

DOI: 10.5846/stxb201412112457

卢增斌, 欧阳芳, 张永生, 关秀敏, 门兴元. 华北平原地区景观格局对麦田害螨种群数量的影响. 生态学报, 2016, 36(14): 4447-4455.

Lu Z B, Ouyang F, Zhang Y S, Guan X M, Men X Y. Impacts of landscape patterns on populations of the wheat mites, *Petrobia latens* (Müller) and *Penthaleus major* (Duges), in the North China Plain. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(14): 4447-4455.

华北平原地区景观格局对麦田害螨种群数量的影响

卢增斌¹, 欧阳芳², 张永生³, 关秀敏⁴, 门兴元^{1,*}

¹ 山东省农业科学院植物保护研究所, 济南 250100

² 中国科学院动物研究所, 农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室, 北京 100101

³ 湖南农业大学植物保护学院, 长沙 410128

⁴ 山东省农业厅植物保护总站, 济南 250100

摘要: 农业生产的集约化经营导致农田景观格局日趋单一, 而农田景观格局的变化势必对害虫种群产生深刻的影响, 阐明景观因子对害虫种群的作用是通过生境管理进行害虫控制的基础。以华北平原地区的山东省为研究区域, 24 个县单元为样点, 通过对卫星遥感影像和土地覆盖分类数据的分析, 获取了样点单元的景观格局指数, 同时定点调查了样点单元的麦田害螨种群数量。利用相关性分析明确了影响麦田中两种害螨—麦岩螨 (*Petrobia latens* (Müller)) 和麦圆叶爪螨 (*Penthaleus major* (Duges)) 种群发生的主要景观因子。研究结果表明景观因子对麦田中两种害螨种群均有显著影响, 而两种害螨对景观因子的响应并不一致。麦岩螨的发生量与森林的最大斑块面积指数和平均斑块面积均呈显著正相关, 而与森林类的形状和水体的景观形状指数均存在显著负相关; 麦圆叶爪螨的发生量同水体的总面积、斑块面积比例、最大斑块面积指数以及县域范围的平均斑块面积均呈显著负相关, 而与水体类的形状呈显著正相关。因此在麦田害螨发生较重的地区, 在区域性景观规划时, 可以通过优化农田周围的森林和水体管理, 不利于其种群发生, 从而达到对麦田害螨种群生态调控的目的。

关键词: 景观格局; 景观因子; 麦岩螨; 麦圆叶爪螨; 种群数量

Impacts of landscape patterns on populations of the wheat mites, *Petrobia latens* (Müller) and *Penthaleus major* (Duges), in the North China Plain

LU Zengbin¹, OUYANG Fang², ZHANG Yongsheng³, GUAN Xiumin⁴, MEN Xingyuan^{1,*}

¹ Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China

² State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

³ College of Plant Protection, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China

⁴ Shandong Plant Protection Station, Jinan 250100, China

Abstract: The simplification of agricultural landscape associated with agricultural intensification may have significant effects on economically important insect pests. It is essential to clarify the landscape factors that significantly impact the populations of these pests, which forms the basis of pest control through habitat management. In the current study, 24 counties of Shandong province were selected as sampling units. The landscape indices of each county were calculated from the distribution of land coverage types, which were obtained by analyzing data from remote satellite sensing. Populations of white mites were also surveyed in each county during 2008—2010. The relationships between the average annual abundance of wheat mites (*Penthaleus major* Duges and *Petrobia latens* Müller) and landscape indices were examined by correlation analysis. The results showed that landscape indices had significant effects on the populations of wheat mites, and the

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (31030012)

收稿日期: 2014-12-11; 修订日期: 2015-12-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: menxy2000@hotmail.com

responses of *P. major* and *P. latens* to the landscape indices were species-specific. The *P. latens* population was positively correlated to the LPI (Largest Patch Index) and MPA (Mean Patch Area) in the forest class, and was negatively correlated to the shape in the forest class and to the LSI (Landscape Shape Index) in the water class. The *P. major* population was negatively correlated with CA (Total Class Area), PLAND (Percentage of Landscape), and LPI of the water class and with the MPA of county. However, the edge effects of the water class had positive effects on the populations of *P. major*. Therefore, in region with higher population of wheat mites, the water and forest class close to the farmland should be optimized to control the wheat mite populations through ecological regulation and management.

