

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2026.01.001

蓝莓主要病虫害综合防治技术研究进展

范真槐^{1,2}, 刘文珊¹, 高韩², 邱宝利^{1,2}

- 活性物质生物技术教育部工程研究中心/重庆师范大学生命科学学院, 重庆 401331;
- 重庆市现代山地智慧农业学院, 重庆 401331

摘要: 蓝莓作为一种重要的浆果作物, 具有较高的营养价值和经济价值, 已在我国多个省市实现规模化种植。病虫害的发生是制约蓝莓健康栽培和产业可持续发展的关键因素。本文系统综述了国内外蓝莓病虫害的种类及其研究进展, 重点阐明了各主要病虫害的发生规律、为害特征及其防治技术的研究现状, 最后提出了蓝莓产业发展中存在的问题和挑战, 并对蓝莓病虫害综合治理的未来发展方向进行了展望, 以期为蓝莓产业的可持续健康发展提供科学依据和实践参考。

关键词: 蓝莓; 病虫害; 生物防治;
综合治理

中图分类号: S436.639、S663.9 文献标识码: A

文章编号: 2097-1354(2026)01-0001-16

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Research Advances in Integrated Management of Major Diseases and Pests in Blueberry

FAN Zhenhuai^{1,2}, LIU Wenshan¹, GAO Han², QIU Baoli^{1,2}

- Engineering Research Center of Biotechnology for Active Substances, Ministry of Education / College of Life Science, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China.
- College of Chongqing Modern Mountain Smart Agriculture, Chongqing 401331, China.

Abstract: Blueberries, possess significant nutritional and economic value as a beloved berry in China, are currently cultivated in numerous provinces and cities. The occurrence of the diseases and pests of blueberry is a key factor that restricts the healthy cultivation and sustainable development. This article systematically reviews the types and research progress of blueberry disea-

收稿日期: 2025-03-21

基金项目: 重庆市技术创新与应用发展专项特色作物病虫害自主监控平台研发(CSTB2024TIAD-KPX0015); 重庆师范大学博士人才引进项目(23XLB031); 重庆市研究生科研创新项目(CYS25408)。

作者简介: 范真槐, 硕士研究生, 主要从事农林害虫综合治理方面的研究。

通信作者: 邱宝利, 教授。

ses and pests globally. In addition, we focused on elucidating the occurrence patterns, damage characteristics, and research status of prevention and control technologies of major diseases and pests of blueberry. Finally, we identified the problems and challenges in the development of the blueberry industry and provided a prospect on the future direction of integrated diseases and pests management in blueberries. This article provides scientific basis and practical reference for the sustainable development of the blueberry industry.

Key words: blueberries; diseases and pests; biological control; comprehensive management.

蓝莓(*Vaccinium* spp.), 作为一种深受人们喜爱的浆果, 属于杜鹃花科(Ericaceae)越橘属(*Vaccinium*)植物, 其果实含有花青素、酚类及其他抗氧化物, 而且含有各种维生素和多种微量元素, 具有改善视力、增强免疫力、抗癌等功能, 具有极高的营养价值和药用保健价值^[1-4]。据国际蓝莓组织(IBO)统计, 我国蓝莓种植省份从最初的10个扩大到27个, 2021年中国蓝莓种植面积超过美国, 成为全球最大的蓝莓生产国; 2022年我国蓝莓的栽培面积(77 641 hm²)和总产量(525 300 t)均位居全球首位^[5-7]。经过多年的发展, 我国形成了五大主要蓝莓产区: 长白山(吉林、黑龙江)产区、辽东半岛产区、胶东半岛产区、长江流域产区和西南产区, 并形成了各产区的种植特色^[5, 8]。

随着蓝莓产业的不断扩大, 蓝莓病虫害的发生也越来越频繁, 对我国蓝莓产量影响很大, 蓝莓品质下降, 病虫害防治成本增加, 严重威胁蓝莓产业的经济效益与可持续发展^[9]。目前我国蓝莓产业主要的病害包括根腐病、灰霉病、枝条枯萎病、叶枯病、枯焦病、僵果病、花叶病等^[10-12], 主要的害虫包括蚜虫、介壳虫、蓟马^[12]、果蝇、蛴螬、金龟子^[13-14]等。害虫取食不仅会直接危害蓝莓的根、茎、叶、果实, 还会间接传播病原菌, 导致蓝莓减产, 不利于采摘后的贮藏和保鲜^[1, 15, 16]。因此, 强化蓝莓病虫害防控, 对于提升蓝莓果实的质量及推动我国蓝莓产业迈向更高水平具有重大意义。

1 蓝莓主要病虫害种类

通过对已发表数据的筛选和统计, 我们发现蓝莓的虫害有7目44科81种(表1), 对其危害最严重的是鳞翅目昆虫(16科32种, 数量占比39.51%)和鞘翅目昆虫(8科20种, 数量占比24.69%); 蓝莓的病害有26种(表2), 其中有细菌病害、真菌病害、病毒性病害以及生理性病害。

表1 蓝莓主要虫害及发病情况

目	科	虫害	危害部位	危害程度	地点	危害虫态	参考文献
等翅目 Isoptera	鼻白蚁科 Rhinotermitidae	黄胸散白蚁 <i>Reticulitermes flaviceps</i>	根、茎	重	皖南地区	成虫、幼虫	[17]
	白蚁科 Termitidae	黑翅土白蚁 <i>Odontotermes formosanus</i>	根、茎	重	黔东南地区	成虫、幼虫	[18]
缨翅目 Thysanoptera	蓟马科 Thripidae	西花蓟马 <i>Frankliniella occidentalis</i>	嫩叶、嫩梢	轻	宁波市、辽宁省	成虫、若虫	[19-20]
半翅目 Hemiptera	蜡科 Pentatomidae	蓝蜡 <i>Zicrona caerulea</i>	叶、花、果	轻	黔东南地区	成虫、若虫	[21]
		稻绿蜡 <i>Nezara viridula</i>	叶、花、果	中	黔东南地区	成虫、若虫	[18, 21-22]
		曲胫体缘蜡 <i>Mictis tenebrosa</i>	叶	重	黔东南地区	成虫、若虫	[18]
	粉虱科 Aleyrodidae	温室白粉虱 <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	叶	轻	青岛市、丹东市	成虫、若虫	[23-24]
	红蜡科 Pyrrhocoridae	小斑红蜡 <i>Physopelta cincticollis</i>	叶、茎、花、果	中	黔东南地区	成虫、若虫	[21]
	红脊长蜡 <i>Tropidothorax elegans</i>	叶、芽	轻	贵州省	成虫、若虫	[25]	

