

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第12期 Vol.32 No.12 **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 12 期

2012 年 6 月 (半月刊)

目 次

- 河口湿地人为干扰度时空动态及景观响应——以大洋河口为例..... 孙永光,赵冬至,吴 涛,等 (3645)
- 鄱阳湖南矶湿地优势植物群落及土壤有机质和营养元素分布特征..... 张全军,于秀波,钱建鑫,等 (3656)
- 青岛市湿地生态网络评价与构建..... 傅 强,宋 军,毛 锋,等 (3670)
- 大堤型湖滨带生态系统健康状态驱动因子——以太湖为例..... 叶 春,李春华,王秋光,等 (3681)
- 绿色屋顶径流氮磷浓度分布及赋存形态..... 王书敏,何 强,张峻华,等 (3691)
- 坡度对农田土壤动物群落结构及多样性的影响..... 何先进,吴鹏飞,崔丽巍,等 (3701)
- 枣园桃蛀果蛾寄生蜂种类及其与寄主的关系..... 姚艳霞,赵文霞,常聚普,等 (3714)
- 基于逻辑斯蒂回归模型的鹭科水鸟栖息地适宜性评价..... 邹丽丽,陈晓翔,何 莹,等 (3722)
- 温度、盐度和 pH 对马氏珠母贝稚贝清滤率的联合效应 朱晓闻,王 辉,刘 进,等 (3729)
- 鸡桑药共生模式库区土壤养分变化及流失风险..... 赵丽平,杨贵明,赵同科,等 (3737)
- 黑河中游典型土地利用方式下土壤粒径分布及与有机碳的关系 张俊华,李国栋,南忠仁 (3745)
- DEM 栅格分辨率和子流域划分对杏子河流域水文模拟的影响 邱临静,郑粉莉,Yin Runsheng (3754)
- 粒度变化对城市热岛空间格局分析的影响..... 郭冠华,陈颖彪,魏建兵,等 (3764)
- 基于景观连接度的森林景观恢复研究——以巩义市为例 陈 杰,梁国付,丁圣彦 (3773)
- 城市能源利用碳足迹分析——以厦门市为例..... 林剑艺,孟凡鑫,崔胜辉,等 (3782)
- 高寒牧区村域生态足迹——以甘南州合作市为例..... 王录仓,高 静 (3795)
- 太湖湖滨带生态系统健康评价..... 李春华,叶 春,赵晓峰,等 (3806)
- 秦岭大熊猫栖息地巴山木竹生物量..... 党坤良,陈俊娴,孙飞翔,等 (3816)
- 盐胁迫对盐生植物黄花补血草种子萌发和幼苗生长的影响..... 尤 佳,王文瑞,卢 金,等 (3825)
- 海南霸王岭山地原始林与伐后林中木质藤本对支持木的选择..... 刘晋仙,陶建平,何 泽,等 (3834)
- 闽楠幼树光合特性及生物量分配对光环境的响应..... 王振兴,朱锦懋,王 健,等 (3841)
- 基于形态及分子标记的濒危植物夏蜡梅自然居群的遗传变异研究 金则新,顾婧婧,李钧敏 (3849)
- 不同径级油松径向生长对气候的响应..... 姜庆彪,赵秀海,高露双,等 (3859)
- 珍稀濒危植物长蕊木兰种群的年龄结构与空间分布..... 袁春明,孟广涛,方向京,等 (3866)
- 巨桉与 5 种木本植物幼树的耗水特性及水分利用效率的比较..... 胡红玲,张 健,万雪琴,等 (3873)
- 银木凋落叶腐解过程对小白菜生长和抗性生理的影响..... 黄激激,胡庭兴,张念念,等 (3883)
- 基于氡示踪剂和热扩散技术的栓皮栎水分运输速率与效率研究..... 孙守家,孟 平,张劲松,等 (3892)
- 石漠化干旱环境中石生藓类水分吸收特征及其结构适应性..... 张显强,曾建军,湛金吾,等 (3902)
- 含铜有机肥对土壤酶活性和微生物群落代谢的影响..... 陈 琳,谷 洁,高 华,等 (3912)
- 钝叶枥不同性别花的花部形态与传粉特征比较..... 王 茜,邓洪平,丁 博,等 (3921)
- 我国春玉米潜在种植分布区的气候适宜性..... 何奇瑾,周广胜 (3931)
- 烯效唑干拌种对小麦氮素积累和运转及籽粒蛋白质品质的影响..... 樊高琼,杨恩年,郑 亭,等 (3940)

专论与综述

- 中国产业共生发展模式的国际比较及对策 石 磊,刘果果,郭思平 (3950)

研究简报

- 吉林省镇赉县近 10 年景观格局变化 张国坤,卢京花,宋开山,等 (3958)
- 杨树人工林生态系统通量贡献区分析..... 金 莹,张志强,方显瑞,等 (3966)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 330 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2012-06



封面图说:鸳鸯——在分类上属雁形目,鸭科。英文名为 Mandarin Duck(即“中国官鸭”)。鸳指雄鸟,鸯指雌鸟,故鸳鸯属合成词。常常栖息于山地河谷、溪流、湖泊、水田等处,雌雄偶居,以植物性食物为主,也食昆虫等小动物。繁殖期 4—9 月间,雌雄配对后迁至营巢区。巢往往置于树洞中,用干草和绒羽铺垫,每窝产卵 7—12 枚。江西省婺源鸳鸯湖是亚洲最大的野生鸳鸯越冬栖息地。鸳鸯是一种美丽的禽鸟,中国传统文化又赋予它很多美好的寓意,因此,在许多文学艺术作品中经常用以表达爱情。

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

DOI: 10.5846/stxb201109161355

黄激激, 胡庭兴, 张念念, 肖银龙, 何远洋, 李仲彬, 丁伟. 银木凋落叶腐解过程对小白菜生长和抗性生理的影响. 生态学报, 2012, 32(12): 3883-3891.

Huang W W, Hu T X, Zhang N N, Xiao Y L, He Y Y, Li Z B, Ding W. Effects of leaf litter of *Cinnamomum septentrionale* on growth and resistance physiology of *Brassica rapa* in the decomposition process of litter. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(12): 3883-3891.

