

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 10 期 Vol.32 No.10 **2012**

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 32 卷 第 10 期

2012 年 5 月 (半月刊)

目次

基于系统动力学的城市住区形态变迁对城市代谢效率的影响.....	李旋旗,花利忠 (2965)
居住-就业距离对交通碳排放的影响	童抗抗,马克明 (2975)
经济学视角下的流域生态补偿制度——基于一个污染赔偿的算例	刘涛,吴钢,付晓 (2985)
旅游开发对上海滨海湿地植被的影响.....	刘世栋,高峻 (2992)
汶川地震对大熊猫主食竹——拐棍竹竹笋生长发育的影响.....	廖丽欢,徐雨,冉江洪,等 (3001)
江西省森林碳蓄积过程及碳源/汇的时空格局.....	黄麟,邵全琴,刘纪远 (3010)
伊洛河流域草本植物群落物种多样性.....	陈杰,郭屹立,卢训令,等 (3021)
新疆绿洲农田不同连作年限棉花根际土壤微生物群落多样性.....	顾美英,徐万里,茆军,等 (3031)
荒漠柠条锦鸡儿 AM 真菌多样性.....	贺学礼,陈杰,郭辉娟,等 (3041)
彰武松、樟子松光合生产与蒸腾耗水特性	孟鹏,李玉灵,尤国春,等 (3050)
中亚热带常绿阔叶林粗木质残体呼吸季节动态及影响因素.....	刘强,杨智杰,贺旭东,等 (3061)
盐土和沙土对新疆常见一年生盐生植物生长和体内矿质组成的影响	张科,田长彦,李春俭 (3069)
长白山北坡林线灌木草本植物与岳桦的动态关系.....	王晓东,刘惠清 (3077)
不同生态条件对烤烟形态及相关生理指标的影响.....	颜侃,陈宗瑜 (3087)
基于因子分析的首蓿叶片叶绿素高光谱反演研究	肖艳芳,官辉力,周德民 (3098)
三峡库区消落带水淹初期土壤种子库月份动态.....	王晓荣,程瑞梅,唐万鹏,等 (3107)
三种利用方式对羊草草原土壤氨氧化细菌群落结构的影响.....	邹雨坤,张静妮,陈秀蓉,等 (3118)
西洋参根残体对自身生长的双重作用	焦晓林,杜静,高微微 (3128)
不同程度南方菟丝子寄生对入侵植物三叶鬼针草生长的影响	张静,闫明,李钧敏 (3136)
山东省部分水岸带土壤重金属含量及污染评价.....	张菊,陈诗越,邓焕广,等 (3144)
太湖蓝藻死亡腐烂产物对狐尾藻和水质的影响.....	刘丽贞,秦伯强,朱广伟,等 (3154)
不同生态恢复阶段无瓣海桑人工林湿地中大型底栖动物群落的演替.....	唐以杰,方展强,钟燕婷,等 (3160)
江西鄱阳湖流域中华秋沙鸭越冬期间的集群特征.....	邵明勤,曾宾宾,尚小龙,等 (3170)
秦岭森林鼠类对华山松种子捕食及其扩散的影响	常罡,王开锋,王智 (3177)
内蒙古草原小毛足鼠的活动性、代谢特征和体温的昼夜节律	王鲁平,周顺,孙国强 (3182)
温度和紫外辐射胁迫对西藏飞蝗抗氧化系统的影响.....	李庆,吴蕾,杨刚,等 (3189)
“双季稻-鸭”共生生态系统 C 循环	张帆,高旺盛,隋鹏,等 (3198)
水稻籽粒灌浆过程中蛋白质表达特性及其对氮肥运筹的响应.....	张志兴,陈军,李忠,等 (3209)
专论与综述	
海水富营养化对海洋细菌影响的研究进展	张瑜斌,章洁香,孙省利 (3225)
海洋酸化效应对海水鱼类的综合影响评述.....	刘洪军,张振东,官曙光,等 (3233)
入侵种薇甘菊防治措施及策略评估.....	李鸣光,鲁尔贝,郭强,等 (3240)
研究简报	
渭干河-库车河三角洲绿洲土地利用/覆被时空变化遥感研究	孙倩,塔西甫拉提·特依拜,张飞,等 (3252)
2009 年冬季东海浮游植物群集	郭术津,孙军,戴民汉,等 (3266)
新疆野生多伞阿魏生境土壤理化性质和土壤微生物.....	付勇,庄丽,王仲科,等 (3279)
塔里木盆地塔里木沙拐枣群落特征	古丽努尔·沙比尔哈孜,潘伯荣,段士民 (3288)
矿区生态产业共生系统的稳定性.....	孙博,王广成 (3296)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 338 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 36 * 2012-05	

封面图说: 哈巴雪山和金沙江——“三江并流”自然景观位于青藏高原南延部分的横断山脉纵谷地区,由怒江、澜沧江、金沙江及其流域内的山脉组成。它地处东亚、南亚和青藏高原三大地理区域的交汇处,是世界上罕见的高山地貌及其演化的代表地区,也是世界上生物物种最丰富的地区之一。哈巴雪山在金沙江左岸,与玉龙雪山隔江相望。图片反映的是金沙江的云南香格里拉段,远处为哈巴雪山。哈巴雪山主峰海拔 5396 m,而最低江面海拔仅为 1550 m,山脚与山顶的气温差达 22.8℃,巨大的海拔差异形成了明显的高山垂直性气候。

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

DOI: 10.5846/stxb201104120482

张静, 闫明, 李钧敏. 不同程度南方菟丝子寄生对入侵植物三叶鬼针草生长的影响. 生态学报, 2012, 32(10): 3136-3143.

Zhang J, Yan M, Li J M. Effect of differing levels parasitism from native *Cuscuta australis* on invasive *Bidens pilosa* growth. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(10): 3136-3143.

