab	86.97± 2.85 CDab	88.34± 2.55 CDab	91.74± 1.66 BCab	92.99± 1.41 BCab	96.71± 0.32 Aab	97.35± 0.26 Aa
17%氟吡呋喃酮悬浮剂 17% flupyradifurone SC	87.41± 1.37 Da	88.12± 1.29 Da	89.95± 1.15 Ca	91.01± 1.03 Ca	93.67± 0.87 Ba	94.63± 0.74 Ba	96.96± 0.38 Aa	97.15± 0.31 Aab
25%环氧虫啶可湿性粉剂 25% cycloxaprid WP	76.94± 1.04 Db	78.23± 0.99 Db	81.97± 1.00 Cb	83.86± 0.90 Cb	89.56± 0.58 Babc	91.14± 0.49 Babc	95.81± 0.50 Aab	96.62± 0.40 Aab
50%氟啶虫胺腈水分散粒剂 50% sulfoxaflor WG	83.85± 1.07 Dab	84.76± 1.01 Dab	87.36± 0.92 Cab	88.68± 0.82 Cab	91.63± 0.52 Bab	92.90± 0.44 Bab	95.76± 0.65 Aab	96.59± 0.53 Aab
30%噻虫胺悬浮剂 30% clothianidin SC	80.69± 1.89 Dab	81.77± 1.79 Dab	86.45± 1.10 Cab	87.87± 0.98 Cab	90.61± 0.82 Babc	92.03± 0.7 Babc	95.76± 0.49 Aab	96.58± 0.40 Aab
5%啶虫脒乳油 5% acetamiprid EC	79.80± 1.10 Dab	80.94± 1.04 Dab	84.10± 0.87 Cab	85.77± 0.78 Cab	90.29± 0.58 Babc	91.76± 0.49 Babc	95.49± 0.57 Aab	96.37± 0.46 Aab
25%吡蚜酮可湿性粉剂 25% pymetrozine WP	82.43± 1.17 Dab	83.42± 1.10 Dab	87.52± 0.95 Cab	88.82± 0.86 Cab	90.96± 0.88 Babc	92.33± 0.75 Babc	95.40± 0.80 Aab	96.30± 0.65 Aab
5%吡虫啉可湿性粉剂 5% imidacloprid WP	82.34± 0.66 Dab	83.34± 0.62 Dab	85.96± 0.55 Cab	87.44± 0.50 Cab	91.32± 0.94 Bab	92.64± 0.80 Bab	95.99± 0.64 Aab	95.77± 0.52 Aab
25%噻虫嗪水分散粒剂 25% thiamethoxam WG	77.08± 1.90 Db	78.37± 1.80 Db	83.64± 1.26 Cab	85.35± 1.13 Cab	87.90± 1.09 Bbc	89.72± 0.92 Bbc	93.42± 0.91 Abc	94.71± 0.73 Abc
20%烯啶虫胺可溶液剂 20% nitenpyram SL	78.88± 2.55 Cab	80.07± 2.41 Cab	82.58± 2.19 BCb	84.40± 1.96 BCb	86.23± 1.91 ABc	88.31± 1.62 ABc	91.46± 1.36 Ac	93.13± 1.09 Ac

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母、同行不同大写字母分别表示相同时间下各处理间以及相同指标在不同时间下经LSD法检验差异显著(P<0.05)。Data are mean±SE. Different lowercase letters within the same column indicate significant differences among treatments at the same time point, whereas different uppercase letters within the same row indicate significant differences among different time points for the same indicator according to the LSD test (P<0.05).

2.3.4 供试杀虫剂对黄精田间地下害虫的校正防效

30%茚虫威水分散粒剂对小地老虎的校正防效最高,达89.40%,显著高于其余3种杀虫剂的校正防效(74.91%~77.74%),且其对黄精的保护效果(69.72%)也最高;30%茚虫威水分散粒剂对蛴螬的校正防效仍最高,达75.00%,显著高于25%灭幼脲悬浮剂的校正防效(56.25%),且对黄精的保护效果(83.10%)显著高于2%甲维盐乳油(59.16%)和2.5%高效氯氟氰菊酯乳油(53.52%)(表7)。

2.4 黄瓜新小绥螨对黄精田间两种叶螨的校正防效

释放黄瓜新小绥螨后3、5和7 d,其对黄精田间二斑叶螨和山楂叶螨的校正防效均无显著差异,分

别为65.62%和67.19%、79.63和81.50%、90.47%和93.01%（表8）。鉴于黄瓜新小绥螨对二斑叶螨和山楂叶螨的7 d校正防效均高于90.00%，可作为天敌用于黄精田间两种叶螨的生物防治。

表5 杀虫剂对林下黄精田间山楂叶螨的校正防效

Table 5 Corrected control efficacy of insecticides to *Tetranychus viennensis* infesting *Polygonatum polygonatum* under forest canopy

%

杀虫剂 Insecticide	施用后1 d 1 d after application		施用后3 d 3 d after application		施用后5 d 5 d after application		施用后7 d 7 d after application	
	虫口减退率 Population reduction rate	校正防效 Corrected control efficacy	虫口减退率 Population reduction rate	校正防效 Corrected control efficacy	虫口减退率 Population reduction rate	校正防效 Corrected control efficacy	虫口减退率 Population reduction rate	校正防效 Corrected control efficacy
1.8%阿维菌素乳油	86.60±	87.30±	90.80±	91.73±	93.51±	94.49±	95.99±	96.75±
1.8% avermectin EC	1.19 Cab	1.13 Ca	1.26 BCa	1.13 Bab	1.16 ABa	0.99 ABa	0.77 Aa	0.62 Aa
30%乙唑螨腈悬浮剂	86.97±	87.65±	91.51±	92.37±	92.77±	93.86±	93.48±	94.71±
30% cyetpyrafen SC	1.02 Ba	0.97 Ba	0.29 Aa	0.26 Aa	0.36 Aa	0.30 Aa	0.67 Aab	0.55 Aab
43%联苯肼酯悬浮剂	76.72±	77.93±	81.73±	83.58±	87.73±	89.58±	92.08±	93.58±
43% bifenazate SC	2.93 Cbcde	2.77 Cbcd	2.24 BCbc	2.01 BCcd	1.66 ABab	1.41 ABab	0.94 Aabc	0.76 Aabc
25%丁醚脲悬浮剂	82.51±	83.42±	85.72±	87.17±	88.91±	90.58±	91.96±	93.48±
25% diafenthiuron SC	1.78 Cab	1.69 Cab	1.35 BCab	1.22 BCabc	1.41 ABab	1.19 ABab	1.06 Aabc	0.86 Aabc
0.5%藜芦碱悬浮剂	76.87±	78.07±	81.70±	83.55±	85.02±	87.28±	89.93±	91.84±
0.5% veratrine SC	1.13 Cabcde	1.07 Cbcd	1.69 BCbc	1.52 Bcd	1.44 ABbc	1.22 ABbc	0.59 Abcd	0.72 Abcd
0.3%印楝素乳油	67.23±	68.93±	75.59±	78.06±	82.91±	85.50±	89.11±	91.17±
0.3% azadirachtin EC	4.27 Ce	4.05 Ce	2.97 BCc	2.67 BCd	1.23 ABbc	1.05 ABbc	1.03 Abcd	0.84 Abcd
22.4%螺虫乙酯悬浮剂	78.20±	79.33±	81.64±	83.50±	85.94±	88.06±	89.06±	91.13±
22.4% spirotetramat SC	2.88 Babcd	2.73 Bbc	2.97 ABbc	2.67 ABcd	1.97 ABbc	1.67 ABbc	1.88 Abcd	1.52 Abcd
0.36%苦参碱水剂	81.35±	82.32±	83.20±	84.07±	85.78±	87.93±	88.40±	90.59±
0.36% matrine AS	1.19 Cabc	1.13 Bab	0.98 BCabc	0.93 Bbcd	0.63 ABbc	0.53 Abc	0.53 Acd	0.43 Acd
11%乙螨唑悬浮剂	71.59±	73.07±	80.25±	82.25±	84.24±	86.63±	88.05±	90.31±
11% etoxazole SC	1.71 Ccde	1.63 Ccde	1.55 Bbc	1.39 Bcd	1.46 ABbc	1.24 ABbc	0.97 Acd	0.79 Acd
24%螺螨酯悬浮剂	71.07±	72.57±	77.61±	79.89±	80.92±	83.80±	86.59±	89.13±
24% spirotetramat SC	0.56 Cde	0.53 Dde	1.24 Bbc	1.11 Ccd	0.96 Bc	0.81 Bc	1.16 Ad	0.94 Ad

