

辽河三角洲地区植被的地上净初级生产力格局及其制约因子

汲玉河^{1,2}, 周广胜^{1*}

1. 中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049

摘要: 植被地上净初级生产力是监测和评价生态系统功能的重要指标之一, 也是农业区划和生态资源分区管理的重要依据。通过实地调查, 研究了辽河三角洲地区的植被地上净初级生产力的空间分布格局及其制约因子。2008年9月末, 在辽河三角洲地区设立79个调查点, 调查了植被地上净初级生产力、土壤和水文特征。借助ArcGIS软件制作了植被地上净初级生产力的分层设色等值线图, 并利用简单相关分析和无条件主成分分析方法探讨了植被地上净初级生产力与环境因子的关系。结果发现: 辽河三角洲地区的植被地上净初级生产力具有内部较低, 外围较高的半环形分布格局。在三角洲内部, 植被地上净初级生产力一般1 500 g·m⁻²·a⁻¹左右; 外围一般3 000 g·m⁻²·a⁻¹以上。这种分布格局不仅与植被类型分布有一定的相关性, 而且还与海拔高度、土壤含水量、土壤容重和土壤总磷等自然环境因子有明显的相关性。多种证据表明土壤含水量是决定辽河三角洲地区植被地上净初级生产力格局的最直接、最重要的自然环境因子。

关键词: 辽河三角洲; 植被; 地上净初级生产力; 土壤含水量

中图分类号: X948

文献标识码: A

文章编号: 1674-5906 (2010) 10-2269-06

净初级生产力(Net primary productivity, NPP)也称净第一性生产力, 是植被生产功能的最重要的表现形式^[1], 可以反映植物固定和转化光合产物的效率^[2], 与普遍关注的碳循环具有密切关系^[3]。植被净初级生产力是监测和评价生态系统功能的重要指标之一^[4-5], 其空间格局常常被作为农业区划和生态资源分区管理的重要基础。

植被净初级生产力的空间格局研究主要有两类基本方法: 实地调查和模型模拟。实地调查法是最传统研究方法^[6-7], 一般采用收获植被生物量, 烘干后代表植被净初级生产力。实地调查法获得的数据被认为是最准确的, 但是实地调查法常用于小区域范围的研究。在全球、大洲或大流域等宏观尺度上主要采用模型模拟的方法。例如估算植被净初级生产力的气候模型^[8], 光能利用率模型^[9]和生态过程模型^[10], 都可以很好地模拟植被净初级生产力空间格局。最近几十年, 以遥感信息为数据源的植被指数模型在研究植被净初级生产力格局上得到广泛应用^[11-13]。但是, 无论哪种净初级生产力模型都有一个理论基础, 即每一个模型都是以植被净初级生产力分布格局及其制约因子之间的关系为基础建立起来的。例如估算植被生产力的气候模型和光能利用率模型都把气候因子与植被生产力格局的关系作为模型的理论基础, 实际上都承认气候因子决定植被净初级生产力空间分布格局。

然而, 在不同尺度的自然地理区域, 关于决定植被净初级生产力空间格局的主导因子还存在着

很大争议。大量研究表明: 由于空间尺度的不同, 制约植被净初级生产力空间分布的主导因子也不同^[14-15]。在较大自然地理区域, 植被净初级生产力存在比较明显的水平地带性(如纬度地带性、经度地带性)和垂直地带性分布规律, 一般认为植被的这种空间格局是由气候因子决定的。但是在较小的自然地理区域, 气候因子的空间异质性比较小, 植被净初级生产力空间分异的主导因子往往是水文和土壤因子。例如, 一些研究发现滨海湿地的水文波动、土壤盐度、土壤pH值都是影响植被净初级生产力空间格局的重要因子^[16-20]。还有一些研究认为土壤营养元素氮、磷、钾是植被生长的重要限制因素^[21], 它们的空间分布差异也是影响植被净初级生产力空间格局的重要因子。

辽河三角洲是中国四大三角洲之一, 也是东北地区农业经济最发达的地区之一, 有塞北江南之称。这里分布有亚洲面积最大的芦苇湿地, 有双台子河国家级湿地自然保护区。目前, 辽河三角洲地区的植被格局受到人类的改造, 植被地上净初级生产力分布也因此改变。虽然一些研究者从景观和土地利用方面研究了植被分布特征^[22], 并测定了水稻、玉米和芦苇的净初级生产力^[23]。但是这些研究仍然没有明确阐明植被净初级生产力的整体分布格局, 还不清楚哪个环境因子对植被净初级生产力分布格局起主要作用。

