

间种豆科绿肥毛叶苕子对鲜食葡萄园昆虫多样性的影响

郭建国, 孙振宇, 张大为, 谢晓丽, 金社林
(甘肃省农业科学院植物保护研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 明确间种豆科绿肥种植方式下葡萄园昆虫的多样性, 为葡萄园害虫生态调控技术研究提供科学依据。采用马来氏网收集和人工分类鉴定法研究了间种毛叶苕子对鲜食葡萄园昆虫多样性的影响。结果表明, 在间种毛叶苕子种植方式下共捕获害虫 11 386 只, 隶属于 6 目 41 科, 其中双翅目眼蕈蚊科、蚤蝇科、花蝇科昆虫为优势害虫, 占比分别为 32.72%、20.97%、16.85%; 共捕获天敌 7 731 只, 隶属于 5 目 25 科, 其中双翅目长足虻科、食蚜蝇科昆虫为优势天敌, 占比分别为 35.95%、24.74%。对照自然清耕种植方式下共捕获害虫 27 930 只, 隶属于 6 目 44 科, 其中双翅目眼蕈蚊科、蚤蝇科、花蝇科为优势害虫, 占比分别为 48.67%、14.33%、11.00%; 共捕获天敌 4 077 只, 隶属于 5 目 24 科, 其中双翅目长足虻科、食蚜蝇科和膜翅目姬蜂科为优势天敌, 占比分别为 39.98%、15.11%、15.08%。间种毛叶苕子种植方式的天敌数量较对照自然清耕增加了 89.62%, 害虫数量则较对照自然清耕降低了 59.23%。对昆虫的多样性分析结果表明, 间种毛叶苕子种植方式下昆虫的多样性指数(H')、均匀度指数(J')、优势度指数(C)均显著高于对照自然清耕, 天敌的多样性指数(H')、均匀度指数(J')也显著高于对照自然清耕。说明间种毛叶苕子有利于增加鲜食葡萄园天敌多样性和增强果园的生态系统自然服务功能。

关键词: 鲜食葡萄; 豆科绿肥; 毛叶苕子; 间种; 害虫; 天敌; 昆虫多样性

中图分类号: S433; S663.1

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2025)04-0358-07

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2025.04.013

Effects of Intercropping Leguminous Green Manure Hairy Vetch on Insect Diversity in Table Vineyards

GUO Jianguo, SUN Zhenyu, ZHANG Dawei, XIE Xiaoli, JIN Shelin
(Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: This study aimed to clarify the insect diversity under interplanted leguminous green manure in vineyards, providing a scientific basis for ecological pest control techniques. Using Malay net collection and artificial identification, the effect of interplanting hairy vetch on insect diversity in table grape vineyards was investigated. Results showed that a total of 11 386 pests belonging to 6 orders and 41 families were captured for leguminous green manure hairy vetch intercropped in table vineyards, Mycetopterae, Phoridae and Anthomyiidae in Diptera were the dominant pests, accounting for 32.72%, 20.97% and 16.85%, respectively. A total of 7 731 natural enemies belonging to 5 orders and 25 families were captured for leguminous green manure hairy vetch intercropped in table vineyards, Dolichopodidae and Syrphidae in Diptera were the dominant natural enemies, accounting for 35.95% and 24.74%, respectively. A total of 27 930 pests belonging to 6 orders and 44 families were captured for clear-ploughed cropping method, Mycetopterae, Phoridae and Anthomyiidae in Diptera were the dominant pests, accounting for 48.67%, 14.33% and 11.00%, respectively. A total of 4 077 natural enemies belonging to 5 orders and 24 families were captured for clear-ploughed cropping method in table vineyards, Dolichopodidae and Syrphidae in Diptera and Ichneumonidae in Hymenoptera were the dominant natural enemies, accounting for 39.98%, 15.11% and 15.08%, respectively. Compared with clear-ploughed cropping method, the number of pests decreased by 59.23% and the number of natural enemies increased by 89.62% for leguminous green manure hairy vetch intercropped in table vineyards. The diversity index analysis showed that the insect diversity index (H'), evenness index (J') and dominance index (C) for leguminous green manure hairy vetch intercropped in table vineyard were significantly higher than those for clear-ploughed cropping method, and the diversity index of natural enemies (H') and evenness index (J') for leguminous

