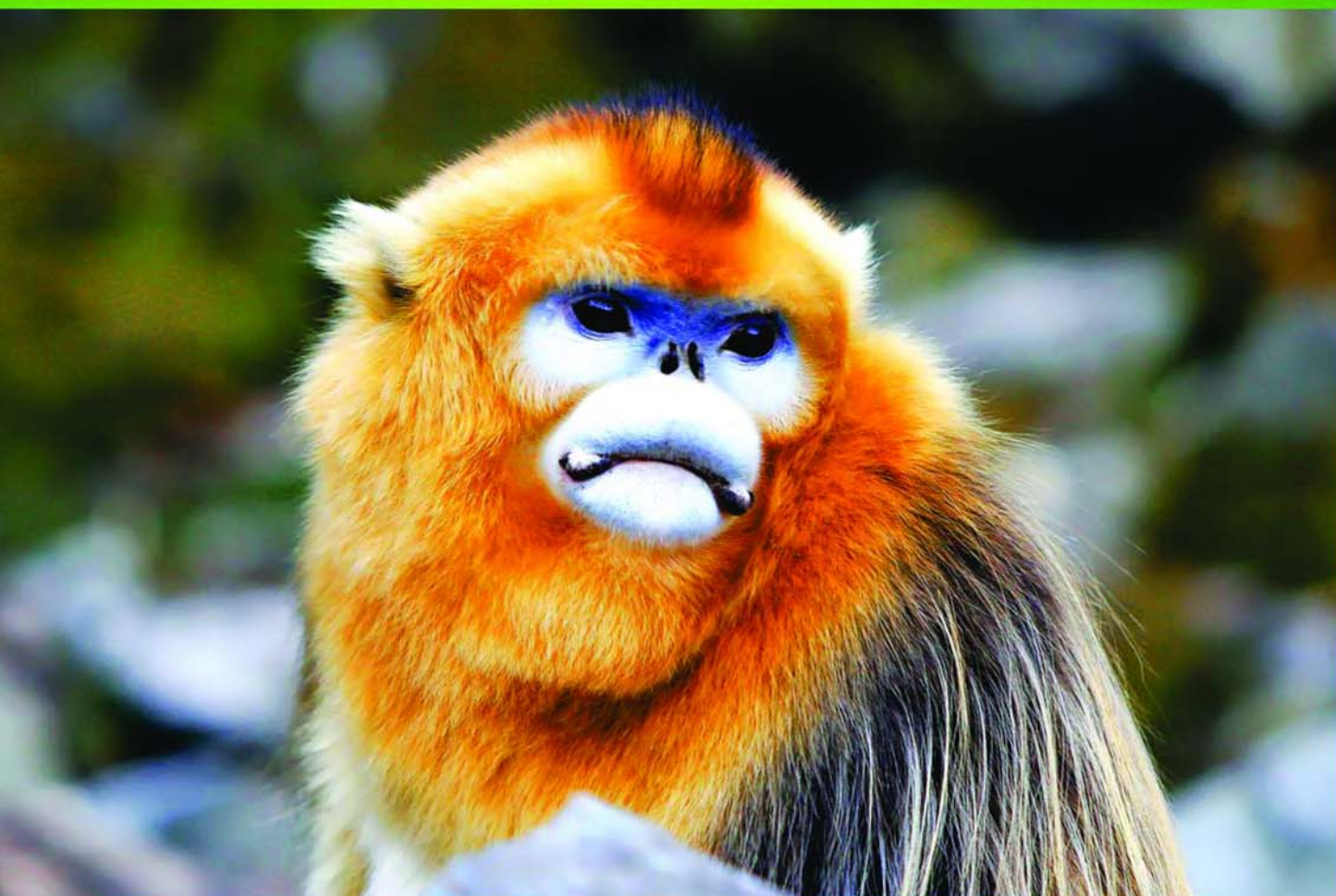


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第2期 Vol.32 No.2 **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 2 期

2012 年 1 月 (半月刊)

目 次

北部湾秋季底层鱼类多样性和优势种数量的变动趋势	王雪辉,邱永松,杜飞雁,等 (333)
中国大陆鸟类和兽类物种多样性的空间变异	丁晶晶,刘定震,李春旺,等 (343)
粉蝶盘绒茧蜂中国和荷兰种群学习行为及 EAG 反应的比较	王国红,刘 勇,戈 峰,等 (351)
君主绢蝶的生物学及生境需求	方健惠,骆有庆,牛 犇,等 (361)
西南大西洋阿根廷滑柔鱼生物学年间比较	方 舟,陆化杰,陈新军,等 (371)
城市溪流中径流式低坝对底栖动物群落结构的影响	韩鸣花,海燕,周 斌,等 (380)
沉积再悬浮颗粒物对马氏珠母贝摄食生理影响的室内模拟	栗志民,申玉春,余南涛,等 (386)
太平洋中西部海域浮游植物营养盐的潜在限制	徐燕青,陈建芳,高生泉,等 (394)
几株赤潮甲藻的摄食能力	张清春,于仁成,宋静静,等 (402)
高摄食压力下球形棕囊藻凝聚体的形成	王小冬,王 艳 (414)
大型绿藻浒苔藻段及组织块的生长和发育特征	张必新,王建柱,王乙富,等 (421)
链状亚历山大藻生长衰亡相关基因的筛选	仲 洁,隋正红,王春燕,等 (431)
太湖春季水体固有光学特性及其对遥感反射率变化的影响	刘忠华,李云梅,吕 恒,等 (438)
程海富营养化机理的神经网络模拟及响应情景分析	邹 锐,董云仙,张祯祯,等 (448)
沙质海岸灌化黑松对蛀食胁迫的补偿性响应	周 振,李传荣,许景伟,等 (457)
泽陆蛙和饰纹蛙蝌蚪不同热驯化下选择体温和热耐受性	施林强,赵丽华,马小浩,等 (465)
麦蚜和寄生蜂对农业景观格局的响应及其关键景观因子分析	赵紫华,王 颖,贺达汉,等 (472)
镉胁迫对芥蓝根系质膜过氧化及 ATPase 活性的影响	郑爱珍 (483)
生姜水浸液对生姜幼苗根际土壤酶活性、微生物群落结构及土壤养分的影响	韩春梅,李春龙,叶少平,等 (489)
九州虫草菌丝体对 Mn 的耐性及富集	罗 毅,程显好,张聪聪,等 (499)
土霉素暴露对小麦根际抗生素抗性细菌及土壤酶活性的影响	张 昊,张利兰,王 佳,等 (508)
氮沉降对杉木人工林土壤有机碳矿化和土壤酶活性的影响	沈芳芳,袁颖红,樊后保,等 (517)
火炬树雌雄母株克隆生长差异及其光合荧光日变化	张明如,温国胜,张 瑾,等 (528)
湖南乌云界自然保护区典型生态系统的土壤持水性能	潘春翔,李裕元,彭 亿,等 (538)
祁连山东段高寒地区土地利用方式对土壤性状的影响	赵锦梅,张德罡,刘长仲,等 (548)
沙质草地生境中大型土壤动物对土地沙漠化的响应	刘任涛,赵哈林 (557)
腾格里沙漠东南缘可培养微生物群落数量与结构特征	张 威,章高森,刘光琇,等 (567)
塔克拉玛干沙漠南缘玉米对不同荒漠化环境的生理生态响应	李 磊,李向义,林丽莎,等 (578)
内蒙古锡林河流域羊草草原 15 种植物热值特征	高 凯,谢中兵,徐苏铁,等 (588)
不同密度条件下芨芨草空间格局对环境胁迫的响应	张明娟,刘茂松,徐 驰,等 (595)
环境因子对巴山冷杉-糙皮桦混交林物种分布及多样性的影响	任学敏,杨改河,王得祥,等 (605)
海藻酸铈配合物对毒死蜱胁迫下菠菜叶片抗坏血酸-谷胱甘肽循环的影响	栾 霞,陈振德,汪东风,等 (614)
城市化进程中城市热岛景观格局演变的时空特征——以厦门市为例	黄聚聪,赵小锋,唐立娜,等 (622)
基于遥感和 GIS 的川西绿被时空变化研究	杨存建,赵梓健,任小兰,等 (632)
亚热带城乡复合系统 BVOC 排放清单——以台州地区为例	常 杰,任 远,史 琰,等 (641)
研究简报	
不同水分条件下毛茛苔草枯落物分解及营养动态	侯翠翠,宋长春,李英臣,等 (650)
大山雀对巢箱颜色的识别和繁殖功效	张克勤,邓秋香,Justin Liu,等 (659)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 330 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 37 * 2012-01	