银木凋落叶腐解过程对小白菜生长和抗性生理的影响

黄激激, 胡庭兴*, 张念念, 肖银龙, 何远洋, 李仲彬, 丁伟

(四川农业大学林学院, 四川省林业生态工程重点实验室, 雅安 625014)

摘要: 采用盆栽试验, 研究了 0(CK)、20(A₁)、40(A₂) 和 80(A₃) g/盆不同量银木凋落叶在土壤中腐解不同时间(30、40、50、60、70 d)后对受体植物小白菜株高、叶面积、生物量及几种抗性生理指标的影响。同时设置补充试验, 采用充分浸泡 48 h 并蒸煮 4 h, 再风干后的银木凋落叶, 各处理用叶量同上, 观测分析蒸煮后的银木凋落叶在施入土壤后对土壤物理性质和受体植物的影响。结果表明: (1) 在未蒸煮的试验中, 凋落叶在施入土壤 70 d 内, 显著抑制了小白菜的高生长、叶片伸展和生物量; 在低凋落叶量、短时间处理下, 小白菜叶片超氧化物歧化酶、过氧化物酶和过氧化氢酶活性有所升高, 但处理量增大或处理时间延长时, 超氧化物歧化酶和过氧化物酶活性降低, 70 d 时过氧化氢酶活性随着处理量增大受到显著促进 ($RI > 0$); 在低凋落叶量、短时间处理下, 可溶性糖含量显著上升, 随着处理时间的延长和处理量的增加, 可溶性糖和可溶性蛋白的含量显著降低; 银木凋落叶在土壤中的作用强度随分解时间延长呈先强后弱的变化趋势, 高凋落叶量处理产生的效应比低凋落叶量处理快且强, 对小白菜的综合抑制效应变化趋势为: $A_3 > A_2 > A_1$; 60 d 后, 各处理的某些指标(生物量、超氧化物歧化酶等)的效应明显减弱以及各处理之间效应差异缩小, 可能是由于银木凋落叶在土壤中分解释放的有害次生代谢物质已明显减少; (2) 在补充试验中, 小白菜试验期内各处理间无明显形态差别, 70 d 时各处理生物量、形态指标之间无显著差异 ($P > 0.05$), 表明在凋落叶施入量一定的范围内, 土壤物理性质并不是影响小白菜生长的主要因素。综合各项指标可以看出, 银木凋落叶在土壤腐解过程中可能对小白菜的生长和抗性生理产生了化感作用。

关键词: 银木凋落叶; 小白菜; 化感作用; 生长; 抗性生理

Effects of leaf litter of *Cinnamomum septentrionale* on growth and resistance physiology of *Brassica rapa* in the decomposition process of litter

HUANG Weiwei, HU Tingxing*, ZHANG Niannian, XIAO Yinlong, HE Yuanyang, LI Zhongbin, DING Wei

Key Laboratory of Forestry Ecological Engineering of Sichuan Province, College of Forestry, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China

Abstract: A pot experiment was carried out to study the effects of addition of leaf litter of *Cinnamomum septentrionale* on growth and resistance physiology of *Brassica rapa* during the decomposition process. Each pot contained 8 kg of soil mixed with 0, 20, 40, 80 g leaf litter of *C. septentrionale* respectively. Seeds of *B. rapa* were sowed on 13th April, a week later after litter addition. Height, biomass, leaf area and several indexes of resistance physiology were determined at 30, 40, 50, 60 and 70 d after sowing. Supplementary experiment was conducted as following: leaf litter of *C. septentrionale* after soaking in water for 48 h was steamed for 4 h, and the other methods were the same as above. The results were stated as following. (1) In formal experiment, height and biomass of *B. rapa* were inhibited significantly in 70 days. The activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD) and catalase activity (CAT) in leaves of *B. rapa* increased on the condition of low litter content and short time of decomposition, but decreased on that of higher litter content and longer time

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2006BAC01A11-03); 四川农业大学“211”工程建设科技支撑计划资助项目

收稿日期: 2011-09-16; **修订日期:** 2012-03-26

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hutx001@yahoo.com.cn

of decomposition. The activities of CAT went up significantly in 70 d. The content of sugar and soluble protein in leaves of *B. rapa* increased in low litter content and short time of decomposition, whereas, decreased in that of higher litter content and longer time of decomposition. The affect intensity of leaf litter on *B. rapa* was from strong to weak in pace with prolonged decomposition time. The compound negative effect of 80 g treatment was the strongest, that of 40 g was weaker, and that of 20 g was the weakest. After 60 days, the discrepancy size of some indicators (e. g. biomass and SOD) of *B. rapa* among treatments had reduced. This implied that the effects were weakened. The reason might be that the allelochemicals in the litter of *C. septentrionale* had obviously reduced or almost no longer released. (2) In supplementary experiment, after sowing for 70 d, there was no obvious difference of morphological feature and no significant difference in biomass, height, leaf area between litter addition and control. It indicated that soil physical properties were not influenced obviously and the growth of *B. rapa* was not affected by addition of litter. On the whole, the leaf litter of *C. septentrionale* had a fierce allelopathic effect on *B. rapa* during its initial decomposition process in soil.

Key Words: *Cinnamomum septentrionale*; *Brassica rapa*; allelopathy; growth; resistance physiology

农林复合系统是一种传统的土地利用和经营方式。因其在解决农林“争地”矛盾,改善生态环境,提高自然资源利用,增加农民收入,促进生态和经济协调发展等方面的重要作用^[1-2],受到许多国家的高度重视^[3-4]。

银木(*Cinnamomum septentrionale*),又名大叶樟,是樟科(Laureaceae)樟属常绿阔叶乔木树种,主要分布在年平均气温 14℃,降水量 800 mm 以上的地区,如四川盆地、陕西南部、甘肃南部、湖南等,是自然分布最北面的樟科植物。其枝叶茂盛,树冠浓密,树姿秀丽,四季常青,且具芳香,已被我国南方乡村四旁绿化及园林绿化广泛应用。银木叶可提取樟脑素,具有芳香味^[5-7]。现国内仅见于对银木繁殖^[8]、生长规律^[7]、光合和生理^[9]的研究,对其农林复合种植的相关研究还未见报道。大量研究表明,与银木同科同属的香樟(*Cinnamomum camphora*)的某种或某些化学物质抑制其林下草坪草种子萌发和草坪草植株生长^[10],同时其根际土壤含有一定的化感物质,对萝卜(*Raphanus sativus*)、红苋菜(*Amaranthus mangosfanus*)和苋菜(*Capsella bursa-pastoris*)种子萌发、幼苗生长出现低促高抑的现象^[11]。张文莲等的研究表明银木、香樟、油樟(*Cinnamomum longepaniculatum*)等,均有以樟脑和 1,8-桉叶油素为特征化学成分的类型^[12],已有研究报道樟脑是化感物质之一^[10]。这些物质通过影响植物体内的一些生理过程,如细胞分裂、光合作用、呼吸作用、酶活性、渗透调节等,从而对植物生长发育造成不利影响^[13-14]。

