

DOI: 10.5846/stxb201807021456

周立垚, 丁圣彦, 卢训令, 刘娅萌. 人为干扰对传粉昆虫群落物种多样性及其优势类群生态位的影响. 生态学报, 2020, 40(6): 2111-2121.

Zhou L Y, Ding S Y, Lu X L, Liu Y M. Effects of anthropogenic disturbance on species diversity and niche of dominant group in pollinators community. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(6): 2111-2121.

人为干扰对传粉昆虫群落物种多样性及其优势类群生态位的影响

周立垚^{1,2}, 丁圣彦^{1,2,*}, 卢训令^{1,2}, 刘娅萌^{1,2}

1 教育部黄河中下游数字地理技术重点实验室, 开封 475004

2 河南大学环境与规划学院, 开封 475004

摘要:物种多样性是群落功能复杂性和稳定性的重要量度指标,不同干扰强度下物种多样性和生态位特征不同,人为干扰对传粉群落的影响可以通过群落结构和物种多样性的变化直接表现出来。在巩义市选取 24 个采样点,3 种景观类型(农田、灌丛、林地)进行取样,共捕获传粉昆虫 18576 头,分属于 14 目,147 科,双翅目、膜翅目、鞘翅目、鳞翅目、半翅目与缨翅目 6 个传粉功能群。为了解研究区人为干扰对传粉昆虫类群传粉类群及其生态位的影响,本研究选取双翅目、膜翅目、鞘翅目 3 类主要传粉昆虫作为研究对象,在景观类型分类与实际情况的基础上,依据人为干扰指数赋值表和干扰强度计算公式,分析不同干扰强度下传粉昆虫优势种群生态位特征情况,结果表明:各传粉类群在不同的干扰条件下物种多样性不同;作为优势类群的蠅科、胡蜂科,生态位宽度和生态位重叠均均值高于其他几个类群,且中度干扰强度下值最大,但其生态宽度值与生态重叠值之间没有明显的相关关系。

关键词:传粉昆虫;人为干扰;物种多样性;生态位宽度;生态位重叠

Effects of anthropogenic disturbance on species diversity and niche of dominant group in pollinators community

ZHOU Liyao^{1,2}, DING Shengyan^{1,2,*}, LU Xunling^{1,2}, LIU Yameng^{1,2}

1 Key Laboratory of Geospatial Technology for the Middle and Lower Yellow River Regions, Ministry of Education, Kaifeng 475004, China

2 College of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng 475004, China

Abstract: Species diversity is an index reflecting the complexity and stability of community function. We hypothesize that community structure and species diversity vary with the different densities of human disturbance. The effect of human disturbance on community can be directly reflected by the change of community structure and diversity. To study the status of species diversity and niche of dominant group in pollinators community in different types of anthropogenic disturbance, 24 sampling points were selected in field margin systems in hilly regions of western Henan. Yellow, white and blue traps were deployed, and mixture of approximately 200 mL of water and 1 drops of detergent was poured into the traps to capture pollination. The data were combined with the characteristics of local land use to analyze the effect of different disturbance types on diversity and niche of pollinators. We captured 18576 individuals of 14 order and 147 families, mainly belonged to Diptera, Hymenoptera, Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera and Thysanoptera. Hymenoptera, Coleoptera and Lepidoptera were selected as three kinds of main pollinators to be analyzed. The landscape types and actual observations was used to analyze. The results showed that the species diversity of different families of pollinating insects changed differently with the

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41771202,41371195)

收稿日期:2018-07-02; 网络出版日期:2019-12-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: syding@henu.edu.cn

increasing disturbance intensity. An obvious decrease of the level of species diversity was found in Coleoptera. The niche breadth of Ceratopogonidae and Vespidae as dominant groups were higher than those of other groups, and the niche overlap with other species was higher under intermediate disturbance. No obvious correlation between niche breadth and niche overlap was found.

Key Words: pollinators; human disturbance; species diversity; niche breadth; niche overlap

物种多样性是生态系统的重要特征并能够维持系统功能的正常运行^[1]。生态位理论中的生态位宽度与生态位重叠,对生物物种多样性和群落结构稳定起着决定性作用^[2]。干扰会对群落或种群的结构和功能产生影响,致使其全部或部分发生明显变化^[3]。不同程度的人为干扰对传粉昆虫群落内部原有的生存环境、物种组成、以及某些优势科目在群落中的地位及竞争能力有着不同影响,这一影响将直接改变优势种群原有的生态位特征,影响到物种多样性水平^[4-5]。随着全国各地城镇化的迅速发展,人为干扰已成为影响农业生态系统及其功能的重要因素,而传粉昆虫是农业生态系统的重要组成部分,其授粉活动具有时空生态位补偿性^[6]。因此,准确评估人为干扰对传粉昆虫物种多样性的影响已成为广泛关注的问题^[7-8]。

Lucas 等^[7]研究表明,传粉昆虫的丰富度和授粉服务的稳定性随着非自然景观在自然景观中的减少而减少,即半自然区比自然区景观更利于授粉服务的稳定性;王美娜等^[8]研究发现,人类干扰与传粉昆虫多样性有着密切联系,且在中等干扰下产生积极响应。目前,国内外研究普遍认为适当的干扰强度对传粉昆虫多样性产生有利影响,有利于农业的可持续发展^[6-9];张晶等^[10]通过对张掖国家湿地公园优势鸟类种群生态位的研究,得出群落结构和生态位随着栖息地环境变化而呈现较大差异,鸟类群落可能因栖息地变化产生生态位差异实现共存,生态位互补和重叠与生存条件和生活条件共同作用相关。而关于人为干扰对传粉昆虫优势群生态位的影响研究较少。因此,本文通过研究人为干扰对传粉昆虫优势群落生态位的影响,分析传粉昆虫物种多样性以及优势类群生态位对不同干扰强度的响应,为保护传粉昆虫物种多样性和促进农业可持续发展提供一定的理论支撑。

巩义市是黄河中下游重要的粮食产地,以农业景观为主,拥有由河谷平原、丘陵、山地组成的独特地貌。这一地貌组成使人类活动对自然景观的干扰强度呈多样化,也对传粉昆虫的群落组成和生存条件产生多方面影响。因此,选择巩义市为本研究的研究区,分析传粉昆虫群落物种多样性及其优势种群生态位,准确评估不同人为干扰程度对优势类群生态位特征及多样性水平产生的影响,对生物资源的保护以及社会经济功能、生态功能的发挥有着现实而深远的意义^[6]。