收稿日期: 2024-09-13; 修订日期: 2025-01-03

基金项目: 国家绿肥产业技术体系旱地绿肥病虫害综合防控(CARS-22-G20); 甘肃省科技厅重点研发计划(24YFNA002)。

作者简介: 郭建国(1977—), 男, 甘肃镇原人, 副研究员, 硕士, 主要从事作物害虫生态调控技术研究工作。Email: jguo1001@163.com。

通信作者: 金社林(1965—), 男, 陕西武功人, 研究员, 博士, 主要从事作物病虫害绿色防控技术研究工作。Email: shelinjin@163.com。

green manure hairy vetch intercropped in table vineyard were also significantly higher than those for clear-ploughed cropping method. The results showed that leguminous green manure hairy vetch intercropped in table vineyard could increase the diversities of natural enemies and enhance natural service function in table vineyard ecosystem.

Key words: Table grape; Leguminous green manure; Hairy vetch; Interplanting; Pest; Natural enemy; Insect diversity

以牺牲自然生境为代价, 密集投入农药的集约化农业提高了作物产量, 满足了人类食物需求。然而, 集约化农业过度消耗了自然资源, 造成农田生物多样性丧失, 生态系统自然调控功能下降。葡萄园是一种相对稳定的木本作物生产系统, 间种绿肥不仅可以改善果园土壤质量和气候环境^[1-4], 而且可以调控果园节肢动物动态平衡, 提高天敌昆虫种群数量^[5-11], 降低害虫种群密度^[12-14]。国外研究发现, 葡萄园间种豆科植物如暗紫野豌豆、长柔毛野豌豆、车轴草、箭筈豌豆、南苜蓿和鸟爪豆, 禾本科植物如大麦、黑麦、黑麦草、鼠茅、雀麦、鸭茅、燕麦和紫羊茅, 菊科植物如黄金菊、苦蒿、金盏花、矢车菊、秋英和万寿菊, 罂粟科植物如花菱草, 蓼科植物如荞麦, 紫草科植物如菊蒿叶沙铃花, 蔷薇科作物如花楸, 松科植物如意大利松, 伞形科植物如大阿米芹和野胡萝卜, 十字花科植物如白芥、香雪球、芸薹和油菜等绿肥作物^[15-24], 增加了有益节肢动物(寄生蜂、捕食螨)种群数量, 降低了鳞翅目(花翅小卷蛾)、同翅目(叶蝉和粉蚧)、缨翅目(蓟马)等害虫种群数量和危害。然而, 国内间种豆科绿肥对葡萄园昆虫多样性影响的研究鲜见报道。为此, 我们开展了间种毛叶苕子对鲜食葡萄园昆虫多样性影响的研究, 旨在为葡萄园害虫生态调控技术研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试葡萄品种为阳光玫瑰, 供试毛叶苕子品种为土库曼毛叶苕子。

1.2 试验设计

试验设在河南省焦作市武陟县北郭乡进行。供试葡萄树龄 5 a, 株行距为 3 m × 4 m。2023 年 4 月上旬在葡萄园行间人工撒播毛叶苕子 45~60 kg/hm² 作为处理组(JZ), 自然清耕为空白对照(CK)。2 种植方式水肥管理条件一致, 相隔 5.0 km。毛叶苕子开花期参照农田生物多样性评价技术规范^[25], 按间距 50 m 分别安装 Townes 型马来氏网 3 个, 用

95%乙醇收集瓶采集 2 种植方式下的昆虫, 快递运输至实验室, 委托甘肃农业大学王国利教授进行分类鉴定, 并统计种群数量。

1.3 数据处理与分析

参照段志龙等^[26]的方法将昆虫种群分为天敌 Pre(捕食、寄生、传粉)和害虫 Phy(植食)两个功能类群, Shannon-Wiener 多样性指数 (H')、Margalef 丰富度指数(D)、Pielou 均匀度指数(J')和 Simpson 优势度指数(C)分析昆虫多样性。计算公式如下:

$$\text{Shannon-Wiener 多样性指数: } H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i;$$

$$\text{Margalef 丰富度指数: } D = (S-1) / \ln N$$

$$\text{Pielou 均匀度指数: } J' = H' / \ln S;$$

$$\text{Simpson 优势度指数: } C = 1 - \sum_{i=1}^S (P_i)^2$$

式中, S 为群落物种数目, N 为观察到的个体总数, $P_i = N_i / N$ 为第 i 个物种占群落总数 N 的比例。以个体数目占总数的比例判定优势类群, $P_i \geq 10\%$ 为优势类群, $10\% > P_i \geq 1\%$ 为常见类群, $P_i < 1\%$ 为稀有类群。

