

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

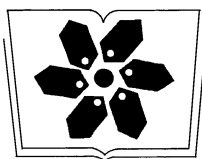
(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 24 期
Vol.30 No.24
2010



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

中国科学院科学出版基金资助出版

第 30 卷 第 24 期 2010 年 12 月 (半月刊)

目 次

三江平原残存湿地斑块特征及其对物种多样性的影响	施建敏, 马克明, 赵景柱, 等 (6683)
叶片碳同位素对城市大气污染的指示作用	赵德华, 安树青 (6691)
土地利用对崇明岛围垦区土壤有机碳库和土壤呼吸的影响	张容娟, 布乃顺, 崔 军, 等 (6698)
缓/控释复合肥料对土壤氮素库的调控作用	董 燕, 王正银 (6707)
北京海淀公园绿地二氧化碳通量	李 霞, 孙 睿, 李 远, 等 (6715)
三峡库区消落带生态环境脆弱性评价	周永娟, 仇江啸, 王 姣, 等 (6726)
应用碳、氮稳定同位素研究稻田多个物种共存的食物网结构和营养级关系	张 丹, 闵庆文, 成升魁, 等 (6734)
基于弹性系数的江苏省能源生态足迹影响因素分析	杨足膺, 赵 媛, 付伍明 (6741)
中国土地利用多功能性动态的区域分析	甄 霖, 魏云洁, 谢高地, 等 (6749)
遮荫处理对东北铁线莲生长发育和光合特性的影响	王云贺, 韩忠明, 韩 梅, 等 (6762)
臭氧胁迫对冬小麦光响应能力及 PS II 光能吸收与利用的影响	郑有飞, 赵 泽, 吴荣军, 等 (6771)
地表覆草和覆膜对西北旱地土壤有机碳氮和生物活性的影响	谢驾阳, 王朝辉, 李生秀 (6781)
喀斯特峰丛洼地旱季土壤水分的空间变化及主要影响因子	彭晚霞, 宋同清, 曾馥平, 等 (6787)
极干旱区深埋潜水蒸发量的测定	李红寿, 汪万福, 张国彬, 等 (6798)
灌木林土壤古菌群落结构对地表野火的快速响应	徐赢华, 张 涛, 李 智, 等 (6804)
稻田免耕和稻草还田对土壤腐殖质和微生物活性的影响	区惠平, 何明菊, 黄 景, 等 (6812)
造纸废水灌溉对黄河三角洲盐碱地土壤酶活性的影响	董丽洁, 陆兆华, 贾 琼, 等 (6821)
神农宫扁角菌蚊幼虫种群分布及其与环境因子的相关性	顾永征, 李学珍, 牛长缨 (6828)
三亚珊瑚礁水域纤毛虫种类组成和数量分布及与环境因子的关系	谭烨辉, 黄良民, 黄小平, 等 (6835)
淞江鲈在中国地理分布的历史变迁及其原因	王金秋, 成 功 (6845)
黄海中南部小黄鱼生物学特征的变化	张国政, 李显森, 金显仕, 等 (6854)
甲基溴消毒对番茄温室土壤食物网的抑制	陈云峰, 曹志平 (6862)
离子树脂法测定森林穿透雨氮素湿沉降通量——以千烟洲人工针叶林为例	盛文萍, 于贵瑞, 方华军, 等 (6872)
乡土植物芦苇对外来入侵植物加拿大一枝黄花的抑制作用	李愈哲, 尹 昕, 魏 维, 等 (6881)
遂渝铁路边坡草本植物多样性季节动态和空间分布特征	王 倩, 艾应伟, 裴 娟, 等 (6892)
古尔班通古特沙漠原生梭梭树干液流及耗水量	孙鹏飞, 周宏飞, 李 彦, 等 (6901)
碟果虫实种子萌发对策及生态适应性	刘有军, 刘世增, 纪永福, 等 (6910)
原始兴安落叶松林生长季净生态系统 CO ₂ 交换及其光响应特征	周丽艳, 贾丙瑞, 曾 伟, 等 (6919)
五种红树植物通气组织对人工非潮汐生境的响应	伍卡兰, 彭逸生, 郑康振, 等 (6927)
亚高寒草甸不同生境植物群落物种多度分布格局的拟合	刘梦雪, 刘佳佳, 杜晓光, 等 (6935)
内蒙古荒漠草原地表反照率变化特征	张 果, 周广胜, 阳伏林 (6943)
中国沙棘克隆生长对灌水强度的响应	李甜江, 李根前, 徐德兵, 等 (6952)
增温与放牧对矮蒿草甸 4 种植物气孔密度和气孔长度的影响	张立荣, 牛海山, 汪诗平, 等 (6961)
基于 ORYZA2000 模型的北京地区早稻适宜播种期分析	薛昌颖, 杨晓光, 陈怀亮, 等 (6970)
专论与综述	
区域生态安全格局研究进展	刘 洋, 蒙古军, 朱利凯 (6980)
植物功能性状与湿地生态系统土壤碳汇功能	王 平, 盛连喜, 燕 红, 等 (6990)
农田水氮关系及其协同管理	王小彬, 代 快, 赵全胜, 等 (7001)
虫害诱导挥发物的生态调控功能	王国昌, 孙晓玲, 董文霞, 等 (7016)
土壤微生物资源管理、应用技术与学科展望	林先贵, 陈瑞蕊, 胡君利 (7029)
问题讨论	
从演化的角度评价北京市经济系统可持续发展趋势	黄茹莉, 徐中民 (7038)
基于植物多样性特征的武汉市城市湖泊湿地植被分类保护和恢复	郑忠明, 宋广莹, 周志翔, 等 (7045)
濒危兰科植物再引入技术及其应用	陈宝玲, 宋希强, 余文刚, 等 (7055)
研究简报	
实验条件下华北落叶松和白杆苗期生长策略的差异比较	张芸香, 李海波, 郭晋平 (7064)
基于源-库互反馈的温室青椒坐果时空动态模拟	马韞韬, 朱晋宇, 胡包钢, 等 (7072)
西双版纳小磨公路及其周边道路对蛇类活动的影响	孙 戈, 张 立 (7079)
温度变化对藻类光合电子传递与光合放氧关系的影响	张 曼, 曾 波, 张 怡, 等 (7087)
黄土区六种植物凋落物与不同形态氮素对土壤微生物量碳氮含量的影响	王春阳, 周建斌, 董燕婕, 等 (7092)
食细菌线虫 <i>Caenorhabditis elegans</i> 的取食偏好性	肖海峰, 焦加国, 胡 锋, 等 (7101)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 424 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 48 * 2010-12