Key Words: landscape pattern; landscape indices; *Petrobia latens*; *Penthaleus major*; population dynamics

农田景观是由耕地、草地、林地、树篱等不同斑块组成的镶嵌体,在景观尺度上表现为物种生存的各类缀化栖地的空间网络结构^[1]。近半个世纪以来,农业生产的规模化经营导致农业用地不断扩张、作物种植面积持续扩大和非作物生境的大规模减少,致使农田景观格局日趋单一,而农田景观格局的变化势必会影响到景观中害虫的发生和危害及自然天敌的生态控制功能^[2-3]。目前大量的研究表明非作物生境比例比较高的农田景观中自然天敌不仅多样性丰富且种群数量多^[2],这是由于非作物生境(农田边缘、休耕地、草地和林地)能够为自然天敌提供必要的寄主、食物和度过不良环境的庇护所^[2, 4]。然而害虫种群对景观复杂性响应的研究相对较少且没有统一的认识^[5],即便在同一个研究系统中不同害虫种类对景观复杂性的响应也并不一致^[6-8],如麦长管蚜和禾谷缢管蚜种群数量的最高值在复杂农业景观中超过简单农业景观,而麦二叉蚜却恰恰相反^[8],并且不同景观因子对害虫的影响也并不一致,如裸地、草地和林地对麦蚜种群数量有促进作用,而塑料大棚却能抑制其种群增长^[9]。因此,阐明不同景观因子对害虫种群的影响,对于通过生境管理进行害虫控制具有重要的理论和实践意义。

农田景观格局是生物自然过程与人类干扰相互作用形成的,是各种复杂的自然和社会条件相互作用的结果,同时农田景观格局也制约和影响各种生态过程^[10]。农田景观格局的主要特征可以采用“质、量、形、度”来概括,其中“质”表示农田景观中不同的景观组成,“量”表示不同类型斑块的大小和面积比例等,“形”表示不同斑块类型的形状和排列方式,“度”则反映农田景观格局变化的时间和空间尺度^[3]。当然,前人的研究更多集中在农田尺度条件下非作物生境的种类和面积对害虫的影响^[2, 4, 8-9],极少关注于更大空间尺度条件下景观格局和害虫发生之间的关系,而通过大尺度多景观因子(质、量、形、度)与害虫种群发生的相关性分析更能明确景观格局因子对农田害虫种群的驱动作用。

小麦是我国华北平原地区主要的粮食作物之一。麦蚜是小麦上的主要害虫,主要包括麦圆叶爪螨(*Penthaleus major* (Duges))和麦岩螨(*Petrobia latens* (Müller)),两者均属于蛛形纲,蜱螨目,危害十分严重,主要于小麦苗期至抽穗期吸食叶片汁液,常常造成小麦不能抽穗而枯死,严重影响小麦产量^[11-12],如阜阳市麦田害螨年发生面积 10 万 hm^2 ,造成小麦产量损失 10%—20%^[13]。在我国的华北地区,麦田害螨在农田中呈现区域性分布的特点,某些区域发生严重,而另一些区域发生却较轻^[11]。这种分布特点可能与区域性景观因子的影响有关,而具体涉及的景观因子尚不明确。

有鉴于此,本文以华北平原地区的山东省为研究区域,24 个县级单元为样点,通过对卫星遥感影像和土地覆盖分类数据的分析,获取了样点单元的农田景观格局指数。同时定点调查了样点单元 2008—2010 年麦田害螨的种群发生量。通过分析景观格局指数和麦田害螨年平均发生量之间的相关关系,以明确影响麦田害螨发生和危害的主要景观因子,为基于农田景观格局的麦田害螨种群生态调控提供理论和技术支撑。

1 材料和方法

1.1 研究区域

研究区域为山东省 24 个地市,分别为淄川、临淄、枣庄、山亭、滕州、东营、垦利、利津、广饶、莱阳、潍坊、临

胸、诸城、寿光、安丘、金乡、嘉祥、文登、日照、乐陵、无棣、菏泽、郓城、定陶等 24 个县市,这 24 个地区基本覆盖了整个山东的各个区域。

山东省是我国小麦的重要产区和粮食生产基地,小麦年种植面积 333 万 hm^2 左右,属于暖温带季风气候区,年平均温度 $12\text{—}16^\circ\text{C}$, $\geq 15^\circ\text{C}$ 的有效积温为 $3300\text{—}3800^\circ\text{C}$, $\geq 10^\circ\text{C}$ 的持续天数为 $190\text{—}200\text{ d}$,降雨量 $600\text{—}1200\text{ mm}$,年日照时数为 $2000\text{—}2900\text{ h}$ 。

1.2 数据获取

1.2.1 麦田害螨发生量的获取

根据中华人民共和国农业行业标准—麦蜘蛛测报调查规范(NY/T 615—2012),在山东省每个样点县范围内选取代表性强的不同(景观)类型麦田 10 块,每块小麦田按照对角线 5 点取样调查,每个样点调查 33.3 cm 单行长的麦田害螨数量。每年(2008—2010 年)春季麦田害螨活动的高峰期进行调查,每年调查 2 次。取样时将 $33.3\text{ cm} \times 17.0\text{ cm}$ 的白瓷盘铺在取样点的麦根际,将麦苗轻轻压弯拍打,然后计数,调查麦螨种类及其数量,最后折算为每个县域的平均发生量。以 2008—2010 年山东省 24 个县域麦田害螨春季的年平均发生量为基础建立了麦田害螨在全省分布的数据库。

