ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

第 32 卷 第 6 期 Vol.32 No.6 2012

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版

中国科学院科学出版基金资助出版

生 态 学 报

（SHENGTAI XUEBAO）

第 32 卷 第 6 期　　2012 年 3 月　（半月刊）

目　　次

高原草被退化程度的遥感定量监测——以甘肃省玛曲县为例…………… 周坚华，魏怀东，陈　芳，等（1663）
基于着生藻类的太子河流域水生态系统健康评价……………………… 殷旭旺，渠晓东，李庆南，等（1677）
哀牢山常绿阔叶林水源涵养功能及其在应对西南干旱中的作用………… 杞金华，章永江，张一平，等（1692）
青岛沿岸水体原生生物群落与水质状况的关系 ………………………………… 杨金鹏，姜　勇，胡晓钟（1703）
增温对青藏高原高寒草甸生态系统固碳通量影响的模拟研究…………… 亓伟伟，牛海山，汪诗平，等（1713）
三峡水库消落带植物叶片光合与营养性状特征………………………… 揭胜麟，樊大勇，谢宗强，等（1723）
三峡库区澎溪河鱼类时空分布特征的水声学研究……………………… 任玉芹，陈大庆，刘绍平，等（1734）
强壮前沟藻化感物质分析………………………………………………… 冀晓青，韩笑天，杨佰娟，等（1745）
饥饿对中间球海胆 MYP 基因转录表达的影响 ………………………… 秦艳杰，孙博林，李　霞，等（1755）
贺兰山牦牛冬春季的生境选择……………………………………………… 赵宠南，苏　云，刘振生，等（1762）
利用元胞自动机研究一类捕食食饵模型中的斑块扩散现象…………………………………… 杨　立，李维德（1773）
转 *Cry1Ab* 和 *Cry1Ac* 融合基因型抗虫水稻对田间二化螟和大螟种群发生动态的影响 ……………………………
………………………………………………………………………………… 李志毅，隋　贺，徐艳博，等（1783）
光谱和光强度对西花蓟马雌虫趋光行为的影响……………………………… 范　凡，任红敏，吕利华，等（1790）
荧光素对舞毒蛾核型多角体病毒不同地理品系的增效与光保护作用…… 王树娟，段立清，李海平，等（1796）
不同利用强度下绿洲农田土壤微量元素有效含量特征………………… 李海峰，曾凡江，桂东伟，等（1803）
稻田温室气体排放与土壤微生物菌群的多元回归分析………………… 秦晓波，李玉娥，石生伟，等（1811）
黄土高原典型区域土壤腐殖酸组分剖面分布特征 ………………………… 党亚爱，李世清，王国栋（1820）
紫色土菜地生态系统土壤 N_2O 排放及其主要影响因素 ………………………… 于亚军，王小国，朱　波（1830）
中国亚热带典型天然次生林土壤微生物碳源代谢功能影响因素……… 王　芸，欧阳志云，郑　华，等（1839）
基于 *K*-均值算法模型的区域土壤数值化分类及预测制图 ……………… 刘鹏飞，宋　轩，刘晓冰，等（1846）
淹水条件下秸秆还田的面源污染物释放特征………………………………… 杨志敏，陈玉成，张　赟，等（1854）
推迟拔节水对小麦氮素积累与分配和硝态氮运移的影响………………… 王红光，于振文，张永丽，等（1861）
江苏省冬小麦湿渍害的风险区划………………………………………… 吴洪颜，高　苹，徐为根，等（1871）
草原植物根系起始吸水层深度测定方法及其在不同群落状态下的表现……………………………………………
………………………………………………………………………………… 郭宇然，王　炜，梁存柱，等（1880）
亚热带 6 种树种细根序级结构和形态特征………………………………… 熊德成，黄锦学，杨智杰，等（1888）
高寒草原植物群落种间关系的数量分析………………………………… 房　飞，胡玉昆，张　伟，等（1898）
菊花近缘种属植物幼苗耐阴特性分析及其评价指标的确定……………… 孙　艳，高海顺，管志勇，等（1908）
南方菟丝子寄生对喜旱莲子草生长及群落多样性的影响………………… 王如魁，管　铭，李永慧，等（1917）
基于 cDNA 克隆的亚热带阔叶林和针叶林生态系统担子菌漆酶基因多样性及其群落结构研究………………
………………………………………………………………………………… 陈香碧，苏以荣，何寻阳，等（1924）
细柄阿丁枫和米槠细根寿命影响因素……………………………………… 黄锦学，凌　华，杨智杰，等（1932）
基于 TM 遥感影像的森林资源线性规划与优化配置研究 ………………… 董　斌，陈立平，王　萍，等（1943）
基于 CFD 的城市绿地空间格局热环境效应分析 ……………………………… 刘艳红，郭晋平，魏清顺（1951）

专论与综述

生态补偿效率研究综述 ………………………………………………………………………………… 赵雪雁（1960）

研究简报

黄河三角洲石油生产对东营湿地底栖动物群落结构和水质生物评价的影响…………………………………………
………………………………………………………………………………… 陈　凯，肖能文，王备新，等（1970）

期刊基本参数：CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ￥70.00 * 1510 * 34 * 2012-03

封面图说：植物生命演进石——这不是一块普通的火山岩，而是一块集中展示植物“原生演替”过程最有价值的石头。火山熔岩冷却后的玄武岩是无生命无土壤的真正“裸石”，风力使地衣的孢子传入，在一定温湿度环境下，开始出现了壳状地衣，壳状地衣尸体混合了自然风化的岩石碎屑提供的条件使叶状、枝状地衣能够侵入，接着苔藓侵入，是它们启动了土壤的形成，保持了土壤的湿度，并使营养物质反复循环。于是蕨类定居，草丛长了起来，小灌木出现，直到树木生长，最终形成森林。

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

DOI: 10.5846/stxb201103010250
孙艳,高海顺,管志勇,陈素梅,房伟民,陈发棣.菊花近缘种属植物幼苗耐阴特性分析及其评价指标的确定.生态学报,2012,32(6):1908-1916.
Sun Y, Gao H S, Guan Z Y, Chen S M, Fang W M, Chen F D. Analysis of shade-tolerance and determination of evaluation indicators of shade-tolerance in seedlings of *Chrysanthemum grandiflorum* and its closely related genera. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(6): 1908-1916.