1 研究区概况

研究区为河南省巩义市(34°31'—34°52'N,112°49'—113°17'E),位于嵩山北麓和黄河与伊洛河之间,东西约 43 km,南北约 39.5 km,总面积约为 1052 km²;夏季炎热多雨,冬季寒冷干燥,季节显著,年平均气温为 14.5°C,年平均降水量为 583 mm;地势呈东南高西北低的走向,自然植被类型属于温带落叶阔叶林。

该区耕作历史悠久,主要的土地利用方式是农业用地,其中以水浇地和旱地为主,主要分布在丘陵和平原地区;大规模、高强度的农业开发和土地利用活动,导致景观结构发生重大变化。巩义市第二大景观类型是建设用地,包括城镇建设用地、工矿用地和交通用地等。另外还有一些荒草地景观类型。巩义市在注重经济发展的同时,也进行了植树造林、净化空气等环境保护的措施,该市全年成片造林的面积达到 2390.6 hm²,林抚育的面积约为 6598 hm²,幼林抚育的作业面积达 8592 hm²/次,主要分布在低山地区;这在改造巩义市小环境的同时,也为黄河中下游地区环境的优化做出了积极的贡献^[11]。

2 研究方法

2.1 样地设置与取样

2017 年 5 月,在不同干扰程度的自然与半自然生境中进行采样,样地类型为农田、灌丛、林地。然后利用

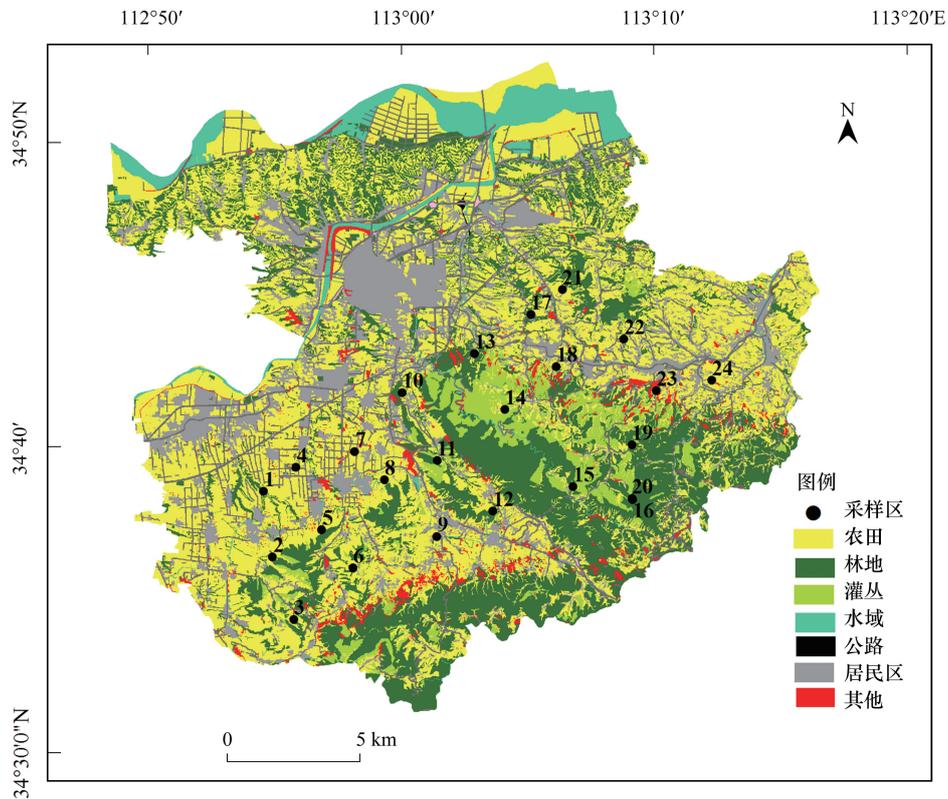


图1 研究区景观概况和采样点示意图

Fig.1 Landscape classification map and the schematic diagram of sampling point

诱捕盘法获取传粉昆虫,具体方法如下:

在每个样地三种生境中设置三组重复,每一组重复中包含黄、蓝、白三色的诱捕陷阱,每个样地共 54 个诱捕陷阱。在灌丛、林地境内诱捕陷阱间距 5 m 呈等边三角型布设,农田生境内诱捕陷阱沿农田的不同方向呈直线布设。诱捕陷阱为黄、蓝、白三种荧光漆染匀的塑料小碗(直径 11.4 cm,高度 5.7 cm),并在碗中分别倒入约 200 mL 清水与 1 滴洗涤剂的混合液体,用铁圈和竹竿将小碗固定在距离地面 1.2 m 处。放置 48 h 后,把所获取的样品放入装有 75%酒精的离心管内保存,利用双目体视显微镜(Nikon smz1000)及相关文献资料对捕捉到的传粉昆虫进行分类鉴定^[12],一般鉴定到科级水平。

2.2 数据分析

2.2.1 人为干扰程度分类

根据前人的研究结果,结合研究区的景观类型与实际情况^[13-14],对研究区的景观类型进行分类。进行人为干扰指数赋值(表 1)。

干扰指数的计算公式如下:

$$M = \sum_{i=1}^n f_n \times h$$

式中, M 为干扰指数, n 为干扰等级共 3 级(其中轻度干扰 ≤ 3 , $3 <$ 中度干扰 ≤ 5 , $5 <$ 强度干扰 ≤ 7), h 为干扰度, f_n 为干扰等级为 h 的用地类型面积比值。将得出的计算结果,在 ArcGIS 中进行处理,得到巩义市人类活动干扰时空分布图(图 2)。根据其受干扰程度的大小,将样地分为轻度干扰:2、3、14、15、16、19、20、21 号样地,中度干扰:1、4、5、6、11、17、13、24 号样地,强度干扰:7、8、9、10、12、18、22、23 号样地。

表 1 干扰强度等级说明^[13-14]

