

油菜花期潜叶蝇的发生与农业景观的关系

陈俊晖¹, 付道猛¹, 邹怡², 肖海军^{1*}, 侯玲玲^{3,4}, Wopke van der Werf²

(1. 江西农业大学农学院/昆虫研究所, 南昌 330045; 2. Centre for Crop Systems Analysis, Wageningen University, P. O. Box 430, 6700 AK Wageningen, The Netherlands; 3. 北京大学现代农学院, 北京 100871; 4. 中国科学院地理科学与资源研究所, 中国科学院农业政策研究中心, 北京 100101)

摘要 不同农业景观能够影响生态系统生物控害与授粉的服务与功能,但同时也可能影响害虫的种群密度。为了探明江西赣北地区不同农业景观背景下油菜潜叶蝇种群动态,应用广义线性模型分析了农业景观构成因子与油菜潜叶蝇种群数量的关系。结果表明:油菜初花期、盛花期和终花前期,不同样地之间油菜潜叶蝇种群发生趋势相似,在油菜盛花期潜叶蝇为害最重,但不同样地之间的潜叶蝇种群数量差异显著。区域范围农业景观构成因素对油菜花期潜叶蝇发生数量有显著影响。草地面积、森林面积与油菜潜叶蝇的种群数量呈显著正相关关系,耕地面积在中等范围尺度(1 000 m 半径)与油菜潜叶蝇发生数量负相关。研究结果表明高比例的作物生境反而有相对更低的油菜潜叶蝇种群。本研究内容可以为分析农业景观的生态服务功能提供研究案例,为不同生态农业区域油菜潜叶蝇种群防控提供参考资料。

关键词 油菜; 油菜潜叶蝇; 种群数量; 农业景观

中图分类号: S 436.36 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2016.05.029

Relationship between agricultural landscape composition and population density of *Chromatomyia horticola* during oil seed rape bloom

Chen Junhui¹, Fu Daomeng¹, Zou Yi², Xiao Haijun¹, Hou Lingling^{3,4}, Wopke van der Werf²

(1. Institute of Entomology / School of Agricultural Sciences, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 2. Centre for Crop Systems Analysis, Wageningen University, P.O. Box 430, 6700 AK Wageningen, The Netherlands; 3. School of Advanced Agricultural Sciences, Peking University, Beijing 100871, China; 4. Center for Chinese Agricultural Policy, Institute of Geographic Sciences and Natural Resource Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract Agricultural landscapes impact the ecosystem services of biological control and pollination, but they may also affect the density of pests. In order to understand the effect of different agricultural landscape backgrounds on population density of the oilseed rape leaf miner *Chromatomyia horticola*, surveys were conducted at three times during rape flowering at 18 experimental sites in different landscape contexts in Northern Jiangxi. Generalized linear models with a negative binomial error distribution were used to analyze the relationship between leaf miner density and landscape composition. The results showed that during the initial flowering stage, full-blossom period and flower preliminary final, the population of *C. horticola* demonstrated similar trend. Serious damage occurred during full-bloom, and the density of leaf miners differed substantially among different experimental sites. Landscape variables correlated with densities of *C. horticola*. Grassland and forest area near the surveyed fields had a significant positive correlation with pest density, whereas arable land area in mid-range scales (1 000m radius) had a negative correlation with the occurrence of *C. horticola*. These results indicated that landscapes with more arable land had lower prevalence of the rape leaf miner. Further work is needed to corroborate and explain these findings. The current paper should be a case study for the analysis of ecosystem services, also may provide reference materials for ecological control of *C. horticola*.

Key words oil seed rape; *Chromatomyia horticola*; population density; agricultural landscape

收稿日期: 2015-11-04

修订日期: 2015-12-10

基金项目: 国家自然科学基金(31360461);江西省高等学校科技落地计划(KJLD14030);江西省青年科学家(井冈之星)培养对象(20153BCB23014)

* 通信作者 E-mail: hixiao@jxau.edu.cn

油菜是十字花科芸薹属植物,是我国传统的重要油料作物^[1-2],同时也是我国很多地区重要的生态农业景观作物,近年来被广泛应用于休闲旅游区生态农业观光景观构成^[3]。当前,全国各地都在大力发展地方特色生态农业,部分比较重视农业景观休闲观光旅游的地区已经把油菜作为整体观光项目的重要一环。油菜作为乡村休闲旅游的农业景观作物,具有花期相对较长、观赏价值高、成本相对低廉的特点。江西是以油菜花海农业景观为重点旅游资源的省份之一,在婺源、安义、靖安等地,通过政府与农户合作统一管理,油菜花成为吸引旅游观光的重要生态资源。油菜种植区在花期兼具休闲旅游观光和重要的农业生态服务功能。在盛花期,油菜亦是丰富的蜜源供给植物,在吸引大量传粉昆虫前来授粉的同时,油菜花蜜也会吸引多种天敌昆虫,从而提高农田天敌生态控害服务功能。因此,农业景观生态服务功能中昆虫为植物授粉和天敌昆虫生态控害功能在油菜种植区域得到充分体现^[4-5]。