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母、同行不同大写字母分别表示相同时间下各处理间以及相同指标在不同时间下经LSD法检验差异显著（$P<0.05$）。Data are mean±SE. Different lowercase letters within the same column and different uppercase letters within the same row indicate significant differences among treatments at the same time point and among different time ponits for the same indicator, respectively, according to the LSD test ($P<0.05$).

3 讨论

明确黄精主要靶标害虫及天敌生物的发生规律，有助于构建黄精害虫的综合防控技术体系，减少害虫对黄精产量和品质的影响。杨秀华等（2024）研究发现贵州省松桃县黄精田间红蜘蛛盛发期为5月中旬，6月下旬至7月中旬为害最重，每年5月底至6月中旬蛴螬为害较严重。张征和姚卫平（2021）研究发现，安徽省池州市黄精田小地老虎一年发生3~4代，老熟幼虫或蛹在土中越冬，一般在3月中下旬和4月上中旬出现两个高峰期。孙世伟（2007）对陕西省汉中地区黄精主要害虫和天敌发生规律进行详细研究，6月下旬至8月初为二斑叶螨猖獗为害期，百叶螨量均在1 000头以上；山楂叶螨年度发生有3个高峰，分别为5月上中旬、6月中旬和7月中旬，百叶螨量最高达1 759头；小地老虎幼虫在4—6月为害最重，高峰期出现在5月中下旬；蛴螬在不同土层深度发生规律存在较大差异，例如0~10 cm深度土层蛴螬在7月达到峰值（716头/0.25 m^2）；6月初蜘蛛数量达到峰值，6月上旬瓢虫数量达到峰值，蜘蛛和瓢虫的发生高峰期都比蚜虫的发生高峰期晚。本研究结果表明，黄精主要靶标害虫桃蚜、二斑叶螨、山楂叶螨、小地老虎和蛴螬及天敌瓢虫和蜘蛛种群动态变化呈现较强的规律性，黄精田间桃蚜仅有1个发生高峰期，为6月下旬至7月初，二斑叶螨发生高峰期为7月中上旬，山楂叶螨发生高峰期为6月中旬和7月上旬，小地老虎发生高峰期为6月中下旬、7月上旬和8月中下旬，蛴螬发生高峰期为8—10月，土层越深，蛴螬发生高峰期越晚，而天敌瓢虫和蜘蛛的发生高峰期为7月上旬。本研究调查地点海拔约

为700 m，日均温度随海拔升高而降低，推测环境温度可能是主要靶标害虫和天敌发生高峰期与其他研究所在区域存在差异的主要原因。此外，黄精主要靶标害虫及天敌的发生高峰期存在一定程度的跟随效应，据此制订防治关键期，可增加防治效率和生物安全性。

表6 杀虫剂对林下黄精田间二斑叶螨的校正防效

Table 6 Corrected control efficacy of insecticides against *Tetranychus urticae* in under-forest *Polygonatum polygonatum* fields %

杀虫剂 Insecticide	施用后1 d 1 d after application		施用后3 d 3 d after application		施用后5 d 5 d after application		施用后7 d 7 d after application	
	虫口减退率 Population reduction rate	校正防效 Corrected control efficacy	虫口减退率 Population reduction rate	校正防效 Corrected control efficacy	虫口减退率 Population reduction rate	校正防效 Corrected control efficacy	虫口减退率 Population reduction rate	校正防效 Corrected control efficacy
1.8%阿维菌素乳油	76.94±	78.07±	79.93±	81.73±	84.88±	86.82±	89.97±	91.60±
1.8% avermectin EC	0.61 Da	0.59 Da	0.64 Ca	0.59 Ca	0.64 Ba	0.56 Ba	0.61 Aa	0.51 Aa
43%联苯肼酯悬浮剂	71.20±	72.61±	76.01±	78.16±	82.64±	84.88±	88.48±	90.35±
43% bifenazate SC	0.90 Dbc	0.85 Dbc	0.54 Cabcd	0.49 Cabcd	0.57 Bab	0.50 Bab	0.36 Aab	0.30 Aab
30%乙唑螨腈悬浮剂	70.86±	72.29±	76.04±	78.19±	81.00±	83.45±	88.41±	90.30±
30% cyetpyrafen SC	1.48 Dbc	1.41 Dbc	0.89 Cabcd	0.81 Cabcd	0.66 Babc	0.57 Babc	1.08 Aab	0.90 Aab
25%丁醚脲悬浮剂	70.93±	72.36±	75.38±	77.58±	82.01±	84.32±	86.90±	89.04±
25% diafenthiuron SC	1.58 Dbc	1.50 Dbc	1.26 Cabcd	1.15 Cabcd	1.01 Bab	0.88 Bab	0.86 Aabc	0.72 Aabc
0.36%苦参碱水剂	69.49±	70.98±	74.78±	77.04±	79.79±	82.40±	86.79±	88.58±
0.36% matrine AS	1.38 Cbc	1.31 Dbc	1.70 Bbcd	1.55 Cbcd	1.69 Bbc	1.47 Bbc	0.61 Aabc	0.57 Abc
22.4%螺虫乙酯悬浮剂	68.81±	70.34±	74.72±	76.99±	79.15±	81.84±	84.88±	87.34±
22.4% spirotetramat SC	1.12 Dbc	1.07 Dbc	1.31 Cbcd	1.19 Cbcd	1.44 Bbcd	1.25 Bbcd	0.83 Abc	0.70 Ac
0.5%藜芦碱悬浮剂	73.86±	75.14±	78.69±	80.60±	83.12±	85.29±	84.33±	86.88±
0.5% veratrine SC	0.56 Cab	0.54 Cab	0.65 Bab	0.59 Bab	0.72 Aab	0.62 Aab	0.54 Ac	0.45 Ac
0.3%印楝素乳油	72.36±	73.72±	76.75±	78.83±	79.20±	81.88±	80.74±	83.88±
0.3% azadirachtin EC	1.16 Cab	1.10 Cab	0.77 Babc	0.70 Babc	0.72 ABbcd	0.63 Abcd	0.73 Ad	0.61 Ad
24%螺螨酯悬浮剂	69.15±	70.66±	72.96±	75.38±	76.48±	79.51±	79.77±	83.07±
24% spirotetramat SC	1.24 Cbc	1.18 Dbc	1.11 Bcd	1.01 Ccd	0.98 ABcd	0.85 Bcd	0.78 Ad	0.65 Ad
11%乙螨唑悬浮剂	66.70±	68.33±	71.28±	73.85±	74.95±	78.17±	77.72±	81.36±
11% etoxazole SC	1.52 Cc	1.45 Cc	1.22 BCd	1.11 Bd	1.47 ABd	1.28 ABd	1.25 Ad	1.05 Ad