不同程度南方菟丝子寄生对入侵植物 三叶鬼针草生长的影响

张 静^{1, 2}, 闫 明¹, 李钧敏^{2, *}

(1. 山西师范大学生命科学学院, 临汾 041004; 2. 台州学院生态研究所, 临海 317000)

摘要:生物入侵严重影响了生态系统的结构和功能。菟丝子属植物可以有效地抑制入侵植物的生长, 恢复本地群落, 是一种有效的生物防治剂。以本地寄生植物南方菟丝子(*Cuscuta australis*)和入侵植物三叶鬼针草(*Bidens pilosa* L.)为研究对象, 采用不同数量的南方菟丝子茎段(长度 15 cm)寄生三叶鬼针草来形成不同的寄生程度(寄生 I、II、III 分别由 1、2、3 段南方菟丝子茎段寄生), 分析不同程度的寄生对寄主三叶鬼针草生长的影响, 并探讨寄生植物对寄主补偿生长的诱导。南方菟丝子寄生 34 d 之后, 3 种程度的寄生均可显著抑制三叶鬼针草生长。寄生 III 处理组的南方菟丝子生物量显著大于寄生 I 和寄生 II 处理组。不同寄生强度对三叶鬼针草生长的影响具有一定的差异。寄生 II 和寄生 III 的三叶鬼针草叶生物量、茎生物量、地上生物量、地下生物量、总生物量、株高与冠幅均显著低于寄生 I, 但相互之间不存在显著性差异; 寄生 II 的三叶鬼针草的叶面积、根长和根体积均显著低于寄生 I, 寄生 III 的叶面积和根长高于寄生 II, 但与寄生 I 及寄生 II 之间不存在显著性差异, 寄生 III 的根体积显著高于寄生 II, 但与寄生 I 之间不存在显著性差异。与对照相比, 不同程度寄生下三叶鬼针草的净同化速率 NAR 和相对生长率 RGR 极显著降低。寄生 II 的三叶鬼针草的 RGR 显著低于寄生 I, 寄生 III 的三叶鬼针草的 RGR 高于寄生 II, 但与寄生 I 及寄生 II 之间均不存在显著性差异。寄生 II 与寄生 III 的三叶鬼针草的 NAR 显著低于寄生 I 组, 但相互之间不存在显著性差异。除寄生 I 处理组外, 寄生 II 与寄生 III 处理导致三叶鬼针草与南方菟丝子的累积生物量均显著低于对照。寄生 II 处理组的累积生物量要低于寄生 I 处理组, 寄生 III 处理组的累积生物量要高于寄生 II 处理组, 但显著低于对照组, 表明寄生 III 处理组的三叶鬼针草产生了低补偿生长。由于南方菟丝子寄生显著抑制入侵植物的生物量, 因此南方菟丝子仍具有防治入侵植物的潜力。

关键词:三叶鬼针草; 南方菟丝子; 寄生植物; 入侵植物; 补偿生长

Effect of differing levels parasitism from native *Cuscuta australis* on invasive *Bidens pilosa* growth

ZHANG Jing^{1, 2}, YAN Ming¹, LI Junmin^{2, *}

1 School of Life Sciences, Shanxi Normal University, Linfen 041004, China

2 Institute of Ecology, Taizhou University, Linhai 317000, China

Abstract: Biological invasions have severe impacts on the composition and function of natural ecosystems. Biological control may be a potential method to effectively control invasive species, especially using the native biocontrol agents. *Cuscuta* spp. species are parasitic plants and were verified as potential biological control agents. *Bidens pilosa* L. (Compositae), an annual forb native to South America, commonly invaded subtropical south-western China. *C. australis* (Convolvulaceae), native to China, is a holoparasitic plant. Here we aimed to find out whether *Cuscuta* spp. species are verified as potential effective biocontrol agents on the invasive plant *Bidens pilosa* or alternatively and whether they induce compensatory growth

基金项目:国家自然科学基金(30800133); 中国博士后基金(20080440557); 浙江省自然科学基金(Y5110227)

收稿日期:2011-04-12; **修订日期:**2011-08-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lijm@tzc.edu.cn

in *B. pilosa* by testing the effects of differing levels of parasitism from the native parasitic *C. australis* with invasive *B. pilosa*. *B. pilosa* parasitized by one, two and three sections of *C. australis* stem with 15 cm length were taken as parasitism intensity at I, II and III level, respectively. Parasitism by *C. australis* significantly decreased *B. pilosa* growth. The biomass of parasitic *C. australis* at the highest level (III) was significantly higher than those at the two lowest levels (I and II). The above-ground biomass, below-ground biomass, total biomass, height and canopy diameter of *B. pilosa* parasitized by *C. australis* at the two highest parasitism levels (II and III) were significantly lower than those at the lowest level of parasitism (I). The leaf area, root length and root volume of *B. pilosa* at II level were significantly lower than those at I level, while the root volume at III level were significant higher than those at II level. In addition, parasitism by *C. australis* significantly decreased the relative growth rate (RGR) and net assimilation rate (NAR) of *B. pilosa*. RGR of *B. pilosa* at the highest level (III) were higher than that at the second highest level (II) without statistical significance. The cumulative biomass of *B. pilosa* parasitized by *C. australis* at the highest parasitism (III) was significantly higher than at the second highest parasitism (II), which was closed to that at the lowest parasitism level (I) but still lower than that in the control. This suggested an undercompensatory growth strategy of *B. pilosa* parasitized by *C. australis* at the highest parasitism level (III). Thus, the native parasitic *C. australis* could be used as a potential biocontrol agent to control invasive *B. pilosa*. But the optimal intensity of parasitism is important and necessary if biological control is to be effective.

Key Words: *Bidens pilosa*; *Cuscuta australis*; parasitic plant; invasive plant; compensatory growth

生物入侵是一个全球性的环境问题,对生态系统及环境造成严重的破坏^[1]。如何防治入侵生物成了目前入侵生态学领域的研究热点之一。常用的防治方法主要有工或机械物理控制、化学控制和生物控制。其中,工物理控制劳动强度大,耗费高;化学防治虽然效果好,但是农药会在空气及农作物上残留,间接对人体造成危害^[2];所以,生物防治被国内外学者认为是最有前景的方法之一^[3]。传统的生物防治采用引入入侵植物天敌来控制入侵植物,但引进的天敌,如草食昆虫、寄生蜂等,在入侵地除攻击入侵植物以外,还攻击本地植物,与本地生物竞争,甚至取代本地物种而成为入侵者^[4]。因此,如何使用本地物种作为天敌来防治入侵植物受到越来越多的关注^[5]。

菟丝子属(*Cuscuta*)植物不含叶绿体,没有自养能力,依靠吸器吸取寄主养分、水分来维持生存,是一种典型的全寄生植物^[6]。菟丝子属植物寄生入侵植物后可以显著地影响入侵植物的生长、繁殖、生物量分配格局,最终导致入侵植物群落结构发生变化,达到生物防治的目的^[7]。如寄生植物田野菟丝子(*Cuscuta campestris*)寄生入侵植物薇甘菊(*Mikania micrantha*)后,可使薇甘菊叶片数、光合速率、生物量等生长和生理指标都显著降低,改变其资源分配模式并抑制开花,可望成为根本上解决薇甘菊危害的一种生物控制技术^[8-9];又如寄生植物日本菟丝子(*Cuscuta japonica*)寄生入侵植物加拿大一枝黄花(*Solidago canadensis*)后,可以显著抑制加拿大一枝黄花的形态、开花及种子产生,有望成为控制加拿大一枝黄花危害的一种辅助手段^[10]。

