

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

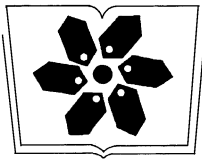
Acta Ecologica Sinica



第33卷 第8期 Vol.33 No.8 **2013**

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



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 8 期

2013 年 4 月 (半月刊)

目次

城市生态系统研究专题

- 城市生态系统:演变、服务与评价——“城市生态系统研究”专题序言 王效科 (2321)
- 城市生态景观建设的指导原则和评价指标 孙然好,陈爱莲,李 芬,等 (2322)
- 城市绿色空间格局的定量化方法研究进展 陶 宇,李 锋,王如松,等 (2330)
- 城市土地利用变化对生态系统服务的影响——以淮北市为例 赵 丹,李 锋,王如松 (2343)
- 基于市政综合监管信息的城市生态系统复杂性分析 董仁才,苟亚青,刘 昕 (2350)
- 原位生物技术对城市重污染河道底泥的治理效果 柳 敏,王如松,蒋 莹,等 (2358)
- 北京城区道路沉积物污染特性 任玉芬,王效科,欧阳志云,等 (2365)
- 绿地格局对城市地表热环境的调节功能 陈爱莲,孙然好,陈利顶 (2372)
- 北京城区气传花粉季节分布特征 孟 龄,王效科,欧阳志云,等 (2381)

个体与基础生态

- 三江源区高寒草甸退化对土壤水源涵养功能的影响 徐 翠,张林波,杜加强,等 (2388)
- 土壤砷植物暴露途径的土壤因子模拟 线 郁,王美娥,陈卫平 (2400)
- 不同寄主植物对马铃薯甲虫的引诱作用 李 超,程登发,郭文超,等 (2410)
- 蒙古栎、白桦根系分解及养分动态 靳贝贝,国庆喜 (2416)
- 干旱和坡向互作对栓皮栎和侧柏生长的影响 王 林,冯锦霞,王双霞,等 (2425)
- 不同郁闭度下胸高直径对杉木冠幅特征因子的影响 符利勇,孙 华,张会儒,等 (2434)
- 驯化温度与急性变温对南方鲢幼鱼皮肤呼吸代谢的影响 鲜雪梅,曹振东,付世建 (2444)

种群、群落和生态系统

- 五鹿山国家级自然保护区物种多样性海拔格局 何艳华,闫 明,张钦弟,等 (2452)
- 玉龙雪山白水 1 号冰川退缩迹地的植被演替 常 丽,何元庆,杨太保,等 (2463)
- 五花米草海向入侵对土壤有机碳组分、来源和分布的影响 王 刚,杨文斌,王国祥,等 (2474)
- 南亚热带人工针叶纯林近自然改造早期对群落特征和土壤性质的影响 何友均,梁星云,覃 林,等 (2484)
- 入侵植物黄顶菊生长、再生能力对模拟天敌危害的响应 王楠楠,皇甫超河,李玉浸,等 (2496)
- 小兴安岭白桦次生林叶面积指数的估测 刘志理,金光泽 (2505)
- 草地植物群落最优分类数的确定——以黄河三角洲为例 袁 秀,马克明,王 德 (2514)
- 多毛类底栖动物在莱州湾生态环境评价中的应用 张 莹,李少文,吕振波,等 (2522)
- 马尾松人工林火烧迹地不同恢复阶段中小型土壤节肢动物多样性 杨大星,杨茂发,徐 进,等 (2531)

景观、区域和全球生态

- 极端干旱区大气边界层厚度时间演变及其与地表能量平衡的关系 张 杰,张 强,唐从国 (2545)

基于多源遥感数据的景观格局及预测研究..... 赵永华,贾 夏,刘建朝,等 (2556)

城市化流域生态系统服务价值时空分异特征及其对土地利用程度的响应.....

..... 胡和兵,刘红玉,郝敬锋,等 (2565)

资源与产业生态

碳汇目标下农户森林经营最优决策及碳汇供给能力——基于浙江和江西两省调查.....

..... 朱 臻,沈月琴,吴伟光,等 (2577)

基于 GIS 的缓坡烟田土壤养分空间变异研究..... 刘国顺,常 栋,叶协锋,等 (2586)

春玉米最大叶面积指数的确定方法及其应用..... 麻雪艳,周广胜 (2596)

城乡与社会生态

广州市常见行道树种叶片表面形态与滞尘能力 刘 璐,管东生,陈永勤 (2604)

研究简报

桔梗种子萌发对低温、干旱及互作胁迫的响应..... 刘自刚,沈 冰,张 雁 (2615)

基质养分对寄生植物南方菟丝子生长的影响 张 静,李钧敏,闫 明 (2623)

学术信息与动态

人类活动对森林林冠的影响——第六届国际林冠学大会述评..... 宋 亮,刘文耀 (2632)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 34 * 2013-04



封面图说: 互花米草近景——互花米草是多年生高大禾本科植物,植株健壮而挺拔,平均株高约 1.5m,最高可达 3.5m,茎秆直径可达 1cm 以上。原产于大西洋沿岸,是一种适应海滩潮间带生长的耐盐、耐淹植物。我国于 1979 年开始引入,原意主要是用于保滩护堤、促淤造陆和改良土壤等。但是,近年来,互花米草迅速扩散,在一些区域里,已经完全郁闭,形成了单优种群,严重排挤了本土物种的生长,并且还在以指数增长的速度逐年增加,对海岸湿地土著物种和迁徙鸟类造成的危害日益严重,已经列为必须严格控制的有害外来入侵物种。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201201280125

袁秀, 马克明, 王德. 草地植物群落最优分类数的确定——以黄河三角洲为例. 生态学报, 2013, 33(8): 2514-2521.

Yuan X, Ma K M, Wang D. Optimal number of herb vegetation clusters: a case study on Yellow River Delta. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(8): 2514-2521.