续表

目	科	虫害	危害部位	危害程度	地点	危害虫态	参考文献
	蚜科 Aphididae	菜蚜 <i>Lipaphis erysimi</i>	花、叶	轻	湖南省、云南省	成虫、若虫	[10,26]
	叶蝉科 Cicadellidae	大青叶蝉 <i>Cicadella viridis</i>	叶、茎	轻	黔东南地区、青岛市、贵州省、宁波市、辽宁省	成虫、若虫	[1,19,21,24,27]
	蜡蚧科 Coccidae	日本龟蜡蚧 <i>Ceroplastes japonicas</i>	叶、茎	轻	青岛市、福建省	成虫、若虫	[24,28]
	盾蚧科 Diaspididae	桑白蚧 <i>Pseudaulacaspis pentagona</i>	枝、叶、果	轻	青岛市	成虫、若虫	[29]
	粉蚧科 Pseudococcidae	柑橘粉蚧 <i>Pseudococcus citri</i>	枝、叶、果	轻	青岛市	成虫、若虫	[29]
	硕蚧科 Margarodidae	草履蚧 <i>Drosicha corpulenta</i>	枝、叶、果	轻	青岛市	成虫、若虫	[29]
	龟蜡科 Plataspidae	双列圆龟蜡 <i>Coptosoma bifaria</i>	叶、茎	轻	贵州省	成虫、若虫	[25]
	蜡蚧科 Fulgoridae	中华象蜡蚧 <i>Dictyophara sinica</i>	叶、茎	轻	黔东南地区	成虫、若虫	[21]
	广翅蜡蚧科 Ricaniidae	八点广翅蜡蚧 <i>Ricania speculum</i>	茎、叶	轻	宁波市、黔东南	成虫、若虫	[18-19]
鳞翅目 Lepidoptera	蓑蛾科 Psychidae	大蓑蛾 <i>Clania variegata</i>	叶	中	黔东南地区、青岛市、湖南省、宁波市	幼虫	[10,18-19,21,24]
		茶袋蛾 <i>Clania minuscula</i>	叶	中	湖南省	幼虫	[10]
	斑蛾科 Zygaenidae	茶柄脉锦斑蛾 <i>Eterusia aedea</i>	叶、花、果	轻	黔东南地区	幼虫	[21]
	尺蛾科 Geometrinae	丝棉木金星尺蛾 <i>Calospilos suspecta</i>	叶	轻	黔东南地区	幼虫	[18,21]
		木樨尺蛾 <i>Calcula panterinaria</i>	叶、花、果	中	黔东南地区、沈阳市、丹东市	幼虫	[21,23,30]
		茶尺蠖 <i>Ectropis oblique</i>	叶	轻	胶东半岛	幼虫	[31]
	灯蛾科 Hypercompe	八点灰灯蛾 <i>Cretonotos transiens</i>	叶	轻	黔东南地区	幼虫	[21]
		粉蝶灯蛾 <i>Nyctemera adversata</i>	叶	中	黔东南地区	幼虫	[18,21]
		美国白蛾 <i>Hyphantria cunea</i>	叶、茎	轻	青岛市、丹东市、沈阳市	幼虫	[23-24,30]
	毒蛾科 Lymantridae	蓖麻黄毒蛾 <i>Euproctis cryptosticta</i>	叶	轻	黔东南地区	幼虫	[21]
		舞毒蛾 <i>Lymantria dispar</i>	叶、茎、果	中	丹东市、青岛市、福建省	幼虫	[23-24,28,32]
	卷叶蛾科 Tortricidae	黄斑长翅卷蛾 <i>Acleris flobriana</i>	叶	轻	黔东南地区	幼虫	[21]
		苹褐带卷蛾 <i>Adoxophyes orana</i>	叶、茎	中	宁波市、青岛市	幼虫	[19,24]
	枯叶蛾科 Lasiocampidae	李枯叶蛾 <i>Gastropacha quercifolia</i>	叶	轻	黔东南地区	幼虫	[21]
		竹黄毛虫 <i>Philudoria laeta</i>	叶、茎	轻	黔东南地区	幼虫	[21]
		天幕毛虫 <i>Malacosoma neustria</i>	叶	中	丹东市	幼虫	[23]
	螟蛾科 Pyralidae	金黄双斑螟 <i>Orybina flaviplaga</i>	茎尖	中	辽宁省	幼虫	[1]
	夜蛾科 Noctuidae	斑陌夜蛾 <i>Trachea siderifera</i>	根、茎、叶	轻	黔东南地区	幼虫	[21]
		小地老虎 <i>Agrotis ypsilon</i>	茎基、幼根	轻	青岛市、丹东市、沈阳市、贵州省	幼虫	[23-24,27,30]
		斜纹夜蛾 <i>Spodoptera litura</i>	根、茎、叶	轻	云南省、福建省、宁波市	幼虫	[19,26,28]
	天蛾科 Sphingidae	绿尾大蚕蛾 <i>Actias selene</i>	叶、嫩芽	轻	黔东南地区、沈阳市	幼虫	[18,21,30,33]
	巢蛾科 Yponomeutidae	越橘巢蛾 <i>Sardoscelis sphenias</i>	叶、嫩枝、花、果	轻	黔东南地区、湖南省、福建省	幼虫	[10,21,28]
	刺蛾科 Limacodidae	黄刺蛾 <i>Cnidocampa flavescens</i>	叶	中	丹东市、青岛市	幼虫	[23-24]
				轻	湖南省、沈阳市、黔东南地区、福建省	幼虫	[10,22,28,30]
		扁刺蛾 <i>Thosea sinensis</i>	叶	轻	青岛市、福建省、潍坊市、黔东南地区、湖南省	幼虫	[10,18,22,24,28,34]

续表

目	科	虫害	危害部位	危害程度	地点	危害虫态	参考文献
		褐边绿刺蛾 <i>Parasa consocia</i>	叶	中	青岛市、丹东市、 山东半岛、黔东南地区	幼虫	[22-24,35]
		背刺蛾 <i>Belippa horrida</i>	叶	中	黔东南地区	幼虫	[18,22]
		丽绿刺蛾 <i>Parasa lepida</i>	叶	重	宁波市	幼虫	[19]
	大蚕蛾科 Saturniidae	樗蚕蛾 <i>Philosamia cynthia</i>	嫩枝、叶	轻	黔东南地区	幼虫	[18]
	木蠹蛾科 Cossidae	豹蠹蛾 <i>Zeuzera coffeae</i>	茎、叶	轻	贵州省	幼虫	[18,27]
		豹纹木蠹蛾 <i>Zeuzera leuconolum</i>	茎、叶	轻	青岛市、江西省	幼虫	[23-24,36]
	灰蝶科 Lycaenidae	褐红珠灰蝶 <i>Lycaeides subsolana</i>	叶	轻	吉林省	幼虫	[32]
	粉蝶科 Pieridae	云斑粉蝶 <i>Pontia daplidice</i>	叶	轻	吉林省	幼虫	[32]
鞘翅目 Coleoptera	吉丁虫科 Buprestidae	云南脊吉丁 <i>Chalcophora yumana</i>	叶、茎	轻	黔东南地区	幼虫,成虫	[21]
		梨金缘吉丁 <i>Lampralimbata gebler</i>	叶、茎	轻	云南省	幼虫,成虫	[26]
	叩甲科 Elateridae	眼纹斑叩甲 <i>Cryptalaus larvatus</i>	根、茎	轻	黔东南地区	幼虫	[21]
	叶甲科 Chrysomelidae	双斑长跗萤叶甲 <i>Monolepta hieroglyphica</i>	叶	重	丹东市	成虫	[23]
	天牛科 Cerambycidae	松墨天牛 <i>Monochamus alternatus</i>	茎、树干	轻	黔东南地区	幼虫,成虫	[21]
		樟泥色天牛 <i>Uraecha angusta</i>	茎、树干	轻	浙江省	幼虫,成虫	[37]
	象甲科 Curculionidae	大灰象甲 <i>Sympiezomias velatus</i>	果	轻	黔东南地区	幼虫	[21]
	丽金龟科 Rutelidae	中华弧丽金龟 <i>Popillia quadriattata</i>	根、叶、果	轻	黔东南地区、 江苏省	幼虫,成虫	[21,38-40]
				重	丹东市	幼虫,成虫	[23]
		棉花弧丽金龟 <i>Popillia mutans</i>	根、叶、花、果	中	黔东南地区	幼虫,成虫	[18,21-22,39-40]
		铜绿丽金龟 <i>Anomala corpulenta</i>	根、叶、花、果	中	黔东南地区、福建 省、江苏省、青 岛市、湖南省	幼虫,成虫	[10,21-22,24,27-28,38-41]
				重	丹东市、宁波市	幼虫,成虫	[19,23]
		斑喙丽金龟 <i>Adoroetus tenuimaculatus</i>	根、叶、花、果	轻	黔东南地区、 江苏省	幼虫,成虫	[18,21-22,38,40]
				中	湖南省	幼虫,成虫	[10]
				重	云南省	幼虫,成虫	[26]
		墨绿彩丽金龟 <i>Mimela splendens</i>	根、花、叶、果	重	丹东市	幼虫,成虫	[23]
	鳃金龟科 Melolonthidae	大黑鳃金龟 <i>Holotrichia oblita</i>	根、叶、果	重	丹东市、青岛市、黔东南地区	幼虫,成虫	[22-24]
		暗黑鳃金龟 <i>Holotrichia parallela</i>	根、叶	重	青岛市、黔东南地区、宁波市	幼虫,成虫	[19,22,24,39-40]
				轻	福建省、江苏省	幼虫,成虫	[28,38,41]
		粗狭肋鳃金龟 <i>Holotrichia scrobiculata</i>	根、叶	重	贵州省	幼虫,成虫	[39]
				中	贵州省	幼虫,成虫	[39-40]
		大云斑鳃金龟 <i>Polyphylla laticollis</i>	根、叶	中	贵州省	幼虫,成虫	[39]
		黑绒鳃金龟 <i>Serica orientalis</i>	根、花、叶、果	重	贵州省	幼虫,成虫	[39-40]
	花金龟科 Cetoniidae	斑青花金龟 <i>Oryctonia bealiae</i>	根、花、叶	轻	黔东南地区	幼虫,成虫	[21]
				中	贵州省	幼虫,成虫	[39-40]
		小青花金龟 <i>Oryctonia jucunda</i>	根、叶、花、果	轻	江苏省、沈阳市、 青岛市	幼虫,成虫	[25,30,38]
				中	黔东南地区	幼虫,成虫	[21-23,27,39-40]
				重	丹东市	幼虫,成虫	[23]

续表

目	科	虫害	危害部位	危害程度	地点	危害虫态	参考文献
		白星花金龟 <i>Protaetia (Liocola) brevitarsis</i>	根、花、叶、果	轻	黔东南地区、江苏省	幼虫,成虫	[18,21,22,38-40]
				重	宁波市	幼虫,成虫	[19]
双翅目 Diptera	麻蝇科 Sarcophagidae	黑尾黑麻蝇 <i>Helicophagella melanura</i>	果	中	黔东南地区	幼虫,成虫	[21]
	丽蝇科 Calliphoridae	丝光绿蝇 <i>Lucilia sericata</i>	果	中	黔东南地区	幼虫,成虫	[21]
	果蝇科 Drosophilidae	黑腹果蝇 <i>Drosophila melanogaster</i>	果	重	黔东南地区、宁波市、云南省、青岛市	幼虫,成虫	[19,21,24,27,42-44]
				中	湖南省、丹东市、福建省、南京市	幼虫,成虫	[10,23,28,45]
		海德氏果蝇 <i>Drosophila hydei</i>	果	中	青岛市、南京市	幼虫,成虫	[43,45]
		伊米果蝇 <i>Drosophila immigrans</i>	果	中	青岛市、南京市	幼虫,成虫	[43,45]
		斑翅果蝇 <i>Drosophila suzukii</i>	果	中	福建省、青岛市、南京市	幼虫,成虫	[28,43-45]
		变色伏绕眼果蝇 <i>Phortica variegata</i>	果	中	南京市	幼虫,成虫	[45]
直翅目 Orthoptera	蝗科 Acrididae	中华稻蝗 <i>Oryza chinensis</i>	叶	中	黔东南地区	成虫,若虫	[21]
		云斑车蝗 <i>Gastrimargus marmoratus</i>	叶	中	黔东南地区	成虫,若虫	[21]
		短额负蝗 <i>Atractomorpha sinensis</i>	叶	中	黔东南地区	成虫,若虫	[21]
	蝼蛄科 Gryllotalpidae	东方蝼蛄 <i>Gryllotalpa orientalis</i>	根	轻	黔东南地区、云南省、宁波市	幼虫,成虫	[19,21,26-27]

