

渭干河-库车河三角洲绿洲盐生植被物种多样性研究

王雪梅^{1,2}, 柴仲平³, 塔西甫拉提·特依拜²

(1. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054; 2. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 3. 新疆农业大学 草业与环境科学学院, 乌鲁木齐 830052)

摘要:运用数量生态学的方法对渭干河-库车河三角洲绿洲的盐生植被物种多样性进行分析,结果表明:以梭梭为单优势种的群落 ⑤具有最高的优势度指数和最低的丰富度指数、多样性指数和均匀度指数,群落结构最为简单;以骆驼刺为优势种和梭梭为主要伴生种的群落 ⑥具有较高的多样性指数和均匀度指数,但优势度指数较低,优势种长势不显著,常与其它伴生种相伴而生,结构较为稳定;以怪柳和梭梭为共优势种的群落 iv 具有最高的物种丰富度和中等水平的优势度指数、多样性指数和均匀度指数,群落中物种数较多,结构较为复杂;以芦苇和骆驼刺为共优势种的群落 v 具有较高的物种丰富度和物种多样性,物种优势度和物种均匀度水平居中,群落结构较为复杂;群落 ④和 ⑦具有中等偏上水平的物种丰富度指数、优势度指数、多样性指数和均匀度指数,群落结构稳定。

关键词:渭干河-库车河三角洲绿洲; 盐生植被; 物种多样性

中图分类号: X176

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)06-0086-04

Study on Species Diversity of Halophytic Vegetation in the Delta Oasis of Weigan and Kuqa Rivers

WANG Xue-mei^{1,2}, CHAI Zhong-ping³, Tashpolat · TIYIP²

(1. College of Geography Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China; 2. College of Resource and Environment Sciences, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 3. College of Practical and Environmental Science, Xinjiang Agriculture University, Urumqi 830052, China)

Abstract: The species diversity of halophytic vegetation in the delta oasis of Weigan and Kuqa River was analyzed in this paper by using the method of numerical classification. The community ⑤ with *Haloxylon ammodendron* as single dominant species has the highest dominance index and the lowest richness index, diversity index and evenness index, whose composition is simple. The community ⑥ with *Alhagi sparsifolia* and *Haloxylon ammodendron* has the higher diversity index and evenness index, and the lower dominance index. The dominant species isn't obvious which combining with other species in the community ④ which has a stable composition. The community iv with *Tamarix ram osissima* and *Haloxylon ammodendron* as dominant species has the highest richness index and middle lever dominance index, diversity index and evenness index which has a complex composition of rich species. The community v with *Phragmites australis* and *Alhagi sparsifolia* as dominant species has the higher richness index and diversity index, the middle lever dominance index and evenness index. The community ④ and ⑦ has the higher middle lever richness index, dominance index, diversity index and evenness index which has a stable composition.

Key words: the Delta Oasis of Weigan and Kuqa Rivers; halophytic vegetation; species diversity

盐生植物作为地球上广泛分布的一类特殊的植物类群,是人类难得的基因宝库^[1-2]。对于土壤环境

因子与植被群落间的相关关系,国内外已有学者做了广泛探讨^[3-7]。具体研究也证明土壤环境因子对植物

收稿日期: 2010-04-13

资助项目: 新疆师范大学博士后启动基金项目(xjnubs 1005); 国家自然科学基金项目(40261006); 教育厅重点项目(060008); 教育厅创新研究群体项目(060023); 自治区科技攻关(含重大专项)和重点项目计划课题(200731136-5)

作者简介: 王雪梅(1976-),女,江苏铜山人,博士,副教授,主要研究方向为干旱区资源环境及遥感应用研究。E-mail: wangxm_2006@yahoo.com.cn

通信作者: 塔西甫拉提·特依拜(1958-),男,新疆伊犁人,博士,教授,主要研究方向为遥感技术及其应用研究。E-mail: Tash@xju.edu.cn

群落的物种多样性起关键作用,但以往研究多侧重于对盐沼植被及其生境的研究^[8-11],对于干旱区盐生植被的研究还有待进一步深入。本文选择西北干旱区典型绿洲渭干河-库车河三角洲绿洲为主要研究区域,利用双向指示种分析法对渭干河-库车河三角洲绿洲盐生植被进行分类,分析表层土壤 pH 值、含水量、电导率、TDS(溶解性总固体)、含盐量和 8 大离子等 12 项土壤环境因子对盐生植物群落物种多样性的影响,此项研究将有利于揭示干旱区盐生植被生态系统形成和发育的机理,为干旱区盐生植被的开发与保护提供科学依据。

