植物保护学报 Journal of Plant Protection，2018，45(4)：773-781 DOI：10.13802/j.cnki.zwbhxb.2018.2018034

苜蓿田地表蜘蛛边缘效应及苜蓿刈割后的溢出效应

胡文超[1] 刘军和[2*] 贺达汉[1*]

（1. 宁夏大学农学院，银川 750021；2. 黄淮学院生物与食品工程学院，河南 驻马店 463000）

摘要：为明确不同类型苜蓿田地表蜘蛛边缘效应及苜蓿刈割后地表蜘蛛溢出效应在小麦田与玉米田之间的差异，于2015年5—7月采用陷阱法调查了银川平原不同类型苜蓿田及邻作玉米田和小麦田中的蜘蛛种类及个体数，比较苜蓿田边缘区及中心区蜘蛛群落多样性指数和个体数量的时空变化以及苜蓿田刈割前后相邻农田边界处蜘蛛群落的时空动态变化。结果表明，在整个取样季节共采集蜘蛛标本7 894头，隶属10科22种，其中苜蓿单作田中蜘蛛个体数量最多，共2 550头；苜蓿-小麦邻作田中蜘蛛群落物种丰富度最高，共17种。星豹蛛*Pardosa astrigera*和甘肃平腹蛛*Gnaphosa kansuensis*为优势种，分别占个体总数的38.08%和27.17%。非量度多维尺度（non-metric multidimensional scaling，NMDS）分析显示苜蓿单作田同苜蓿邻（间）作田蜘蛛群落的结构组成差异较大，且在苜蓿田边界处和内部存在差异。不同类型苜蓿田边界处和内部蜘蛛群落的多样性指数、优势度指数、个体数量和丰富度在取样的不同时期存在显著差异。刈割可以促进苜蓿田中地表蜘蛛向邻作农田中迁移，苜蓿刈割后与苜蓿田邻作的小麦田和玉米田中蜘蛛个体数量和多样性指数均存在溢出效应，溢出效应的范围为距界面处0~20 m。小麦田中蜘蛛个体数量密度和多样性指数总体高于玉米田，溢出效应的持续时间为1~7 d，高于玉米田。

关键词：蜘蛛；苜蓿；边缘效应；溢出效应；刈割

Edge effect of ground-dwelling spiders and spillover effect after alfalfa mowing in alfalfa fields of Yinchuan area

Hu Wenchao[1] Liu Junhe[2*] He Dahan[1*]

（1. School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, Ningxia Hui Autonomous Region, China;
2. Department of Biological Engineering, Huanghuai University, Zhumadian 463000, Henan Province, China）

Abstract: In order to investigate the difference in the edge effect of ground-dwelling spiders among different alfalfa fields and spillover effect between wheat and corn fields after mowing in alfalfa fields, the species and individual numbers of spiders were surveyed by using the pitfall traps in alfalfa fields under different cropping patterns in Yinchuan Plain from May to July, 2015, and the diversity index and individual number of spiders in the margin of alfalfa fields, the spatial and temporal distribution changes of spiders in wheat and corn fields adjacent to alfalfa fields before and after the mowing of alfalfa fields were compared. The results showed that, during the field survey, a total of 7 894 spiders were collected, which belonged to 22 species of ten families. *Pardosa astrigera* accounted for 38.08% of the total, *Gnaphosa kansuensis* 27.17%, which were the dominant species. The results of non-metric multidimensional scaling (NMDS) showed that the individual number of spiders was highest in alfalfa fields, and the species richness of spider community was highest in alfalfa-wheat fields under the conditions of the same individual number of spiders. The community composition in alfalfa fields was different from in

基金项目：国家自然科学基金（31260429），河南科技攻关与基础研究项目（132102110021，142300410007）

* 通信作者（Authors for correspondence），E-mail：liujunhe@huanghuai.edu.cn，hedahan@163.com

收稿日期：2018-01-18

other fields, including field margins. There were significant differences among diversity index, dominance index, individual number and species richness in alfalfa fields under different cropping patterns during different periods in the whole survey season. Mowing can promote the migration of ground-dwelling spiders from alfalfa fields to adjacent fields. The spillover effect of diversity and individual number of spiders existed in the wheat and corn fields adjacent to alfalfa fields after mowing. The range of spillover effect is 0−20 m from the interface. The spillover effect lasts from one to seven days in wheat fields, longer than in corn fields. The total diversity and density of spiders was higher in wheat fields than in corn fields.

Key words: spider; alfalfa; edge effect; spillover effect; mowing

一般认为，在2个或多个不同性质的生态系统或其它系统交互作用处，由于物质、能量、信息、时机等某些生态因子或地域或系统属性的差异和协合作用而引起系统种群密度、生产力、多样性等某些组分及行为较大变化，称为边缘效应（王如松和马世俊，1985）。研究表明，边缘效应与物种保护（Barnes et al.，2014）、生境保护（Koenig et al.，2000）及生物多样性（Haddad et al.，2015）均密切相关。边缘效应的存在可以增加不同生境界面处的天敌多样性及个体数量（Dennis & Fry，1992；Ingrao et al.，2017）。因此，探讨群落边缘效应和种群空间分布特性对害虫生态调控有重要的指导意义。

陆地生态环境的绝大部分栖息地中都有蜘蛛种群，蜘蛛是捕食性动物，其主要捕食昆虫（Turnbull，1973）。蜘蛛群落中不同种类蜘蛛的捕食策略可以对不同生长期的害虫施加捕食压力，在农业系统中其对害虫的生物控制至关重要（Reichert & Lockley，1984；Marc & Canard，1997）。关于农业系统中蜘蛛边缘效应的研究有很多，如何昌彤等（2015）研究发现，大豆田中蜘蛛群落的个体数量、物种数、丰富度指数和香浓-维纳（Shannon-Wiener）多样性指数均存在较明显的边缘效应；Clough et al.（2005）研究发现，在冬麦区，与多年生作物相邻的麦田中豹蛛属的活动密度大幅增加；Batáry et al.（2012）研究表明，减少田地面积、增加边缘区域面积等种植方式和措施均可以增加游猎型蜘蛛的数量，且边缘区域的蜘蛛个体数和丰富度均高于中心区；刘文惠等（2014）对苜蓿-小麦界面下地表蜘蛛及甲虫的边缘效应尺度进行了研究，发现在距苜蓿-小麦邻作界面15~18 m范围内边缘效应明显；Samu et al.（1996）认为苜蓿田蜘蛛群落存在边缘效应，边缘区的蜘蛛平均密度是中心区的2倍。