三江平原残存湿地斑块特征及其对物种多样性的影响

施建敏^{1, 2}, 马克明^{1, 3, *}, 赵景柱¹, 王继丰⁴

(1. 中国科学院城市环境研究所, 厦门 361021; 2. 江西农业大学林学院, 南昌 330045;
3. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085; 4. 黑龙江省科学院自然与生态研究所, 哈尔滨 150040)

摘要:景观破碎化是当前一个突出的生态学问题,破碎斑块的大小和形状特征对物种多样性具有重要影响。选取三江平原别拉洪河流域为研究区,通过调查残存湿地斑块的面积、形状和植物物种丰富度,利用相关分析和回归分析等方法研究了残存湿地斑块特征及其对物种多样性的影响。研究表明:在强烈的人为活动干扰下,三江平原湿地破碎化严重,残存湿地斑块面积较小,斑块形状规则、边界简单。斑块形状指数、分维数、形状特征点数和斑块面积、物种丰富度均没有显著相关关系,而斑块面积、周长和周长面积比对物种丰富度具有显著影响。但是斑块周长和周长面积比均受面积的直接影响,所以斑块面积是决定物种丰富度的主要因素,这点需在湿地生物多样性保护中予以重视。虽然斑块形状特征点数是农业景观物种丰富度的一个很好预测指标,但是该指标不适用于形状规则的残存湿地斑块物种丰富度预测。另外,对于残存湿地斑块种-面积关系的机理还有待进一步研究。

关键词:斑块大小; 斑块形状; 物种多样性; 种-面积关系; 三江平原

The patch characteristics of wetland remnants in the Sanjiang Plain and its influence on plant species richness

SHI Jianmin^{1, 2}, MA Keming^{1, 3, *}, ZHAO Jingzhu¹, WANG Jifeng⁴

1 Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China

2 College of Forestry, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China

3 Research Center for Eco-environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

4. Institute of Natural Resource and Ecology, Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin 150040, China

Abstract: Landscape fragmentation leads to patch size and shape changes, and many studies proved that patch size and patch shape have important influence on species diversity. The Sanjiang Plain is the largest freshwater wetlands in China. However, the wetland had been fragmented into a patchy mosaic of isolated remnants as a result of anthropogenic activity since the 1950s. In this study, the patch characteristics and plant species richness on wetland remnants in the Bielalong River basin, a typical region in the Sanjiang Plain, were investigated. The study results show that the wetland had been seriously fragmented into small wetland remnants under the intense anthropogenic activity. Most remnant patches are less than 2 hm², with regular shape and simple boundary. Three indices of patch shape complexity, including shape index (SI), fractal dimension (F_d) and the number of shape characterizing points (NSCP), are uncorrelated with patch size and plant species richness, but plant species richness is significantly associated with path size, perimeter and the ratio of perimeter and area (P/A). As patch size controls the variance of patch perimeter and P/A, it is the main determinant of plant species richness. Although the NSCP proposed by Moser *et al.* is a good predictor for plant species richness in agricultural landscape, it was not applicable in the regular wetland remnants. However, exploring the mechanisms for the significant species-area relationship would help us understand species diversity pattern in wetland remnants, which needs to be considered in further studies.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40671182); 国家“十一五”科技支撑资助项目(2006BAC01A13)

收稿日期:2009-11-04; **修订日期:**2009-12-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: mkm@rcees.ac.cn

Key Words: patch size; patch shape; species diversity; species-area relationship; the Sanjiang Plain