Table 1 Degree of Interference Level and Illustrate

干扰强度 Interference degree	覆盖类型说明 Cover type illustrate
1 几乎不受人为影响 Almost unaffected	裸露的岩石
2 微弱的人为影响 Weak	阔叶林/混交林/沼泽/河口
3 中度人为影响 Moderate	人工林/人工混交林/天然草地/林地灌丛/植被稀疏区/焚烧地区
4 中偏强度的人为影响 Middle partial strength	城市绿地/种植农用地/河道/水体
5 较强的人为影响 Strong	体育休闲设施/非灌溉耕地/水果种植园/复合栽培
6 非常强的人为影响 Very strong	不连续的城市区/矿区/垃圾场/施工地
7 过分强度的人为影响,生物群落已破坏 Excessive	连续的城市区/工业或商业区/公路与铁路及其附属物/港口/机场

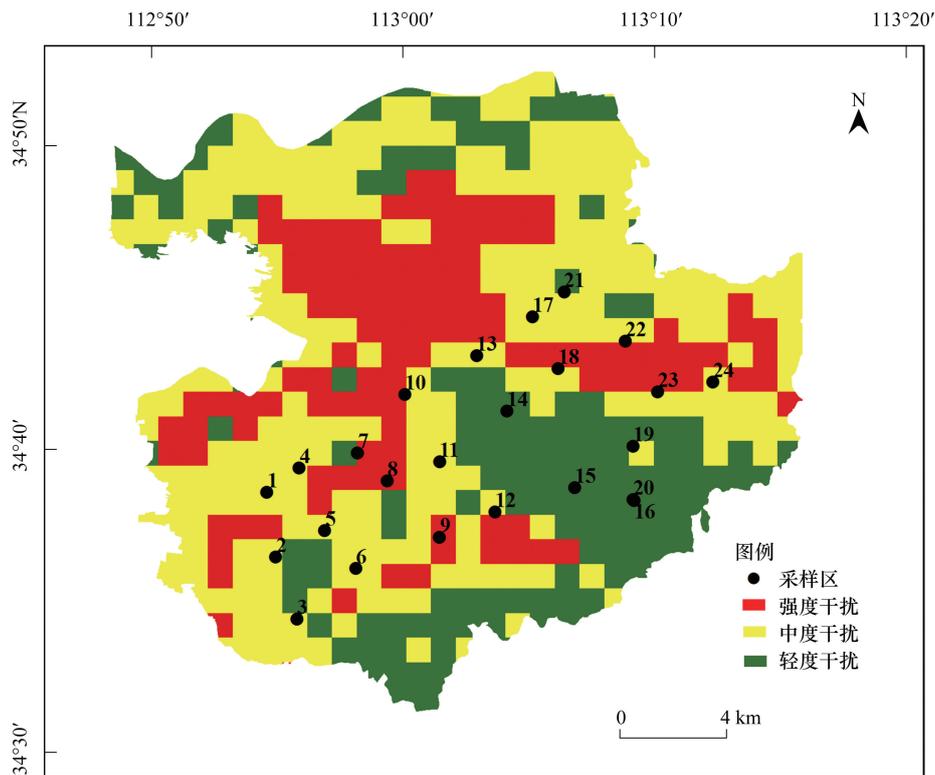


图 2 研究区干扰强度和采样点示意图

Fig.2 The hemeroby and the schematic diagram of sampling point

2.2.2 多样性分析

(1) 物种丰富度指数:

$$D = S$$

(2) Shannon-Wiener 多样性指数:

$$H' = - \sum P_i \log P_i$$

(3) Simpson 优势度指数:

$$D = 1 - \sum P_i^2$$

(4) Pielou 均匀度指数:

$$J_{sw} = \frac{H'}{\ln S}$$

式中, P_i 为第 i 类群个体数占总个体的百分比, $i=1, 2, 3, \dots, S$, S 为物种数。

2.2.3 优势种生态位分析

(1) 生态位宽度:

采用 Shannon-Wiener 指数计测:
$$B_i = - \sum_{i=1}^r P_{ij} \log P_{ij}$$

(2)生态位重叠:
$$Q_{ij} = \sum_{j=1}^r P_{ij} P_{kj} / \sqrt{\sum_{j=1}^r P_{ij}^2 \sum_{j=1}^r P_{kj}^2}$$

式中, B_i 为物种 i 的生态位宽度, Q_{ik} 为物种 i 和物种 k 在资源 j 的生态位重叠。 $P_{ij} = n_{ij}/N_{ij}$, 代表种 i 在第 j 个资源状态下的个体数占所有个体的比例, n_{ij} 表示种 i 对第 j 个资源状态下的利用量, r 为资源状态数 ($j=1, 2, 3, \dots, r$), N_{ij} 为低 i 个种所有个体数。

2.3 数据处理

本文采用 ArcGIS、Excel 软件制图, R 软件进行数据分析。

3 结果与分析

3.1 干扰强度对群落多样性的影响

本研究共捕获传粉昆虫 18576 头, 分属 14 目, 147 科, 分属于双翅目类、膜翅目类、鞘翅目类、鳞翅目类、半翅目类与缨翅目类共六种传粉类别, 其中双翅目类 (6471 头)、膜翅目类 (6098 头)、鞘翅目类 (1141 头) 为主要传粉昆虫, 分别占总数的 34.83%、32.82%、6.14% (表 2)。在总的捕获样本中, 优势类群为胡蜂科 (Vespidae)、蠓科 (Ceratopogonidae); 常见类群有食蚜蝇科 (Syrphidae)、丽蝇科 (Calliphoridae)、蕈蚊科 (Mycetophilidae)、蚤蝇科 (Phoridae)、麻蝇科 (Sarcophagidae)、胡蜂科 (Vespidae)、蜜蜂科 (Apidae)、茧蜂科 (Braconidae)、金龟子科 (Scarabaeidae)。

在三种干扰强度类型中, 传粉昆虫物种多样性水平存在显著差异 (图 3)。双翅目物种多样性水平在不同人为干扰强度下表现为: 轻度干扰 > 强度干扰 > 中度干扰。膜翅目中, 群落丰富度指数表现为轻度干扰 > 中度干扰 > 强度干扰, 均匀度指数和多样性指数均表现为中度干扰 > 强度干扰 > 轻度干扰, 鞘翅目多样性指数表现为随着干扰强度的不断加深呈明显降低趋势。