在我国南方农村银木常作为四旁树种植于房前屋后,与蔬菜田地毗邻。而小白菜(*Brassica rapa*)作为四川的主要蔬菜作物,常种植于银木林边或树下。故本研究拟采用接近自然状态的方法,通过盆栽试验,在混有银木凋落叶的土壤中种植小白菜,探讨银木不同量凋落叶在土壤中分解过程中对受体植物的作用及其机理,为农林复合经营提供理论依据和参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供体材料

在四川农业大学教学科研基地内 27 年生银木人工林中收集自然凋落的银木叶,收集时间为 2010 年 3 月底至 4 月中旬银木落叶高峰期,取回后风干剪成 1 cm² 左右的小块(以利于与土壤均匀混合),贮存备用。

1.1.2 受体材料

受体植物选择园地植物四季小白菜(*Brassica rapa*),该蔬菜常种植于香樟、银木或桉树(*Eucalyptus* spp.)等绿化树种邻近或树下。选择饱满、大小均一的种粒,播种前先晒种 1 d,0.1% HgCl₂ 消毒后浸种 24 h,待用。

1.1.3 栽植土壤与容器

选择当地常见的沙壤土,用多菌灵进行消毒,将其充分混匀后平铺晾置 2 d,待用;栽植容器为口径 25 cm,高度 25 cm 的白色塑料盆钵。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计

试验于2010年在雅安市四川农业大学科研园区大棚中采用盆栽的方法进行,具体方法是将银木凋落叶碎片与处理好的土壤充分混合,装入盆中(用土量8 kg/盆),播种小白菜。

采用单因素随机试验设计,根据2009年4月—2010年3月在银木林下每月观测结果,银木叶年凋落量约为7 200 kg/hm²,折算到试验所用盆钵盆口面积上约40 g,故以40 g/盆作为基本施入量。由于不同林分条件的差异,以及风等外力的影响,不同林地单位面积上银木凋落量不一致,因此本试验设置0 g/盆(CK)、20 g/盆(A₁)、40 g/盆(A₂)及80 g/盆(A₃)4个凋落叶水平,每个水平设置15个重复,共60盆。同时为了观测在土壤中施加凋落叶是否会明显影响土壤的孔隙度等土壤物理性质,进而影响小白菜生长,进行了补充试验(即平行试验),即将剪碎的银木凋落叶在自来水中浸泡48 h后再蒸煮4 h(尽可能去除凋落叶中短期释放的次生代谢物质),晾晒风干后按同样的4个凋落叶水平与土壤混合装盆,每个水平设3个重复。

播种时,将处理好的小白菜种子点播于各盆中,保证每盆种子数量基本相同并且在盆中分布均匀,覆土1 cm厚,浇透水。采用定期间苗的方法保证各盆种子萌发、幼苗密度、大小一致,并每2 d浇1次水,用HH₂便携式土壤水分测定仪(ML2x, GBR)监测土壤含水量,将土壤体积含水量控制在18%左右。

1.2.2 指标测定及方法

2010年4月13日播种,播种后30、40、50、60、70 d,分别对各处理随机抽取幼苗10株测定株高、生物量及叶面积,并取每株第2、3片新鲜功能叶片测定其抗性生理指标。

补充试验于2011年2月20日播种,观察生长期间各处理间是否有差异,播种70 d时测定其株高、生物量及叶面积。

叶面积测定:打孔称重法^[15]。

株高测定:测定时从植株土壤表面量到顶端。

生物量测定:将每株植株地上部分和地下部分在通风干燥箱内105℃杀青,然后80℃烘至恒定质量。

超氧化物歧化酶SOD活性测定:采用氮蓝四唑法^[16],以抑制NBT光化还原的50%为一个酶活单位u。

过氧化物酶POD活性测定:参照愈创木酚法^[17],将每分钟OD增加0.01定义为1个酶活单位u。

过氧化氢酶CAT活性测定:参照紫外分光光度法^[17],以1 min内OD减少0.1为1个酶活单位u。

可溶性蛋白含量测定:采用考马斯亮蓝G250法^[15]。

可溶性糖含量测定:采用蒽酮比色法^[15]。

1.2.3 数据处理分析

用Williamson^[18]提出的化感效应指数 Inhibitory Rate(RI)衡量银木凋落叶对小白菜的综合效应。即:

$$RI=1-C/T(\text{当 } T \geq C \text{ 时}) \text{ 或 } RI=T/C-1(\text{当 } T < C \text{ 时})$$

式中,T为处理值,C为对照值,当RI>0表示促进作用,当RI<0表示抑制作用,RI的绝对值代表作用强度。最后某一处理的综合效应 Synthesis Effect(SE)用该处理下各指标(株高、生物量、叶面积及抗性生理指标)化感效应指数RI的算术平均值来表示^[19-20]。

采用SPSS16.0统计分析软件(SPSS Inc, USA)对数据进行单因素方差分析(One-way ANOVA),并用最小显著差数法(LSD法)进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 银木凋落叶腐解过程对小白菜株高、生物量及叶面积的影响

随着土壤中银木凋落叶量的增大,播种后30、40、50、60、70 d,小白菜株高和叶面积呈现随凋落叶量增加而显著降低的趋势,A₃处理降低的幅度最大,化感效应指数RI值分别达-0.415—-0.574和-0.442—-0.821(表1)。