草地植物群落最优分类数的确定 ——以黄河三角洲为例

袁 秀¹, 马克明^{1,*}, 王 德²

(1. 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085; 2. 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东 264003)

摘要: 植被生态学研究常需要将样地-物种属性数据划分为多个具有生态意义的集群, 在植被分类过程中不仅要在分类方法上做选择, 还要确定该植被数据分多少类最合适。有很多指标来确定群落划分中的最优分类数, 但都没有得到一致的认可。将黄河三角洲 227 个样地数据用 Ward 等级聚类法进行了分类。为了找到最优的分类数和判断指标, 用不同的判断标准对植被数据分为 2 到 15 类时进行分析。主要从 3 个方面对最优分类数进行判断: 1) 比较集群内的同质性和集群间的异质性; 2) 基于集群的物种组成、环境变量的不同, 确定集群与环境的相关性; 3) 基于物种在不同集群内的频度与多度。判断指标主要包括: average silhouette width 指数、Goodman and Kruskal's Gamma 系数、Dunn 指数、集群分布的熵、wb. ratio 指数、Calinski and Harabasz 指数、C-index 指数、partana 指数、biserial 指数。用多响应置换过程对集群间物种组成和环境差异显著性进行分析。用指示物种从生态角度对各集群进行判别, 并对指示物种的显著性进行了分析。不同判断标准得到的黄河三角洲最优分类数不同, 得到的最优分类数包括分为 2、5、7 和 15 类; 多方面综合判断, 认为在分为 7 类时最好。群落分类中应该有较优的断点, 划分类较少时, 集群特征不明确; 划分类较多时, 集群特征虽然更明确, 但可能会导致较多的小集群, 且小集群间环境差异不显著。7 类较优, 能满足物种组成差异、环境差异、群落内和群落间差异、所含信息量多的要求。分为 2—6 类时应该都是有意义的, 只是所代表的群落特征不同。各判断标准中, dunn、silhouette、Calinski 和 Harabasz 指数和指示物种能比较有效的判断最优分类数。不同的分类方法和物种属性数据的得到的结果有待进一步研究。

关键词: 环境; 指示物种; 最优分类数; 物种组成; 植被分类; 黄河三角洲

Optimal number of herb vegetation clusters: a case study on Yellow River Delta

YUAN Xiu¹, MA Keming^{1,*}, WANG De²

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 Yantai Institute of Coastal Zone Research for Sustainable Development, Chinese Academy of Sciences, Shandong 264003, China

Abstract: Community ecologists are often confronted with multiple possible partitions of a single set of records of species composition and/or abundances from several sites. Not only must ecologists choose the classification algorithm and parameters, but they also have to make a choice of the number of clusters to be interpreted. The question is how many clusters are appropriate for the description of a given system. Several methods that intend to locate optimal clusters have been developed so far. However, no criterion for determination of the optimal partition has received general acceptance. 227 sites of Yellow River Delta were classified by Ward's hierarchical clustering method. We simultaneously evaluate several criteria while varying the number of clusters (from 2 to 15 clusters), to help determine the most appropriate index and number of clusters. Validation indices (based on comparison of within-cluster and between-cluster heterogeneity), species

基金项目: 国家“十一五”科技支撑资助项目(2006BAC01A13); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-T13)

收稿日期: 2012-01-28; **修订日期:** 2012-11-19

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

composition and environment, and number of species with high fidelity to clusters in a cluster were used to validate optimal number of clusters. Validation indices including average silhouette width, Goodman and Kruskal's Gamma coefficient, Dunn index, entropy of the distribution of cluster memberships, wb. ratio(average. within/average. between) , Calinski and Harabasz index, Cindex, partana, biserial. We used multiple response permutation procedure (MRPP) to compare the cluster with respect to the dissimilarity of their vegetation composition and environmental variables. The ecological meaning of clusters of sites was assessed by indicator species. The statistical significance of the species indicator values is evaluated using a randomization procedure. The optimal number of clusters is different from different evaluator criteria, which including 2, 5, 7, 11 and 15. Most of the evaluators are agreement at cluster level of seven. There is an optimal level of the vegetation classification. A too high level lead to a small number of large, unspecific clusters, and that a too low level will on the other hand lead to more specific but very small and too many clusters with environmental variables not significant different. When data of Yellow River Delta vegetation were classified into seven clusters, the species composition and environmental variables are significantly different, and the species have high fidelity. Evaluator criteria such as dunn, silhouette, Calinski and Harabasz and indicator species provide useful information about the level of vegetation classification in the field. We used Ward's method to classify abundance vegetation field data to demonstrate the character of evaluators, an alternative approach (e. g. K-means methods) would be to study other data.

Key Words: environment; indicator species; optimal number of clusters; species composition; vegetation classification; Yellow River Delta

群落生态学中常需要将自然植被划分为具有共同特征的单元(群落分类),植被分类有不同的方法和途径^[1-2]。植物群落分类有不同的原则,如形态学原则(群落形态结构特征、优势植物生活型)、生态学原则(生境特征)、动态原则(演替特征)、特征种原则(植物区系组成)、优势度原则(优势种的生态学特征)、群落外貌原则(优势植物的生长型)等。目前中国植被分类系统^[3-4]多采用植物群落学-生态学原则,即根据群落的植物种类组成、外貌和结构、生态地理特征、动态特征等作为植被分类的依据;在确定中级以下分类单元时,主要侧重于植被种类组成。《中国植被》^[3]、《中华人民共和国植被图(1:1 000 000)》^[5]以及《中国植被区划图(1:6 000 000)》^[6]对中国各主要植被类型和分区进行了详细论述。随着植被研究越来越精细、精度要求越来越高,数量分类在植被分类中越来越重要。数量分类方法能提供比较客观的归类和划分,较为常用的方法有判别分析、除趋势对应分析、双向指示种分析等;等级聚类方法如 Ward 方法也常被用来分析生态数据^[7]。相关研究过程中需要将样地-物种属性数据划分为多个具有生态意义的集群^[8],Aho 等^[9]比较了 8 种分类方法后发现 Flexible beta、Average 和 Ward 聚类能比较有效的对数据进行分类。在植被分类过程中不仅要在分类方法上做选择,还要确定分多少类最合适,确定连续分布群落的显著差异点(群落分类断点分析)。当评价植被分类结果时,植物学家常会想到划分得“好的”和“坏的”集群^[10]。很多研究致力于最优分类数的确定^[7, 11-15],常用的标准主要从 3 个方面进行判断:1) 基于比较集群内的同质性和集群间的异质性^[14];2) 基于集群的物种组成、环境变量的不同^[16-17],确定集群与环境的相关性;3) 基于物种在不同集群内的频度与多度^[18-19]，“好的”群落划分结果中物种对应某集群应该有高的确限度,在该集群内,该物种常出现,有高的多度,同时在其他集群内又基本不出现。尽管有这么多判断标准,还没有一个确定最优分类数的标准得到普遍认可^[20],Aho 等^[9]对 9 个评价指标进行比较后认为 PARTANA、C-index 和 Gamma 指数能更有效的对最优分类进行判断,这些指数是否具有广适性,有待验证。

