

丹江口库区湿地植被的数量分类和排序

刘文治^{1,2}, 张全发¹, 李天煜³, 李伟¹, 吴文颖^{1,2}, 刘贵华^{1*}

(1. 中国科学院武汉植物园, 武汉 430074; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039; 3. 桂林电子工业学院环境研究室, 桂林 541004)

摘要: 采用双向指示种分析法(TWINSPAN)和除趋势对应分析法(DCA)对丹江口库区的湿地植被进行了数量分类和排序。TWINSPAN 把 30 个样地划分为 14 个群丛, 论述了各群丛的群落学特征。样地的 DCA 排序结果反映了植物群落类型与环境因子之间的关系, 表明土壤类型和生境的水分条件变化是决定丹江口库区湿地植被分布的主要因子。目前的丹江口水库滩涂植被主要由以狗牙根(*Cynodon dactylon*)、长刺酸模(*Rumex maritimus*)、通泉草(*Mazus gracilis*)和稗(*Echinochloa crusgalli*)等为优势种的偏旱生群落类型构成。

关键词: 丹江口库区; 湿地植被; TWINSPAN 分类; DCA 排序

中图分类号: Q948.15⁺8

文献标识码: A

文章编号: 1000-470X(2006)03-0220-05

Quantitative Classification and Ordination of Wetland Vegetations in Danjiangkou Reservoir Region

LIU Wen-Zhi^{1,2}, ZHANG Quan-Fa¹, LI Tian-Yu³, LI Wei¹, WU Wen-Ying^{1,2}, LIU Gui-Hua^{1*}

(1. Wuhan Botanical Garden, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3. Environmental Laboratory, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: Danjiangkou Reservoir is the water supplying area of the Middle-Route of South-to-North Water Transfers Project. To serve that purpose, the existing Danjiangkou Dam will be elevated to the level of 176.6 m (above sea level) from 162 m, and the normal pool level will be 170 m instead of the present 157 m. Thus, analysis for the composition and distribution of existing vegetation in Danjiangkou Reservoir Region will provide data for wetland management and water environment maintenance of the future. The present paper detected the distribution patterns and species composition of the wetland vegetations using TWINSPAN and DCA in the Danjiangkou Reservoir Region. TWINSPAN classification divided the vegetation into 14 associations, and their community characteristics were described. DCA ordination of samples revealed that soil type and humidity were the main factors influencing the structure and distribution of wetland community. The current floodplain vegetation in Danjiangkou Reservoir was dominated by *Cynodon dactylon*, *Rumex maritimus*, *Mazus gracilis* and *Echinochloa crusgalli*.

Key words: Danjiangkou Reservoir Region; Wetland vegetation; TWINSPAN classification; DCA ordination

丹江口水库是“南水北调”中线工程的水源地, 位于汉江和丹江的交汇处, 是我国大型的水利枢纽工程之一。中线工程竣工运行后, 水库大坝将由现在的 162 m 加高到 176.6 m, 其正常蓄水水位将由 157 m 提高到 170 m, 库区面积将从现在的 700 km² 增加到 1 023 km², 整个库区内的湿地面积和植被分布格局将发生深刻的变化。湿地是分布于陆地系统和水体系统之间的, 由陆地系统和水体系统相互作用形成的自然综合体^[1]。湿地处于大气系统、陆地系统和水体系统的界面, 在水份、养分、有机物、沉积

物、污染物的迁移中起着重要作用^[2]。丹江口库区的湿地植被在水库两岸及支流的水土防护、截留入库面源污染、净化水质等方面起着十分重要的作用。

多元分析技术通过对植物群落排序与分类, 并对结果做出环境解释, 从而客观和定量地描述自然植物群落的生态关系, 以及植物群落与生境因子之间的联系。该技术已经广泛应用于森林、草地和农田杂草的植物群落分析^[3~6], 然而到目前为止在自然湿地植被群落分析中还很少采用此方法^[7~9]。我们采用双向指示种分析法(TWINSPAN)和除趋势对