溢出效应是指某生境中生态效应不仅在本生境中发挥作用，而且还会对该生境之外的其它生境产生影响（赵紫华等，2012）。利用农田中捕食性天敌的溢出效应也可以对周边栖息地中的害虫进行控制（Schneider et al.，2013），大多数的捕食性天敌，例如蜘蛛、步甲、隐翅虫等对农作物害虫的控制效果十分显著（Symondson et al.，2002），这些捕食性天敌因为溢出效应通常在春季会从周边的栖息地中迁入到农田中（Tscharntke et al.，2005；Bianchi et al.，2006），从而对农田中生长季后期的害虫暴发起到控制作用（Tscharntke et al.，2005）。刘长仲等（2008）和刘文惠等（2014）研究表明，苜蓿刈割可以促进苜蓿田内天敌形成溢出效应，从而向邻近的作物田迁移，适时的刈割可以用于控制苜蓿田邻作作物的害虫暴发。因此研究苜蓿田刈割后邻作作物中蜘蛛的溢出效应对有害生物防治具有一定的意义。

近年来，随着多元化农业种植的发展，我国北方地区苜蓿种植面积不断扩大，单作、邻作、间作成为苜蓿常见的种植方式。为探究不同种植方式对苜蓿田地表蜘蛛群落边缘效应的影响及刈割后邻作麦田、玉米田内蜘蛛的溢出效应，本试验以银川平原苜蓿单作、苜蓿-小麦邻作、苜蓿-玉米邻作以及苜蓿-果树间作4种常见种植方式下的苜蓿田为研究对象，研究不同种植方式下苜蓿田中地表蜘蛛群落结构组成的差异和地表蜘蛛群落边缘效应的差异、刈割后苜蓿田地表蜘蛛群落在邻作小麦田及玉米田内的溢出效应以及利用克里金插值法模拟溢出效应，以期为利用苜蓿田中蜘蛛群落对周边作物进行有害生物控制提供基础依据。

1 材料与方法

1.1 材料

研究区域：研究区域设在宁夏回族自治区银川市贺兰山农牧场四队、七队和宁夏农垦茂盛草业公司第一草场，属于温带干旱地区，平均年降水量200 mm，日照充足，年日照时数约3 000 h，无霜期约160 d，

10℃以上有效积温约3 300℃，每日温差较大，平均13℃。

试验田块：选取苜蓿单作田、苜蓿-小麦（玉米）邻作田、苜蓿-果园间作田4种类型苜蓿田。其中苜蓿单作田：大面积种植苜蓿，田块平均面积21.8 hm^2，田块长度≥650 m，宽度≥300 m。苜蓿-小麦（玉米）邻作田：苜蓿与麦或玉米田相邻，条形平行排列，苜蓿田块面积均较小，平均为2.3 hm^2，田块长度<200 m，宽度≤100 m。苜蓿-果园间作田：在果树行间种植苜蓿，果树高3~4 m，行距为2 m，株距为4 m，田块平均面积≥10 hm^2，长度≥1 500 m，宽度≥800 m。每种类型的苜蓿田各选取3个田块。试验田中苜蓿品种为中苜3号，小麦品种为宁东16号，玉米品种为迪卡159，果树品种为宁冠。所有试验田采用常规播种和管理方法，整个生育期不施用任何农药。

试剂及仪器：引诱剂为乙二醇、水和几滴洗洁精的混合物，其中乙二醇和水的体积比例为1∶3；其它试剂均为国产分析纯。引诱容器，用容积340 mL的一次性塑料水杯（高11.9 cm、上口径7.9 cm、下口径5.3 cm）作为巴氏罐诱集容器，距杯口下方2 cm处打孔以防止雨水灌满；SZ61体视显微镜，奥林巴斯（中国）有限公司。

1.2 方法

1.2.1 不同苜蓿田诱杯的布置方法

边缘效应的诱杯布置方法：为研究苜蓿田中蜘蛛群落个体数量及多样性的边缘效应以及不同种植方式对苜蓿田地表蜘蛛群落边缘效应的影响，将苜蓿田分为中心区和边缘区。每块苜蓿-果园间作田、苜蓿单作田的中心区设置4个边长为9 m的正方形采样区，整个中心区距苜蓿田边缘距离>50 m，采样区间距10 m，每个采样区布置4排4列共16个诱杯，每个诱杯间隔3 m。边缘区在东、西、南、北4个方向各设置1个长21 m、宽5 m的长方形采样区，每个边缘区距苜蓿生境边界2 m，每个采样区布置2排共16个诱杯，2排诱杯间隔5 m，每排诱杯间隔3 m。苜蓿-小麦（玉米）邻作田的中心区设置同苜蓿-果园间作、苜蓿单作田一致，边缘区距苜蓿-小麦（玉米）界面2 m处共设4个采样区，同侧2个采样区间隔50 m，每排诱杯间隔3 m。每个诱杯内放100~120 mL引诱剂，每次收集诱杯内所有样本，每个诱杯独立编号。

溢出效应的诱杯布置方法：由于苜蓿单作田及苜蓿-果园间作田种植面积较大，周围无其它作物，因此仅对苜蓿-小麦（玉米）邻作田进行溢出效应的研究。采用平行线取样法布置诱杯，在苜蓿-小麦（玉米）邻作界面处的小麦（玉米）田内沿界面布置5排共80个诱杯，每排诱杯间隔10 m，每排诱杯分4组，每组诱杯间隔5 m，每组布置4个诱杯，每组内诱杯间隔3 m。苜蓿田在2015年6月3日进行第1次刈割，在7月5日进行第2次刈割。分别在刈割前、刈割后第1、3、7天进行田间调查，调查刈割后地表蜘蛛群落的扩散动态变化。调查方法同边缘效应。