表 2 不同干扰强度中传粉昆虫类群特征

Table 2 The characteristics of the main pollinator groups in hemeroby

目名 Order	科名 Family	重干扰等级		中干扰等级		轻干扰等级		相对多度% Relative abundance	优势度 Dominance
		High disturbance level		Middle disturbance level		Low disturbance level			
		个体数量	优势度	个体数量	优势度	个体数量	优势度		
双翅目 Diptera	蠓科 Ceratopogonidae	645	+++	652	+++	309	++	11.47	+++
	蕈蚊科 Mycetophilidae	450	++	321	++	234	++	6.83	++
	蚤蝇科 Phoridae	212	++	468	++	171	++	4.48	++
	麻蝇科 Sarcophagidae	194	++	72	++	128	++	3.16	++
	食蚜蝇 Syrphidae	185	++	325	++	126	++	4.75	++
	丽蝇科 Calliphoridae	221	++	78	++	99	++	3.26	++
	膜翅目 Hymenoptera	胡蜂科 Vespidae	741	+++	435	++	480	+++	12.81
	蜜蜂科 Apidae	531	++	450	++	257	++	9.18	++
	茧蜂科 Braconidae	380	++	315	++	516	+++	9.38	++
鞘翅目 Coleoptera	金龟子科 Scarabaeidae	68	++	75	++	84	++	1.8	++

+++; 优势类群 Dominant group (>10%); ++; 常见类群 Common group (1%—10%)

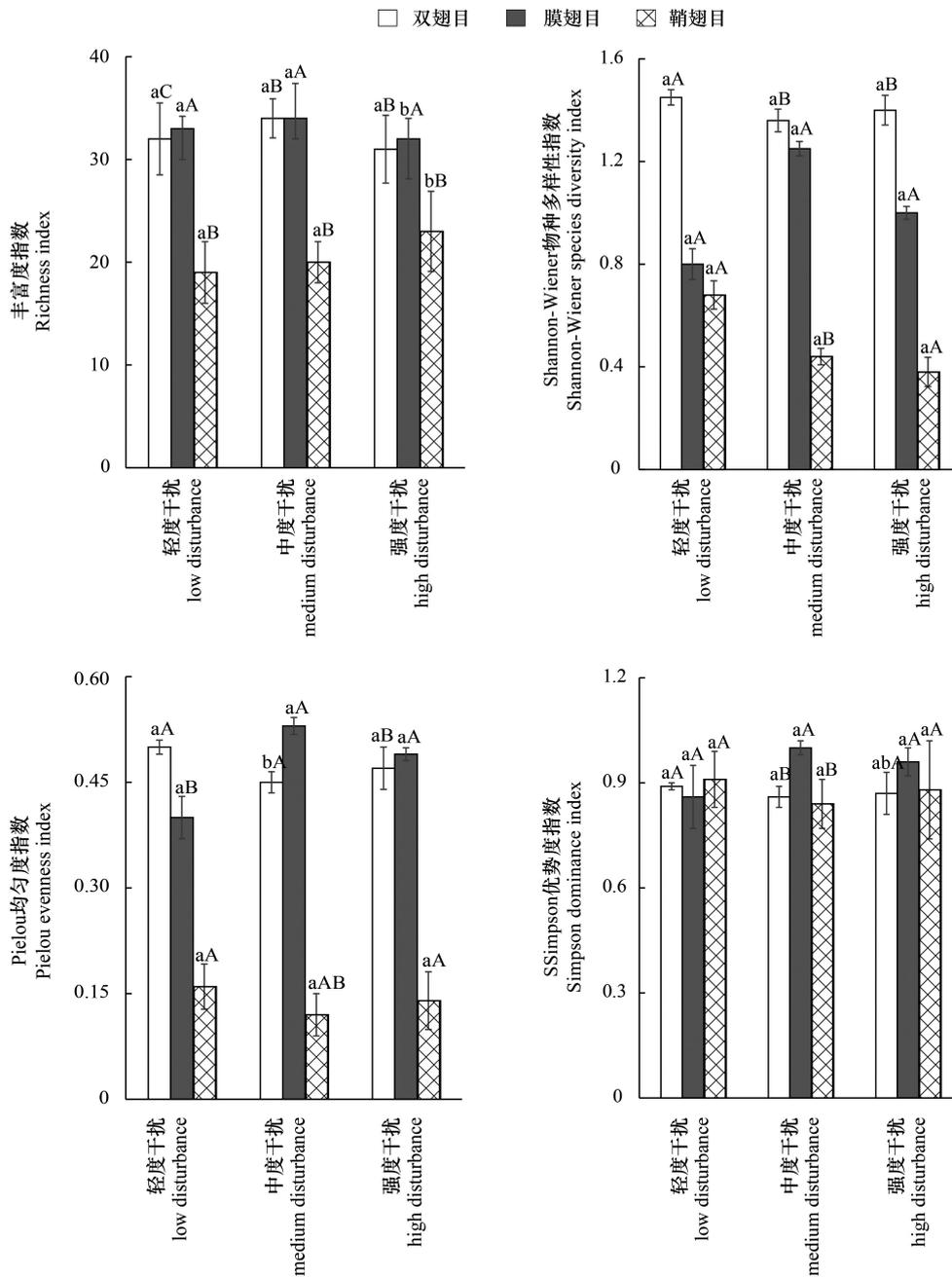


图3 不同干扰强度下主要传粉昆虫物种多样性指数

Fig.3 Species diversity of the main pollinator groups under different level of disturbance

不同小写字母代表干扰强度的差异显著性,不同大写字母代表双翅目、膜翅目、鞘翅目的差异显著性

3.2 不同干扰强度对优势类群生态位的宽度的影响

3.2.1 对双翅目的影响

不同干扰强度对双翅目群落的种群生态位宽度存在一定的影响(图4)。在中度干扰与强度干扰下蠓科的生态位宽度均为0.95,在轻度干扰下生态位宽度为0.61。说明随着干扰强度的递增其对资源的利用能力及环境适应能力有所提高;蚤蝇科与食蚜蝇科的生态位宽度随干扰强度的加大表现为先增高后降低的趋势,在中度干扰下,其生态位最高,分别为0.82、0.70。但强度干扰下,它们的生态位宽度分别降低为0.35、0.43,说明强度干扰会严重影响到蚤蝇科与食蚜蝇科原有的生境,导致它们对环境资源的利用能力大幅度降低,生态适