近年来,在景观尺度下研究生态系统服务功能以及害虫的种群变化已成为热点^[5-7]。受我国城镇化建设进程速度加快、耕地大规模流转和农作物种植回报率较低等因素的影响,农业耕种正由传统农业向现代规模农业转变^[8]。农田中的半自然生境能够给天敌昆虫提供合适的栖息地和食物资源,而单一作物规模化种植、集约化发展的种植方式容易导致自然生境比例降低,进而影响农田景观的生态系统服务功能^[9]。农田景观多样性对于维持农田生态系统服务功能十分重要,天敌的丰度与复杂景观中的一种或几种组成联系紧密,维持或增加与天敌丰度有关的景观构成有利于害虫控制^[10-12]。因此,保护并提高农田区域的景观多样性将有利于提高天敌控害的生态服务功能,进而减少使用农药以及发展景观生态农业。

油菜在花期通常生长较茂盛,容易受到油菜潜叶蝇,即豌豆彩潜蝇 [*Chromatomyia horticola* (Goureau), 异名: *Phytomyza horticola* Goureau]、蚜虫等害虫的为害^[13]。油菜潜叶蝇是双翅目潜蝇科的多食性害虫,由于个体小,通常以幼虫潜入寄主植物叶片表皮下取食,造成蛇形的灰白色取食隧道,对油菜的产量和质量造成一定程度的影响,是油菜花期的重要害虫^[13-14]。目前对于油菜潜叶蝇的研究主要集中在为害程度^[14]、时空动态^[15]、药剂防治^[13]

等方面,缺乏基于不同生态农业景观背景的油菜潜叶蝇发生量与农业景观构成因素的关联分析。

通常半自然栖息地的增加能够增加天敌昆虫的多样性,减少害虫的发生率^[16],因此本研究的假设是半自然生境面积与油菜潜叶蝇种群发生率呈负相关。结合长江中下游地区水稻——油菜复种耕作模式的农业景观背景,通过采用生态学常用的农业景观构成和害虫种群动态调查方法,以油菜花期重要害虫油菜潜叶蝇为研究对象,调查了江西赣北地区不同农田景观背景下,油菜潜叶蝇在油菜花期发生为害情况。以油菜潜叶蝇的种群调查数据为基础,结合农业景观构成调查分析,对种群发生量与农业景观构成因素之间的关联进行了系统分析,为进一步分析农业景观的生态服务功能提供研究案例。

1 材料与方法

1.1 试验样地选择和农业景观土地利用构成调查

江西农业景观复杂多样。本试验根据江西省不同区域油菜种植、农业景观格局的差异,通过 Google earth 软件和 GPS 精准定位试验样点中心油菜地块,在江西南昌、新建、安义、永修、九江、奉新、靖安、高安等县市区范围内选择了 18 个作物种类和种植面积比例不同的代表性样地,根据样地分布区域依次进行编号(S1~S18)。根据 GIS 地图,以试验样地中心为圆点,分别以 200、500、1 000 和 2 000 m 为半径设置试验样地。应用手持 GPS (Garmin GPSmap62sc) 实地测量试验样地内所有耕地、森林、草地、水域、村镇建筑等区域的面积,统计不同试验样地内农作物、森林、草地、水域、村镇建筑等占地面积,计算样地不同半径范围内农业景观构成比例(表 1)。

1.2 油菜花期潜叶蝇种群数量

1.2.1 供试作物

供试油菜品种为适宜江西种植的主栽品种甘蓝型半冬性常规种‘阳光 2009’(国审油 2011009),由中国农业科学院油料作物研究所提供。所有试验样地油菜于 2014 年 10 月上旬播种,每 667 m² 用种量 0.2~0.4 kg,除了油菜整个生育期都不使用化学农药外,其他水肥管理同江西当地油菜常规栽培管理措施。分别于 2015 年 3 月 29 日(初花期)、4 月 8 日(盛花期)和 4 月 18 日(终花前期)进行了 3 次油菜潜叶蝇幼虫田间为害调查。