表 1 不同量银木凋落叶在土壤中的腐解过程对小白菜株高与生物量及叶面积的影响

Table 1 Effects of the leaf litter of <i>C. septentrionale</i> on height, biomass and leaf area of <i>B. rapa</i> in the decomposition process of litter in soil									
播种后天数/d Days after sowing	凋落叶含量 The content of leaf litter /(g/盆)	株高 Height		叶面积 Leaf area		地上部分干重 Dry weight aboveground		地下部分干重 Dry weight underground	
		测定值/cm Observation	化感指数 RI/ Inhibitory rate	测算值 Estimated value /(mm ²)	化感指数 RI/ Inhibitory rate	测定值 Observation /(g/株)	化感指数 RI/ Inhibitory rate	测定值 Observation /(g/株)	化感指数 RI/ Inhibitory rate
30	0(CK)	15.5±2.7 a	-	1029.644±25.511 a	-	0.098±0.024 b	-	0.024±0.002 a	-
	20	16.8±1.7 a	0.078	1008.011±14.428 ab	-0.021	0.152±0.021 a	0.353	0.024±0.001 a	-0.027
	40	14.1±1.5 b	-0.088	987.413±15.724 b	-0.041	0.098±0.012 b	-0.003	0.020±0.001 a	-0.192
	80	9.1±0.8 c	-0.415	550.661±31.296 c	-0.442	0.054±0.020 c	-0.448	0.019±0.002 a	-0.233
40	0(CK)	18.1±2.5 a	-	2729.375±63.620 a	-	0.337±0.090 a	-	0.067±0.007 a	-
	20	19.1±1.9 a	0.051	2504.116±36.125 b	-0.083	0.336±0.130 a	-0.004	0.073±0.020 a	-0.078
	40	14.1±1.4 b	-0.225	1990.137±8.822 c	-0.271	0.221±0.016 a	-0.343	0.057±0.022 a	-0.154
	80	8.7±1.0 c	-0.522	958.389±31.137 d	-0.649	0.055±0.005 b	-0.838	0.021±0.002 b	-0.687
50	0(CK)	21.1±2.7 a	-	1364.278±69.897 a	-	0.594±0.279 a	-	0.071±0.060 a	-
	20	18.7±2.1 b	-0.110	1087.214±58.339 b	-0.203	0.432±0.125 ab	-0.273	0.046±0.011 a	-0.361
	40	16.5±1.9 c	-0.217	760.385±33.088 c	-0.443	0.322±0.018 b	-0.458	0.044±0.008 a	-0.377
	80	9.0±1.4 d	-0.574	356.633±28.107 d	-0.739	0.143±0.021 b	-0.759	0.038±0.012 a	-0.474
60	0(CK)	20.2±1.8 a	-	1157.922±37.193 a	-	0.522±0.059 a	-	0.082±0.013 a	-
	20	19.5±1.7 a	-0.035	1019.816±63.016 b	-0.119	0.420±0.014 b	-0.195	0.052±0.013 b	-0.375
	40	14.9±1.5 b	-0.260	526.610±16.494 c	-0.545	0.319±0.035 c	-0.388	0.032±0.005 c	-0.617
	80	9.9±1.8 c	-0.510	207.451±14.049 d	-0.821	0.140±0.022 d	-0.731	0.013±0.002 d	-0.845
70	0(CK)	18.3±2.1 a	-	1064.996±54.906 a	-	1.176±0.019 a	-	0.073±0.032 a	-
	20	15.6±3.4 b	-0.147	807.830±31.896 b	-0.241	0.929±0.017 c	-0.210	0.071±0.008 a	-0.032
	40	14.1±2.1 b	-0.229	702.116±6.211 c	-0.341	1.004±0.006 b	-0.147	0.070±0.005 a	-0.045
	80	7.9±1.5 c	-0.570	420.181±22.778 d	-0.605	0.161±0.006 d	-0.863	0.012±0.004 b	-0.836

表中数据为平均值±标准差,同列同一测定时间指标不同字母表示处理间差异达显著水平($P<0.05$)

30 d 时, A_1 处理植株地上部分干重与 CK 相比有所增加 ($RI>0$), 但其地下部分干重降低, 根系生长受到抑制 ($RI<0$); 40 d 以后, 各处理地上及地下部分干重均低于 CK, 随处理时间的延长, 各处理 RI 值减小; 60 d 时, 各处理地下部分干重受到的抑制程度最大, 干重比 CK 低 37.47—84.50%; 到 70 d 时, 地下部分干重受到的抑制作用与 60 d 时相比有缓减趋势, 而地上部分干重在 A_3 处理受到的抑制程度最大 ($RI=-0.863$)。

2.2 银木凋落叶腐解过程对小白菜叶片 3 种保护酶活性的影响

由图 1 可知, 凋落叶对 SOD 的效应在处理量 A_2 、 A_3 短期处理时间 (30—40 d), 表现为抑制作用 ($RI<0$), 50 d 时各处理均表现出显著的促进作用 ($P<0.05$), RI 分别达到 0.145、0.295、0.286、0.404, 到 70 d 时, 对酶活性的影响逐渐减弱。

POD 活性在短期处理时间 (30—50 d) 表现为抑制作用 ($RI<0$), 60 d 时呈先升高后降低趋势 (图 2), 处理量与 CK 之间差异未达显著水平, 70 d 时呈先升高后降低趋势, 各处理量与 CK 之间差异均达显著水平 ($P<0.05$), 低处理量 (A_1 、 A_2) 表现出促进作用 ($RI>0$), 高处理量 (A_3) 表现出显著的抑制作用 ($RI<0$)。

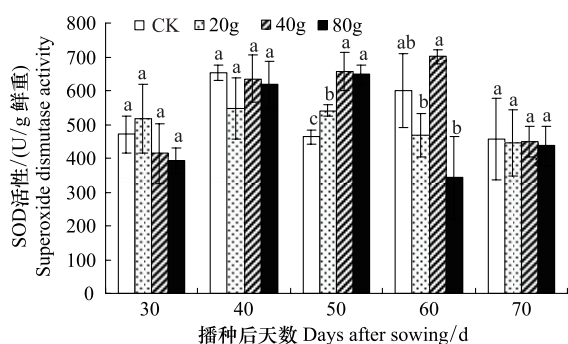


图 1 不同量银木凋落叶处理对小白菜 SOD 活性的影响

Fig. 1 Effects of different treatments of leaf litter on SOD activity of *B. rapa*

图中方柱上不同字母表示差异达 0.05 显著水平

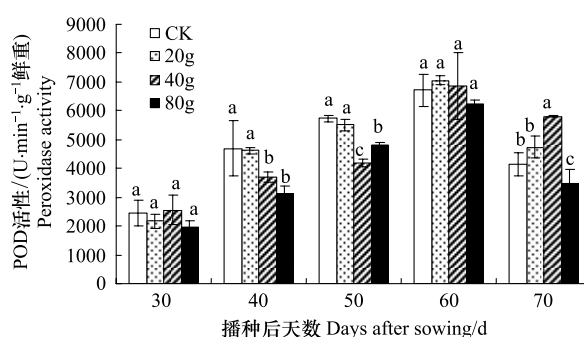


图 2 不同量银木凋落叶处理对小白菜 POD 活性的影响

Fig. 2 Effects of different treatments of leaf litter on POD activity of *B. rapa*

由图 3 可知, 随着土壤中凋落叶量的增大, CAT 活性在 30—60 d 时呈现先升后降趋势, 表现出低促高抑的现象, 70 d 时其活性呈先降低后上升趋势 ($P<0.05$), 低处理量 (A_1) 时活性最低 ($RI=-0.344$), 随着凋落叶含量的增加, 促进作用显著增强, A_2 和 A_3 的 RI 分别达 0.020、0.275。