黄河三角洲地区的植被分类研究较多,张绪良^[21]利用“外貌-生态学分类法”将三角洲的植被分成了 2 个植被亚型、7 个群系、51 个群丛。赵延茂等^[22]根据《中国植被》的分类系统,将该区植被分为 5 个植被型组、9 个植被型、26 个群系。贺强^[23]、房用^[24]、张高生^[25]等用双向指示种分析和去趋势典范对应分析的方法对植被进行分析。贺强等^[23]将 67 个样方划分为 6 个群落,房用等^[24]将 13 个样方划分为 4 个群落,张高生等^[25]

将 124 个样方划分为 3 大类 12 小类群落,这些分类过程中都没对群落划分的有效性进行分析。

本文中用 Ward 聚类方法对黄河三角洲各样地-物种多度数据进行分类,用 9 个不同的评价最优分类个数的指标对实际植被分类结果进行分析来寻找断点。对分类后的群落间物种组成差异、该群落下的环境差异显著性以及物种对群落的确限度进行了分析。希望了解不同指标应用到实际样地数据时所确定的最优分类数是否一致? 群落划分中是否有一个最优的断点? 哪些指数能较好的计算出该断点? 群落分类个数不同时结果有什么不同?

1 研究地区及方法

1.1 研究区概况

黄河三角洲位于渤海湾南岸和莱州湾西岸,地处我国山东省东营市黄河入海口,地理位置为 $117^{\circ}31' - 119^{\circ}18'E$ 和 $36^{\circ}55' - 38^{\circ}16'N$ 。属暖温带半湿润大陆季风性气候。年平均日照时数为 2590—2830h,年平均气温 $11.17 - 12.18^{\circ}C$,年平均降水量 530—630mm,年均蒸发量 1900—2400mm,降水年内分配不均且蒸发量大。根据《中国植被》的植被区划,黄河三角洲地区属暖温带落叶阔叶林区域,暖温带北部落叶林亚地带,黄、海河平原栽培植被区。按照中国湿地植被分区,黄河三角洲湿地植被属于华北平原、长江中、下游平原草丛沼泽和浅水植物湿地中的华北平原芦苇湿地和滨海盐沼亚区^[24]。天然植被以草本为主,常见植物有芦苇 (*Phragmites australis*)、盐地碱蓬 (*Suaeda salsa*)、怪柳 (*Tamarix chinensis*)、荻 (*Triarrhena sacchariflora*) 及补血草 (*Limonium sinense*);天然乔木为旱柳 (*Salix matsudana*),仅在黄河河道两岸少量分布。

1.2 调查方法

在黄河三角洲不同时期的河口地区沿垂直于海岸带和垂直于黄河方向设置样带,做样地调查。在黄河三角洲地区,从海岸线到内陆方向土壤盐分有逐渐减小的趋势;同时在黄河两岸,离河道越远,盐分逐渐增大,但水分有逐渐减小的趋势。所以在老黄河口地区,沿垂直于海岸带方向设样地(盐分梯度);在新黄河口地区,沿垂直于黄河方向和沿海岸到内陆方向设置样地(图 1)。样地大小为 $1m \times 1m$ 。在样地间群落没有变化时,样地间距离为 1000m,有变化时样地间距离为 500m。本文中分析的草本样地为 227 个,具体地点如图 1 所示。在样地内测量土壤盐分(电导率)和水分,并记录每个样地中每种植物的株数。

1.3 分析方法

用 Ward 聚类方法^[26]对样地-草本物种多度矩阵数据进行分类,从数量指标、分类后物种组成差异显著性、代表环境显著性、物种指示值及其显著性方面对群落分为 2 到 15 类时结果进行评价。

1) 数量指标主要从集群大小,集群内最大距离,集群内和集群间的距离,集群的分离度方面来评价;具体指数包括 Silhouette 指数、Gam 系数^[11]、Dunn 指数^[27]、集群分布的熵 (Entropy)^[28]、Wb、Ch 指数^[29]、Cindex^[30]、Partana 指数^[31]、Biserial 指数^[32]。

2) 用多响应置换过程 (MRPP)^[33]方法对群落间物种组成差异以及水分和盐分结合的环境条件间差异显著性进行了分析。用单因素方差分析对群落间盐分、水分差异显著性进行了分析。

3) 用物种在各群落内的指示值^[34]来判断物种的确限度,分析物种在分类数量不同时指示值的变化情况,并检验该物种对群落指示的显著性。指示物种及其值能指示集群的生态意义^[34]。以上所有分析在 R 语

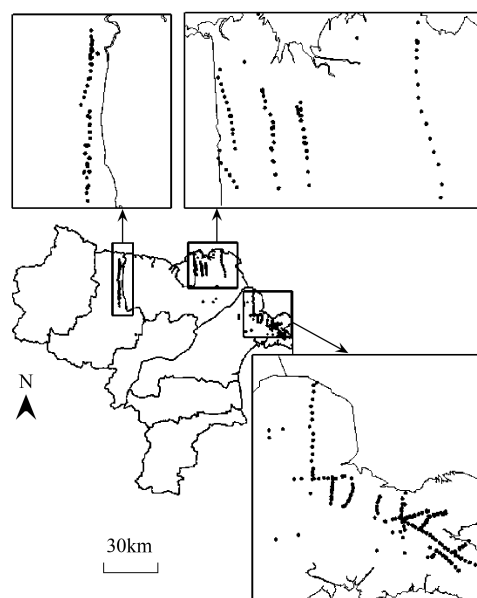


图 1 黄河三角洲及调查点

Fig. 1 The study area and spots

言环境中完成。

2 结果

2.1 调查样地特征及分类结果

所调查 227 个样地中有 34 个草本物种,样地含水率(水分)为 17%—65%,土壤电导率(盐分)范围是 0.07—35 ms/cm。由所调查的样地排序图(图 2)可以看出,所调查样地植被间连续分布,没有太明显的断点。