应范围骤减;在强度干扰下,丽蝇科占据较低的生态位宽度,适应范围变窄,蕈蚊科占据较高的生态位宽度,适用范围变宽;麻蝇科的生态位宽度一直处于下层水平,说明在群落中利用资源的能力处于劣势。这可能是由于双翅目长角亚目常见类群之一的蠓科,虽身体小而弱,但其生存能力强,分布广泛,活动以成群为主,食性较为复杂,以啃食植物根部、多汁树叶和吸血为食^[12]。在人为干扰强的地方,由于人类聚居,不注意环境卫生,容易产生富有有机物的排泄物,给蠓科孳生提供了良好的条件。因此,在强度与中度干扰条件下蠓科呈现出明显优势度,生态位宽度也宽。

3.3.2 对膜翅目的影响

不同干扰强度对膜翅目群落的生态位宽度存在一定的影响(图4)。在轻度及强度干扰下,以胡蜂科的生态位宽度最大,分别为1.01、0.99,但在中度干扰强度下,生境环境的变化使其生态位宽度有所降低并居于第二位,生态位宽度值均较为靠前,说明胡蜂科在各强度干扰群落中利用资源的能力强,地位作用大;胡蜂科属于膜翅目细腰亚目常见类之一,是一种分布广泛、种类繁多、飞翔速度高的昆虫。多为群居捕食性类群,食性不固定,从食腐到捕食都可以,视食物供应情况而定。巢穴建造在土地中、树林、灌丛里,巢状多成吊钟状^[12]。本实验取样在春季,该季节为胡蜂的筑巢期,胡蜂活动频繁;因此,胡蜂科在强度干扰和轻度干扰中显现出明显的优势度。蜜蜂科的生态位宽度随着干扰强度增强不断增大,茧蜂科的生态位宽度随着干扰强度的增高而不断变小。总体来看膜翅目优势类群在不同干扰强度中生态位宽度都保持着较高值,说明不同干扰强度环境对膜翅目优势类群的影响存在但并不大。茧蜂属于膜翅目细腰亚目常见类之一,体型较小,茧蜂种类为寄生性,主要寄生于鞘翅目、双翅目、鳞翅目昆虫,而轻度干扰中鞘翅目物种多样性变多,这一现象可能是茧蜂生态位宽度增加的主要原因之一。

3.2.3 对鞘翅目的影响

鞘翅目(图4)中的金龟子科生态位宽度总体水平最低,在轻度、中度及强度干扰下依次为0.29、0.33、0.28。其变化水平并不明显,说明金龟子科受环境变化的影响小。再采样样本中,金龟子成为鞘翅目优势类群的唯一代表。鞘翅目世界上种类最多,分布最广的第一大目^[14],但在本地区其优势度并未显示出来,这可能是由于鞘翅目的食性虽复杂多样,但多为食植性害虫,大多鞘翅目被农药抑制,无法更好的繁殖与生存^[15]。

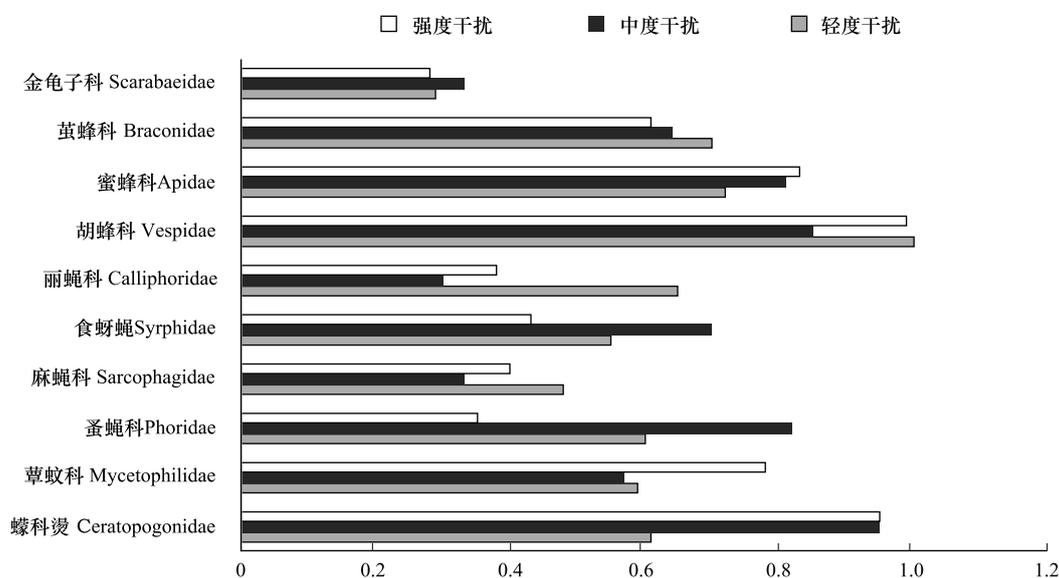


图4 不同干扰强度下传粉昆虫优势类群生态位宽度

Fig.4 Niche breadth for dominant species in the main pollinator groups under different levels of disturbance

3.3 不同干扰强度对优势类群生态位重叠的影响

3.3.1 对双翅目的影响

在在双翅目群落中(图5), 蠓科、食蚜蝇科、蚤蝇科的生态位重叠的均值随着干扰强度的加大, 呈现先增加后降低的趋势, 且蠓科、食蚜蝇科、蚤蝇科在中度干扰下分别达到最大重叠值 0.94、0.95、0.93。麻蝇科与蕈蚊科随着干扰强度的加深, 生态位重叠分别从 0.90、0.87 下降到 0.71、0.77, 说明随着干扰强度的增大, 植物资源的变化使得传粉昆虫的生态位得到一定的分化, 类群间的竞争关系也得到了一定的缓和, 而丽蝇科在强度干扰下, 生态位重叠增大为 0.90, 种间竞争激烈。从整体来看, 双翅目中各种生态位重叠的均值大小表现为中度干扰 > 强度干扰 > 轻度干扰。

3.3.2 对膜翅目的影响

在膜翅目群落中(图5), 胡蜂科、茧蜂生态位重叠的均值表现为在中度干扰强度下最大, 可见在中度干扰下胡蜂科、茧蜂之间的竞争最是非常激烈; 分别为 0.95、0.92。蜜蜂科主要是食源为花粉和花蜜, 随着干扰强度加大, 农作物减少, 虫媒植物增多, 更加适应蜜蜂的生存, 竞争不断增加, 因此生态位重叠值不断增加, 最终为 0.91, 成为在强度干扰下最高的生态位重叠值。变为膜翅目常见种中生态位重叠值最大类群。