Microsoft Office Excel 2019 软件整理试验数据, DPS 数据处理系统 V19.05 软件 Duncan's 新复极差法进行多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 不同种植方式下葡萄园害虫分类单元和数量特征

从表 1 可以看出, 葡萄园间种毛叶苕子种植方式下共捕获害虫 11 386 只, 隶属于 6 目 41 科, 其中双翅目眼蕈蚊科、蚤蝇科、花蝇科为优势类群, 占比分别为 32.72%、20.97%、16.85%; 膜翅目瘿蜂科, 双翅目瘿蚊科、潜蝇科、蠅科、果蝇科、黄潜蝇科为常见类群, 占比分别为 3.19%、7.30%、4.29%、3.48%、1.73%、1.60%; 半翅目、鳞翅目、鞘翅目、缨翅目为稀有类群。葡萄园自然清耕(CK)种植方式下共捕获害虫 27 930 只, 隶属于 6 目 44 科, 其中双翅目眼蕈蚊科、蚤蝇科、花蝇科为优势类群, 占比分别为 48.67%、14.33%、

表 1 不同种植方式下葡萄园害虫科级分类单元和数量特征

编号	目名	科名	间种处理(JK)		自然清耕(CK)		间种处理(JK)害虫数量 较清耕(CK)降幅 /%
			捕获总数 /只	占比 /%	捕获总数 /只	占比 /%	
1	半翅目	长蝽科	97	0.85	111	0.40	12.61
2		盲蝽科	84	0.74	64	0.23	-31.25
3		叶蝉科	8	0.07	3	0.01	-166.67
4		飞虱科	7	0.06	17	0.06	58.82
5		蚜总科			146	0.52	
6	鳞翅目	木虱科			5	0.02	
7		夜蛾科	56	0.49	52	0.19	-7.69
8		卷蛾科	23	0.20	27	0.10	14.81
9		菜蛾科	15	0.13	12	0.04	-25.00
10		粉蝶科	8	0.07	30	0.11	73.33
11		细蛾科	8	0.07			
12		尺蛾科	6	0.05	9	0.03	33.33
13		麦蛾科	5	0.04			
14		羽蛾科	4	0.04	38	0.14	89.47
15		灯蛾科	3	0.03			
16		螟蛾科	3	0.03			
17		灰蝶科	2	0.02	3	0.01	33.33
18		微蛾科			7	0.03	
19		天蛾科			1	0	
20		舟蛾科			1	0	
21	膜翅目	瘿蜂科	363	3.19	529	1.89	31.38
22	鞘翅目	叶蜂科			4	0.01	
23		窃蠹科	40	0.35	25	0.09	-60.00
24		谷盗科	23	0.20	19	0.07	-21.05
25		皮蠹科	5	0.04			
26		大蕈甲科	4	0.04	9	0.03	55.56
27		鳃金龟科	2	0.02	5	0.02	60.00
28		吉丁甲科	1	0.01			
29		象甲科	1	0.01			
30		出尾虫科			31	0.11	
31		叶甲科			2	0.01	
32		叩甲科			1	0	
33	双翅目	眼蕈蚊科	3 725	32.72	13 593	48.67	72.60
34		蚤蝇科	2 388	20.97	4 003	14.33	40.34
35		花蝇科	1 919	16.85	3 071	11.00	37.51
36		瘿蚊科	831	7.30	1 991	7.13	58.26
37		潜蝇科	489	4.29	2 682	9.60	81.77
38		蠓科	396	3.48	247	0.88	-60.32
39		果蝇科	197	1.73			
40		黄潜蝇科	182	1.60	366	1.31	50.27
41		麻蝇科	106	0.93	24	0.09	-341.67
42		丽蝇科	88	0.77	68	0.24	-29.41
43		粪蚊科	84	0.74	313	1.12	73.16
44		鼓翅蝇科	41	0.36	45	0.16	8.89
45		水蝇科	33	0.29	70	0.25	52.86
46		粪蝇科	25	0.22	3	0.01	-733.33
47		大蚊科	23	0.20	46	0.16	50.00
48	缨翅目	尖尾蝇科	22	0.19	35	0.13	37.14
49		宽口蝇科	1	0.01	10	0.04	90.00
50		茎蝇科			7	0.03	
51		实蝇科			5	0.02	
52		蓟马科	68	0.60	200	0.72	66.00
合计			11 386		27 930		59.23