表 1 试验样地农业景观构成比例¹⁾

Table 1 Landscape composition on each experimental site

样地 编号 Site no.	地点 Location	样地不同半径范围内农业景观构成比例/% Percentage of landscape composition at 4 spatial scales													
		200 m							500 m						
		LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6	LC7	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6	LC7
S1	新建 Xinjian	0	4.6	3.8	0	22.6	0	69.1	0	11.2	1.6	0	37.2	0	49.9
S2	新建 Xinjian	0	0	0.6	3.7	10.7	0.9	84.1	0.5	1.7	2.8	4.8	11.8	1.8	76.7
S3	高安 Gao'an	0	0.1	3.4	16.3	22.8	0	57.3	0	3.2	3.7	18.0	18.6	0	56.5
S4	安义 Anyi	0	0	0	0	12.5	0	87.5	0	2.2	0	0.4	7.6	0	89.8
S5	高安 Gao'an	0	13.4	0	14.5	0	0	72.1	0.7	2.8	1.7	4.1	0	0	90.7
S6	高安 Gao'an	0	0	0.1	3.6	22.9	0	73.5	0	0	2.8	17.6	41.4	0	38.2
S7	新建 Xinjian	0	17.7	19.4	0	0	0	62.9	0	47.5	10.4	2.6	6.7	0	32.9
S8	安义 Anyi	0	0	0.2	0.3	15.8	0	83.7	0	23.0	1.7	0.1	5.7	0.2	69.3
S9	安义 Anyi	0	3.6	0	5.2	22.5	0	68.6	0	24.1	1.8	2.8	6.4	0.3	64.7
S10	永修 Yongxiu	0	0.3	17.1	5.5	15.1	0	62.0	0	0.6	11.3	4.7	5.9	0	77.4
S11	丰城 Fengcheng	0.6	7.2	4.5	0	7.1	0	80.6	2.0	5.4	26.5	0	5.4	1.8	58.8
S12	靖安 Jing'an	30.9	0.5	0	0.1	6.4	0	62.2	23.2	23.5	3.9	3.1	8.2	0	38.1
S13	靖安 Jing'an	0	2.5	18.8	0	17.7	0	61.0	0	32.2	8.2	3.9	7.4	0.4	48.0
S14	靖安 Jing'an	0.1	8.4	26.9	1.0	17.3	0	46.4	7.0	17.9	31.8	8.6	10.7	0	24.1
S15	靖安 Jing'an	0.1	11.3	15.2	3.6	30.0	0	39.8	1.9	38.7	14.7	2.1	17.8	1.6	23.2
S16	靖安 Jing'an	0	23.9	3.5	0.2	1.4	20.5	50.6	0.0	54.7	3.7	0.1	4.6	6.4	30.6
S17	奉新 Fengxin	2.4	6.6	4.3	4.3	17.8	3.1	61.6	7.7	9.0	2.9	12.8	17.3	7.6	42.8
S18	安义 Anyi	0	9.5	3.0	0	2.2	1.8	83.4	0	14.6	5.8	0.5	2.7	2.2	74.2

样地 编号 Site no.	地点 Location	样地不同半径范围内农业景观构成比例/% Percentage of landscape composition at 4 spatial scales													
		1 000 m							2 000 m						
		LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6	LC7	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6	LC7
S1	新建 Xinjian	0.4	9.5	4.3	1.2	21.4	1.3	62.0	0.2	10.4	8.0	3.3	15.0	0.9	62.2
S2	新建 Xinjian	0.3	7.8	4.5	4.2	7.3	0.8	75.2	0.2	13.4	4.0	3.2	6.4	3.9	68.9
S3	高安 Gao'an	0.4	7.4	2.2	7.6	11.9	0.5	70.0	0.8	11.6	2.0	3.9	18.6	0.2	63.0
S4	安义 Anyi	0	3.0	0.6	0.6	10.9	0.3	84.6	0	11.7	2.2	2.5	13.1	0.6	69.8
S5	高安 Gao'an	0.4	15.4	5.1	1.0	6.3	0.1	71.7	0.1	29.3	2.2	0.9	10.7	0.5	56.3
S6	高安 Gao'an	0	7.0	8.0	7.4	25.5	1.3	50.7	0.2	14.7	8.0	4.0	13.9	0.6	58.7
S7	新建 Xinjian	0	67.4	6.1	1.6	5.1	0	19.9	0.1	61.9	10.0	3.1	8.3	0	16.6
S8	安义 Anyi	0	48.1	0.7	1.4	7.3	1.0	41.5	0.2	64.2	0.6	1.8	6.4	1.5	25.2
S9	安义 Anyi	0	41.1	4.5	2.1	4.4	0.2	47.8	0.5	45.6	4.3	2.1	4.9	0.2	42.4
S10	永修 Yongxiu	0.8	8.1	12.0	5.2	5.7	0.4	67.7	0.6	30.0	15.1	3.2	3.8	1.2	46.1
S11	丰城 Fengcheng	1.8	12.3	30.7	1.9	4.6	1.4	47.4	0.4	19.4	23.5	3.3	5.3	1.2	46.9
S12	靖安 Jing'an	11.7	43.4	8.8	1.3	6.8	0	28.1	4.4	65.4	3.8	1.9	5.3	0.2	18.9
S13	靖安 Jing'an	0.1	61.2	3.5	2.0	4.4	0.1	28.7	0.1	77.2	2.3	0.8	2.7	0.5	16.3
S14	靖安 Jing'an	8.3	20.3	26.2	4.0	7.1	0	34.2	2.8	37.9	20.6	2.0	5.2	0	31.5
S15	靖安 Jing'an	2.1	60.6	7.7	1.9	7.8	0.7	19.4	1.8	74.0	6.6	1.3	4.6	1.2	10.4
S16	靖安 Jing'an	0	60.8	10.5	0.3	5.2	3.2	20.1	0	75.3	5.0	1.1	3.1	2.9	12.7
S17	奉新 Fengxin	6.7	10.4	5.3	8.7	15.4	6.1	47.4	7.6	13.1	3.6	4.6	16.7	4.6	49.7
S18	安义 Anyi	0	32.2	6.5	5.1	5.5	4.7	46.1	0	41.0	8.2	4.2	6.4	4.9	35.1