2.3 银木凋落叶在土壤中腐解过程对小白菜叶片两种渗透调节物质的影响

图 4 显示, 短期处理 (30—40 d) 小白菜叶片可溶性糖含量在各测定时间各处理下均高于 CK, 并随着凋落叶含量的增加而呈上升趋势, 50—60 d 时低含量影响不显著, 而高含量则表现出显著的抑制作用 ($P<0.05$), 到 70 d 时各处理均显著低于 CK, 且随着处理量增大抑制作用加剧。

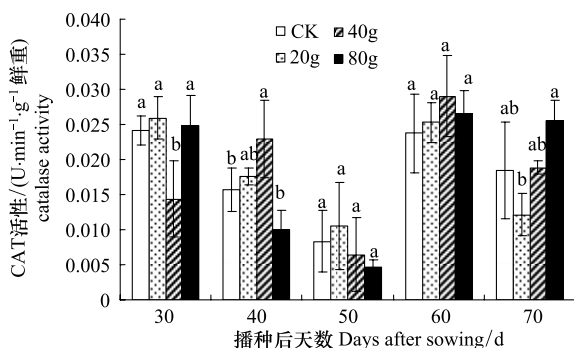


图 3 不同量银木凋落叶处理对小白菜 CAT 活性的影响

Fig. 3 Effects of different treatments of leaf litter on CAT activity of *B. rapa*

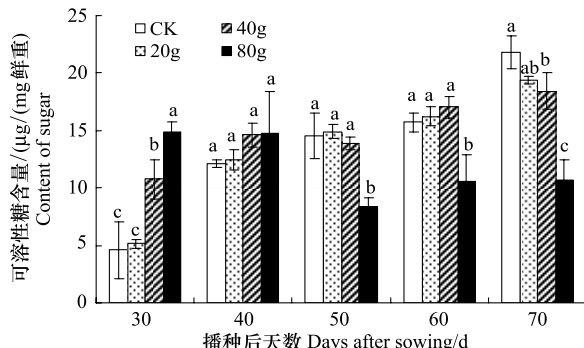


图 4 不同量银木凋落叶处理对小白菜可溶性糖含量的影响

Fig. 4 Effects of different treatments of leaf litter on sugar content of *B. rapa*

由图 5 可见,小白菜中可溶性蛋白含量,除 50 d 测定时处理组略小于 CK 外,其他时间各处理组均表现为低含量促进而高含量抑制,40 d 时处理量(A₂、A₃)均显著低于 CK,并随着凋落叶含量增加抑制作用加剧,70 d 时高处理量(A₃)表现为抑制作用,RI=-0.150。

2.4 银木凋落叶在土壤内腐解过程中对小白菜的综合效应

总体上看,在一定时间范围内,随着处理时间的延长,各处理银木凋落叶对小白菜的综合抑制效应增强,但在处理后期表现出一定程度的恢复状态;同一测定时间下,低凋落叶量(A₁)处理的综合抑制效应最小,中度凋落叶量(A₂)处理居中,高凋落叶量(A₃)处理最强,同时低凋落叶量(A₁)在 30 d 时表现出促进效应;土壤中凋落叶含量较低时(即便是 A₁ 处理),虽然在短时间内抑制效应较弱,但经过较长时间处理,也能产生较强的抑制效应(表 2)。

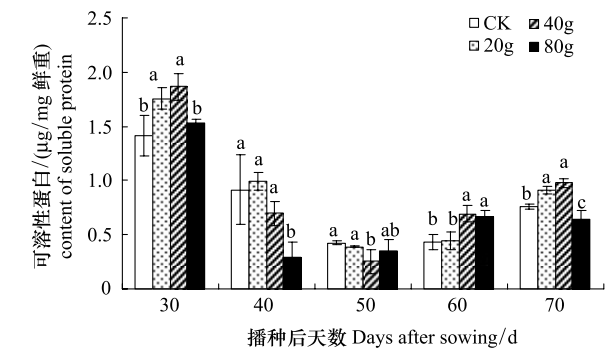


图 5 不同量银木凋落叶处理对小白菜可溶性蛋白含量的影响

Fig. 5 Effects of different treatments of leaf litter on soluble protein content of *B. rapa*

表 2 银木凋落叶在土壤内分解过程中对小白菜的综合效应 SE

Table 2 The synthesis effect of the leaf litter of *C. septentrionale* on *B. rapa* while decomposing in soil

播种后天数/d Days after sowing	各处理 SE Synthesis effect		
	20 g	40 g	80 g
30	0.080	0.000	-0.123
40	-0.066	-0.163	-0.458
50	-0.128	-0.239	-0.384
60	-0.086	-0.112	-0.365
70	-0.091	-0.045	-0.385

2.5 蒸煮后银木凋落叶在土壤中腐解过程对小白菜株高、生物量及叶面积的影响

由表 3 可知,在补充试验中,70 d 时小白菜株高、叶面积及生物量各处理之间无显著差异($P>0.05$),同时通过观察发现,生长期中各处理之间小白菜形态无明显差别,这表明经过充分浸泡和蒸煮,在 80 g 凋落叶量处理范围内,凋落叶的加入对土壤通气透水性可能产生了一定影响,但并不是影响小白菜生长的主要因素。

表 3 蒸煮后的不同量银木凋落叶在土壤中腐解过程对小白菜株高、生物量及叶面积的影响

Table 3 Effects of the leaf litter after stewing of *C. septentrionale* on height, biomass and leaf area of *B. rapa* in the decomposition process of litter in soil

播种后天数/d Days after sowing	凋落叶含量 The content of leaf litter /(g/盆)	株高 Height	叶面积 Leaf area	地上部分干重 Dry weight aboveground	地下部分干重 Dry weight underground
		测定值/cm Observation	测算值 Estimated value /mm ²	测定值 Observation /(g/棵)	测定值 Observation /(g/棵)
70	0 (CK)	21.4 a	1024.772 a	0.267 a	0.026 a
	20	21.7 a	1055.529 a	0.282 a	0.029 a
	40	22.3 a	1038.070 a	0.262 a	0.025 a
	80	21.9 a	1009.552 a	0.285 a	0.029 a

3 讨论

3.1 银木凋落叶对小白菜抗性生理的影响

抗氧化酶系统通常用于表示植物在环境影响下的抗性能力^[21]。本研究中,在短期处理(30—50 d)时,大量的 SOD 催化超氧阴离子自由基的歧化反映产生 H₂O₂,同时低处理量时 CAT 的积累有效地清除 H₂O₂,随着凋落叶量的增加小白菜叶片细胞内 reactive oxygen species (ROS)的产生与清除的平衡体系遭到破坏,POD 的