1.2.2 卫星遥感影像和土地覆盖分类

本研究使用的遥感数据源为 2010 年 Landsat TM/ETM 的中分辨率卫星影像($10\text{—}30\text{ m}$)。运用 ENVI 5.0 遥感图像处理软件,对图像进行几何精校正、图像裁剪和图像增强等预处理。在大量野外实地调查的基础上,建立解译图谱库。对遥感影像进行分类解译,获得 2010 年山东省土地覆被分类的栅格数据。将山东省区域内土地覆盖类型归为 8 类:森林、草地、湿地、水体、耕地、园地、居住工业道路交通、其他用地。土地覆被分类的栅格数据精度为 $30\text{ m} \times 30\text{ m}$ 。在地理信息系统(ARCGIS 10.2)的支持下,根据山东省内 140 个县级单位行政区的矢量数据,把全省土地覆被分类的栅格数据分割成 140 个景观类型分类图。

1.3 景观格局分析

基于山东省 140 个县域单位的土地覆被分类栅格数据,利用景观格局分析软件 FRAGSTATS 4.2,分别在景观水平和斑块水平上计算每个县域的 17 个景观格局指数。17 个景观格局指数的计算如下:(1)斑块类型(PT),省域范围下土地覆盖类型,主要包括森林、草地、湿地、水体、耕地、园地、居住工业道路交通和其他用地;(2)斑块丰富度(PR), $PR=m$,式中 m 为景观中不同斑块类型的总数;(3)斑块丰富度密度(PRD), $PRD = \frac{m}{A} \times 10^6$,式中 m 为景观中斑块类型数, A 为景观总面积;(4)斑块类型总面积(CA), $CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \times 10^{-4}$,式中

a_{ij} 为斑块 ij 的面积;(5)斑块面积比例(PLAND), $PLAND = p_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} \times 100$,式中 a_{ij} 为斑块 ij 的面积, p_i 为斑块类型 i 占整个景观的比例, A 为整个景观的面积;(6)斑块密度(PD), $PD = (n_i/A) \times 10^6$,式中 n_i 为景观中斑块类型 i 所包含的斑块数量, A 为整个景观的面积;(7)最大斑块面积指数(LPI), $LPI = \frac{\max a_{ij}}{A} \times 100$,式中

a_{ij} 为斑块 ij 的面积, A 为整个景观的面积;(8)平均斑块面积(MPA), $MPA = \frac{a_{ij}}{n_i} \times 10^{-6}$,其中 a_{ij} 为斑块 ij 的面

积, n_i 为景观中斑块类型 i 所包含的斑块数量;(9)Shannon 多样性指数(SHDI), $SHDI = - \sum_{i=1}^m (p_i \times \ln p_i)$, p_i

为景观中斑块类型 i 的面积比重;(10)Simpson 多样性指标(SIDI), $SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m p_i^2$,式中 p_i 为景观中斑块类

型 i 的面积比重;(11)边界密度(ED), $ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A} \times 10^4$,式中 e_{ik} 为景观中相应斑块类型的总边缘长度, A 为

景观总面积; (12) 总边缘长度 (TE), $TE = \sum_{k=1}^m e_{ik}$, 式中 e_{ik} 为景观中相应斑块类型的总边缘长度; (13) 景观形状指数 (LSI), $LSI = \frac{e_i}{\min e_i}$, 式中 e_i 指类型 i 的边缘总长度或周长 (用栅格表面数目表示), $\min e_i$ 为 e_i 的最小可能值; (14) 分形指数 (FRAC), $FRAC = \frac{2 \ln(0.25 p_{ij})}{\ln(a_{ij})}$, 式中 p_{ij} 为斑块 ij 的周长, a_{ij} 为斑块 ij 的面积; (15) 周长面积比 (PARA), $PARA = \frac{p_{ij}}{a_{ij}}$, 式中 p_{ij} 为斑块 ij 的周长, a_{ij} 为斑块 ij 的面积; (16) 近圆形形状指数 (CIRCLE), $CIRCLE = 1 - \left[\frac{a_{ij}}{a_{ij}^s} \right]$, 式中 a_{ij} 为斑块 ij 的面积, a_{ij}^s 为围绕斑块 ij 的最小外接圆的面积; (17) 聚集度指数 (CONTIG), $CONTIG = \frac{\left[\sum_{r=1}^z c_{ijr} \right]}{a_{ij}} - 1$, 式中 c_{ijr} 为位于斑块 ij 内的像元 r 的邻近值, v 为 3×3 像元模板中邻近值的总和, a_{ij} 为以像元为单位的斑块 ij 的面积等^[14]。