3.3.3 对鞘翅目的影响

金龟子为最难抑制的农业土栖性害虫, 在昆虫样本中的鞘翅目常见种中只有金龟子, 它显示出相对优势, 其在轻度干扰、中度干扰、强度干扰生态位重叠值分别为 0.83、0.89、0.84, 并没有出现明显变化(图5), 说明金龟子科在不同干扰条件下竞争激烈程度变化不大, 这也许是因为金龟子食性复杂, 生活地点隐蔽, 适应环境的能力强, 适应不同生态环境, 再加上其生活史长短不一致等原因所导致。

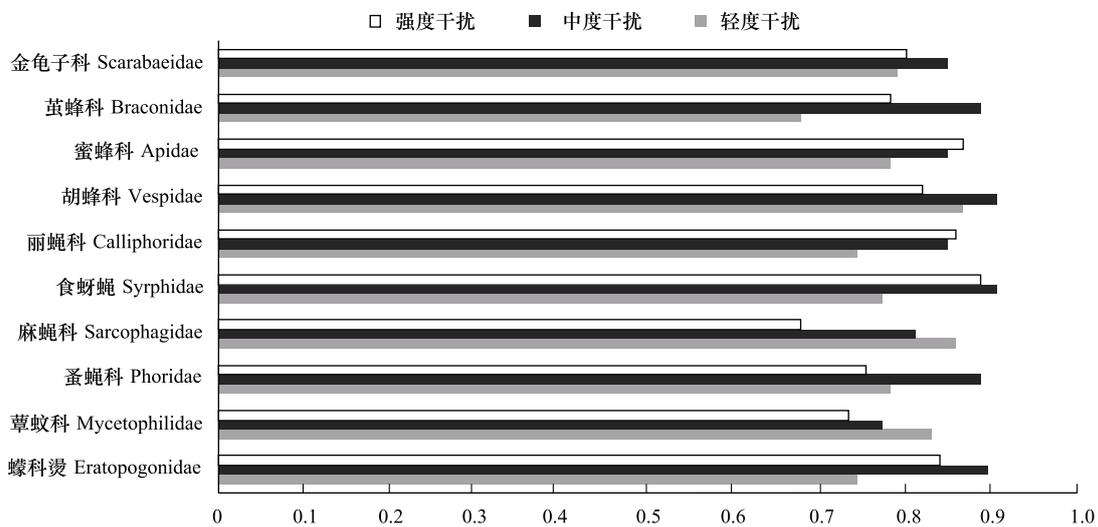


图5 不同干扰强度下传粉昆虫优势类群生态位重叠均值

Fig.5 Oeoverlap value of niche for dominant species in the main pollinator groups under different levels of disturbance

4 讨论

4.1 物种多样性与干扰强度关系

改革开放以来, 我国经济建设迅速发展, 土地利用类型也变得多种多样^[16]。巩义市为中原城市, 本地多年前以能源产业为主。但近年来, 为响应国家可持续发展, 生态文明建设和两山理论等号召, 不断改进产业结构, 进行植树造林, 恢复生态环境, 逐渐减少人类活动对自然环境产生的不利影响。人类活动对自然的影响可称为人为干扰, 人为干扰会对自然环境中原有的生态因子产生扰乱, 会潜移默化的影响着生态系统中的物种

群落^[17]。通过多年的研究,学者们发现适当的人为干扰会有利于生态系统的稳定,增加生物多样性,不适当的人为干扰则起到反作用力^[18]。也有部分学者指出中度干扰假说可能只是更加适用在自然干扰中,人为干扰中并不适用^[19]。那么,究竟哪一种强度的人为干扰对传粉群落来说是最合适的呢?

本研究中,双翅目物种多样性在三种干扰强度下都达到一个高水平,其中在轻度干扰下最高;而膜翅目的物种多样性在中度干扰强度下达到最高,鞘翅目类群物种多样性在轻干扰强度下呈现稍高状态但整体上差异不大且整体上水平较低。不同传粉昆虫目有着不同的多样性,说明各种类别的传粉昆虫物种多样性对轻度、中度、强度干扰的响应不同,这一现象有很大的可能是由各种类别的传粉昆虫的生物学特征所引起,如双翅目的耐受性高、膜翅目喜欢蜜源、鞘翅目喜欢寄生以及各类群受干扰的作用范围不一样等。此外,双翅目在不同干扰下都呈高水平的物种多样性,可能是因为双翅目的飞行技术较其他传粉昆虫类群领先^[20],双翅目良好的飞行能力使该类群在不同海拔下都可以生存;刘志民认为干扰对植物多样性的影响有正向或负向趋势^[21],干扰与传粉昆虫物种多样性同样也呈现正向或负向趋势。双翅目在三种干扰强度下差异不明显。而对于膜翅目,中度干扰可能是一个适度的干扰水平。当膜翅目类群受到中度强度干扰后,类群群落生存环境中会出现新的斑块如公路、农田等,新的斑块的出现会使原有的群落发生演替变化,能够在一定程度上抑制之前传粉昆虫优势物类群的地位持续形成,会使更多的物种得到互利共存,有利于其他物种更新发展,并为它们自身的发展提供有力的生存生活条件。鞘翅目的物种多样性是随着干扰强度的加深明显降低,在中等干扰强度下并没有呈现物种多样性最多的现象。这一现象与“中度假说”并不一致,同时显示随着人为干扰强度增加,干扰会虽使某些物种数量不断增加,但也会使某些物种如膜翅目的发展受到影响,还可能对群落物种多样性产生负面作用。这说明中度干扰的景观状态能够更程度的维持传粉昆虫物种多样性,但要分类别,有条件,如在农业景观中周围的自然和半自然(如林地)生境就是提高传粉率的条件之一^[22]。这是因为,生境破碎化的影响比栖息地的丧失对植物授粉作用的影响更复杂,生境破碎化可能以相反的方式影响昆虫传粉^[23]。