1) LC1: 果园; LC2: 森林; LC3: 草地; LC4: 水面; LC5: 村镇建筑; LC6: 空闲地; LC7: 耕地。

LC1: Orchard lands; LC2: Forest; LC3: Grassland; LC4: Water; LC5: Village construction area; LC6: Unused land; LC7: Cultivated land.

1.2.2 花期油菜潜叶蝇种群调查

在供试油菜样地按田块对角线取样,每个样地调查 8 株油菜。采用先目测后动手调查的方法,对所选油菜株自上而下观察。分别记录每植株上观察到的油菜潜叶蝇成虫和幼虫数量。幼虫主要通过观察油菜叶背是否有幼虫为害形成的虫道痕迹,并判断是否存在潜叶蝇幼虫为害,统计观察虫量。

1.3 数据分析

数据采用广义线性模型(generalized linear model, GLM)进行分析。以油菜潜叶蝇的种群数量作为

响应变量,耕地、森林、草地、水域、村镇建筑等土地利用面积的比例作为解释变量。以中心点为圆心,分析 200、500、1 000 和 2 000 m 半径范围内的农业景观因素的作用。对油菜花期的不同阶段的调查数据分别进行统计分析。由于油菜潜叶蝇在田间分布并非完全均匀随机分布,因此,响应变量(油菜潜叶蝇种群数量)不完全符合正态分布,模型残差采用负二项分布(negative binomial distribution)进行拟合,残差数据用正态性和方差齐性进行检验^[17]。最优模型采取逐步回归反向选择法(stepwise back-

ward regression), 以赤池信息量准则 (Akaike's information criterion, AIC) 选取最优模型。所有的分析均采用 R 语言进行^[18], 运用了 MASS 软件包^[19]。

2 结果与分析

2.1 江西地区油菜不同花期下潜叶蝇发生数量

田间调查发现, 在油菜初花期、盛花期和终花前期, 不同样地之间油菜潜叶蝇种群发生量趋势相似 (图 1)。油菜初花期, 油菜潜叶蝇种群数量很少, 单

株虫量最多的试验样地 (S6) 仅为 6.88 头。油菜盛花期, 潜叶蝇种群数量快速增长; 但是, 不同试验样地之间的潜叶蝇种群数量差异显著。为害较轻的试验样地, 单株虫量为 4.63 头 (S18); 为害最重的试验样地, 平均单株虫量达 70.63 头 (S6)。在油菜盛花末期, 油菜潜叶蝇种群数量随着油菜花凋落, 种群数量在绝大多数试验样地呈现下降趋势 (仅 S7~S9, 观察到种群数量进一步增长), 试验样地之间种群数量差异非常大 (图 1)。