本文采用实地调查法测定了辽河三角洲地区植被的地上净初级生产力, 并调查了地形、土壤和

基金项目: 国家杰出青年科学基金项目(40625015); 国家重点基础研究发展计划项目(2010CB951300); 2005年沈阳大气环境研究所开放课题

作者简介: 汲玉河(1977年生), 博士, 主要从事湿地生态学研究。E-mail: yuheji@163.com

*通讯作者, E-mail: gszhou@ibcas.ac.cn

收稿日期: 2010-09-19

水文等环境因子。目的是通过阐明植被地上净初级生产力的空间分布特征,从一个侧面反映该地区植被净初级生产力的分布格局。并通过相关分析和无条件主成分分析研究植被地上净初级生产力分布格局的主要制约因子。

1 研究区域

研究区域位于辽宁省南部,包括整个辽河三角洲地区,大致范围是东至大清河河口,西至小凌河河口,南至渤海,北至盘锦市最北端。经纬度位置 $121^{\circ}10' \sim 122^{\circ}30' E$, $40^{\circ}30' \sim 41^{\circ}30' N$,面积约 $10\,317\text{ km}^2$ 。行政区域上包括盘锦市全部,锦州市、营口市、鞍山市、沈阳市和辽阳市的一部分(图1)。辽河三角洲地区地势中部低平,东、西两侧是低矮的丘陵。气候属于暖温带大陆性半湿润季风气候,年均气温 $8.3\text{ }^{\circ}\text{C}$,年平均降水量为 611.6 mm ^[24]。辽河三角洲地区的植被类型多种多样,以双台子河口为中心依次分布有芦苇、水稻、玉米等主要植被类型,这3种主要植被的面积占辽河三角洲地区总面积的80%以上。

2 研究方法

采用收获植被地上生物量的方法测定植被地上净初级生产力。由于研究区内的植被绝大部分由一年生的禾本科植物组成,灌丛和乔木森林极少,易于采用收获方法测量植被地上净初级生产力。选择2008年9月末进行调查。当时研究区内的主要植被都达到成熟期,处于一年中的生物量最高的阶段,此时植被的地上部分可以代表植被在本年度内积累的地上生物量,可以反映植被的地上净初级生产力。采样地点共79个,尽可能使采样点在整个研究区内均匀分布(图1)。在每个采样点设置 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 样方,齐地面割取植株地上部分。 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘干后称取

其干质量,代表植被的地上净初级生产力。

同时,在每个采样点的 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 样方内采集土壤样品,用于研究土壤理化性质与植被净初级生产力空间分布的关系。用环刀法采集表层土壤(0~10 cm),装入铝盒,用于测定土壤含水量和容重。另外采集表层土壤(0~10 cm)样本1 kg左右,装入塑料袋、密封,带回实验室测定土壤pH值、土壤盐度、以及土壤总氮、总磷、总钾的质量分数。土壤含水量和土壤容重采用烘干法测定。以 $v(\text{水}):m(\text{土})=1:5$ 萃取溶液的pH值代表土壤pH值,其后烘干测定土壤盐含量。土壤全磷质量分数采用NaOH熔融,钼锑抗比色法测定。土壤全钾质量分数采用NaOH熔融,火焰光度法测定。土壤全氮质量分数采用元素分析仪测定。

为了直观地展示辽河三角洲植被地上净初级生产力的空间分布格局,借助ArcGIS软件制作了分层设色等值线图。为了识别出制约植被地上净初级生产力空间分布格局的环境因子,采用散点图分析了植被地上净初级生产力与海拔高度、土壤含水量、土壤盐度、土壤pH值、土壤全氮、全磷、全钾的相互关系。并且采用无条件主成分分析(Categorical principal component analysis)的方法探讨了植被地上净初级生产力与这些环境因子的相关性。无条件主成分分析中包含了2类环境因子:植被类型为类别变量因子,用点状符号表示;其它8个环境因子(地上净初级生产力、土壤含水量、土壤盐度、土壤pH值、土壤容重、土壤全氮、土壤全磷、土壤全钾)为数值变量因子,用线状符号表示。线状符号实际上代表一种环境变量的变化梯度,越靠近线状符号的顶端,数值越大。类别变量的点状符号可以投影到数值变量的线状符号上,代表类别变量与数值变量之间的关系,点状符号的投