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母、同行不同大写字母分别表示相同时间下各处理间以及相同指标在不同时间下经LSD法检验差异显著（P<0.05）。Data are mean±SE. Different lowercase letters within the same column and different uppercase letters within the same row indicate significant differences among treatments at the same time point and among different time points for the same indicator, respectively, according to the LSD test (P<0.05).

表7 杀虫剂对林下黄精田间小地老虎和蛴螬的校正防效

Table 7 Corrected control efficacy of insecticids against *Agrotis ipsilon* and scarab grubs in under-forest *Polygonatum polygonatum* fields %

杀虫剂 Insecticide	小地老虎*Agrotis ipsilon*		蛴螬 Scarab grubs	
	校正防效 Corrected control efficacy	保护效果 Protective effect	校正防效 Corrected control efficacy	保护效果 Protective effect
30%茚虫威可湿性粉剂 30% indoxacarb WP	89.40±1.77 a	69.72±4.25 a	75.00±4.48 a	83.10±3.59 a
25%灭幼脲悬浮剂 25% chlorobenzuron SC	77.03±2.30 b	56.88±3.11 ab	56.25±5.36 b	74.65±3.40 ab
2%甲维盐乳油 2% emamectin benzoate EC	74.91±1.52 b	58.72±3.24 ab	67.71±4.48 ab	59.16±2.64 bc
2.5%高效氯氟氰菊酯乳油 2.5% lambda-cyhalothrin EC	77.74±3.09 b	50.46±3.95 b	63.54±3.68 ab	53.52±4.78 c

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母表示各处理间经LSD法检验差异显著（P<0.05）。Data are mean±SE. Different lowercase letters within the same column indicate significant differences among treatments according to the LSD test (P<0.05).

瓢虫和蜘蛛是农田生态系统中重要的捕食性天敌，对维护农田生态系统稳定具有关键作用（田俊策，2010；刘晓微等，2025）。李文强（2017）研究发现，麦田龟纹瓢虫*Propylaea japonica*发生期比麦蚜滞后，二者种群数量动态趋势相关系数为0.930，表明龟纹瓢虫种群与麦蚜种群呈明显的跟随关系。曾维爱等（2016）研究发现，烟田天敌瓢虫种群有跟随鳞翅目害虫种群数量变化的现象。李鹤鹏（2012）研

究表明，捕食性天敌中华草蛉 *Chrysoperla sinica* 数量达到峰值的时间是8月10日，比大豆蚜 *Aphis glycines* 达到峰值的时间滞后5~10 d。杨晓贺等（2011）研究发现，三江平原大豆田小花蝽和食蚜蝇数量达到峰值的时间分别为8月6日和8月16日，草蛉和瓢虫数量达到峰值的时间为8月21日，比大豆蚜达到峰值的时间滞后10~15 d。本研究发现黄精田间蜘蛛和瓢虫种群数量跟随桃蚜种群数量的变化而变化，且发生高峰期晚于桃蚜，与上述研究结果相似。天敌种群动态与靶标害虫种群数量变化呈跟随效应，仅依靠自然来源的天敌进行防控可能导致靶标害虫对农作物造成一定的经济损失。因此，为提升天敌的田间防效，有必要在靶标害虫发生早期增补式释放天敌，以减少跟随效应对目标作物造成的经济损失。

表8 黄瓜新小绥螨对林下黄精田间二斑叶螨和山楂叶螨的校正防效

Table 8 Corrected control efficacy of *Neoseiulus cucumeris* against *Tetranychus urticae* and *Tetranychus viennensis* in under-forest *Polygonatum sibiricum* fields　　%

靶标害虫 Target pest	释放后3 d 3 d after release		释放后5 d 5 d after release		释放后7 d 7 d after release	
	虫口减退率 Population reduction rate	校正防效 Corrected control efficacy	虫口减退率 Population reduction rate	校正防效 Corrected control efficacy	虫口减退率 Population reduction rate	校正防效 Corrected control efficacy
二斑叶螨 *T. urticae*	63.54±2.95 a	65.62±2.79 a	77.90±1.20 a	79.63±1.11 a	89.32±0.92 a	90.47±0.82 a
山楂叶螨 *T. viennensis*	63.46±1.67 a	67.19±1.50 a	75.86±0.48 a	81.85±0.39 a	91.27±0.75 a	93.01±0.60 a

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母表示各处理间经LSD法检验差异显著（$P<0.05$）。Data are mean±SE. Different lowercase letters within the same column indicate significant differences among treatments according to the LSD test ($P<0.05$).