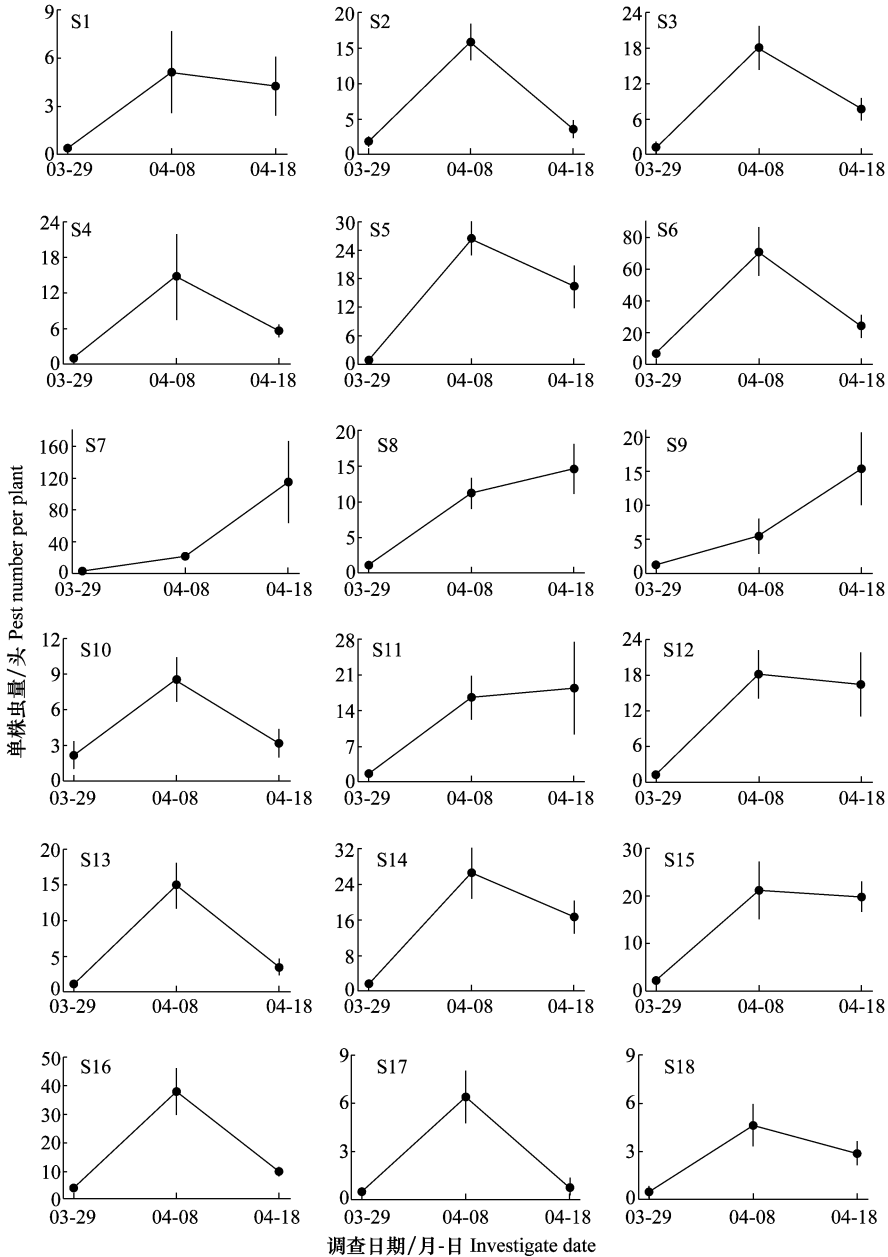


图 1 油菜花期 18 个不同农业景观的试验样地油菜潜叶蝇发生量

Fig. 1 Population dynamics of *Chromatomyia horticola* during the flowering period in 18 experimental sites with different landscape context in Northern Jiangxi

2.2 农业景观构成因素与油菜潜叶蝇种群动态的相关性

田间调查发现,在油菜花期不同阶段,从油菜初花期至终花前期,不同样地之间潜叶蝇种群发生趋势相似,但是种群数量差异明显。在试验区域内的油菜品种,其栽培管理措施等因素均一致的背景下,进一步分析了油菜潜叶蝇种群数量与试验样地农业景观构成因素的相关性。结果表明:在不同区域范围尺度下,农业景观构成因素对油菜花期潜叶蝇种群数量的影响不同。在油菜盛花期,草地面积在 200 m 半径范围内与油菜潜叶蝇的种群数量呈显著正相关($\beta=6.33, P=0.029$),在 500 m 和 2 000 m

尺度下亦呈正相关趋势,但未达到显著水平(500 m: $\beta=3.62, P=0.145$; 2 000 m: $\beta=5.50, P=0.098$); 森林面积在 500、1 000 和 2 000 m 范围内 3 个尺度下均与油菜潜叶蝇的种群数量呈显著正相关关系(500 m: $\beta=3.33, P=0.006$; 1 000 m: $\beta=2.35, P=0.01$ 和 2 000 m: $\beta=2.20, P=0.012$)(表 2)。耕地面积在中等范围尺度下(500~1 000 m)与油菜潜叶蝇发生数量之间呈负相关趋势,其中在油菜初花期 1 000 m 尺度下达显著水平($\beta=-3.13, P=0.039$)(表 2)。水域面积仅在 500 m 范围下与油菜潜叶蝇的种群数量存在正相关关系,并于油菜终花前期达到了显著性相关水平($\beta=7.27, P=0.006$)(表 2)。

表 2 在 4 种空间尺度下农业景观构成因素与油菜潜叶蝇种群动态的回归分析¹⁾

Table 2 Regression analysis (generalized linear model) of effects of landscape composition on density of oilseed rape leaf miner *Chromatomyia horticola* at 4 spatial scales