菊花近缘种属植物幼苗耐阴特性分析及其评价指标的确定

孙 艳,高海顺,管志勇,陈素梅,房伟民,陈发棣*
(南京农业大学园艺学院,南京 210095)

摘要:以龙脑菊、菊花脑、野菊等 15 个菊花近缘种属植物幼苗为材料,对其进行不同梯度遮荫处理(全光照,遮光率 60%,遮光率 78%,遮光率 95%),从形态和生理等方面的 22 个指标进行测定,以各项指标的耐阴系数作为衡量耐阴性的指标,利用主成分分析、回归分析和聚类分析法对其耐阴性进行综合评价。结果表明:遮光率 78% 时的植物茎粗(X_2)、叶片厚度(X_{10})、叶绿素含量(X_{16}),遮光率 60% 时的植物叶绿素含量(X_{15}),以及遮光率 95% 时的植物叶面积(X_{13})、相对含水量(X_{14})和胞间二氧化碳浓度(X_{21})8 个指标可作为菊花近缘种属植物耐阴性评价指标,建立菊花近缘种属植物耐阴性评价的数学模型:$Y=82.876-0.153X_2+0.094X_{10}+0.741X_{13}+0.084X_{14}+0.054X_{15}-0.087X_{16}-0.472X_2$,($R^2=0.998$),预测精度大于 0.97。13 份材料的耐阴性极强,矶菊的耐阴性较差,即多数菊花近缘种属植物具有较好的耐阴能力。

关键词:菊花近缘种属植物;耐阴性;形态;生理;综合评价

Analysis of shade-tolerance and determination of evaluation indicators of shade-tolerance in seedlings of *Chrysanthemum grandiflorum* and its closely related genera

SUN Yan, GAO Haishun, GUAN Zhiyong, CHEN Sumei, FANG Weimin, CHEN Fadi*
College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, *China*

Abstract: *Chrysanthemum* (*Chrysanthemum grandiflorum* (Ramat.) Tzvel.) is one of the most important ornamentals, enjoying a major share of the cut flower and flowering pot plant market worldwide. The related taxa of *Chrysanthemum* have been shown to be tolerant to various biotic or abiotic stresses such as pest, fungi, drought or salt stress etc, so the useful gene can be used to the elite germplasm and new variety breeding of *Chrysanthemum* by interspecific hybridization or gene engineering. Several representative species of *Chrysanthemum* and its related genera, maintained at the *Chrysanthemum* Germplasm Resource Preserving Center, " Nanjing Agricultural University ", were used in this study. Seedlings of fifteen species from *Dendrathema* and *Ajania* generus such as *D. makinoi*, *D. nankingense*, *D. indicum*, *D. yoshinaganthum*, *D. japonense*, *D. crassum*, *D. makinoi* var. *akasaense*, *D. okiense*, *D. vestitum*, *Ajania przewalskii*, *A. pacificum*, *A. shiwogiku*, *Artemisia vulgaris*, *A. abrotarum*, *A. japonica*were subjected to shading treatment. Morphological and physiological parameters including stem diameter, internode length, leaf width, leaf length, leaf thickness, leaf area, relative water content, chlorophyll content, net photosynthetic rate (*Pn*), intercellular CO_2 concentration (*Ci*), stomatal conductance (*Gs*) and transpiration rate (*Tr*) of seedlings were determined under non-shading, 60%, 78% and 95%

基金项目:南京农业大学基本科研业务费杰出人才培养与引进项目(KYJ200907);上海市科技兴农重点攻关项目[沪农科攻字(2009)第 3-3 号];江苏省农业科技自主创新资金项目[CX(10)114]

收稿日期:2011-03-01; **修订日期**:2011-09-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chenfd@njau.edu.cn

shading rate, respectively. Our results showed that thirteen out of fifteen species including *D. makinoi*, *D. nankingense*, *D. indicum*, *D. yoshinaganthum*, *D. japonense*, *D. crassum*, *D. makinoi* var. *akasaense*, *D. okiense*, *D. vestitum*, *Ajania przewalskii*, *A. shiwogiku*, *Artemisia vulgaris*, *A. abrotarum* are shade-tolerant with longer leaf length, thiner leaf thick, higer chlorophyll content, no change of relative water content and intercellular CO_2 concentration than that of control, while *Ajania pacificum* is sensitive to shade tolerance with abnormal phenotype such as the smallest leaf length and leaf area, the lowest chlorophyll content, the highest relative water content and intercellular CO_2 concentration than its control, the sensitivity of the other one *A. japonica* to shade treatment was lower than that of *Ajania pacificum* but higher than that of the thirteen species. It suggests that most of the species from *Chrysanthemum* and *Ajania* are shade tolerant plants. The co-efficiency of different indexes was used to evaluate the shade tolerance of the plants. The shade tolerance of the tested 15 species was evaluated using the principle component analysis, regression analysis and hierarchical cluster analysis. The results showed that stem diameter (X_2), leaf thickness (X_{10}) and chlorophyll content (X_{16}) under 78% shading, chlorophyll content (X_{15}) under 60% shading, and leaf area (X_{13}) and relative water content (X_{14}) and intercellular CO_2 concentration (X_{21}) under 95% shading were suitable indexes for shading tolerance evaluation. The mathematical evaluation model for chrysanthemum shade-tolerance was $Y=82.876-0.153X_2+0.094X_{10}+0.741X_{13}+0.084X_{14}+0.054X_{15}-0.087X_{16}-0.472X_2$ ($R^2=0.998$), established based on above mentioned indexes, and the predicting accuracy of the model is as high as 0.97. It indicates that comprehensive assessment the shade-tolerance with the co-efficiency of different indexes is more effective and accurate, avoiding the segmentary evaluation of just one index or the reduplicate evaluation of more indexes. Together, our data suggest that the mathematical evaluation model based on the indexes using the principle component analysis, regression analysis and hierarchical cluster analysis is reliable and useful to assess the shade tolerance of *Chrysanthemum grandiflorum* and its closely related taxa.