对杀虫剂进行室内毒力测定是筛选高效杀虫剂进行田间防治的理论基础。朱玲（2020）采用药膜法研究表明，噻虫胺、吡虫啉、啶虫脒对桃蚜的室内毒力较强。赵斌荣等（2023）使用浸虫浸叶法测定了18种药剂对西蓝花 *Brassica oleracea* var. *italica* 上桃蚜的室内毒力，其中氟吡呋喃酮、氟啶虫胺腈和阿维菌素的毒力最高，而乙基多杀菌素和高效氯氟氰菊酯的毒力最弱。张学通等（2024）使用浸虫法研究发现氟啶虫胺腈、螺虫乙酯和环氧虫啶对百合 *Lilium brownie* var. *viridulum* 上桃蚜的室内毒力最高。本研究使用浸叶法测定发现，环氧虫啶、双丙环虫酯、氟啶虫胺腈对黄精上桃蚜的室内毒力最高，与上述两项研究结果存在差异，推测是测试方法与虫源不同所致。朱玲（2020）研究发现40%噻虫啉悬浮剂的速效性最好，施用1 d后对烟草 *Nicotiana tabacum* 田间桃蚜的防效达93.64%，但14 d时5%吡虫啉乳油防效最佳（98.5%）。赵斌荣等（2023）研究发现氟啶虫胺腈、虫螨腈、甲维盐、氟吡呋喃酮和噻虫嗪对西蓝花上桃蚜有较好的田间防效，药后7 d达70.10%~90.11%，药后14 d为56.93%~82.55%。张学通等（2024）研究表明氟啶虫胺腈、螺虫乙酯、环氧虫啶、噻虫嗪和吡蚜酮对百合上桃蚜的田间防效最高，为96.89%~100.00%。本研究发现施用5%双丙环虫酯可分散液剂和17%氟吡呋喃酮悬浮剂7 d后对黄精田间桃蚜的校正防效均高于97.00%。温度、湿度、施药器械等多种因素均会影响药剂的田间防效，这是本研究与上述研究结果存在差异的原因。

近年已有多项研究关注化学和生物源杀虫剂对二斑叶螨的室内毒力和田间防效。谢芳（2025）采用浸叶法研究表明螺虫乙酯、乙螨唑和乙唑螨腈对黄瓜 *Cucumis sativus* 上二斑叶螨的室内杀虫活性最好；陈瑞旭等（2024）采用玻片浸渍法研究发现苦参碱、阿维哒螨灵和丁氟螨酯对铁线莲 *Clematis florida* 上二斑叶螨的室内毒力最高；渠元福等（2024）采用玻片浸渍法研究表明联苯肼酯、晴吡螨酯和阿维菌素对食用玫瑰 *Rosa rugosa* 上二斑叶螨成螨的毒力最高。本研究发现苦参碱、螺虫乙酯和阿维菌素对黄精桃蚜的室内毒力最高。供试虫源和生物测定方法的不同可能是造成上述杀虫剂室内毒力存在差异的主要原因。谢芳（2025）研究表明，施用30%乙唑螨腈悬浮剂后7 d和14 d对黄瓜田间二斑叶螨的校正防效为94.66%和95.88%；黄曦等（2024）研究发现30%乙唑螨腈1 000倍液在施用后3 d对二斑叶螨的校正防效最高（72.20%），表明该药剂速效性好。董瑞等（2024）研究表明施用0.5%伊维菌素乳油、43%联苯肼酯悬浮剂、30%腈吡螨酯悬浮剂、20%丁氟螨酯悬浮剂后3 d对草莓 *Fragaria*×*ananassa* 田间二斑叶螨的校正防效均超过90.00%。本研究结果表明施用1.8%阿维菌素乳油、43%联苯肼酯悬浮剂和30%乙唑螨腈悬浮剂7 d后对黄精田间二斑叶螨的校正防效均高于90.00%。在不考虑器械和施药行为差异的前提下，黄瓜、草莓和黄精等

植物株高和叶面积对药液有效性的影响可能是造成杀虫剂田间校正防效存在差异的主要原因。

测定供试杀虫剂对黄精山楂叶螨的室内毒力有助于开展田间防效试验。王泽华等(2015)研究发现阿维菌素、联苯菊酯和联苯肼对山楂叶螨的室内毒力最高,LC_{50}分别为0.019 8、0.032 7和0.178 7 mg/L。封云涛等(2018)研究发现联苯肼酯对山楂叶螨雌成螨有一定毒力,其LC_{50}为37.65 mg/L。李娅等(2025)研究发现阿维菌素和联苯肼酯对山楂叶螨的室内毒力较高,LC_{50}分别为0.085 4 mg/L和106.01 mg/L。本研究发现阿维菌素对山楂叶螨雌成螨有较高的室内毒力,与上述研究结果相似。王泽华等(2015)研究表明联苯肼酯、哒螨灵和阿维菌素施用后7 d对西府海棠*Malus micromalus*上山楂叶螨的校正防效分别为98.90%、99.61%和98.73%,药后14 d校正防效分别为73.35%、68.47%和87.29%。马鸿文(2017)研究发现0.2%印楝素水剂和0.3%苦参碱水剂施用后14 d对桃树*Prunus persica*上山楂叶螨有较高的校正防效(92.8%和85.6%)。封云涛等(2018)研究发现联苯肼酯施用后7 d对山楂叶螨的校正防效为99.65%,药后15 d校正防效为98.84%。王旭民和王喜梅(2024)研究发现3%阿维菌素微乳剂和73%炔螨特乳油施用后7 d对花椒*Zanthoxylum bungeanum*上山楂叶螨的校正防效分别为93.78%和94.89%,药后14 d校正防效分别为92.22%和91.88%。李娅等(2025)研究发现联苯肼酯施用后7 d对山楂叶螨的校正防效(92.86%)显著高于阿维菌素(82.29%)。本研究结果显示,1.8%阿维菌素乳油、30%乙唑螨腈悬浮剂、43%联苯肼酯悬浮剂和25%丁醚脲悬浮剂施用后7 d对黄精田间山楂叶螨的校正防效均高于93.00%,与上述研究结果一致。