空间尺度 Spatial scale	日期/月-日 Date	变量 Variable	估计参数(β) Estimate	z 值 z-value	P 值 $P > z $	模型 AIC Model AIC
200 m	03-29	NA	—	—	—	—
	04-08	草地 Grassland	6.33	2.19	0.029	212.3
	04-18	NA	—	—	—	—
500 m	03-29	水域 Water	3.65	1.46	0.144	129.7
		耕地 Cultivated land	-1.16	-1.69	0.092	
	04-08	森林 Forest	3.33	2.77	0.006	212.6
		草地 Grassland	3.62	1.46	0.145	
	04-18	水域 Water	5.35	1.39	0.164	213.1
		森林 Forest	1.22	1.46	0.143	
1 000 m	03-29	森林 Forest	-2.11	-1.67	0.094	131.9
		耕地 Cultivated land	-3.13	-2.07	0.039	
	04-08	森林 Forest	2.35	2.59	0.010	211.0
	04-18	森林 Forest	-1.74	-1.36	0.174	
		耕地 Cultivated land	-2.27	-1.51	0.132	
2 000 m	03-29	NA	—	—	—	213.1
	04-08	森林 Forest	2.20	2.51	0.012	
		草地 Grassland	5.50	1.66	0.098	
	04-18	NA	—	—	—	—

1) NA 表示没有解释变量包含在模型中。

NA refers no explanatory variable was included in the model.

3 讨论

通过对不同区域背景下油菜潜叶蝇发生为害的调查分析发现:在赣北地区,油菜潜叶蝇种群数量在油菜花期呈现显著动态变化。在油菜开花前期其种群数量较低,在盛花期种群数量急剧增加,至花期末种群数量又明显下降。调查结果显示,种群动态与油菜花期长势密切相关。在长江中下游地区,油菜潜叶蝇为害程度与油菜生育阶段密切相

关,其主要为害时间为 4 月中下旬,时值油菜盛花、灌浆、乳熟期,植株生长茂盛^[15]。油菜潜叶蝇种群发生动态与油菜花期相吻合,一方面是因为油菜花期植株生长茂盛,另一方面是环境温度能够调节越冬种群发生,体现了害虫发生期与寄主植物物候的同步性。在长江中下游地区,油菜潜叶蝇可以以蛹、幼虫、成虫和卵等不同虫态越冬,因此,冬后气温决定油菜花期的同时,亦同步调节油菜潜叶蝇的种群动态。油菜潜叶蝇在冬季和早春期间越冬

寄主多样,油菜开花后,潜叶蝇可以从油菜花上获取蜜源补充营养,同时进行产卵;至油菜终花前期,随着花期结束,油菜叶片枯黄,油菜潜叶蝇则利用有限的时期完成幼虫期,之后成虫转移出油菜田,种群数量开始下降^[15]。

害虫—植物—天敌的三级营养关系是整个生态系统的重要组成部分,研究景观环境与害虫之间的关系、天敌昆虫的生态服务功能对害虫的自然控制及指导农业生产具有十分重要的作用^[5,20]。农田周围的自然和半自然生境比例对保护害虫天敌,提高物种多样性非常重要。通常,多样化的景观结构更能保护生物多样性,降低害虫丰度,维持更强的控制害虫的功能^[21]。与预期假设相反,本研究发现随着森林、草地面积的增加,多样化的农业景观背景下油菜潜叶蝇的为害加重。我们分析发现农业景观构成因素对油菜花期潜叶蝇发生数量有显著影响,总体表现为森林和草地面积与油菜潜叶蝇的种群数量呈显著正相关关系,耕地面积在中等范围尺度下与油菜潜叶蝇发生数量之间呈负相关趋势(表2)。森林和草地面积与油菜潜叶蝇种群发生数量存在显著正相关性,说明森林中可能存在潜叶蝇冬季寄主。同样,草地在花期中期与潜叶蝇数量存在一定相关性,极有可能是油菜潜叶蝇在冬季会在林带或草地中如苦苣菜(*Sonchus oleraceus*)、野菊(*Dendranthema indicum*)、茼蒿菜(*Chrysanthemum coronarium*)、印波菊(鸡儿肠)(*Boltonia indica*)等杂草上越冬和繁殖,在油菜开花期前期转移至油菜上繁殖和为害^[22]。

本研究选择试验区域为我国长江中下游地区传统油菜种植大省,有着优良而独特的区域农业景观生态资源。复杂的农业景观结构能提供更多的天敌,但是天敌之间的相互影响可能使生态服务功能减少甚至丧失^[23]。半自然生境尤其是田块周边环境不仅对天敌的丰富度具有影响,对于害虫的丰富度也有影响,其中草地对物种的丰富度具有积极影响^[24]。在不同范围尺度下,害虫种群发生数量与景观因子之间的关系是复杂的,某些因子可能一直产生影响,而另一些因子只在一定范围内或者一定时期内产生影响^[4,7,21]。我们分析油菜潜叶蝇种群发生量与农业景观构成因素之间相关性发现,两者的相关性在不同农业景观尺度下有变化,表明在农业景观系统中,一个因子的改变会引起寄主选择食物