11.00%, 膜翅目瘿蜂科, 双翅目瘿蚊科、潜蝇科、黄潜蝇科、粪蚊科为常见类群, 占比分别为 1.89%、7.13%、9.60%、1.31%、1.12%; 半翅目、鳞翅目、鞘翅目、缨翅目为稀有类群。除半翅目盲蝽科、叶蝉科, 鳞翅目菜蛾科, 鞘翅目窃蠹科、谷盗科, 双翅目蠅科、麻蝇科、丽蝇科、粪蝇科外, 间种毛叶苕子种植方式较自然清耕(CK)有效地降低了半翅目、鳞翅目、膜翅目、鞘翅目、双翅目、缨翅目害虫的种群数量, 害虫数量合计降幅为 59.23%。

2.2 不同种植方式下葡萄园天敌分类单元和数量特征

从表 2 可以看出, 间种毛叶苕子种植方式下葡萄园共捕获天敌 7 731 只, 隶属于 5 目 25 科, 其中双翅目长足虻科、食蚜蝇科为优势类群, 占

比分别为 35.95%、24.74%; 膜翅目小蜂科、姬蜂科、姬小蜂科、蜜蜂科、金小蜂科、茧蜂科、缨小蜂科, 鞘翅目隐翅虫科, 双翅目舞虻科为常见类群, 占比分别为 8.39%、5.78%、4.04%、3.29%、2.41%、2.07%、1.85%、3.22%、4.44%; 其他科为稀有类群, 占比均小于 1%。自然清耕(CK)种植方式下葡萄园共捕获天敌 4 077 只, 隶属于 5 目 24 科, 其中膜翅目姬蜂科和双翅目长足虻科、食蚜蝇科为优势类群, 占比分别为 15.08%、39.98%、15.11%; 膜翅目小蜂科、金小蜂科、茧蜂科、缨小蜂科、肿腿蜂科, 鞘翅目隐翅虫科, 双翅目舞虻科、寄蝇科为常见类群, 占比分别为 3.26%、6.50%、5.79%、5.54%、1.13%、2.43%、2.21%、1.35%; 脉翅目、膜翅目、鞘翅目、双翅目其他科均为稀有类群, 占比均小于 1%。除膜翅

表 2 不同种植方式下葡萄园天敌科级分类单元和数量特征

编号	目名	科名	间种处理(JZ)天敌		自然清耕(CK)天敌		间种处理(JZ) 较 CK 增幅 /%
			捕获总数 /只	占比 /%	捕获总数 /只	占比 /%	
1	半翅目	花椿科	21	0.27	4	0.10	425.00
2	脉翅目	草蛉科	11	0.14	1	0.02	1 000.00
3	膜翅目	小蜂科	649	8.39	133	3.26	387.97
4		姬蜂科	447	5.78	615	15.08	-27.32
5		姬小蜂科	312	4.04			
6		蜜蜂科	254	3.29	8	0.20	3 075.00
7		金小蜂科	186	2.41	265	6.50	-29.81
8		茧蜂科	160	2.07	236	5.79	-32.20
9		缨小蜂科	143	1.85	226	5.54	-36.73
10		蚁蜂科	38	0.49	25	0.61	52.00
11		切叶蜂科	19	0.25	2	0.05	850.00
12		胡蜂科	16	0.21	2	0.05	700.00
13		肿腿蜂科	9	0.12	46	1.13	-80.43
14		隧蜂科	6	0.08	1	0.02	500.00
15		蛛蜂科	4	0.05	11	0.27	-63.64
16		土蜂科	3	0.04			
17		条蜂科			4	0.10	
18		泥蜂科			1	0.02	
19	鞘翅目	隐翅虫科	249	3.22	99	2.43	151.52
20		瓢甲科	64	0.83	3	0.07	2 033.33
21		虎甲科	2	0.03			
22	双翅目	长足虻科	2 779	35.95	1 630	39.98	70.49
23		食蚜蝇科	1 913	24.74	616	15.11	210.55
24		舞虻科	343	4.44	90	2.21	281.11
25		寄蝇科	76	0.98	55	1.35	38.18
26		水虻科	26	0.34	3	0.07	766.67
27		食虫虻科	1	0.01	1	0.02	0.00
合计			7 731		4 077		89.62