1 主要植被物种简介

在研究区内,植被群落主要由乔木、灌木和草本植物群落构成。其中,草本植物主要有芦苇(*Phragmites australis*)、甘草(*Glycyrrhiza inflata*)、罗布麻(*Poacynum hendersonii*)、骆驼刺(*Alhagi sparsifolia*)、猪毛菜(*Salsola arbuscula*)等,灌木主要为柽柳(*Tamarix ram osissina*)、梭梭(*Haloxylon ammodendron*)、白梭梭(*Haloxylon persicum*)、盐穗木(*Halostachys caspica*)、盐节木(*Halocnemum strobilaceum*)、铃档刺(*Halimolobos halodendron*)等,乔木主要是胡杨(*Populus euphratica*)。该区植被为多汁肉质盐生灌丛和泌盐植物,这些植被含有大量可溶性盐分,残落物和残体经矿化分解归入土壤,可加剧土壤积盐过程。

2 数据采集及处理

2.1 样地布设及数据采集

为保证样品代表性,研究组以 2007 年的 ALOS 影像为工作底图,在 GPS 技术支持下,在土壤图、地形图和土地利用等辅助信息基础上先进行室内布点,使采样点尽可能遍及研究区范围内主要的土地利用类型和植被类型,而且尽可能使样点分布具有随机规律,利于进行统计分析。先后于 2007 年 7 月和 2008 年 4 月在研究区内展开详细调查,共调查样地 81 个,剔除植被稀少和调查数据不全样方,最终确定了 49 个样地。每个样地随机调查 1 个 30 m × 30 m 乔木样方,3 个 10 m × 10 m 的灌木样方和 3 个 1 m × 1 m 的草本样方,对于上述每一调查样方,记录其植被组成、数量及其各植物种的密度、多度、盖度和株高等数据。取每个样地中 3 个灌木和草本调查样方各物种上述指标的平均值作为该样地的计算参数。考虑到采样点周围土壤性质相对成因一致,环境因子类似,异质性较小,在每个样地内随机设置 3 个采样点,分别于 0-10, 10-30, 30-50 cm 土层处采集土样。将

同一样地的 3 份土样混合均匀,用于土壤各指标的测量。野外工作使用统一的野外调查记录表,并按照野外调查的要求进行详细记录。每个样点均进行统一编号,进行 GPS 定位,景观描述,并配合拍摄相应的景观照片,以备后期必要时进行核对。

2.2 分析方法

土壤样品带回室内风干,分析方法参照《土壤农业化学常规分析方法》(中国土壤学会,1983)进行,将预处理后土样按 5:1 水土比进行浸提,用 Orion 115A+ 仪器测定浸提液 25℃ 时的电导率、含盐量、TDS(Total Dissolved Solids 的缩写,即溶解性总固体,单位:mg/L);pH 值的测定是按 2:1 水土比浸提,SM210 型数字式酸度计测定;土壤含水量采用烘干法测定;CO₃²⁻ 和 HCO₃⁻ 采用双指示剂中和法测定;Cl⁻ 采用 AgNO₃ 滴定法测定;SO₄²⁻ 采用 EDTA 间接滴定法测定;Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 采用 EDTA 络合滴定法测定;Na⁺ + K⁺ 采用阴阳离子平衡法测定^[12]。

2.3 植被数量指标的计算

通过对各样地植被物种的各项调查数据进行整理后,采用重要值(Important Value, IV)作为各物种在群落中的优势度指标^[13]。在不影响表达群落特征的前提下,我们除去了盖度小于 1% 且出现几率较小的植物种,以 49 个样地 11 个植物种的重要值组成样地-物种矩阵。重要值计算公式如式(1)。

$$IV = (\text{相对多度} + \text{相对盖度}) / 200 \quad (1)$$

式中:相对多度=某个种的多度/所有种的多度之和 × 100%;相对盖度=某个种的盖度/所有种的盖度之和 × 100%(灌木盖度=东西冠幅 × 南北冠幅/样地面积)。

物种多样性主要采用 Patrick 丰富度指数(R)、Simpson 优势度指数(C)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Pielou 均匀度指数(E)等指标来反映研究区植被分布的数量特征。