Key Words: *chrysanthemum* and its closely related genera; shade-tolerance; morphological criteria; physiological index; comprehensive evaluation

菊花(*Chrysanthemum morifolium*)是我国的十大传统名花和四大切花之一,国内菊花品种有 3000 个以上[1],花型、花色、株型等极其丰富,是盆栽、切花和园林地被应用的重要花卉种类。菊花在进行设施切花生产及园林地被应用时,常常遇到弱光环境,因此,筛选耐阴资种质源及开展耐弱光品种的选育有重要意义。

近年来,有关花卉耐阴性的研究较多,苏雪痕通过对杭州园林植物群落在不同光照下的生长发育状况及光合作用特性的研究,提出了园林植物耐阴性及群落配置理论[2];应求是等[3]从光合参数和叶绿素含量对 6 种园林地被植物耐阴性进行了比较;张好好等[4]发现鸢尾属同一品种群的不同品种间存在耐阴性差异。目前,有关菊花耐寒、耐热、耐盐、耐涝等方面研究有较多报道[5-8],但菊花的耐阴性研究尚未见报道。本研究拟在借鉴植物耐阴性研究成果的基础上,对 15 份材料进行不同梯度的遮荫处理,从生理、形态等水平对其耐阴性进行研究,并探讨各指标与耐阴性的关系,建立可靠的菊花近缘种属植物耐阴性数学评价模型,为菊花近缘种属植物耐阴种质的挖掘、耐阴性新品种选育及大规模菊花品种的耐阴评价奠定基础。

1 材料与方法

1.1 实验材料

试验材料均取自南京农业大学"中国菊花种质资源保存中心",共计 15 份菊花近缘种属植物,其中菊属(*Dendranthema*)9 个种(变种),亚菊属(*Ajania*)和蒿属(*Artemisia*)各 3 个种(表 1)。

1.2 方法

2010 年 3 月 25 日选取生长整齐一致的插穗,在插床(蛭石:珍珠岩= 2:1)上扦插生根。4 月 25 日每种选 60 株生长健壮一致的生根苗定植于同一块大田中,外界环境温度一致(南京地区 4—5 月份的日平均气温为(19.2±1)℃),进行常规栽培管理,缓苗 10 d 后选用黑色遮阳网进行遮荫处理:对照 CK、60% 遮光率、78% 遮

光率、95%遮光率。采用随即区组设计,重复 3 次,每处理每份材料 5 株,45 d 后对相关指标进行测定。

表 1 供试材料列表

Table 1 Plant materials used in this study

序号 No.	名称 Name	学名 Scientific name	倍性 Ploidy	采集地 Location
1	龙脑菊	*D. makinoi*	2×	日本筑波
2	菊花脑	*D. nankingense*	2×	北京
3	野菊	*D. indicum*	4×	南京
4	那贺川野菊	*D. yoshinaganthum*	4×	日本筑波
5	野路菊	*D. japonense*	6×	东大日光分园
6	大岛野路菊	*D. crassum*	10×	日本石川
7	若狭滨菊	*D. makinoi* var. *wakasaense*	4×	日本筑波
8	阴岐的油菊	*D. okiense*	4×	日本广岛
9	毛华菊	*D. vestitum*	6×	河南伏牛山
10	细裂亚菊	*Ajania przewalskii*	4×	四川马尔康
11	矶菊	*A. pacificum*	10×	日本广岛
12	盐菊	*A. shiwogiku*	10×	日本广岛
13	黄金艾蒿	*Artemisia vulgaris*	4×	南京
14	香蒿	*A. abrotarum*	—	日本筑波
15	牡蒿	*A. japonica*	4×	日本广岛

1.2.1 生长状况测定

对不同遮光处理的植株,自上而下从第 4 叶位开始各选取 10 片生长完好、发育完整的叶片用 LI-3000A 便携式叶面积仪测定叶片长度(LL)、平均叶宽(LW)和叶面积(LA);从上(自上而下第 3—5 片叶)、中(自上而下第 8—10 片叶)、下(自下而上第 2—4 片叶)3 部分各剪取 3 片完好叶片,用 DL91150 数显游标卡尺测定叶片厚度,计算叶片平均厚度(LT);测定各植株自上而下第 4—6 个节间长度(IL),求其平均值;用游标卡尺测定样本基部茎粗(SD)。

1.2.2 叶绿素含量测定

参照李合生等[9]的方法测定,用紫外可见分光光度计(T6 新世纪,北京普析通用仪器有限责任公司)读取光密度值。

1.2.3 相对含水量测定

每个处理每株随机选取 3 枚成熟的干净叶片,用精确到 0.0001 g 的电子天平测定其鲜重(W1),置于恒温干燥箱内 105 ℃杀青 30 min,然后在 80 ℃的恒温下烘干至恒重,取出称其干重(W2),计算出叶片相对含水量。3 次重复。

$$相对含水量(RWC)=(W1-W2)/W1\times100\%$$

1.2.4 光合参数测定

选择晴朗的天气,于 9:00—11:00 用美国 LI-COR 公司产 LI-6400 型光合仪,选取自上而下第 3—4 叶位叶片测定净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、蒸腾速率(Tr)、胞间 CO_2 浓度(Ci)。设定内源光强为 600 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$,$CO_2$ 浓度为大气 CO_2 浓度,用空气缓冲瓶与大气接通,温度为大气温度,相对湿度为 70%。每株样品测定 3 次,单株重复。

1.3 数据处理与分析

单项指标的耐阴系数(α):α(%)= 各处理测定值/对照测定值×100%。

相关分析采用 Duncan's 新复极差法,通过主成分分析、回归分析、聚类分析对各项指标进行综合分析。作图用 SPSS 13.0 和 Excel 2003 系统。

2 结果与分析

2.1 各单项指标耐阴性系数的单因素分析

不同遮光处理下菊花近缘种属植物的耐阴性系数数值各不相同(表2、表3)。由表2和表3可见,随着光照强度的变化,试材的形态特征及生理指标与对照相比,呈现不同程度的差异性,其中22个指标与对照呈显著性差异,分别为60%遮光率的茎粗(X_1)、节间长度(X_4)叶宽(X_6)、叶片厚度(X_9)、叶面积(X_{12})、叶绿素含量(X_{15});78%遮光率的茎粗(X_2)、节间长度(X_5)、叶片厚度(X_{10})、叶绿素含量(X_{16})、叶绿素a与b的浓度之比Ca/Cb(X_{17})、胞间二氧化碳浓度(X_{20});95%遮光率的茎粗(X_3)、叶宽(X_7)、叶长(X_8)、叶片厚度(X_{11})、叶面积(X_{13})、含水量(X_{14})、Ca/Cb(X_{18})、净光合速率(X_{19})、胞间二氧化碳浓度(X_{21})、气孔导度(X_{22}),这些指标可能与菊花近缘种属植物的耐阴性关系较密切,对其通过主成分分析、回归分析、聚类分析等方法进行进一步综合评价。