收稿日期: 2005-12-22, 修回日期: 2006-03-06。

基金项目: 中国科学院“百人计划”项目(01045108)资助。

作者简介: 刘文治(1982-), 男, 硕士研究生, 主要从事湿地生态学研究。

* 通讯作者(E-mail: liugh@rose.whiob.ac.cn)。

应用分析法(DCA)对丹江口库区湿地植被进行了数量分类和排序研究,目的在于了解丹江口库区湿地植被的结构特点,分析湿地植物群落的分布规律,对未来的新丹江口库区湿地的植被类型和优势种组成做出科学判断,为库区的生态管理和水环境保护提供科学依据。

1 自然地理概况

丹江口库区位于鄂豫交界处,海拔约300 m^[9],西南部分毗邻鄂北低山丘陵,东北部分属南阳盆地。库区群山环抱,西北突起向东南展开呈马蹄形地势。湿地河流均属长江流域汉江水系。丹江为汉江一级支流,灌河、淇河、滔河等14条河流为汉江二级支流,其他支流小溪140余条。

丹江口库区年平均气温15.8℃,极端最高温42.6℃,极端最低温-13.2℃,1月平均气温2.4℃,7月平均气温28.4℃。无霜期为228 d,初霜期在11月上旬,终霜期为3月下旬,热量多,霜期短。年平均降水量为804.3 mm,多集中在7~9月份,约占全年降水量的49%。年平均相对湿度70%,≥10℃的天数为235 d^[10~12]。

2 研究方法

2.1 取样方法

2004年8月份对丹江口库区内各种湿地类型,包括水库滩涂、河流、河漫滩、池塘、沼泽地等的湿地植被进行调查,共设置了30个样地,样地大小从

0.01 hm²至15 hm²不等。通过对样地详细踏查,确定优势种、常见种及偶见种。综合评估整个样地的植被盖度后,采用目测法(visual scoring)^[13,14]估计各物种的丰富度。用GPS定位样地的经纬度和面积,评估并记录样地的土壤类型和水分含量等生境特征。在30个样地中共调查到134个物种,剔除频度小于10%的77个物种后,构成30×57个物种的数据矩阵。

2.2 数据分析

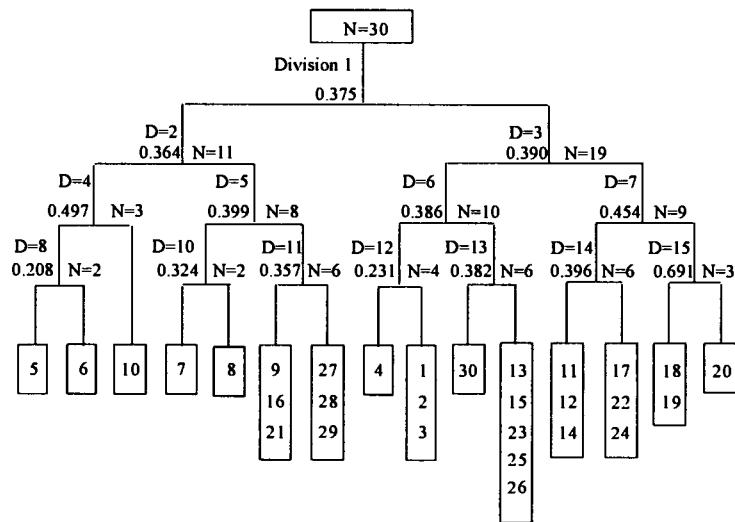
采用TWINSPAN进行群落的数量分类,用DCA进行排序。全部分析通过计算机程序PC-ORD实现^[15]。

3 结果与分析

3.1 TWINSPAN分类

TWINSPAN将30个样地分为15组(图1),依据《中国植被》的分类系统^[16]并结合野外调查结果和群落的特征,将丹江口库区湿地植被划分为14个群丛。它们分别是:

(1) 通泉草+鹅不食群丛(*Ass. Mazus gracilis + Centipede minima*)仅含样地5,面积约15 hm²,位于湖北省丹江口市武当山特区内的丹江口水库滩地,群落总盖度80%。建群种通泉草和鹅不食盖度各约30%。主要伴生种有荔枝草(*Salvia plebeia*)、苍耳(*Xanthium sibiricum*)、习见蓼(*Polygonum plebeium*)、苘麻(*Abutilon theophrasti*)、稗(*Echinochloa crusgalli*)、拟二叶飘拂草(*Fimbristylis ferruginea*)、水



N 代表样地数; D 代表分类次
N = Sample number; D = Division number

图1 丹江口库区湿地植被群落的TWINSPAN分类结果树状图

Fig. 1 Dendrogram of wetland vegetation in Danjiangkou Reservoir Region produced by TWINSPAN

虱草 (*Fimbristylis miliacea*)、畔莎草 (*Cyperus haspan*) 等。

(2) 稗群丛 (Ass. *Echinochloa crusgalli*) 仅含样地 6, 面积约 15 hm², 位于丹江口市武当山特区内的丹江口水库滩地, 群落总盖度 100%。其中稗的盖度 60%, 高约 60 cm, 占据群落上层空间。其它主要物种有苍耳、苘麻、荔枝草、通泉草、鹅不食、习见蓼。

(3) 长刺酸模群丛 (Ass. *Rumex maritimus*) 包括样地 7 和 10, 面积分别约为 3 hm² 和 5 hm², 分别位于丹江口市均县镇丹江口水库滩地、湖北省鄖县五峰乡汉江上游滩地, 群落总盖度分别为 20% 和 70%。长刺酸模盖度为 10% ~ 20%。其它物种主要有丁香蓼 (*Ludwigia prostrata*)、醴肠 (*Eclipta prostrata*)、鹅不食、通泉草、异型莎草 (*Cyperus difformis*)。

(4) 狗牙根-齿果酸模群丛 (Ass. *Cynodon dactylon-Rumex dentatus*) 仅含样地 8, 面积约 3 hm², 位于丹江口市均县镇丹江口水库滩地, 部分处于积水环境中, 群落总盖度 80%。齿果酸模盖度 20%, 狗牙根盖度 20%。伴生种有丁香蓼、水苦荬 (*Veronica undulata*)、拟二叶飘拂草。

(5) 狗牙根群丛 (Ass. *Cynodon dactylon*) 包括样地 9、16、21, 面积分别约 5、6、3 hm², 分别位于丹江口市均县镇、丹江口市刁家店镇蔡家渡码头、河南省淅川县仓房镇库房码头等丹江口水库草滩, 土壤为粗沙类型, 群丛总盖度 40% ~ 80%。狗牙根盖度占 20% ~ 80%, 伴生种有苍耳、苘麻、烟台飘拂草 (*Fimbristylis stauntonii*)、荔枝草、酸模 (*Rumex acetosa*)、双穗雀稗 (*Paspalum distichum*)、习见蓼、通泉草等。

(6) 狗牙根 + 宜昌飘拂草 + 烟台飘拂草-慈姑群丛 (Ass. *Cynodon dactylon + Fimbristylis henryi + Fimbristylis stauntonii - Sagittaria sagittifolia*) 包括样地 27、28、29, 面积分别约 3、0.1、0.5 hm², 位于淅川县花香镇旅游区内丹江口水库草滩。狗牙根盖度 5% ~ 50%, 宜昌飘拂草 5% ~ 70%, 烟台飘拂草 5% ~ 25%, 慈姑 2% ~ 75%。伴生种有光头稗子 (*Echinochloa colonum*)、稗、长刺酸模、丁香蓼、双穗雀稗、通泉草、异型莎草。

(7) 穿叶眼子菜 + 黑藻群丛 (Ass. *Potamogeton perfoliatus + Hydrilla verticillata*) 仅含样地 4, 面积约 1 hm², 位于丹江口水库大坝下约 3 km 处的汉江岸滩, 处于积水环境, 有多种沉水植物生长。穿叶眼子菜盖度 50%、黑藻盖度 20%, 马来眼子菜 (*Potamogeton malayanus*) 盖度 10%, 周边浅水处分布有双穗雀稗、藨草 (*Scirpus triquetus*)。