封面图说: 雄视——中国的金丝猴有川、黔、滇金丝猴三种,此外还有越南和缅甸金丝猴两种。金丝猴是典型的森林树栖动物,常年栖居于海拔 1500—3300m 的亚热带山地、亚高山针叶林、针阔叶混交林,常绿落叶阔叶混交林中,随着季节的变化,只在栖息的生境中作垂直移动。川金丝猴身上长有柔软金色长毛,十分漂亮。个体大,嘴角处有瘤状突起的是雄性金丝猴的特征。川金丝猴只分布在中国的四川、甘肃、陕西和湖北省。属国家一级重点保护、CITES 附录一物种。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201012021718

侯翠翠, 宋长春, 李英臣, 郭跃东, 杨桂生. 不同水分条件下毛果苔草枯落物分解及营养动态. 生态学报, 2012, 32(2): 0650-0658.

Hou C C, Song C C, Li Y C, Guo Y D, Yang G S. Litter decomposition and nutrient dynamics of *Carex lasiocapa* under different water conditions. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(2): 0650-0658.

不同水分条件下毛果苔草枯落物分解及营养动态

侯翠翠^{1,2}, 宋长春^{1,*}, 李英臣^{1,2}, 郭跃东¹, 杨桂生¹

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 于 2009 年 5 月至 2010 年 5 月采用分解袋法, 研究了三江平原典型湿地植物毛果苔草枯落物分解对水分条件变化的响应, 探讨了典型碟形洼地不同水位下枯落物分解 1a 时间内的分解速率与 N、P 等营养元素动态。分解 1a 内, 无积水环境下枯落物失重率为 34.99%, 季节性积水环境下为 27.28%, 常年积水环境下随水位增加枯落物失重率分别为 26.99% 与 30.67%, 表明积水条件抑制了枯落物的分解。枯落物的分解随环境变化表现出阶段性特征, 分解 0—122 d 内随水位增加枯落物失重率分别为 16.09%、24.25%、23.53% 与 26.60%, 即生长季内积水条件促进了枯落物有机质的分解及重量损失。而随实验进行, 分解 122—360 d 内随水位增加毛果苔草枯落物的失重率分别为 18.90%、3.02%、3.46%、4.03%, 即在非生长季土壤冻融期积水条件抑制了枯落物分解 ($P < 0.05$)。水分条件对毛果苔草枯落物 N 元素的影响表现为积水条件促进生长季内枯落物的 N 固定, 水位最高处毛果苔草 N 浓度显著高于无积水环境 ($P < 0.05$)。但进入冻融期后积水环境下枯落物 N 浓度与含量降低; 其中季节性积水限制了枯落物的 N 积累能力, 至分解 360d 时与初始值相比表现出明显的 N 释放 ($P = 0.01$)。毛果苔草枯落物分解 61d 时 P 出现富集, 其中积水条件下 P 的富集作用增强, 但与水位不相关。分解 1a 后毛果苔草枯落物表现为 P 的净释放, 不同水分条件下枯落物 P 元素损失没有明显差异 ($P > 0.05$)。

关键词: 枯落物分解; 水分条件; 沼泽湿地; N、P 动态

Litter decomposition and nutrient dynamics of *Carex lasiocapa* under different water conditions

HOU Cuicui^{1,2}, SONG Changchun^{1,*}, LI Yingchen^{1,2}, GUO Yuedong¹, YANG Guisheng¹

1 Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: A great research effort addressed the effect of plant litter decomposition on nutrient cycling in terrestrial and aquatic ecosystems. Environmental factors such as temperature and moisture content related to the decomposition process have been widely studied, and among the hydrological condition is more important and has quite complicated influence. In the present study, we investigated the effects of water conditions on decomposition and nutrient (N and P) dynamics of *Carex lasiocapa* litters using litter bag method in the Sanjiang Plain of Northeast China. The litter decomposition study was carried out in a typical dish-shaped pit along a water table gradient from May in 2009 to May in 2010. 60 nylon bags (approx 1mm diameter) with 8g *C. lasiocapa* litters were placed near the soil surface or the grass layer in the marsh under unflooded or flooded conditions, with 12 under every water condition. 3 bags in each site were taken back to the laboratory every time and then the mass losses and nutrient elements (N and P) contents were analyzed. By the end of decomposition, mass loss of *C. lasiocapa* litters was 34.99% and 27.28% under non-waterlogging and seasonally inundated conditions,

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973)项目(2009CB421103); 国家自然科学基金重点项目(40930527, 40771189); 中国科学院重要方向性资助项目(KZCX2-YW-JC301)

收稿日期: 2010-12-02; 修订日期: 2011-10-09

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: songcc@neigae.ac.cn

respectively. In the permanently inundated conditions, with increased water table, litter mass loss ranged from 26.99% to 30.67%. The results showed that during the growing season (from May to September), *C. lasiocapa* litter decayed quickly in the flooded conditions. With increased water table gradient, the mass losses were 16.09%、24.25%、23.53% and 26.60% in non-waterlogging, seasonally inundated and permanently inundated condition, respectively. However, during the non-growing season, though higher water table accelerated the *C. lasiocapa* litter decomposition slightly in the inundated environment, flooded conditions significantly inhibited the litter decay compared to the dry condition ($P < 0.05$). With increased water table gradient, the litter mass losses were 18.90%, 3.02%, 3.46% and 4.03% in non-waterlogging, seasonally inundated and permanently inundated conditions, respectively. In the growing season, litter N concentration and total N content increased gradually in the early 122 days of decomposition. Waterlogging conditions enhanced litter N immobilization, and litter N concentration under the deepest standing water condition was significantly higher than that under the dry condition ($P < 0.05$). However, litter N concentration and total N content declined in the freeze-thawing season, and all the litters under flooded conditions released N after 122 days of decomposition. In addition, seasonal inundated conditions significantly inhibited litter N accumulation, and litter N content was significantly lower than the initial value after 360 days of decomposition ($P = 0.01$). Moreover, litter P content significantly increased after 61 days of decomposition, especially in the flooding conditions. However, litter P enrichment had no correlation to water table depths. For all litter decomposition treatments, litter P concentration and total P content decreased after one year of decomposition, but did not vary with water table ($P > 0.05$). Our results suggested that, in the Sanjiang Plain of Northeast China, the effect of water table on litter decomposition varied with decomposition stage, and flooding conditions stimulated litter decomposition in the growing season in the freshwater marshes.

