黄河三角洲贝壳堤岛植被特征分析

赵艳云[1]，胡相明[1,2]，刘京涛[1]，孙景宽[1]

(1. 滨州学院 山东省黄河三角洲生态环境重点实验室，山东 滨州 256603；2. 滨州学院 城市与环境系，山东 滨州 256603)

摘　要：对黄河三角洲贝壳堤岛汪子岛、大口河两地区进行了植被调查分析。详查结果表明，两地区共有植物 32 种，隶属于 13 科 29 属，且以旱生中旱生以及耐盐碱植物分布为主。沿靠海，滩脊，向陆断面方向，物种数不断增加，群落的均匀度指数、辛普森指数和 Shannon—Wiener 指数也逐渐增加。由于人类活动的干扰程度不同，大口河地区物种数远低于汪子岛地区，同时，沿从西往东方向，两地区群落物种分布的均匀性逐渐减少。而在时间尺度上，8 月份降水充沛，温度适宜，表现为不同地区的物种多样性最高。

关键词：贝壳堤岛；黄河三角洲；植被特征；物种多样性

文献标识码：A　　**文章编号**：1000-288X(2011)02-0177-04　　**中图分类号**：Q94

Characteristics of Vegetation in Chenier Islands Along Yellow River Delta

ZHAO Yan-yun[1], HU Xiang-ming[1,2], LIU Jing-tao[1], SUN Jing-kuan[1]

(1. *Shandong Province Key Laboratory of Eco-Environmental Science for Yellow River Delta/Binzhou University, Binzhou, Shandong* 256603, *China*; 2. *Department of City and Environment, Binzhou University, Binzhou, Shandong* 256603, *China*)

Abstract: Chenier Islands is an important geological phenomenon occurred during the continent building process since approximately 5 000～6 000 years ago on the west and northwest of Bohai Bay. As a natural protection, the Chenier in Wudi coast of the Yellow River Delta played an important role in securing human life and property. In this article, species composition and plant diversity in the area of Dakouhe River and Wangzi Island were investigated. The results show that 32 species of plants, beloging to 13 families, and 29 genera were found in the area. The aridisphytes, mesophytes and plants of high salt tolerance were the dominant species. Along the section from seaside, shell ridge to landside, the species richness and biodiversity index significantly increased, as well as distributional evenness index, Simpson index, and Shannon—Wiener index. Due to human disturbance, the species in Dakouhe River were far less than that in Wangzi Island area. However, the evenness index decreased from east to west in both areas. In temporal scale, the most abundant species were found in August owing to sufficient rainfall and high temperature.

Keywords: **Chenier Islands; the Yellow River Delta; vegetation characteristics; biodiversity**

植物是全球生物多样性的核心组成部分，是人类赖以生存和发展的基础资源，是人类共有的资源宝库。植被物种多样性的重建作为生态恢复和环境治理的最为有效的方法之一[1]，是区域生态健康[2]和实现可持续发展的重要指征。

目前，很多论著都已对不同地区的植物特征和多样性状况进行了深入探讨，而脆弱敏感生态系统的植物多样性研究主要集中在矿区[3-4]、荒山与弃耕地[5]、湿地[6-7]、黄土丘陵沟壑区[8]等地区。山东省贝壳堤岛位于黄河三角洲无棣和沾化县沿海，为黄河尾闾摆动淤积而成的泥沙质海岸[9]，成陆 5 000～6 000 a以来，它与周围的潮间湿地孕育了大量的野生动植物资源，生物多样性丰富，在中国海洋地质、生物多样性研究中有着举足轻重的地位和保护价值。然而，近些年来受经济利益驱动，当地居民平堤岛进行水产养殖、挖砂烧瓷、掘砂作饲料添加剂等生产活动，导致贝壳堤岛这一绿色长廊面临着生态系统严重退化，大批珍稀、特有物种灭绝的危险。现今国家“十一五”规划纲要又将山东省滨州市列为“黄河三角洲高效生态经济区建设”的主要阵地，滨州市无棣和沾