当植物受到损伤时,植物并不是消极承受,而是在长期的进化过程中形成了一定的适应机制,尤其是草食动物取食损伤会刺激植物通过补偿生长增加繁殖或再生能力弥补所受到的损失^[11-12]。寄生植物从寄主吸取大量的养分与水分供给自身存活,给寄主带来一定的损伤。Pennings 和 Callaway 指出寄生植物与寄主的相互作用与草食动物与植物之间的相互作用在多方面存在相似性,是一种平行的行为^[13]。因此,推测植物寄生对植物的影响可能与草食动物取食类似,也能诱发植物的补偿生长,弥补植物寄生所引起的养分与水分丢失。但是目前尚无直接的证据证明植物寄生会引起入侵寄主的补偿生长。

三叶鬼针草(*Bidens pilosa* L.)为菊科(Compositae)鬼针草属(*Bidens*)1年生草本,原产热带美洲,广泛入侵我国华东、华中、华南、中南、西南等地区^[16]。南方菟丝子(*Cuscuta australis*)为旋花科(Convolvulaceae)菟丝子属(*Cuscuta*)的1年生缠绕性草本。本文以南方菟丝子和三叶鬼针草为研究对象,分析不同程度的寄生对

寄主三叶鬼针草生长的影响,探讨寄生植物是否会引起寄主的补偿生长,以期寄生植物防治三叶鬼针草提供一定的理论依据。

1 材料和方法

1.1 实验材料培养

2009 年 11 月于浙江省临海市野外收集三叶鬼针草种子若干,贮存于低湿贮藏箱中。土壤采集于临海市野外本地群落,与河砂 2:1 混合,备用。2010 年 5 月,在台州学院生态园构建由 16 种本地物种组成的人工群落,从临海市野外采集南方菟丝子茎段,均匀洒于人工群落中进行培养。于 2010 年 7 月在温室中进行三叶鬼针草的育苗。待三叶鬼针草的幼苗长至 15 cm 左右时,选取长势一致的三叶鬼针草幼苗移栽到塑料花盆中(直径 28 cm,高 38 cm),每盆 1 株,一共移栽 40 盆。将花盆随机摆在温室的一个小区中,保证光照、通风条件一致,每天早晚各浇 1 次水。幼苗存活 1 周后,施以奥绿肥 0.8 g/L。

1.2 试验设计及指标测定

待幼苗长至 30 cm 左右时,选择长势一致的幼苗随机分为 4 组。于 2010 年 7 月从生态园中采集南方菟丝子茎段(保证菟丝子顶端完整),按顺时针方向缠绕三叶鬼针草茎进行寄生,以不寄生处理作为对照(CK)。初始寄生的南方菟丝子长度分别为 15 cm(生物量为 0.037 g)、30 cm(生物量为 0.074 g)、45 cm(生物量为 0.110 g),分别记为寄生 I、寄生 II 和寄生 III。每个处理重复 6 盆。

寄生当天取 6 株三叶鬼针草,按根、茎、叶分开,放入牛皮纸袋,带回实验室,测量三叶鬼针草的初始生物量(W_1)和初始叶面积(L_1)。寄生第 2 天开始记录南方菟丝子的缠绕圈数、吸器数、分支数和盖度,共测量 8 d。寄生 34 d 后,在南方菟丝子生长到达生长旺盛期后,终止实验。用直尺测定三叶鬼针草的株高、冠幅;将南方菟丝子与三叶鬼针草分开,将三叶鬼针草分为根、茎、叶,放入牛皮纸袋,带回实验,测定南方菟丝子生物量、三叶鬼针草的终生物量(W_2)、终叶面积(L_2)、根长和根体积。用 WinFOLIA 叶面积分析软件分析叶面积;用 WinRHIZO 根系分析系统分析根长和根体积;将植物材料 105 °C 杀青 20 min,70 °C 烘干至恒重,用四位天平称重,测定菟丝子生物量、三叶鬼针草的根生物量、茎生物量和叶生物量,计算三叶鬼针草的总生物量(W_2)和累积生物量。根据公式计算相对生长速率(Relative growth rate, RGR)和净同化速率(Net assimilation rate, NAR): $RGR = (\ln W_2 - \ln W_1) / t$, 其中 W_2 为最终生物量; W_1 为初始生物量; t 为南方菟丝子寄生后植株的生长时间^[17]; $NAR = \frac{(W_2 - W_1)(\ln L_2 - \ln L_1)}{t(L_2 - L_1)}$, 其中 L_2 为最终叶面积, L_1 为初始叶面积。

1.3 数据分析

数据采用平均数±标准差形式表示,然后用 SPSS16.0 进行方差分析。在进行方差分析前先进行方差齐性检验,若方差齐性则直接采用单因素方差分析(One way ANOVA)对不同寄生强度下三叶鬼针草的及菟丝子数据进行差异的显著性检验,采用最小显著差数法(LSD)对同一指标的不同处理进行多重比较;若方差不齐时,则先进行对数转换,保证方差齐性,再用最小显著差异法对同一指标的不同处理进行多重比较。

2 结果与分析

2.1.1 不同寄生强度下南方菟丝子的生长

南方菟丝子寄生三叶鬼针草后,其缠绕圈数、吸器数、分支数和盖度都随着时间的增加而增加(图 1)。由图 1 可知,在南方菟丝子寄生的前 8 d,寄生 III 处理组的南方菟丝子的缠绕圈数、分支数和盖度高于寄生 II 处理组,而寄生 I 处理组则最低。而寄生 II 与寄生 III 处理组的南方菟丝子的吸器数量一直较为接近。由图 2 可知,在南方菟丝子寄生 34 d 后,不同寄生强度下南方菟丝子的生物量存在显著差异($df=17, P<0.01$),其中寄生 III 处理组南方菟丝子生物量显著大于寄生 I 和寄生 II 处理组,而寄生 I 与寄生 II 处理组之间不存在显著差异。