Key Words: litter decomposition; water condition; marsh; N and P dynamics

湿地枯落物分解是湿地营养物质循环和能量流动的关键环节,也是控制陆地 CO_2 流动和全球碳平衡的关键过程之一,对维持湿地生态系统碳蓄积功能具有重要影响^[1]。湿地植被具有较高的生产力,气候变化背景下湿地生态系统枯落物分解速率的高低在很大程度上影响着枯落物在土壤表层的积累速度以及氮、磷等营养元素和其他物质的归还^[2]。枯落物分解过程中,有机质要经历一系列物理化学变化,如腐烂、淋溶、营养成分的微生物固定等过程^[3],而枯落物分解过程受到诸如温度、湿度、枯落物性质等条件的限制。水分条件是湿地生态系统的重要生态属性,水文过程对湿地植物枯落物分解具有更为重要的影响,如淹水周期、时长、淹水频率以及积水深度等^[4]因素对分解速率作用显著,国内外已有较多研究,而结论不相一致。相关研究指出水位与 0—10 cm 表层土壤中物质分解具有强负相关关系,并且与长期滞水或者积水较深环境相比,浅水和季节性积水的湿地中同种物质分解速率更快^[5]。而同时也有结果表明淹水条件更能促进枯落物的分解与营养元素的释放^[2,6],而干旱对枯落物中 N、P 等元素的矿化会产生抑制作用^[7]。水分条件可以通过影响土壤中真菌、放线菌等微生物的种类与活性而对枯落物的分解产生作用,表现为枯落物分解释放 CO_2 、 CH_4 速率的大小差异^[8-10],并通过影响其活动影响微生物对 N、P 等营养物质的生物固定。水分条件强弱对枯落物的分解具有不同的促进与抑制作用,还受到枯落物本身性质的影响,本文以三江平原典型沼泽湿地植物毛果苔草(*Carex lasiocapa*)为研究对象,采用时空替代法,研究了毛果苔草枯落物分解对水分条件变化的响应,研究结果为探讨全球气候变化背景下湿地元素生物地球化学循环的响应机制提供数据支持,具有重要理论意义。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

试验布置在中国科学院三江平原沼泽湿地生态实验站实验场(47°35'N, 133°29'E)内。本区属于温带湿润半湿润季风气候区,年均温 1.9 °C,年降水量 500—700 mm,主要集中于夏秋^[11]。由于水分不稳定,研究区内地貌主要为三江平原沼泽发育最为普遍的碟形洼地,主要植被由洼地边缘向中心分布有小叶章

(*Calamagrostis angustifolia*)、乌拉苔草(*Carex meyeriana*)、毛果苔草(*Carex lasiocapa*)、漂筏苔草(*Carex pseudocuraica*)，伴生有狭叶甜茅(*Glyceria spiculosa*)、狭叶泽芹(*Sium suave Walt*)、水木贼(*Equisetum limosum*)等，植被覆盖度一般在 80% 左右。本研究中毛果苔草湿地枯落物的年生产量为 399.2 g/m^2 。

1.2 研究方法

于 2009 年 5 月—2010 年 5 月在实验场选取典型蝶形洼地。根据水分条件变化自洼地中心向边缘选取 4 个水分梯度样带，每相邻样带间距 20—30 m，分布有不同的植被，具体为：S1，地表常年湿润无积水，土壤含水量 $>94.2\%$ ，以小叶章为单一建群种；S2，季节性积水，积水水位在 0—13 cm 之间波动，分布为小叶章-乌拉苔草群落；S3，常年积水，水位在 10—20 cm 之间波动，主要建群种为毛果苔草；S4，常年积水，积水水位在 17—30 cm 之间波动，主要分布为毛果苔草、漂筏苔草等。枯落物分解采用分解袋法。分解袋网眼孔径为 0.5 mm，规格为 15 cm × 10 cm。2009 年 5 月初在典型毛果苔草沼泽湿地收集毛果苔草立枯物，带回实验室剪成 10 cm 左右小段后装入分解袋中，每袋 8 g(烘干重)。2009 年 5 月 20 日将制好的枯落物分解袋(60 个)依次投放到上述水分梯度带的小区中。分解袋置于土壤表面，当地表有积水时，将分解袋埋入水中并固定，使其贴近草根层。

1.3 样品采集与分析

试验期内(试验开始 1a 内)，6—9 月每隔 1 个月从各水分梯度分解小区取回分解袋，翌年 5 月取回 1 次，每次 3 个重复，共取 5 次，将取回的分解袋带回实验室，去除泥土、苔藓等杂物， 65°C 烘干至恒重，称重后将枯落物粉碎过 0.2 mm 筛，测定样品中 TC、TN、TP 含量。其中 TC 采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 氧化法，TN 采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮，靛酚蓝比色法测定，TP 采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮，钼锑抗比色法测定。气温采用三江平原沼泽湿地气象观测站数据。

1.4 数据处理与统计

利用 Excel 2003 与 Origin 7.5 进行统计分析与作图，Spss13.0 进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 温度变化

研究区内近地面 0.50 m 气温变化如图 1 所示。

2.2 枯落物失重率变化

不同水分条件下枯落物的分解过程具有明显差异。图 2 显示了毛果苔草枯落物分解失重率随时间的变化。由图中可以看出，分解 122 d 时，随水位增高毛果苔草枯落物的失重率分别为 16.09%、24.25%、23.53%

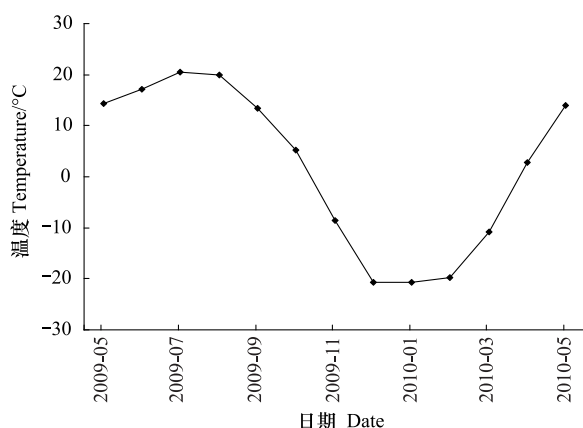


图 1 研究区内气温变化

Fig. 1 Changes of air temperature during experiment time in the study area

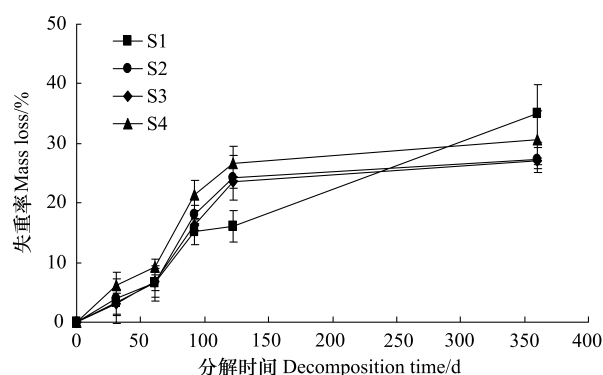


图 2 不同水分梯度毛果苔草分解枯落物失重率变化

Fig. 2 Changes of *Carex lasiocapa* litter mass loss rates during decomposition process under different water conditions