收稿日期：2010-07-09　　修回日期：2010-09-02

资助项目：滨州学院高层次人才科研启动项目“黄河三角洲湿地生态水文功能研究”(2006Y06)；滨州市 2009 年科学技术发展计划项目〔滨科技字(2009)24 号〕；滨州学院青年人才创新工程(BZXYQNLG200724)；滨州学院青年人才创新工程(BZXYQNLG200608)；滨州学院服务滨州行动计划项目(BZXYFB20100404)

作者简介：赵艳云(1981—)，女(汉族)，山东省诸城市人，硕士，讲师，主要从事生态水文和恢复植被研究。E-mail：yanyun0602@126.com。

通信作者：胡相明(1981—)，男(汉族)，山东省肥城市人，博士，讲师，主要从事生态安全工作研究。E-mail：xiangming0727@163.com。

化县海岸的贝壳堤岛面临着保护与开发的两难选择。因此，研究黄河三角洲贝壳堤岛生态系统破坏现状，汲取生态破坏的教训，对于保护这一独特的脆弱生态系统，修复日趋恶化的贝壳堤岛生态系统，实现可持续发展具有重要意义。为此，本研究通过对无棣大口河和汪子岛两个典型贝壳堤岛地区植被特征和物种多样性进行分析，旨在为该地区的植被恢复和贝壳堤岛保护工作提供借鉴。

1 研究区概况

研究区域位于山东省滨州市无棣县北部贝壳堤岛与湿地系统国家级自然保护区，地理坐标为北纬 38°02′50.51″—38° 21′ 06. 06″，东经 117°46′58″—118°05′42.95″，总面积约 435.4 km²。该区处于暖温带东亚季风大陆性半湿润气候区，气候温和，四季分明，干湿明显，分布着大面积的滩涂、沼泽，形成了独特的泥质海岸湿地生态系统，主要生长一年生碱蓬（*Suaeda glauca* Bge.）、多年生柽柳（*Tamarix chinensis* Lour.）及砂引草（*Messerschmidia sibirica* L.）、海蓬子（*Salicornia europaea* L.）等珍稀药用荒漠和盐生草本植物。由于贝壳沙主要成分为碳酸钙，因此具有明显的石灰反应，当地居民自改革开放以来不断挖掘贝壳沙做饲料添加剂，或人工烧制贝瓷工艺制品，加上近几年人们在经济发展的浪潮下，挖掘了大量的近海养虾池，都对贝壳堤岛乃至其上分布的植被产生了极大的破坏作用，许多小岛已经消失，大的堤岛也面临着物种灭绝的危险，贝壳堤岛及周围的潮间湿地生态系统退化严重。本文选择人口居住集中的大口河贝壳堤岛和人类活动较少仅有捕鱼活动的汪子岛作为研究对象。

2 取样方法

分别于 2008 年 6，8 和 10 月，每隔约 10 km，在汪子岛和大口河典型地区，从西往东选择样点，汪子岛依次标为 A，B，C；大口河依次为 D，E；同时，在每个样点分别选择靠海，贝壳滩脊，向陆断面，在每个断面设置 1 m× 1 m 的小样方，记录小样方内的物种名称和株数等，重复 3 次。