表 2 蓝莓主要病害及发病情况

病害	危害部位	病原	分布地区	参考文献
灰霉病	花、叶、果、果柄	灰绿葡萄孢霉菌 <i>Botrytis cinerea</i>	湖南省、吉林省、福建省、陕西省、贵州省、丹东市、辽宁省	[10, 12, 20, 23-24, 27-28, 46-47]
僵果病	叶、花、茎、果	拟茎点枝枯病菌 <i>Monilinia vaccinii-corymbosi</i>	辽宁省、福建省、江西省、吉林省	[1, 28, 46, 36]
茎溃疡病	茎	丁香假单胞杆菌 <i>Pseudomonas syringae</i>	吉林省、贵州省、辽宁省	[1, 27, 46]
蓝莓根腐病	根、叶	尖孢镰刀菌 <i>Fusarium oxysporum</i> 、疫霉菌属 <i>Phytophthora</i> spp.	陕西省、丹东市、贵州省、青岛市	[12, 23-24, 27, 47]
炭疽病	叶、新梢、嫩芽	尖孢炭疽菌 <i>Colletotrichum acutatum</i> 、胶孢炭疽菌 <i>C.gloeosporioides</i>	辽宁省、福建省、贵州省、青岛市	[20, 24, 27-28]
蓝莓锈病	叶	桃红色孢子霉 <i>Pucciniastrum vaccinii</i> 、少隔多胞锈菌 <i>Phragmidium pauciloculare</i>	贵州省、丹东市	[23, 27, 47]
蓝莓根癌病	根	根癌土壤杆菌 <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	丹东市、吉林省、贵州省	[23, 27, 48]
绿霉病	果	草酸青霉 <i>Penicillium oxalicum</i>	青岛地区	[24]
枝枯病	叶、嫩枝、茎、	棒孢拟盘多毛孢真菌 <i>Pestalotiopsis clavispora</i> 、葡萄座腔菌 <i>Botryosphaeria dothidea</i> 、乌饭树拟茎点霉 <i>Phomopsis vaccinii</i>	贵州省、湖南省、陕西省、福建省、辽宁省	[10, 12, 20, 28, 47]
蓝莓叶枯病	叶	韦斯梅拟盘多毛孢真菌 <i>Pestalotiopsis vismiae</i>	贵州省	[47]
休克病毒病	叶、花	蓝莓休克病毒 <i>Blueberry shock virus</i> , BlShV	福建省	[28]

续表

病害	危害部位	病原	分布地区	参考文献
叶斑病	叶片	巨腔茎点霉 <i>Phoma macrostoma</i>	湖南省隆回县	[10]
白粉病	叶片、花	叉丝壳属菌 <i>Microsphaera vaecinii</i>	贵州省、湖南省	[10, 27]
蓝莓叶片斑点病	叶	小煤炱属菌 <i>Meliola</i> spp.	辽宁省	[1]
链格孢烂果病	果	链格孢菌 <i>Alteraria alternata</i> 极细链格孢 <i>A. tenuissima</i>	青岛地区	[24]
根霉烂果病	果	匍枝根霉 <i>Rhizopus stolonifer</i>	青岛地区	[24]
蓝莓鞋带病毒病	茎, 叶, 花	蓝莓鞋带病毒 <i>Blueberry shoestring virus</i> , BSSV	辽宁省、美国	[1, 49]
蓝莓急性坏死病	叶、花	蓝莓急性坏死病毒 <i>Blueberry shock virus</i> , BLSHV	美国	[49]
蓝莓红环斑病	茎干、叶	蓝莓红环斑病毒 <i>Blueberry red ringspot virus</i> , BRRV	美国	[49]
蓝莓坏死环斑病	叶、枝条	烟草环斑病毒 <i>Tobacco ringspot virus</i> , TRSV	美国	[49]
蓝莓叶片斑点病	叶、枝条	蓝莓叶片斑点病毒 <i>Blueberry leafmottle virus</i> , BLMV	美国	[49]
蓝莓矮化病	叶	类支原体病害, 此支原体由一种叶蝉 <i>Scaphytopius magdalenis</i> 传播	美国	[49]
蓝莓枯焦病	花, 叶	蓝莓枯焦病毒 <i>Blueberry scorch virus</i> , BLScV	美国、辽宁省、陕西省	[1, 12, 49]
蓝莓花叶病	叶	蓝莓花叶病毒 <i>Blueberry mosaic virus</i> , BMMV	陕西省、美国	[12, 49]
红叶病	叶	生理病害(缺镁)	福建省、江西省	[28, 36]
黄叶病	叶	生理病害(缺铁)	福建省	[28]

2 蓝莓主要病虫害的防治方法

2.1 常见虫害的防治方法

2.1.1 蛴螬与金龟子的防控

蛴螬是鞘翅目(Coleoptera)金龟甲总科(Scarabaeoidea)幼虫的统称, 蛴螬头部黄褐色, 身体为乳白色, 体肥大, 体表疏生细毛, 具假死性, 假死时体呈“C”形, 其种类多、分布广、食性杂, 危害多种农作物、经济作物和花卉苗木, 隐蔽性强, 防治难度大^[50-51]。在蓝莓休眠期间, 蛴螬在地下越冬, 啃食蓝莓根部, 进食根周有机质。蛴螬白天藏于土壤中, 晚上9时左右活动频繁; 其危害与土温有关, 15~22℃是蛴螬危害盛期, 随着温度上升蛴螬会移动到土壤深层, 温度下降再回到土壤上层^[51-52]。

在防治方面, 由于蓝莓是多年生植物, 防治地下害虫蛴螬的思路应从“扰动土壤”转变为“精准靶向”, 将杀灭土壤中的幼虫和控制地上部分的成虫相结合, 可以在不伤害蓝莓植株的前提下, 有效且可持续地控制蛴螬的危害。金龟甲产卵具有趋粪性, 使用腐熟的动物厩肥可减少金龟甲产卵, 同时可在施用时加入绿僵菌和辛硫磷^[25, 40]。地膜覆盖可阻隔金龟甲成虫前往土壤产卵, 卵偏好在低湿度土壤中孵化, 浇水提高土壤湿度可降低卵孵化率, 从而降低蛴螬危害^[52]。使用毒饵对蛴螬的诱杀效果也较好, 每亩地用辛硫磷胶囊剂150~200g拌谷子等饵料5kg, 或50%辛硫磷乳油50~100g拌饵料3~4kg, 撒于种沟中, 对蛴螬也有较好的防治效果。还可用50%辛硫磷乳油加水稀释10倍后配制25~30kg毒土, 在离根部20cm处开沟施入防治^[14]。球孢白僵菌粉剂拌土施药20cm深对蓝莓蛴螬的毒杀效果较佳^[53], 还可使用10%高效氯氟氰菊酯水乳剂和5%氯氟氰菊酯乳油对蓝莓园蛴螬进行防治^[54]。

金龟子是农林业主要的害虫之一, 一般发生于4~8月。白天多潜伏在疏松而湿润的土壤

内,黄昏时成群地飞到树上交尾、觅食。成虫危害蓝莓的叶、花、果实等部位,使叶片出现缺刻或孔洞,甚至仅留叶柄或粗脉,也会啃食果实造成熟果腐烂;啃食树根或距树基 10 cm 左右的树干、树皮而造成枯梢。调查表明,金龟子对蓝莓的危害具有群居性、边缘性和暴食性,能在短时间内大量取食,最外缘的植株受害最重,虫口密度最高。

在金龟子盛发时,傍晚时期可进行人工振落捕杀,还可清除土壤内金龟子的幼虫蛴螬。金龟甲具有强趋光性,可使用杀光灯进行诱杀,还可利用金龟甲对糖醋液趋性强的习性,按糖:醋:酒:水=6:3:1:10 的比例混合,于夜晚放到田间,诱集装置要与蓝莓树梢持平^[55]。金龟甲刚出土的时候不飞翔,利用此习性,喷施毒死蜱乳油 1 000 倍液,或 5% 高效氯氟氰菊酯乳剂 1 500 倍液。蓖麻是金龟甲的陷阱植物,蓖麻叶的诱虫效果大于其寄主植物,蓖麻叶中含有蓖麻蛋白和蓖麻碱,可以毒杀金龟甲成虫^[52, 56]。因此,在金龟子发生严重的蓝莓园内种植适量的蓖麻可以有效降低金龟甲成虫密度。有研究表明,使用 $(1.5\sim 3.0)\times 10^9$ IJ/公顷的昆虫病原线虫(*Steinernema scarabaei*)对东方丽金龟(*Anomala orientali*)有很好的防治效果^[57]。未结果树可喷施 45% 马拉硫磷乳油 500 倍液,或 20% 氯苯甲酰胺悬浮液 3 000 倍液,或 5% 高效氯氟氰菊酯乳剂 1 500 倍液,以上药剂交替使用,隔 5~7 d 喷施 1 次,每天傍晚喷施防治效果较好;在虫害高峰期或挂果期,可用 1% 印楝素乳油 800 倍液和 1.5% 除虫菊素乳剂 300 倍液进行防治。