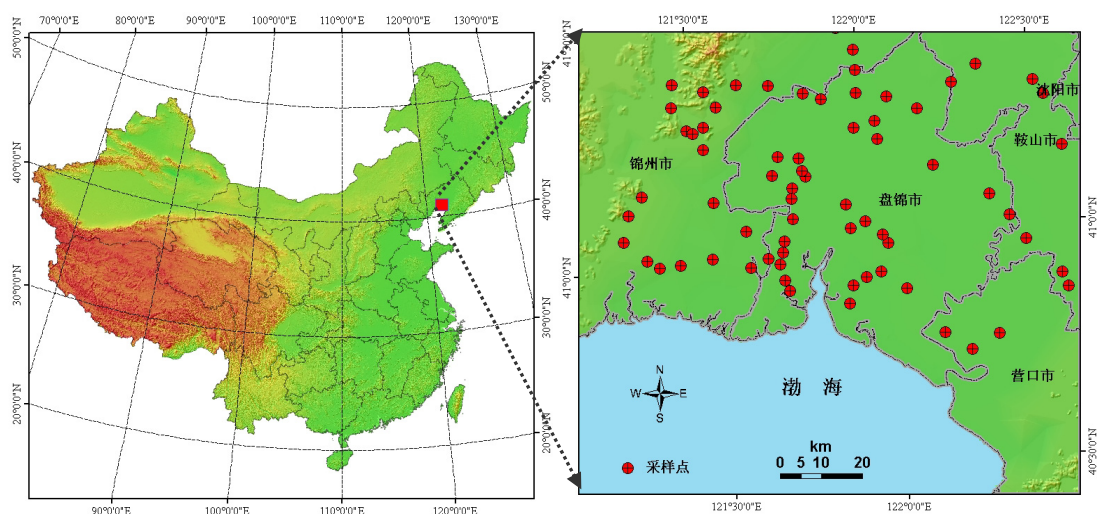


图1 辽河三角洲的位置及野外调查样点分布图

Fig.1 The location of the Liaohe Delta and the sampling sites in the field survey

影位置越靠近线状符号的顶端,表示类别变量的数值越大。数值变量的线状符号之间夹角,代表数值变量之间的关系,夹角越小,关系越密切。

3 结果和讨论

3.1 辽河三角洲植被地上净初级生产力的空间分布格局

辽河三角洲植被地上净初级生产力的空间分布格局表现在2个方面。其一是以植被类型空间格局为代表的植被地上生产力空间分布格局。在辽河三角洲大致以双台子河口为中心,依次分布有芦苇、水稻和玉米(图2),这种植被分布格局从一个侧面反映了植被地上净初级生产力的空间分布格局。其二是以实测的植被地上净初级生产力绘制出的分布格局,即把所有的植被当作一个整体,以实测的植被地上净初级生产力为基础,通过空间插值的方法绘制成植被地上净初级生产力分层设色图。与植被类型代表的地上净初级生产力分布格局相比,分层设色图不仅考虑了不同植被类型间的地上净初级生产力差异,而且考虑了同类植被内部的地上净初级生产力的空间差异,可以更详细地反映植被地上净初级生产力的真实分布格局。分层设色图显示:大致以辽河三角洲的双台子河为轴心,植被地上净初级生产力呈现内部较低,外围较高的半环形空间分布格局。中心区域的植被地上净初级生产力一般 $1\ 500\ \text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 左右,向外围逐渐递增至 $3\ 000\ \text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 以上(图3)。

3.2 辽河三角洲植被地上净初级生产力空间格局的制约因子

辽河三角洲植被的地上净初级生产力呈现中部低,外围高的格局。辽河三角洲河口区分布着翅碱蓬群落和大片芦苇群落,其外围依次分布有水稻、玉米等人工植物群落。翅碱蓬群落适应周期性潮汐影响的环境,生活在盐度较高的淤泥质河漫滩。芦苇群落分布在河漫滩外围地势低洼处,这里季节性积水,受河流淡水影响较大,土壤盐度有所降低。土壤盐度和水文波动直接影响翅碱蓬和芦苇地上净初级生产力的差异。芦苇群落外围积水稍少的地方被改造为水稻田。水稻田外围相对比较干燥,适合玉米生长。似乎这种植被类型分布格局决定了植被地上净初级生产力的分布格局,人类可以通过改变植被类型而改变植被初级生产力格局。其实辽河三角洲植被地上净初级生产力的分布格局与植被类型并不完全一致。在植被类型一定的情况下,例如,双台子河附近大面积水稻植被,水稻的地上净初级生产力呈现以双台子河为轴心向外围递增趋势(图2,图3)。因此,植被类型分布格局不是决定该地区植被地上净初级生产力格局的唯一因素。