1.2.2 地表蜘蛛群落的调查方法及鉴定

采用巴氏罐诱集法调查地表蜘蛛群落。于2015年苜蓿生长旺季（5—7月）对4种苜蓿田的地表蜘蛛群落进行调查，共调查9次，调查时间分别为5月7日、5月18日、5月30日、6月9日、6月18日、6月30日、7月8日、7月19日、7月29日。采样时用50 mL离心管收集蜘蛛样本，将其带回实验室制成标本，95%工业酒精保存标本。每次调查时统计不同种植方式下3块苜蓿试验田中心区和边缘区诱集的蜘蛛种类和个体数，每种种植方式下3块试验田的平均数据作为该种植方式下的数据。本研究仅对成年蜘蛛样本进行分析，依据《中国蜘蛛原色图鉴》（冯钟琪，1990）利用体视显微镜对采集的蜘蛛标本进行鉴定，不能确认的标本委托河北大学生命科学学院张峰教授进行鉴定。

1.2.3 蜘蛛群落物种多样性和丰富度分析

从物种多样性、丰富度、均匀度和优势度4个方面对不同苜蓿田蜘蛛群落的生物多样性进行分析。物种多样性采用Shannon-Wiener多样性指数表示，即$H'=-\sum(P_i\ln P_i)$，式中$P_i=n_i/N$，n_i为第i个种的个体数量，N为群落中所有种的个体总数；丰富度采用物种数表示；均匀度采用Pielou指数表示，即$J=H'/\ln S$，式中S为群落中的物种数；优势度采用Simpson指数，即$D=1-\sum(n_i/N)^2$。

稀疏标准化法是一种通过部分区域内物种多样性估算整体区域物种多样性的方法（Ugland et al.，2003），其特点是对稀有种敏感且无偏，同时还可以对样本量是否可以反映整体情况进行评估（Solow & Roberts，2006）。本研究所采集的蜘蛛样本中稀有种所占比例较高，故采用稀疏标准化法进行估算，具体参照Chao et al.（2014）方法。利用Rstudio 1.1.383软件中的iNEXT package（Chao et al.，2014；Hsieh et al.，2016）绘制蜘蛛群落的稀疏化曲线。

1.2.4 蜘蛛群落组成结构的差异性分析

采用非量度多维尺度（non-metric multidimensional scaling，NMDS）法对蜘蛛群落相似性进行分

析，在排序时，NMDS法不需要保持对象之间的精确距离，而是在低纬度中尽可能地展示对象间的排序关系，该方法可以处理任何距离矩阵的数据。先将原始数据进行Bray-Curtis相异矩阵转换，利用NMDS法进行排序。采用Shepard图检验NMDS的分析结果，Shepard图中包含胁强系数、非尺度拟合与线性拟合结果的确定系数R^2两方面信息。胁强系数反映排序空间内对象距离同原始对象距离间的差异性，胁强系数<0.05时，差异性很小；0.05≤胁强系数<0.1时，差异性较小；0.1≤胁强系数<0.2时，差异性在可接受范围内。采用Vegan package软件进行NMDS分析。

1.2.5 苜蓿田内蜘蛛边缘效应的研究方法

箱型图可以更直观地反映一组数据间的分布差异，因此本研究采用箱线图进行边缘效应分析。利用箱型图对试验苜蓿田内边缘区和中心区蜘蛛群落多样性指数、优势度指数、个体数量及丰富度进行展示，以分析其在边缘区和中心区的差异性。箱型图可以展示变量的最小值、下四分位数、中位数、上四分位数、最大值和平均值，采用Boxplot软件绘制箱型图。

1.2.6 刈割后蜘蛛溢出效应的空间动态分布模拟

为了明确苜蓿刈割对地表蜘蛛溢出效应的影响，采用普通克里金法对与苜蓿田邻作的小麦田和玉米田中蜘蛛的空间动态分布进行模拟。该方法是以空间自相关性为基础，利用原始数据和半方差函数的结构性对区域化变量的未知采样点进行无偏估值。通过普通克里金法对未采样点的空间插值，准确地模拟种群的分布，将分散间断的调查数据合成连续的分布图。本研究以诱杯为单位统计种类和个体数，计算采样区域内蜘蛛多样性指数和个体数量密度（头/诱杯），用克里金插值法模拟邻作苜蓿的小麦（玉米）田中蜘蛛的空间分布。采用Auto map package软件进行普通克里金插值模拟及图像输出。

1.3 数据分析

采用SPSS 23.0软件对试验数据进行统计分析，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 不同苜蓿田中地表蜘蛛群落的组成

本试验共采集蜘蛛标本7 894头，隶属10科22种，其中星豹蛛 *Pardosa astrigera* 和甘肃平腹蛛 *Gnaphosa kansuensis* 个体数量最多，分别占个体总数的38.08%和27.17%，为该地区的优势种。草间钻头蛛 *Hylyphantes graminicola*、白斑隐蛛 *Nurscia albofasciata*、条纹花蟹蛛 *Xysticus stiaipes*、多斑熊蛛 *Arctosa stigmosa*、迷宫漏斗蛛 *Agelena labyrinthica*、锯齿掠蛛 *Drassodes serratidens*、沟渠豹蛛 *Pardosa laura*、三斑花蟹蛛 *Xysticus pseudoblitea* 和珍珠齿螯蛛 *Enoplognatha margarita* 占个体总数的比例介于1.04%~8.34%之间，为该地区的常见类群。其余11种蜘蛛的个体数量总和占个体总数的3.91%，为该地区的稀有类群。苜蓿单作田中地表蜘蛛的个体数量最多，为2 550头；其次是苜蓿-小麦邻作田和苜蓿-果树间作田，分别为2 096头和1 752头，苜蓿-玉米邻作田最少，仅为1 496头。苜蓿-小麦邻作田地表蜘蛛群落物种丰富度最高，为17种；苜蓿-果园间作田及苜蓿-玉米邻作田次之，为14种；苜蓿单作田最少，仅为11种。

2.2 不同苜蓿田蜘蛛群落物种多样性和丰富度

在观测范围内随着个体数量的增加，4种苜蓿田的地表蜘蛛群落丰富度也持续增加并趋于平直，说明本试验抽样调查的样本量能反映试验地区地表蜘蛛群落的多样性。在群落个体数量相同的情况下，苜蓿-小麦邻作田中地表蜘蛛群落物种丰富度最高，苜蓿单作田次之，苜蓿-玉米邻作田最低（图1）。

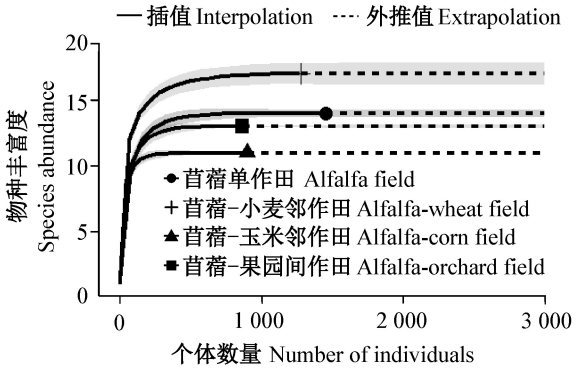

图1 基于物种丰富度-个体数量的4种苜蓿田地表蜘蛛群落物种丰富度的稀疏化曲线

Fig. 1 Rarefaction curve based on species richness-individual quantity of ground-dwelling spider community in four types of alfalfa fields

灰色区域为置信区间95%的区域。The grey area indicates the 95% confidence interval.