2.2 不同寄生强度对三叶鬼针草生长的影响

南方菟丝子寄生 34 d 之后,3 种程度的寄生都可以显著抑制三叶鬼针草的生长(图 3)。寄生后三叶鬼针

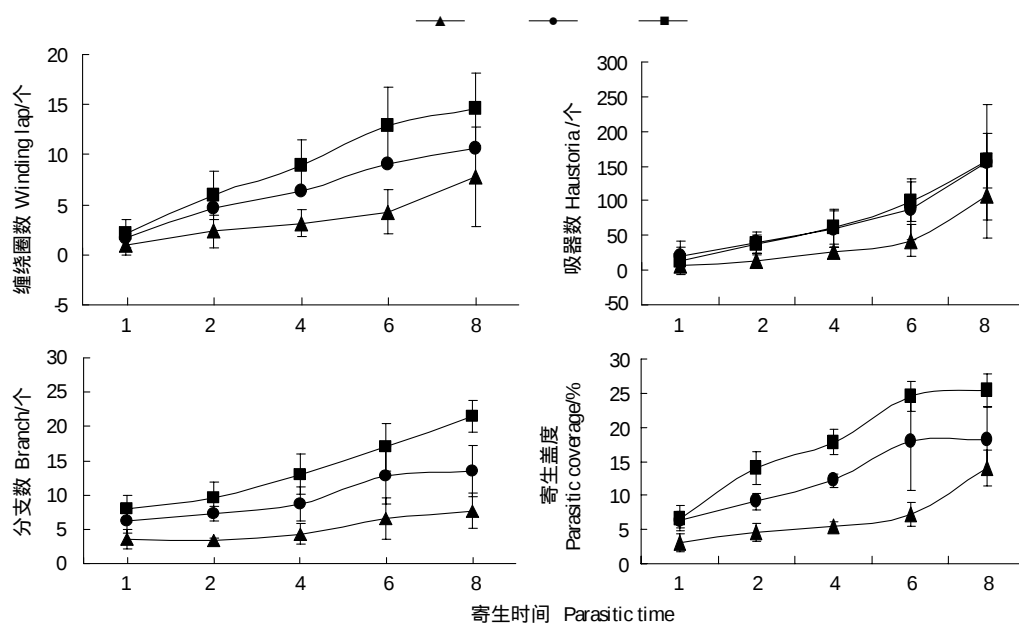


图1 不同寄生强度下南方菟丝子的寄生情况

Fig. 1 Parasitic status of *Cuscuta australis* under different parasitic intensity

草的形态指标(株高、冠幅、总叶面积、根长、根体积)和生物量(根生物量、茎生物量、叶生物量、地上部分生物量和总生物量)都显著低于对照组($df=23, P<0.05$)。

不同寄生强度对三叶鬼针草生长的影响具有一定的差异。寄生Ⅱ和寄生Ⅲ的三叶鬼针草株高与冠幅显著低于寄生Ⅰ,但相互之间不存在显著性差异;寄生Ⅱ的三叶鬼针草的叶面积、根长和根体积均显著低于寄生Ⅰ,寄生Ⅲ的叶面积和根长高于寄生Ⅱ,但与寄生Ⅰ及寄生Ⅱ之间不存显著性差异,寄生Ⅲ的根体积显著高于寄生Ⅱ,但与寄生Ⅰ之间不存在显著性差异;寄生Ⅱ和寄生Ⅲ的三叶鬼针草的叶生物量、茎生物量、地上生物量、地下生物量和总生物量均显著低于寄生Ⅰ,但相互之间不存在显著性差异。其中,寄生Ⅱ强度对三叶鬼针草的抑制效果最大,其地下生物量、地上生物量以及总生物量分别只有对照组的21.9%、39.5%、36.4%。

2.3 不同寄生强度对三叶鬼针草生长速率的影响

不同强度南方菟丝子寄生对三叶鬼针草 NAR 和 RGR 的影响见表1。与对照相比,不同程度寄生下三叶鬼针草的 NAR 显著降低($df=23, P<0.05$), RGR 极显著降低($df=23, P<0.01$)。寄生Ⅱ的三叶鬼针草的 RGR 显著低于寄生Ⅰ,寄生Ⅲ的三叶鬼针草的 RGR 高于寄生Ⅱ,但与寄生Ⅰ及寄生Ⅱ之间均不存在显著性差异。寄生Ⅱ与寄生Ⅲ的三叶鬼针草的 NAR 显著低于寄生Ⅰ组,但相互之间不存在显著性差异。

2.4 不同寄生强度下三叶鬼针草的累积生物量

除寄生Ⅰ处理组外,寄生Ⅱ与寄生Ⅲ处理导致三叶鬼针草与南方菟丝子的累积生物量均显著低于对照(表2)。寄生Ⅱ处理组的累积生物量要低于寄生Ⅰ处理组,仅有对照组的53.96%;寄生Ⅲ处理组的累积生物量要高于寄生Ⅱ处理组,但显著低于对照组。