1.4 数据分析

利用 PASW Statistics 18.0 (2009, IBM, Armonk, NY, USA) 对麦田害螨的发生量进行描述性统计。采用 R 3.0.3 计算景观格局指数与麦螨发生量之间的 Pearson 相关系数并进行显著性分析。显著性水平设置为 $P = 0.05$ 。

2 结果

2.1 麦田害螨种群数量特征及其分布

以山东省为典型代表的华北平原小麦种植区域中, 麦田害螨的发生量呈区域性分布的特点。24 个县域麦岩螨种群的平均密度为 189.92 头/33.3 cm 单行, 最大值为 736.00 头/33.3 cm 单行, 最小值为 0 头/33.3 cm 单行 (图 1A), 淄川、日照和临淄的年平均发生量最大, 而无棣、滕州和枣庄的发生量最低, 金乡和嘉祥在调查的 3 年中没有发现麦岩螨 (图 2); 麦圆叶爪螨的平均密度为 250.87 头/33.3 cm 单行, 最大值为 579.00 头/33.3 cm 单行, 最小值为 15.21 头/33.3 cm 单行 (图 1B), 嘉祥、山亭和金乡的发生量最大, 而文登、莱阳、东营和广饶的发生量最低 (图 2)。

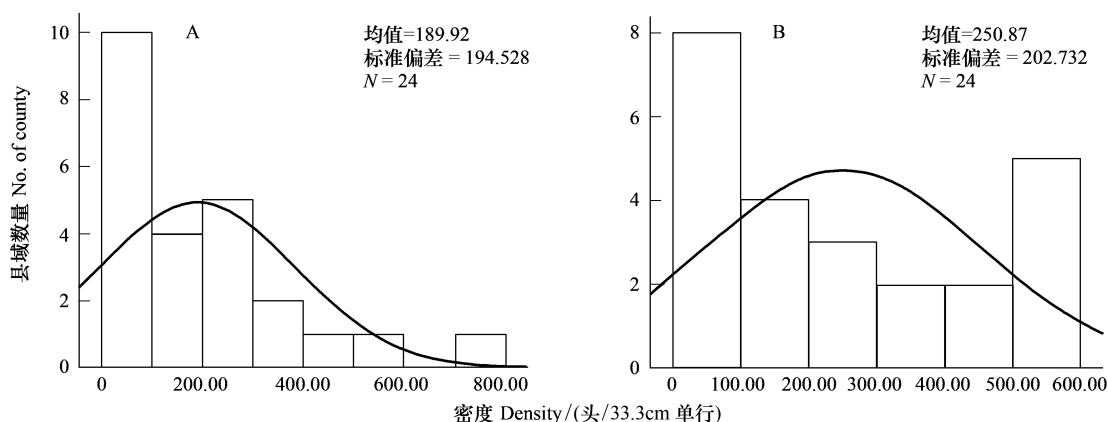


图 1 以山东省为典型代表的华北平原小麦种植区麦岩螨 (A) 和麦圆叶爪螨 (B) 的种群数量特征

Fig.1 The characteristic of populations of *Petrobia latens* (A) and *Pentahleus major* (B) in Shandong province