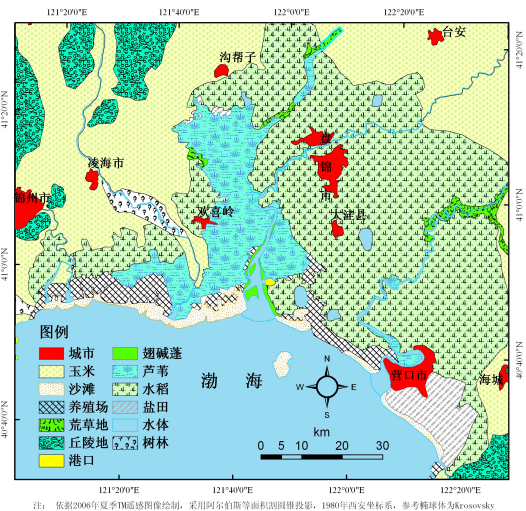


图2 辽河三角洲地区植被空间分布格局图

Fig.2 The spatial distribution map of vegetation pattern in the Liaohe River Delta

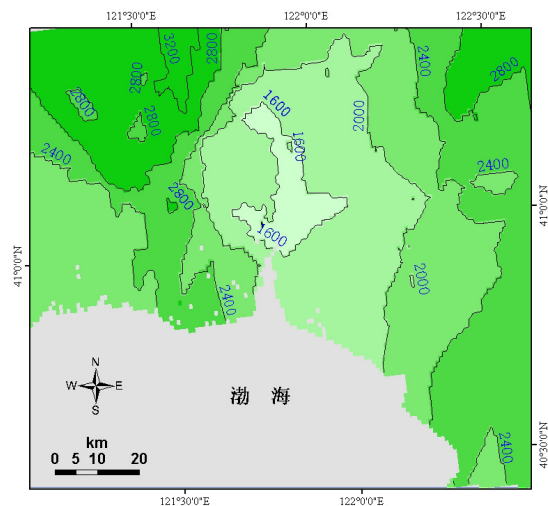


图3 辽河三角洲地区植被地上净初级生产力的分层设色等值线图
($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$)

Fig.3 The layered color and isoline map of the above ground net primary production of vegetation in the Liaohe River Delta ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$)

辽河三角洲植被的空间格局是由客观自然环境条件决定的。虽然人类活动可以通过改变植被类型而影响植被地上净初级生产力格局,但是人类并不是决定该地区植被地上净初级生产力格局的直接因素,自然环境因子才是决定性的直接因素。辽河三角洲植被格局非常适应当地自然条件,翅碱蓬群落适应潮汐影响的高盐环境,芦苇适应季节性积水的低盐环境,水稻适应淡水灌溉环境,玉米适应较干燥环境。人们要改变植被分布格局,必须首先改变当地自然环境条件。例如如果把芦苇地改造成水稻田,首先需要用淡水洗盐,待土壤盐度降低到一定水平之后,才能种植水稻。把水稻田改造成玉米田,则需要排水降低地下水位,直到土壤含水

量达到一定域值后才能使玉米正常生长。总的来说,自然环境条件直接决定了辽河三角洲植被的总体格局,从而影响植被地上净初级生产力的空间分布格局。

为探索辽河三角洲植被地上净初级生产力格局的决定性因子,把植被地上净初级生产力与8个

环境因子分别进行单相关分析。通过对比相关系数发现:土壤含水量、海拔高度与植被地上净初级生产力相关系数最大,分别为 $R^2=0.4227$ 和 $R^2=0.1728$ 。而其它6个环境因子与植被地上净初级生产力的相关系数均为 $R^2<0.1$ (图4)。因此可以初步判断土壤含水量、海拔高度是制约植被地上净初级生产力分