由样地 Ward 等级聚类结果(图 3)表明,黄河三角洲群落分类可以明显分为 2—6 类。确切的分为多少类,在该类下物种组成是否差异显著,却难以断定。

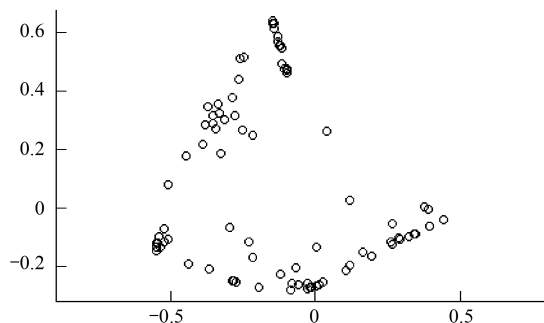


图 2 黄河三角洲 227 样地无量多维排序(NMDS)图

Fig. 2 Non-metric multidimensional scaling (NMDS) ordination of 227 quadrats in Yellow River Delta

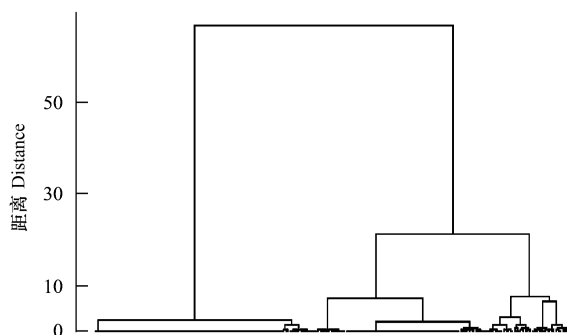


图 3 黄河三角洲 227 样地 Ward 聚类图

Fig. 3 The diagram of cluster analysis for 227 quadrats

2.2 各指数确定的最优分类数

所选取的 9 个判断分类个数的指数中,Dunn、Silhouette、Entropy、Gam 指数值是越大越好,Biserial、Wb、Ch、Cindex、Partana 指数值是越小越好。分析结果(图 4)表明:不同指数显示的最优断点不同,Gam、Entropy、Wb、Partana 指数都是在最大分类数(15)时最优,Biserial、Cindex 指数都是在分类数最小(2)时最优,Silhouette 指数显示在分类数在 7 时最优,Dunn 指数在分类数 2 到 7 时都是最优(值相等),Ch 指数显示在分类数为 5 时最优。Gam 指数显示分 4—15 类时差别不大。Sil 指数显示分 6、7、10 到 15 类差别不大。Partana 指数和 Biserial 指数显示分 9—15 类时差别不大。

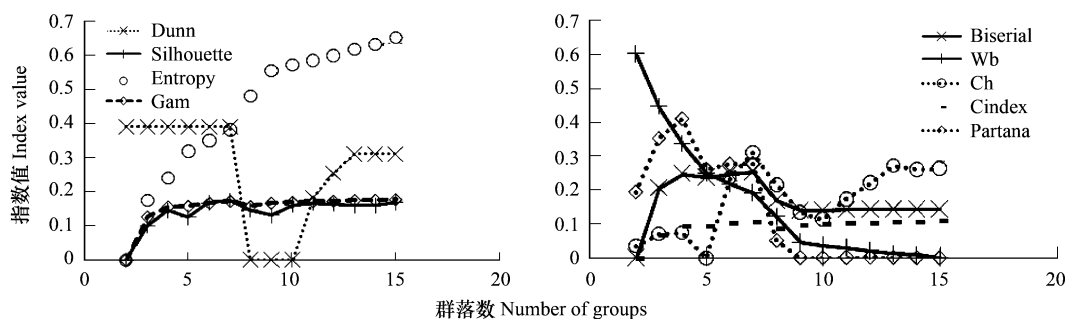


图 4 群落划分为 2 到 15 个时各评价指标的值

Fig. 4 Value of cluster validation indices when clusters change from 2 to 15

2.3 各群落物种组成及环境差异显著性分析

群落个数划分从 2 个到 15 个时,各群落间物种组成、水、盐及其结合环境下的差异显著性组对数见表 1。随着群落划分越多,物种组成差异总组对数增大,但占总组对数的比例减少;随着群落划分越多,环境差异总对数先增大,后减小,占总组对数比例一直减小。把 227 个样地划分为少于 12 个(2—11 个)群落时,各群落间物种组成差异全部显著。当划分少于 7 类时,群落间水分和盐分组合下的环境差异显著。当只检验各群落间盐分环境差异时,盐分在群落分为 2 个和 3 个时都是差异显著;随着群落个数划分越多,群落间盐分环境差

异显著的组对数先增多,后减小(分为15类后);随着群落个数划分越多,群落间水分环境差异显著的组对数先增多,后减小(分为10类后)。

表 1 群落划分为 2 到 15 个时物种组成和环境差异显著组对数

Table 1 Significant difference pairs of species composition and environmental variables when clusters change from 2 to 15									
群落数 Number of clusters	物种组成 Species composition	水盐组成 Salinity and soil moisture	盐分 Salinity	水分 Soil moisture	群落数 Number of clusters	物种组成 Species composition	水盐组成 Salinity and soil moisture	盐分 Salinity	水分 Soil moisture
2	1(100)	1(100)	1(100)	1(100)	3	3(100)	3(100)	3(100)	2(67)
4	6(100)	6(100)	5(83)	4(67)	5	10(100)	10(100)	8(80)	5(50)
6	15(100)	15(100)	7(47)	4(27)	7	21(100)	20(95)	6(29)	6(29)
8	28(100)	26(93)	9(32)	8(29)	9	36(100)	32(89)	8(22)	8(22)
10	45(100)	35(78)	9(20)	9(20)	11	55(100)	40(73)	9(16)	8(15)
12	65(98)	45(68)	10(15)	8(12)	13	75(96)	51(65)	10(13)	8(10)
14	85(93)	51(56)	10(11)	8(9)	15	99(94)	54(51)	10(10)	7(7)
16	109(91)	59(49)	9(8)	8(7)	17	118(87)	59(43)	9(7)	8(6)