2.2 景观格局特征对麦田害螨种群的影响

2.2.1 景观组成对麦田害螨种群的影响

麦岩螨和麦圆叶爪螨种群的发生同省域范围的斑块类型以及县域尺度下的斑块丰富度和斑块丰富度密度没有相关关系(表 1)。

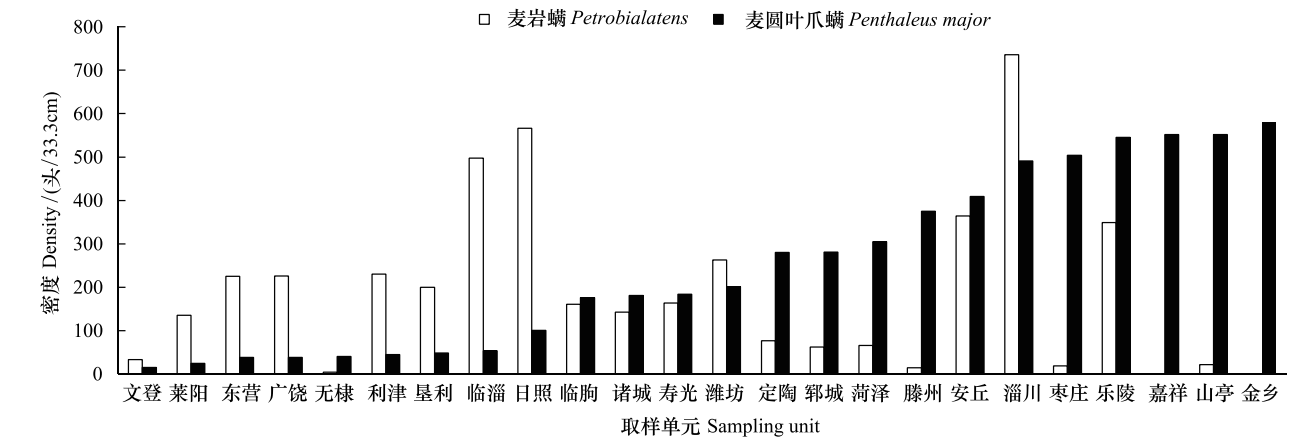


图 2 山东省 24 县域麦岩螨和麦圆叶爪螨的种群数量
Fig.2 The density of *Petrobia latens* and *Penthaleus major* in each sampling unit in Shandong province

表 1 景观组成与麦田害螨种群的相关性及其显著性

景观组成:质 Landscape composition	麦岩螨 <i>Petrobia latens</i>		麦圆叶爪螨 <i>Penthaleus major</i>	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
斑块类型 patch type (PT)				
省域范围 Province	森林,草地,湿地,水体,耕地,园地,居工道*,其他			
斑块丰富度 patch richness (PR)				
县域范围 County	0.1798	0.4006	-0.2949	0.1619
斑块丰富度密度 patch richness density (PRD)				
县域范围 County	0.1783	0.4046	0.1158	0.5900

* 居工道包括居住、工业、道路交通等用地

2.2.2 景观构成对麦田害螨种群的影响

麦岩螨种群的发生量与森林的最大斑块面积指数($r=0.4721, P=0.0198$)和平均斑块面积($r=0.4723, P=0.0198$)呈显著正相关。麦圆叶爪螨的发生量与水体的总面积($r=-0.4439, P=0.0298$)、斑块面积比例($r=-0.4933, P=0.0143$)、最大斑块面积指数($r=-0.4295, P=0.0362$)以及县域范围的平均斑块面积($r=-0.4102, P=0.0465$)呈显著负相关,而与县域范围($r=0.5005, P=0.0127$)、森林($r=0.4898, P=0.0151$)、耕地($r=0.4112, P=0.0459$)和居工道($r=0.5420, P=0.0062$)的斑块密度呈显著正相关(表 2)。

2.2.3 景观结构对麦田害螨种群的影响

麦岩螨种群的发生量与水体的景观形状指数($r=-0.4443, P=0.0296$)以及森林的分形指数($r=-0.4097, P=0.0468$)、周长面积比($r=-0.4148, P=0.0439$)和近圆形形状指数($r=-0.4493, P=0.0276$)呈显著负相关,而与森林的聚集度指数($r=0.4172, P=0.0426$)呈显著正相关。

麦圆叶爪螨种群的发生量与县域范围($r=0.5219, P=0.0089$)、森林($r=0.4671, P=0.0214$)、耕地($r=0.5534, P=0.0050$)和居工道($r=0.5288, P=0.0079$)的边界密度,水体的分形指数($r=0.4088, P=0.0473$)和周长面积比($r=0.7035, P=0.0001$),森林的分形指数($r=0.4229, P=0.0395$)和近圆形指数($r=0.5821, P=0.0028$),县域范围($r=0.5169, P=0.0097$)和居工道($r=0.4156, P=0.0434$)的周长面积比呈显著正相关,而与水体的总边缘长度($r=-0.4352, P=0.0336$)以及县域范围($r=-0.5219, P=0.0089$)、水体($r=-0.7022, P=$

0.0001)、居工道($r=-0.4255$, $P=0.0382$)的聚集度指数呈显著负相关(表3)。

表2 景观构成与麦田害螨种群的相关性及其显著性

Table 2 The correlation analysis between landscape quantity and wheat mites population