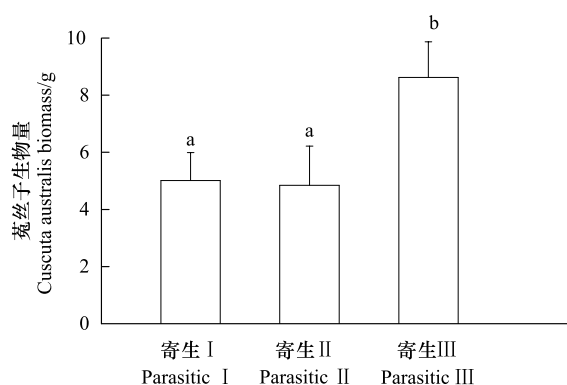


图2 不同寄生强度下南方菟丝子的生物量

Fig. 2 Biomass of *Cuscuta australis* under different parasitic intensity

不同小写字母表示具有显著性差异, $P=0.05$

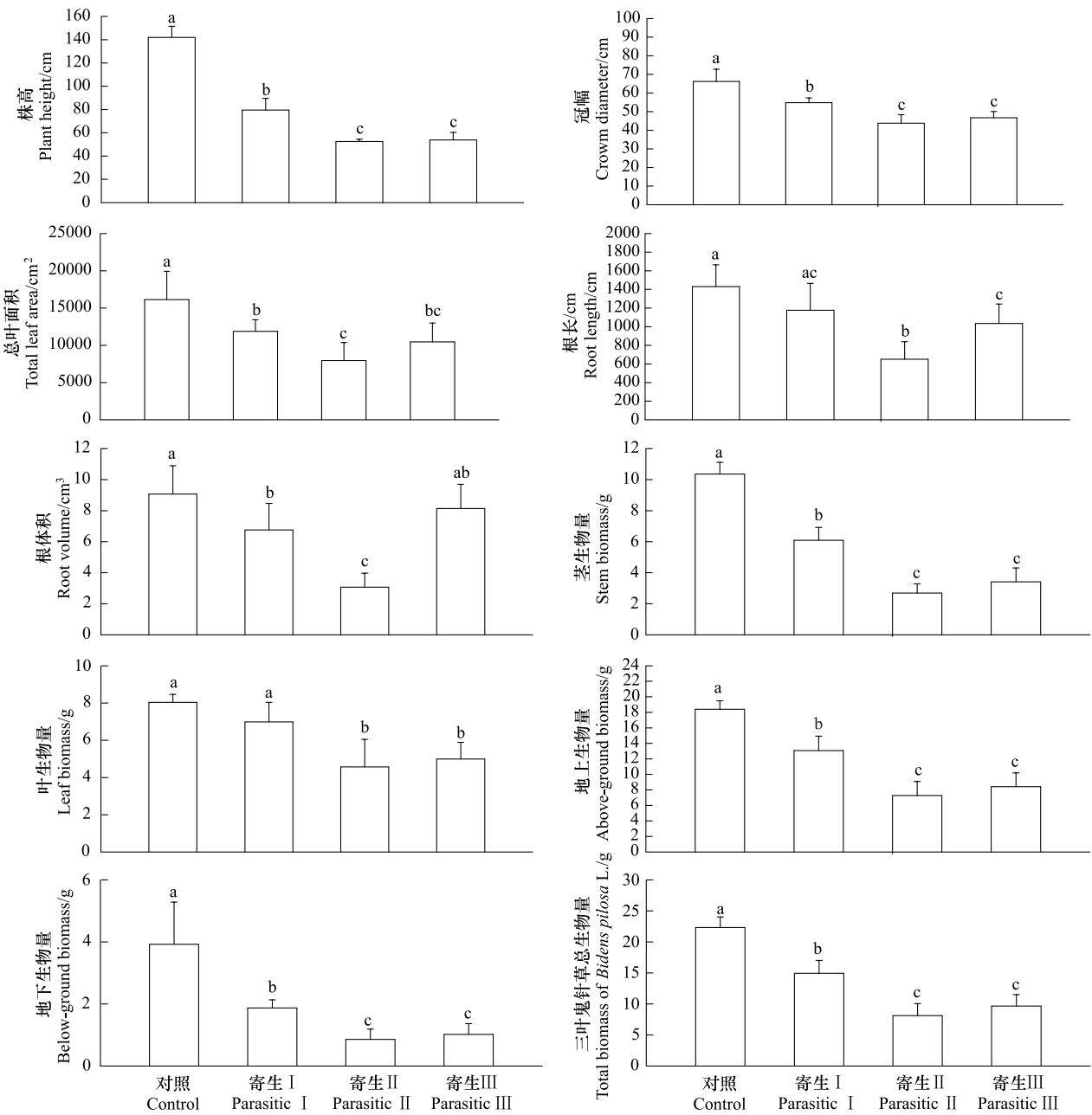


图3 不同寄生强度下三叶鬼针草生长指标对比

Fig. 3 Comparison of growth indices of *Bidens pilosa* L. under different parasitic intensity

不同小写字母表示具有显著性差异, $P=0.05$

表1 不同寄生强度下三叶鬼针草的 NAR 和 RGR

Table 1 NAR and RGR of *Bidens pilosa* L. under different parasitic intensity

寄生强度 Parasitic intensity	对照 Control	寄生 I Parasitic I	寄生 II Parasitic II	寄生 III Parasitic III
相对生长速率 RGR (mg/d)	82.95 ± 2.62A	69.13 ± 4.8B	48.08 ± 8.66C	53.21 ± 6.82C
净同化速率 NAR(mg·d ⁻¹ ·m ⁻²)	0.10 ± 0.032a	0.093 ± 0.0098b	0.066 ± 0.010c	0.064 ± 0.0098c

不同大写字母表示具有极显著性差异, $P=0.01$, 不同小写字母表示具有显著性差异, $P=0.05$

表 2 不同寄生强度下菟丝子与三叶鬼针草累积生物量

Table 2 Cumulative biomass of *Cuscuta australis* and *Bidens pilosa* L. under different parasitic intensity

寄生强度 Parasitic intensity	对照 Control	寄生 I Parasitic I	寄生 II Parasitic II	寄生 III Parasitic III
三叶鬼针草初始生物量/g Initial biomass of <i>Bidens pilosa</i> L.			2.01±0.54	
菟丝子生物量/g Biomass of <i>Cuscuta australis</i>	0	5.01±0.99A	4.85±1.37A	8.61±1.25B
三叶鬼针草最终生物量/g Final biomass of <i>Bidens pilosa</i> L.	22.32±1.70A	14.95±2.07B	8.12±1.94C	9.67±1.84C
累积生物量/g Cumulative biomass	20.31±1.70A	17.94±1.82AC	10.96±2.76B	16.28±2.82C

不同大写字母表示具有极显著性差异, $P=0.01$

3 讨论

3.1 植物寄生引起寄主的低补偿生长

本研究发现不同强度的南方菟丝子寄生会产生不同的累积生物量,随着寄生强度的增加,寄生 III 处理组的累积生物量要显著高于寄生 II 组,接近寄生 I 组,表明寄生 III 处理组引起寄主显著的补偿生长。植物补偿性生长是植物对损伤的一种反应。耐受性植物在被动物采食后通过再生长而补偿失去的组织,往往表现出生物量增加^[18],即产生补偿生长。通过受损植物的累积生物量(损失部分生物量与植物生长增加的生物量之和)与未受损(对照)植物的累积生物量(植物生长中的生物量)比较,可将植物补偿生长分为 3 种类型:1)超补偿性生长;2)低补偿性生长;3)等补偿性生长^[11]。草食动物引起的植物损伤既有抑制植物生长的机制,也有促进植物生长的机制,而植物的补偿性生长取决于促进与抑制之间的净效应^[19]。寄生植物通过吸取寄主的养分和水分来存活,寄生植物与寄主的相互作用与草食动物与植物之间的相互作用相类似^[13]。因此,植物寄生对植物造成的后果与草食动物取食类似,可以诱导寄主产生一定的补偿生长^[20-21],以弥补植物寄生所引起的养分与水分的丢失,使自身生长情况有所好转,从而更耐受寄生植物。在本研究中,寄生 III 处理组的累积生物量仍显著低于对照组,表现为低补偿性生长。研究发现由于寄生植物的生物量总是很低的,因此植物寄生总是会引起寄主生物量下降^[22-23],这不可用源-汇关系(source-sink relationships)来解释,可能与寄生植物生物量远远低于寄主丢失生物量有关。植物寄生引起总生物量丢失可能与多种因素有关,如寄生植物从寄主获得的资源不能被有效地同化,或是在吸器中发生了溶液的“泄漏”等等^[24]。