2.1.2 蚜虫类的防控

蚜虫类分为球蚜总科(Adelgoidea)和蚜总科(Aphidoidea),主要分布在温带地区,我国已知 1 000 余种蚜虫种类。蚜虫是经济作物最主要的害虫之一,它具有周期性的孤雌生殖、复杂多样的生活史,蚜虫通过雌雄之间的遗传物质重组,既保持了种的特征,又出现种群内的分化,对生活环境的适应性更强^[58-59]。蚜虫是一种繁殖能力极强的害虫,容易爆发并导致作物遭受重大损害。蚜虫还是多种病毒病害的主要传播媒介,可传播马铃薯花叶病毒、番茄斑萎病毒、凤仙花坏死斑病毒等。其通过刺吸的方式危害花朵、嫩梢及果实,导致被害部位干燥、畸形、失绿、皱缩等,新梢的生长与发育也受阻,在严重情况下,新梢会干枯并弯曲;此外,果实表面会出现蜕皮残屑以及蜜露,这为煤污病的发生提供了有利条件,严重影响蓝莓的商品价值^[60-61]。蚜虫直接消耗养分和水分,同时传播植物病毒,对植物造成损害,其分泌的蜜露是病原体的繁殖媒介,会影响植物的光合作用,并且蚜虫的抗药性比绝大多数食草害虫高^[62-63]。蚜虫进食造成的组织损伤比咀嚼式昆虫要小,取食过程中,蚜虫唾液会释放效应蛋白,抑制宿主植物的防御反应,蚜虫产生的蜜露中含有效应蛋白,会对宿主—植物防御相关途径的激活产生负面影响^[64-65]。桃蚜以韧皮部汁液为食,导致受害蓝莓植株的营养状况比未受侵染的植株更差,从而降低蓝莓树势^[66]。危害较大的桃蚜在全球范围内造成了数十亿美元的损失,危害严重的原因之一是桃蚜在没有合适寄主植物的情况下,很容易转向非作物植物,包括杂草等,这些杂草充当了蚜虫的宿主并威胁后续作物。

农业防治作为蚜虫防治中的辅助措施,合适的作物布局、植物间作、科学合理的修枝和水肥管理,以及选育抗蚜虫品种均可有效降低蚜虫密度。因为蚜虫可以在非寄主植物上存活,所以蓝莓园要及时清理杂草,清除枯枝落叶。利用蚜虫的趋黄性,可使用黄板对蚜虫进行防治,每亩悬挂规格为 25 cm×30 cm 的黄板 25~30 块,对蚜虫的平均防效达 89.2%,蚜虫传播病毒病的发病率下降近 20%。物理防治可使用静电喷雾技术和静磁场技术,静电喷雾技术可通过

带电液滴放电杀死蚜虫,静磁场技术可通过影响蚜虫的新陈代谢和神经内分泌系统降低蚜虫的生存率和繁殖力^[67-68]。捕食性天敌昆虫多异瓢虫(*Hippodamia variegata*)、七星瓢虫(*Coccinella septempuncta*)、异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)、大草蛉(*Chrysopa pallens*)、中华通草蛉(*Chrysoperla sinica*)、黑带食蚜蝇(*Episyrphus balteatus*)、东亚小花蝽(*Orius sauteri*)、草间小黑蛛(*Erigonidium graminicolum*)等可对蚜虫进行防治^[69-75];寄生性天敌主要是寄生蜂类,其中效果较好的有烟蚜茧蜂(*Aphidius gifuensis*)、粗脊蚜茧蜂(*Aphidius colemani*),在防治蚜虫中应用最多,对桃蚜的寄生率最高(68.3%)^[76, 77]。

微生物农药如白僵菌、绿僵菌、蜡蚧轮枝菌、链霉菌等病原真菌对蚜虫的防治起到了很好的效果^[78],其中白僵菌对刺吸式害虫防控的研究逐渐增多,成为防治刺吸式害虫首选的微生物农药^[79]。病原细菌如大肠杆菌 K-12、菊欧文氏杆菌也可用于防治蚜虫,菊欧文氏杆菌可在肠道大量繁殖,并透过肠道上皮细胞,侵染脂肪体、胚胎等器官而造成败血症使蚜虫死亡^[80]。使用植物源农药天然除虫菊乳油 250 mg/L 喷雾辣椒 1 d 后,2 龄桃蚜死亡率达到 100%,且持效期长。鱼藤酮和绿僵菌素以 9:1 的比例混合可发挥最佳协同作用,棉蚜在温室条件下 24 h 达到 98.9% 的致死率^[81, 82]。还可使用昆虫生长调节剂,使昆虫的繁殖力下降,如昆虫生长调节剂 ZR-777、昆虫保幼激素类似物、荆芥内酯和荆芥醇性信息素等,其中昆虫生长调节剂 ZR-777 是毒性较高的直接毒素,可以直接控制各龄期蚜虫的发育,造成成年蚜虫不育^[83]。使用化学农药 22% 氟啶虫胺腈、70% 吡虫啉和 20% 啶虫脒对蚜虫的防治效果较好^[61]。

2.1.3 蓟马的防控

蓟马(*Thysanoptera*)是锉吸式害虫,在温暖、干旱的环境下易爆发,会破坏蓝莓组织表皮,吮吸汁液,造成叶片干枯、畸形,甚至产生明显的缺刻,尤其在采后修剪新梢抽芽到新梢的“黑尖”阶段最为关键。受害后,嫩梢坏死,在花芽分化期蓟马危害也会导致花芽形成和膨大,最终导致蓝莓树势衰弱。蓝莓果实受到危害后,在果实表面会出现明显的木栓斑,从而降低蓝莓的产量^[84]。有研究发现在辽宁地区,蓝莓蓟马成为危害新梢的主要害虫,且有扩大的趋势^[20]。

因为蓟马易在温暖、干旱的环境中发生,所以时刻保持土壤湿润可以减少蓟马的发生。蓟马具有趋蓝的习性,可在室内悬挂蓝色粘板进行诱杀^[13]。蓟马幼虫在高龄末期停止进食,落入土壤化蛹,可以在土面上覆盖地膜,阻断幼虫落地化蛹的通道,从而有效降低蓟马危害。化学防治可使用啶虫脒乳油 2 000 倍液、2.5% 多杀菌素悬浮剂 1 000 倍液喷雾防治。蓟马一年内繁殖多代,进行化学控制时需定期更换药剂。此外,蓟马危害的高峰期与蓝莓的成熟时间相吻合,在使用农药时必须格外小心,确保不会导致鲜果上农药残留量过高。喷洒农药时,应确保叶片的正反两面都能均匀覆盖^[85]。对蓝莓蓟马的生物防治,常见的技术是利用捕食性天敌、病原性线虫和病原真菌进行防治。捕食性天敌中,捕食螨是最重要的生防资源,研究较多的是绥螨类天敌,如钝绥螨属中的多个种均能捕食西花蓟马,有较好的防控效果^[86]。其中,斯氏钝绥螨和巴氏钝绥螨在对西花蓟马的生物防治已经有较好的效果并且已商业化应用^[87-88]。病原线虫中研究较多的是芜菁夜蛾斯氏线虫,此线虫能侵染西花蓟马 2 龄末期幼虫,且对预蛹和蛹的防治效果优于幼虫^[89-90]。病原真菌中,有研究从球孢白僵菌中鉴定到一种高毒菌株 RSB,接种浓度为 1×10^7 分生孢子/mL,10 d 后西花蓟马的死亡率高达 96%,可见对西花蓟马有较高的致病力,在实际应用中可将球孢白僵菌支撑孢子悬浮液进行田间喷洒^[91-92]。

2.1.4 鳞翅目害虫的防控

多数鳞翅目害虫为全变态昆虫,分为卵、幼虫、蛹和成虫四个阶段,主要危害阶段在幼虫期,幼虫会啃食植物的叶片,造成菜叶的孔洞和缺刻。幼虫通常在 3 龄后进入暴食期,会将作物啃食得只剩茎秆,甚至全部吃光^[93-94]。成虫繁殖能力强,世代重叠严重且对温度的适应性极强,一年发生多代,如斜纹夜蛾,一年发生 4 代到 9 代不等。