4.2 优势种群生态位宽度与干扰关系

一般认为生态位宽度值的大小,可以揭示物种资源利用和环境适应能力的强弱,当物种的生态位变大,就表明其资源利用能力变强,生态适应性变高和分布幅度变广^[24]。本研究中,作为群落优势种的蠓科、胡蜂科,生态位宽度均居于前例,这与胡知渊等^[25]的研究结果一致,即优势物种反映物种在群落中的数量优势以及对栖息地的占有范围,生态宽度反映了物种在群落中的分布状态。数量较多,占据资源点位较多的优势物种类群,生态位宽度较大,生态适应能力和资源利用能力也较强;在中度干扰下,蚤蝇科与食蚜蝇科的生态位宽度比轻度干扰和强度干扰的生态位宽度都要宽。在强度干扰下,蚤蝇的生态位宽度发生特化,生态位宽度变小,在群落中的地位变低,这可能是由于蚤蝇受人类活动影响较大,没有较好的适应能力;此外,在强度干扰下的丽蝇科占据较窄的生态位宽度,适应范围变窄,蕈蚊科占据较高的生态位宽度,适用范围变宽。这些物种间生态位宽度值变化不断反映了它们群落演替的规律^[26];在不同干扰程度下,蜜蜂科的生态位宽度随着干扰强度的降低而不断降低,茧蜂科的生态位宽度随着干扰强度的降低而不断增宽,通常群落在受到低强度的人为干扰后,会通过自身的调节慢慢恢复到之前没有被干扰的较好的稳定状态,但茧蜂科却随着干扰强度的不断加深,利用其它传粉昆虫竞争能力被削弱的时机下,为自己创造出入侵机会,使得原有的稳定群落变得持续不稳定,并使这一入侵情况不断进一步壮大,最终发展成为优势类群^[27];麻蝇科与金龟子科的生态位宽度一直处于下层水平,物种生态位宽度总体均值水平最低。

4.3 优势种群生态位重叠与干扰关系

种间关系是否和谐是维持生物多样性的重要条件之一^[28]。生态位重叠可以揭示不同物种间的种间关系^[29]。本研究中,三种不同程度的干扰强度有着不同的生境类型,强度干扰景观类型以农田为主,中度干扰和轻度干扰多为混合景观。不同的景观类型,有着不同的植被覆盖,影响着传粉昆虫生存取食选择,从而导致传粉昆虫资源利用的状态不同。中度干扰强度下,优势类群蠓科、胡蜂科生态位重叠的均值表现为最大。这说明对于蠓科和胡蜂科都能够在干扰从强度变为中度,农田景观逐渐减少,景观类型发生改变时,利用新的环

境变化会逐渐适应并形成有利于生存和利用生存资源的新方式,形成资源位的新扩展,这种新资源位的扩展可能会使多个物种对环境的需求变为相似或互补的状态,从而其生态位重叠值的发生增高。在强度干扰下,景观生境遭到严重破坏,人为干扰使景观破碎化,导致传粉昆虫食源减少,生存条件变差,农业生态系统发生改变。长此以来,不利于传粉昆虫在农业生态系统中的生存,也不利于生态系统的健康发展。这样一来与巩义市可持续发展道路是背道而驰的,因此,在实际经营管理中应适当的进行人为干扰,减少过度干扰。

此外,许多研究认为生态宽度值大,生态重叠值也会较大^[30]。而本研究中,既有生态宽度值大,生态重叠值也较大,也有生态宽度值大,生态重叠值也会较小的情况,生态宽度值与生态重叠值之间没有明显的正反比例关系。主要原因可能是不同传粉昆虫有着不同的生存习性与资源利用途径。而对于生态宽度值小,生态重叠值却较大的这些物种,可能是由于其对环境资源的需求相似或者是具有较高的集聚度^[23]等产生的结果。

5 结论

(1) 传粉昆虫多样性在各干扰强度下存在一定差异,传粉昆虫的丰富度、均匀度及优势度等都呈现不同状态。双翅目在中干扰强度下物种多样性更低,在轻度与强度干扰下更高;膜翅目物种多样性在中度干扰下最高,在轻度干扰下最低;鞘翅目的物种多样性随着干扰强度的不断加深呈现出逐渐下降的趋势。

(2) 各种类别的传粉昆虫生态位宽度对干扰的响应不同。在双翅目群落中,随着人为干扰强度的增加,丽蝇科占据较低的生态位宽度,适应范围变窄,而蠓科、蕈蚊科生态位宽度变宽;在膜翅目中不同干扰强度下,胡蜂科的生态位宽度均居于前列,地位作用大;鞘翅目中的金龟子科的生态位宽度一直处于下层水平。

(3) 各种类别的传粉昆虫生态位重叠对干扰的响应也不同,且在传粉昆虫类群中生态位宽度与生态位重叠之间没有明显的相关关系。在中等强度干扰下,蠓科、食蚜蝇科、蚤蝇科、胡蜂科、茧蜂的生态位重叠最大,但生态位宽度值的变化趋势与生态位重叠值变化趋势没有明显的正反比例关系。

6. 规划建议

人类生活活动和生物多样性息息相关,传粉昆虫的物种多样性是生物多样性重要的组成部分,创造有利于传粉昆虫传粉的生态环境,保护传粉昆虫资源,对未来农业的发展,资源的可持续利用产生重要作用。

依据已有的研究结果,我们对巩义市农业发展中,常见的传粉昆虫类群管理方法与保护方案提出合理化的建议,建议如下:(1) 农田中开花植物的比例应当适当的增加;(2) 保留半自然生境如田埂,沟渠等;(3) 避免植物大面积单一性的种植,以提高传粉昆虫的物种多样性,维持农田生态系统的稳定,保证庄家作物的稳定增长。同时,在农业发展规划时,应该多种植乔灌木,使其物种多样化,并保护自然生境,尽可能的为传粉昆虫的生存生活,提供可靠、安全的栖息场所。尽量避免设置大规模的人类活动场地。把传粉昆虫对人为干扰的耐受性作为城镇建设过程中的参考指标。在此基础上,有针对性的划分传粉昆虫的保护范围,尽可能的减少人类过度活动给其带来的不利影响。不断加大传粉昆虫保护策略的宣传力度,对不同传粉昆虫的生物学特征有真对性的分析,并作为制定传粉昆虫保护策略的依据,以上做法对促进农业生产中野生传粉昆虫的管理、保护具有更加实际的意义。