S1: 常年无积水湿草甸; S2: 季节性积水沼泽湿地, 水位 0—13cm; S3: 常年积水沼泽湿地, 水位 10—20cm; S4: 常年积水沼泽湿地, 水位 17—30cm

与 26.60%,即积水条件明显促进了枯落物的分解,并且与季节性积水和 10—20 cm 积水水位相比,17—30 cm 积水条件促进了枯落物的重量损失;而分解 360 d 时,各水分条件下枯落物失重率与之前相比发生明显变化,随水位增高分别为 34.99%、27.28%、26.99% 与 30.67%,分别增加了 18.90%、3.02%、3.46%、4.03%,表明生长季末至翌年 5 月,积水条件对枯落物分解表现出明显抑制作用,但抑制作用随水位增加而减小。

2.3 枯落物分解速率变化

应用单项指数模型 $W_t/W_0 = ae^{-kt}$ 对毛果苔草枯落物的物质残留率进行拟合(表 1),进而计算出枯落物在不同水分带上的分解速率。由表 1 可以看出,积水条件下毛果苔草枯落物 95% 分解时间延长,其中季节性积水与 10—20 cm 积水条件下分解时间差异不明显,积水最深处枯落物分解速率较快,而无积水环境下毛果苔草枯落物 95% 分解时间明显缩短。

表 1 毛果苔草枯落物残留率(W_t/W_0)一次指数拟合

Table 1 First-order exponential simulation of mass remaining rates of *Carex lasiocapa* litter

水分条件 Water condition	一次指数拟合模型 First-order exponential simulation model	k	R^2	95% 分解时间/a 95% decomposition time
S1	$W_t/W_0 = 0.9868e^{-0.0012x}$	0.0012	0.9760	6.81
S2	$W_t/W_0 = 0.9459e^{-0.0009x}$	0.0009	0.6993	8.95
S3	$W_t/W_0 = 0.9529e^{-0.0009x}$	0.0009	0.7299	8.97
S4	$W_t/W_0 = 0.9296e^{-0.001x}$	0.001	0.7107	8.01

S1:常年无积水湿草甸 Wet meadow with water table permanently below the soil surface;S2:季节性积水沼泽湿地,水位 0—13cm Marsh seasonally flooded with 0—13cm of water;S3:常年积水沼泽湿地,水位 10—20cm Marsh permanently flooded with 10—20cm of water;S4:常年积水沼泽湿地,水位 17—30cm Marsh permanently flooded with 17—30cm of water

随着分解进行,由于环境及枯落物本身性质的变化,不同分解时段内,枯落物分解速率具有明显差异。表 2 为不同时段内枯落物分解速率变化。由表中可以看出,生长季内各水分条件下枯落物分解速率随时间变化趋势大致相同,其中 61—92 d 内各分解速率显著高于其他时段($P < 0.05$)。122—360d 内积水环境条件下的毛果苔草枯落物分解速率明显低于分解前期,而 S1 条件下枯落物分解速率在该时段呈现明显上升,并高于各积水样地。

表 2 不同水分条件下毛果苔草枯落物分解速率变化/ a^{-1}

Table 2 Changes of decomposition rates of *Carex lasiocapa* litter under different water conditions

水分条件 Water condition	分解时间 decomposition time/d				
	0—31	31—61	61—92	92—122	122—360
S1	0.3916	0.4083	1.0061	0.1051	0.2899
S2	0.4759	0.3095	1.3565	0.7476	0.0464
S3	0.3629	0.4439	1.1247	0.8819	0.0530
S4	0.7302	0.3621	1.4243	0.6483	0.0618

2.4 枯落物营养元素含量变化

2.4.1 枯落物 N、P 浓度与绝对含量变化

图 3 中显示了枯落物中 N、P 元素浓度的变化,反映元素在枯落物中所占的比例动态以及在枯落物中绝对含量的动态变化,直接反映了其在枯落物中的实际含量。

由图 3 可看出,分解 0—122 d 内,4 种水分条件下毛果苔草枯落物 N 浓度总体呈上升趋势,122 d 后随水分增加 N 浓度分别从 3.47 mg/g 上升到 4.84、5.28、6.33 mg/g 与 6.69 mg/g,即随水位增高枯落物 N 浓度增大,S4 与 S1 之间差异达到显著水平($P < 0.05$)。其中分解 31 d 时 S1 与 S4 水分条件下枯落物 N 浓度略有下降,分别降低了 18.37% 与 13.56%。该阶段内 N 绝对含量(图 3)与 N 浓度变化趋势相似。分解 122—360 d 内,积水条件下枯落物 N 浓度表现出明显下降,而无积水环境下(S1)枯落物 N 浓度明显上升,由 4.84 mg/g

增加为 5.29 mg/g。各水分梯度下枯落物 N 绝对含量都表现出明显下降,分别降低了 15.25%、37.22%、28.66% 和 23.41%。与初始值相比,枯落物 N 含量无显著变化,其中 S4 水分条件内枯落物 N 含量增加了 8.45%,表现为分解 1a 时间内 N 元素的净积累,S1、S2 与 S3 条件下分别降低了 0.83%、27.63% 和 5.78%,表现为 N 元素的释放,并且不同水位间差异显著 ($P=0.01$)。

实验期内各水分条件下枯落物 P 元素浓度与绝对含量变化动态相似,呈现先增高后降低的趋势。分解 61 d 时,各水分条件下枯落物 P 浓度与含量达到最大值,P 绝对含量沿水分增加分别由 2.85 mg 上升到 4.06、12.09、5.86 mg 和 5.20 mg,表现为 $S2>S3>S4>S1$,各水分梯度之间差异显著 ($P<0.01$)。分解 61—92 d 时,P 浓度与含量显著降低,各水分处理之间无明显差异。至分解 360 d 实验结束时,不同水分梯度下枯落物 P 浓度与绝对含量较初始值均有所下降,P 损失分别为 74.08%、68.12%、74.90% 与 76.25%,表现为 P 元素的净释放,但分解时间 1a 内各水分条件之间 N 元素损失差异不显著 ($P>0.05$)。