3 数据处理

计算植被的物种多样性指数和均匀度指数等，计算公式为：

（1）Shannon—Wener 指数：

$$H=-\sum(P_i\cdot \ln P_i)$$

（2）Simpson 指数：$D_1=1-\sum P_i^2$

（3）Margalef 指数：$D_2=(S-1)/\ln N$

（4）均匀度指数：$JSW=-\sum(P_i\cdot \ln P_i)/\ln S$

式中：S——样方内总物种数；N——观察到的总个体数，$P_i=N_i/N$ 表示种 i 的个体在全部个体中所占的比例。利用 Excel 软件进行数据处理。

4 结果与分析

4.1 黄河三角洲贝壳堤岛植物区系概况

根据本次调查，黄河三角洲汪子岛、大口河贝壳堤岛地区共有高等植物 32 种，隶属于 13 科 29 属，分别占黄河三角洲、山东省高等植物总种数和总科数的 5.3%，1.2%和 12.0%，7.0%。由此可见，相比其它湿地生态系统而言，贝壳堤岛物种偏少，这与该地区距海近，海拔低，受海水侵袭的机会大有一定关系。通过与 20 世纪 90 年代贝壳堤岛物种调查结果对比发现[10]，此次调查中汪子岛和大口河两地区的植物物种分别是上次调查植物总科数和总属数的 20.3%和 12.9%，尽管仅用这两地区的植物种类不能完全代表整个贝壳堤岛的植物资源，但这也从侧面反映了在 20 a 内两地区的植物退化严重。究其原因，与近几年人类活动频繁，对贝壳堤岛造成的极大破坏有密切关系，同时，此次调查以小样方内出现的物种为基准，存在有些物种遗漏的可能。此外，贝沙颗粒较粗，持水能力较小而蒸发作用强烈，潮汐现象导致贝壳堤地区存在涨潮时贝沙中海水含量上升，而落潮后贝沙含水量降低较快的现象，所以在调查中发现，该地区旱生和中旱生草本植物居多，达 29 种，占调查地区物种数的 90%，同时含 2 种植物以上的大科有禾本科（6 种）、菊科（6 种）、白花丹科（2 种）、豆科（5 种）、藜科（3 种）和萝藦科（2 种），这 6 个科的种数达 25 种，占本次调查植物总种数的 78%。此外，二色补血草〔*Limonium bicolor* (Bunge) Kuntze〕、柽柳、碱蓬等抗盐、泌盐和聚盐性植物的广泛分布也是这一地区植被的主要分布特征。

4.2 贝壳堤岛物种多样性空间分布状况

4.2.1 断面上贝壳堤岛的物种分布及多样性状况

沿靠海，滩脊，向陆方向代表着受海浪侵袭的机会逐渐减少，以及更为稳定的陆生环境[11]。在贝壳堤岛上靠海处由于受到海水的频繁侵袭，植物成活率很低，因此仅有 12 种植物生存，其中挺水植物芦苇群落广泛分布，这与其具有发达的根系以及强大的无性繁殖功能有关，而由于贝沙持水率低，贝壳沙基质在落潮后容易形成干旱半干旱的生境条件，因此，有砂引草、野青茅〔*Deyeuxia arundinacea* (Linn.) Beauv.〕、二色补血草等旱生植物分布。而在靠海

地区分布的碱蓬群落,与盐渍化程度较高的土壤条件相关,对此,其它学者也得出了相同的结论[12]。在滩脊处,由于距海稍远,海拔较靠海处稍高,因此受海浪侵袭的机率减少,同时,贝沙中含水量较低,黄花草木樨〔*Melilotus officinalis* (L.) Desr.〕、蒙古蒿〔*Artemisia mongolica* (Fisch. ex Bess.) Nakai〕、青蒿(*Artemisia carvifolia* Buch.)等旱生中旱生植物开始增多,统计发现,滩脊处共有植物 19 种,属于 11 科,18 属,以禾本科、豆科和菊科植物为主,而随着断面沿靠海—滩脊—向陆方向上,陆生生境越来越明显,柽柳、杠柳(*Periploca sepium* Bunge)、酸枣(*Ziziphus jujuba* Mill)等小灌木也开始生长,共出现 23 种植物,以禾本科、豆科、菊科和藜科植物为主,这一方面说明向陆地区群落环境更加稳定,另一方面,藜科植物一般属于伴人物种,向陆方向上其大面积的存在表明人类干扰的存在(表 1)。通过表 2 对断面上的物种多样性指数进行分析发现,随着沿向陆方向地理位置的推进,群落物种多样性包括均匀度指数、丰富度指数、辛普森指数以及 Shannon—Wiener 指数逐渐增加,也说明随着小生境条件发生变化,群落的稳定性也随之增加,说明沿靠海—滩脊—向陆方向,群落的生境发生了相应的变化,因此植物群落的分布和组成也发生了变化,这与其它学者的研究结果是一致的[11-13]。