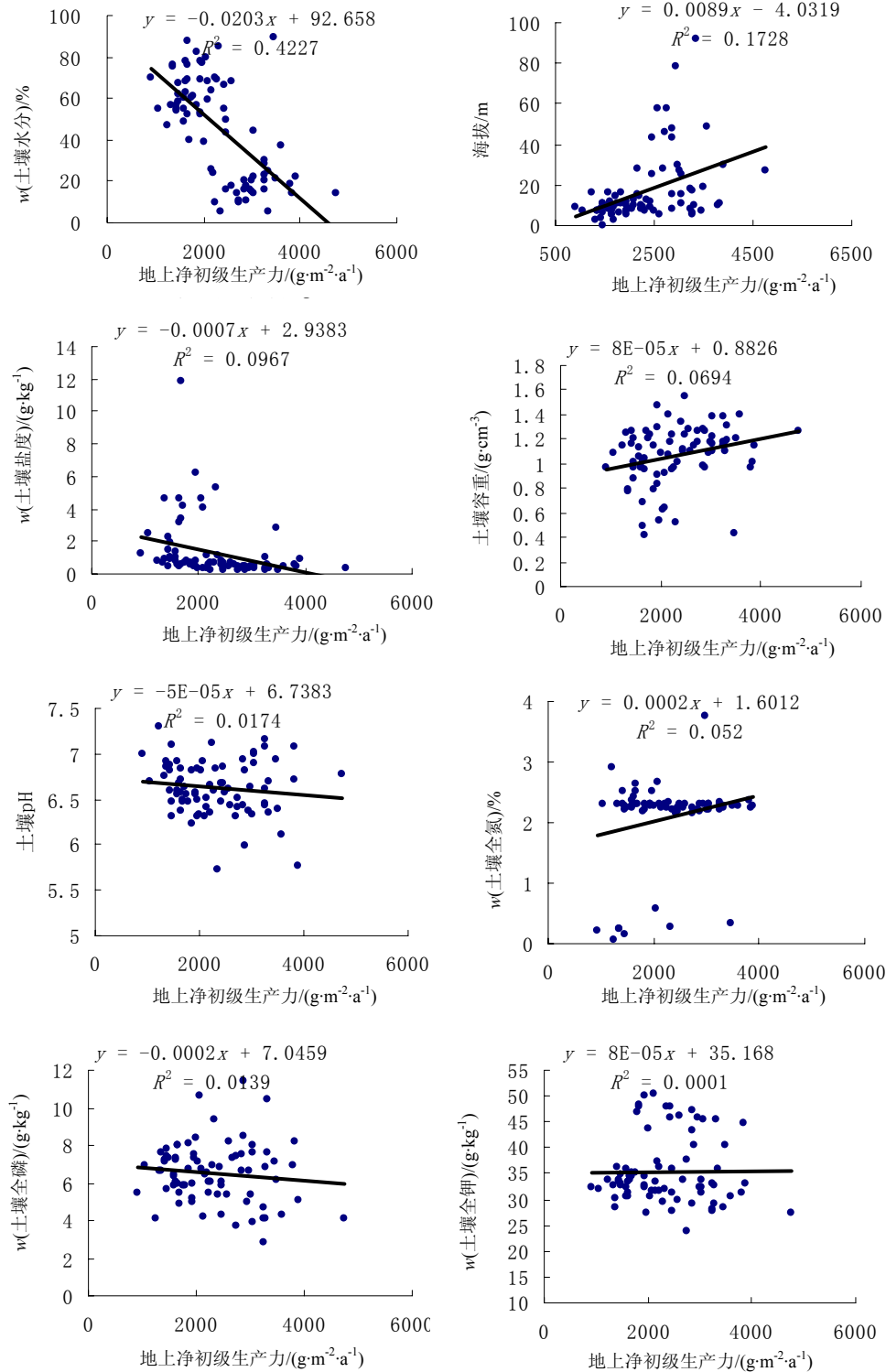
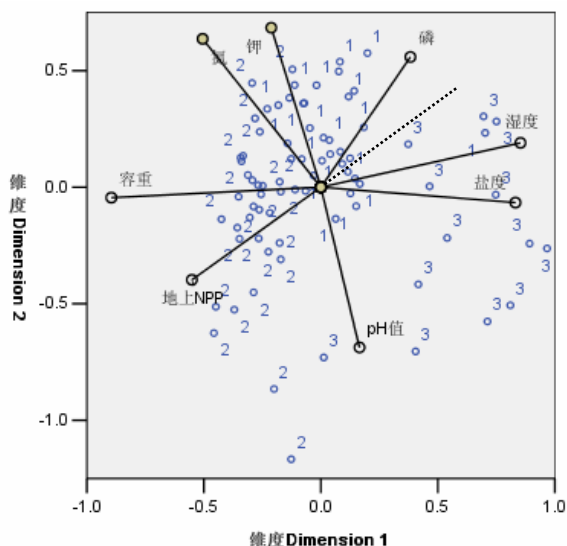