表2　植物形态特征的单因素分析

Tabel 2　Single factor analysis of morphological characteristics

处理 Treatment	茎粗 Stem diameter	节间长度 Internode length	平均叶宽 Leaf width	叶片长度 Leaf length	叶片厚度 Leaf thickness	叶面积 Leaf area
CK	100.0±0.0a	100.0±0.0c	100.0±0.0b	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0b
Ⅰ	89.5±16.8b	136.2±42.6a	128.2±44.1a	115.8±9.7a	82.8±7.9b	125.9±29.2a
Ⅱ	69.6±15.7c	134.5±27.2ab	116.9±41.7ab	106.1±16.6a	72.6±11.6c	110.5±32.6ab
Ⅲ	48.9±14.5d	110.5±54.4bc	82.1±23.5c	68.1±19.9b	55.6±9.8d	54.9±29.8c

同一列参数后不同字母表示差异显著($P<0.05$);Ⅰ:60%遮光率;Ⅱ:78%遮光率;Ⅲ:95%遮光率

表3　植物生理指标的单因素分析

Tabel 3　Single factor analysis of physiological index

处理 Treatment	相对含水量 Relative water content	叶绿素含量 Chl content	Ca/Cb	净光合速率 *Pn*	胞间二氧化碳浓度 *Ci*	气孔导度 *Gs*	蒸腾速率 *Tr*
CK	100.0±0.0b	100.0±0.0b	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0c	100.0±0.0a	100.0±0.0ab
Ⅰ	116.1±16.0ab	152.5±62.0a	101.9±9.1a	103.7±40.1a	108.6±5.4bc	121.1±67.6a	111.6±43.1a
Ⅱ	119.3±13.1ab	129.8±55.2a	90.6±13.4b	102.8±64.5a	114.1±4.2b	123.5±58.2a	117.0±37.6a
Ⅲ	122.9±17.6a	136.1±48.7ab	83.3±17.1b	41.9±23.5b	118.3±8.8a	66.9±26.3b	77.7±21.8b

2.2 主成分分析

主成分分析能有效地简化数据,分析各指标间的关系,起到了浓缩数据的作用。主成分个数提取原则为主成分对应的特征值大于1的前 m 个主成分[10]。根据分析(表4),可见前5个主成分已经包含22个耐阴性评价指标的大部分信息(累积贡献率为74.245%),因此,可以用前5个主成分进行耐阴性分析。第1主成分携带了叶片形态特征方面的信息;第2主成分携带了光合系统方面的指标;第3主成分携带了叶片形态和叶绿素含量方面的信息;第4主成分携带了叶面积、含水量和叶绿素方面的信息;第5主成分携带了含水量、叶绿素和光合系统方面的信息。

表5为各菊花近缘种属植物在5个主成分上的得分,毛华菊和大岛野路菊在第1主成分上得分最高,牡蒿在第2主成分上得分最高,矶菊在第3主成分上得分最高,龙脑菊在第4主成分上得分最高,牡蒿和龙脑菊在第5主成分上得分最高。根据表5并不能直观地评价各菊花近缘种属植物的耐阴性,因此,必须在此基础上进一步利用其他多元统计方法来评价其耐阴性。

2.3 回归分析

为分析指标与耐阴性之间的关系,提炼用于菊花耐阴性初步评价的较为可靠的指标,探讨可以用于耐阴性评价的数学模型,对22个指标进行了逐步回归分析。叶片的形态结构与光照条件有着极为密切的关系[11],许多研究表明耐阴性强的植物在较低的光照强度下叶片变长变大[12-14],沈娟[15]在对具有耐阴性的红

花酢浆草研究时发现,重度遮光下红花酢浆草的平均最大叶长达 31. 6 cm,是对照的 2. 6 倍。因此,以遮光 95% 的叶片长度(X_8)为因变量,其余 21 个指标为自变量进行回归分析,结果如下:

表 4 菊花耐阴性综合评价的主成分表

Table 4 Main components of integrated evaluation based onshade tolerance in chrysanthemum

主成分 Main components		1	2	3	4	5
特征根 Latent root		5.450	3.610	3.149	2.160	1.966
贡献率 Contributive ratio/%		24.775	16.407	14.312	9.816	8.936
累积贡献率 Cumulative contributive ratio/%		24.775	41.182	55.494	65.310	74.245
特征向量	X_1	0.118	−0.041	−0.007	−0.107	0.221
Eigenvector	X_2	0.126	−0.036	0.134	−0.095	0.001
	X_3	0.112	−0.045	0.165	−0.151	−0.014
	X_4	0.049	0.121	−0.162	0.105	−0.022
	X_5	0.148	0.083	−0.007	−0.055	0.031
	X_6	0.006	0.129	0.220	−0.009	0.241
	X_7	0.095	0.097	0.212	0.041	−0.006
	X_8	0.097	−0.174	0.015	0.195	−0.107
	X_9	−0.069	−0.149	0.003	−0.190	0.035
	X_{10}	−0.034	−0.162	0.112	0.020	0.053
	X_{11}	0.113	−0.110	0.089	−0.045	−0.035
	X_{12}	−0.047	−0.130	0.243	0.133	0.142
	X_{13}	0.106	−0.125	0.069	0.212	−0.175
	X_{14}	−0.001	−0.064	−0.046	0.229	0.285
	X_{15}	−0.058	0.081	0.082	0.060	−0.263
	X_{16}	−0.108	0.042	0.101	0.218	−0.173
	X_{17}	0.063	0.039	−0.083	0.306	0.156
	X_{18}	0.109	0.121	−0.083	0.135	0.184
	X_{19}	−0.120	−0.092	0.089	0.096	0.149
	X_{20}	0.006	0.153	0.137	0.146	−0.171
	X_{21}	−0.008	0.234	0.062	−0.138	0.013
	X_{22}	−0.144	0.035	0.070	−0.004	0.208