下降可能是由于小白菜对凋落叶的化感物质过于敏感,或者极易受到 ROS 的破坏。随着处理时间的延长,60 d 时,SOD、POD、CAT 活性均表现出低促高抑的现象,这与钟宇等^[22]用巨桉叶片水浸液处理紫花苜蓿(*Eupatorium coelestinum*)得出的结果相似;70 d 时,各处理 SOD 活性与 CK 相比无显著差异,POD、CAT 活性随着凋落叶量的增加而分别表现出先上升后下降和显著上升趋势。李彦斌等^[23]的研究结果表明,棉花(*Gossypium* spp.)叶片 SOD 酶活性变化差异不大,并与对照相比有所降低,与小白菜叶片 SOD 变化相似。本研究结果表明,60 d 及以后小白菜开始表现出比 30—50 d 期间更好的抗氧化功能,可能是由于银木凋落叶在土壤中释放的有害物质已明显减少,或者是某些有害物质在 70 d 内并未释放,或是 60 d 以后营养物质的释放大于有害物质。

可溶性糖在有机物质代谢中具有重要作用,可溶性蛋白是胞基质的主要成分,具有胶体的性质,可增加原生质水合度^[24]。根据本研究的结果显示,可能是在处理前期和中期,凋落叶释放的化感物质妨碍了小白菜对水分的吸收,造成一定程度的水分胁迫,短期处理(30—40 d)可溶性糖大量积累,王倩等^[25]曾报道了化感物质会影响植物根系对水分的吸收,也有可能是化感胁迫导致了细胞内大分子的糖类、蛋白质的降解,转化成了蔗糖、葡萄糖等小分子可溶性糖。随着处理时间的延长(50—60 d),高处理量抑制了可溶性糖的生成,70 d 时各处理含量均显著低于 CK,可能是由于化感物质阻碍小白菜体内糖的合成,或者使其转化为其它物质。低凋落叶量时小白菜中可溶性蛋白含量上升,起到渗透调节的作用,而随着凋落叶量的增加其含量呈下降趋势,这与周凯等^[26]用菊花(*Flos chrysanthemi*)不同部位及根际土壤水浸液对其扦插苗生长研究结果类似,可能是因为大量化感物质妨碍了小白菜根系对矿质离子的吸收,蛋白质合成缺少所需的元素 P、S、Fe;也可能是化感物质进入细胞后,直接与之作用,使其变性沉淀,如生物碱、有机酸等可破坏蛋白质结构^[27]。

3.2 银木凋落叶对小白菜生长的影响

短期处理(30 d)时,低凋落叶处理量(A_1)小白菜的株高及地上部分生物量高于 CK,这表明低含量银木凋落叶短期处理,能促进小白菜的生长,这在与银木具有相似特性的同科同属香樟、油樟等有关植物的研究中已有报道^[11, 28]。随着处理时间的延长,在受试的 70 d 内,小白菜的株高、叶面积及生物量受到显著抑制,可能是与银木凋落叶释放的物质不仅影响了小白菜正常的生理代谢,还影响到受体植物细胞分裂有关^[29]。各处理小白菜的株高在播种 50 d 以后几乎不再变化,甚至叶面积有所减小,而生物量仍在增加,这是因为高生长进行一段时间后几乎停止,新叶产生,同时叶厚、茎粗在增加,分蘖也在进行。与 60 d 时相比,70 d 时地下部分干重受到的抑制作用有减少趋势,可能是银木凋落叶在土壤中释放的某些有害物质已明显减少,小白菜根系作为与凋落叶最直接接触的器官已经开始恢复生长。

3.3 综合评价

低凋落叶量短期(A_1 、30 d)处理时,综合效应 $SE=0.080>0$,表明低调落叶量短期处理有利于小白菜生长所需的糖和蛋白的代谢合成,这可能是由于银木凋落叶短期分解释放的促进小白菜生长的营养物质含量大于有害的化感物质含量;随着处理时间的延长,高处理产生的效应比低量的快且强,同时凋落叶在土壤中的作用强度在时间上有先增强后减弱的趋势,这可能是凋落叶在土壤中逐渐释放物质,到一定时间积累最多,效应最强,等到释放基本完成时,作用又随之减弱。从 60 d 时各处理对某些指标(生物量、SOD 等)的综合效应明显减弱以及各处理之间效应差异缩小来看,银木凋落叶中的有害物质物质在土壤中的释放时间可能主要在 40—60 d 期间,而 70 d 后是否有某些并未明显释放的物质,开始大量分解,这有待以后的进一步探索研究。

充分浸泡蒸煮后的不同量银木凋落叶对小白菜的生长的影响无显著差异,表明在一定量凋落叶范围内,可能其对土壤通气透水性造成的影响不大,不是影响小白菜生长的主要因素,而其释放的某些化感物质才是主要原因。

References:

- [1] Mugwe J, Mucheru-Muna M, Mugendi D, Kung'u J, Bationo A, Mairura F. Adoption potential of selected organic resources for improving soil