图4 辽河三角洲地区植被的地上净初级生产力与环境因子的相关关系

Fig.4 The correlativity between environmental factors and the above ground net primary production of vegetation in Liaohe River Delta

布格局的2个最重要的自然环境因子。从原理上分析,海拔高度无法直接影响植被地上净初级生产力格局,只能通过其它因子间接影响。辽河三角洲海拔与土壤含水量关系十分密切,三角洲中部海拔较低直接决定了土壤含水量由内向外逐渐减少。在8个环境因子与植被地上净初级生产力的单相关分析中,土壤含水量与植被地上净初级生产力的相关系数最大。这些关系揭示了海拔高度影响土壤含水量,从而间接地影响植被地上净初级生产力格局的生态学过程。从深层的生态学机理上分析,土壤含水量可以直接影响植物根系呼吸和根系微生物活性,很可能是因为土壤含水量的空间差异造成了植物根系呼吸和微生物活性的空间差异,从而导致植被地上生物量分布的空间差异。

为进一步探索辽河三角洲植被地上净初级生产力格局的主导因子,把各个采样点的植被地上净初级生产力和8个数值变量(地上净初级生产力、土壤湿度、容重、总氮、总钾、总磷、盐度、pH值)进行了无条件主成分分析。结果发现:如果把玉米(点状符号2)、水稻(点状符号1)和芦苇(点状符号3)3种植物的各个点分别投影到地上净初级生产力变量轴上,那么玉米的地上净初级生产力的投影点大都位于变量轴的前端部位,水稻和芦苇的地上净初级生产力的投影点大都位于变量轴的后端部位(图5)。这预示着不同植被类型与植被地上净初级生产力的空间格局有一定的相关性。



线代表环境变量,点代表植被种类,1为水稻,2为玉米,3为芦苇

图5 无条件主成分分析图

Fig.5 Chart of categorical principal component analysis. The lines represent variables. Dots represent categories, dot 1 is rice, 2 is maize, and 3 is reed.

另外,无条件主成分分析还可以展示各数值变量之间的关系,变量轴的夹角越小,2个变量间的关

系越密切。在植被地上净初级生产力变量与其它7个数值环境变量的关系中,植被地上净初级生产力的变量轴与土壤湿度、土壤容重、土壤总磷的变量轴夹角较小(图5),这预示着植被地上净初级生产力与土壤湿度、土壤容重、土壤总磷的相关性较大。总之,无条件主成分分析不仅表明植被地上净初级生产力格局与植被类型有一定的相关性,而且表明植被地上净初级生产力格局主要受到土壤含水量、土壤容重和土壤总磷等自然环境因子的制约。

虽然在宏观地理尺度上,气候因子是影响植被地上净初级生产力的重要环境因子。例如在全球尺度和大洲尺度上,气候对植被地上净初级生产力空间分布格局有重要影响^[25]。但由于辽河三角洲地区面积较小,且地势平坦,气温、降水等主要气候因子没有明显的空间差异,其空间分布比较均匀^[26]。气候因子空间分布均匀预示辽河三角洲地区的气候不存在空间异质性,比较一致,因此气候对区域内部植被的影响也应是一致的,气候因子不可能是植被地上净初级生产力分布格局的决定性因子。

4 结论

辽河三角洲地区植被的地上净初级生产力的空间格局表现为内部低、周围地区较高的半环形分布格局。辽河三角洲植被地上净初级生产力的空间格局不仅与植被类型分布有一定的相关性,而且还与海拔高度、土壤含水量、土壤容重和土壤总磷等自然环境因子有明显的相关性。虽然人类可以改变植被类型而影响植被净初级生产力的格局,但是,人类并不是决定辽河三角洲植被地上净初级生产力格局的主要因素。自然环境因子不仅直接决定了该地区的植被分布格局,而且直接决定了植被地上净初级生产力分布格局。海拔高度、土壤含水量、土壤容重和土壤总磷都是对植被地上净初级生产力格局有重要影响的自然环境因子,其中,海拔高度主要通过影响土壤含水量从而间接影响植被地上净初级生产力格局。多种证据都表明土壤含水量是决定辽河三角洲植被地上净初级生产力格局的最直接、最重要的自然环境因子。