显著差异以 $P<0.05$ 为准;括号内为所占总组对数的百分比

2.4 各群落指示物种及其指示值

主要物种在各群落中的最大指示值(图5)表明,随着群落划分越多,常见种芦苇、盐地碱蓬的指示值逐渐减小,补血草、钻叶紫菀(*Aster subulatus Michx*)指示值越来越大(到一定值后恒定),其它物种指示值是一个波动过程,如荻、假苇拂子茅(*Calamagrostis pseudophragmites*)、旋鳞莎草(*Cyperus michelianus*)、鸭葱(*Scorzonera austriaca*)(变化趋势:小—大—小),罗布麻(*Apocynum venetum*)、白茅(*Imperata cylindrica*)、香蒲(*Typha orientalis*)、大蓟(*Cirsium setosum*)(小—大—小—大—小)。

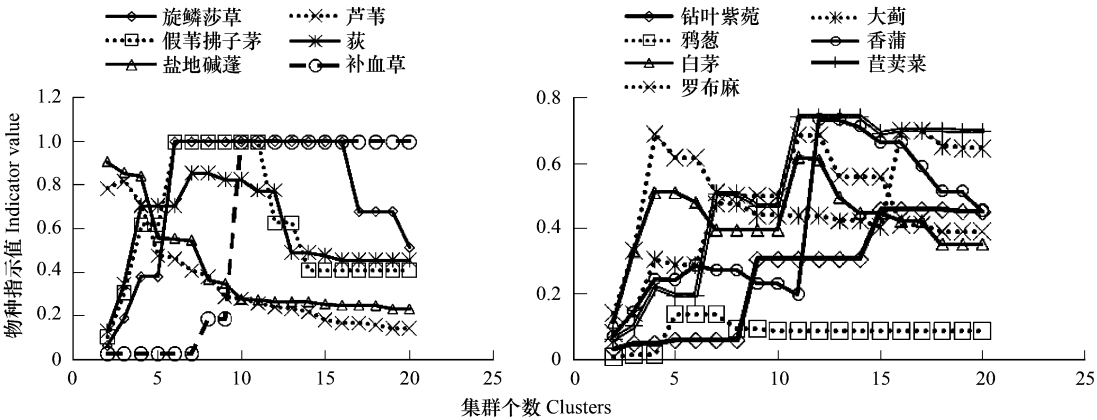


图 5 黄河三角洲群落分为 2 到 15 个时主要物种的最大指示值

Fig. 5 The max indicator value of species for clusters from 2 to 15 in Yellow River Delta

物种为主要物种(至少在一个类群中通过物种显著检验),另头状穗莎草(*Cyperus glomeratus*)、委陵菜(*Potentilla chinensis*)的指示值与旋鳞莎草指示值一样;旋鳞莎草 *Cyperus michelianus*;假苇拂子茅 *Calamagrostis pseudophragmites*;盐地碱蓬 *Suaeda salsa* 芦苇 *Phragmites australis* 荻 *Triarrhena sacchariflora* 补血草 *Limonium sinense* 钻叶紫菀 *Aster subulatus Michx*;鸭葱 *Scorzonera austriaca*;白茅 *Imperata cylindrica*;罗布麻 *Apocynum venetum*;大蓟 *Cirsium setosum*;香蒲 *Typha orientalis*;苣荬菜 *Sonchus brachyotus*

分类群落个数不同时,各个群落的指示物种也不同,如图6所示,表明了群落分为2—15类时,各群落的指示物种;随着群落划分越多,群落的指示物种从常见的盐地碱蓬、芦苇到常长在特殊生境的香蒲、假苇拂子茅等物种。在不同断点,显示的各群落物种组成不同,代表的环境也不同。

2.5 群落分类结果

例如分为7类时,群落有碱蓬、芦苇、芦苇+碱蓬(指示种是鸭葱)、荻、罗布麻+白茅(指示种还有苣荬菜、

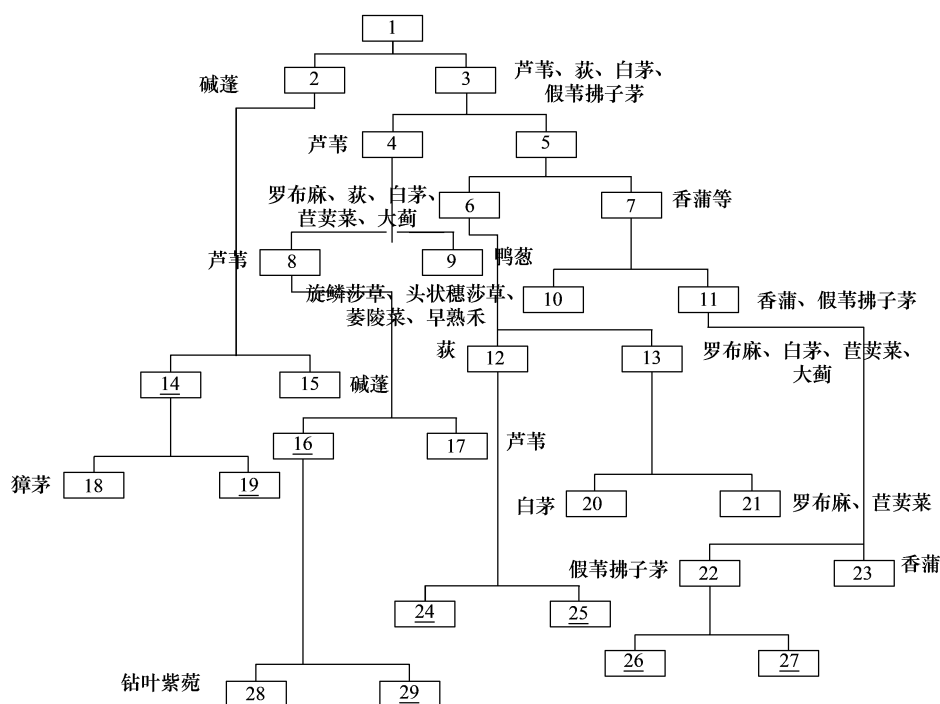


图6 黄河三角洲各群落的指示物种

Fig. 6 The indicator species of clusters in Yellow River Delta

图中左侧 1—15 代表集群数,带下划线的是没有显著的指示物种

大蓂)、香蒲+拂子茅、莎草(指示物种是旋鳞莎草、头状穗莎草、萎陵菜、双稃草群落)。芦苇群落的水分范围最广,土壤水分从 18% 到 90% 的环境都能生长,盐分范围在 0—12ms/cm 左右;其水盐中心点在 55% 和 5ms/cm 处。碱蓬群落盐分范围较广,土壤盐分从 2—24ms/cm 都能生长,水分环境为 40%—80% 间。芦苇+碱蓬群落生长环境大多在芦苇群落生长范围内。莎草群落水盐环境都很窄(盐分环境在 2ms/cm 左右,水分环境载 50% 左右)。香蒲+拂子茅群落盐分范围窄(0—3ms/cm),水分环境较宽(20%—60%)。罗布麻+白茅群落盐分环境相对较宽(0—10ms/cm),但水分环境相对窄(20%—40%)。