寄生植物引起的寄主的补偿生长可能是植物响应寄生的一种耐受机制。植物的补偿效应与耐受性是紧密相关的,如张谧等^[15]发现轻度和中度的放牧都有利于珍珠(*Salsola passerina*)的生长,其中中度放牧最有利于生长;而重度干扰下珍珠的耐受性达到了极限,超出了耐受的阈值,生物量发生下降,生长受到了影响。从本研究来看,植物寄生引起寄主的补偿生长存在阈值,在未到达这个阈值时,并不会引起寄主的补偿生长,随着寄生强度的增大(如寄生 II 处理组时),寄主与寄生植物的生长均越来越差;但当寄生强度增加到一定程度(如寄生 III 处理组时),寄主就会进行补偿生长,寄主与寄生植物的生长状况均明显好转。植物的补偿效应受到物种与环境的影响^[25]。这种情况与草食动物引起的补偿效应的阈值有些不同,是否与物种及环境有关仍需进一步研究。

3.2 植物寄生引起寄主补偿生长的机理

植物补偿生长的机理主要有增强光合作用速率、提高生长速率、增加分枝数或分株数,资源的再分配。草食动物的取食可以使植物的叶面积指数降低,光合能力下降,植株通过提高现有的及再生叶片光合能力来恢复整个植株的光合能力,如糙隐子草^[18];而苦草等主要通过提高剩余叶片的光合作用速率,提高植株的生长速率来补偿受损的植株^[11]。本研究发现,寄生 III 的三叶鬼针草的叶面积和根长高于寄生 II,但与寄生 I 及寄生 II 之间不存显著性差异,而根体积显著高于寄生 II,甚至高于寄生 I;寄生 III 处理组的 RGR 高于寄生 II 组,而 NAR 虽然低于寄生 II 处理组,但并不存在显著性差异。植物寄生物从寄主吸取较多的养分和水分,在有限

的资源情况下,寄主通过根长与根体积的增加来增强根的吸收能力,以使自身的相对生长速率与净同化速率保持不下降甚至升高,这可能是植物寄生引起寄主补偿生长的原因之一。进一步深入了解不同寄生强度下寄主光合作用能力和养分吸收能力的变化,将有助于进一步阐明植物寄生引起寄主补偿生长的可能机理。

3.3 寄生植物防治入侵植物的可行性

研究表明菟丝子属植物具有作为防治入侵植物的生物防治剂的潜力,如田野菟丝子(*C. campestris*)寄生薇甘菊后很快在薇甘菊叶面上形成一层黄色的覆盖层,减弱其光合能力,同时养分也被菟丝子所吸收,随后就导致薇甘菊生长缓慢,最终由于养分不足而死亡,有效地控制了薇甘菊的蔓延和传播^[26]。菟丝子属植物可以寄生群落中的入侵植物,抑制入侵植物的生长,从而促进本地植物的生长,有利于本地群落的恢复^[10]。本文研究显示南方菟丝子寄生入侵植物三叶鬼针草可以引起三叶鬼针草产生补偿生长,但不同寄生强度均引起累积生物量的下降,尤其是入侵植物三叶鬼针草生物量的下降,表现为低补偿生长。因此,寄生植物仍具有防治入侵植物的潜力。但是本文结果也暗示了在采用寄生植物生物防治入侵植物的过程中,应该针对物种和环境进行前期研究,以获得最适的寄生强度与最佳的防治效果,如本文研究发现寄生Ⅱ处理强度对于防治三叶鬼针草具有最佳的效果。

References:

- [1] Li B, Xu B S, Chen J K. Perspectives on general trends of plant invasions with special reference to alien weed flora of Shanghai. *Biodiversity Science*, 2001, 9(4): 446-457.
- [2] Zhang W Y, Wang B S, Liao W B, Li M G, Wang Y J, Zan Q J. Progress in studies on an exotic vicious weed *Mikania micrantha*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(12): 1684-1688.
- [3] Chen X F, Zhang H L, Luo Z J, He R R, Wu M T. Invasive alien species and its control tactics. *Plant Quarantine*, 2005, 19(2): 87-90.
- [4] Ma R Y, Wang R, Ding J Q. Classical biological control of exotic weeds. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(12): 2677-2688.
- [5] Yu H, Yu F H, Miao S L, Dong M. Holoparasitic *Cuscuta campestris* suppresses invasive *Mikania micrantha* and contributes to native community recovery. *Biological Conservation*, 2008, 141(10): 2653-2661.
- [6] Sheng J H, Zhang X J, Liu H Y, Li L. Summarization of parasitic plant. *Bulletin of Biology*, 2006, 41(3): 9-13.
- [7] Li J M, Dong M. Impacts of plant parasitism on structure and function of ecosystems. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(4): 1174-1184.
- [8] Zan Q J, Wang B S, Wang Y J, Zhang J L, Liao W B, Li M G. The harm caused by *Mikania micrantha* and its control by *Cuscuta campestris*. *Acta Phytocologica Sinica*, 2003, 27(6): 822-828.
- [9] Shen H, Hong L, Ye W H, Cao H L, Wang Z M. The influence of the holoparasitic plant *Cuscuta campestris* on the growth and photosynthesis of its host *Mikania micrantha*. *Journal of Experimental Botany*, 2007, 58(11): 2929-2937.
- [10] Jing W H, Fang F, Guo S L. Influences of parasitism by *Cuscuta japonica* plants on eco-physiological characteristics of *Solidago canadensis*. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(1): 399-406.
- [11] Li Y K, Li Y M, Liu Z W. Effects of leaf damage and sediment type on compensatory growth of submerged macrophyte *Vallisneria spiralis*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(11): 2369-2374.
- [12] Xi B, Zhu Z H, Li Y N, Wang W J, Zang Y M. Effect of grazing disturbance and nutrient availability on the compensatory responses of community in alpine meadows. *Journal of Lanzhou University: Natural Sciences*, 2010, 46(1): 77-84.
- [13] Pennings S C, Callaway R M. Parasitic plants: parallels and contrasts with herbivores. *Oecologia*, 2002, 131(4): 479-489.
- [14] Ma H B, Xie Y Z. Study on plant compensatory growth under different grazing ways in desert steppe. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2008, 17(1): 211-215.
- [15] Zhang Y, Wang H J, Yu C Q. Response of *Salsola passerine* rangeland to simulated grazing intensity. *Practaculture Science*, 2010, 27(8): 125-128.
- [16] Hong L, Shen H, Yang Q H, Cao H L, Ye W H. Studies on seed germination and storage of the invasive alien species *Bidens pilosa* L.. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 2004, 22(5): 433-437.
- [17] Wang J F, Feng Y L. The effect of light intensity on biomass allocation, leaf morphology and relative growth rate of two invasive plants. *Acta Phytocologica Sinica*, 2004, 28(6): 781-786.
- [18] Wang S P, Wang Y F. Study on over-compensation growth of *Cleistogenes squarrosa* population in Inner Mongolia steppe. *Acta Botanica Sinica*, 2001, 43(4): 413-418.