表 1　不同地区贝壳堤岛物种分布情况

靠海(物种数为 12)	滩脊(物种数为 19)	向陆(物种数为 23)
芦苇,大穗结缕草,二色补血草,狗尾草,獐茅,青蒿,砂引草,鹅绒藤,碱蓬,野青茅,蒙古鸦葱,刺儿菜。	芦苇,大穗结缕草,二色补血草,狗尾草,獐毛,青蒿,砂引草,鹅绒藤,地肤,兴安天门冬,黄花草木樨,菟丝子,沙打旺,阿尔泰紫菀,乌敛莓,白茅,蒙古蒿,酸枣,紫花苜蓿。	芦苇,大穗结缕草,二色补血草,狗尾草,獐毛,青蒿,砂引草,碱蓬,野青茅,地肤,兴安天门冬,黄花草木樨,菟丝子,沙打旺,阿尔泰紫菀,乌敛莓,白茅,杠柳,茜草,中亚滨藜,猪毛菜,地稍瓜,苣荬菜。

注:芦苇〔*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud〕;大穗结缕草(*Zoysia macrostachya* Franch. et Sav.);狗尾草〔*Setaria viridis* (Linn.) Beauv.〕;獐毛〔*Aeluropus sinensis* (Debeaux) Tzvel.〕;砂引草(*Messerschmidia sibirica* Linn.);鹅绒藤〔*Cynanchum chinense* (Thunb.) Mak.〕;蒙古鸦葱(*Scorzonera mongolica* Maxim.);刺儿菜(*Cirsium setosum* Bge. Kitam.);地肤〔*Kochia scoparia* (linn.) Schrad〕;兴安天门冬(*Asparagus dauricus* Link);菟丝子(*Cuscuta chinensis* Lam.);沙打旺(*Astragalus adsurgens* Pall.);紫菀(*Aster tataricus* L.);乌敛莓〔*Cayratia japonica* (Thunb.) Gagnep.〕;白茅〔*Imperata cylindrica* (L.)〕;茜草(*Rubia cordifolia* L.);中亚滨藜(*Atriplex centralasiatica* Hjin.);猪毛菜(*Salsola collina* Pall.);地梢瓜〔*Cynanchum paniculatum* (Bunge.) Kitagawa〕;苣荬菜(*Sonchus arvensis* Linn.)。

表 2　不同断面位置贝壳堤岛的物种多样性指数

断面位置	S	H	D_1	JSW	D_2
向 海	3.00	0.50	0.38	0.57	0.51
滩 脊	3.60	0.81	0.41	0.56	0.65
向 陆	5.00	0.70	0.34	0.43	0.76

4.2.2　**不同地区物种多样性变化**　图 1 给出了贝壳堤岛汪子岛和大口河两地区的物种多样性状况,可以看出,大口河地区植物物种总数、Shannon—Wiener 指数、Simpson 指数、Margalef 丰富度指数均低于汪子岛地区,结合植被区系的调查也可以看出,在汪子岛地区的优势物种达 20 多种,而在大口河地区,物种最多也只有 8 种,这与大口河地区是人类的居住地,人工挖取盐池建养殖场等活动较多,对当地植被干扰破坏有关。

通过对贝壳堤岛各样点的均匀度指数(JSW),Shannon—wiener 指数(H),Margalef 指数(D_2)进行研究发现(图 2),不同样点的群落多样性指数表现出不同的趋势。各样点均匀度指数(JSW)大小关系为:A>B>C>D>E,说明,汪子岛和大口河地区存在着从西往东,群落物种分布的均匀性减少的特点,这可能与两地区从西往东方向,随着保护区的管理力度逐渐降低,当地居民偷挖贝壳沙作为饲料添加剂以及化工原料,贝壳沙耕翻严重和植物呈聚群分布有关。由于汪子岛 B 样点群落物种聚群分布明显且分布较多,采样过程中,小样方采样不能完全反映样点实际情况,因此往往造成物种单一,所以 Shannon—Wiener 指数与丰富度 Margalef 指数在 B 样点表现最大。