(8) 薜草 + 双穗雀稗-马来眼子菜 + 黑藻群丛 (Ass. *Scirpus triquetus + Paspalum distichum-Potamogeton malayanus + Hydrilla verticillata*) 包括样地 1、2、3, 面积均约 1 hm², 位于丹江口水库大坝下约 3 km 处的汉江岸滩, 土壤为细沙土, 群落总盖度将近 100%。由于采沙, 形成多处沉水环境, 分布有马来眼子菜、黑藻、穿叶眼子菜、穗花狐尾藻 (*Myriophyllum spicatum*)、小茨藻 (*Najas minor*)、微齿眼子菜 (*Potamogeton maackianus*)、须叶眼子菜 (*Potamogeton pectinatus*) 等多种沉水植物。优势种主要为沉水植物和湿生植物, 伴生种有水虱草、异型莎草、过江藤 (*Phyla nodiflora*)、宜昌飘拂草。

(9) 大茨藻 + 黑藻-穗花狐尾藻群丛 (Ass. *Najas marina + Hydrilla verticillata-Myriophyllum spicatum*) 仅含样地 30, 面积约 0.01 hm², 位于淅川县九重镇南水北调中线工程调水渠陶岔港渠首附近。群丛总盖度 70% 左右, 大茨藻盖度为 30%, 黑藻盖度为 10%, 穗花狐尾藻盖度 10%, 伴生种有水花生 (*Alternanthera philoxeroides*)、狗牙根、苍耳。

(10) 双穗雀稗 + 狗牙根 + 光头稗子群丛 (Ass. *Paspalum distichum + Cynodon dactylon + Echinochloa colonum*) 包括样地 13、15、23、25、26, 面积从 1 ~ 3 hm² 不等, 分别位于陨县城关镇胡家口汉江草滩、陨县安阳镇陈营滔沟河草滩、淅川县上集镇水库草滩、淅川县老城镇狮子港码头附近沼泽地、淅川县滔河镇滔河河漫滩, 该群丛分布区域类型广泛。群丛总盖度 30% ~ 75%, 优势种狗牙根盖度 10% ~ 30%, 双穗雀稗盖度 10% ~ 25%, 光头稗子盖度 5% ~ 10%。伴生种有水蓼 (*Polygonum hydropiper*)、野青茅 (*Deschampsia sylvatica*)、柳叶箬 (*Isachne globosa*)、马来眼子菜、藨草、水花生、黑藻、田字萍 (*Isachne globosa*)。

(11) 双穗雀稗群丛 (Ass. *Paspalum distichum*) 包括样地 11、12、14。面积从 0.5 ~ 1 hm² 不等, 分别位于陨县柳坡镇水泉沟、十堰市张湾区黄龙镇堵河、陨县青曲镇曲远河等入库一、二级支流河漫滩上, 土壤为细沙土或壤土。群丛总盖度 50% ~ 100%, 优势种双穗雀稗占绝对优势, 盖度 30% ~ 100%。伴生种有狗牙根、天胡荽 (*Herba hydrocotylis*)、荭蓼 (*Polygonum orientalis*)、双穗雀稗、荩草 (*Arthraxon hispidus*)。

(12) 双穗雀稗 + 狼尾草群丛 (Ass. *Paspalum distichum + Pennisetum alopecuroides*) 包括样地 17、

22、24。面积从 $1 \sim 2 \text{ hm}^2$ 不等, 分别位于淅川县仓房镇一距水库较近的小河流、淅川县马蹬镇境内一河流、淅川县金河镇干沟河等的河漫滩上。群丛总盖度 $50\% \sim 80\%$, 双穗雀稗盖度 $5\% \sim 50\%$, 狼尾草 25% 。伴生种水花生、马来眼子菜、蓖齿眼子菜 (*Potamogeton pectinatus*)、荩草、水芹 (*Oenanthe javanica*)、芦竹 (*Arundo donax*)、田字萍、泽泻 (*Alisma orientale*)、藨草、柳叶箬、狗牙根、薄荷 (*Mentha haplocalyx*)。