3 双向指示种分类

目前对于植被数量特征的定量分析,国内外常用的主要方法是双向指示种分析法对植被群落类型进行划分^[10,13-17]。双向指示种分析法(Two-Way Indicator Species Analysis, TWINSPAN),是 20 世纪 80 年代以后至今使用最多的植物群落分类方法,也是目前最有效的群落定量分类方法。该方法是一种等级分类法,以整个数据矩阵为基础,以二歧式的分割法来划分群落类型,可以同时给出群落分类结果和物种分类结果。双向指示种分类法能同时完成对群落种类和样地分类。它首先把所有样地和种类分成 0 和 1 两大类,然后这两大类再各自划分成两类以此类推,直至达到所要求的划分水平为止。

4 结果分析

4.1 植被群落类型的确定

为了分析干旱区盐生植被类型的空间分异规律,用双向指示种分析法(TWINSPAN)对渭干河-库车河三角洲绿洲 49 个样地 11 个主要植物种进行分类。分类时将物种重要值分为 0~0.10, 0.10~0.25, 0.25~0.50, 0.50~0.75, 0.75~1.00 共 5 个等级。采用第 3 级的划分结果,最终将渭干河-库车河三角洲绿洲盐生植被划分为 6 个群落类型。各群落类型的名称依据其优势种和 TWINSPAN 分类时的指示种确定,命名方法参考《中国植被》和其他相关文献^[18-20]。分类结果如图 1 所示。

群落 iv: 柽柳+梭梭群落。包括样地 3, 5, 23, 29, 33, 36, 44 和 46, 以柽柳和梭梭为主要优势种。柽柳盖度(平均盖度,下同)约为 17.8%,梭梭盖度约为 10%。一般柽柳的优势度要略高于梭梭,是 IWINS PAN 分类时该群落的指示种。此外,样地 44 中有少量骆驼刺出现,样地 45 中有胡杨出现。

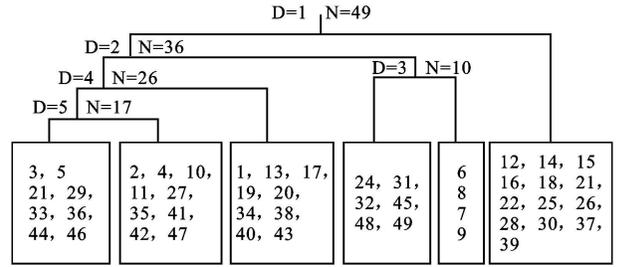
群落 ⑤ 骆驼刺+梭梭群落。包括样地 2, 4, 10, 11, 27, 35, 41, 42 和 47, 以骆驼刺为优势种,骆驼刺盖度约为 28.3%,梭梭盖度约为 10.7%,但仅在样地 13, 14 和 16 中出现。另有个别样地中伴生有少量盐介木和盐穗木。

群落 ⑥ 柽柳-盐穗木+盐节木群落。包括样地 1, 13, 17, 19, 20, 34, 38, 40 和 43, 该群落以柽柳和盐穗木、盐节木为共生优势种,柽柳盖度约为 12.7%,盐穗木盖度约为 12.4%,盐节木盖度仅为 4.8%。在 IWINS PAN 分类时柽柳和盐穗木为该群落的指示种,而盐节木仅在样地 38 和 42 中出现。

群落 ⑦ 梭梭群落。包括样地 24, 31, 32, 45, 48 和 49, 梭梭盖度约为 25.0%。该群落以梭梭为单优势种和指示种,群落结构十分简单,基本不存在其他伴生种。

群落 ⑧ 柽柳+芦苇群落。包括样地 6, 7, 8 和 9。该群落以柽柳和芦苇为优势种,柽柳盖度约为 33.7%,芦苇盖度约为 25.5%。在 IWINS PAN 分类时柽柳为该群落的指示种。此外,在样地 30 中有少量盐穗木相伴出现。

群落 v: 芦苇+骆驼刺群落。包括样地 12, 14, 15, 16, 18, 21, 22, 25, 26, 28, 30, 37 和 39。该群落以芦苇和骆驼刺为主要优势种,芦苇盖度约为 44.0%,骆驼刺盖度仅为 5.0%。在 IWINS PAN 分类时芦苇为该群落的指示种,而在个别样地中有少量白刺和河西苜蓿相伴而生。