链的改变,影响害虫与寄主植物之间的关系。多样化的景观结构下某个因子的变化能够对害虫或天敌种群数量产生促进或者抑制作用^[16]。试验区域水域面积仅在500 m范围下与潜叶蝇种群存在正相关关系,于油菜终花前期达到了显著性相关水平(表2),这有可能表明区域范围内,油菜田周边河流、水库等条件影响油菜田开花季节的水利灌溉,从而影响田间湿度或油菜长势与荫蔽程度,进而影响油菜潜叶蝇的种群数量变化。耕地面积在一定程度上与油菜潜叶蝇的发生数量呈现负相关性(表2),可能是由于试验区域的耕地主要为水稻田,水稻田中大部分在冬季闲置,田间仅存的稻桩并非油菜潜叶蝇寄主。本研究的结果表明,农业景观中森林面积的增加不利于降低油菜潜叶蝇的发生;相反地,耕地面积比例的增加有助于提高油菜抗潜叶蝇的能力。本研究作为一个案例,为合理布局油菜种植、评估农业景观对油菜潜叶蝇种群自然控制作用的生态服务功能提供科学依据。

参考文献

- [1] 王汉中. 我国油菜产需形势分析及产业发展对策[J]. 中国油料作物学报, 2007, 29(1): 101-105.
- [2] 沈金雄, 傅延栋. 我国油菜生产、改良与食用油供给安全[J]. 中国农业科技导报, 2011, 13(1): 1-8.
- [3] 章俊乐. 景观油菜栽培技术[J]. 现代农业科技, 2012(19): 34.
- [4] Westphal C, Steffan-Dewenter I, Tschamtker T. Bumblebees experience landscapes at different spatial scales: possible implications for coexistence [J]. *Oecologia*, 2006, 149(2): 289-300.
- [5] Tschamtker T, Klein A M, Kruess A, et al. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management [J]. *Ecology Letters*, 2005, 8(8): 857-874.
- [6] Chaplin-Kramer R, O'Rourke M E, Blitzer E J, et al. A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity [J]. *Ecology Letters*, 2011, 14(9): 922-932.
- [7] Schellhorn N A, Parry H R, Macfadyen S, et al. Connecting scales: achieving in-field pest control from areawide and landscape ecology studies [J]. *Insect Science*, 2015, 22(1): 35-51.
- [8] 李文秀, 李丽丽, 栾胜基. 欧盟现代农业转型对中国农业环境保护的启示[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(10): 3003-3005.
- [9] 欧阳芳, 戈峰. 农田景观格局变化对昆虫的生态学效应[J]. 应用昆虫学报, 2011, 48(5): 1177-1183.
- [10] 郑云开, 尤民生. 农业景观生物多样性与害虫生态控制[J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1508-1518.