2.3 不同苜蓿田中蜘蛛群落组成结构的差异性

苜蓿单作田地表蜘蛛群落的样方投影聚集在轴1的左侧，而其它3种苜蓿田地表蜘蛛群落的样方投影都聚集在轴1的右侧，说明苜蓿单作田与邻作及间作田蜘蛛群落的结构组成差异较大（图2-A）。苜

蓿-小麦邻作田蜘蛛群落的样方投影较苜蓿-玉米邻作田及苜蓿-果园间作田更靠近轴2的上方，而苜蓿-玉米邻作田同苜蓿-果园间作田的样方投影重叠度较高，说明不同的邻作作物会影响蜘蛛群落的结构组成。苜蓿-小麦邻作田边缘区和中心区蜘蛛群落的样方投影没有重叠，其它3种苜蓿田的极个别样方有重叠，说明苜蓿-小麦邻作苜蓿田中心区和边缘区的蜘蛛群落组成结构差异较大，其它3种苜蓿田存在一定差异。Shepard图表明，NMDS拟合及线性拟合的拟合度均较高，R^2分别为0.996和0.989，说明试验田中各蜘蛛种群间既存在线性关系也存在非线性关系。胁强系数为0.062，说明NMDS排序结果很好（图2-B）。

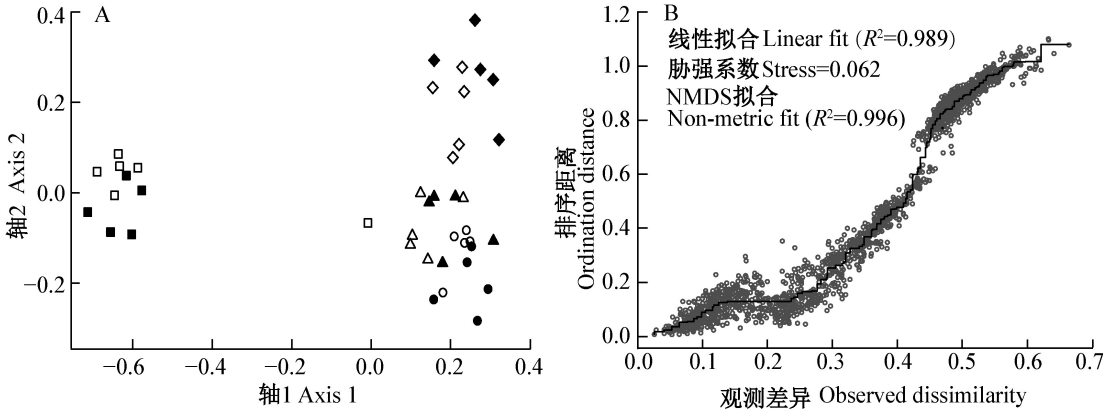

图2　不同苜蓿田中地表蜘蛛群落二维NMDS双重信息排序（A）和Shepard图（B）

Fig. 2　NMDS ordination biplot (A) and Shepard plot (B) of ground-dwelling spider community in alfalfa fields

□和■：苜蓿单作田边缘区和中心区；◇和◆：苜蓿-小麦邻作田的边缘区和中心区；○和●：苜蓿-玉米邻作田的边缘区和中心区；△和▲：苜蓿-果园间作田的边缘区和中心区。□，■：The central and edge areas of alfalfa field；◇，◆：the central and edge areas of alfalfa-wheat field；○，●：the central and edge areas of alfalfa-corn field；△，▲：the central and edge areas of alfalfa-orchard field.

2.4　不同苜蓿田中地表蜘蛛群落的边缘效应

4种苜蓿田边缘区的地表蜘蛛个体数量在5月、6月、7月均显著高于中心区（P<0.05）。苜蓿单作田边缘区的地表蜘蛛群落多样性指数和优势度指数在6月显著高于中心区（P<0.05），丰富度在6月和7月显著高于中心区（P<0.05）。苜蓿-小麦邻作田边缘区的地表蜘蛛群落丰富度在5月、6月、7月间显著高于中心区（P<0.05），多样性指数、优势度指数在6月和7月显著高于中心区（P<0.05）。苜蓿-玉米邻作田边缘区的地表蜘蛛群落多样性指数和丰富度在5月和6月显著高于中心区（P<0.05），优势度指数在5月显著高于中心区（P<0.05）。苜蓿-果园间作田边缘区的地表蜘蛛群落优势度指数在6月显著高于中心区（P<0.05），多样性指数和丰富度在6月和7月显著高于中心区（P<0.05，图3）。说明4种苜蓿田地表蜘蛛群落均存在一定程度的边缘效应，其中蜘蛛群落个体数量的边缘效应最明显，苜蓿-小麦邻作田地表蜘蛛群落各多样性指数的边缘效应较其它3种苜蓿田更明显，持续时间更长。

2.5　刈割对蜘蛛个体数量及多样性分布的影响

2.5.1　对蜘蛛个体数量密度的影响

苜蓿-小麦邻作田中地表蜘蛛个体数量密度总体上高于苜蓿-玉米邻作田中的密度。刈割后苜蓿田中的蜘蛛向小麦田和玉米田中迁移，密度最高值位于距界面处0~20 m的范围内，当超过20 m时迁移量减少。刈割1~7 d后，小麦田中蜘蛛个体数量密度缓慢降低，刈割11 d后密度与刈割前趋于一致；刈割1~5 d后玉米田中蜘蛛个体数量密度缓慢降低，刈割7 d后密度与刈割前趋于一致（图4）。说明小麦田中蜘蛛个体数量的溢出效应持续时间更长。