- fertility in the central highlands of Kenya. *Agroforestry Systems*, 2009, 76(2): 467-485.
- [2] Yang X. Position and function of agroforestry in rural sustainable development. *Rural Eco-Environment*, 1996, 12(1): 37-41.
- [3] Buck L E. Agroforestry policy issues and research directions in the US and less developed countries: insights and challenges from recent experience. *Agroforestry Systems*, 1995, 30(1/2): 57-73.
- [4] Zinkhan F C, Mercer D E. An assessment of agroforestry systems in the southern USA. *Agroforestry Systems*, 1997, 35(3): 303-321.
- [5] Zheng W J. *China Silva*. Beijing: China Agriculture Press, 1983: 735-750.
- [6] Peng F R, Huang B L. A preliminary study on annual growth of *Cinnamomum Platyphyllum* one-year-old seedlings. *Journal of Nanjing Forestry University*, 1989, 13(4): 1-8.
- [7] Peng F R. The height growth of *Cinnamomum Platyphyllum* seedlings and its correlations with environmental factors. *Scientia Silvae Sinicae*, 1992, 28(3): 261-266.
- [8] Zhao C H, Wu Z H, Wang X F, Wang Y Y. Seeding Ways of *Cinnamomum septentrionale*. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2005, 26(6): 96-99.
- [9] Zhao C H, Fang L J. Study on photosynthesis and water physiology of *Cinnamomum septentrionale*. *Forest Research*, 2006, 19(2): 261-263.
- [10] Wang C, Liao Y M, Wu J, Ma L Y, Ma J, Guo J F, Chen J, Lü M, Yao Z, Wu M, He Y L. Turfgrass evaluation and analysis of factors inhibiting turfgrass growth under camphor trees. *Journal of Shanghai Jiaotong University: Agricultural Science*, 2010, 28(1): 1-8.
- [11] Li J Y, Yang X H, Ao Y S. Allelopathy of rhizosphere soil of *Cinnamomum camphora* (L.) Presl. *Ecology and Environment*, 2008, 17(2): 763-765.
- [12] Zhang W L, Zhu L F, Lu B Y, Li B L. A study on infraspecific types of chemical character of *Cinnamomum Septentrionale*. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 1995, 4(1): 61-64.
- [13] Hejl A A M, Einhellig F A, Rasmussen J A. Effects of juglone on growth, photosynthesis, and respiration. *Journal of Chemical Ecology*, 1993, 19(3): 559-568.
- [14] Romagni J G, Allen S N, Dayan F E. Allelopathic effects of volatile cineoles on two weedy plant species. *Journal of Chemical Ecology*, 2000, 26(1): 303-313.
- [15] Xiong Q E. *Plant Physiology Experiments Tutorial*. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 2003: 62, 81, 85.
- [16] Giannopolitis C N, Ries S K. Superoxide dismutases: I. occurrence in higher plants. *Plant Physiology*, 1977, 59(2): 309-314.
- [17] Gao J F. *Experiment Guidance for Plant Physiology*. Beijing: Higher Education Press, 2006: 214-215, 217-218.
- [18] Williamson G B, Richardson D. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses with independent controls. *Journal of Chemical Ecology*, 1998, 14(1): 181-187.
- [19] Liao Z Y, Zhao Z H, Hou Y P, Peng S L. Allelopathic effects of *Ipomoea cairica* on *Mikania micrantha*. *Ecology and Environment*, 2007, 16(3): 939-943.
- [20] Chen H, Hu T X, Yang W Q, Wu X H, Yin L, Li B, Mi X H, Zeng F M, Gong P. Effects of *Eucalyptus grandis* leaf litter on growth and resistance physiology of *Elymus sibiricus* in the initial decomposition process of litter in soil. *Acta Prataculturae Sinica*, 2011, 20(5): 57-65.
- [21] Yu S W, Tang Z C. *Plant Physiology and Molecular Biology*. 2nd ed. Beijing: Science Press, 1998: 721-738.
- [22] Zhong Y, Zhang J, Yang W Q, Wu F Z, Feng M S, Chen X H. Allelopathic effects of *Eucalyptus grandis* on *Medicago sativa* growing in different soil water conditions. *Acta Prataculturae Sinica*, 2009, 18(4): 81-86.
- [23] Li Y B, Liu J G, Cheng X R, Zhang W, Sun Y Y. The allelopathic effects of returning cotton stalk to soil on the growth of succeeding cotton. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(9): 4942-4948.
- [24] Li H S. *The Modern Plant Physiology*. Beijing: Higher Education Press, 2006: 336-338.
- [25] Wang Q, Sun H J, Sun L Q. Allelochemicals and its mechanism of action in allelopathy. *China Vegetables*, 2005, (Supplement): 70-74.
- [26] Zhou K, Wang Z F, Hao F G, Guo W M. Effects of aquatic extracts from different parts and rhizospheric soil of *Chrysanthemum* on the rooting of stem cuttings of the same species. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 2010, 30(4): 762-768.
- [27] Guo A G. *Base Creature Chemical*. Beijing: Higher Education Press, 2001: 59-60.
- [28] Deng W Y, Luo T, Peng S J. Studies of *Cinnamomum longepaniculatum* allelopathy on wheat. *Journal of Sichuan University: Natural Science Edition*, 2009, 46(6): 1850-1854.
- [29] Li S T, Zhou J M, Wang H Y, Chen X Q. Research surveys of allelopathy in plants. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2002, 10(4): 68-70.

参考文献:

- [2] 杨修. 农林复合经营在农村可持续发展中的地位和作用. *农村生态环境*, 1996, 12(1): 37-41.
- [5] 郑万钧. *中国树木志*. 北京: 中国农业出版社, 1983: 735-750.