景观构成:量 Landscape quantity	麦岩螨 <i>Petrobia latens</i>		麦圆叶爪螨 <i>Penthaleus major</i>	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
斑块类型总面积 total class area(CA)				
县域范围 County				
森林 Forest	0.1165	0.5877	0.0612	0.7762
草地 Grassland	0.0686	0.7676	0.0292	0.9000
水体 Water	-0.1613	0.4515	-0.4439	0.0298
耕地 Farmland	-0.2252	0.2901	-0.1858	0.3848
居工道 RIT*	-0.1295	0.5464	-0.1900	0.3740
斑块面积比例 percentage of landscape (PLAND)				
县域范围 County				
森林 Forest	0.2502	0.2382	0.2828	0.1805
草地 Grassland	0.1423	0.5383	0.1683	0.4658
水体 Water	-0.1304	0.5437	-0.4933	0.0143
耕地 Farmland	-0.2199	0.3018	0.1925	0.3674
居工道 RIT	0.1443	0.5011	0.0693	0.7476
斑块密度 patch density (PD)				
县域范围 County				
森林 Forest	0.0197	0.9274	0.4898	0.0151
草地 Grassland	0.2720	0.2329	0.2416	0.2914
水体 Water	-0.3250	0.1212	0.0389	0.8566
耕地 Farmland	0.1073	0.6178	0.4112	0.0459
居工道 RIT	-0.0293	0.8919	0.5420	0.0062
最大斑块面积指数 largest patch index (LPI)				
县域范围 County				
森林 Forest	-0.0680	0.7521	0.2116	0.3208
草地 Grassland	0.4721	0.0198	0.2422	0.2542
耕地 Farmland	-0.0484	0.8351	0.2284	0.3194
水体 Water	-0.1396	0.5153	-0.4295	0.0362
居工道 RIT	-0.1212	0.5727	0.1939	0.3640
平均斑块面积 mean patch area (MPA)				
县域范围 County				
森林 Forest	0.2112	0.3220	-0.1863	0.3834
草地 Grassland	-0.0850	0.6928	-0.4102	0.0465
水体 Water	0.4723	0.0198	-0.1988	0.3517
耕地 Farmland	-0.1887	0.4126	-0.0310	0.8939
居工道 RIT	-0.1699	0.4275	-0.2869	0.1741
Shannon 多样性指数 shannon's diversity index (SHDI)				
县域范围 County				
Simpson 多样性指标 simpson's diversity index (SIDI)				
县域范围 County				
居工道 RIT	0.1952	0.3607	-0.1069	0.6192
居工道 RIT	0.1957	0.3594	-0.3172	0.1309
居工道 RIT	0.1798	0.4006	-0.2629	0.2146

* 居工道包括居住、工业、道路交通等用地

表 3 景观结构与麦田害螨种群的相关性及其显著性

Table 3 The correlation analysis between landscape configuration and wheat mite populations

景观结构:形 Landscape configuration	麦岩螨 <i>Petrobia latens</i>		麦圆叶爪螨 <i>Penthaleus major</i>	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
边界密度 edge density (ED)				
县域范围 County	0.0957	0.6563	0.5219	0.0089
森林 Forest	-0.0072	0.9733	0.4671	0.0214
草地 Grassland	0.2351	0.3051	0.1779	0.4405
水体 Water	-0.3942	0.0566	-0.2029	0.3416
耕地 Farmland	0.0534	0.8043	0.5534	0.0050
居工道 RIT*	0.0311	0.8854	0.5288	0.0079
总边缘长度 total edge (TE)				
县域范围 County	-0.0720	0.7383	0.0320	0.8821
森林 Forest	-0.0558	0.7955	0.1801	0.3997
草地 Grassland	0.1315	0.5698	0.0423	0.8557
水体 Water	-0.3316	0.1134	-0.4352	0.0336
耕地 Farmland	-0.1020	0.6354	0.0173	0.9361
居工道* RIT	-0.1855	0.3856	0.0994	0.6441
景观形状指数 landscape shape index (LSI)				
县域范围 County	0.0133	0.9510	0.2522	0.2344
森林 Forest	-0.2720	0.1985	0.3260	0.1201
草地 Grassland	0.2241	0.3288	0.0514	0.8250
水体 Water	-0.4443	0.0296	0.2940	0.1632
耕地 Farmland	0.0707	0.7427	0.2365	0.2659
居工道 RIT	-0.1616	0.4506	0.2587	0.2222
分形指数 fractal dimension index (FRACT)				
县域范围 County	0.0643	0.7654	0.3454	0.0983
森林 Forest	-0.4097	0.0468	0.4229	0.0395
草地 Grassland	-0.0299	0.8977	-0.0243	0.9166
水体 Water	-0.1924	0.3677	0.4088	0.0473
耕地 Farmland	0.2983	0.1569	0.2402	0.2582
居工道 RIT	0.0790	0.7137	-0.2040	0.3390
周长面积比 perimeter area ratio (PARA)				
县域范围 County	0.1064	0.6207	0.5169	0.0097
森林 Forest	-0.4148	0.0439	0.3820	0.0655
草地 Grassland	-0.0103	0.9646	0.3017	0.1838
水体 Water	-0.3048	0.1475	0.7035	0.0001
耕地 Farmland	0.2823	0.1814	0.3897	0.0598
居工道 RIT	-0.1384	0.5189	0.4156	0.0434
近圆形形状指数 related circumscribing circle (CRICLE)				
县域范围 County	-0.0514	0.8116	-0.1238	0.5643
森林 Forest	-0.4493	0.0276	0.5821	0.0028
草地 Grassland	-0.0510	0.8263	-0.1378	0.5515
水体 Water	0.0519	0.8098	0.5453	0.0058
耕地 Farmland	-0.0178	0.9344	-0.3057	0.1463
居工道 RIT	0.0519	0.8096	-0.3057	0.1463
聚集度指数 contiguity index (CONTIG)				
县域范围 County	-0.1028	0.6326	-0.5219	0.0089
森林 Forest	0.4172	0.0426	-0.3746	0.0713
草地 Grassland	0.0165	0.9433	-0.3005	0.1857
水体 Water	0.3051	0.1471	-0.7022	0.0001
耕地 Farmland	-0.2817	0.1824	-0.3880	0.0610
居工道 RIT	0.1500	0.4842	-0.4255	0.0382