2.5.2　对蜘蛛群落多样性指数的影响

与苜蓿邻作的小麦田中蜘蛛群落的多样性指数总体高于玉米田。刈割使苜蓿田中蜘蛛向邻作的小麦田和玉米田中迁移，导致邻作小麦田和玉米田中蜘蛛的多样性增加。距界面较近的诱集区内蜘蛛群落的多样性指数较高，多样性指数最高值位于距界面0~20 m的范围内，当距离大于20 m时蜘蛛群落的多样性指数随着距离的加大呈下降趋势（图5）。

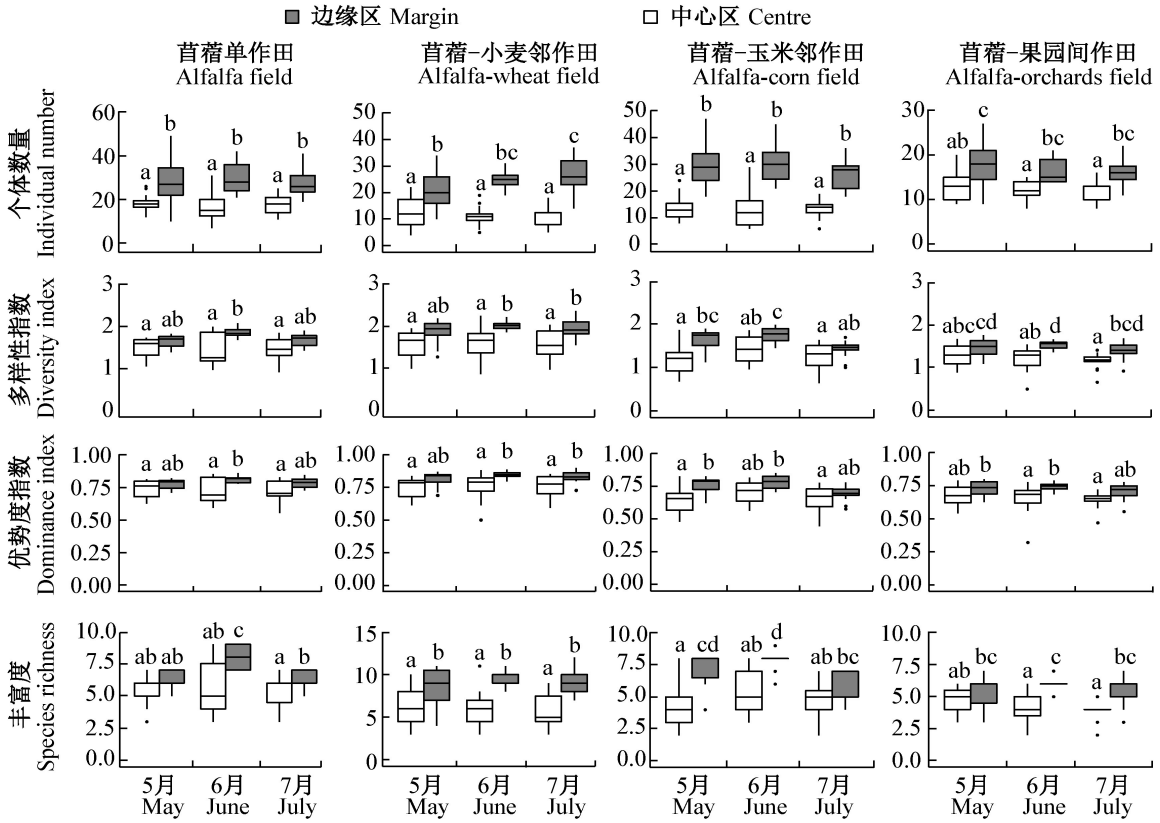

图3 2015年4种苜蓿田地表蜘蛛群落的个体数量、多样性指数、优势度指数及丰富度的边缘效应

Fig. 3 Edge effects of individual number, diversity index, dominance index and species richness of ground-dwelling spider community in four types of alfalfa fields in 2015

图中盒型上下端延伸出的直线端点分别代表最大值和最小值;盒型外的点表示离群点。盒型的范围是下四分位点到上四分位点,中间的横线表示平均值。不同字母表示同一区域不同月份间经LSD检验在$P<0.05$水平差异显著。The whiskers above and below the box indicate the locations of the minimum and maximum; the points indicate outliers. The central rectangle spans the first quartile to the third quartile. The segment inside the rectangle indicates the median. Different letters indicate significant difference at $P<0.05$ level by LSD test in the same area during different months.

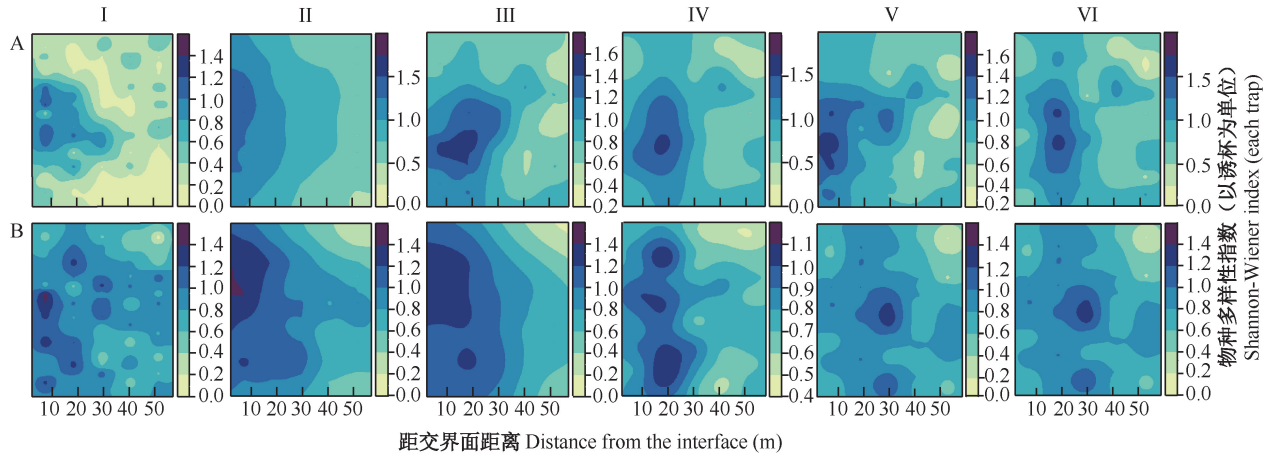

图4 苜蓿刈割前后邻作界面小麦田(A)、玉米田(B)中蜘蛛个体数量的空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of spider individuals of in the wheat (A) and corn fields (B) adjacent to alfalfa fields before and after the mowing of alfalfa

I: 刈割前3 d; II: 刈割后1 d; III: 刈割后3 d; IV: 刈割后5 d; V: 刈割后7 d; VI: 刈割后11 d。I: Three days before cutting; II: one day after cutting; III: three days after cutting; IV: five days after cutting; V: seven days after cutting; VI: 11 days after cutting.