鳞翅目害虫,因为种类多,成虫有翅且大多不取食作物,触杀型农药难以防治,而幼虫虽然没翅,但当其达到一定龄期后,食量和体壁厚度增加,抗药性也大幅上升,使得化学药剂防治效果降低,现在多以生物防治为主,其他防治方法为辅进行综合防治。鳞翅目害虫的幼虫通过石榴 (*Punica granatum*) 果皮提取物合成的银纳米粒子,可有效抑制斜纹夜蛾 SF-21 细胞系活力,提高幼虫和蛹的死亡率,降低 LC50 和 TC50,缩短幼虫、蛹期和成虫羽化的时间和各阶段寿命^[95]。RNAi 技术也用于控制鳞翅目害虫的发生,通过饲喂含有 dsRNA 的饲料、吸食含有 dsRNA 的植物叶片汁液、通过表达 dsRNA 的大肠杆菌递送等方式可以生成鳞翅目幼虫体内的 RNAi (RNA 干扰),从而控制害虫数量^[96]。还可利用昆虫不育技术 (SIT) 对鳞翅目害虫进行防治,使用 γ 射线或 X 射线对饲养的鳞翅目昆虫进行电离辐射使其不育,最后释放到野生环境中。多数是通过辐射雄性昆虫使其不育,释放后与野生雄性竞争,使野生雌性不产生后代,从而抑制害虫^[97]。有研究表明,捕食性蚂蚁可以捕食鳞翅目害虫如甜菜白带野螟 (*Hymenidia recurvalis*)、黄瓜绢野螟 (*Diaphania nitidalis*)、番茄果蠹蛾 (*Neoleucinodes elegantalis*) 的蛹,也可捕食鳞翅目害虫的卵^[98]。对于鳞翅目害虫防治,普遍认为最好是基于区域综合害虫管理 (AW-IPM) 来解决,即应根据特定害虫和当地生态特征的适用性采取综合防治策略,由于广谱杀虫剂和长效杀虫剂的使用,许多鳞翅目害虫已经对杀虫剂产生了抗药性,所以区域综合害虫管理相当重要^[99]。

2.1.5 果蝇的防控

果蝇是一种适应性很强的昆虫,能够在各种环境下传播、生存和繁衍,寄主范围广,有很强的主动和被动传播潜力,成虫吸食植物汁液,幼虫钻蛀果实^[100]。其世代重叠现象严重,且在不同地区之间存在较大差异,在不同气候和环境下都有不同的特点,其防治有一定的困难^[101]。危害蓝莓的果蝇主要是黑腹果蝇、斑翅果蝇、依米果蝇等(表 1)。果蝇主要危害果实,侵染蓝莓后会缩短果实保质期,同时会在蓝莓体表和内部产卵,孵化成的蓝莓蛆虫对蓝莓的储存和运输有影响,直接造成巨大的经济损失^[102]。贵州省的蓝莓产区,黑腹果蝇一年有 3 次高峰期:第一次在 3~4 月,此时温度升高,越冬成虫开始活动;第二次在 6~7 月,此时蓝莓果实接近成熟,为果蝇提供了良好的生存和繁殖条件;第三次在 10~11 月,此时蓝莓果实脱落,为果蝇提供了良好的繁殖环境。

防治果蝇最基本的方法是农业防治,保持果园干净,及时清除腐果、落果和虫果,以减少果蝇和果蝇卵的数量^[22]。还可采用蓝莓和其他作物套作的方式防治蓝莓病害,例如可使用白车轴草 (*Trifolium reoens*)、薄荷 (*Mentha haplocalyx*) 对蓝莓果蝇进行防控,其中薄荷效果较好^[103]。有研究发现,在蓝莓园中,蓝色粘虫板对果蝇的吸引效果最好,黄色、绿色粘虫板的吸引效果也较好^[104]。有实验表明在多种有色灯光条件下,红色对黑腹果蝇的吸引效果最好^[105]。目前,化学防控仍然是防控果蝇的主要方法,一项对樱桃果蝇的野外防治实验发现,浓度为 $(1.00 \times 10^7 \sim 1.25 \times 10^7)$ 100 亿孢子/mL 的短稳杆菌悬浮剂、24~40 mg/L 的乙基多杀菌素悬

浮剂、5.00~8.33 mg/L 的 5% 甲维盐水分散颗粒剂, 对果蝇的发生有较好的防控效果, 但要注意轮换用药, 交替使用^[106]。在临近果实成熟期, 为了确保果实的质量, 可以使用 25% 噻虫嗪、2 000 倍液 2.5% 多菌灵素等低毒性杀虫剂进行防治, 以减少果蝇数量^[107]。随着化学杀虫剂的使用, 果蝇的抗药性上升, 并且对环境造成污染^[108], 所以对果蝇的生物防治相当重要。有研究表明, 蚂蚁能在蓝莓园土中挖出并带走果蝇蛹, 蜘蛛和蚂蚁以掉落的蓝莓中的斑翅果蝇幼虫和蛹为食^[109-110]。一种活性酵母诱剂 Fly Buster Powder 对蓝莓中的斑翅果蝇有较好的引诱效果, 其在捕获斑翅果蝇方面有高选择性, 对果蝇的引诱率高达 70%^[111]。使用挥发性植物化合物也能控制果蝇数量, 如使用肉桂油 (Cinnamon oil) 及其成分的接触毒性最高, LC90 为 2%~3%, 柠檬草油 (lemongrass oil) 和法尼醇 (farnesol) 对果蝇的毒性相对较小, LC90 为 7%~9%^[112]。

2.2 常见病害的防治方法

2.2.1 灰霉病的防控

灰霉菌主要侵染蓝莓的花、叶、果实, 最初从叶片的叶尖或叶缘开始入侵, 病斑呈褐色, 多为 V 字形病状, 逐渐向叶片中心扩散, 逐步使叶片表面着生少量灰白色霉层; 果实最初从果萼片边缘入侵, 出现淡紫褐色水浸状褪绿斑, 最后逐渐扩散到整个果实, 组织凹陷腐烂, 在果表面密生灰白色霉层^[113]。为防控灰霉病, 在种植前, 对土壤进行消毒, 选择抗病性强的品种, 发现感病苗应及时拔除并对土壤进行消毒; 灰霉病主要侵染果实, 并且在花瓣上大量繁殖, 可在谢花后轻轻敲掉花瓣残体, 以减少病原菌数量^[113]; 加强水肥管理。可在开花前期喷施 96% 天达恶霉灵 6 000 倍液或 25% 阿米西达悬浮剂 1 500~2 000 倍液, 间隔 5~7 d 再喷施 1 次, 连续喷施 2~3 次; 在幼果迅速膨大期, 可选用腐霉利可湿性粉剂 1 500 倍液或 50% 啶酰菌胺水分散粒剂 1 300 倍液均匀喷雾, 7~10 d 后再喷 1 次^[14, 114]。在施药期间应注意保护蜜蜂和熊蜂等传粉昆虫, 避免在授粉高峰期施药。可使用生物制剂哈茨木霉菌 (*Trichoderma harzianum*) 和解淀粉芽孢杆菌 (*Bacillus amyloliquefaciens*) 对灰葡萄孢霉进行防控。

2.2.2 僵果病的防控

蓝莓易感染的僵果病菌为拟茎点枝枯病菌 (*Monilinia vacciniicorymbosi*)。蓝莓感染僵果病后新叶、芽和枝条会突然萎蔫、颜色变深, 严重时死亡。从感染第四周左右开始, 由真菌孢子产生的粉状物会覆盖叶片、茎尖, 逐步向开花花朵侵染, 进行二次传播, 感病果实在收获之前会大量脱落进而影响蓝莓的质量和产量^[46, 115]。对僵果病的防治, 可在入冬前清除果园内的枯枝、落叶、落果, 将其烧毁或带出果园集中处理; 在开花前浅耕土壤, 施用 50% 的尿素也可减少病害的发生^[1]。噻胺灵是目前防治蓝莓僵果病最有效的杀菌剂, 防治效果能达到 90% 以上^[11, 116]。

2.2.3 炭疽病的防控

炭疽病菌 (尖孢炭疽菌 *Colletotrichum acutatum*、胶孢炭疽菌 *Colletotrichum gloeosporioides*) 可在土壤、果实、枯枝、落叶上以菌丝体和分生孢子形式越冬, 翌年春夏孢子通过排水、风雨侵染蓝莓苗。病原菌可侵染蓝莓各个器官, 感染初期出现水渍状棕褐色斑点, 后期颜色加深为黑色, 近圆形、长梭形或不规则斑块, 病斑周围有红棕色晕圈, 此晕圈标志着病、健交界, 病斑中间稍凹陷, 病斑上着生黑色小点, 即病原菌的分生孢子盘^[117, 118]。对其防治, 可选用抗性品种, 保持土壤湿润, 科学施肥, 及时修剪病枝, 集中烧毁枯枝落叶。发病前, 喷施保护性药剂甲基托布津 WP 1 000 倍液, 还可用 10% 苯醚甲环唑散粒剂 2 000 倍液, 或丙环唑乳油 1 000 倍

液、22.7%二氰蒽醌悬浮液 2 500 倍液、10%苯醚甲环唑微乳剂 3 000 倍液茎叶喷雾防治, 7~8 d喷 1 次, 轮换用药, 连续使用 2~3 次^[13, 119, 120]。