小地老虎和蛴螬是为害黄精块茎的主要害虫,对黄精产量和品质有重要影响。本研究发现30%茚虫威可湿性粉剂对黄精田小地老虎和蛴螬的校正防效最高,对黄精块茎的保护效果最好。刘同金等(2010)研究发现氯虫苯甲酰胺对玉米田保苗效果和小地老虎防治效果分别为89.78%和87.23%;陆俊姣等(2016)研究表明高效氟氯氰菊酯对玉米田小地老虎3龄幼虫的毒力最高,LC_{50}为0.46 mg/L,其次为虫酰肼和甲维盐(LC_{50}分别为1.62 mg/L和4.95 mg/L),高效氟氯氰菊酯施用后6 d对小地老虎的田间防效最高(90.91%)。郑旭川等(2020)研究发现5%氯氰菊酯乳油750倍液对烟田小地老虎的田间防效为82.33%。不同杀虫剂对小地老虎的田间防效存在差异,这可能与杀虫剂作用机制、地理种群和作物种类差异有关。洪大伟等(2019)研究发现噻虫胺对马铃薯*Solanum tuberosum*田间蛴螬的防效和块茎果实的保护效果分别为90.00%和84.49%。韩冰等(2020)研究发现丁硫克百威对蛴螬的田间防效最好,达80.00%左右,对马铃薯茎块的保护率最高(56.54%),而阿维菌素对蛴螬的田间防效(50.00%)和块茎保护率(32.90%)最差。王广昌等(2020)研究发现吡虫啉拌种对花生*Arachis hypogaea*田蛴螬的田间防效为86.8%,对花生的保果效果为77.6%,且安全性较好。兰孟焦等(2022)研究发现噻虫嗪对甘薯*Ipomoea batatas*田间蛴螬的防效(83.74%)高于辛硫磷及其混剂。朱海燕和孙明娜(2025)研究表明,阿维菌素和吡虫啉施用后15 d对芹菜*Apium graveolens*田间蛴螬的校正防效分别为90.32%和95.31%。在上述研究中,部分杀虫剂对小地老虎和蛴螬的田间防效高于茚虫威,可能由于杀虫剂剂型、施药剂量、作物种类等因素不同所致。为减少黄精块茎中的农药残留,提高对小地老虎和蛴螬等地下害虫的防效,在未来研究中应扩大环境友好、低毒性、低残留、生物源杀虫剂的筛选范围。

田间释放天敌捕食螨可有效防控二斑叶螨和山楂叶螨。方帆等(2018)研究表明,按照50头/株和100头/株释放黄瓜新小绥螨对大棚草莓上二斑叶螨的防效显著,14 d后校正防效大于90%。马永强和李秋荣(2019)研究发现,在日光温室按2 500头/株释放黄瓜新小绥螨后3、7和14 d对樱桃*Prunus pseudocerasus*上二斑叶螨的防效分别达69.84%、90.02%和95.36%。公义(2021)在苹果全爪螨*Panonychus ulmi*发生盛期的初期释放黄瓜新小绥螨,15 d后防效为61.24%。唐文颖等(2021)研究发现加州新小绥螨*Neoseiulus californicus*对苹果全爪螨和山楂叶螨的防效达84.8%~100.0%,东方钝绥螨*Amblyseius orientalis*对山楂叶螨的防效达90.0%~100.0%,且东方钝绥螨的防效略优于加州新小绥螨。李慧玲等(2022)研究发现,在茶园害螨盛发期前按照80万头~105万头/hm^2释放黄瓜新小绥螨后20 d,对茶跗线螨*Polyphagotarsonemus latus*和茶橙瘿螨*Acaphylla theae*的防效分别为76.13%和81.76%。李秋荣等(2022)研究表明连续2年按375万头/hm^2释放黄瓜新小绥螨后30 d,对二斑叶螨的防效分别达66.78%和67.06%。本研究发现释放黄瓜新小绥螨后7 d对黄精田间二斑叶螨和山楂叶螨的校正防效均高于90%,与上述杀虫剂对二斑叶螨和山楂叶

螨的田间防效一致，表明在防治黄精田间这两种叶螨时，可使用黄瓜新小绥螨替代化学杀虫剂，从而减少杀虫剂残留和环境污染，为黄精螨类绿色防控提供更多选择。

参 考 文 献（References）

Chen RX, Dou HQ, Ming HY, Yang HT, Song W, 2024. Toxicity test of seven acaricides on *Tetranychus urticaris* on *Clematis*[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 52(18): 112−117 (in Chinese) [陈瑞旭, 窦宏奇, 明浩宇, 杨鹤同, 宋微, 2024. 7种杀螨剂对铁线莲二斑叶螨的室内毒力测定[J]. 安徽农业科学, 52(18): 112−117]

Dong R, Xu DD, Li YH, Wang SL, 2024. Field control efficacy of different pesticides to *Tetranychus urticae* and *T. truncatus*[J]. China Vegetables(1): 96−100 (in Chinese) [董瑞, 徐丹丹, 李玉焕, 王少丽, 2024. 不同药剂对二斑叶螨和截形叶螨的田间防效研究[J]. 中国蔬菜(1): 96−100]

Du CL, Yao J, Li AY, Cui YG, 2006. High-yield and pollution-free cultivation techniques of *Polygonum multiflorum* Thunb and *Polygonatum sibiricum* Thunb[J]. Journal of Agriculture(3): 28−29 (in Chinese) [杜春莲, 姚军, 李爱云, 崔玉国, 2006. 泰山何首乌及泰山黄精高产无公害栽培技术[J]. 中国农村小康科技(3): 28−29]

Fang F, Jin WJ, Huang H, Shang LC, Hu YY, Xu DY, Cao MJ, Huang F, Ling MH, 2018. Effect of releasing *Amblyseius cucumeris* on the populations of *Tetranychus urticae* Koch in greenhouse strawberry[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 59(9): 1538−1539 (in Chinese) [方帆, 金文娟, 黄华, 尚林冲, 胡艳艳, 徐冬毅, 曹梦娇, 黄芳, 凌明华, 2018. 释放胡瓜钝绥螨对大棚草莓二斑叶螨种群数量的影响[J]. 浙江农业科学, 59(9): 1538−1539]

Feng YT, Guo XJ, Yu Q, Zhang RX, Zhang M, Shi GC, Fan RJ, 2018. Selection of *Amphitetranychus viennensis* for resistance to spirodiclofen and cross-resistance to seven other acaricides[J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 55(3): 497−502 (in Chinese) [封云涛, 郭晓君, 庾琴, 张润祥, 张苗, 史高川, 范仁俊, 2018. 山楂叶螨对螺螨酯的抗药性及对七种杀螨剂的交互抗性[J]. 应用昆虫学报, 55(3): 497−502]

Gong Y, 2021. Control effect of *Amblyseius cucumeris* on *Panonychus ulmi*[J]. China Plant Protection, 41(7): 71−73 (in Chinese) [公义, 2021. 胡瓜钝绥螨对苹果全爪螨的防效[J]. 中国植保导刊, 41(7): 71−73]

Guo QY, Zhang TX, Lu JF, Zhao JN, Yan Y, Wang HL, 2021. Harm and control techniques of red spider mite on *Polygonatum kingianum*[J]. Yunnan Agricultural Science and Technology(5): 38−41 (in Chinese) [郭乔仪, 张天祥, 鲁菊芬, 赵坚能, 严燕, 王洪丽, 2021. 滇黄精红蜘蛛危害及防治技术[J]. 云南农业科技(5): 38−41]

Han B, Wang HD, Han S, Liu AY, Li DG, 2020. Field efficacy trail of four kinds of pesticides against underground pests of potato[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 24(4): 40−42, 66 (in Chinese) [韩冰, 王宏栋, 韩双, 刘爱月, 李冬刚, 2020. 4种药剂防治马铃薯地下害虫田间药效试验[J]. 河北农业科学, 24(4): 40−42, 66]