参考文献:

- [1] HORST C P, MUNGUIA P. Measuring ecosystem function: consequences arising from variation in biomass-productivity relationships[J]. *Community Ecology*, 2008, 9(1): 39-44.
- [2] 方精云, 柯金虎, 唐志尧, 等. 生物生产力的“4P”概念, 估算及其相互关系[J]. *植物生态学报*, 2001, 25(4): 414-419. FANG Jingyun, KE Jinhui, TANG Zhiyao, et al. Implications and estimations of four terrestrial productivity parameters[J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(4): 414-419.
- [3] NI J. Estimating net primary productivity of grasslands from field biomass measurements in temperate northern China[J]. *Plant Ecology*, 2004, 174: 217-234.
- [4] CARDOCH L, DAY J W, IBANEZ C. Net primary productivity as an indicator of sustainability in the Ebro and Mississippi deltas[J]. *Ecological Applications*, 2002, 12(4): 1044-1055.

- [5] GRIGERA G, OESTERHELD M, PACIN F. Monitoring forage production for farmers' decision making[J]. *Agricultural System*, 2007, 94: 637-648.
- [6] ZHOU G S, WANG Y H, JIANG Y L, et al. Estimating biomass and net primary production from forest inventory data: a case study of China's *Larix* forests[J]. *Forest Ecology and Management*, 2002, 169(1/2): 149-157.
- [7] PRATOLONGO P, VICARI R, KANDUS P, et al. A new method for evaluating net aboveground primary production (NAPP) of *Scirpus giganteus* (kunth) [J]. *Wetlands*, 2005, 25(1): 228-232.
- [8] GAO Q, YU M, YANG X S. A simulation analysis of the relationship between regional primary production and vegetation structure under climatic change scenarios[J]. *Ecological Modelling*, 2000, 131(1): 33-45.
- [9] AHL D E, GOWER S T, MACKAY D S, et al. Heterogeneity of light use efficiency in a northern Wisconsin forest: implication for modeling net primary production with remote sensing[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2004, 93(1/2): 168-178.
- [10] LIU J, CHEN J M, CIHLAR J, et al. Net primary productivity mapped for Canada at 1-km resolution[J]. *Global Ecology & Biogeography*, 2002, 11(1): 115-129.
- [11] 卢玲, 李新, Frank V. 黑河流域植被净初级生产力的遥感估算[J]. *中国沙漠*, 2005, 25(6): 823-831.
LU Ling, LI Xin, FRANK V. Estimation of net primary productivity of Heihe River Basin using remote sensing[J]. *Journal of Desert Research*, 2005, 25(6): 823-831.
- [12] 郭晓寅, 何勇, 沈永平, 等. 基于MODIS资料的2000-2004年江河流域区陆地植被净初级生产力分析[J]. *冰川和冻土*, 2006, 28(4): 512-519.
GUO Xiaoyin, HE Yong, SHEN Yongping, et al. Analysis of the terrestrial NPP based on the MODIS in the source regions of Yangtze and Yellow Rivers from 2000 to 2004[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2006, 28(4): 512-519.
- [13] LU L, LI X, VEROUSTRATE F, et al. Analysing the forcing mechanisms for net primary productivity changes in the Heihe River Basin, northwest China[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2009, 30: 793-816.
- [14] 孙睿, 朱启疆. 气候变化对中国陆地植被净第一性生产力影响的初步研究[J]. *遥感学报*, 2001, 5(1): 58-61.
SUN Rui, ZHU Qijiang. Effect of climate change of terrestrial net primary productivity in China[J]. *Journal of Remote Science*, 2001, 5(1): 58-61.
- [15] CHEN X F, CHEN J M, AN S Q. Effects of topography on simulated net primary productivity at landscape scale[J]. *Journal of Environmental Management*, 2007, 85(3): 585-596.
- [16] CHILDERS D L, IWANIEC D, RONDEAU D, et al. Responses of sawgrass and spikerush to variation in hydrologic drivers and salinity in Southern Everglades marshes[J]. *Hydrobiologia*, 2006, 569(1): 273-292.
- [17] BALDWIN A H, MENDELSSOHN I A. Effects of salinity and water level on coastal marshes: an experimental test of disturbance as a catalyst for vegetation change[J]. *Aquatic Botany*, 1998, 61(4): 255-268.
- [18] GLASER P, JANSSENS J, SIEGEL D. The response of vegetation to chemical and hydrological gradients in the lost river peatland, northern Minnesota[J]. *Journal of Ecology*, 1990, 78(4): 1021-1048.
- [19] ANDERSON D S, DAVIS R B, JANSSENS J A. Relationships of bryophytes and lichens to environmental gradients in Maine peatlands[J]. *Vegetation*, 1995, 120(2): 147-159.
- [20] 冯忠江, 赵欣胜. 黄河三角洲芦苇生物量空间变化环境解释[J]. *水土保持研究*, 2008, 15(3): 170-174.
FENG Zongjiang, ZHAO Xinsheng. The environmental interpretation for the space change of the reed biomass in the Yellow River Delta[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2008, 15(3): 170-174.
- [21] CHAPIN C T, BRIDGHAM S D, PASTOR J. PH and nutrient effects on above ground net primary production in a Minnesota, USA bog and fen[J]. *Wetlands*, 2004, 24(1): 186-201.
- [22] 蒋卫国, 李京, 王文杰, 等. 基于遥感和GIS的辽河三角洲湿地资源变化及驱动力分析[J]. *国土资源遥感*, 2005, 3: 62-66.
JIANG Weiguo, LI Jing, WANG Wenjie et al. An analysis of changes and driving forces of wetland using RS and GIS in Liaohe River Delta[J]. *Remote Sensing for Land Resources*, 2005, 3: 62-66.
- [23] 肖笃宁, 胡远满, 李秀珍. 环渤海三角洲湿地的景观生态学研究[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 7-8.
XIAO Duning, HU Yuanman, LI Xiuzhen. *Ecological Researches on Landscapes of Wetland Around The Bohai Sea Deltas*[M]. Beijing: Science Press, 2001: 7-8.
- [24] 周广胜, 周莉, 关恩凯, 等. 辽河三角洲湿地与全球变化[J]. *气象与环境学报*, 2006, 22(4): 7-12.
ZHOU Guangsheng, ZHOU Li, GUAN Enkai et al. Liaohe Delta wetland and global change[J]. *Journal of Meteorology and Environment*, 2006, 22(4): 7-12.
- [25] CHURKINA G, RUNNING S W. Contrasting climatic controls on the estimated productivity of global terrestrial biomes[J]. *Ecosystems*, 1998, 1(2): 206-215.
- [26] JI Y H, ZHOU G S, NEW T. Abiotic factors influencing the distribution of vegetation in coastal estuary of Liaohe Delta, Northeast China[J]. *Estuaries and Coasts*, 2009, 32(5): 937-942.