D: 对应的分类级别; N: 所包含的样地数

图 1 TWINSPAN 分类结果

4.2 不同植被群落类型的物种多样性分析

对 6 种植被群落与物种多样性关系进行分析(图 2): 以梭梭为单优势种的群落 ⑦ 有最高的优势度指数(C)和最低的丰富度指数(R)、多样性指数(H')和均匀度指数(E),表明群落 ⑦ 在这 6 种植物群落中物种多样性最低,群落结构最为简单;以骆驼刺为优势种和梭梭为主要伴生种的群落 ⑤ 相对于其它群落具有较高的多样性指数和均匀度指数,但优势度指数较低,表明群落 ⑤ 中优势种长势不显著,常与其它伴生种相伴而生,群落物种多样性较高,结构较为稳定;以柽柳和梭梭为共优势种的群落 iv 具有最高的物种丰富度和中等水平的优势度指数、多样性指数和均匀度指数,说明群落 iv 物种数目较多,群落结构较为复杂;以芦苇和骆驼刺为共优势种的群落 v 具有较高的物种丰富度和物种多样性,物种优势度和物种均匀度水平居中,群落结构较为复杂;群落 ⑥ 和 ⑧ 的物种丰富度指数、优势度指数、多样性指数和均匀度指数在 6 种植物群落中均表现为中等居上水平,可见其物种多样性也较高,群落结构稳定。

4.3 不同植被群落物种多样性与土壤因子的相关分析

Spearman 相关分析结果(表 1)表明:物种丰富度指数 R 与电导率、TDS、含盐量、 Cl^- 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 相关关系最为显著($P < 0.01$),与 SO_4^{2-} 及 K^+ 与 Na^+ 有较为显著的相关关系($P < 0.05$);物种优势度指数 C 与 pH 值、电导率、TDS、含盐量和 HCO_3^- 有显著的相关关系($P < 0.01$),与 Cl^- 的相关关系最为显著($P < 0.001$),与含水量、TDS 及 K^+ 与 Na^+ 有较为显著的相关关系($P < 0.05$);物种多样性指数 H' 与电导率、含盐量和 HCO_3^- 有显著的相关关系($P < 0.01$),与 Cl^- 有极为显著的相关关系($P < 0.001$),与 pH 值、TDS、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 及 K^+ 与 Na^+ 有较为显著的相关关系($P < 0.05$);物种均匀度指数 E 与 Cl^- 有显著的相关关系($P < 0.01$),与 pH 值、电导率、TDS、含盐量、 SO_4^{2-} 及 K^+ 与 Na^+ 有较为显著的相关关系($P < 0.05$)。