He YY, Long XM, Yang HQ, Du GZ, Sun GL, Chen B, 2024. Composition structure and diversity of arthropod communities in *Polygonatum kingianum* field under *Pinus kesiya* var. *langbianensis* forest[J]. Journal of Southern Agriculture, 55(1): 117−127 (in Chinese) [何艳艳, 龙晓明, 杨虎权, 杜广祖, 孙淦琳, 陈斌, 2024. 思茅松林下黄精田节肢动物群落组成结构及多样性分析[J]. 南方农业学报, 55(1): 117−127]

Hong DW, Huang TT, Li MY, Yuan ST, Wei GS, 2019. Field efficacy control of thiamethoxam 10% amine seed processing dry powder on grub of potato fields[J]. Agrochemicals, 58(9): 682−683, 686 (in Chinese) [洪大伟, 黄彤彤, 李梦瑶, 苑士涛, 魏国树, 2019. 10%噻虫胺种子处理干粉剂防治马铃薯田蛴螬的田间防效[J]. 农药, 58(9): 682−683, 686]

Huang X, He YF, Xi W, Cheng ZR, Liu Y, Li YN, Yan F, Tian YX, 2024. Control effect of different insecticides on *Tetranychus urticae* in strawberry[J]. Yunnan Agricultural Science and Technology(S1): 49−52 (in Chinese) [黄曦, 贺艳粉, 习伟, 成志荣, 刘英, 李悦娜, 严芳, 田有霞, 2024. 不同药剂对草莓二斑叶螨的防治效果[J]. 云南农业科技(S1): 49−52]

Jiang YF, Xie JQ, Pan XH, 2021. Occurrence and control of common diseases and insect pests in *Polygonatum sibiricum*[J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology(11): 279−282 (in Chinese) [蒋燕锋, 谢建秋, 潘心禾, 2021. 黄精常见病虫害的发生与防治[J]. 农业科技通讯(11): 279−282]

Lan MJ, Wu WS, Xiao MQ, Pan H, Hou LY, Ge RH, 2022. Control effect of four pesticides and their mixture on underground pest of sweetpotato[J]. Plant Protection, 48(2): 283−288 (in Chinese) [兰孟焦, 吴问胜, 肖满秋, 潘皓, 侯隆英, 葛瑞华, 2022. 4种药剂及其混配组合对甘薯地下害虫的田间防效[J]. 植物保护, 48(2): 283−288]

Li HL, Zhang H, Chen HH, Li LD, Liu FJ, Wang DF, Zeng MS, Wu GY, Wang QS, 2022. Efficacy of *Amblyseius cucumeris* Oudemans on predating phytophagous mites at tea plantations[J]. Acta Tea Sinica, 63(1): 46−51 (in Chinese) [李慧玲, 张辉, 陈辉煌, 李良德, 刘丰静, 王定锋, 曾明森, 吴光远, 王庆森, 2022. 胡瓜钝绥螨对茶园两种害螨的防治效果[J]. 茶叶学报, 63(1): 46−51]

Li HP, 2012. Occurrence rule of soybean aphid and natural enemies in Suihua Region[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences(5): 70−73 (in Chinese) [李鹤鹏, 2012. 绥化地区大豆田蚜虫及其天敌发生规律的研究[J]. 黑龙江农业科学(5): 70−73]

Li JJ, Hu TY, Wang GB, Nie PC, Xiao HC, Shang SQ, 2020. Virulence and field control efficacy of nine acaricides against two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* in strawberry[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 29(6): 921−927 (in Chinese) [李鉴鉴, 胡铁源, 王冠博, 聂鹏成, 肖慧昌, 尚素琴, 2020. 9种杀螨剂对草莓二斑叶螨的室内毒力及田间药效试验[J]. 西北农业学报, 29(6): 921−927]

Li QR, Hou L, Shao HN, Liu YX, Liu SY, Xian WR, 2022. Control effect of *Amblyseius cucumeris* (Oudemans) and miticides against *Tetranychus urticae* Koch on facility peanuts in Qinghai Plateau[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 50(23): 127−130, 178 (in Chinese) [李秋荣, 侯璐, 邵海南, 刘雲祥, 刘思雨, 咸文荣, 2022.

胡瓜钝绥螨及杀螨剂对青海高原设施花生二斑叶螨的防效[J]. 安徽农业科学, 50(23): 127−130, 178]

Li WQ, Lu ZB, Li LL, Guan XM, Dong S, Ye BH, Yu Y, Men XY, 2017. Study on population dynamics and economic threshold of *Mythimna separate* in winter wheat fields in Jining District[J]. Shandong Agricultural Sciences, 49(11): 110−113 (in Chinese) [李文强, 卢增斌, 李丽莉, 关秀敏, 董松, 叶保华, 于毅, 门兴元, 2017. 济宁地区麦田粘虫种群监测及防治指标研究[J]. 山东农业科学, 49(11): 110−113]

Li Y, Guo XJ, Chang YS, Feng YT, Zhang RX, 2025. Co-toxicity of bifenazate and abamectin to *Amphitetranychus viennensis*[J]. Plant Protection, 51(3): 296−300 (in Chinese) [李娅, 郭晓君, 畅元生, 封云涛, 张润祥, 2025. 联苯肼酯与阿维菌素对山楂叶螨的联合毒力[J]. 植物保护, 51(3): 296−300]

Liu TJ, Zhuang QY, Zhao W, Dai Z, 2010. Chlorantraniliprole for controlling *Agrotis ipsilon* and *Ostrinia nubilalis* in maize field[J]. Shandong Agricultural Sciences, 42(9): 81−82 (in Chinese) [刘同金, 庄乾营, 赵维, 戴争, 2010. 氯虫苯甲酰胺防治玉米田小地老虎和玉米螟试验[J]. 山东农业科学, 42(9): 81−82]

Liu XW, Lu YH, Yang YJ, Xu HX, Lü ZX, 2025. Evaluation of the synergistic effects of functional plants *Cnidium monnieri* and *Vicia faba* on conserving predatory natural enemies in wheat fields[J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 62(3): 594−606 (in Chinese) [刘晓微, 鲁艳辉, 杨亚军, 徐红星, 吕仲贤, 2025. 功能植物蛇床草和蚕豆协同涵养麦田捕食性天敌的效果评价[J]. 应用昆虫学报, 62(3): 594−606]

Liu Y, Jia P, Yang LH, Tang HY, Zhang JZ, 2021. Occurrence and control of diseases and insect pests of *Polygonatum kingianum* under different planting modes in Pu'er City[J]. Forest Science and Technology(12): 76−79 (in Chinese) [刘悦, 贾平, 杨利华, 唐红燕, 张建珠, 2021. 普洱市滇黄精不同种植模式病虫害发生与防治[J]. 林业科技通讯(12): 76−79]