The spatial pattern and the constraint factors of the above ground net primary productivity in the Liaohe River Delta

JI Yuhe^{1,2}, ZHOU Guangsheng^{1*}

1. State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: The above ground net primary productivity of vegetation is an important index to inspect and evaluate the functions of eco-system, and it is also the important base for agricultural division and subarea management. This paper explored the spatial pattern of the above ground net primary productivity and its constraint factors by a field survey in the Liaohe River Delta. The field survey was carried out at the end of September in 2008. Seventy nine sites were sampled to investigate the above ground net primary productivity and the characteristics of both soil and hydrology. A hierarchical color isoline map was made by GIS (Geographical Information System) software, and the simple correlation analysis and the categorical principal component analysis were also employed to explore the relationship between the above ground net primary productivity and the environmental factors. The results showed there was a semi-annular spatial pattern of the above ground net primary production surrounding the interior of the Liaohe River Delta. The above ground net primary production was lower in the interior, but higher in the peripheral land. The above ground net primary production was about $1\ 500\ \text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ in the interior, while it was often higher than $3\ 000\ \text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ in the peripheral land of the Liaohe River Delta. This spatial pattern was related not only to vegetation types but also to altitude, soil moisture, soil bulk density and total soil phosphorus. Many evidences showed that soil moisture was the most important environmental factor directly controlling the spatial pattern of the above ground net primary production in the Liaohe River Delta.

Key words: the Liaohe River Delta; vegetation; the above ground net primary productivity; soil moisture