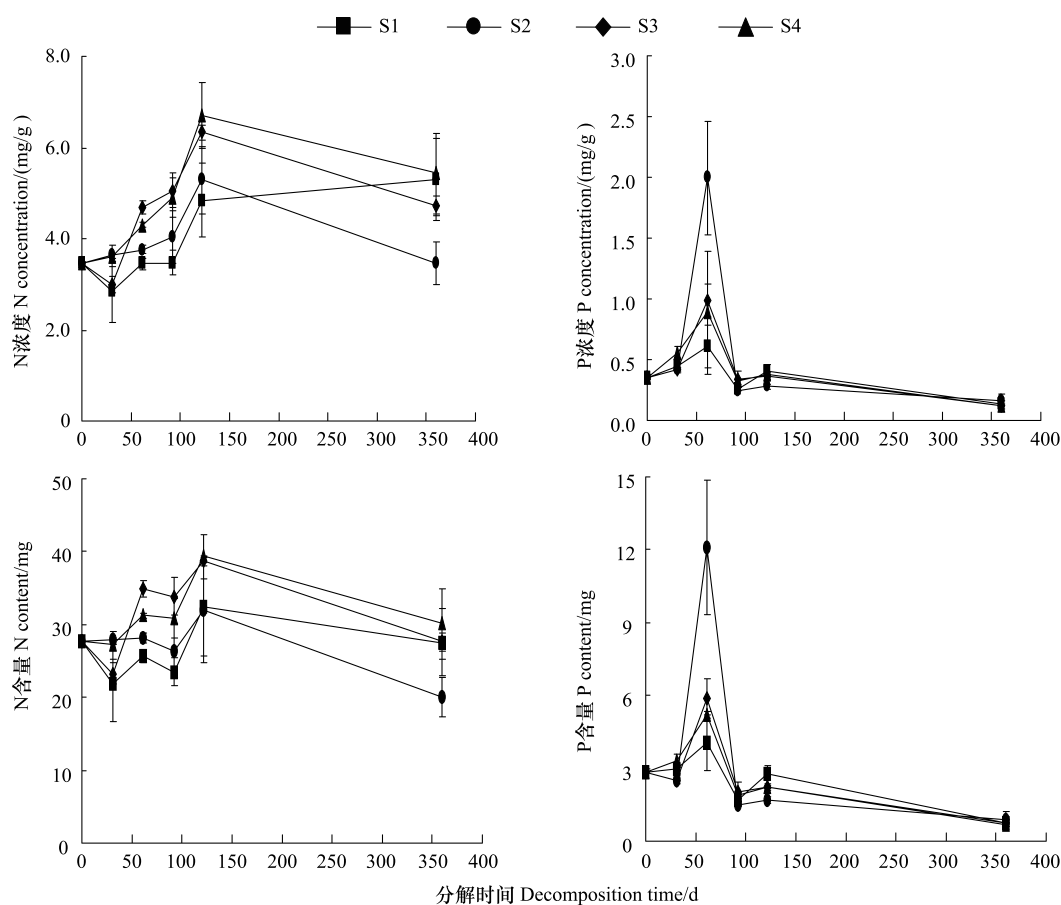


图3 不同水分梯度枯落物分解过程中 N、P 含量变化

Fig. 3 N, P concentrations and contents in *Carex lasiocapa* litter during decomposition under different water conditions

2.4.2 枯落物中 C/N 与 C/P 变化动态

分解 1a 时间内,不同水分条件下毛果苔草枯落物 C/N 都有明显下降(图 4)。分解 31 d 时,季节性积水条件下毛果苔草枯落物 C/N 略有降低,至 61 d 时 C/N 增高并高于其他积水样地,之后呈下降趋势;其他水分条件下枯落物分解 31 d 时 C/N 均明显提高,并在分解 31—122 d 内呈直线下降。分解 122—360 d 内,各积水条件下毛果苔草枯落物 C/N 稍有提高,而地表无积水环境(S1)下枯落物 C/N 呈现微弱下降。实验期内毛果苔草枯落物 C/P 随时间变化动态与 C/N 明显不同,总体呈随时间增加的趋势(图 4)。分解 0—61 d 时间内各水分条件下毛果苔草枯落物 C/P 均有所下降,沿水分增加分别为初始值的 61.25%、19.99%、49.09% 和 49.61%,其中季节性积水条件下枯落物 C/P 降幅显著。随分解进行,除 S1 毛果苔草枯落物 C/P 在分解 92 d

时表现出明显下降外,各水分带枯落物 C/P 表现为上升趋势。至实验结束时随水分增加不同水分梯度内毛果苔草枯落物 C/P 值分别为初始值的 229.43%、181.79%、233.82 与 272.84%,其中 S2 与 S4 之间枯落物 C/P 差异显著 ($P < 0.05$) (图 4)。

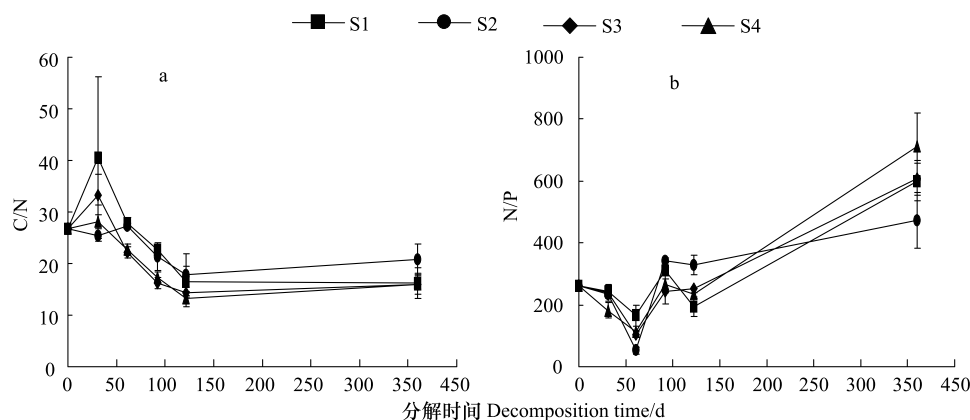


图 4 不同水分梯度枯落物分解过程中 C/N、C/P 变化

Fig. 4 C/N, C/P of *Carex lasiocapa* litter during decomposition under different water conditions

3 讨论

3.1 水分条件对毛果苔草枯落物分解的影响

湿地水分条件是湿地生态系统物质循环过程的重要环境因素,水位影响土壤的透气性与水体中溶解氧浓度,进而影响微生物对有机质的矿化分解,一般认为季节性积水或地表无积水环境下枯落物分解速率强于持续淹水条件^[5],并且干湿交替频率与枯落物分解具有一定的正相关关系^[4]。研究结果表明分解 0—122 d 内,季节性积水与持续积水条件下枯落物分解速率与失重率高于无积水环境 (S1),说明该阶段内积水条件促进了枯落物分解,与孙志高等^[2]对小叶章枯落物的研究结论相似。Molles 等^[12]指出相对于陆地环境,水体可以促进枯落物的淋溶与微生物的新陈代谢,从而加快枯落物的分解,此外,水分对枯落物的浸润作用也可以导致枯落物较高的淋溶损失^[13]。

由表 2 可看出水分条件对毛果苔草枯落物分解速率的影响在不同时段有所差异。不同水分条件下毛果苔草枯落物分解速率在分解 61—92 d 时达到最大值,其原因可能为 7—8 月研究区内环境温度达到最大值 (图 1),较高温度与植物生长促进了微生物活性以及对枯落物的分解利用。王其兵等^[14]对草原枯落物分解研究表明分解速率与气温积温呈显著相关性,而对毛果苔草分解过程相关分析表明,枯落物分解速率与气温呈正相关,但相关性不显著 ($P > 0.05$),产生该结果的原因可能为湿地水位变动以及枯落物本身性质影响枯落物分解对温度的敏感性。分解 92—122 d 时,研究区内气温逐渐下降 (图 1),无积水环境 (S1) 下枯落物分解速率降低了 89.55%,而积水条件下枯落物分解速率分别降低了 44.89% (S2),21.59% (S3) 和 54.83% (S4),说明裸露地表促进了枯落物分解对温度变化的响应。Sun 等指出,水分条件增加可减弱温度对枯落物分解的影响强度^[2],本研究结果进一步证明了该结论。此外,分解 122 d 内不同积水条件对枯落物失重率的影响无显著差异 ($P > 0.05$),说明即使水位变动影响表层土壤温度^[15],但在所选择的环境变化范围内,水位差异不足以对枯落物分解产生明显作用。