2.2.4 根腐病的防控

蓝莓根腐病菌(尖孢镰刀菌 *Fusarium oxysporum*、疫霉菌 *Phytophthora* spp.)一旦感染植株即可引起整株枯萎死亡, 主要危害蓝莓根部。发病初期, 植株生长较缓慢, 叶片变黄枯萎并且在秋季过早出现红叶现象, 须根出现病斑; 发病后期, 病斑扩大, 根茎基部腐烂, 茎叶枯萎, 叶片脱落, 最终死亡^[121-122]。对根腐病的防治, 应适当加强土肥管理, 铲除低有机质土壤, 施用有机肥, 保持土壤湿润, 在下雨后要加強排水, 防止雨水积涝; 可使用灌根的方式, 使用 17%硫酸铜钙可湿性粉剂 800 倍液或 20%二氯异氰尿酸钠可溶性粉剂 1 000 倍液, 单株灌药液 100~200 mL, 每隔 10 天灌根 1 次, 连续使用 2~3 次; 使用生防细菌淡紫拟青霉(*P. lilacinus*)和丛枝菌根真菌(*A. mycorrhiza*)对根腐病病原菌进行防治, 可有效抑制尖孢镰刀菌菌丝体的生长和孢子的萌发^[123, 124]。

3 未来展望

蓝莓易受病虫害侵袭, 若管理不当, 会有大量病虫害发生, 从而严重影响蓝莓的产量和质量。目前化学农药仍然是我们防治蓝莓病虫害的主要手段, 然而, 化学农药的副作用迫使人们转向用更环保的方式来控制这些病虫害。近年来, 全球农作物病虫害管理中使用的有机农药会导致环境破坏、害虫二次暴发、害虫对农药产生抗药性以及非目标生物产生致命影响^[95]。化学农药的使用必须严格遵守相关法律法规, 为确保蓝莓产品的安全性, 在蓝莓收获前一个月禁用化学农药。生长季若发生病虫害, 实际操作中要遵循“量少次多”的原则, 并且根据病虫害发生情况、天气条件和蓝莓生长状况等多因素考虑, 适当增加或减少施药次数和用量。

生物农药因其对环境污染小、可降解、对人体毒性低等优点, 使用生物农药对环境和非目标生物是最安全的, 可成为化学农药的替代品^[125]。目前生物农药对蓝莓病虫害有较好的防治效果, 但是这些生物农药的应用也存在一些局限性。例如, 在不利条件下会失活, 有些微生物还会通过浸出造成土壤和水污染; 此外, 这些微生物作为生物农药的使用也会受到环境因素的影响(如温度、湿度、阳光等), 从而通过减弱持久性来降低其杀虫毒力^[126]。随着农业科技的不断进步和环保意识的日益增强, 现代蓝莓种植业越来越注重绿色防控技术的应用。生物农药如苏云金杆菌、白僵菌等已经能应用于多种蓝莓害虫的防治, 通过生物防治、物理防治等绿色防控手段, 逐步减少对化学农药的依赖, 可在实现蓝莓可持续生产的同时, 保障蓝莓产品的安全性和品质。在对蓝莓病虫害的防治中, 要遵循“预防为主, 综合防治”的植保方针。对蓝莓病虫害进行综合防治, 今后应加强以下方面的研究: (1)选育抗虫抗病的蓝莓植株, 培育具有抗逆性的蓝莓品种; (2)加大对各产区主要病虫害的研究, 如生态学现象、发病的机制以及植物的防御机制等, 不同产区主要的病虫害也有差异, 同一病虫害在不同产区危害程度也不尽相同; (3)加强智慧农业的研究, 建立蓝莓主要病虫害的预警体系, 通过大数据分析, 能提前预测病虫害的发生; (4)关注国外蓝莓病虫害的发生, 比如蓝莓瘿蚊, 做好对未传入我国害虫的防治应急预案; (5)加大对可降解生物农药的研发, 由于蓝莓皮薄, 保质期较短, 在果实成熟期不能使用对病虫害有高毒性的农药, 迫切需要可降解高致死性但低毒性的生物农药。

参考文献:

- [1] 李竞峰. 陆地蓝莓病虫害防治[J]. 农业科技与装备, 2023(5): 66-67.
- [2] 汪兆龙. 蓝莓无公害栽培技术及病虫害的防治研究[J]. 新农业, 2021(6): 70.
- [3] 郑炳松. 蓝莓栽培实用技术[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2013.
- [4] 杨静全, 和加卫, 和秀云, 等. 云南食用小浆果的开发前景[J]. 云南农业科技, 2003(B06): 103-107.
- [5] 李亚东, 裴嘉博, 孙海悦. 全球蓝莓产业发展现状及展望[J]. 吉林农业大学学报, 2018, 40(4): 421-432.
- [6] 李亚东, 孙海悦, 陈丽. 我国蓝莓产业发展报告[J]. 中国果树, 2016(5): 1-10.
- [7] 刘庆忠, 崔冬冬, 朱东姿. 世界及中国蓝莓产业现状[J]. 落叶果树, 2024, 56(4): 1-7, 107.
- [8] 孙滢琳, 杨韵, 杜广祖, 等. 我国蓝莓害虫多样性及防治技术研究进展[J]. 中国果树, 2024(5): 11-21.
- [9] 田秀丽, 廖世林. 果树栽培技术及病虫害防治措施[J]. 南方农机, 2024, 55(7): 183-186, 193.
- [10] 邹建平, 罗瑾, 王东来. 隆回县蓝莓园主要病虫害调查与防控建议[J]. 农技服务, 2024, 41(10): 29-32.
- [11] 杨宸, 周宇. 蓝莓种植及病虫害综合防治技术[J]. 中国果业信息, 2024, 41(8): 75-76, 79.
- [12] 刘小康, 吴娇, 穆昊, 等. 蓝莓主要病虫害绿色防控技术[J]. 西北园艺, 2024(4): 39-40.
- [13] 黄韬. 大连地区日光温室蓝莓全基质栽培技术[J]. 农业科技通讯, 2024(7): 205-207.
- [14] 徐连春. 吉林省东部山区蓝莓栽培技术及经济效益[J]. 特种经济动植物, 2024, 27(8): 90-92.
- [15] 刘华. 蓝莓贮藏加工技术研究[D]. 金华: 浙江师范大学, 2012.
- [16] 刘宇航, 陈影影, 曹玉婷, 等. 蓝莓鲜果采后病害类型及保鲜技术研究进展[J]. 保鲜与加工, 2021, 21(11): 144-150.
- [17] 樊基胜, 张春龙, 缪勇, 等. 几种诱集法对皖南蓝莓园白蚁的诱集效果[J]. 河北农业科学, 2014, 18(3): 35-38.
- [18] 宋盛英, 刘德波, 吴朝斌, 等. 黔东南蓝莓主要虫害调查[J]. 中国森林病虫, 2014, 33(5): 45-46.
- [19] 胡君欢, 陈祖满, 凡改恩. 宁波地区蓝莓病虫害发生情况及绿色防控技术[J]. 浙江农业科学, 2017, 58(6): 922-923, 926.
- [20] 王兴东, 孙斌, 魏鑫, 等. 辽宁省温室蓝莓病虫害发生现状与防治[J]. 北方果树, 2020(2): 47-50.
- [21] 王正文, 黄胜先, 金义兰, 等. 黔东南州有机蓝莓园病虫害发生情况调查[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(1): 206-210, 327.
- [22] 黄胜先, 秦晓胶, 谌金吾, 等. 黔东南地区蓝莓病虫害绿色防治技术[J]. 现代农业科技, 2017(10): 123-124, 126.
- [23] 周慧妹. 丹东地区蓝莓病虫害调查及防控技术推广应用[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2018.
- [24] 高海霞, 赵洪海, 姜惠铁, 等. 青岛地区蓝莓病虫害调查初报[J]. 中国园艺文摘, 2009, 25(12): 62-65.
- [25] 孙林, 杨丰. 麻江县有机蓝莓的病虫害防控技术[J]. 农技服务, 2019, 36(9): 78-80, 115.
- [26] 杨燕林, 和志娇, 王朝文, 等. 云南蓝莓病虫害调查及防治方法[J]. 植物保护, 2014, 40(4): 153-156, 197.
- [27] 任艳玲, 田虹, 王涛, 等. 出口蓝莓基地病虫害调查初报[J]. 浙江农业学报, 2016, 28(6): 1025-1029.
- [28] 张小艳, 郑姗, 谢丽雪, 等. 福建省蓝莓病虫害调查[J]. 福建农业学报, 2019, 34(3): 338-343.
- [29] 董克锋. 蓝莓主要害虫及其绿色防控技术[J]. 果树实用技术与信息, 2020(6): 33-35.
- [30] 刘佩旋, 郑雅楠, 辛蓓, 等. 蓝莓主要害虫发生防治现状与展望[J]. 中国植保导刊, 2015, 35(6): 31-35.
- [31] 高勇, 岳清华, 郑建立, 等. 胶东半岛暖棚蓝莓成熟期尺蠖的防治[J]. 果农之友, 2016(6): 29.
- [32] 李群博. 越橘园节肢动物群落结构与功能的初步研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2006.
- [33] 张国辉, 杨琴, 李性苑, 等. 麻江县蓝莓枝枯病和果腐病病原鉴定及害虫调查[J]. 中国植保导刊, 2016, 36(5): 12-15, 82.
- [34] 吴玉新, 任大川, 考持聪, 等. 潍坊市蓝莓主要虫害及无公害防治方法[J]. 现代农业研究, 2020, 26(3): 128-129.
- [35] 刘婧, 孙培琪, 刘涛, 等. 山东半岛日光温室蓝莓主要病虫害及防治方法[J]. 园艺与种苗, 2023, 43(7): 1-2, 5.
- [36] 周冬英. 蓝莓无公害栽培技术及病虫害防治措施[J]. 种子科技, 2024, 42(3): 101-103.
- [37] 刘向蕾, 朱友银. 我国蓝莓栽培技术进展[J]. 现代园艺, 2017, 40(14): 14-16.