三江平原是中国最大的淡水湿地集中分布区,蕴藏着丰富的生物多样性,是中国湿地生物多样性的关键区域之一,它在区域生物资源保护和生态系统功能完整性维系等方面发挥着重要作用^[1]。然而,20 世纪 50 年代以来的高强度农业开发导致三江平原湿地面积锐减、生物多样性降低,严重削弱了湿地的生态系统功能和效应,破坏了三江平原的生态环境^[2]。有研究表明,20 世纪 40 年代,三江平原沼泽湿地占全区总面积的 49.08%,沼泽湿地基本保持原貌;到 2000 年,耕地面积占总面积的 48.79%,而沼泽湿地面积仅占三江平原总面积的 7.7%,且集中连片的自然湿地仅存于湿地自然保护区和河流漫流区^[2-5]。湿地的大量开垦造成了残存湿地斑块零星散落于农田的分布格局^[4-5]。

生境破碎化造成生物栖息地丧失、生境面积减小或生境隔离,从而直接或间接地导致物种组成改变、降低物种多样性,这已成为生态学家们的共识^[6-8]。而且,从景观生态学的斑块水平上已有很多研究证实破碎化斑块的属性特征,如斑块大小、斑块形成年限、斑块形状、斑块几何形状复杂性以及斑块间的隔离程度等,对栖息于斑块内的动物和植物的物种多样性均具有显著影响^[9-13]。通过深入研究斑块的属性特征和物种多样性之间的关系,能使人们正确理解破碎化生境物种多样性的格局和形成原因,从而制定有效的生物多样性保护和管理策略。因此,研究三江平原破碎化残存湿地斑块特征和植物物种多样性的关系十分必要且具有重要的实际意义,它不但可以帮助人们确定残存湿地植物多样性保护的重点,而且有助于揭示物种多样性的影响和维持机制。

1 研究方法

1.1 样点选取和调查

位于三江平原腹地的别拉洪河流域是残存湿地的典型代表区域,以解译的研究区 TM 影像(2004 年)为参考并结合实地考察,尽量均匀地在别拉洪河流域布点选取残存湿地斑块作调查。除去放牧等人为影响严重的斑块,共调查典型残存湿地斑块 51 个(图 1)。野外调查时,利用 GPS 对残存湿地斑块进行定位,并测定斑块的面积、周长和顶点数等。

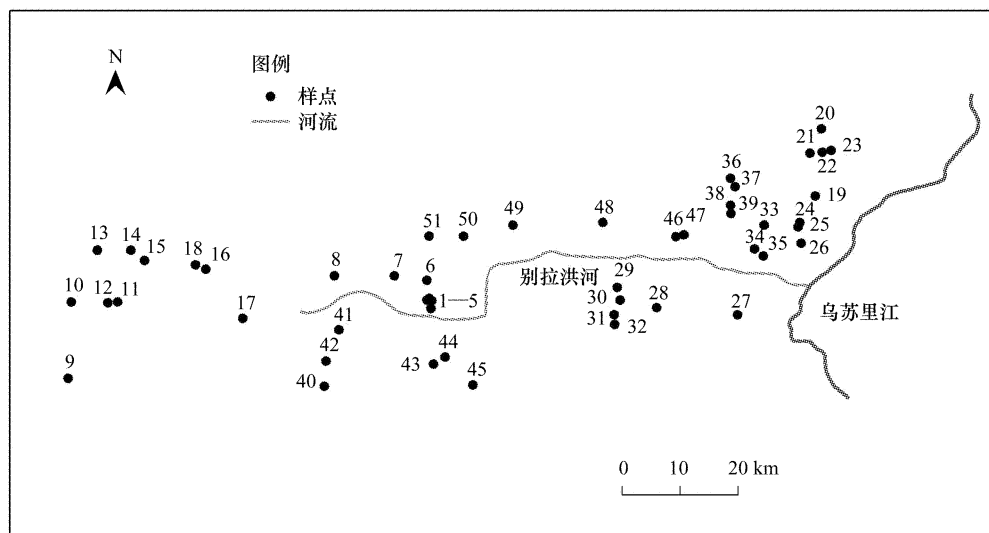


图 1 残存湿地斑块分布图

Fig. 1 The distribution of sample sites

1.2 群落和物种调查

研究区湿地植物从 4 月中旬开始返青,6 月下旬已有少数物种进入花期,到 7 月后植物群落各方面的特征都趋于稳定,因此 7 月和 8 月份是群落调查和物种鉴别的适宜时期。本研究在 2007 年和 2008 年的 7 月至

8 月分别进行两次物种调查。残存湿地斑块植物物种调查采用 Kohn 和 Wash 的步度法^[14]对全斑块的物种种类进行调查,各斑块物种数和总物种数由两年的物种调查结果汇总而成。

1.3 数据处理和分析

采用斑块面积(A)、斑块周长(P)、斑块周长面积比(P/A)、斑块形状指数(SI)、斑块分维数(F_d)和斑块形状特征点数($NSCP$)来描述残存湿地斑块的主要属性特征,其中斑块形状特征点数是 Moser 等提出来的斑块特征指标,他们定义为斑块几何形状中两边夹角小于 160° 的顶点数^[12]。