- [19] Ma H B, Yu Z J. Review on the research of plant compensation effect for grazing grassland. *Journal of Agricultural Sciences*, 2006, 27(1): 63-67.
- [20] Tan D Y, Guo S L, Wang C L, Ma C. Effects of the parasite plant (*Cistanche deserticola*) on growth and biomass of the host plant (*Haloxylon ammodendron*). *Forest Research*, 2004, 17(4): 472-478.
- [21] Lei S Q, Wang H Y, Du G Z, Pan S W. Compensatory growth responses of two plants with different growth forms after clipping. *Acta Phytocologica Sinica*, 2005, 29(5): 740-746.
- [22] Matthies D. Parasitic and competitive interactions between the hemiparasites *Rhinanthus serotinus* and *Odontites rubra* and their host *Medicago sativa*. *Journal of Ecology*, 1995, 83(2): 245-251.
- [23] Matthies D. Parasite-host interaction in *Castilleja* and *Orthocarpus*. *Canadian Journal of Botany*, 1997, 75(8): 1252-1260.
- [24] Cameron D D, Geniez J M, Seel W E, Irving L J. Suppression of host photosynthesis by the parasitic plant *Rhinanthus minor*. *Annals of Botany*, 2008, 101(4): 573-578.
- [25] Ballina-Gómez H S, Iriarte-Vivar S, Orellana R, Santiago L S. Compensatory growth responses to defoliation and light availability in two native Mexican woody plant species. *Journal of Tropical Ecology*, 2010, 26(2): 163-171.
- [26] Han S C, Li K H, Luo L F, Liu W H, Chen Q X, Peng T X, Li Y L. *Mikania micrantha* was destroyed by parasitic weed dodder, *Cuscuta chinensis*, in Guangdong. *Natural Enemies of Insects*, 2002, 24(1): 7-13.

参考文献:

- [1] 李博, 徐炳声, 陈家宽. 从上海外来杂草区剖析植物入侵的一般特征, 生物多样性, 2001, 9(4): 446-457.
- [2] 张炜银, 王伯荪, 廖文波, 李鸣光, 王勇军, 咎启杰. 外域恶性杂草薇甘菊研究进展. 应用生态学报, 2002, 13(12): 1684-1688.
- [3] 陈小帆, 张洪玲, 罗子娟, 何日荣, 武目涛. 我国外来有害生物入侵与控制措施. 植物检疫, 2005, 19(2): 87-90.
- [4] 马瑞燕, 王韧, 丁建清. 利用传统生物防治控制外来杂草的入侵. 生态学报, 2003, 23(12): 2677-2688.
- [6] 盛晋华, 张雄杰, 刘宏义, 李莉. 寄生植物概述. 生物学通报, 2006, 41(3): 9-13.
- [7] 李钧敏, 董明. 植物寄生对生态系统结构和功能的影响. 生态学报, 2011, 31(4): 1174-1184.
- [8] 咎启杰, 王伯荪, 王勇军, 张军丽, 廖文波, 李鸣光. 薇甘菊的危害与田野菟丝子的防除作用. 植物生态学报, 2003, 27(6): 822-828.
- [10] 蒋华伟, 方芳, 郭水良. 日本菟丝子 (*Cuscuta japonica*) 寄生对加拿大一枝黄花 (*Solidago canadensis*) 生理生态特性的影响. 生态学报, 2008, 28(1): 399-406.
- [11] 李宽意, 李艳敏, 刘正文. 叶片损害强度与基质营养水平对苦草补偿性生长的影响. 应用生态学报, 2008, 19(11): 2369-2374.
- [12] 席博, 朱志红, 李英年, 王文娟, 臧岳铭. 放牧强度和生境资源对高寒草甸群落补偿能力的影响. 兰州大学学报: 自然科学版, 2010, 46(1): 77-84.
- [14] 马红斌, 谢应忠. 不同放牧方式下荒漠草原植物补偿性生长研究. 西北农业学报, 2008, 17(1): 211-215.
- [15] 张谧, 王慧娟, 于长青. 珍珠草原对不同模拟放牧强度的响应. 草业科学, 2010, 27(8): 125-128.
- [16] 洪岚, 沈浩, 杨期和, 曹洪麟, 叶万辉. 外来入侵植物三叶鬼针草种子萌发与贮藏特性研究. 武汉植物学研究, 2004, 22(5): 433-437.
- [17] 王俊峰, 冯玉龙. 光强对两种入侵植物生物量分配、叶片形态和相对生长速率的影响. 植物生态学报, 2004, 28(6): 781-786.
- [18] 汪诗平, 王艳芬. 不同放牧率下糙隐子草种群补偿性生长的研究. 植物学报, 2001, 43(4): 413-418.
- [19] 马红彬, 余治家. 放牧草地植物补偿效应的研究进展. 农业科学研究, 2006, 27(1): 63-67.
- [20] 谭德远, 郭泉水, 王春玲, 马超. 寄生植物肉苁蓉对寄主梭梭生长及生物量的影响研究. 林业科学研究, 2004, 17(4): 472-478.
- [21] 雷抒情, 王海洋, 杜国祯, 潘生旺. 刈割后两种不同体型植物的补偿式样对比研究. 植物生态学报, 2005, 29(5): 740-746.
- [26] 韩诗畴, 李开煌, 罗莉芬, 刘文惠, 陈巧贤, 彭统序, 李丽英. 菟丝子致死薇甘菊. 昆虫天敌, 2002, 24(1): 7-13.