* 居工道包括居住、工业、道路交通等用地

3 讨论

本文研究结果表明景观因子的“量”和“形”对麦田害螨种群均具有显著的影响,且两种害螨对景观因子的响应并不一致,森林类景观因子和水体类景观因子分别对麦岩螨和麦圆叶爪螨的种群有显著影响。这与其他人的结果相一致即不同种类的害虫,可能由于其食性、活动能力、扩散能力以及对环境条件要求的不同导致对农田景观结构的响应不一样^[6-9]。同时本文全面评价了景观格局的“质、量、形、度”对麦田害螨种群的影响,克服了以往的研究中主要关注于非作物生境的类型和面积(或比例)对害虫和自然天敌影响^[2,4],且与农田景观尺度相比,采用县域尺度分析更加能够反映出整个大区域景观格局对麦田害螨种群的影响,对将来优化景观格局进行害虫生态管理具有重要的指导意义。

麦岩螨的发生量受到森林类景观因子的影响,该现象可能与非作物生境为麦岩螨提供食物和庇护场所有关。麦岩螨除主要为害小麦外,还能为害桃、苹果、柳、桑、槐等木本植物和红茅草、马绊草、苦菜子等杂草^[15]。在现代化的农田生态系统中,作物生境占据着主要地位,然而由于作物是一种短时收获的植物,生活在其中的害虫和天敌必需在作物建立之前或者收割之后寻找适宜的自然生境或非作物生境度过不利的环境条件,当作物生境条件适宜时,害虫或天敌又重新迁入到作物生境中。在我国山东的冬小麦种植区,小麦和周围的杂草以及果树等构成了基本的农田景观,小麦收割之后,大部分麦岩螨的卵在麦田越冬,一部分麦岩螨可以借助风力迁移到杂草和果树上继续为害或以卵越冬,秋天麦岩螨又借助风力从杂草和木本植物迁回到小麦上为害和越冬。在其他的研究体系中也发现非作物生境可以促进作物生境中害虫种群的加重发生,如在果棉混栽区,6月中下旬绿盲蝽迁出果园进入周围的棉田危害^[16]。森林和半自然生境面积的增加可以促进油菜地的两种害虫—油菜露尾甲(*Meligethes aeneus*)和油菜荚叶瘿蚊(*Dasineura brassicae*)种群增长^[17-18],且草地和条带植被面积的增加也可以促进蚜虫^[19]和飞虱种群的增加^[7,20]。Yoshioka 等发现一种非本地的意大利黑麦草有利于一种当地半翅目害虫 *Stenotus rubrovittatus* 的生长^[21]。Taki 等的研究也表明人工种植的针叶树对果园害虫斯氏珀蝽(*Plautia stali*)的种群有正向影响^[22]。

麦圆叶爪螨的发生量受到水体的影响,该现象可能与麦圆叶爪螨对湿度的需求有关。麦圆叶爪螨喜高湿畏干燥,相对湿度 70%以上,表土含水量 20%左右最适于其繁殖危害,主要发生于水浇地、低湿或密植麦田,而干旱的麦田发生较轻^[15]。湿度可以直接影响到昆虫的生长、发育、繁殖和生存,如湿度是影响绿盲蝽越冬卵的孵化和种群增长的关键因素,70%和 80%的湿度能够显著提高卵和若虫的存活率、延长成虫寿命和提高雌成虫产卵量^[23-24],而且湿度也可以通过寄主植物和天敌的作用对害虫产生间接的影响。高湿度条件下植物生长快、嫩绿更适宜害虫取食,同时降雨带来的高湿度可以影响到天敌的存活和搜寻行为,进而间接的影响到对害虫的生物控制作用,如降雨显著地影响到蚜虫寄生蜂 *Aphidius rosae* 的搜寻行为和繁殖能力^[25]。因此,湿度的增加,一方面可以直接影响到麦圆叶爪螨本身的生物学特性,促进其种群增加,另一方面食物的适宜取食和对天敌活动的限制间接的影响到麦螨种群的发生量。

总之,景观因子与麦田害螨种群的发生密切相关,两种害螨对景观因子的响应不一致可能与其对食物或环境湿度的需求有关,因此在麦田害螨发生严重的区域,应根据害螨的种类采取合理的生境管理策略,抑制害螨种群数量。

参考文献(References):

- [1] Turner M G. Spatial and temporal analysis of landscape patterns. *Landscape Ecology*, 1990, 4(1): 21-30.
- [2] Bianchi F J J A, Booij C J H, Tschamtké T. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 2006, 273(1595): 1715-1727.
- [3] 欧阳芳, 戈峰. 农田景观格局变化对昆虫的生态学效应. *应用昆虫学报*, 2011, 48(5): 1177-1183.
- [4] Landis D A, Wratten S D, Gurr G M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 2000, 45: 175-201.