Long Y, Ma SF, Zhang GJ, Li Z, 2023. Research progress in pest control of *Polygonatum*[J]. Tillage and Cultivation, 43(5): 63−66 (in Chinese) [龙艳, 麻生富, 张国俊, 李忠, 2023. 黄精病虫害防治研究进展[J]. 耕作与栽培, 43(5): 63−66]

Lu JJ, Dong JM, Zhao RH, Ren MF, 2016. Toxicity and field control effect of four pesticides on *Agrotis ipsilon* larvae[J]. China Plant Protection, 36(2): 60−62 (in Chinese) [陆俊姣, 董晋明, 赵荣华, 任美凤, 2016. 4种药剂对小地老虎幼虫的毒力及田间防效[J]. 中国植保导刊, 36(2): 60−62]

Lu LH, 2010. Study on characteristics of reproductive biology of *Polygonatum sibiricum* Redoute and the growth of its main pest *Tetranychus urticae* Koch[D]. Yangling: Northwest A&F University (in Chinese) [陆丽华, 2010. 黄精生殖生物学特性及其主要害虫二斑叶螨生长发育的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学]

Ma HW, 2017. Efficacy test of five botanical pesticides against *Tetranychus viennensis* on peach tree[J]. Forest Science and Technology(9): 48−50 (in Chinese) [马鸿文, 2017. 5种植物源农药对桃山楂叶螨的药效试验[J]. 林业科技通讯(9): 48−50]

Ma YQ, Li QR, 2019. Control effect of *Amblyseius cucumeris* on *Tetranychus urticae* in greenhouse sweet cherry[J]. Qinghai Science and Technology, 26(5): 13−15 (in Chinese) [马永强, 李秋荣, 2019. 胡瓜钝绥螨对温室甜樱桃二斑叶螨的防治效果[J]. 青海科技, 26(5): 13−15]

Qu YF, Zhu GD, Shan SL, Zhao H, Jin Y, Zhang GF, 2024. Evaluation of indoor toxicity and field control effects of seven insecticides against edible rose mites[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 52(3): 129−136 (in Chinese) [渠元福, 祝国栋, 单素兰, 赵华, 金岩, 张国福, 2024. 7种药剂对食用玫瑰叶螨的室内毒力及田间防治效果评价[J]. 山西农业科学, 52(3): 129−136]

Sun SW, 2007. Studies on occurrence and control technique of the major pests on *Polygonatum sibiricum* Redoute in Hanzhong area[D]. Yangling: Northwest A&F University (in Chinese) [孙世伟, 2007. 汉中地区黄精主要害虫发生及防治技术研究D]. 杨凌: 西北农林科技大学]

Sun SW, Liu AQ, Sang LW, Gou YF, Li XL, 2009. Control efficiency of five common miticides to *Tetranychus urticae* Koch on *Polygonatum sibiricum* Redoute[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 22(3): 655−658 (in Chinese) [孙世伟, 刘爱勤, 桑利伟, 苟亚峰, 李修炼, 2009. 5种杀螨剂对黄精二斑叶螨防治试验[J]. 西南农业学报, 22(3): 655−658]

Tang WY, Qu CH, Yang QM, Xiao YL, 2021. Control of leaf mites by two predatory mites in apple orchards[J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 58(1): 181−186 (in Chinese) [唐文颖, 曲诚怀, 杨勤民, 肖云丽, 2021. 两种捕食螨对苹果园叶螨的控制效果[J]. 应用昆虫学报, 58(1): 181−186]

Tian JC, 2010. Biotransfer of insecticidal proteins in food chains of Bt rice-herbivores-spiders and the impact of Bt rice on representative spider in paddy field[D]. Hangzhou: Zhejiang University (in Chinese) [田俊策, 2010. 杀虫蛋白在Bt水稻-植食者-蜘蛛食物链中的传递规律及对稻田代表性蜘蛛的影响[D]. 杭州: 浙江大学]

Tian XL, Ran W, Lu HX, Lu Q, 2024. High-yield cultivation techniques and pest control measures of *Polygonatum sibiricum* under *Camellia oleifera* forest[J]. Seed Science & Technology, 42(15): 4−6 (in Chinese) [田雪丽, 冉舞, 陆红霞, 陆琦, 2024. 油茶林下黄精高产栽培技术及病虫害防治措施[J]. 种子科技, 42(15): 4−6]

Wang GC, He S, Wang HH, 2020. Field efficacy of 60% imidacloprid suspension seed coating agent against peanut grubs[J]. Plant Doctor(2): 70−72 (in Chinese) [王广昌, 何山, 王恒华, 2020. 60%吡虫啉悬浮种衣剂防治花生蛴螬的田间药效[J]. 植物医生(2): 70−72]

Wang XM, Wang XM, 2024. Experiment on occurrence and control of *Tetranychus viennensis* of *Zanthoxylum bungeanum* in Tianshui City[J]. Forest Science and Technology(6): 103−105 (in Chinese) [王旭民, 王喜梅, 2024. 天水市花椒山楂叶螨发生与药剂防治试验[J]. 林业科技通讯(6): 103−105]

Wang ZH, Wei SJ, Shi BC, Cui WX, Kang ZJ, Gong YJ, 2015. Bioassay and field control efficacy of six acaricides against *Tetranychus viennensis* Zacher[J]. Northern Horticulture(13): 128−131 (in Chinese) [王泽华, 魏书军, 石宝才, 崔文夏, 康总江, 宫亚军, 2015. 六种杀螨剂对山楂叶螨的室内毒力和田间防效[J]. 北方园艺(13): 128−131]

Wen ZR, Zhang X, Ning YL, Wang ZJ, Du XH, Wang AK, Cai HJ, Bi

YF, 2024. Research progress on the effects of different habitats on the growth and active ingredients of *Polygonatum cyrtonema* under the forest[J]. Journal of Bamboo Research, 43(1): 81−87 (in Chinese) [温作荣, 张旭, 宁祎琳, 王子杰, 杜旭华, 王安可, 蔡函江, 毕毓芳, 2024. 不同生境条件对林下多花黄精生长及有效成分的影响研究进展[J]. 竹子学报, 43(1): 81−87]

Xie F, 2025. Indoor toxicity determination and field efficacy test of five pesticides against *Tetranychus urticae*[J]. South China Agriculture, 19(6): 1−3 (in Chinese) [谢芳, 2025. 五种药剂对二斑叶螨的室内毒力测定及田间防效试验[J]. 南方农业, 19(6): 1−3]