表 5 15 个菊花近缘种属植物主成分得分表

Table 5 Factor scores of fifteen chrysanthemum wild species

种名 Scientific name	第 1 主成分 The first main component	第 2 主成分 The second main component	第 3 主成分 The third main component	第 4 主成分 The fourth main component	第 5 主成分 The fifth main component
龙脑菊	27.884	50.265	116.361	140.198	93.320
菊花脑	23.790	54.999	83.983	103.458	18.507
野菊	40.470	30.389	92.978	72.163	64.619
那贺川野菊	48.530	43.013	115.094	105.531	75.327
野路菊	36.087	45.250	111.414	125.927	55.128
大岛野路菊	51.843	65.688	88.746	89.216	48.443
若狭滨菊	33.935	82.751	96.196	137.518	14.754
阴岐的油菊	30.781	50.003	133.981	120.507	16.899
毛华菊	55.317	33.741	132.934	104.613	58.150
细裂亚菊	8.480	53.548	89.136	97.433	69.165
矶菊	−28.856	51.070	177.378	138.417	43.058
盐菊	34.795	43.889	99.311	94.091	61.990
黄金艾蒿	18.431	59.953	112.488	126.396	46.619
香蒿	5.464	51.282	115.167	105.383	76.695
牡蒿	36.678	97.157	158.236	85.200	110.557

当 $F_{\text{to-enter}} \geqslant 3.84$ 并且 $F_{\text{to-remove}} \leqslant 2.17$ 时,遮光率 78% 时的茎粗(X_2)、叶片厚度(X_{10})、叶绿素含量(X_{16});遮光率 60% 时的叶绿素含量(X_{15});以及遮光率 95% 时的叶面积(X_{13})、相对含水量(X_{14})、胞间二氧化碳浓度(X_{21})8 个指标被引入方程:

$$Y = 82.876 - 0.153X_2 + 0.094X_{10} + 0.741X_{13} + 0.084X_{14} + 0.054X_{15} - 0.087X_{16} - 0.472X_{21}$$

R^2(决定系数)= 0.998

对回归方程的估计精度进行评价,结果见表 6。回归方程的估计精度分析结果表明,估计精度极高,均大于 0.97。证明方程中的指标对耐阴性影响明显,该回归方程可用于菊花近缘种属植物耐阴性评价。

表 6　回归方程的估计精度分析

Table 6　Analysis of evaluation accuracy of equation

种名 Scientific name	原始值 Primary value	回归值 Regression	差值 Difference	估计精度 Evaluation accuracy
龙脑菊	77.929	78.279	-0.350	0.996
菊花脑	59.174	57.461	1.713	0.971
野菊	68.998	69.087	-0.089	0.999
那贺川野菊	78.810	79.847	-1.037	0.987
野路菊	74.030	74.401	-0.371	0.995
大岛野路菊	59.468	60.383	-0.915	0.985
若狭滨菊	65.427	66.230	-0.803	0.988
阴岐的油菊	78.475	77.856	0.619	0.992
毛华菊	105.725	105.498	0.227	0.998
细裂亚菊	45.337	45.519	-0.182	0.996
矶菊	50.479	51.085	-0.606	0.988
盐菊	61.554	60.447	1.107	0.982
黄金艾蒿	61.981	60.949	1.032	0.983
香蒿	59.445	59.686	-0.241	0.996
牡蒿	31.749	31.853	-0.104	0.997

2.4　聚类分析

由表 7 可以看出,15 个菊花近缘种属植物在形态和生理指标上都表现出一定的耐阴性,通过聚类分析,又将 15 个物种细分为 3 类。第 1 类包括:龙脑菊、菊花脑、野菊、那贺川野菊、野路菊、大岛野路菊、若狭滨菊、阴岐的油菊、毛华菊、细裂亚菊、盐菊、黄金艾蒿、香蒿为耐阴性极强的野生种,表现为:遮荫处理下,叶长相对较长,叶片明显变薄,相对含水量基本保持不变,叶绿素含量明显升高,胞间二氧化碳浓度变化甚微;第 2 类的牡蒿为耐阴性较强的野生种,表现为:遮荫处理下,叶片和节间长度相对变小,叶片变薄,相对含水量较高,叶绿素含量较高,胞间二氧化碳浓度较高。第 3 类的矶菊为耐阴性较差的野生种,表现为:遮荫处理下,叶长和叶面积均明显变小,叶片厚度变化不大,相对含水量高,叶绿素含量明显降低,胞间二氧化碳浓度显著升高。

表 7　聚类结果及各类特征

Table 7　Hierarchical cluster result and description of each cluster

类别 Cluster	野生种序号 Wild species number	指标平均值 Average of each index							
		X_5	X_8	X_{10}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{21}
第一类 First cluster	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,13,14	76.27	68.90	64.62	49.88	106.45	212.02	255.35	110.59
第二类 Second cluster	15	65.25	51.09	69.90	31.37	108.90	157.08	121.49	112.72
第三类 Third cluster	11	58.92	31.85	81.55	18.99	111.87	98.26	83.77	140.50

3　讨论

遮荫对植物的影响常表现在植物的形态、生理、生化等众多指标上[16-19],因此对植物耐阴性的评价,应该

是对其综合指标进行分析判断才更加有效。综合评价方法在植物抗旱性、耐湿性、耐盐性以及耐热性等许多抗性评价方面都得到了应用[8,20-23],并取得了理想的结果。

叶片中叶绿素含量是量化植物生理反应,确立一个共同参考系时的重要生理指标[24],研究表明[25],叶绿素 b 含量的下降是叶片辐射过量,叶片中叶绿素体系破坏的表现。张春桃等[26]、牟会荣等[27]研究发现,随着遮荫时间的延长,耐阴植物的叶绿素含量与对照相比明显上升,同时由于叶绿素 b 含量的升高,叶绿素 a/b 呈下降趋势。本试验中,耐阴性强的材料在不同的遮光处理下叶绿素含量均有所上升,且随着遮光率的升高而上升,叶绿素 a/b 也较对照表现出显著的差异。

此外,遮荫处理下植物的光合特性与耐阴性也有一定的关系[28-30],光补偿点低且光饱和点相应也低的植物具有很强的耐阴性[31], 胞间 CO_2浓度(Ci)变化所致的叶片净光合速率的变化与气孔因子具有相关性[32]。本研究中,各菊花近缘种属植物经过遮荫处理后胞间二氧化碳浓度均有所上升,耐阴性强的材料变化不大,矶菊经过遮荫处理后的胞间二氧化碳浓度显著升高,说明其光合作用效率的降低是非气孔因子导致。