参考文献

- [1] Gebhardt C, Valkonen J P T. Organization of genes controlling disease resistance in potato genome [J]. Annual Review of Phytopathology, 2001, 39: 79 - 102.
- [2] 库尔斯塔克. 植物病毒比较诊断指南[M]. 裴美云, 译. 北京: 农业出版社, 1991.
- [3] 李芝芳. 中国马铃薯主要病毒图鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [4] 郭志乾, 董凤林. 马铃薯病毒性退化与防治技术[J]. 中国马铃薯, 2004, 18(1): 48 - 49.
- [5] 黄萍, 何庆才, 颜谦. 马铃薯不同级别脱毒种薯病毒再侵染情况及产量变化[J]. 贵州农业科学, 2008, 36(4): 39 - 40.
- [6] 张琼, 孙永平, 夏明霞, 等. 江苏丘陵地区马铃薯脱毒种薯栽培试验研究[J]. 天津农业科学, 2012, 18(6): 129 - 130.
- [7] 董文琦, 戴素英. 高产低耗规模化生产脱毒马铃薯原种研究[J]. 华北农学报, 2002, 17(S1): 206 - 208.
- [8] Barker H, McGeachy K D, Toplak N, et al. Comparison of genome sequence of PVY isolates with biological properties [J]. American Journal of Potato Research, 2009, 86(3): 227 - 238.
- [9] 程群, 朱云芬, 沈艳芬, 等. 马铃薯 S 病毒 RT-PCR 检测技术的研究[J]. 氨基酸和生物资源, 2010, 32(4): 8 - 11.
- [10] 阎文昭, 蒲志刚, 钟婷婷. 四川省马铃薯病毒 RT-PCR 检测体系的建立[J]. 西南农业学报, 2010, 23(6): 2171 - 2173.
- [11] 朱云芬, 程群, 沈艳芬, 等. 马铃薯 X 病毒的 RT-PCR 和 IC-RT-PCR 检测[J]. 中国马铃薯, 2012, 26(6): 370 - 373.
- [12] 董代幸, 张祥林, 罗明, 等. 马铃薯病毒一步法多重 RT-PCR 检测技术的构建[J]. 微生物学通报, 2011, 38(1): 131 - 137.
- [13] 罗文彬, 李华伟, 汤浩, 等. 马铃薯 5 种病毒多重 PCR 检测技术的建立及应用[J]. 园艺学报, 2015, 42(2): 280 - 288.
- [14] 安颖蔚, 孟令文, 张辉. 马铃薯脱毒及微型薯繁育技术体系的研究与应用[J]. 杂粮作物, 2006, 26(3): 197 - 199.
- [15] Lozoya-Saldana H, Merlin-Lara O. Thermotherapy and tissue culture for elimination of *Potato virus X* (PVX) in Mexican potato cultivars resistant to late blight [J]. American Potato Journal, 1984, 61(12): 735 - 739.
- [16] 白建明, 陈晓玲, 卢新雄, 等. 超低温保存法去除马铃薯 X 病毒和马铃薯纺锤块茎类病毒[J]. 分子植物育种, 2010, 8(3): 605 - 611.
- [17] Diener T O. Potato spindle tuber "virus". IV. A replicating, low molecular weight RNA [J]. Virology, 1971, 45(2): 411 - 428.
- [18] 聂峰杰, 张丽, 宋玉霞, 等. 宁夏马铃薯脱毒种薯生产及病毒检测技术的现状和发展途径[J]. 中国种业, 2014(7): 17 - 21.
- [19] 马全保, 景治忠, 常亮, 等. 泾源县脱毒马铃薯田蚜虫迁飞消长规律的研究[J]. 中国马铃薯, 2009, 23(6): 347 - 349.
- [20] Singh R P, Boucher A, Wang R G. Detection, distribution and long-term persistence of *Potato spindle tuber viroid* in true potato seed from Heilongjiang, China [J]. American Potato Journal, 1991, 68(1): 65 - 74.
- [21] 刘卫平. 马铃薯类病毒与马铃薯 Y 病毒的互作及其对马铃薯产量的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2007, 19(1): 40 - 43.
- [22] 陈晓瑞, 赵明. 马铃薯产业在宁夏农村经济和粮食生产中的地位[M]//陈伊里. 马铃薯产业与粮食安全. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2009: 64 - 68.
- [23] 刘卫平. 黑龙江省马铃薯脱毒种薯繁育发展现状与对策研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.
- (责任编辑: 杨明丽)
-
- (上接 170 页)
- [11] Gardiner M M, Landis D A, Gratton C, et al. Landscape diversity enhances biological control of an introduced crop pest in the north-central USA [J]. Ecological Applications, 2009, 19(1): 143 - 154.
- [12] Woltz J M, Isaacs R, Landis D A. Landscape structure and habitat management differentially influence insect natural enemies in an agricultural landscape [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2012, 152: 40 - 49.
- [13] 侯有明, 车俊义. 油菜田昆虫群落结构及其害虫防治策略研究[J]. 西北农业学报, 1998, 7(2): 51 - 54.
- [14] 周祖铭. 油菜潜叶蝇春季为害的预测[J]. 昆虫学报, 1988, 31(1): 113 - 114.
- [15] 张新才, 李桂亭, 陈洁, 等. 油菜潜叶蝇时空动态研究[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(2): 217 - 218.
- [16] Bianchi F J J A, van Wingerden W K R E, Griffioen A J, et al. Landscape factors affecting the control of *Mamestra brassicae* by natural enemies in Brussels sprout [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2005, 107: 145 - 150.
- [17] Zuur A, Ieno E N, Walker N, et al. Mixed effects models and extensions in ecology with R [M]. New York: Springer, 2009.
- [18] R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing [M]. Austria Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2011.
- [19] Venables W N, Ripley B D. Modern applied statistics with S [M]. Fourth Edition. New York: Springer, 2002.
- [20] 戴漂漂, 张旭珠, 肖晨子, 等. 农业景观害虫控制生境管理及植物配置方法[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(1): 9 - 19.
- [21] Veres A, Petit S, Conord C, et al. Does landscape composition affect pest abundance and their control by natural enemies? A review [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2013, 166: 110 - 117.
- [22] 盛金坤, 钟玲, 吴强. 南昌地区豌豆潜叶蝇寄生蜂研究[J]. 生物防治通报, 1989, 5(4): 164 - 167.
- [23] Martin E A, Reineking B, Seo B, et al. Natural enemy interactions constrain pest control in complex agricultural landscapes [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2013, 110(14): 5534 - 5539.
- [24] Billeter R, Liira J, Bailey D, et al. Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study [J]. Journal of Applied Ecology, 2007, 45(1): 141 - 150.
- (责任编辑: 杨明丽)