CONTENTS

Landscape aesthetic assessment based on experiential paradigm assessment technology	LI Xuanqi, HUA Lizhong (2965)
Significant impact of job-housing distance on carbon emissions from transport: a scenario analysis	TONG Kangkang, MA Keming (2975)
The watershed eco-compensation system from the perspective of economics: the cases of pollution compensation	LIU Tao, WU Gang, FU Xiao (2985)
The tourism development impact on Shanghai coastal wetland vegetation	LIU Shidong, GAO Jun (2992)
Effects of the Wenchuan Earthquake on shoot growth and development of the umbrella bamboo (<i>Fargesia robusta</i>), one of the giant panda's staple bamboos	LIAO Lihuan, XU Yu, RAN Jianghong, et al (3001)
Forest carbon sequestration and carbon sink/source in Jiangxi Province	HUANG Lin, SHAO Quanqin, LIU Jiyan (3010)
Species diversity of herbaceous communities in the Yiluo River Basin	CHEN Jie, GUO Yili, LU Xunling, et al (3021)
Microbial community diversity of rhizosphere soil in continuous cotton cropping system in Xinjiang	GU Meiyang, XU Wanli, MAO Jun, et al (3031)
Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of <i>Caragana korshinskii</i> Kom. in desert zone	HE Xueli, CHEN Zheng, GUO Huijuan, et al (3041)
Characteristics of photosynthetic productivity and water-consumption for transpiration in <i>Pinus densiflora</i> var. <i>zhangwuensis</i> and <i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i>	MENG Peng, LI Yuling, YOU Guochun, et al (3050)
Seasonal dynamic and influencing factors of coarse woody debris respiration in mid-subtropical evergreen broad-leaved forest	LIU Qiang, YANG Zhijie, HE Xudong, et al (3061)
Influence of saline soil and sandy soil on growth and mineral constituents of common annual halophytes in Xinjiang	ZHANG Ke, TIAN Changyan, LI Chunjian (3069)
Dynamics change of <i>Betula ermanii</i> population related to shrub and grass on treeline of northern slope of Changbai Mountains	WANG Xiaodong, LIU Huiqing (3077)
Effects of ecological conditions on morphological and physiological characters of tobacco	YAN Kan, CHEN Zongyu (3087)
A study on the hyperspectral inversion for estimating leaf chlorophyll content of clover based on factor analysis	XIAO Yanfang, GONG Huili, ZHOU Demin (3098)
Monthly dynamic variation of soil seed bank in water-level-fluctuating zone of Three Gorges Reservoir at the beginning after charging water	WANG Xiaorong, CHENG Ruimei, TANG Wanpeng, et al (3107)
Effects of three land use patterns on diversity and community structure of soil ammonia-oxidizing bacteria in <i>Leymus chinensis</i> steppe	ZOU Yukun, ZHANG Jingni, CHEN Xiurong, et al (3118)
Autotoxicity and promoting: dual effects of root litter on American ginseng growth	JIAO Xiaolin, DU Jing, GAO Weiwei (3128)
Effect of differing levels parasitism from native <i>Cuscuta australis</i> on invasive <i>Bidens pilosa</i> growth	ZHANG Jing, YAN Ming, LI Junmin (3136)
Heavy metal concentrations and pollution assessment of riparian soils in Shandong Province	ZHANG Ju, CHEN Shiyue, DENG Huanguang, et al (3144)
Effect of decomposition products of cyanobacteria on <i>Myriophyllum spicatum</i> and water quality in Lake Taihu, China	LIU Lizhen, QIN Boqiang, ZHU Guangwei, et al (3154)
Succession of macrofauna communities in wetlands of <i>Sonneratia apetala</i> artificial mangroves during different ecological restoration stages	TANG Yijie, FANG Zhanqiang, ZHONG Yanting, et al (3160)
Group characteristics of Chinese Merganser (<i>Mergus squamatus</i>) during the wintering period in Poyang Lake watershed, Jiangxi Province	SHAO Mingqin, ZENG Binbin, SHANG Xiaolong, et al (3170)
Effect of forest rodents on predation and dispersal of <i>Pinus armandii</i> seeds in Qinling Mountains	CHANG Gang, WANG Kaifeng, WANG Zhi (3177)
Circadian rhythms of activity, metabolic rate and body temperature in desert hamsters (<i>Phodopus roborovskii</i>)	WANG Luping, ZHOU Shun, SUN Guoqiang (3182)
Effects of temperature stress and ultraviolet radiation stress on antioxidant systems of <i>Locusta migratoria tibetensis</i> Chen	LI Qing, WU Lei, YANG Gang, et al (3189)
Carbon cycling from rice-duck mutual ecosystem during double cropping rice growth season	ZHANG Fan, GAO Wangsheng, SUI Peng, et al (3198)
Protein expression characteristics and their response to nitrogen application during grain-filling stage of rice (<i>Oryza Sativa</i> L.)	ZHANG Zhixing, CHENG Jun, LI Zhong, et al (3209)
Review and Monograph	
Advances in influence of seawater eutrophication on marine bacteria	ZHANG Yubin, ZHANG Jiexiang, SUN Xingli (3225)
A review of comprehensive effect of ocean acidification on marine fishes	LIU Hongjun, ZHANG Zhendong, GUAN Shuguang, et al (3233)
Evaluation of the controlling methods and strategies for <i>Mikania micrantha</i> H. B. K.	LI Mingguang, LU Erbei, GUO Qiang, et al (3240)
Scientific Note	
Dynamics of land use/cover changes in the Weigan and Kuqa rivers delta oasis based on Remote Sensing	SUN Qian, TASHPOLAT. Tiyp, ZHANG Fei, et al (3252)
Phytoplankton assemblages in East China Sea in winter 2009	GUO Shujin, SUN Jun, DAI Minhan, et al (3266)
On the physical chemical and soil microbial properties of soils in the habitat of wild Ferula in Xinjiang	FU Yong, ZHUANG Li, WANG Zhongke, et al (3279)
The community characteristics of <i>Calligonum roborowskii</i> A. Los in Tarim Basin	Gulnur Sabirhazi, PAN Borong, DAUN Shimin (3288)
Stability analysis of mine ecological industrial symbiotic system	SUN Bo, WANG Guangcheng (3296)

《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 10 期 (2012 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 10 (May, 2012)

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	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
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:100071	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 70.00 元