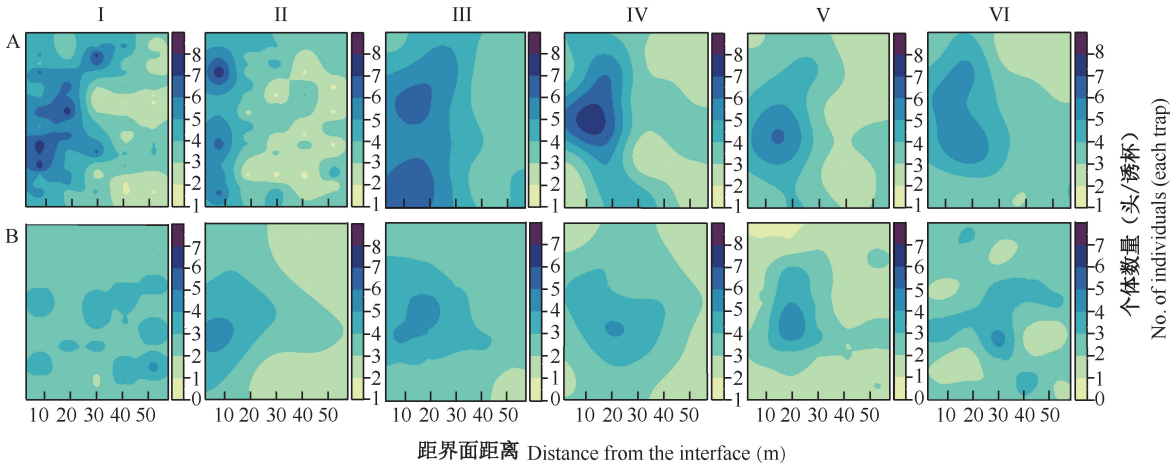

图5 苜蓿刈割前后邻作小麦（A）、玉米田（B）中蜘蛛群落物种多样性指数的空间分布

Fig. 5 Spatial distribution of the diversity index of spiders in the wheat (A) and corn fields (B) adjacent to alfalfa fields before and after the cutting of alfalfa

I：刈割前3 d；II：刈割后1 d；III：刈割后3 d；IV：刈割后5 d；V：刈割后7 d；VI：刈割后11 d。I：Three days before cutting；II：one day after cutting；III：three days after cutting；IV：five days after cutting；V：seven days after cutting；VI：11 days after cutting.

3 讨论

苜蓿田是蜘蛛的“物种池”，可以为蜘蛛提供良好的栖息环境，相比玉米、高粱、甘蔗等作物中的蜘蛛群落有着更高的物种丰富度，但周围环境以及蜘蛛对栖息地特定特征的反映都会影响蜘蛛群落的物种丰富度和多样性（Uetz et al.，1999）。本研究表明，苜蓿-小麦邻作苜蓿田可以提高苜蓿田地表蜘蛛的丰富度和多样性，这与刘文惠等（2014）和胡文超等（2018）的研究结果一致。不同种植方式会影响蜘蛛群落物种丰富度和个体数量的原因可能是蜘蛛对环境极为敏感，不同环境中有其特定的优势种（Elliott et al.，2002；Ziesche & Roth，2008）。本研究的稀疏化法分析结果表明，即使在更大的样本空间内苜蓿-小麦邻作苜蓿田中蜘蛛群落的物种丰富度也高于其它3种苜蓿田；苜蓿-小麦邻作苜蓿田中，邻作的小麦田植株密度大、郁闭度高、资源丰富、栖息环境良好，当苜蓿刈割后麦田可以作为蜘蛛的“库源”（Madeira et al.，2016），这可能是苜蓿-小麦邻作苜蓿田中蜘蛛物种丰富度较高的原因；玉米田在生长季前期郁闭度较低、裸露土地较多，当苜蓿刈割后迁出的蜘蛛不能获得足够的食物资源及合适的栖息地，这可能是苜蓿-玉米邻作苜蓿田中蜘蛛个体数量较少的原因；而苜蓿-果园间作苜蓿田中，人为管理较为频繁，蜘蛛群落受人为干扰较多，这可能是蜘蛛丰富度和个体数量较低的原因。

本研究的NMDS分析结果表明，苜蓿单作田中蜘蛛群落的组成结构与其它3种苜蓿田差异较大，这与单作苜蓿田结构单一且周围半自然栖息地较少，在苜蓿刈割后没有临时栖息地导致种间竞争力较低的稀有种减少或灭绝有关（Tschamtke et al.，2005）。本研究结果表明4种苜蓿田中心区和边缘区蜘蛛群落结构差异较大，与张珠旭等（2017）的研究结果一致。本研究的箱型图结果表明，不同类型苜蓿田中边缘区的地表蜘蛛群落多样性和个体数与中心区差异显著，说明田间蜘蛛分布存在较强的边缘效应，且其边缘效应受不同种植方式及邻作作物的影响，之前也有研究表明间作和邻作可以增加天敌物种多样性和丰富度（Cai et al.，2010；田耀加等，2012；张艳荣等，2017）。4种苜蓿田中蜘蛛群落的边缘效应出现的时间有明显差异，这是由于苜蓿田中蜘蛛群落的优势种——星豹蛛和甘肃平腹蛛均为捕食性蜘蛛，其为了寻找替代的猎物和栖息地，需要经常在栖息地的不同斑块间移动（Opatovsky & Lubin，2012），有研究表明在3—7月小麦田间这种地表捕食者的移动模式十分常见（Purtauf et al.，2005；Zhao et al.，2013；Haddad et al.，2015），类似的现象也出现在本研究中的其它类型的苜蓿田中。除了人为干扰以外，栖息地食物资源的匮乏（Tylianakis et al.，2005；Rand et al.，2006）及部分蜘蛛在作物生长季中会对麦田有一定的偏好（Pluess et al.，2008；Batáry et al.，2012）也是造成边缘效应的原因。当作物成熟时，随着捕食者密度的增加可能会导致捕食