- [38] 胡淼,王锡宏,於虹. 蓝莓园金龟子类害虫种类调查与综合防治建议[J]. 中国果树, 2015(1): 77-79.
- [39] 黄振兴,杨广明,刘曼,等. 贵州麻江蓝莓园金龟子类组成及优势种消长规律研究[J]. 中国果树, 2019(4): 83-86.
- [40] 谌金吾,张鼎州,黄胜先,等. 黔东南有机兔眼蓝莓园金龟子类及综合防控[J]. 耕作与栽培, 2016, 36(2): 44-47, 43.
- [41] 李秀凤. 周宁县蓝莓病虫害绿色防控技术[J]. 农民致富之友, 2017(18): 165.
- [42] 王连润,刘家迅,高正清,等. 蓝莓果期虫害调查及防治方法研究[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(19): 146-147, 178.
- [43] 高勇,岳清华,董克锋,等. 蓝莓园果蝇种类及防治措施[J]. 果农之友, 2017(6): 36, 42.
- [44] 周昊,高勇,谭秀梅,等. 不同栽培模式下蓝莓园果蝇数量的动态规律[J]. 植物保护, 2019, 45(1): 199-205.
- [45] 韦继光,赵群星,习新强,等. 南京地区蓝莓园果蝇发生动态及其危害情况调查[J]. 中国南方果树, 2023, 52(1): 143-147.
- [46] 刘杨. 吉林省两家子满族乡蓝莓病虫害防治技术[J]. 农业工程技术, 2023, 43(25): 51, 53.
- [47] 覃可. 蓝莓真菌病害种类鉴定[J]. 南方农机, 2021, 52(15): 68-69, 88.
- [48] 傅俊范,彭超,严雪瑞,等. 蓝莓根癌病发生调查及病原鉴定[J]. 吉林农业大学学报, 2011, 33(3): 283-286, 292.
- [49] 迟福梅,周宗山,张红军,等. 美国蓝莓病毒病及病毒类似病害的发生与防治[J]. 中国果树, 2010(1): 75-76.
- [50] 安福涛,许国庆,陈彦,等. 灯光诱集成虫防控花生蛴螬的效果研究[J]. 辽宁农业科学, 2011(6): 77-78.
- [51] 李胜楠. 花生蛴螬发生规律和综合防治技术[J]. 新农业, 2024(4): 10-11.
- [52] 刘瑶,孙丽丽. 山东省花生地下害虫蛴螬发生规律及综合防治技术[J]. 种子科技, 2023, 41(17): 121-123.
- [53] 谌金吾,王正文,黄胜先,等. 白僵菌对蓝莓蛴螬不同毒杀方法效果分析[J]. 耕作与栽培, 2017, 37(1): 1-3.
- [54] 于光霖. 丹东地区露地蓝莓蛴螬防治药剂筛选试验[J]. 新农业, 2023(13): 35-36.
- [55] 符泉,单成绕. 云南曲靖蓝莓金龟甲绿色防控技术[J]. 中国园艺文摘, 2018, 34(5): 214-215.
- [56] SONG B Z, WU H Y, KONG Y, et al. Effects of Intercropping with Aromatic Plants on the Diversity and Structure of an Arthropod Community in a Pear Orchard[J]. BioControl, 2010, 55(6): 741-751.
- [57] POLAVARAPU S, KOPPENHÖFER A M, BARRY J D, et al. Entomopathogenic Nematodes and Neonicotinoids for Remedial Control of Oriental Beetle, *Anomala Orientalis* (Coleoptera: Scarabaeidae), in Highbush Blueberry[J]. Crop Protection, 2007, 26(8): 1266-1271.
- [58] VON DOHLEN C D, ROWE C A, HEIE O E. A Test of Morphological Hypotheses for Tribal and Subtribal Relationships of Aphidinae (Insecta: Hemiptera: Aphididae) Using DNA Sequences[J]. Molecular Phylogenetics and Evolution, 2006, 38(2): 316-329.
- [59] QIAO G X, ZHANG G, SIMON J, et al. Preliminary study of aphid diversity in China: Taxonomic and Geographic Variation[J]. INRA, Paris, 2004: 139-146.
- [60] 王子邦,魏书琴. 3种植物源农药对蓝莓蚜虫的室内毒力测定及田间防效[J]. 中国南方果树, 2020, 49(6): 133-135, 140.
- [61] 赵晓红. 6种药剂对蓝莓蚜虫的田间防治效果[J]. 中国南方果树, 2018, 47(6): 85-87.
- [62] ALI J, BAYRAM A, MUKARRAM M, et al. Peach-Potato Aphid *Myzus Persicae*: Current Management Strategies, Challenges, and Proposed Solutions[J]. Sustainability, 2023, 15(14): 11150.
- [63] DEDRYVER C A, LE RALEC A, FABRE F. The Conflicting Relationships between Aphids and Men: A Review of Aphid Damage and Control Strategies[J]. Comptes Rendus Biologies, 2010, 333(6-7): 539-553.
- [64] ALI J, COVACI A D, ROBERTS J M, et al. Effects of Cis-Jasmone Treatment of Brassicas on Interactions with *Myzus Persicae* Aphids and Their Parasitoid *Diaeretiella Rapae*[J]. Frontiers in Plant Science, 2021, 12: 711896.
- [65] SCHWARTZBERG E G, TUMLINSON J H. Aphid Honeydew Alters Plant Defence Responses[J]. Functional

- Ecology, 2014, 28(2): 386-394.
- [66] GOGGIN F L. Plant - Aphid Interactions: Molecular and Ecological Perspectives[J]. Current Opinion in Plant Biology, 2007, 10(4): 399-408.
- [67] 楚桂芬, 关祥斌, 胡艳霞. 静电喷雾技术防治小麦蚜虫的效果调查[J]. 中国植保导刊, 2011, 31(12): 45-46.
- [68] HE J, GAO H H, ZHAO H Y, et al. Effect of Static Magnetic Fields (SMF) on the Viability and Fecundity of Aphid *Sitobion Avenae* (Homoptera: Aphididae) under Laboratory Conditions[J]. Archives of Biological Sciences, 2012, 64(2): 693-702.
- [69] 林小璐. 玉米蚜虫及天敌种群动态与群落特征和不同玉米品种抗蚜性研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2022.
- [70] 葛立傲, 倪玺超, 刘小英, 等. 异色瓢虫在茄子上防治蚜虫的应用研究[J]. 上海蔬菜, 2020(6): 52-53.
- [71] 辛肇军, 郑效虎, 陈梅, 等. 中华通草蛉幼虫对玉米蚜捕食作用的研究[J]. 山东农业科学, 2007(3): 64-66.
- [72] 李姝, 王杰, 郭晓军, 等. 天敌昆虫大草蛉的研究进展与展望[J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(2): 241-252.
- [73] 樊吉君, 胡秋龙, 贾世平, 等. 黑带食蚜蝇对茶蚜的捕食作用研究[J]. 茶叶通讯, 2021, 48(3): 443-447, 506.
- [74] 武予清, 赵明茜, 杨淑斐, 等. 东亚小花蝽对四种害虫的捕食作用[J]. 中国生物防治, 2010, 26(1): 13-17.
- [75] 张新才. 棉田节肢动物群落结构及捕食性天敌对棉蚜控制作用研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2006.
- [76] 李涛. 烟蚜茧蜂与球孢白僵菌防治烟蚜的相互作用关系研究[D]. 重庆: 西南大学, 2007.
- [77] 杨玉珠, 段海春, 杜红, 等. 蚜茧蜂生物防治蚜虫技术的推广与应用[J]. 农业科技通讯, 2018(11): 161-164.
- [78] LÓPEZ-ISASMENDI G, ALVAREZ A E, PETROSELLI G, et al. Aphicidal Activity of *Bacillus Amyloliquefaciens* Strains in the Peach-Potato Aphid (*Myzus Persicae*) [J]. Microbiological Research, 2019, 226: 41-47.
- [79] 唐平华, 陈国平, 朱明库, 等. 蚜虫防治技术研究进展[J]. 植物保护, 2013, 39(2): 5-12, 19.
- [80] GRENIER A M, DUPORT G, PAGÈS S, et al. The Phytopathogen *Dickeya Dadantii* (Erwinia Chrysanthemi 3937) Is a Pathogen of the Pea Aphid [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2006, 72(3): 1956-1965.
- [81] KIM S R, KIM I, KIM I S. Evaluation of a Pyrethrum Emulsion Prepared in Food-Acceptable Components in Controlling Green Peach Aphid (*Myzus Persicae*) [J]. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry, 2009, 52(2): 176-179.
- [82] YI F, ZOU C H, HU Q B, et al. The Joint Action of Destruxins and Botanical Insecticides (Rotenone, Azadirachtin and Paeonolum) Against the Cotton Aphid, *Aphis Gossypii* Glover [J]. Molecules, 2012, 17(6): 7533-7542.
- [83] THANASSOULOPOULOS A C. Some Effects of the Insect Growth Regulator ZR-777 on Bean Aphid *Aphis Fabae* (Scop.) [J]. Zeitschrift für Angewandte Entomologie, 1974, 77(1-4): 171-175.
- [84] 高勇, 廖甜甜, 姜惠铁. 蓟马对蓝莓的田间危害症状及田间防效试验[J]. 果树实用技术与信息, 2019(12): 34-35.
- [85] 高勇, 张根柱, 姜惠铁. 蓝莓蓟马的危害及防治措施[J]. 果农之友, 2018(10): 31-32.
- [86] MOUDEN S, SARMIENTO K F, KLINKHAMER P G, et al. Integrated Pest Management in Western Flower Thrips: Past, Present and Future [J]. Pest Management Science, 2017, 73(5): 813-822.
- [87] VAN HOUTEN Y M, VAN STRATUM P, BRUIN J, et al. Selection for Non-Diapause in *Amblyseius Cucumeris* and *Amblyseius Barkeri* and Exploration of the Effectiveness of Selected Strains for Thrips Control [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1995, 77(3): 289-295.
- [88] BUITENHUIS R, MURPHY G, SHIPP L, et al. *Amblyseius Swirskii* in Greenhouse Production Systems: A Floricultural Perspective [J]. Experimental and Applied Acarology, 2015, 65(4): 451-464.
- [89] LAZNIK, TRDAN S. Entomopathogenic and Entomoparasitic Nematodes as Biological Control Agents of Thrips [J]. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica, 2008, 43(2): 317-322.
- [90] 杨磊, 邵雨, 李芬, 等. 缨翅目害虫蓟马生物防治的研究进展[J]. 中国生物防治学报, 2021, 37(3): 393-405.
- [91] GAO Y L, REITZ S R, WANG J, et al. Potential of a Strain of the Entomopathogenic Fungus *Beauveria Bassi*