3 讨论与结论

群落划分中是否有最优断点? 从不同指数分析和角度来看,得出的最优分类数并不唯一。从物种组成差异来看,物种组成差异角度群落分为 11 类前都显著。从群落中物种指示值来看,在分为 7 类和 11 类时,比较多的物种在各群落内和群落间的差异达到最大。从各群落间环境差异角度看,划分为 7 类前都差异显著;由于只考虑了水分、盐分主要因子,可能在大于 6 类时环境差异也存在。从物种是否指示该群落角度看,划分为 13 类前都具有显著意义。各种指数表示的最优分类数也不同,总体来看群落分为 2、5、7、11、15 类时较好。划分类较少时,集群特征不明确;划分类较多时,集群特征虽然更明确,但可能会导致较多的小集群^[7]。综合以上各方面的分析,群落分类中应该有较优的断点,在本文中分为 7 类较优,能满足物种组成差异、环境差异、群落内和群落间差异、所含信息量多的要求。分为 2—6 类时应该都是有意义的,只是所代表的群落特征不同,所涵盖的信息没有分为 7 类时全。较优的断点能显示各群落的特有性,同时与其它群落又不同,但是群落数据是一个连续变化过程,因此较优的群落是表现了大多数群落的独有特征。群落分类中也有不好的断点,如三角洲地区的群落如果分为 8 类时,大多数物种的指示值都不高,只有物种荻、假苇拂子茅、旋鳞莎草指示值最高,但这些物种的指示值在分为其它类(例如 7 类)时指示值也是最高,所以可以认为如果分为 8 类时,群落分类效果不好。

哪些指数能较好的判断实际植物群落数据的划分? 从各判别指数在集群个数不同时的变化趋势以及物种组成、环境差异、物种确限度等吻合的情况看,指数 Dunn、Silhouette、Calinski 和 Harabasz 能比较有效的指

示较优断点,这些指标随着集群数的不同并不是逐步增大或逐步减小,有显著变化点;指示物种(物种确限度)也能对群落分类较优断点进行判断。Aho 等^[9]认为比较有效的指数如 PARTANA、C-index 和 Gamma 在三角洲地区并不好,Aho 文中的 Cindex 和 Gamma 指数在本文中分别是 Cindex 和 Gam 指数,这两个指数在本文的结果中呈显著负相关,且随着分类数的变化,是一个逐步变化的过程,没有明显的最优值。PARTANA 指数在三角洲地区认为划分为 10 类更好,与其他判别标准不太一致。赵延茂等^[22]根据外貌特征、生态地理特点及演化的动态趋势将黄河三角洲草甸和沼泽植被分为了典型草甸、盐生草甸、盐湿生草甸、草本沼泽 4 个植被型及 13 个群系。与本文最优分类结果比较发现,由于调查和取样的范围使该文中比本文中多茵陈蒿草甸、狗牙根草甸、马唐+画眉草草甸、獐茅草甸、酸模叶蓼沼泽;赵延茂等^[22]将以芦苇为优势的群落分为了芦苇沼泽、芦苇草甸和含耐盐植被的芦苇草甸,本文分类中主要根据群落类物种组成一致性进行分类,即如果都是以芦苇为主的群落,都分为了芦苇群落,没有再细分芦苇沼泽和芦苇草甸;含耐盐植被的芦苇草甸,本文中分为了碱蓬+芦苇群落。张良绪等^[21]参考中国植被的“外貌——生态学分类法”将草本湿地分为了高草湿地和低草湿地 2 个群系,25 个群丛;25 个群丛主要是由于划分较细,例如该文中将芦苇群落分成了芦苇、芦苇+水竹叶、芦苇+稗、芦苇+水蓼、芦苇+香附 5 个群丛。与赵延茂^[22]和张良绪等^[21]的利用外貌特征、生态地理、演化动态等分类原则等主观途径的结果比较发现,数量分类结果注重物种组成,而主观途径能带上环境特征;但主观分类需要大量的野外观察和参阅大量相关资料,对有关特征的掌握很大程度上取决于研究者的经验,不同的人分类结果差异较大;尤其是划分群系和群丛时主观分类方法差异大,且分类较为困难。贺强^[23]、房用^[24]、张高生^[25]等都用了 TWINSpan 等排序方法对黄河三角洲群落进行了分类,但分类结果也很不相同;这主要是由于采样不同以及对数量分类过程中断点(该样本时,分多少个群落合适)不同,而导致群落分类数量以及同一个群落名称下物种组成有一定差异。建议在群落分类过程中,先外貌特征、生态地理特点及演化的动态趋势进行分类,将群落划分到群系等级,再根据数量分类方法对群丛进行划分,在群丛划分过程中要对划分多少较为合理进行选择。

利用多种评价标准对实验数据分析后发现:一个地区植被分类时,该分多少个群落并不唯一;dunn、silhouette、Calinski 和 Harabasz 指数能判断出一个较优值,群落分为该数时,大多数群落能代表群落内和群落间比较详细的物种组成和环境差异特征。不同样本量、不同研究地区植被特征、不同植被特征的属性值(物种的多度、盖度、重要值),不同的分类方法(其他等级聚类方法、非等级聚类方法如 K-means 等)、不同群落类型(如乔-灌-草、灌-草型)得出的结论有待进一步研究。

致谢:滨州学院黄河三角洲生态环境研究中心及黄河三角洲自然保护区管理局给予支持和帮助,孙景宽老师和毛齐正同学参与外业调查,特此致谢。

References:

- [1] Song L. Feasibility study methods of vegetation classification. *Journal of Guizhou Normal University (Natural Sciences)*, 1989, (S1):46-51.
- [2] Zhang J T. *Quantitative Ecology*. Beijing: Science Press, 2004.
- [3] Wu Z Y. *Vegetation of China*. Beijing: Science Press, 1980.
- [4] Song Y C. *Vegetation Ecology*. Shanghai: East China Normal University Press, 2001.
- [5] Editorial Committee of Vegetation Map of China. *Vegetation Map of the People's Republic of China (1:1000000)*. Beijing: Geology Press, 2007.
- [6] Editorial Committee of Vegetation Map of China. *Vegetation Regionalization Map of China (1:6000000)*. Beijing: The Geological Publishing House, 2007.
- [7] Zahoransky L A, Katona G Y, Hari P, Malnasi-Csizmadia A, Zweig KA, Zahoransky-Kohalmi G. Breaking the hierarchy-a new cluster selection mechanism for hierarchical clustering methods. *Algorithms for Molecular Biology*, 2009, 4:22.
- [8] Mucina L. Classification of vegetation: Past, present and future. *Journal of Vegetation Science*, 1997, 8(6):751-760.
- [9] Aho K, Roberts D W, Weaver T. Using geometric and non-geometric internal evaluators to compare eight vegetation classification methods. *Journal of Vegetation Science*, 2008, 19(4):549-5513.
- [10] Pignatti S, Oberdorfer E, Schaminee J H J, Westhoff V. On the Concept of Vegetation Class in Phytosociology. *Journal of Vegetation Science*, 1995, 6(1):143-152.
- [11] Milligan G W, Cooper M C. An Examination of Procedures for Determining the Number of Clusters in a Data Set. *Psychometrika*, 1985, 50(2):

- 159-179.
- [12] Dubes RC. How Many Clusters Are Best-an Experiment. *Pattern Recognition*, 1987, 20(6):645-663.
- [13] Krzanowski W J, Lai Y T. A Criterion for Determining the Number of Groups in a Data Set Using Sum-of-Squares Clustering. *Biometrics*, 1988, 44(1):23-34.
- [14] Noest V, Vandermaarel E. A New Dissimilarity Measure and a New Optimality Criterion in Phytosociological Classification. *Vegetatio*, 1989, 83(1/2):157-165.
- [15] Guidi L, Ibanez F, Calcagno V, Beauprand G. A new procedure to optimize the selection of groups in a classification tree: Applications for ecological data. *Ecological Modelling*, 2009, 220(4):451-461.
- [16] Gerdol R, Ferrari C, Piccoli F. Correlation between Soil Characters and Forest Types-a Study in Multiple Discriminant-Analysis. *Vegetatio*, 1985, 60(1):49-56.
- [17] Hakes W. On the Predictive Power of Numerical and Braun-Blanquet Classification-an Example from Beechwoods. *Journal of Vegetation Science*, 1994, 5(2):153-160.
- [18] Chytrý M, Tichý L, Holt J, Botta-Dukat Z. Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures. *Journal of Vegetation Science*, 2002, 13(1):79-90.
- [19] Brühlheide H. A new measure of fidelity and its application to defining species groups. *Journal of Vegetation Science*, 2000, 11(2):167-178.
- [20] Tichý L, Chytrý M, Hajek M, Talbot S S, Botta-Dukat Z. OptimClass: Using species-to-cluster fidelity to determine the optimal partition in classification of ecological communities. *Journal of Vegetation Science*, 2010, 21(2):287-299.
- [21] Zhang X, Ye S, Yin P, Chen D. Characters and successions of natural wetland vegetation in Yellow River Delta. *Ecology and Environmental Sciences*, 2009, 18(1):292-298.
- [22] Zhao Y M, Song C S. Scientific survey of the Yellow River delta national nature reserve. Beijing: China Forest Press, 1995.
- [23] He Q, Cui B, Zhao X, Fu H, Liao X. Relationships between salt marsh vegetation distribution/diversity and soil chemical factors in the Yellow River Estuary, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(2):676-687.
- [24] Fang Y, Liang Y, Liu Y, Du X. Quantitative Analysis and Ordination of Vegetation in Huanghe River Delta. *Scientia Silvae Sinicae*, 2009, 45(10):152-154.
- [25] Zhang G, Wang R. Quantitative classification of plant communities in the modern Yellow River Delta. *Journal of Beijing Forestry University*, 2008, 30(3):31-36.
- [26] Ward J H. Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association*, 1963, 58(301):236-&.
- [27] Halkidi M, Batistakis Y, Vazirgiannis M. On clustering validation techniques. *Journal of Intelligent Information Systems*, 2001, 17(2/3):107-145.
- [28] Meila M. Comparing clusterings-an information based distance. *Journal of Multivariate Analysis*, 2007, 98(5):873-895.
- [29] Calinski T. A Dendrite Method for Cluster Analysis. *Biometrics* 1968, 24(1):207-&.
- [30] Hubert L J, Levin J R. A general statistical framework for assessing categorical clustering in free recall. *Psychological Bulletin*, 1976, 83(6):1072-1080.
- [31] Roberts D W. Ordination and Multivariate Analysis for Ecology. 2010, <http://ecology.msu.montana.edu/labds/R>.
- [32] Rizopoulos D. ltm: An R package for latent variable modelling and item response theory analyses. *Journal of Statistical Software*, 2006, 17(5):1-25.
- [33] Mielke P W. The Application of Multivariate Permutation Methods Based on Distance Functions in the Earth-Sciences. *Earth-Science Reviews*, 1991, 31(1):55-71.
- [34] Dufrene M, Legendre P. Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 1997, 67(3):345-366.