者向生产力较低的栖息地中转移(Rand et al.,2006)。

蜘蛛群落物种多样性和个体数的空间分布动态结果表明,刈割后7 d,在距界面20 m麦田内,溢出效益最显著,玉米田的溢出效应明显较弱,这与前人研究结论(赵紫华等,2012;Schneider et al.,2013;刘文惠等,2014)基本一致。与小麦田相比,玉米田中地表蜘蛛溢出效应的持续时间较短,可能由于玉米田在生长季前期不能为蜘蛛提供足够的食物资源(McKone et al.,2001;Zhao et al.,2013),同时裸露土地无法为蜘蛛提供栖息地,致使从苜蓿田迁移出的蜘蛛在玉米田内无法长时间存活。利用天敌群落进行害虫防治有时比使用农药更有效(Vasseur et al.,2013)。通过调整农田斑块的配置可以调节蜘蛛等重要天敌的田间种群动态,合理利用间作、邻作、混作等景观配置达到"马赛克"镶嵌体景观最优化(Zhao et al.,2016)。本研究由于客观条件所限仅采用陷阱法对蜘蛛进行采样,有一定局限性,且未对害虫的变化进行研究。下一步工作中应采取多种采样方式进行田间数据的采集,并补充害虫的变化数据。同时在不同尺度下继续进行不同类型苜蓿田间蜘蛛群落边际效应及溢出效应变化的研究。

参 考 文 献(References)

Barnes AD, Emberson RM, Chapman HM, Krell FT, Didham RK. 2014. Matrix habitat restoration alters dung beetle species responses across tropical forest edges. Biological Conservation, 170: 28−37

Batáry P, Holzschuh A, Orci KM, Samu F, Tscharntke T. 2012. Responses of plant, insect and spider biodiversity to local and landscape scale management intensity in cereal crops and grasslands. Agriculture, Ecosystems & Environment, 146(1): 130−136

Bianchi FJJA, Booij CJH, Tscharntke T. 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 273: 1715−1727

Cai HJ, You MS, Lin C. 2010. Effects of intercropping systems on community composition and diversity of predatory arthropods in vegetable fields. Acta Ecologica Sinica, 30(4): 190−195

Chao A, Gotelli NJ, Hsieh TC, Sander EL, Ma KH, Colwell RK, Ellison AM. 2014. Rarefaction and extrapolation with hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. Ecological Monographs, 84(1): 45−67

Clough Y, Kruess A, Kleijn D, Tscharntke T. 2005. Spider diversity in cereal fields: comparing factors at local, landscape and regional scales. Journal of Biogeography, 32: 2007−2014

Dennis P, Fry GLA. 1992. Field margins: can they enhance natural enemy population densities and general arthropod diversity on farmland? Agriculture, Ecosystems & Environment, 40(1/2/3/4): 95−115

Elliott NC, Kieckhefer RW, Michels GJ Jr., Giles KL. 2002. Predator abundance in alfalfa fields in relation to aphids, within-field vegetation, and landscape matrix. Environmental Entomology, 31(2): 253−260

Feng ZQ. 1990. Spiders of China in color. Changsha: Hunan Science & Technology Press (in Chinese) [冯钟琪. 1990. 中国蜘蛛原色图鉴. 长沙: 湖南科学技术出版社]

Haddad NM, Brudvig LA, Clobert J, Davies KF, Gonzalez A, Holt RD, Lovejoy TE, Sexton JO, Austin MP, Collins CD, et al. 2015. Habitat fragmentation and its lasting impact on earth's ecosystems. Science Advances, 1(2): e1500052

He CT, Zheng G, Li XJ. 2015. Analysis of the edge effect and dynamics of dominant species of ground-dwelling spiders in soybean field in Xiuyan, Liaoning Province. Sichuan Journal of Zoology, 34(3): 364−369 (in Chinese) [何昌彤, 郑国, 李学军. 2015. 岫岩地区大豆田地表蜘蛛边缘效应及优势种群动态分析. 四川动物, 34(3): 364−369]

Hsieh TC, Ma KH, Chao A. 2016. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill number). Methods in Ecology & Evolution, 7: 1451−1456

Hu WC, He DH, Guan XQ, Liu JH, Zhao ZH. 2018. Community diversity and temporal dynamics of spiders in alfalfa fields under three different cropping patterns in Yinchuan Plain. Journal of Plant Protection, 45(2): 271−281 (in Chinese) [胡文超, 贺达汉, 关晓庆, 刘军和, 赵紫华. 2018. 银川平原不同种植模式下苜蓿田地表蜘蛛群落多样性及时间动态模拟. 植物保护学报, 45(2): 271−281]

Ingrao AJ, Schmidt J, Jubenville J, Grode A, Komondy Lidia, VanderZee D, Szendrei Z. 2017. Biocontrol on the edge: field margin habitats in asparagus fields influence natural enemy-pest interactions. Agriculture, Ecosystems & Environment, 243: 47−54

Koenig CC, Coleman FC, Grimes CB, Fitzhugh GR, Scanlon KM, Gledhill CT, Grace M. 2000. Protection of fish spawning habitat for the conservation of warm-temperate reef-fish fisheries of shelf-edge reefs of Florida. Bulletin of Marine Science, 66(3): 593−616

Liu CZ, Yan L, Wei LX, Zhang F, Qian XJ. 2008. Effects of cutting on the population dynamics of main insect pests on alfalfa. Chinese Journal of Applied Ecology, 19(3): 691−694 (in Chinese) [刘长仲, 严林, 魏列新, 张方, 钱秀娟. 2008. 刈割对苜蓿主要害虫种群数量动态的影响. 应用生态学报, 19(3): 691−694]

Liu WH, Hu YJ, Hu WC, Hong B, Guan XQ, Ma SY, He DH. 2014. Population dynamics of ground carabid beetles and spiders in a wheat field along the wheat-alfalfa interface and their response to alfalfa mowing. Chinese Journal of Applied Ecology, 25(9): 2677−2682 (in Chinese) [刘文惠, 胡懿君, 胡文超, 洪波, 关晓庆, 马世瑜, 贺达汉. 2014. 苜蓿邻作麦田地表步甲和蜘蛛种群动态及其对苜蓿刈割的响应. 应用生态学报, 25(9): 2677−2682]