目姬蜂科、金小蜂科、茧蜂科、缨小蜂科、肿腿蜂科、蛛蜂科外,间种毛叶苕子种植方式下较自然清耕(CK)增加了半翅目、脉翅目、膜翅目、鞘翅目、双翅目的天敌种群数量,天敌合计数量增幅为 89.62%。

2.3 不同种植方式下葡萄园昆虫科级分类单元的多样性

从表 3 可以看出,间种毛叶苕子种植方式下葡萄园害虫、天敌、昆虫的多样性指数(H')分别为 1.48、1.00、2.48,丰富度指数(D)分别为 3.04、1.62、4.77,均匀度指数(J')分别为 0.46、0.37、0.67,优势度指数(C)分别为 0.92、0.95、0.86;自然清耕(CK)方式下葡萄园害虫、天敌、昆虫的多样性指数(H')分别为 1.53、0.51、2.04,丰富度指数(D)分别为 3.11、1.68、4.91,均匀度指数(J')分别为 0.46、0.18、0.54,优势度指数(C)分别为 0.78、0.99、0.77。方差分析结果显示,间种毛叶苕子种植方式下葡萄园害虫的优势度指数(C),天敌的多样性指数(H')、均匀度指数(J'),昆虫的多样性指数(H')、均匀度指数(J')、优势度指数(C)显著高于清耕(CK)种植方式,但天敌的优势度指数(C)显著低于清耕(CK)种植方式。

3 讨论与结论

现代农业生产集约化和农田景观同质化是全球生物多样性逐渐丧失的主要驱动因素,如何维护规模化生产田物种多样性和景观异质性是绿色有机生态农业亟需破解的科学难题。葡萄园巷道间隙人工种植豆科绿肥作物,可以人工创造出二元化异质性生境,为天敌昆虫提供“衣、食、住、行”生活资料,增加葡萄园节肢动物的种类和丰度,提高天敌对害虫自然调控作用^[27],降低葡萄园害虫防治对杀虫剂的依赖性。本研究发现,间种毛叶苕子种植方式下共捕获到害虫和天敌分别为

11 386、7 731 只,分别隶属于 6 目 41 科和 5 目 25 科,其中眼蕈蚊科、蚤蝇科、花蝇科为优势害虫类群,占比分别为 32.72%、20.97%、16.85%;长足虻科、食蚜蝇科为优势天敌类群,占比分别为 35.95%、24.74%。对照自然清耕种植方式下共捕获到害虫和天敌分别为 27 930、4 077 只,分别隶属于 6 目 44 科和 5 目 24 科,其中眼蕈蚊科、蚤蝇科、花蝇科为优势害虫类群,占比分别为 48.67%、14.33%、11.00%;长足虻科、食蚜蝇科、姬蜂科为优势天敌类群,占比分别为 39.98%、15.11%、15.08%。这一研究结果与欧美有机葡萄园节肢动物分类单元部分相似^[28-29],但天敌种类略少于欧美有机葡萄园,其原因可能与本试验应用毛叶苕子与葡萄组成的二元化景观结构异质性低于欧美有机葡萄园有关,相关原因有待进一步研究。

生境管理是降低农田景观简约性、提高生物多样性的有效手段^[30]。果园人工种植“推拉”作用的陷阱作物或涵养哺育天敌的庇护所作物,有利于繁衍天敌昆虫,提高害虫的生物防治效果^[31-32]。本研究发现:葡萄园巷道间隙人工种植间种毛叶苕子显著增加了鲜食葡萄园天敌昆虫的多样性、降低害虫种群数量。间种毛叶苕子种植方式下葡萄园昆虫的多样性指数(H')、均匀度指数(J')、优势度指数(C)均显著高于自然清耕,天敌的多样性指数(H')、均匀度指数(J')也显著高于自然清耕。这一研究结果与欧美葡萄园增加地被作物覆盖、提高果园植被多样性,增加天敌种群数量,增强害虫生态防治功能的结果部分相似^[17-24]。说明,葡萄园间种豆科绿肥作物与葡萄园间种禾本科、菊科、罂粟科、廖科、紫草科、蔷薇科、松科,伞形科和十字花科等绿肥作物,均可以实现相同的生态系统服务功能。