(13) 黄花狸藻 + 狸藻-田字萍群丛 (Ass. *Utricularia aurea* + *Utricularia vulgaris*-*Isachne globosa*) 包括样地 18、19。面积均约为 0.01 hm^2 , 位于淅川县仓房镇境内一个与水库隔离的小水塘。群丛总盖度 $40\% \sim 100\%$, 处在积水环境中。优势种黄花狸藻盖度 $20\% \sim 40\%$ 、狸藻盖度 $20\% \sim 30\%$ 、田字萍 20% 。伴生种有千屈菜 (*Lythrum salicaria*)、慈姑、眼子菜 (*Potamogeton distinctus*)。

(14) 柳叶箬群丛 (Ass. *Isachne globosa*) 仅含样地 20, 面积约 0.01 hm^2 , 位于淅川县仓房镇境内, 为处于湿生状态的撂荒农田。优势种柳叶箬盖度 30% , 伴生种有水蓼、千屈菜、醴肠、荩草、灯心草 (*Juncus effusus*)、香附子 (*Cyperus rotundus*)、慈姑。

3.2 丹江口库区湿地植物群落 DCA 排序

丹江口库区湿地植物群落 DCA 二维排序的结果见图 2。排序图中把 30 个样地划分为 A、B、C、D、

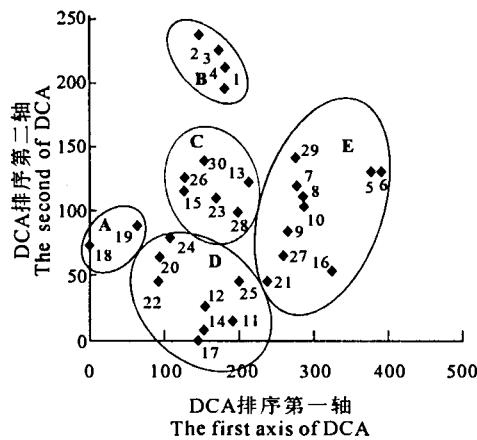


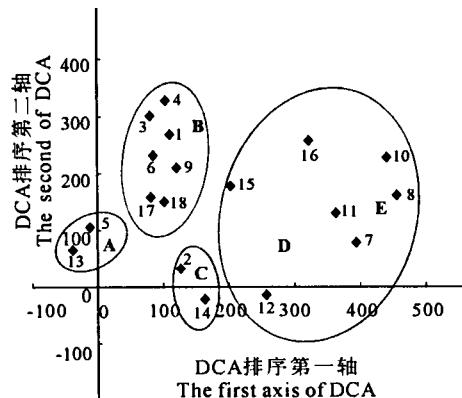
图 2 丹江口库区湿地植被 30 个样地的 DCA 二维排序

Fig. 2 Two dimensional ordination diagram of 30 plots in Danjiangkou Reservoir Region produced by DCA

E 5 个生态区, DCA 排序较好地反映了植物群落之间以及植物群落与环境之间的相互关系, DCA 的第一轴和第二轴分别显示了不同的生态意义。沿排序第一轴提供了 43.3% 的信息量, 反映了样地所在的土壤类型。A 区主要为淤泥底质, B 区、C 区和 D 区

主要为细沙土或壤土底质, E 区主要为粗沙土底质。沿排序第二轴提供了 25.8% 的信息量, 反映了部分样地所在生境的水分条件, 从上至下土壤水分减少。B 区建群种以沉水植物和挺水植物等水生物种为主, 如马来眼子菜、黑藻、穿叶眼子菜、藨草, C 区建群种以湿生和水生植物群落为主, 如双穗雀稗、黑藻等, D 区等主要为湿生植物, 如双穗雀稗、光头稗子。