4.3　物种多样性在时间上的分布

4.3.1　**断面上物种多样性在时间上的分布**　贝壳堤地区植被以单科单种分布较多,但由于处于相似的环境条件,且物种分布远远低于环境容纳量,植物的生活型和物候期具有趋同效应,大部分物种的生育期较长,在调查期内,砂引草、二色补血草、紫花苜蓿(*Medicago sativa*)、蒿类植物以及禾本科植物均有分布。但断面不同位置由于微生境的差异和植物对资源乃至空间生态位的分化,不同月份断面上分布的物种数是不一样的,调查发现,6,8,10 月贝壳堤岛存在的物种数分别为 17,26 和 22 种,通过进行物种多样

性统计得出，断面靠海、滩脊地区，物种多样性指数均表现为：8 月＞10 月＞6 月（由于篇幅有限，此处只以靠海断面为例，见图 3），这可能与 8 月份降水充沛，相对湿润的环境条件给两地区存在的盐生和旱生植物群落提供了淡水资源和盐分被淋洗的机会，更有利于物种的生存。而对于断面向陆一侧来说，由于处于陆地交界处，环境相对复杂多样，许多伴人物种的存在导致在不同季节，物种多样性变化不大。

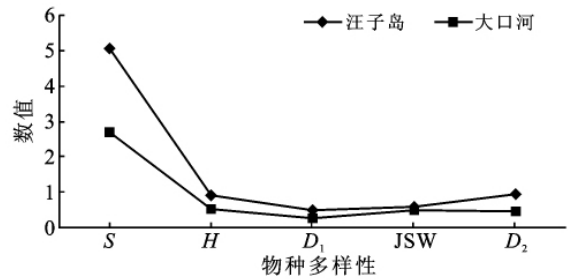


图 1 不同地区贝壳堤岛的物种多样性

注：S，H，D_1，JSW，D_2 分别表示植物物种总数，Shanon—Wiener 指数，Simpson 指数，均匀度指数和 Margalef 指数。下同。

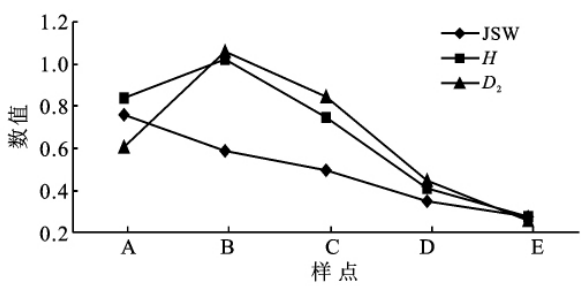


图 2 不同样点植物物种多样性指数

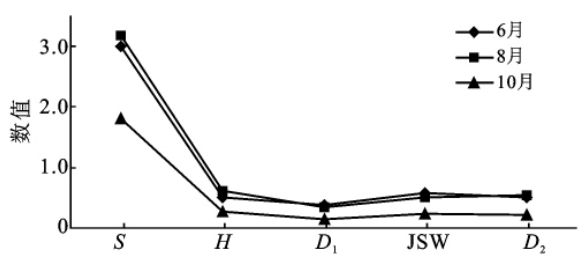


图 3 断面上物种多样性的时间变化

4.3.2 **汪子岛和大口河地区物种多样性在时间上的的分布** 无论是汪子岛地区还是大口河地区，都呈现的是 8 月份的物种多样性指数大于 6 月和 10 月。汪子岛地区物种数 6 月份和 10 月份相差不大，分别为 17 种和 16 种，8 月份物种数 24 种。而大口河地区的物种在不同的月份仅有 8～12 种，可见，两地在不同月份的优势物种差异显著。

4.3.3 **不同月份贝壳堤各样点物种多样性变化** 通过本试验调查可以看出，在不同的月份，不同样点物种数是不一样的，这与样点本身的微环境、物种的生活史周期关系密切，但总的来说，8 月份堤岛上 B 和 C 样点的物种分布较多，而 6 月份除 A 和 E 样点外，由于尚处于春季，大部分物种尚未萌发或处于萌芽期、生长期肉眼很难辨别种类，所以统计得出的物种数偏少。