分解 122—360 d 时,无积水环境下 (S1) 毛果苔草枯落物失重速率明显高于其他积水条件 ($P > 0.05$),其重量损失为 18.90%,占全年的 54.02%,高于生长季内枯落物的总失重率,这与邓仁菊等^[16]对亚高山森林凋落物的分解损失研究结论一致。三江平原属于季节性冻融区,冻融作用可以促进有机质的瓦解与营养物质释放^[17],并且冬季雪被下仍有一部分真菌活动为枯落物的分解矿化提供条件^[18],结论中 S1 水分条件下的枯落物重量损失证明了这一点。该阶段内积水条件下毛果苔草分解速率显著降低 (表 2),说明冬季低温限制了积水条件下枯落物分解,季节性冻融对淹水条件下枯落物分解没有明显促进作用。研究区内冬季水体冻结,

即使低温下仍存在微生物活动,但底物与细胞外酶的扩散受到阻滞^[19],至分解末期淹水土壤尚未完全解冻,因此低温与冻结的综合作用造成了枯落物较低的分解速率。此外,分解期间随水位升高毛果苔草枯落物失重率分别为 3.02%、3.46%、4.03%,即随水位增加枯落物的重量损失增大,其原因可能为研究区选择为典型碟形洼地,高水位增加了水体与表层土壤的冻融循环,从而促进了枯落物的重量损失。

3.2 不同水分条件毛果苔草枯落物 N、P 动态

枯落物与环境中营养元素的有效性是影响微生物活动的重要因素,一般认为,较低的 C/N 或者 C/P 能够促进枯落物的分解^[20-21]。对毛果苔草枯落物分解的研究表明,枯落物的初始 C/N 较低,同时枯落物具有较高的分解速率。但相关分析表明分解过程中 C/N、C/P 与分解速率呈负相关,但相关关系不显著($P>0.05$),说明仅元素含量不能作为预测枯落物分解的依据。枯落物中微生物所含有的 N、P 含量是影响枯落物 C/N 与 C/P 的重要因素^[22],而环境条件可以通过影响营养元素含量以及微生物活性对枯落物的分解产生影响。

分解过程中毛果苔草枯落物 N 浓度变化与武海涛等^[23]研究结论相似,随分解进行,至 122d 时 N 浓度与 N 绝对含量都呈上升趋势,并且随水位增加枯落物 N 浓度增高(图 3),积水水位最高处 S4 枯落物 N 浓度与 S1 之间差异达到显著水平($P<0.05$),说明此阶段内枯落物从外界获取 N,并且积水条件促进了 N 素积累。Gessner^[24]认为,枯落物 N 浓度与微生物固氮活动有关,而微生物对营养元素的固定受到枯落物性质和外源营养元素的可获得性影响^[25]。武海涛等^[23]指出枯落物分解受到 N 素的限制时,微生物对营养物质的需求依赖于外来补给从而使得枯落物中 N 含量增加。实验结果表明积水条件对枯落物中 N 积累具有促进作用,说明存在沼泽水对枯落物分解过程中所需元素的供给作用^[26],并且水体中溶解态 N 更有利于微生物的固定。分解 122—360 d 内,枯落物 N 浓度除 S1 外都呈降低趋势,说明冬季水体冻结减弱了枯落物中的 N 累积,其原因可能为该环境下元素的运移受到阻碍,枯落物分解过程中微生物不能有效地从外界获得可利用 N 源;而无积水条件下(S1)冻融作用促进土壤营养元素释放,外源有效性 N 能够满足枯落物分解过程中对营养元素需求,N 浓度表现出增高趋势,但此阶段枯落物重量损失较快,所以 N 绝对含量与各积水环境相似表现出净释放。至试验结束时各水分梯度枯落物 N 绝对含量大小表现为:S4>S3>S1>S2,除 S4 外各水分条件下毛果苔草枯落物 N 表现出净释放,以 S2 表现最为显著,说明水位增高促进枯落物的 N 积累,而水位的交替作用使得水分淋溶对枯落物分解产生重要影响^[27],促进了枯落物的 N 素释放。

与 N 素含量变化动态不同,分解结束时各水位毛果苔草枯落物 P 绝对含量均低于初始含量,各水分条件下差异不显著($P>0.05$),表示 1a 分解时间内枯落物表现出对 P 元素的净释放,这可能是因为植物组织中 P 主要以磷酸根或化合物的形式存在而容易发生淋溶损失^[28]。分解 61 d 时不同环境条件下枯落物 P 含量均有不同程度上升,说明分解过程中枯落物对 P 的积累与释放处于动态变化中,这与武海涛等^[23]研究结论相似。Canfield 等^[29]指出枯落物对 N 的释放与固定受到枯落物中 C/P 的影响,当 C/P>80 时,微生物分解过程对 P 的利用从矿化转变为生物固定,由此可以解释分解初期毛果苔草枯落物中 P 呈积累态势。至分解 61 d 时季节性积水条件枯落物 C/P 降至 53 左右,之后枯落物 P 释放迅速并呈持续降低态势。前人研究也指出三江平原湿地营养条件受到可利用性 N 源限制,微生物对 P 元素的可获得性不受环境制约,并且过量的 P 反而会限制微生物活性,导致 P 的净释放^[6,17]。水分条件对枯落物分解过程中 P 含量的影响表现在分解 61 d 时枯落物 P 含量的显著差异,其中季节性积水(S2)条件下枯落物 P 浓度与绝对含量升高幅度最大,无积水条件(S1)最小。产生该现象的原因可能是由于 7 月三江平原进入雨季,水位交替促进了 S2 土壤中营养元素的释放,土壤溶液中存在的有机态或者无机态 P 更有利于分解枯落物的微生物的利用。而常年积水条件下降水对沼泽水中 P 浓度具有稀释作用^[30],故 S3 与 S4 条件下枯落物对 P 的积累能力低于季节性积水环境,并且二者无显著差异。

4 结论

(1)水分条件对毛果苔草枯落物分解的影响表现出不同的阶段性特征,总体表现为积水条件对枯落物分解表现出抑制作用。分解 0—122 d 内,积水条件促进枯落物的分解,但不同积水深度内枯落物分解速率无显

著差异,随水位增加失重率分别为 16.09%、24.25%、23.53% 与 26.60%,122—360 d 内,枯落物分解速率减慢,冻融作用促进了无积水条件下枯落物的分解,而降低了积水条件下枯落物的分解速率,各梯度枯落物失重率分别为 18.90%、3.02%、3.46%、4.03%。

(2)毛果苔草枯落物的 N 素积累与释放特征也具有明显的季节变化。生长季枯落物表现出明显的 N 积累,并且积水条件促进微生物对 N 的固定,N 浓度与绝对含量均高于无积水环境(S1),而冻融期内水分冻结影响物质的传输性,积水条件下枯落物 N 积累能力降低。分解 1a 内水位增高促进了毛果苔草枯落物的 N 积累,而干湿交替水位促进了枯落物的 N 素释放。分解 1a 中毛果苔草枯落物表现出明显的 P 元素的净释放,不同水位对枯落物的 P 损失影响无显著差异($P>0.05$)。

References:

- [1] Wu H T, Lü X G, Yang Q. Factors affecting litter decomposition of wetland herbaceous macrophytes. *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25(11): 1405-1411.
- [2] Sun Z G, Liu J S, Yu J B, Qin S J. Effects of simulated wetland water change on the decomposition and nitrogen dynamics of *Calamagrostis angustifolia* litter. *Chinese Journal of Environmental Science*, 2008, 29(8): 2081-2093.
- [3] Brinson M M, Lugo A E, Brown S. Primary productivity, decomposition, and consumer activity in freshwater wetlands. *Annual Review Ecology and Systematics*, 1981, (12): 123-161.
- [4] Ozalp M, Conner W H, Lockaby B G. Above-ground productivity and litter decomposition in a tidal freshwater forested wetland on Bull Island, SC, USA. *Forest Ecology and Management*, 2007, 245(1/3): 31-43.
- [5] Guo X L, Lu X G, Tong S Z, Dai G H. Influence of environment and substrate quality on the decomposition of wetland plant root in the Sanjiang Plain, Northeast China. *Journal of Environmental Sciences*, 2008, 20(12): 1445-1452.
- [6] Yang J S, Liu J S, Yu J B, Wang J D, Li X H, Sun Z G. Decomposition and nutrient dynamics of marsh litter in the Sanjiang Plain, Northeast China. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(5): 1297-1302.
- [7] van Meeteren M J M, Tietema A, van Loon E E, Verstraten J M. Microbial dynamics and litter decomposition under a changed climate in a Dutch heathland. *Applied Soil Ecology*, 2008, 38(2): 119-127.
- [8] Mäkiranta P, Laiho R, Fritze H, Hytönen J, Laine J, Minkinen K. Indirect regulation of heterotrophic peat soil respiration by water level via microbial community structure and temperature sensitivity. *Soil Biology and Biochemistry*, 2009, 41(4): 695-703.
- [9] Unger I M, Kennedy A C, Muzika R M. Flooding effects on soil microbial communities. *Applied Soil Ecology*, 2009, 42(1): 1-8.
- [10] Yang G R, Tong C L, Zhang W J, Wu J S. Decomposition of organic matter by soil microorganisms in terrestrial carbon cycling and its influence factors. *Chinese Journal of Soil Science*, 2005, 36(4): 605-609.
- [11] Zeng J P, Sun G Y, Wang C H, Li W D. On relation between formation and distribution of marsh and landforms in the Sanjiang plain//Huang X C, ed. *Studies on mires in China*. Beijing: Science Publishing Company, 1988: 96-100.
- [12] Molles M C Jr, Crawford C S, Ellis L M. Effects of an experimental flood on litter dynamics in the middle Rio Grande riparian ecosystem. *Regulated Rivers: Research and Management*, 1995, 11(3/4): 275-281.
- [13] Day F P Jr. Effects of flooding on leaf litter decomposition in microcosms. *Oecologia*, 1983, 56(2/3): 180-184.
- [14] Wang Q B, Li L H, Bai Y F, Xing X R. Effects of simulated climate change on the decomposition of mixed litter in three steppe communities. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, 24(6): 674-679.
- [15] Liu J P, Yang Q, Lü X G. Studies on the soil temperature gradient in annular wetlands in the Sanjiang Plain, China. *Wetland Science*, 2005, 3(1): 42-47.
- [16] Deng R J, Yang W Q, Feng R F, Hu J L, Qin J L, Xiong X J. Mass loss and element release of litter in the subalpine forest over one freeze-thaw season. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(10): 5730-5735.
- [17] Groffman P M, Driscoll C T, Fahey T J, Hardy J P, Fitzhugh R D, Tierney G L. Effects of mild winter freezing on soil nitrogen and carbon dynamics in a northern hardwood forest. *Biogeochemistry*, 2001, 56(2): 191-213.
- [18] Uchida M, Mo W H, Nakatsubo T, Tsuchiya Y, Horikoshi T, Koizumi H. Microbial activity and litter decomposition under snow cover in a cool-temperate broad-leaved deciduous forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2005, 134(1/4): 102-109.
- [19] Davidson E A, Janssens I A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. *Nature*, 2006, 440(7081): 165-173.
- [20] Lan N K, Asaeda T, Manatunge J. Decomposition of aboveground and belowground organs of wild rice (*Zizania latifolia*): mass loss and nutrient

- changes. *Aquatic Ecology*, 2006, 40(1): 13-21.
- [21] Rejmánková E, Houdková K. Wetland plant decomposition under different nutrient conditions: what is more important, litter quality or site quality? *Biogeochemistry*, 2006, 80(3): 245-262.
- [22] Longhi D, Bartoli M, Viaroli P. Decomposition of four macrophytes in wetland sediments: organic matter and nutrient decay and associated benthic processes. *Aquatic Botany*, 2008, 89(3): 303-310.
- [23] Wu H T, Lü X G, Yang Q, Jiang M, Tong S Z. The early-stage litter decomposition and its influencing factors in the wetland of the Sanjiang Plain, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(10): 4027-4035.
- [24] Gessner M O. Breakdown and nutrient dynamics of submerged *Phragmites* shoots in the littoral zone of a temperate hardwater lake. *Aquatic Botany*, 2000, 66(1): 9-20.
- [25] Köchy M, Wilson S D. Litter decomposition and nitrogen dynamics in Aspen forest and Mixed-grass prairie. *Ecology*, 1997, 78(3): 732-739.
- [26] Liu J S, Sun X L, Yu J B. Nitrogen content variation in litters of *Deyeuxia angustifolia* and *Carex lasiocarpa* in Sanjiang plain. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(6): 898-902.
- [27] Neckles H A, Neill C. Hydrologic control of litter decomposition in seasonally flooded prairie marshes. *Hydrobiologia*, 1994, 286(3): 155-165.
- [28] Wen D Z, Wei P, Zhang Y C, Kong G H. Dry mass loss and chemical changes of the decomposed fine roots in three China south subtropical forests at Dinghushan. *Chinese Journal of Ecology*, 1998, 17(2): 1-6.
- [29] Canfield D E, Thamdrup B, Kristensen E. *Aquatic Geomicrobiology*. Amsterdam: Elsevier, 2005.
- [30] Yang Y X, Wang S Y, He T R. Distribution characteristics and seasonal dynamics of phosphorus and potassium in wetland ecosystem in the Sanjiang Plain. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(4): 522-526.

参考文献:

- [1] 武海涛, 吕宪国, 杨青. 湿地草本植物枯落物分解的影响因素. *生态学杂志*, 2006, 25(11): 1405-1411.
- [2] 孙志高, 刘景双, 于君宝, 秦胜金. 模拟湿地水分变化对小叶章枯落物分解及氮动态的影响. *环境科学*, 2008, 29(8): 2081-2093.
- [6] 杨继松, 刘景双, 于君宝, 王金达, 李新华, 孙志高. 三江平原沼泽湿地枯落物分解及其营养动态. *生态学报*, 2006, 26(5): 1297-1302.
- [10] 杨钙仁, 童成立, 张文菊, 吴金水. 陆地碳循环中的微生物分解作用及其影响因素. *土壤通报*, 2005, 36(4): 605-609.
- [11] 曾建平, 孙光友, 王春鹤, 李卫东. 三江平原地貌与沼泽的形成与分布//黄锡畴. *中国沼泽研究*. 北京: 科学出版社, 1988: 96-100.
- [14] 王其兵, 李凌浩, 白永飞, 邢雪荣. 模拟气候变化对3种草原植物群落混合凋落物分解的影响. *植物生态学报*, 2000, 24(6): 674-679.
- [15] 刘吉平, 杨青, 吕宪国. 三江平原环型湿地土壤温度梯度的研究. *湿地科学*, 2005, 3(1): 42-47.
- [16] 邓仁菊, 杨万勤, 冯瑞芳, 胡建利, 秦嘉励, 熊雪晶. 季节性冻融期间亚高山森林凋落物的质量损失及元素释放. *生态学报*, 2009, 29(10): 5730-5735.
- [23] 武海涛, 吕宪国, 杨青, 姜明, 佟守正. 三江平原典型湿地枯落物早期分解过程及影响因素. *生态学报*, 2007, 27(10): 4027-4035.
- [26] 刘景双, 孙雪利, 于君宝. 三江平原小叶樟、毛果苔草枯落物中氮素变化分析. *应用生态学报*, 2000, 11(6): 898-902.
- [28] 温达志, 魏平, 张佑昌, 孔国辉. 鼎湖山亚热带森林细根分解干物质损失和元素动态. *生态学杂志*, 1998, 17(2): 1-6.
- [30] 杨永兴, 王世岩, 何太蓉. 三江平原湿地生态系统 P、K 分布特征及季节动态研究. *应用生态学报*, 2001, 12(4): 522-526.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.32 ,No.2 January ,2012(Semimonthly)