- [5] Chaplin-Kramer R, O'Rourke M E, Blitzer E J, Kremen C. A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecology Letters*, 2011, 14(9): 922-932.
- [6] Jonsen I D, Fahrig L. Response of generalist and specialist insect herbivores to landscape spatial structure. *Landscape Ecology*, 1997, 12(3): 185-197.
- [7] Letourneau D K, Goldstein B. Pest damage and arthropod community structure in organic vs. conventional tomato production in California. *Journal of Applied Ecology*, 2001, 38(3): 557-570.
- [8] 赵紫华, 石云, 贺达汉, 杭佳, 赵映书, 王颖. 不同农业景观结构对麦蚜种群动态的影响. *生态学报*, 2010, 30(23): 6380-6388.
- [9] 赵紫华, 王颖, 贺达汉, 关晓庆, 辛明. 麦蚜和寄生蜂对农业景观格局的响应及其关键景观因子分析. *生态学报*, 2012, 32(2): 472-482.
- [10] 付梅臣, 胡振琪, 吴淦国. 农田景观格局演变规律分析. *农业工程学报*, 2005, 21(6): 54-58.
- [11] 钟启谦, 魏鸿钧, 田毓启. 麦园蜘蛛(*Penthaleus sp.*)及麦长腿蜘蛛(*Petrobia latens* (Müller))的生物学研究. *植物保护学报*, 1963, 2(3): 277-284.
- [12] 华南农学院. 农业昆虫学(上册). 北京: 农业出版社, 1981.
- [13] 许殿武, 于小平, 刘东恒. 阜阳市小麦红蜘蛛发生特点及原因分析. *安徽农业科学*, 2007, 35(1): 135-135.
- [14] 郑新奇, 付梅臣. 景观格局空间分析技术及其应用. 北京: 科学出版社, 2010.
- [15] 仵均祥, 袁国辉, 史树森, 贝纳新. 农业昆虫学. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [16] 门兴元, 于毅, 张安盛, 李丽莉, 张思聪. 枣—棉生态区绿盲蝽季节性发生与转移规律//植保科技创新与病虫防控专业化——中国植物保护学会 2011 年学术年会论文集. 北京: 中国农业科学出版, 2011: 1-898.
- [17] Zaller J G, Moser D, Drapela T, Schmöger C, Frank T. Effect of within-field and landscape factors on insect damage in winter oilseed rape. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2008, 123: 233-238.
- [18] Zaller J G, Moser D, Drapela T, Schmöger C, Frank T. Insect pests in winter oilseed rape affected by field and landscape characteristics. *Basic and Applied Ecology*, 2008, 9(6): 682-690.
- [19] Meyhöfer R, Klug T, Poehling H M. Are landscape structures important for the colonization of spinach fields by insects? *IOBC/WPRS Bulletin*, 2008, 34: 69-72.
- [20] Grilli M P, Bruno M. Regional abundance of a planthopper pest: the effect of host patch area and configuration. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2007, 122(2): 133-143.
- [21] Yoshioka A, Takada M B, Washitani I. Landscape effects of a non-native grass facilitate source populations of a native generalist bug, *Stenotus rubrovittatus*, in a heterogeneous agricultural landscape. *Journal of Insect Science*, 2014, 14(110): 1-14.
- [22] Taki H, Tabuchi K, Iijima H, Okabe K, Toyama M. Spatial and temporal influences of conifer planted forests on the orchard pest *Plautia stali* (Hemiptera: Pentatomidae). *Applied Entomology and Zoology*, 2014, 49(2): 241-247.
- [23] Lu Y H, Wu K M. Effect of relative humidity on population growth of *Apolygus lucorum* (Heteroptera: Miridae). *Applied Entomology and Zoology*, 2011, 46(3): 421-427.
- [24] Pan H S, Liu B, Lu Y H, Desneux N. Identification of the key weather factors affecting overwintering success of *Apolygus lucorum* eggs in dead host tree branches. *PLoS ONE*, 2014, 9(4): e94190.
- [25] Fink U, Völkl W. The effect of abiotic factors on foraging and oviposition success of the aphid parasitoid, *Aphidius rosae*. *Oecologia*, 1995, 103(3): 371-378.