表 3 不同种植方式下葡萄园昆虫科级分类单元的多样性指数

类群	处理	多样性指数 (H')	丰富度指数 (D)	均匀度指数 (J')	优势度指数 (C)
害虫	间种毛叶苕子	1.48±0.11 a	3.04±0.40 a	0.46±0.05 a	0.92±0.02 a
	自然清耕(CK)	1.53±0.03 a	3.11±0.29 a	0.46±0.02 a	0.78±0.02 b
天敌	间种毛叶苕子	1.00±0.11 a	1.62±0.27 a	0.37±0.01 a	0.95±0.01 b
	自然清耕(CK)	0.51±0.05 b	1.68±0.15 a	0.18±0.02 b	0.99±0.01 a
昆虫	间种毛叶苕子	2.48±0.12 a	4.77±0.66 a	0.67±0.03 a	0.86±0.01 a
	自然清耕(CK)	2.04±0.07 b	4.91±0.44 a	0.54±0.03 b	0.77±0.01 b

间种毛叶苕子种植方式下害虫数量较对照自然清耕种植方式降低了 59.23%, 而天敌数量却较对照自然清耕种植方式增加了 89.62%。间种毛叶苕子和对照自然清耕种植方式下均以双翅目眼蕈蚊科、蚤蝇科、花蝇科为优势害虫, 但是间种毛叶苕子种植方式下以双翅目长足虻科、食蚜蝇科为优势天敌, 而对照自然清耕种植方式下却以双翅目长足虻科、食蚜蝇科、膜翅目姬蜂科为优势天敌, 2 种植方式下的优势天敌组成存在一定程度差异, 需要进一步研究。

参考文献:

- [1] 秦文利. 行间生草种类对苹果园春季土壤蒸发、空气湿度和土壤贮水的影响[J]. 草业学报, 2023, 32(1): 48–62.
- [2] 魏亚飞, 王 辉, 谭 帅, 等. 套种对南方红壤坡耕地经济果园土壤团聚体分布及稳定性的影响[J]. 应用生态学报, 2020, 31(5): 1617–1624.
- [3] 张宝时, 李国权, 裴希谦, 等. 休闲期复种绿肥冬油菜对陇中旱地春小麦氮磷利用率和产量的影响[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(10): 926–930.
- [4] 杨蕊菊, 张久东, 车宗贤, 等. 陇中半干旱区果园间作绿肥对土壤肥力的影响研究[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(12): 1116–1120.
- [5] PÉTREMAND G, SPEIGHT M C D, FLEURY D, et al. Hoverfly diversity supported by vineyards and the importance of ground cover management[J]. Bulletin of Insectology, 2017, 70(1): 147–155.
- [6] UZMAN D, ENTLING M H, LEYER I, et al. Mutual and opposing responses of carabid beetles and predatory wasps to local and landscape factors in vineyards [J]. Insects, 2020, 11(11): 746.
- [7] VOGELWEITH F, THIÉRY D. Cover crop differentially affects arthropods, but not diseases, occurring on grape leaves in vineyards[J]. Australian Journal of Grape and Wine Research, 2017, 23(3): 426–431.
- [8] MÖTH S, WALZER A, REDL M, et al. Unexpected effects of local management and landscape composition on predatory mites and their food resources in vineyards[J]. Insects, 2021, 12(2): 180.
- [9] SÁENZ-ROMO M G, VEAS-BERNAL A, MARTÍNEZ-GARCÍA H, et al. Effects of ground cover management on insect predators and pests in a Mediterranean vineyard [J]. Insects, 2019, 10(12): 421.
- [10] COSTELLO M J, DAANE K M. Influence of ground cover on spider populations in a table grape vineyard[J]. Ecological Entomology, 1998(1): 33–40.
- [11] ROCHER L, BLAYA R, BLAISE C, et al. Species and functional responses of ants to inter-row tillage and vegetation in organic Mediterranean vineyards[J]. Basic and Applied Ecology, 2022, 65: 126–135.
- [12] REIFF J M, KOLB S, ENTLING M H, et al. Organic farming and cover crop management reduce pest predation in Australian vineyards[J]. Insects, 2021, 12(3): 220.
- [13] COSTELLO M J, DAANE K M. Spider and leafhopper (*Erythroneura* spp.) response to vineyard ground cover [J]. Environmental Entomology, 2003, 32 (5): 1085–1098.
- [14] DAANE K M, HOGG B N, WILSON H, et al. Native grass ground covers provide multiple ecosystem services in Californian vineyards[J]. Journal of Applied Ecology, 2018, 55(5): 2473–2483.
- [15] BURGIO G, MARCHESINI E, REGGIANI N, et al. Habitat management of organic vineyard in Northern Italy: the role of cover plants management on arthropod functional biodiversity[J]. Bulletin of Entomological Research, 2016, 106(6): 759–768.
- [16] GONCALVES F, NUNES C, CARLOS C, et al. Do soil management practices affect the activity density, diversity, and stability of soil arthropods in vineyards? [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2020, 294: 106863.
- [17] NICHOLLS C I, PARRELLA M, ALTIERI M A. The effects of a vegetational corridor on the abundance and dispersal of insect biodiversity within a northern California organic vineyard[J]. Landscape Ecology, 2001, 16 (2): 133–146.
- [18] MUSCAS E, COCCO A, MERCENARO L, et al. Effects of vineyard floor cover crops on grapevine vigor, yield, and fruit quality, and the development of the vine mealybug under a Mediterranean climate[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2017, 237: 203–212.
- [19] SÁENZ-ROMO M G, MARTÍNEZ-GARCÍA H, VEAS-BERNAL A, et al. Effect of ground-cover management on predatory mites (Acari: Phytoseiidae) in a Mediterranean vineyard[J]. Vitis – Journal of Grapevine Research, 2019, 58: 25–32.
- [20] HOFFMANN C, KÖCKERLING J, BIANCU S, et al. Can flowering green cover crops promote biological control in German vineyards? [J]. Insects, 2017, 8(4): 121.