5 结 论

黄河三角洲汪子岛、大口河贝壳堤岛共有植物 32 种，分隶于 13 科 29 属，分占黄河三角洲、山东省高等植物总种数的 5.3 %和 1.2%。与 20 世纪 90 年代潘怀剑等[10]对无棣所有贝壳堤岛的调查分析相比，物种数在 20 a 间减少了近 90%，这可能与本试验仅调查大口河和汪子岛两地区，同时调查采用的是小样方的方法，不能将贝壳堤岛所有物种资源囊括在内，存在有些物种遗漏的可能，但不能否认人类活动的不断干扰也是造成该地区物种较少的一个关键因素。由于该地区贝沙持水率低，以旱生和中旱生植物分布为主，同时碱蓬、柽柳和二色补血草等盐生植物也是这地区植被的分布特色。

沿靠海，滩脊，向陆方向贝壳堤受海浪侵袭的机会逐渐减少，陆生环境更为稳定，物种数不断增加，调查的小样方中分别出现的物种数有 12 种，19 种和 23 种，所以断面上群落的均匀度指数、辛普森指数和 Shannon—Wiener 指数逐渐增加。而人类干扰[14-15]是导致群落物种变化的主要诱因，大口河地区作为人类居住地，近几年挖取盐池和建养殖场等活动，使得植被破坏严重，小样方调查仅发现物种 8 种，远低于汪子岛地区。此外，通过对两地区不同样点的物种多样性进行统计发现，两地区从西往东方向，随着保护区的管理力度逐渐降低，群落物种分布的均匀性逐渐减少。

在时间尺度上，8 月份高温多雨，植物生长旺盛，无论是大口河地区还是汪子岛地区以及断面上的物种多样性最高。

[参 考 文 献]

[1] Houerou H N L E. Restoration and rehabilitation of arid and semiarid Mediterranean ecosystems in North Africa and west Asia: A review[J]. Arid Soil Research and Rehabilitation, 2000,14 : 3-4.

[2] Kim K C. Biodiversity,conservation and inventory :Why insect s matter [J]. Biodiversity and Conservation, 1993,2:191-214.

[3] Miao Z , Marrs R. Ecological restoration and land reclamation in open cast mines in Shanxi Province, China [J]. Journal of Environmental Management, 2000, 9: 205-215.

（下转第 185 页）

into within - and among-community components [J]. Ecology Letters, 2007, 10: 135-145.

[6] Cornwell W K, Ackerly D D. Community assembly and shifts in plant trait distributions across an environmental gradient in coastal California [J]. Ecological Monographs, 2009, 79(1): 109-126.

[7] Fukami T, Bezemer T M, Mortimer S R, et al. Species divergence and trait convergence in experimental plant community assembly [J]. Ecology Letters, 2005, 8: 1283-1290.

[8] Schamp B S, Aarssen L W. The assembly of forest communities according to maximum species height along resource and disturbance gradients[J]. Oikos, 2009, 118 (4): 564-572.

[9] Stegen J C, Swenson N G. Functional trait assembly through ecological and evolutionary time[J]. Theoretical Ecology, 2009, 2: 239-250.

[10] **周鹏. 温带草地主要优势植物不同器官间功能性状的关联**[J]. **植物生态学报**, 2010, 34(1): 7-16.

[11] **宝乐, 刘艳红. 东灵山地区不同森林群落叶功能性状比较**[J]. **生态学报**, 2009, 29(7): 3692-3703.

[12] **徐冰, 程雨曦, 甘慧洁, 等. 内蒙古锡林河流域典型草原植物叶片与细根性状在种间及种内水平上的关联**[J]. **植物生态学报**, 2010, 34(1): 29-38.

[13] He J S, Wang Z H, Wang X P, et al. A test of the generality of leaf trait relationships on the Tibetan Plateau[J]. New Phytologist, 2006, 170: 835-848.

[14] Luo T X, Luo J, Pan Y D. Leaf traits and associated ecosystem characteristics across subtropical and timberline forests in the Gongga Mountains, Eastern Tibetan Plateau[J]. Oecologia, 2005, 142: 261-273.