Yang XH, Wu GC, Liu LB, Shi QL, 2024. Occurrence regularity and control of diseases and insect pests f *Polygonatum sibiricum* under different planting modes[J]. Seed Science & Technology, 42(24): 95−98 (in Chinese) [杨秀华, 吴国才, 刘立波, 石乔龙, 2024. 黄精不同种植模式病虫害发生规律与防治[J]. 种子科技, 42(24): 95−98]

Yang XH, Zhang Y, Ding JJ, Gu X, Shen HB, Sun YQ, 2011. Population occurrence of soybean aphid and its natural enemies in Sanjiang Plain area[J]. Soybean Science, 30(4): 700−702 (in Chinese) [杨晓贺, 张瑜, 丁俊杰, 顾鑫, 申宏波, 孙瑀琪, 2011. 三江平原地区大豆蚜虫及其天敌种群发生规律的研究[J]. 大豆科学, 30(4): 700−702]

Zeng WA, Li M, Tan L, Zhou G, Li F, Cai HL, He Z, Hu QL, Yan XW, Guo T, 2016. Species diversity of natural enemy insects and population dynamic of main pest insects in Changsha tobacco areas[J]. Chinese Tobacco Science, 37(5): 63−67 (in Chinese) [曾维爱, 李密, 谭琳, 周刚, 李帆, 蔡海林, 何振, 胡秋龙, 颜学武, 郭婷, 2016. 长沙烟区天敌昆虫物种多样性及其与主要害虫的消长动态[J]. 中国烟草科学, 37(5): 63−67]

Zhang GC, Zhang NN, Zhang PJ, Yang J, Liu ZF, He LF, Gao Y, 2024. Detection of resistance level and mutation frequency of resistance genes to common acaricides against the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae*[J]. China Fruits(12): 97−101 (in Chinese) [张国才, 张宁宁, 张鹏九, 杨静, 刘中芳, 禾丽菲, 高越, 2024. 苹果园二斑叶螨对常用杀螨剂的抗性水平及抗性基因突变频率检测[J]. 中国果树(12): 97−101]

Zhang X, 2012. Study on Characteristics of reproductive biology of *Polygonatum sibiricum* Redoute and the growth of its main pest *Tetranychus urticaethe* Koch[D]. Yangling: Northwest A&F University (in Chinese) [张欣, 2012. 黄精主要害虫二斑叶螨的生长发育与生物农药残留研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学]

Zhang X, Li XL, Liang ZS, Li JJ, 2012. Potential management capacity investigation of *Chrysopa pallens* (Hymenopter: Chrysopidae) to *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae) on the host plant sealwort in different environmental temperatures[J]. Journal of Environmental Entomology, 34(2): 214−219 (in Chinese) [张欣, 李修炼, 梁宗锁, 李建军, 2012. 不同环境温度下大草蛉对黄精主要害虫二斑叶螨的控害潜能评估[J]. 环境昆虫学报, 34(2): 214−219]

Zhang XT, Zhao YL, Sun ZR, 2024. Indoor insecticidal activity and the effect of field control of 5 agents against *Lilium davidii Myzus persicae*[J]. Agricultural Technology & Equipment(4): 73−75, 78 (in Chinese [张学通, 赵亚丽, 孙志蓉, 2024. 5种药剂对兰州百合桃蚜的室内杀虫活性及田间防治效果[J]. 农业技术与装备(4): 73−75, 78]

Zhang Z, Yao WP, 2021. Main pest types of *Polygonatum sibiricum* in Chizhou City and its green control techniques[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 27(16): 120−121 (in Chinese) [张征, 姚卫平, 2021. 池州市九华黄精主要病虫害类型及绿色防控技术[J]. 安徽农学通报, 27(16): 120−121]

Zhao BR, Tian XX, Chai JF, Jing LL, Zhang HY, Hong B, Jia YX, 2023. Laboratory insecticides screening and field efficacy evaluation against *Myzus persicae* on broccoli field[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 60(3): 547−554 (in Chinese) [赵斌荣, 田晓曦, 柴军发, 景亮亮, 张红艳, 洪波, 贾彦霞, 2023. 西蓝花田桃蚜的室内药剂筛选及田间药效评价[J]. 新疆农业科学, 60(3): 547−554]

Zheng XC, Zeng XL, Zhang S, Xiong W, Yang C, Wang WN, Liu QS, 2020. Effects of different agents on the control effect of black cutworm and tobacco leaf quality in Chongqing tobacco area[J]. Modern Agricultural Science and Technology(21): 127−128, 130 (in Chinese [郑旭川, 曾宪立, 张帅, 熊伟, 杨超, 王伟宁, 刘强树, 2020. 不同药剂对重庆烟区小地老虎防效及烟叶质量的影响[J]. 现代农业科技(21): 127−128, 130]

Zhou TF, Shi CH, Yu JZ, Huang HT, 2011. Evaluation of field control effect of *Amblyseius cucumeris* against *Acaphylla theae*[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 52(5): 1114−1116 (in Chinese) [周铁锋, 石春华, 余继忠, 黄海涛, 2011. 胡瓜钝绥螨对茶橙瘿螨田间防效评价[J]. 浙江农业科学, 52(5): 1114−1116]

Zhou XZ, Su HL, Chen Y, Gao H, Tang JY, Shan JP, 2017. Occurrence regularity of major diseases of *Polygonatum sibiricum*[J]. Fujian Agricultural Science and Technology, 48(10): 25−27 (in Chinese) [周先治, 苏海兰, 陈阳, 高晖, 唐建阳, 单寄坪, 2017. 多花黄精主要病害发生规律调查[J]. 福建农业科技, 48(10): 25−27]

Zhu HY, Sun MN, 2025. Study on the control effect and residue of different pesticides on celery underground pests[J]. Modern Agricultural Science and Technology(5): 89−92 (in Chinese) [朱海燕, 孙明娜, 2025. 不同药剂对芹菜地下害虫的防效及残留量研究[J]. 现代农业科技(5): 89−92]

Zhu L, 2020. Toxicity testing and field efficacy evaluation of six neonicotinoid insecticides against *Myzus persicae*[J]. Wuyi Science Journal, 36(2): 88−93 (in Chinese) [朱玲, 2020. 6种新烟碱类杀虫剂对桃蚜的毒力测定及田间药效评价[J]. 武夷科学, 36(2): 88−93]

Zhu SL, Yang M, Huang HM, Liu QX, Ye C, Mei XY, Deng WP, Guo CW, Chen B, Zheng WJ, et al., 2025. Research advances in Chinese medicinal herb ecological cultivation under forest[J]. Journal of Plant Protection, 52(2): 253−266 (in Chinese) [朱书生, 杨敏, 黄惠川, 刘屹湘, 叶辰, 梅馨月, 邓维萍, 郭存武, 陈斌, 郑文杰, 等, 2025. 药用植物林下生态种植的理论和技术创新与实践[J]. 植物保护学报, 52(2): 253−266]

（责任编辑：李美娟）