种的 DCA 排序可将 14 个群丛的 18 个优势种划分为 A、B、C、D、E 5 个区, 从图 3 中可以看出植物群丛中优势种的分布格局与植物群丛的分布格局有很大的相似性, A 区的 5(柳叶箬)、13(田字萍)作为建群种的样地 18、19、20 主要位于样地排序第一轴的最左边(图 2), E 区的 7(稗)、8(通泉草)、10(鹅不食)、11(长刺酸模)作为建群种的样地 5、6、10 位于样地排序第一轴的最右边(图 2), B 区的 1(藨草)、3(马来眼子菜)、4(黑藻)作为建群种的样地 1、2、3、4 位于样地排序第二轴的最上边(图 2), 可以看出优势种的分布格局在很大程度上影响了植物群丛的分布格局。



1. 薜草 *Scirpus triquetus*; 2. 双穗雀稗 *Paspalum distichum*; 3. 马来眼子菜 *Potamogeton malayanus*; 4. 黑藻 *Hydrilla verticillata*; 5. 柳叶箬 *Isachne globosa*; 6. 狐尾藻 *Myriophyllum spicatum*; 7. 稗 *Echinochloa crusgalli*; 8. 通泉草 *Mazus gracilis*; 9. 大茨藻 *Najas marina*; 10. 鹅不食 *Centipeda minima*; 11. 长刺酸模 *Rumex maritimus*; 12. 狗牙根 *Cynodon dactylon*; 13. 田字萍 *Isachne globosa*; 14. 光头稗子 *Paspalum distichum*; 15. 烟台飘拂草 *Fimbristylis stauntonii*; 16. 宜昌飘拂草 *Fimbristylis henryi*; 17. 狼尾草 *Pennisetum alopecuroides*; 18. 慈姑 *Sagittaria sagittifolia*

图 3 丹江口库区湿地植被 18 个优势种的 DCA 二维排序

Fig. 3 Two dimensional ordination diagram of 18 dominant species produced by DCA

3 结论

我国学者从 20 世纪 70 年代后期引入数量分类和排序技术, 开始了植被数量生态学的研究^[17-20],

但大多数研究集中在森林与草原植被中,在湿地植被研究中应用很少并且研究的区域狭窄^[7-9]。我们运用 TWINSPAN 和 DCA 方法对丹江口库区湿地植被进行数量分类和排序,取得到了较好的结果。从数量分类结果来看, TWINSPAN 能把不同类型的湿地植物群落分开,第一级分划首先把湿地植被分为两组,第一组的样地基本都分布在水库滩地,第二组主要分布在入库河流、池塘、沼泽等其它类型的湿地内。在样地的 DCA 排序中,不同群落类型在排序轴的位置基本反映了群落分布与环境梯度的关系,第一排序轴主要反映了样地土壤类型的变化,第二排序轴主要反映了生境的水分因子变化。从优势种的 DCA 排序可以看出,优势种的分布格局和样地的分布格局具有很强的相似性,优势种的分布格局在很大程度上影响了植物群落的分布格局。

数量分类通过对样地按物种组成的相似关系进行分组,将整个群落划分为若干群丛。群丛主要是由优势种或共优种确定的,因此在对具体的植被进行数量分类时,群丛的确定必然与样地设置的尺度以及样地内的微生境异质性密切相关。在本研究结果中,个别群丛内的优势种有不相容的情况,例如在藨草+双穗雀稗-马来眼子菜+黑藻群丛中,藨草和双穗雀稗通常分布在浅水生境,而马来眼子菜和黑藻属于沉水植物,要求深水生境,因此这一群丛实际上应该是两个明显区分的群丛。但在野外生境中,由于人为采砂等原因,江滩上常常在小范围的局部生境中形成深水池和浅水滩涂,使得两种群丛类型在同一样地内并存。此外,与森林和草地不同,本研究在对优势种的排序中发现,优势种在排序图上的分布格局与其所在样地的分布格局密切相关,而难以将其按生活型或其它生态适应特征分类。我们推测,这些情况的发生是由于湿地生境的高度异质性造成的。因此,在对湿地植被的数量分类研究中,确定更加合理的取样策略,将有利于研究结果更准确地反映湿地植被的结构特点以及群落分布格局与生境条件的关系。