斑块形状指数和斑块分维数的计算公式^[15]如下:

$$SI = \frac{0.25P}{\sqrt{A}} \quad (\text{以正方形为参照}) \quad (1)$$

$$F_d = \frac{2\ln(P/4)}{\ln(A)} \quad (2)$$

式中, P 是斑块周长, A 是斑块面积。

采用简单相关(Pearson correlation)、偏相关(Partial correlation)和逐步回归(Stepwise regression)分析残存湿地斑块特征之间及其与物种丰富度的关系。分析时,为确保数据的正态性,对斑块面积、周长和周长面积比 3 个变量采用 $\log_{10}$ 转换。数据处理和分析在 SPSS 15.0 中进行。

2 结果与分析

2.1 残存湿地斑块特征

残存湿地斑块的属性特征及其随面积大小变化见图 2。斑块面积是直接反映斑块属性特征的指标,所调查的 51 个残存湿地斑块面积介于 $0.03\text{--}11.47\text{hm}^2$,平均面积为 1.94hm^2 。面积最大的 2 个斑块超过 10hm^2 ;而最小的斑块仅为 0.03hm^2 ,不足第 2 小斑块的 $1/4$ 。从斑块大小的等级分布来看,小面积斑块居多,面积小于 2hm^2 的斑块有 33 个,占总斑块数一半以上;大斑块较少,面积大于 5hm^2 的仅 3 个(图 2b)。

斑块周长是斑块边界长度的度量。残存湿地斑块周长随斑块面积的增加而增长,服从幂函数分布(图 2a)。湿地斑块最小周长和最大周长为 71.2m 和 1854.8m ,分别属于面积最小和面积最大的斑块,51 个斑块的平均周长是 641.8m ;只有少数斑块因其形状呈不规则长条形或长椭圆形所以周长要比同面积的斑块要大得多,如 2 号、14 号、26 号和 40 号斑块。

周长面积比表征斑块的边界效应^[16]。残存湿地斑块周长面积比随斑块面积的增加而逐渐降低,同样服从幂函数分布(图 2c)。面积最小的斑块周长面积比最大(0.238);而面积最大的两个斑块周长面积比最小,均为 0.016 ;周长面积比的平均值为 0.060 。

形状指数反映斑块形状复杂程度,形状指数越大,斑块的形状越趋于不规则;形状指数越小,则说明斑块形状更趋平滑^[15-16]。本文的形状指数以正方形为参照,湿地斑块形状越接近正方形则形状指数越接近 1。斑块分维数也是描述斑块几何形状复杂性的指标^[15],具有复杂边界的斑块分维数大于 1 但小于 2。残存湿地斑块的形状指数、分维数与面积大小之间没有显著的分布函数关系,但是两者的分布规律都比较相似:斑块形状指数和分维数均趋近于 1,而且数值高于平均值的斑块集中在面积小于 4hm^2 的范围内(图 2d, 2e)。10 号斑块的形状指数和分维数最小,分别为 0.929 和 0.984 ;14 号斑块的形状指数和分维数最大,分别为 3.336 和 1.270 ;51 个残存湿地斑块的形状指数和分维数平均值分别为 1.312 和 1.053 。

斑块形状特征点数也是一个直观描述斑块形状复杂性的指标^[12]。残存湿地斑块的形状特征点数与斑块面积之间也没有显著的相关关系,大多数斑块都比较规则,形状特征点较高的斑块也集中在小于 4hm^2 范围(图 2f)。51 个残存湿地斑块中有 32 个斑块的形状特征点数为 4,只有 18 个斑块的形状特征点数大于 4;形状特征点数最大值为 10(14 号斑块),最小值为 3(35 号斑块),平均值为 5。

2.2 斑块特征与物种丰富度关系

残存湿地斑块共调查到植物 266 种,不同斑块间的物种丰富度差异较大,最多的有 107 种,而最少的仅有 24 种,平均每斑块有 58 个物种。绝大多数的斑块物种丰富度在 $40\text{--}80$ 之间,物种丰富度超过 80 只有 6 个斑