[15] Wang G H, Ni J. Responses of plant functional types to an environmental gradient on the Northeast China Transect[J]. Ecological Research, 2005, 20: 563-572.

[16] **陈国奇, 李明丽, 郭水良, 等. 植物性状与苏浙沪地区草本被子植物入侵性的关系**[J]. **生态学报**, 2009, 29 (9): 5145-5151.

[17] Gaudet C L, Keddy P A. A comparative approach to predicting competitive ability from plant traits[J]. Nature, 1988, 334: 242-243.

[18] Moles A T, Warton D I, Warman L, et al. Global patterns in plant height[J]. Journal of Ecology, 2009, 97 (5): 923-932.

[19] Lavorel S, Garnier E. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: Revisiting the Holy Grail[J]. Functional Ecology, 2002, 16(5): 545-556.

[20] Cornwell W K, Schwilk D W, Ackerly D D. A trait-based test for habitat filtering: Convex hull volume[J]. Ecology, 2008, 87(6): 1465-1471.

[21] Kraft N J B, Valencia R, Ackerly D D. Functional traits and niche-based tree community assembly in an Amazonian Forest[J]. Science, 2008, 322: 580-582.

[22] Weiher E, Keddy P A. Assembly rules, null models, and trait dispersion: New questions from old patterns [J]. Oikos, 1995, 74(1): 159-164.

[23] Kooyman R, Cornwell W, Westoby M. Plant functional traits in Australian subtropical rain forest: Partitioning within-community from cross-landscape variation [J]. Journal of Ecology, 2010, 98(3): 517-525.

(**上接第** 180 **页**)

[4] Skousen J G, Call C A, Knight R W. Natural revegetation of an unreclaimed lignite surface mine in east central Texas(USA) [J]. Southwestern Naturalist, 1990, 35: 434-440.

[5] Gardiner D T. Revegetation status of reclaimed abandoned land in western North Dakota [J]. Arid Soil Research and Rehabilitation, 1993, 7: 79-84.

[6] Vivian S G, Handel S N. Freshwater restoration of an abandoned sand mine : Seed bank recruitment dynamics and plant colonization [J]. Wetlands, 1996, 16: 185-196.

[7] Brown S C, Bedford B L. Restoration of wetland vegetation with transplanted wetland soil : An experimental study [J]. Wetlands, 1997 , 17 : 424-437.

[8] **白文娟, 焦菊英, 马祥华, 等. 黄土丘陵沟壑区退耕地自然恢复植物群落的分类与排序**[J]. **西北植物学报**, 2005, 25(7): 1317-1322.

[9] **高玉巧, 刘立. 渤海湾贝沙堤研究现状及意义**[J]. **海洋地质动态**, 2003, 19(5): 7-9.

[10] **潘怀剑 , 田家怡 , 谷奉天. 黄河三角洲贝壳海岛与植物多样性保护**[J]. **海洋环境科学**, 2001, 20(3): 54-59.

[11] **赵艳云, 田家怡, 胡相明, 等. 无棣贝沙堤植物多样性分析**[J]. **安徽农业科学**, 2010, 38(3): 1343-1346.

[12] **赵艳云, 田家怡, 孙景宽, 等. 滨州北部贝沙堤生物多样性现状及影响因素的研究**[J]. **水土保持研究**, 2010, 17 (2): 136-140.

[13] **武春华, 陈云明, 王国梁. 黄土丘陵区典型群落特征及其与环境因子的关系**[J]. **水土保持学报**, 2008, 22(3): 64-69.

[14] **曹成有, 朱德华, 耿莉, 等. 小叶锦鸡儿放牧场沙漠化过程中植物多样性的变化**[J]. **水土保持学报**, 2005, 19 (5): 166-169.

[15] **徐学华, 张金柱, 张慧, 等. 太行山片麻岩区植被恢复过程中物种多样性与土壤水分效益分析**[J]. **水土保持学报**, 2007, 21(2): 133-174.