植物的耐阴性是一个复杂的生理过程,任何一个单项指标都不能够全面准确的评价植物的耐阴性。本试验从植物的形态、生理等方面对菊花近缘种属植物进行综合分析,并且以"各处理测定值/对照测定值×100%"作为植物的耐阴系数,消除材料间的固有差异,可真实地揭示菊花近缘种属植物的耐阴性。利用综合评价值对植物的耐阴性进行评价,克服了运用单一指标进行评价时的片面性,又避免了应用多种指标进行评价时的信息重叠性,使耐阴性的评价量化、直观。此外,通过对材料不同梯度遮荫处理的耐阴指标的聚类分析,筛选出耐阴性强的野生种,与单一遮光处理相比,更加的全面严谨。

4 结论

本研究对 15 个菊花近缘种属植物进行不同梯度的遮光处理,通过对 22 个耐阴系数的主成分分析及逐步回归分析,提炼出 8 个指标并建立了菊花近缘种属植物耐阴性综合评价的数学模型:$Y=82.876-0.153X_2+0.094X_{10}+0.741X_{13}+0.084X_{14}+0.054X_{15}-0.087X_{16}-0.472X_{21}$($X_2$:遮光 78% 的茎粗;$X_{10}$:遮光 78% 的叶片厚度;$X_{13}$:遮光 95% 的叶面积;$X_{14}$:的相对含水量;$X_{15}$:遮光 60% 的叶绿素含量;$X_{16}$:遮光 78% 的叶绿素含量;$X_{21}$:遮光 95% 的胞间二氧化碳浓度;$R^2=0.998$),预测精度大于 0.97。通过聚类分析将 15 个菊花近缘种属植物分成 3 类,在荫蔽环境下,耐阴性强的物种茎不会发生徒长,叶片变大变薄,以提高捕获光量子的能力;叶片中叶绿素含量显著提高,加强了耐阴植物的光合效能;叶片内的相对含水量没明显变化,以避免高湿度下病虫害的发生来提高植物的耐阴能力;胞间二氧化碳没有大量的集聚,也为耐阴植物在荫蔽环境下进行正常的光合作用提供了环境基础。

References:

[1] Li H J. Chrysanthemums in China. Nanjing: Jiangsu Scientific and Technical Press, 1993.

[2] Su X H. Shade-tolerance and configuration in landscape plants. Journal of Beijing Forestry University, 1981, (6): 63-71.

[3] Ying Q S, Lu M, Ding H J, Lu Y J. Comparison on the ability of shade-resistance among six ornamental cover plants. Journal of Zhejiang Agricaltural Sciences, 2009, (3): 488-490.

[4] Zhang H H, Jiang C H, Liu Q H, Xiao Y E, Qin J, Huang W C, Hu Y H. Effects of shading on physiological and morphological characteristics of varieties of *Iris*. Journal of Northeast Forestry University, 2009, 37(9): 43-44.

[5] Xu Y, Chen Y, Chen F D, Chen S M. Analysis of cold-tolerance and determination of cold-tolerance evaluation indicators in chrysanthemum. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(3): 974-981.

[6] Guan Z Y, Chen S M, Wang Y Y, Chen F D. Screening of salt-tolerance concentration and comparison of salt-tolerance for chrysanthemum and its related taxa. Chinese Journal of Ecology, 2010, 29(3): 467-472.

[7] Yin D M, Guan Z Y, Chen S M, Chen F D. Establishment of evaluation system for waterlogging tolerance and identification of waterlogging tolerance in Chrysanthemum morifolium and its related genera plants. Journal of Plant Genetic Resources, 2009, 10(3): 399-404.

[8] Jia S Z, Fang W M, Chen F D, Chen S M, Yang X M. Heat tolerance for summer blooming of Chrysanthemum. Journal of Zhejiang Forestry College, 2009, 26(1): 52-57.

[9] Li H S. Principle and Technique of Plant Physiological and Biochemical Experiments. Beijing: Higher Education Press, 2000.

[10] Zhang W T. Advanced Course on SPSS Statistical Analysis. Beijing: Higher Education Press, 2004.

[11] Wang S D. Plant and Plant Physiology. Beijing: China Architecture and Building Press, 1999.

[12] Beard J B. Shade stresses and adaptation mechanisms of turfgrasses. International Turfgrass Society Research, 1997, 8: 1186-1195.

[13] Van Huylenbroeck J M, Van Bockstaele E. Effects of shading on photosynthetic capacity and growth of turfgrass species. International Turfgrass Society Research, 2001, 9: 353-359.

[14] Evans J R, Poorter H. Photosynthesis acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. Plant, Cell and Environment, 2001, 24(8): 755-767.

[15] Shen J. Research on shade tolerance of *Oxalis corymbosa*. Journal of Anhui Agricaltural Sciences, 2010, 38(24): 12950-12951.

[16] Zhang Q F, Xia L, Qian Y Y. Diagnosis indexes system and its application of shade-tolerance character of landscape greenery plants. Chinese Landscape Architecture, 2000, 16(6): 93-95.

[17] Abram M D, Kubiske M E. Leaf structural characteristics of 31 hardwood and conifer tree species in central Wisconsin: influence of light regime and shade tolerance rank. Forest Ecology and Management, 1990, 31(4): 145-153.

[18] Murchie E H, Horton P. Acclimation of photosynthesis to irradiance and spectral quality in British plant species: chlorophyll content, photosynthetic capacity and habitat preference. Plant, Cell and Environment, 1997, 20(4): 438-448.

[19] Pandey S, Kumar S, Nagar P K. Photosynthetic performance of *Ginkgo biloba* L. grown under high and low irradiance. Photosynthetica, 2003, 41(4): 505-511.

[20] Zhou G S, Mei F Z, Zhou Z Q, Zhu X T. Comprehensive evaluation and forecast on physiological indices of waterlogging resistance of different wheat varieties. Scientia Agricultura Sinica, 2003, 36(11): 1378-1382.

[21] Su G X, Hong F S. Evaluation of salt tolerance for partial mulberry varieties with subordinate function. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2002, 18(1): 42-47.

[22] Liao J R, Zheng Z Y, Zhang W X, Zhao Z, Bo G X, Fu F J. Compared analysis of drought resistance and yield potential in different hybrid maize varieties. Journal of Anhui Agricaltural Sciences, 2005, 33(1): 7-10.

[23] He X Y, Wen R L, Wu C R, Zhou J G. Analysis of maize drought resistance at seeding stage by fuzzy subordination method. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2008, 21(1): 52-56.

[24] Wittmann C, Aschan G, Pfanz H. Leaf and twig photosynthesis of young beech (*Fagus sylvatica*) and aspen (*Populus tremula*) trees grown under different light regime. Basic and Applied Ecology, 2001, 2(2): 145-154.