CONTENTS

Dynamics of demersal fish species diversity and biomass of dominant species in autumn in the Beibu Gulf, northwestern South China Sea	WANG Xuehui, QIU Yongsong, DU Feiyan, et al (333)
Spatial variation in species richness of birds and mammals in mainland China	DING Jingjing, LIU Dingzhen, LI Chunwang, et al (343)
Comparative study on learning behavior and electroantennogram responses in two geographic races of <i>Cotesia glomerata</i>	WANG Guohong, LIU Yong, GE Feng, et al (351)
Biological characteristics and habitat requirements of <i>Parnassius imperator</i> (Lepidoptera: Parnassidae)	FANG Jianhui, LUO Youqing, NIU Ben, et al (361)
Annual variability in biological characteristics of <i>Illex argentinus</i> in the southwest Atlantic Ocean	FANG Zhou, LU Huajie, CHEN Xinjun, et al (371)
The impact of run-of stream dams on benthic macroinvertebrate assemblages in urban streams	HAN Minghua, YU Haiyan, ZHOU Bin, et al (380)
Effect of suspended sediment on the feeding physiology of <i>Pinctada martensii</i> in laboratory	LI Zhimin, SHEN Yuchun, YU Nantao, et al (386)
Potential nutrient limitation of phytoplankton growth in the Western and Central Pacific Ocean	XU Yanqing, CHEN Jianfang, GAO Shengquan, et al (394)
Ingestion of selected HAB-forming dinoflagellates	ZHANG Qingchun, YU Rencheng, SONG Jingjing, et al (402)
Formation of aggregation by <i>Phaeocystis globosa</i> (Prymnesiophyceae) in response to high grazing pressure	WANG Xiaodong, WANG Yan (414)
Growth and reproduction of the green macroalga <i>Ulva prolifera</i>	ZHANG Bixin, WANG Jianzhu, WANG Yifu, et al (421)
Screening of growth decline related genes from <i>Alexandrium catenella</i>	ZHONG Jie, SUI Zhenghong, WANG Chunyan, et al (431)
Analysis of inherent optical properties of Lake Taihu in spring and its influence on the change of remote sensing reflectance	LIU Zhonghua, LI Yunmei, LU Heng, et al (438)
Neural network modeling of the eutrophication mechanism in Lake Chenghai and corresponding scenario analysis	ZOU Rui, DONG Yunxian, ZHANG Zhenzhen, et al (448)
The compensatory growth of shrubby <i>Pinus thunbergii</i> response to the boring stress in sandy coast	ZHOU Zhen, LI Chuanrong, XU Jingwei, et al (457)
Selected body temperature and thermal tolerance of tadpoles of two frog species (<i>Fejervarya limnocharis</i> and <i>Microhyla ornata</i>) acclimated under different thermal conditions	SHI Linqiang, ZHAO Lihua, MA Xiaohao, et al (465)
Effects of landscape structure and key landscape factors on aphids-parasitoids-hyper parasitoids populations in wheat fields	ZHAO Zihua, WANG Ying, HE Dahan, et al (472)
Effects of cadmium on lipid peroxidation and ATPase activity of plasma membrane from Chinese kale (<i>Brassica alboglabra</i> Bailey) roots	ZHENG Aizhen (483)
Effects of ginger aqueous extract on soil enzyme activity, microbial community structure and soil nutrient content in the rhizosphere soil of ginger seedlings	HAN Chunmei, LI Chunlong, YE Shaoping, et al (489)
Manganese tolerance and accumulation in mycelia of <i>Cordyceps kyusyuensis</i>	LUO Yi, CHENG Xianhao, ZHANG Congcong, et al (499)
Influence of oxytetracycline exposure on antibiotic resistant bacteria and enzyme activities in wheat rhizosphere soil	ZHANG Hao, ZHANG Lilan, WANG Jia, et al (508)
Effects of elevated nitrogen deposition on soil organic carbon mineralization and soil enzyme activities in a Chinese fir plantation	SHEN Fangfang, YUAN Yinghong, FAN Houbao, et al (517)
Differences in clonal growth between female and male plants of <i>Rhus typhina</i> Linn. and their diurnal changes in photosynthesis and chlorophyll fluorescence	ZHANG Mingru, WEN Guosheng, ZHANG Jin, et al (528)
Soil water holding capacity under four typical ecosystems in Wuyunjie Nature Reserve of Hunan Province	PAN Chunxiang, LI Yuyuan, PENG Yi, et al (538)
The effect of different land use patterns on soil properties in alpine areas of eastern Qilian Mountains	ZHAO Jinmei, ZHANG Degang, LIU Changzhong, et al (548)
Responses of soil macro-fauna to land desertification in sandy grassland	LIU Rentao, ZHAO Halin (557)
Characteristics of cultivable microbial community number and structure at the southeast edge of Tengger Desert	ZHANG Wei, ZHANG Gaosen, LIU Guangxiu, et al (567)
Physiological and ecological responses of maize to different severities of desertification in the Southern Taramakan desert	LI Lei, LI Xiangyi, LIN Lisha, WANG Yingju, et al (578)
Characterization of caloric value in fifteen plant species in <i>Leymus chinensis</i> steppe in Xilin River Basin, Inner Mongolia	GAO Kai, XIE Zhongbing, XU Sutie, et al (588)
Spatial pattern responses of <i>Achnatherum splendens</i> to environmental stress in different density levels	ZHANG Mingjuan, LIU Maosong, XU Chi, et al (595)
Effects of environmental factors on species distribution and diversity in an <i>Abies fargesii</i> - <i>Betula utilis</i> mixed forest	REN Xuemin, YANG Gaihe, WANG Dexiang, et al (605)
Effects of alginate cerium complexes on ascorbate- glutathione cycle in spinach leaves under chlorpyrifos stress	LUAN Xia, CHEN Zhende, WANG Dongfeng, et al (614)
Analysis on spatiotemporal changes of urban thermal landscape pattern in the context of urbanisation: a case study of Xiamen City	HUANG Jucong, ZHAO Xiaofeng, TANG Lina, et al (622)
The analysis of the green vegetation cover change in western Sichuan based on GIS and Remote sensing	YANG Cunjian, ZHAO Zijian, REN Xiaolan, et al (632)
An inventory of BVOC emissions for a subtropical urban-rural complex: Greater Taizhou Area	CHANG Jie, REN Yuan, SHI Yan, et al (641)
Scientific Note	
Litter decomposition and nutrient dynamics of <i>Carex lasiocapa</i> under different water conditions	HOU Cuicui, SONG Changchun, LI Yingchen, et al (650)
Nest-box color preference and reproductive success of great tit	ZHANG Keqin, DENG Qiuxiang, Justin Liu, et al (659)

《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 2 期 (2012 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 2 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: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 70.00 元