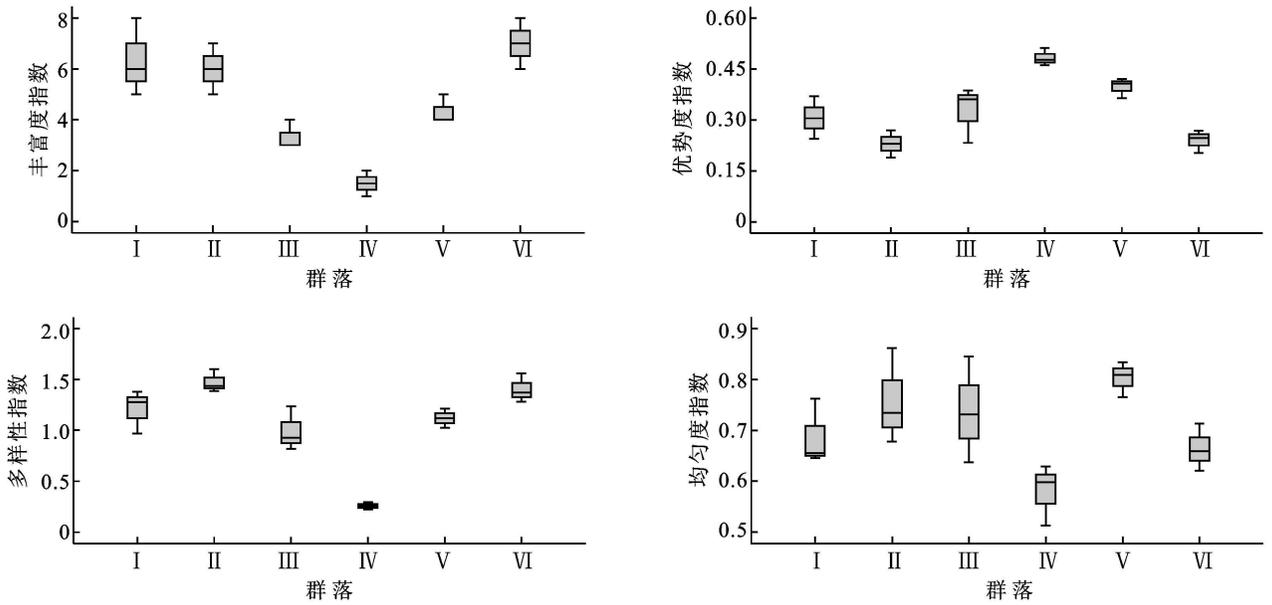


图 2 不同植被群落物种多样性分布图

从物种多样性与土壤因子的相关关系可以看出, 物种多样性与土壤酸碱度和土壤盐分有显著相关关系, 其中丰富度指数(R)、多样性指数(H')和均匀度指数(E)与土壤酸碱度和土壤盐分负相关关系显著, 而优势度指数(C)与土壤酸碱度和土壤盐分具有显著正相关关系。由于研究区域土壤碱化程度高, 绝大多数土壤偏碱性, 使生长在盐渍化土壤上的植物向耐盐碱的生态适应方向发展, 因而, 土壤酸碱度和盐度是与多样性显著相关的限制性因子。在渭干河和库车河灌区由于地下水位较高, 整体上可以满足植物生长发育的需要。加之当地主要分布一些旱生或超旱生植物, 利用有限的水分就可以完成生活史。因此, 物种多样性与水分关系不明显。

表 1 物种多样性与土壤因子的相关系数

土壤因子	丰富度指数	优势度指数	多样性指数	均匀度指数
pH 值	- 0.328*	0.423**	- 0.319*	- 0.282*
含水量	0.131	0.296*	0.198	0.169
电导率	- 0.394**	0.379**	- 0.427**	- 0.257*
TDS	- 0.386**	0.342*	- 0.350*	- 0.235*
含盐量	- 0.430**	0.421**	- 0.439**	- 0.257*
CO ₃ ²⁻	0.014	0.213	- 0.207	0.019
HCO ₃ ⁻	- 0.012	0.433**	- 0.372**	- 0.031
Cl ⁻	- 0.462**	0.513***	- 0.591***	- 0.373**
SO ₄ ²⁻	- 0.277*	0.143	- 0.290*	- 0.304*
Ca ²⁺	- 0.369**	0.086	- 0.257*	- 0.071
Mg ²⁺	- 0.416**	0.079	- 0.286*	- 0.146
K ⁺ + Na ⁺	- 0.343*	0.293*	- 0.278*	- 0.276*

注: 表中数值为 Spearman 相关性分析的相关系数; * 表示在置信度(双测)为 0.05 时, 相关性是显著的; ** 表示在置信度(双测)为 0.01 时, 相关性是显著的; *** 表示在置信度(双测)为 0.001 时, 相关性是显著的。

5 结论与讨论

由于盐生植物的多样性明显受到土壤盐分的制约, 除柽柳、盐穗木、盐节木和芦苇等少数盐生植物可以广泛分布于各种盐渍化生境中, 具有较宽的盐分适应幅度以外, 多数盐生植物都局限分布于较窄的盐分区间, 随土壤含盐量的增加, 多样性降低, 这时主要可以见到柽柳、盐穗木、盐节木和芦苇, 它们常常成为盐生植物群落的建群种、优势种或主要伴生种。由于它们的耐盐能力不同, 其分布幅度也有一定的差异。柽柳、盐穗木可以分布于各种盐渍化生境, 并随土壤含盐量的增加, 优势度指数也在增加。而盐节木则主要分布于低洼积水的重度盐渍化生境。以上几种盐生植物都具有很高的耐盐能力, 调查结果也表明这些盐生植物都是重度盐渍化生境的建群种或优势种, 并常常形成单优势种群落。芦苇是对盐分适应幅度最广的草本植物, 在轻度盐渍化环境中常形成纯群落, 而在重度盐渍化环境中常成为群落重要的伴生种。

参考文献:

- [1] 郝金标, 田长彦, 阎平, 等. 新疆盐生植物区系初探[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(1): 7-10.
- [2] 郝金标, 张福锁, 田长彦, 等. 新疆盐生植物[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 12.
- [3] Critchley C N R, Chambers B J, Fowbert J A, et al. Plant species richness, functional type and soil properties of grasslands and allied vegetation in English environmentally sensitive areas[J]. Grass and Forage Science, 2002, 57: 82-92.