[25] Jason J G, Thomas G R, Pharr D M. Photosynthesis, chlorophyll fluorescence, and carbohydrate content of *illicium* taxa grown under varied irradiance. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2004, 129(1): 46-53.

[26] Zhang C T, Zhu X L, Cai K F, Yu Y G. Evaluation of shade tolerance of Carex species available for garden-environment planting. Journal of Beijing Forestry University, 2010, 32(4): 207-212.

[27] Mou H R, Jiang D, Dai T B, Jing Q, Cao W X. Effect of shading on photosynthesis and chlorophyll fluorescence characters in wheat flag leaves. Scientia Agricultura Sinica, 2008, 41(2): 599-606.

[28] Yang J X, Guo B L, Lu R Q, Zhang J C. The effect of shading on the growth and photosynthesis characteristics in American Blackberry. Acta Horticulturae Sinica, 2005, 32(2): 292-294.

[29] Gui X L, Mao S L, Wang L H, Li W, Zhang B X, Zhang Z X. Response of anatomical structure and photosynthetic characteristics to low light in leaves of capsicum seedlings. Acta Horticulturae Sinica, 2009, 36(2): 195-208.

[30] Yang X P, Yang W H, Guo J P, Wang C L. Effect of shading on photosynthetic and growth characteristics of Gamellia sasangua in greenhouse. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2008, 16(3): 640-643.

[31] Zhang L Q, Zhou Q, Xiao C L. Research progress in the shade endurance of garden plant. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2006, 34(19): 4851-4853.

[32] Ding X T, Jin H J, Zhang H M, Yu J Z. Effect of shading on growth and diurnal photosynthetic changes of four vegetables in glasshouse. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2010, 22(1): 51-56.

参考文献:

[1] 李鸿渐. 中国菊花. 南京: 江苏科学技术出版社, 1993.

[2] 苏雪痕. 园林植物耐荫性及其配置. 北京林业大学学报, 1981, (6): 63-71.

[3] 应求是, 吕敏, 丁华娇, 卢毅军. 6 种园林地被植物的耐荫性比较. 浙江农业科学, 2009, (3): 488-490.