参考文献:

- [1] 宋林. 植物群落分类途径的可行性研究. 贵州师范大学学报(自然科学版), 1989, (S1):46-51.
- [2] 张金屯. 数量生态学. 北京: 科学出版社, 2004.
- [3] 吴征镒. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980.
- [4] 宋永昌. 植被生态学. 上海: 华东师范大学出版社, 2001.
- [5] 《中国科学院中国植被图》编辑委员会. 中华人民共和国植被图(1:1000000). 北京: 地质出版社, 2007.
- [6] 《中国科学院中国植被图》编辑委员会. 中国植被区划图(1:6000000). 北京: 地质出版社, 2007.
- [21] 张绪良, 叶思源, 印萍, 陈东景. 黄河三角洲自然湿地植被的特征及演化. 生态环境学报, 2009, 18(1):292-298.
- [23] 贺强, 崔保山, 赵欣胜, 付华龄, 廖晓琳. 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. 生态学报, 2009, 29(2):676-687.
- [24] 房用, 梁玉, 刘月良, 杜相海. 黄河三角洲湿地植被群落数量分类与排序. 林业科学, 2009, 45(10):152-154.
- [25] 张高生, 王仁卿. 现代黄河三角洲植物群落数量分类研究. 北京林业大学学报, 2008, 30(03):31-36.
- [22] 赵延茂, 宋朝枢. 黄河三角洲自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社, 1995.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 8 April, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Special Topics in Urban Ecosystems

- Guidelines and evaluation indicators of urban ecological landscape construction SUN Ranhao, CHEN Ailian, LI Fen, et al (2322)
- Research progress in the quantitative methods of urban green space patterns TAO Yu, LI Feng, WANG Rusong, et al (2330)
- Effects of land use change on ecosystem service value: a case study in Huaibei City, China ZHAO Dan, LI Feng, WANG Rusong (2343)
- Urban ecosystem complexity: an analysis based on urban municipal supervision and management information system DONG Rencai, GOU Yaqing, LIU Xin (2350)
- A case study of the effects of *in-situ* bioremediation on the release of pollutants from contaminated sediments in a typical, polluted urban river LIU Min, WANG Rusong, JIANG Ying, et al (2358)
- The pollution characteristics of Beijing urban road sediments REN Yufen, WANG Xiaoke, OUYANG Zhiyun, et al (2365)
- Effects of urban green pattern on urban surface thermal environment CHEN Ailian, SUN Ranhao, CHEN Liding (2372)
- Seasonal dynamics of airborne pollen in Beijing Urban Area MENG Ling, WANG Xiaoke, OUYANG Zhiyun, et al (2381)

Autecology & Fundamentals

- Impact of alpine meadow degradation on soil water conservation in the source region of three rivers XU Cui, ZHANG Linbo, DU Jiaqiang, et al (2388)
- Predicting the plant exposure to soil arsenic under varying soil factors XIAN Yu, WANG Meie, CHEN Weiping (2400)
- Attraction effect of different host-plant to Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* LI Chao, CHENG Dengfa, GUO Wenchao, et al (2410)
- Root decomposition and nutrient dynamics of *Quercus mongolica* and *Betula Platyphylla* JIN Beibei, GUO Qingxi (2416)
- The interaction of drought and slope aspect on growth of *Quercus variabilis* and *Platycladus orientalis* WANG Lin, FENG Jinxia, WANG Shuangxia, et al (2425)
- Effects of diameter at breast height on crown characteristics of Chinese Fir under different canopy density conditions FU Liyong, SUN Hua, ZHANG Huiru, et al (2434)
- Effects of temperature acclimation and acute thermal change on cutaneous respiration in juvenile southern catfish (*Silurus meridionalis*) XIAN Xuemei, CAO Zhendong, FU Shijian (2444)

Population, Community and Ecosystem

- Altitudinal pattern of plant species diversity in the Wulu Mountain Nature Reserve, Shanxi, China HE Yanhua, YAN Ming, ZHANG Qindi, et al (2452)
- Vegetation succession on Baishui No. 1 glacier foreland, Mt. Yulong CHANG Li, HE Yuanqing, YANG Taibao, et al (2463)
- The effects of *Spartina alterniflora* seaward invasion on soil organic carbon fractions, sources and distribution WANG Gang, YANG Wenbin, WANG Guoxiang, et al (2474)
- Community characteristics and soil properties of coniferous plantation forest monocultures in the early stages after close-to-nature transformation management in southern subtropical China HE Youjun, LIANG Xingyun, QIN Lin, et al (2484)
- Response of invasive plant *Flaveria bidentis* to simulated herbivory based on the growth and reproduction WANG Nannan, HUANGFU Chaohe, LI Yujin, et al (2496)
- Estimation of leaf area index of secondary *Betula platyphylla* forest in Xiaoxing'an Mountains LIU Zhili, JIN Guangze (2505)
- Optimal number of herb vegetation clusters: a case study on Yellow River Delta YUAN Xiu, MA Keming, WANG De (2514)
- Application of polychaete in ecological environment evaluation of Laizhou Bay ZHANG Ying, LI Shaowen, LÜ Zhenbo, et al (2522)
- Soil meso-and micro arthropod community diversity in the burned areas of *Pinus massoniana* plantation at different restoration stages YANG Daxing, YANG Maofa, XU Jin, et al (2531)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Temporal variety of boundary layer height over deep arid region and the relations with energy balance ZHANG Jie, ZHANG Qiang, TANG Congguo (2545)
- Analysis and forecast of landscape pattern in Xi'an from 2000 to 2011 ZHAO Yonghua, JIA Xia, LIU Jianchao, et al (2556)
- Spatio-temporal variation in the value of ecosystem services and its response to land use intensity in an urbanized watershed HU Hebing, LIU Hongyu, HAO Jingfeng, et al (2565)

Resource and Industrial Ecology

- Household optimal forest management decision and carbon supply: case from Zhejiang and Jiangxi Provinces ZHU Zhen, SHEN Yueqin, WU Weiguang, et al (2577)
- Spatial variability characteristics of soil nutrients in tobacco fields of gentle slope based on GIS LIU Guoshun, CHANG Dong, YE Xiefeng, et al (2586)
- Method of determining the maximum leaf area index of spring maize and its application MA Xueyan, ZHOU Guangsheng (2596)

Urban, Rural and Social Ecology

- Morphological structure of leaves and dust-retaining capability of common street trees in Guangzhou Municipality LIU Lu, GUAN Dongsheng, CHEN Yongqin David (2604)

Research Notes

- Morphological responses to temperature, drought stress and their interaction during seed germination of *Platycodon grandiflorum* LIU Zigang, SHEN Bing, ZHANG Yan (2615)
- Effects of nutrients on the growth of the parasitic plant *Cuscuta australis* R. Br. ZHANG Jing, LI Junmin, YAN Ming (2623)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索自然奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 吕永龙

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 33 卷 第 8 期 (2013 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 8 (April, 2013)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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 90.00 元