表 3 流域蒸散模拟值与实测值对比

群落类型	模型估算值/ (mm · d ⁻¹)	实测值/ (mm · d ⁻¹)	相对误差/%
杨树林	2.9085	3.6325	19.93
油松林	2.8167	2.4281	16.00
中间锦鸡儿灌丛	2.9063	2.7200	6.85
沙棘灌丛	3.0598	2.7800	10.06
本氏针茅群落	2.8001	2.3200	20.69
坝耕地	4.3465	5.1850	16.17

3 结语

本文通过上述研究,在本项目组多年数据积累的基础上,初步实现了基于生物因子的植物蒸腾、植被蒸散估算模型,在植物叶片-个体-群落-景观尺度间实现了转换,为蒸散尺度转换研究奠定了一定的基础,也可以为其他科研工作者提供参考和借鉴,使蒸散估算尺度转换模型更科学更客观。

(上接第 89 页)

- [4] Abd El-Ghani M M, Amer W M. Soil vegetation relationships in a coastal desert plain of southern Sinai Egypt [J]. *Journal of Arid Environments*, 2003, 55: 607-628.
- [5] Silvestri S, Defina A, Marani M. Tidal regime, salinity and salt marsh plant zonation Estuarine [J]. *Coastal and Shelf Science*, 2005, 62: 119-130.
- [6] 刘庆. 青海湖北岸环境梯度上植物群落的生物量与物种多样性及其相互关系[J]. *西北植物学报*, 2000, 20(2): 259-267.
- [7] 王顺忠, 陈桂琛, 柏玉平, 等. 青海湖鸟岛地区植物群落物种多样性与土壤环境因子的关系[J]. *应用生态学报*, 2005, 16(1): 186-188.
- [8] 贺强, 崔保山, 赵欣胜, 等. 黄河河口盐沼植被分布、多样性与土壤化学因子的相关关系[J]. *生态学报*, 2009, 29(2): 676-687.
- [9] 贺强, 崔保山, 赵欣胜, 等. 水盐梯度下黄河三角洲湿地植被空间分异规律的定量分析[J]. *湿地科学*, 2007, 5(3): 208-214.
- [10] Funk D W, Noel L E, Freedman A H. Environmental gradients plant distribution and species richness in arctic saltmarsh near Prudhoe bay [J]. *Alaska Wetlands Ecology and Management*, 2004, 12: 215-233.
- [11] 邱扬, 张金屯. 基于 DCCA 的排序轴分类及其在植被群落生态梯度分析中的应用[J]. *生态学报*, 2000, 20(5):

参考文献:

- [1] 杨劫, 高清竹, 李国强, 等. 皇甫川流域几种主要植物水分生态特征[J]. *生态学报*, 2004, 24(11): 2387-2394.
- [2] 程根伟, 余新晓, 赵玉涛, 等. 山地森林生态系统水文循环与数学模拟[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [3] Angel Unset, Imma Farre, Antonio Martinez Cob, et al. Comparing Penman-Monteith and Priestley-Taylor approaches as reference evaporespiration inputs for modeling maize water-use under Mediterranean conditions [J]. *Agricultural Water Management*, 2004, 66: 205-219.
- [4] 许红梅. 黄土高原丘陵沟壑区小流域植被净第一性生产过程模拟研究[D]. 北京: 北京师范大学, 2003.
- [5] 包铁军. 皇甫川流域植被生态用水分析[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2005.
- [12] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科技出版社, 1978: 93-129.
- [13] 张远东. 荒漠绿洲过渡带植被与绿洲稳定性研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2002: 4-8.
- [14] 马明东, 罗承德, 张键, 等. 云杉天然林分生境条件数量分类与环境解释[J]. *中国生态农业学报*, 2006(4): 159-163.
- [15] 刘秋锋, 康慕谊, 刘全儒. 中条山混沟地区森林乔木种的数量分类与环境解释[J]. *植物生态学报*, 2006, 30(3): 383-391.
- [16] 刘秋锋, 康慕谊, 刘全儒. 混沟森林植被物种多样性梯度分析与环境解释[J]. *西北植物学报*, 2006, 26(8): 1686-1692.
- [17] 张先平, 王孟本, 余波, 等. 庞泉沟自然保护区森林群落的数量分类与排序[J]. *生态学报*, 2006(3): 755-761.
- [18] 中国国植被编辑委员会. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [19] 周晓红, 李宪伟, 白限丽. 我国植被数量分析的研究概况和发展趋势[J]. *生态学杂志*, 2005, 25(4): 448-451.
- [20] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 178-239.