Madeira F, Tscharntke T, Elek Z, Kormann UG, Pons X, Rösch V,

Samu F, Scherber C, Batáry P. 2016. Spillover of arthropods from cropland to protected calcareous grassland-the neighbouring habitat matters. Agriculture, Ecosystems & Environment, 235: 127−133

Marc P, Canard A. 1997. Maintaining spider biodiversity in agroecosystems as a tool in pest control. Agriculture, Ecosystems & Environment, 62(2/3): 229−235

McKone MJ, McLauchlan KK, Lebun EG, McCall AC. 2001. An edge effect caused by adult corn-rootworm beetles on sunflowers in tallgrass prairie remnants. Conservation Biology, 15(5): 1315−1324

Opatovsky I, Lubin Y. 2012. Coping with abrupt decline in habitat quality: effects of harvest on spider abundance and movement. Acta Oecologica, 41: 14−19

Pluess T, Opatovsky I, Gavish-Regev E, Lubin Y, Schmidt MH. 2008. Spiders in wheat fields and semi-desert in the Negev (Israel). Journal of Arachnology, 36(2): 368−373

Purtauf T, Roschewita I, Dauber J, Thies C, Tscharntke T, Wolters V. 2005. Landscape context of organic and conventional farms: influences on carabid beetle diversity. Agriculture, Ecosystems & Environment, 108(2): 165−174

Rand TA, Tylianakis JM, Tscharntke T. 2006. Spillover edge effects: the dispersal of agriculturally subsidized insect natural enemies into adjacent natural habitats. Ecology Letters, 9(5): 603−614

Reichert SE, Lockley T. 1984. Spiders as biological control agents. Annual Review of Entomology, 29: 299−320

Samu F, Voeroes G, Botos E. 1996. Diversity and community structure of spiders of alfalfa fields and grassy field margins in South Hungary. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica, 31(3/4): 253−266

Schneider G, Krauss J, Steffan-Dewenter I. 2013. Predation rates on semi-natural grasslands depend on adjacent habitat type. Basic and Applied Ecology, 14(7): 614−621

Solow AR, Roberts DL. 2006. Museum collections, species distributions, and rarefaction. Diversity and Distributions, 12: 423−424

Symondson WOC, Sunderland KD, Greenstone HM. 2002. Can generalist predators be effective biocontrol agents? Annual Review of Entomology, 47: 561−594

Tian YJ, Liang GW, Zeng L, Lu YY. 2012. Influence of intercropping on dynamics of insect pests, natural enemies and the damage of *Ostrinia furnacalis* in sweet corn field. Journal of Plant Protection, 39(1): 1−6 (in Chinese) [田耀加, 梁广文, 曾玲, 陆永跃. 2012. 间作对甜玉米田主要害虫与天敌动态的影响. 植物保护学报, 39(1): 1−6]

Tscharntke T, Rand TA, Bianchi FJJA. 2005. The landscape context of trophic interactions: insect spillover across the crop-noncrop interface. Annales Zoologici Fennici, 42(4): 421−432

Turnbull AL. 1973. Ecology of the true spiders (Araneomorphae). Annual Review of Entomology, 18: 305−348

Tylianakis JM, Klein AM, Tscharntke T. 2005. Spatiotemporal variation in the diversity of Hymenoptera across a tropical habitat gradient. Ecology, 86(12): 3296−3302

Uetz GW, Halaj J, Cady AB. 1999. Guild structure of spiders in major crops. Journal of Arachnology, 27(1): 270-280

Ugland KI, Gray JS, Ellingsen KE. 2003. The species-accumulation curve and estimation of species richness. Journal of Animal Ecology, 72: 888−897

Vasseur C, Joannon A, Aviron S, Burel F, Meynard JM, Baudry J. 2012. The cropping systems mosaic: how does the hidden heterogeneity of agricultural landscapes drive arthropod populations? Agriculture, Ecosystems & Environment, 166: 3−14

Wang RS, Ma SJ. 1985. Edge effect and its application in economic ecology. Journal of Ecology, 2: 38−42 (in Chinese) [王如松, 马世俊. 1985. 边缘效应及其在经济生态学中的应用. 生态学杂志, 2: 38−42]

Zhang YR, Hu WC, Lü MM, Hong B, Guan XQ, He DH. 2017. Diversity and diffusion dynamics of the ground-dwelling carabid beetle community in alfalfa fields and boundary edges of their adjacent crops. Acta Prataculturae Sinica, 26(2): 153−160 (in Chinese) [张艳荣, 胡文超, 吕苗苗, 洪波, 关晓庆, 贺达汉. 2017. 苜蓿田及不同邻作地地表步甲群落多样性及其扩散动态. 草业学报, 26(2): 153−160]

Zhang ZX, Han Y, Yu ZR, Liu YD. 2017. Spatio-temporal distribution of carabids and spiders between semi-natural field margin and the adjacent crop fields in agricultural landscape. Chinese Journal of Applied Ecology, 28(6): 1879−1888 (in Chinese) [张珠旭, 韩印, 宇振荣, 刘云慧. 2017. 半自然农田边界与相邻农田步甲和蜘蛛的时空分布. 应用生态学报, 28(6): 1879−1888]

Zhao ZH, Hui C, He DH, Ge F. 2013. Effects of position within wheat field and adjacent habitats on the density and diversity of cereal aphids. BioControl, 58(6): 765−776

Zhao ZH, Ouyang F, He DH. 2012. Edge effects and spillover effects of natural enemies on different habitat interfaces of agricultural landscape. Scientia Sinica (Vitae), 42(10): 825−840 (in Chinese) [赵紫华, 欧阳芳, 贺达汉. 2012. 农业景观中不同生境界麦蚜天敌的边缘效应与溢出效应. 中国科学: 生命科学, 42(10): 825−840]

Zhao ZH, Reddy GVP, Hui C, Li BL. 2016. Approaches and mechanisms for ecologically based pest management across multiple scales. Agriculture, Ecosystems & Environment, 230: 199−209

Ziesche TM, Roth M. 2008. Influence of environmental parameters on small-scale distribution of soil-dwelling spiders in forests: what makes the difference, tree species or microhabitat? Forest Ecology and Management, 255(3/4): 738−752

（责任编辑：张俊芳）