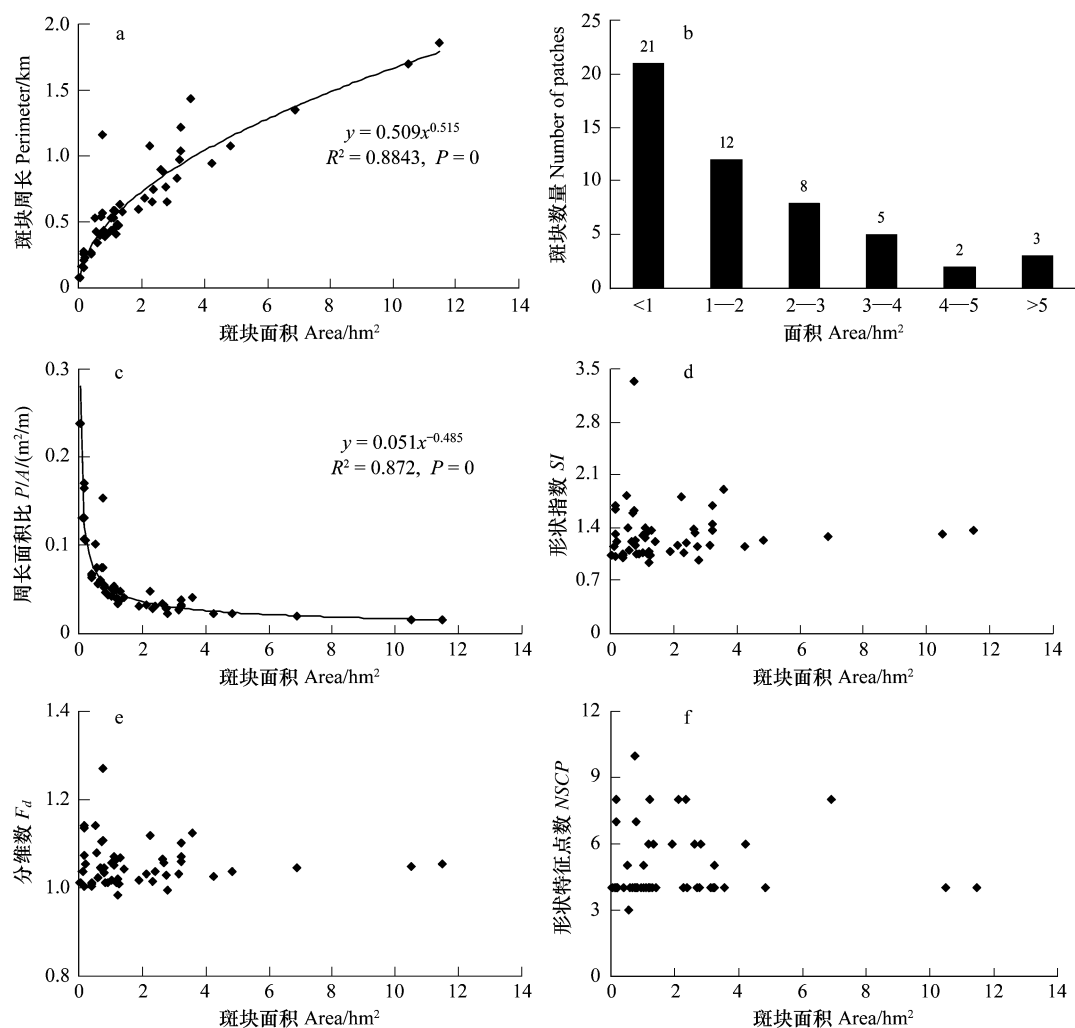


图2 残存湿地斑块特征及其与面积的关系

Fig. 2 The relationship between patch sizes and characteristics of wetland remnants

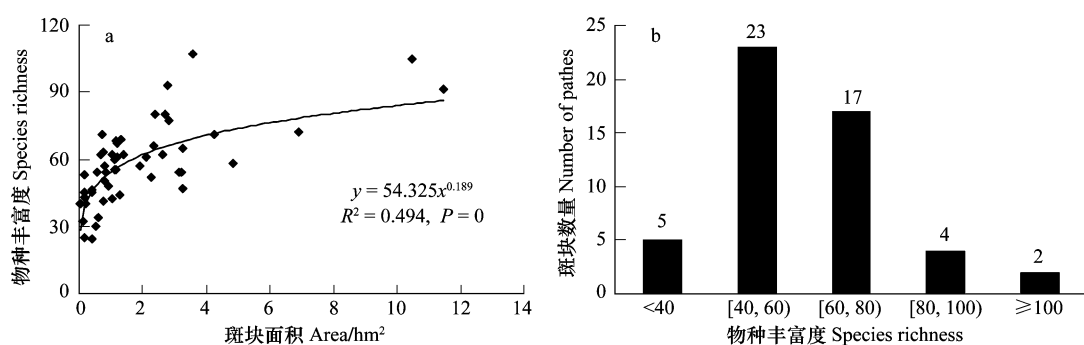


图3 残存湿地斑块面积大小和物种丰富度

Fig. 3 The patch sizes and species richness in wetland remnants

块(图3)。

残存湿地斑块特征指标中,面积、周长和周长面积比对物种丰富度具有极显著影响,其中以面积和物种丰富度的相关关系最为密切;形状指数、分维数和形状特征点数则对物种丰富度没有显著影响。斑块特征指标之间表现出较强的相关性,斑块周长随着面积的增大而显著增加($r=0.940$, $P<0.001$),特别是周长面积比、

形状指数和分维数这 3 个刻画斑块几何形状的指标均显著两两相关(表 2)。斑块的形状特征点数较特殊,它既不和斑块的物种丰富度显著相关,也不和其他斑块特征指标有显著关系。

虽然周长和周长面积比显著影响斑块的物种丰富度,但周长和周长面积比都受斑块面积的直接影响(表 2)。当把斑块面积作为控制变量进行偏相关分析时,周长和周长面积比对物种丰富度的影响均不显著:周长和物种丰富度的偏相关系数 $r = 0.123, P = 0.393$; 周长面积比和物种丰富度的偏相关系数 $r = 0.125, P = 0.388$ 。此外,以物种丰富度(S)为因变量,斑块特征指标为自变量进行逐步回归分析得到以下回归方程: $S = -40.165 + 24.310A$ ($R^2 = 0.493, P < 0.001$)。偏相关分析和逐步回归的结果一致表明:斑块面积才是决定物种丰富度的主要因素。

表 2 残存湿地斑块特征与物种丰富度的相关分析
Table 2 The correlation between patch characteristics and species richness