本研究表明,目前丹江口水库的滩涂植被主要由以狗牙根、长齿酸模、通泉草和稗等为优势种的偏旱生群落类型构成。这是因为:一方面,丹江口水库的滩涂主要是通过水库蓄水后淹没周边的丘陵及低矮山头形成的,滩涂坡度陡,难以形成局部的具有长期持水能力的小湿地;土壤类型以粗沙土及黄壤土为主,土壤保持水分的能力较差,不利于其它湿生植物的生长;另一方面,丹江口水库每年秋季开始蓄

水,秋冬季节持续高水位;第二年春季为腾出防洪库容降低水位,春夏季节持续低水位,这样导致水库滩涂在植物生长的旺盛季节长期处于枯水状态。因此,尽管在目前的水库滩涂湿地中有少量挺水植物和沉水植物等偏水生的植物群落分布,但占优势地位的仍是狗牙根等偏旱生的植物群落。

致谢:刘幼平、田广宇、黎明、何亚婷、郭跃等参加了野外调查,特此致谢!

参考文献:

- [1] 吕宪国.湿地科学研究进展及研究方向[J].中国科学院院刊,2002,20(3):170-172.
- [2] 陈宜瑜,吕宪国.湿地功能与湿地科学的研究方向[J].湿地科学,2003,1(1):7-11.
- [3] 沈泽昊,金义兴,赵子恩,吴金清,黄汉东.三峡大老岭地区森林群落的数量分类研究[J].武汉植物学研究,2000,18(2):99-107.
- [4] 张桂莲,张金屯,程林美.山西南部山地白羊草群落的数量分类和排序[J].草业学报,2002,12(3):63-69.
- [5] Kenkel N C, Derksen D A, Thomas A G, Watson P R. Review: Multivariate analysis in weed science research [J]. *Weed Sci*, 2002,50:281-292.
- [6] Dieleman J A, Mortensen D A, Buhler D D, Cambardella C A, Moorman T B. Identifying associations among site properties and weed species abundance. I. Multivariate analysis [J]. *Weed Sci*, 2000,48:567-575.
- [7] 张峰,上官铁梁.山西吕梁地区湿地植被数量分类研究[J].木本植物研究,2000,20(3):355-360.
- [8] 吴东丽,上官铁梁,张金屯,薛红喜.滹沱河流域湿地植被的数量分类和排序[J].西北植物学报,2005,25(4):648-654.
- [9] 上官铁梁,贾志力,张金屯,张峰,许念.汾河太原段河漫滩草地植被的数量分类与排序[J].草业学报,2001,10(4):31-39.
- [10] 陆健健.中国湿地[M].上海:华东师范大学出版社,1990.
- [11] 刘占朝,王团荣,马喜明.河南省丹江口库区湿地自然保护区现状与管理对策[J].水土保持通报,2003,23(4):66-68.
- [12] 阴三军,罗向东,鲁林霖,马喜明.丹江口人工湿地现状与对策研究[J].河南林业科技,2001,21(1):13-15.
- [13] Chancellor R J, Froud-Williams R J. A second survey of grass weeds in central southern England[J]. *Weed Res*, 1984, 24: 29-36.
- [14] Froud-Williams R J, Chancellor R J. A survey of grass weeds in central southern England[J]. *Weed Res*, 1982, 22: 163-171.
- [15] McCune B, Mefford M J. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 4.32 MjM Software[Z], Gleneden Beach, Oregon, U. S. A. 1999.
- [16] 中国植被编辑委员会.中国植被[M].北京:科学出版社,1983.143-156.
- [17] 阳含熙,卢泽愚.植物生态学的数量分类方法[M].北京:科学出版社,1981.
- [18] Whittaker R H. 植物群落分类[M].周纪伦等译.北京:科学出版社,1985.
- [19] Whittaker R H. 植物群落排序[M].王伯荪等译.北京:科学出版社,1986.
- [20] 张金屯.植被数量生态学方法[M].北京:中国科学技术出版社,1995.