参考文献 (References):

- [1] 崔宁洁, 张丹桔, 刘洋, 张健, 杨万勤, 欧江, 张捷, 宋小艳, 殷睿. 马尾松人工林不同大小林窗植物多样性及其季节动态. 植物生态学报, 2014, 38(5): 477-490.
- [2] Venjakob C, Klein A M, Ebeling A, Tschamke T, Scherber C. Plant diversity increases spatio-temporal niche complementarity in plant-pollinator interactions. *Ecology and Evolution*, 2016, 6(8): 2249-2261
- [3] 刘会玉, 林振山, 张明阳. 人类周期性活动对物种多样性的影响及其预测. 生态学报, 2005, 25(7): 1635-1641.
- [4] 柴宗政, 王得祥, 张丽楠, 张洋, 黄青平, 吴昊. 秦岭山地天然油松群落主要植物种群生态位特征. 生态学杂志, 2012, 31(8): 1917-1923.
- [5] Saunders M E, Luck G W. Pan trap catches of pollinator insects vary with habitat. *Austral Entomology*, 2013, 52(2): 106-113.
- [6] Totland Ø, Nielsen A, Bjerknes A L, Ohlson M. Effects of an exotic plant and habitat disturbance on pollinator visitation and reproduction in a

- boreal forest herb. *American Journal of Botany*, 2006, 93(6): 868-873.
- [7] Garibaldi L A, Steffan - Dewenter I, Kremen C, Morales J M, Bommarco R, Cunningham S A, Carvalheiro L G, Chacoff N P, Dudenhöffer J H, Greenleaf S S, Holzschuh A, Isaacs R, Krewenka K, Mandelik Y, Mayfield M M, Morandin L A, Potts S G, Ricketts T H, Szentgyörgyi H, Viana B F, Westphal C, Winfree R, Klein A M. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters*, 2011, 14(10): 1062-1072.
- [8] 王美娜, 卢训令, 崔洋, 王梦茹, 丁圣彦. 不同人为干扰下林地类型对传粉昆虫的影响——以河南省巩义市为例. *生态学报*, 2018, 38(2): 464-474.
- [9] Saunders M E. Insect pollinators collect pollen from wind - pollinated plants: implications for pollination ecology and sustainable agriculture. *Insect Conservation and Diversity*, 2018, 11(1): 13-21.
- [10] 张晶, 赵成章, 任悦, 李雪萍, 雷蕾. 张掖国家湿地公园优势鸟类种群生态位研究. *生态学报*, 2018, 38(6): 2213-2220.
- [11] 乔家君, 赵德华, 李小建. 工业发展对村域经济影响的时空演化——基于巩义市回郭镇 21 个村的调查分析. *经济地理*, 2008, 28(4): 617-622.
- [12] 韩召军, 杜相革, 徐志宏. 园艺昆虫学(第二版). 北京: 中国农业大学出版社, 2008.
- [13] Glawion R. Ecosystems and land use. *Physical Geography of Germany*, 2002, 62: 289-319.
- [14] Rüdissler J, Tasser E, Tappeiner U. *Distance to nature*—a new biodiversity relevant environmental indicator set at the landscape level. *Ecological Indicators*, 2012, 15(1): 208-216.
- [15] 陈孝平. 抗鞘翅目 Bt 杀虫基因 *GFMery3Bb* 的人工合成、原核表达及植物转基因的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2004.
- [16] 迎春. 科学发展观视野下土地资源综合利用研究[D]. 无锡: 江南大学, 2011.
- [17] Nordin L, Maloney D, Rex J, Krauskopf P, Tschaplinski P J, Hogan D. The Bowron River Watershed: A Landscape Level Assessment of Post-Beetle Change in Stream Riparian Function. Victoria, BC: Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, 2009.
- [18] Folke C, Holling C S, Perrings C. Biological diversity, ecosystems, and the human scale. *Ecological Applications*, 1996, 6(4): 1018-1024.
- [19] 李聪慧. 北京野鸭湖不同人为干扰区生态质量遥感分析[D]. 北京: 北京林业大学, 2015.
- [20] Silver J B. Sampling adults with non-attractant traps//Silver J B, ed. *Mosquito Ecology: Field Sampling Methods*. 3rd ed. Dordrecht: Springer, 2008.
- [21] 刘志民, 赵晓英, 刘新民. 干扰与植被的关系. *草业学报*, 2002, 11(4): 1-9.
- [22] Fahrig L, Girard J, Duro D, Pasher J, Smith A, Javorek S, King D, Lindsay K F, Mitchell S, Tischendorf L. Farmlands with smaller crop fields have higher within-field biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2015, 200: 219-234.
- [23] Hadley A S, Betts M G. The effects of landscape fragmentation on pollination dynamics: absence of evidence not evidence of absence. *Biological Reviews*, 2012, 87(3): 526-544.
- [24] 胡正华, 钱海源, 于明坚. 古田山国家级自然保护区甜槠林优势种群生态位. *生态学报*, 2009, 29(7): 3670-3677.
- [25] 胡知渊, 鲍毅新, 葛宝明, 李欢欢. 围垦滩涂潮沟秋季大型底栖动物群落和生态位分析. *动物学报*, 2006, 52(4): 800-809.
- [26] 张继义, 赵哈林, 张铜会, 赵学勇. 科尔沁沙地植物群落恢复演替系列种群生态位动态特征. *生态学报*, 2003, 23(12): 2741-2746.
- [27] Chesson P, Huntly N. The roles of harsh and fluctuating conditions in the dynamics of ecological communities. *The American Naturalist*, 1997, 150(5): 519-553.
- [28] 郑绍伟, 牛牧, 张琴, 黎燕琼, 慕长龙, 龚固堂, 陈俊华, 朱志芳, 吴雪仙. 川中丘陵区不同类型柏木林地植物群落结构和多样性研究. *四川林业科技*, 2011, 32(5): 20-28.
- [29] Falcão J C F, Dáttilo W, Izzo T J. Efficiency of different planted forests in recovering biodiversity and ecological interactions in Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 2015, 339: 105-111.
- [30] 陈丝露, 赵敏, 李贤伟, 范川, 肖宝茹. 柏木低效林不同改造模式优势草本植物多样性及其生态位. *生态学报*, 2018, 38(1): 143-155.