- ana (Hypocreales: Cordycipitaceae) as a Biological Control Agent Against Western Flower Thrips, *Frankliniella Occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae)[J]. Biocontrol Science and Technology, 2012, 22(4): 491-495.
- [92] LEE S J, KIM S, KIM J C, et al. Entomopathogenic *Beauveria Bassiana* Granules to Control Soil-Dwelling Stage of Western Flower Thrips, *Frankliniella Occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae)[J]. BioControl, 2017, 62(5): 639-648.
- [93] XUE M, PANG Y H, WANG H T, et al. Effects of Four Host Plants on Biology and Food Utilization of the Cutworm, *Spodoptera Litura*[J]. Journal of Insect Science, 2010, 10: 22.
- [94] 王义哲. 萤火虫与杀虫真菌联合防治蜗牛与鳞翅目害虫技术研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2023.
- [95] ARVIND BHARANI R S, NAMASIVAYAM S K R. Biogenic Silver Nanoparticles Mediated Stress on Developmental Period and Gut Physiology of Major Lepidopteran Pest *Spodoptera Litura* (Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae)—An Eco-Friendly Approach of Insect Pest Control[J]. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2017, 5(1): 453-467.
- [96] GARBATTI F B, FLAVIA DEMMB, FIGUEIRA A, et al. Methods for delivery of dsRNAs for agricultural pest control: the case of lepidopteran pests[J]. RNAi Strategies for Pest Management: Methods Protocols, 2022: 317-45.
- [97] MAREC F, VREYSEN M J B, MAREC F, et al. Advances and Challenges of Using the Sterile Insect Technique for the Management of Pest Lepidoptera[J]. Insects, 2019, 10(11): 371.
- [98] PICANÇO M C. Natural Biological Control of Lepidopteran Pests by Ants[J]. Sociobiology, 2015, 59(4): 1389-1399.
- [99] SUCKLING D M, CONLONG D E, CARPENTER J E, et al. Global Range Expansion of Pest Lepidoptera Requires Socially Acceptable Solutions[J]. Biological Invasions, 2017, 19(4): 1107-1119.
- [100] LEE J C, DREVES A J, CAVE A M, et al. Infestation of Wild and Ornamental Noncrop Fruits by *Drosophila Suzukii* (Diptera: Drosophilidae)[J]. Annals of the Entomological Society of America, 2015, 108(2): 117-129.
- [101] 袁鸿宇. 虫生真菌与植物精油对黑腹果蝇的协同防控及其致病性研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2023.
- [102] TAIT G, MERMER S, STOCKTON D, et al. *Drosophila Suzukii* (Diptera: Drosophilidae): A Decade of Research towards a Sustainable Integrated Pest Management Program[J]. Journal of Economic Entomology, 2021, 114(5): 1950-1974.
- [103] 钟礼坤, 陈哲, 谢莉华, 等. 三种生草方式对蓝莓果蝇的驱避效果研究[J]. 中国南方果树, 2017, 46(1): 118-119, 122.
- [104] 秦晓胶, 王正文, 李佳林, 等. 不同颜色粘虫板及食物诱集剂对蓝莓黑腹果蝇的诱集效果[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(17): 128-129.
- [105] 李伟浩. 黑腹果蝇对光的趋向性研究[J]. 中国新通信, 2019, 21(3): 242.
- [106] 武海斌, 姜莉莉, 公义, 等. 3种杀虫剂对樱桃果蝇的田间防治效果[J]. 农学学报, 2021, 11(2): 35-38.
- [107] 来守国. 三种杀虫剂对斑翅果蝇和黑腹果蝇的亚致死效应研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2017.
- [108] GRESS B E, ZALOM F G. Identification and Risk Assessment of Spinosad Resistance in a California Population of *Drosophila Suzukii*[J]. Pest Management Science, 2019, 75(5): 1270-1276.
- [109] WOLTZ J M, LEE J C. Pupation Behavior and Larval and Pupal Biocontrol of *Drosophila Suzukii* in the Field [J]. Biological Control, 2017, 110: 62-69.
- [110] WOLTZ J M, DONAHUE K M, BRUCK D J, et al. Efficacy of Commercially Available Predators, Nematodes and Fungal Entomopathogens for Augmentative Control of *Drosophila suzukii*[J]. Journal of Applied Entomology, 2015, 139(10): 759-770.
- [111] TOLEDO-HERNANDEZ R A, LASA R, MONTOYA P, et al. Efficacy of Food-Based Attractants for Moni-

- toring *Drosophila Suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Berry Crops[J]. *Crop Protection*, 2021, 150: 105797.
- [112]EBEN A, SPORER F, VOGT H, et al. Search for Alternative Control Strategies of *Drosophila Suzukii* (Diptera: Drosophilidae): Laboratory Assays Using Volatile Natural Plant Compounds[J]. *Insects*, 2020, 11(11): 811.
- [113]翟浩, 李跃, 吴乃国, 等. 蓝莓灰霉病的发生与防治[J]. *落叶果树*, 2024, 56(2): 85-86, 前插 1.
- [114]刘太昭, 梁平, 李威. 黔东南州蓝莓灰霉病发生情况及绿色防控技术[J]. *农技服务*, 2023, 40(6): 98-100.
- [115]包岩. 蓝莓常见病虫害防治技术[J]. *现代农业*, 2020, 45(1): 51.
- [116]王佩斌. 蓝莓常见病虫害防治措施[J]. *中国工业经济*, 2014(6): 31-32.
- [117]王琴. 辽宁省蓝莓主要病虫害及防治方法[J]. *宁夏农林科技*, 2018, 59(3): 11-13.
- [118]李孟华, 陈海宁, 张新梅. 蓝莓炭疽病的发生与防治[J]. *江西农业*, 2019(20): 20-21.
- [119]王仰珍. 蓝莓炭疽病的识别与综合防治[J]. *农业科技通讯*, 2013(4): 279-280.
- [120]陈云超. 设施蓝莓高产高效栽培管理技术[J]. *农业工程技术*, 2024, 44(21): 74-75.
- [121]张富美. 蓝莓根腐病病原菌的鉴定及其生防真菌的筛选和生防机制研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2021.
- [122]费诺亚. 蓝莓根腐病病原菌鉴定及生物学特性研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2018.
- [123]叶婵. 蓝莓根腐病的生物防治技术研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2018.
- [124]史怀, 朱育菁, 李芳, 等. 淡紫拟青霉 NH-PL-03 菌株的多糖及其对尖孢镰刀菌的抑制作用[J]. *中国植保导刊*, 2006, 26(9): 5-8.
- [125]ELUMALAI K, KRISHNAPPA K, ANANDAN A, et al. Larvicidal and ovicidal activity of seven essential oil against lepidopteran pest *S. litura* (Lepidoptera: Noctuidae)[J]. *Int J Recent Sci Res*, 2010, 1: 8-14.
- [126]AHMAD F, FOUAD H, LIANG Shiyu, et al. Termites and Chinese Agricultural System: Applications and Advances in Integrated Termite Management and Chemical Control[J]. *Insect Science*, 2021, 28(1): 2-20.

责任编辑 杨光明