[4] 张好好, 蒋昌华, 刘庆华, 肖月娥, 秦俊, 黄卫昌, 胡永红. 遮荫对鸢尾属品种生理和形态特征的影响. 东北林业大学学报, 2009, 37

(9): 43-44.
[5] 许瑛, 陈煜, 陈发棣, 陈素梅. 菊花耐寒特性分析及其评价指标的确定. 中国农业科学, 2009, 42(3): 974-981.
[6] 管志勇, 陈素梅, 王艳艳, 陈发棣. 菊花近缘种属植物耐盐筛选浓度的确定及耐盐性比较. 生态学杂志, 2010, 29(3): 467-472.
[7] 尹冬梅, 管志勇, 陈素梅, 陈发棣. 菊花及其近缘种属植物耐涝评价体系建立及耐涝性鉴定. 植物遗传资源学报, 2009, 10(3): 399-404.
[8] 贾思振, 房伟民, 陈发棣, 陈素梅, 杨雪萌. 夏菊耐热性指标筛选和综合评价. 浙江林学院学报, 2009, 26(1): 52-57.
[9] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社, 2000.
[10] 张文彤. SPSS 统计分析高级教程. 北京: 高等教育出版社, 2004.
[11] 王世动. 植物及植物生理学. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
[15] 沈娟. 红花酢浆草的耐阴性研究. 安徽农业科学, 2010, 38(24): 12950-12951.
[16] 张庆费, 夏雷, 钱又宇. 城市绿化植物耐荫性的诊断指标体系及其应用. 中国园林, 2000, 16(6): 93-95.
[20] 周广生, 梅方竹, 周竹青, 朱旭彤. 小麦不同品种耐湿性生理指标综合评价及其预测. 中国农业科学, 2003, 36(11): 1378-1382.
[21] 苏国兴, 洪法水. 桑品种耐盐性的隶属函数法之评价. 江苏农业学报, 2002, 18(1): 42-47.
[22] 廖景容, 郑中阳, 张卫星, 赵致, 柏光晓, 付芳婧. 玉米不同杂交组合抗旱性、丰产性的研究. 安徽农业科学, 2005, 33(1): 7-10.
[23] 何雪银, 文仁来, 吴翠荣, 周锦国. 模糊隶属函数法对玉米苗期抗旱性的分析. 西南农业学报, 2008, 21(1): 52-56.
[26] 张春桃, 朱小楼, 蔡开锋, 于永根. 薹草的耐阴性研究及园林适用环境分析. 北京林业大学学报, 2010, 32(4): 207-212.
[27] 牟会荣, 姜东, 戴廷波, 荆奇, 曹卫星. 遮荫对小麦旗叶光合及叶绿素荧光特性的影响. 中国农业科学, 2008, 41(2): 599-606.
[28] 杨俊霞, 郭宝林, 鲁韧强, 张继冲. 遮荫对美国黑莓生长及光合特性的影响. 园艺学报, 2005, 32(2): 292-294.
[29] 眭晓蕾, 毛胜利, 王立浩, 李伟, 张宝玺, 张振贤. 辣椒幼苗叶片解剖特征及光合特性对弱光的响应. 园艺学报, 2009, 36(2): 195-208.
[30] 杨晓盆, 杨伟红, 郭晋平, 王春龙. 遮荫对温室盆栽茶梅光合特性及生长发育的影响. 中国生态农业学报, 2008, 16(3): 640-643.
[31] 张林青, 周青, 肖程岭. 园林植物耐阴性研究进展. 安徽农业科学, 2006, 34(19): 4851-4853.
[32] 丁小涛, 金海军, 张红梅, 余纪柱. 遮荫处理对温室四种蔬菜生长及光合作用日变化的影响. 浙江农业学报, 2010, 22(1): 51-56.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.32, No.6 March, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Quantitatively monitoring undergoing degradation of plateau grassland by remote sensing data: a case study in Maqu County, Gansu Province, China ······ ZHOU Jianhua, WEI Huaidong, CHEN Fang, et al (1663)
Using periphyton assemblages to assess stream conditions of Taizi River Basin, China ······ YIN Xuwang, QU Xiaodong, LI Qingnan, et al (1677)
Water-holding capacity of an evergreen broadleaf forest in Ailao Mountain and its functions in mitigating the effects of Southwest China drought ······ QI Jinhua, ZHANG Yongjiang, ZHANG Yiping, et al (1692)
The relationship between protistan community and water quality along the coast of Qingdao ······ YANG Jinpeng, JIANG Yong, HU Xiaozhong (1703)
Simulation of effects of warming on carbon budget in alpine meadow ecosystem on the Tibetan Plateau ······ QI Weiwei, NIU Haishan, WANG Shiping, et al (1713)
Features of leaf photosynthesis and leaf nutrient traits in reservoir riparian region of Three Gorges Reservoir, China ······ JIE Shenglin, FAN Dayong, XIE Zongqiang, et al (1723)
Spatio-temporal distribution of fish in the Pengxi River arm of the Three Gorges reservoir ······ REN Yuqin, CHEN Daqing, LIU Shaoping, et al (1734)
Analysis on allelochemicals in the cell-free Filtrates of *Amphidinium carterae* ······ JI Xiaoqing, HAN Xiaotian, YANG Baijuan, et al (1745)
Effect of starvation on expression patterns of the MYP gene in *Strongylocentrotus intermedius* ······ QIN Yanjie, SUN Bolin, LI Xia, et al (1755)
Habitat selection of feral yak in winter and spring in the Helan Mountains, China ······ ZHAO Chongnan, SU Yun, LIU Zhensheng, et al (1762)
Using cellular automata to study patchy spread in a predator-prey system ······ YANG Li, LI Weide (1773)
Effects of insect-resistant transgenic *Bt* rice with a fused *Cry1Ab+Cry1Ac* gene on population dynamics of the stem borers, *Chilo suppressalis* and *Sesamia inferens*, occurring in paddyfield ······ LI Zhiyi, SUI He, XU Yanbo, et al (1783)
Effect of spectral sensitivity and intensity response on the phototaxis of *Frankliniella Occidentalis* (Pergande) ······ FAN Fan, REN Hongmin, LU Lihua, et al (1790)
The synergistic action and UV protection of optical brightener on three different geographic isolates of Asian Gypsy Moth Nucleopolyhedrovirus (LdMNPV) ······ WANG Shujuan, DUAN Liqing, LI Haiping, et al (1796)
The availability of trace elements in an oasis soil under different utilization intensity in an arid area in China ······ LI Haifeng, ZENG Fanjiang, GUI Dongwei, et al (1803)
Multivariate regression analysis of greenhouse gas emissions associated with activities and populations of soil microbes in a double-rice paddy soil ······ QIN Xiaobo, LI Yu'e, SHI Shengwei, et al (1811)
Distribution characteristics of humus fraction in soil profile for the typical regions in the Loess Plateau ······ DANG Ya'ai, LI Shiqing, WANG Guodong (1820)
N_2O emissions from vegetable farmland with purple soil and the main factors influencing these emissions ······ YU Yajun, WANG Xiaoguo, ZHU Bo (1830)
Relationships between carbon source utilization of soil microbial communities and environmental factors in natural secondary forest in subtropical area, China ······ WANG Yun, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al (1839)
Numerical soil classification using fuzzy *K*-means algorithm and predictive soil mapping at regional scale ······ LIU Pengfei, SONG Xuan, LIU Xiaobing, et al (1846)
Releasing characteristics of nonpoint source pollutants from straws under submerging condition ······ YANG Zhimin, CHEN Yucheng, ZHANG Yun, et al (1854)
Effects of delayed irrigation at jointing stage on nitrogen accumulation and its allocation, and NO_3-N migration in wheat ······ WANG Hongguang, YU Zhenwen, ZHANG Yongli, et al (1861)
Risk division on winter wheat suffering from spring wet damages in Jiangsu Province ······ WU Hongyan, GAO Ping, XU Weigen, et al (1871)
Determination of the initial depth of water uptake by roots of steppe plants in restored and overgrazed communities, Inner Mongolia, China ······ GUO Yuran, WANG Wei, LIANG Cunzhu, et al (1880)
Fine root architecture and morphology among different branch orders of six subtropical tree species ······ XIONG Decheng, HUANG Jinxue, YANG Zhijie, et al (1888)
Numerical analysis of inter-specific relationships in Alpine steppe community in Bayanbulak ······ FANG Fei, HU Yukun, ZHANG Wei, et al (1898)
Analysis of shade-tolerance and determination of evaluation indicators of shade-tolerance in seedlings of *Chrysanthemum grandiflorum* and its closely related genera ······ SUN Yan, GAO Haishun, GUAN Zhiyong, et al (1908)
Effect of the parasitic *Cuscuta australis* on the community diversity and the growth of *Alternanthera philoxeroides* ······ WANG Rukui, GUAN Ming, LI Yonghui, et al (1917)
Diversity and community structure of basidiomycete laccase gene from subtropical broad-leaved and coniferous forest ecosystems based on cDNA cloning ······ CHEN Xiangbi, SU Yirong, HE Xunyang, et al (1924)
Fine root longevity and controlling factors in subtropical *Altingia grlilipes* and *Castanopsis carlesii* forests ······ HUANG Jinxue, LING Hua, YANG Zhijie, et al (1932)
Linear programming and optimal distribution of the forest resources based on TM remote sensing images ······ DONG Bin, CHEN Liping, WANG Ping, et al (1943)
Urban green space landscape patterns and thermal environment investigations based on computational fluid dynamics ······ LIU Yanhong, GUO Jinping, WEI Qingshun (1951)

Review and Monograph

Review of the ecological compensation efficiency ······ ZHAO Xueyan (1960)

Scientific Note

The effects of petroleum exploitation on water quality bio-assessment and benthic macro-invertebrate communities in the Yellow River Delta wetland, Dongying ······ CHEN Kai, XIAO Nengwen, WANG Beixin, et al (1970)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究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;新书评介和学术、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,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 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

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 32 卷　第 6 期　(2012 年 3 月)

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
主　编　冯宗炜
主　管　中国科学技术协会
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
出　版　科　学　出　版　社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:1R00717
印　刷　北京北林印刷厂
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
订　购　全国各地邮局
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
广告经营许可证　京海工商广字第 8013 号

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32　No. 6　2012

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
Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing　100717, China
Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China
Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel: (010)64034563
E-mail: journal@ cspg. net
Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading Corporation
Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China

ISSN 1000-0933　06>
9 771000 093125

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** 70.00 元