	物种丰富度数 Species richness	面积 Area	周长 Perimeter	周长面积比 Perimeter/Area	形状指数 Shape index	分维数 Fractal dimension
面积 Area	0.702 **	—				
周长 Perimeter	0.690 **	0.940 **	—			
周长面积比 Perimeter/Area	-0.624 **	-0.934 **	-0.756 **	—		
形状指数 Shape index	0.143	0.078	0.412 **	0.284 *	—	
分维数 Fractal dimension	0.052	-0.052	0.289 *	0.405 **	0.986 **	—
形状特征点数 Number of shape character point	0.086	0.002	0.079	0.080	0.228	0.272

* * $P < 0.01$; * $P < 0.05$ (双尾检验, 2-tailed)

3 讨论

3.1 斑块特征成因

研究表明土地利用强度的增大加剧了自然景观的破碎化,人为的农业活动导致农业景观组分常常具有笔直而明显的边界,其形状也很规则,而自然和半自然斑块的边界则由于与作物栽培区域相邻也变得直且规则^[17-19]。三江平原长期高强度的农业开发导致了湿地面积减少、破碎化严重,这是现存的湿地斑块分布散、面积小的根本原因。此外,湿地被开垦成旱地或水田,为便于机械化操作,开发出来的用地都很方正,而残存湿地斑块四周毗邻农田,因此不难理解残存湿地斑块在形状上的规则性,它实际上就是农业活动干扰导致的结果。因此,三江平原残存湿地在强烈的人为活动干扰下已失去自然、半自然斑块一般具有不规则边界这一特点,而是表现出高度的规则性。

3.1 斑块特征指标

本文采用斑块面积、周长、周长面积比、形状指数、分维数和形状特征点数等 6 个指标来描述斑块的特征。由于残存湿地斑块形状规则,所以形状指数、分维数、形状特征点数等形状复杂性指标对物种丰富度没有明显影响,而斑块面积、周长、周长面积比则与物种丰富度显著相关(表 2)。其中,周长和周长面积比表征边界效应,这暗示斑块的边缘效应对物种丰富度具有显著影响,但偏相关和逐步回归分析的结果均表明该边缘效应实际上还是面积的作用,斑块面积才是决定物种丰富度的主要因素。

斑块面积的大小直接影响能量和养分的分布,进而影响物种的分布和生产力水平^[20]。已有大量研究证实了斑块大小对动、植物的群落结构、物种分布和物种多样性具有重要影响^[9-13]。Morrison 对巴哈马群岛的植物多样性进行了研究^[13],认为岛屿的面积和周长面积比是两个能较好地预测物种丰富度的指标,虽然这两个指标具有较高的相关性,但是两者具有独立的信息,它们均为物种丰富度逐步回归方程中的预测变量。对此,Morrison 援引其他学者^[9, 21-23]的研究结论解释到:对于能量和物质输入重要的岛屿和边缘效应重要的生境,周长面积比是物种多样性的重要决定因素之一。本研究中,植物物种丰富度不受斑块形状的影响,受边界指标和斑块面积的控制;而边界指标又直接受控于面积,所以边界指标对物种丰富度的影响在根本上还是斑块面积所产生,边缘效应对多样性的影响在此并不突出。

Moser 等采用网格取样方法在研究奥地利东部农业景观的斑块形状和物种丰富度的关系时提出了一个新的斑块特征指标-斑块形状特征点数(NSCP),并定义其为斑块几何形状中两边夹角小于 160° 的顶点数^[12]。他们的研究表明:维管植物和苔藓植物的物种丰富度均随斑块形状特征点数的增加而显著增加,形状特征点数是 16 个斑块形状复杂性指标中预测能力最强,要优于平均斑块面积、形状指数和分维数等常规指标。

与 Moser 等的研究结果^[12]相反,本研究中斑块形状特征点数和植物物种丰富度并无显著相关关系(表 2)。结合 Moser 等的研究^[12]进行分析,不同的取样研究方法和研究对象是导致不同研究结果的主要原因。Moser 等采用网格取样对农业景观进行研究,不难理解网格区域内斑块形状特征点总数越多则说明含不规则边界的半自然景观和自然景观斑块更多,同时物种单一的农业景观斑块比例就更少,所以斑块形状特征点总数越多则网格区域内物种多样性越高。相反,直接考察残存湿地斑块的形状特征点数和植物物种多样性的关系,而且因农业开发的影响,残存湿地斑块形状都很规则,大部分斑块都只有 4 个特征点(表 1),所以物种丰富度不受斑块形状特征点数的影响也就不足为奇了。

针对这种情况,早有研究指出,边界复杂性和斑块自然特性之间的良好预测关系并不适用于每种景观类型,由于人为活动的干扰常常使和人为斑块相邻的半自然斑块边界变得很规则^[19, 24]。而三江平原残存湿地斑块恰恰就是一种形状规则的半自然景观斑块类型,这也提醒人们在景观生态学研究要重视研究对象的差别,斑块特征指标对物种多样性的解释程度不仅因研究方法和尺度而异,亦因对象而不同。