- [21] WILSON H, DAANE K M. Review of ecologically-based pest management in California vineyards[J]. *Insects*, 2017, 8(4): 108.
- [22] BARBAR Z, TIXIER M S, CHEVAL B, et al. Effects of agroforestry on phytoseiid mite communities (Acari: Phytoseiidae) in vineyards in the South of France[J]. *Experimental & Applied Acarology*, 2006, 40: 175–188.
- [23] WILSON H, MILES A F, DAANE K M, et al. Landscape diversity and crop vigor outweigh influence of local diversification on biological control of a vineyard pest[J]. *Ecosphere*, 2017, 8(4): e01736.
- [24] ZANETTIN G, BULLO A, POZZEBON A, et al. Influence of vineyard inter-row ground cover vegetation management on arthropod assemblages in the vineyards of North-Eastern Italy[J]. *Insects*, 2021, 12(4): 349.
- [25] 浙江省农产品质量安全学会. 农田生物多样性评价技术规范: T/ZNZ 141—2022[S]. 杭州: 浙江省农产品质量安全学会, 2022.
- [26] 段志龙, 王晨光, 王 辉, 等. 不同果园绿肥种植模式下昆虫功能团多样性分析[J]. *应用昆虫学报*, 2022, 59(2): 426–434.
- [27] LANDIS D A, WRATTEN S D, GURR G M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture[J]. *Annual Review of Entomology*, 2000, 45: 175–201.
- [28] AL-HABSI S N, SHARMA A, RAMAN A. Arthropod biodiversity and abundance in organically and conventionally managed, cool-climate vineyards in Orange, New South Wales, Australia[J]. *International Journal of Ecology & Environmental Sciences*, 2017, 43(1): 9–15.
- [29] JIMÉNEZ-GARCÍA L, GARCÍA-MARTÍNEZ Y G, MARCO-MANCEBÓN V, et al. Biodiversity analysis of natural arthropods enemies in vineyard agroecosystems in La Rioja, Spain[J]. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 2019, 22(1): 308–315.
- [30] ANDOW D A. Vegetational diversity arthropod population[J]. *Annual Review of Entomology*, 1991, 36(1): 561–586.
- [31] GURR G M, WRATTEN S D, LANDIS D A, et al. Habitat management to suppress pest populations: progress and prospects [J]. *Annual Review of Entomology*, 2017, 62(1): 91–109.
- [32] GONZÁLEZ-CHANG M, TIWARI S, SHARMA S, et al. Habitat management for pest management: Limitations and prospects[J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 2019, 112(4): 302–317.