3.2 种-面积关系解释

种-面积关系是少数几个生态学定律之一^[25],它为岛屿生物地理学、复合种群生物学和景观生态学等理论的发展奠定了基础^[26],同时对生物多样性保护,特别是自然保护区的规划设计具有重要的指导意义^[20]。三江平原残存湿地斑块植物物种数和斑块面积之间具有显著的种-面积关系,它为生物多样性保护提供了有益的启示,即大面积斑块的保护价值更高,是保护的重点;但是该种-面积关系背后的驱动机制更值得深思。生态学家们曾提出了不少理论假说来解释种-面积关系格局,但是当前得到普遍认可的假说主要为以下 3 种:

(1)被动取样假说^[27]和随机分布假说^[28-30]。这两种假说在原理上基本一致,认为物种的分布是随机的,更大的生境面积(或取样面积)会有更大的机率使更多的物种生存其中,所以面积的大小和物种数成正比。

(2)生境多样性或生境异质性^[31-32]假说。该假说认为大的岛屿或斑块拥有更多的生境类型因而容纳更多的物种,特别是生境特化种。这种情况下,斑块面积的大小成为生境异质性高低的一个表征指标。

(3)岛屿生物地理学的动态平衡理论^[33-34]。该理论认为岛屿的物种丰富度取决于物种迁入和物种绝灭;距离大陆种库近的岛屿物种迁入率高,而面积大的岛屿物种绝灭率低。

根据上述 3 种假说进行三江平原残存湿地种-面积关系机制研究是一项有意义的工作,它有助于深入理解种-面积关系格局和物种多样性驱动机制,为残存湿地生物多样性的保护和管理提供可靠的理论依据。被动取样和生境异质性这两种假说的验证可以通过合理的实验设计和调查取样来实现。动态平衡理论是在较大的时空尺度上对岛屿物种分布格局的解释,而残存湿地斑块隔离程度高,物种迁移、交流困难,似乎该理论对残存湿地研究不适用。其实不然,斑块面积小会使小种群灭绝风险增大^[35-36],而且残存湿地斑块处于农田的包围,人为干扰导致的小面积斑块物种灭绝也是不容忽视的现象。

4 结论

受长期高强度的农业开发影响,三江平原湿地破碎化严重。残存湿地斑块的总体特征为:斑块面积都较小,以小于 2hm^2 者居多,大面积斑块很少;斑块形状规则、边界简单,少数不规则斑块主要分布在面积小于 4hm^2 范围内。强烈的人为干扰是导致残存湿地斑块分布散、面积小、形状规则性的根本原因。

残存湿地斑块物种丰富度主要受斑块面积的影响而与斑块的边界和形状复杂性无关。虽然边界效应指标(周长、周长面积比)亦与物种丰富度显著相关,但它们与面积存在多重共线性,本质上还是面积的作用。斑块形状特征点数不适用于形状规则的残存湿地斑块物种丰富度预测。

三江平原残存湿地具有较高的植物物种多样性。由于物种没有其他合适的生境生存,残存湿地已成为当

地物种的避难所,在生物多样性维持方面扮演着重要角色。面积大的湿地斑块能容纳更多的物种共存,因此它们是生物多样性保护和管理的重点和优先对象。

References:

- [1] Yang Y X. Discussion on the formation and development of marshes in the Sanjiang Plain//Hang X C ed. Study on Chinese marshes. Beijing: Science Press, 1988: 114-115.
- [2] Liu X T, Ma X H. Influence of large-scale reclamation on natural environment and regional environmental protection in the Sanjiang Plain. *Scientia Geographica Sinica*, 2000, 20 (1): 14-19.
- [3] Li Y, Zhang Y Z, Zhang S W. The landscape and ecologic effect of the marsh changes in the Sanjiang Plain. *Scientia Geographica Sinica*, 2002, 22 (6): 677-682.
- [4] Liu H Y, Lu X G, Zhang S K. Landscape biodiversity of wetlands and their changes in 50 years in watersheds of the Sanjiang Plain. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (7): 1472-1480.
- [5] Wang A H, Zhang S Q, Zhang B. A study on the change of spatial pattern of wetland in the Sanjiang Plain. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23 (2): 237-243.
- [6] Aunders D A, Hobbs R J, Margules C R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology*, 1991, 5: 18-32.
- [7] Hanski I. Metapopulation dynamics. *Nature*, 1998, 369: 41-49.
- [8] Dolt C, Goverde M, Baur B. Effects of experimental small-scale habitat fragmentation on above and below-ground plant biomass in calcareous grasslands. *Acta Oecologica*, 2005, 27: 49-56.
- [9] Helzer C J, Jelinski D. The relative importance of patch area and perimeter-area ratio to grassland breeding birds. *Ecological Applications*, 1999, 9(4): 1448-1458.
- [10] Honnay O, Endels P, Vereecken H, Hermy M. The role of patch area and habitat diversity in explaining native plant species richness in disturbed suburban forest patches in northern Belgium. *Diversity and Distributions*, 1999, 5: 129-141.
- [11] Wagner H H, Edwards P J. Quantifying habitat specificity to assess the contribution of a patch to species richness at a landscape scale. *Landscape Ecology*, 2001, 16: 121-131.
- [12] Moser D, Zechmeister H G, Plutzar C, Sauberer N, Wrba T, Grabherr G. Landscape patch shape complexity as an effective measure for plant species richness in rural landscapes. *Landscape Ecology*, 2002, 17: 657-669.
- [13] Morrison L D. Determinants of plant species richness on small Bahamian islands. *Journal of Biogeography*, 2002, 29: 931-941.
- [14] Kohn D D, Walsh D M. Plant species richness-the effect of island size and habitat diversity. *Journal of Ecology*, 1994, 82: 367-377.
- [15] Wu J G. Landscape ecology — Pattern, Process, Scale and Hierarchy (2nd edition). Beijing: Higher Education Press, 2007: 106-115.
- [16] Liu C R, Chen L Z. Analysis of the patch shape with shape indices for the vegetation landscape in Beijing. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(4): 559-567.
- [17] O'Neill R V, Krummel J R, Gardner R H, Sugihara G, Jackson B, DeAngelis D L, Milne B T, Turner M G, Zygmunt B, Christensen S W, Dale V H, Graham. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1988, 1: 153-162.
- [18] Rex K D, Malanson G P. The fractal shape of riparian forest patches. *Landscape Ecology*, 1990, 4: 249-258.
- [19] Hulshoff R M. Landscape indices describing a Dutch landscape. *Landscape Ecology*, 1995, 10: 101-111.
- [20] Fu B J, Chen L D. Landscape diversity types and their ecological significance. *Acta Geographica Sinica*, 1996, 51(5): 454-462.
- [21] Polis G A, Hurd S D. Extraordinarily high spider densities on islands: flow of energy from the marine to terrestrial food webs and the absence of predation. *Proceedings of the National Academy of Science*, 1995, 92: 4382-4386.
- [22] Polis G A, Hurd S D. Linking marine and terrestrial food webs: allochthonous input from the ocean supports high secondary productivity on small islands and coastal land communities. *The American Naturalist*, 1996, 147: 396-423.
- [23] Polis G A, Hurd S D, Jackson C T, Sanchez-Pinero F. Multifactor population limitation: variable spatial and temporal control of spiders on Gulf of California Islands. *Ecology*, 1998, 79: 490-502.
- [24] Iverson L R. Land use change in Illinois, USA: The influence of landscape attributes on current and historic land use. *Landscape Ecology*, 1988, 2: 45-61.
- [25] Schoener T W. The species-area relationship within archipelagoes: models and evidence from island birds. *Proceedings of the XVI International Ornithological Congress*, 1976, 6: 629-642.
- [26] Hanski I, Gilpin M. *Metapopulation Biology: Ecology, Genetics and Evolution*. London: Academic Press, 1997: 1-26.
- [27] Connor E F, McCoy E D. The statistics and biology of the species-area relationship. *American Naturalist*, 1979, 113: 791-833.

- [28] Coleman B D. On random placement and species-area relations. *Mathematical Biosciences*, 1981, 54: 191-215.
- [29] McGuinness K A. Equations and explanations in the study of species-area curves. *Biological Reviews*, 1984, 59: 423-40.
- [30] McGuinness K A. Species-area relations of communities on intertidal boulders: testing the null hypothesis. *Journal of Biogeography*, 1984, 11: 439-56.
- [31] Gleason H A. On the relationship between species and area. *Ecology*, 1922, 3: 158-162.
- [32] Williams C B. *Patterns in the Balance of Nature*. New York: Academic Press, 1964: 324.
- [33] Preston F W. The canonical distribution of commonness and rarity. *Ecology*, 1962, 43: 185-215.
- [34] MacArthur R H, Wilson E O. An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution*, 1963, 17: 373-397.
- [35] Shaffer, M. L. Minimum population sizes for species conservation. *Bioscience*, 1981, 31, 131-134.
- [36] Pimm S L, Jones H L, Diamond J. On the risk of extinction. *American Naturalist*, 1988, 132, 757-785.

参考文献:

- [1] 杨永兴. 三江平原沼泽形成和发育的若干问题探讨//黄锡畴. 中国沼泽研究. 北京: 科学出版社, 1988: 114-115.
- [2] 刘兴土, 马学慧. 三江平原大面积开荒对自然环境影响及区域生态环境保护. *地理科学*, 2000, 20 (1): 14-19.
- [3] 李颖, 张养贞, 张树文. 三江平原沼泽湿地景观格局变化及其生态效应. *地理科学*, 2002, 22 (6): 677-682.
- [4] 刘红玉, 吕宪国, 张世奎. 三江平原流域湿地景观多样性及其50年变化研究. *生态学报*, 2004, 24 (7): 1472-1480.
- [5] 汪爱华, 张树清, 张柏. 三江平原沼泽湿地景观空间格局变化. *生态学报*, 2003, 23 (2): 237-243.
- [15] 邬建国. *景观生态学——格局、过程、尺度与等级(第二版)*. 北京: 高等教育出版社, 2007: 106-115.
- [16] 刘灿然, 陈灵芝. 北京地区植被景观中斑块形状的指数分析. *生态学报*, 2000, 20(4): 559-567.
- [20] 傅伯杰, 陈利顶. 景观多样性的类型及其生态意义. *地理学报*, 1996, 51(5): 454-462.

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1~9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 30 卷 第 24 期 (2010 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 30 No. 24 2010

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元