- [6] 彭方仁, 黄宝龙. 四川大叶樟一年生播种苗年生长规律的初步研究. 南京林业大学学报: 自然科学版, 1989, 13(4): 1-8.
- [7] 彭方仁. 大叶樟苗木的高生长及与环境因子的相关. 林业科学, 1992, 28(3): 261-266.
- [8] 赵昌恒, 吴志红, 汪小飞, 王玉义. 银木的播种繁殖技术. 四川林业科技, 2005, 26(5): 96-99.
- [9] 赵昌恒, 方乐金. 银木的光合与水分生理特性的研究. 林业科学研究, 2006, 19(2): 261-263.
- [10] 王琛, 廖琰明, 吴坚, 马良元, 马俊, 郭金芳, 陈杰, 吕明, 姚箐, 吴敏, 何亚丽. 香樟林下几种冷季型草坪草的适应性及其影响因子分析. 上海交通大学学报: 农业科学版, 2010, 28(1): 1-8.
- [11] 李建勇, 杨小虎, 奥岩松. 香樟根际土壤化感作用的初步研究. 生态环境, 2008, 17(2): 763-765.
- [12] 张文莲, 朱亮锋, 陆碧瑶, 李宝灵. 银木种内化学类型研究. 热带亚热带植物学报, 1996, 4(1): 61-64.
- [15] 熊庆娥. 植物生理学实验教程. 成都: 四川科学技术出版社, 2003: 62, 81, 85.
- [17] 高俊凤. 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社, 2006: 214-215, 217-218.
- [19] 廖周瑜, 赵则海, 侯玉平, 彭少麟. 五爪金龙对薇甘菊的化感效应研究. 生态环境, 2007, 16(3): 939-943.
- [20] 陈洪, 胡庭兴, 杨万勤, 吴秀华, 尹丽, 李彬, 米小华, 曾凡明, 弓平. 巨桉凋落叶分解初期对老芒麦幼苗生长和抗性生理的影响. 草业学报, 2011, 20(5): 57-65.
- [21] 余叔文, 汤章城. 植物生理与分子生物学 (第二版). 北京: 科学出版社, 1998: 721-738.
- [22] 钟宇, 张健, 杨万勤, 吴福忠, 冯茂松, 陈小红. 不同土壤水分条件下生长的巨桉对紫花苜蓿的化感作用. 草业学报, 2009, 18(4): 81-86.
- [23] 李彦斌, 刘建国, 程相儒, 张伟, 孙艳艳. 秸秆还田对棉花生长的化感效应. 生态学报, 2009, 29(9): 4942-4948.
- [24] 李合生. 现代植物生理学. 北京: 高等教育出版社, 2006: 336-338.
- [25] 王倩, 孙会军, 孙令强. 化感物质及作用机理. 中国蔬菜, 2005, (Z1): 70-74.
- [26] 周凯, 王智芳, 郝峰鸽, 郭维明. 菊花不同部位及根际土壤水浸液对其扦插苗生长的自毒效应. 西北植物学报, 2010, 30(4): 762-768.
- [27] 郭蔼光. 基础生物化学. 北京: 高等教育出版社, 2001: 59-60.
- [28] 邓鹭远, 罗通, 彭铎钧. 宜宾油樟对小麦的化感作用研究. 四川大学学报: 自然科学版, 2009, 46(6): 1850-1854.
- [29] 李寿田, 周健民, 王火焰, 陈小琴. 植物化感作用研究概况. 中国生态农业学报, 2002, 10(4): 68-70.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 12 June, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Temporal and spatial dynamic changes and landscape pattern response of Hemeroby in Dayang estuary of Liaoning Province, China	SUN Yongguang, ZHAO Dongzhi, WU Tao, et al (3645)
Distribution characteristics of plant communities and soil organic matter and main nutrients in the Poyang Lake Nanji Wetland	ZHANG Qunjun, YU Xiubo, QIAN Jianxin, et al (3656)
Evaluation and construction of wetland ecological network in Qingdao City	FU Qiang, SONG Jun, MAO Feng, et al (3670)
Driving forces analysis for ecosystem health status of littoral zone with dikes: a case study of Lake Taihu	YE Chun, LI Chunhua, WANG Qiuguang, et al (3681)
The concentrations distribution and composition of nitrogen and phosphorus in stormwater runoff from green roofs	WANG Shumin, HE Qiang, ZHANG Junhua, et al (3691)
Effects of slope gradient on the community structures and diversities of soil fauna	HE Xianjin, WU Pengfei, CUI Liwei, et al (3701)
Investigation of populations of parasitic wasps parasitizing <i>Carposina sasakii</i> Matsumura (Lepidoptera: Carposinidae) in jujube orchards in China, with respect to the wasp-host relationship	YAO Yanxia, ZHAO Wenxia, CHANG Jupu, et al (3714)
Assessment of ardeidae waterfowl habitat suitability based on a binary logistic regression model	ZOU Lili, CHEN Xiaoxiang, HE Ying, et al (3722)
Combined effects of temperature, salinity and pH on the clearance rate of juveniles of <i>Pinctada martensii</i> (Dunker)	ZHU Xiaowen, WANG Hui, LIU Jin, et al (3729)
Soil nutrient dynamics and loss risks in a chicken-forage mulberry-medicinal plant intercropping system	ZHAO Liping, YANG Guiming, ZHAO Tongke, et al (3737)
Soil particle size distribution and its relationship with soil organic carbons under different land uses in the middle of Heihe river	ZHANG Junhua, LI Guodong, NAN Zhongren (3745)
Effects of DEM resolution and watershed subdivision on hydrological simulation in the Xingzihe watershed	QIU Linjing, ZHENG Fenli, YIN Runsheng (3754)
Impacts of grid sizes on urban heat island pattern analysis	GUO Guanhua, CHEN Yingbiao, WEI Jianbing, et al (3764)
Landscape connectivity analysis for the forest landscape restoration: a case study of Gongyi City	CHEN Jie, LIANG Guofu, DING Shengyan (3773)
Carbon footprint analysis on urban energy use: a case study of Xiamen, China	LIN Jianyi, MENG Fanxin, CUI Shenghui, et al (3782)
The ecological footprint of alpine pastures at the village-level: a case study of Hezuo in Gannan Autonomous Prefecture, China	WANG Lucang, GAO Jing (3795)
The ecosystem health assessment of the littoral zone of Lake Taihu	LI Chunhua, YE Chun, ZHAO Xiaofeng, et al (3806)
The biomass of <i>Bashania fargesii</i> in giant pandas habitat in Qinling Mountains	DANG Kunliang, CHEN Junxian, SUN Feixiang, et al (3816)
Effects of salinity on seed germination and seedling growth in halophyte <i>Limonium aureum</i> (L.) Hill	YOU Jia, WANG Wenrui, LU Jin, et al (3825)
Liana-host tree associations in the tropical montane primary forest and post-harvest forest of Bawangling, Hainan Island, China	LIU Jinxian, TAO Jianping, HE Zeet al (3834)
The response of photosynthetic characters and biomass allocation of <i>P. bournei</i> young trees to different light regimes	WANG Zhenxing, ZHU Jinmao, WANG Jian, et al (3841)
Genetic variation among populations of the endangered <i>Sinocalycanthus chinensis</i> based on morphological traits and ISSR profiles	JIN Zexin, GU Jingjing, LI Junmin (3849)
Growth response to climate in Chinese pine as a function of tree diameter	JIANG Qingbiao, ZHAO Xiuhai, GAO Lushuang, et al (3859)
Age structure and spatial distribution of the rare and endangered plant <i>Alcimandra cathcartii</i>	YUAN Chunming, MENG Guangtao, FANG Xiangjing, et al (3866)
The water consumption and water use efficiency of the seedlings of <i>Eucalyptus grandis</i> and other five tree species in Sichuan Province	HU Hongling, ZHANG Jian, WAN Xueqin, et al (3873)
Effects of leaf litter of <i>Cinnamomum septentrionale</i> on growth and resistance physiology of <i>Brassica rapa</i> in the decomposition process of litter	HUANG Weiwei, HU Tingxing, ZHANG Niannian, et al (3883)
Water transport velocity and efficiency in <i>Quercus variabilis</i> detected with deuterium tracer and thermal dissipation technique	SUN Shoujia, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (3892)
The saxicolous moss's features of absorbing water and its structural adaptability in the heterogeneous environment with rock desertification	ZHANG Xianqiang, ZENG Jianjun, CHEN Jinwu, et al (3902)
Effects of organic materials containing copper on soil enzyme activity and microbial community	CHEN Lin, GU Jie, GAO Hua, et al (3912)
Comparison of floral morphology and pollination characteristics between the sexes in <i>Eurya obtusifolia</i>	WANG Qian, DENG Hongping, DING Bo, et al (3921)
Climatic suitability of potential spring maize cultivation distribution in China	HE Qijin, ZHOU Guangsheng (3931)
Effects of uniconazole dry seed dressing on nitrogen accumulation and translocation and kernel protein quality in wheat	FAN Gaoqiong, YANG Ennian, ZHENG Ting, et al (3940)
Review and Monograph	
International comparison and policy recommendation on the development model of industrial symbiosis in China	SHI Lei, LIU Guoguo, GUO Siping (3950)
Scientific Note	
The Change of landscape pattern in Zhenlai Xian, Jilin Province in recent ten years	ZHANG Guokun, LU Jinghua, SONG Kaishan, et al (3958)
Footprint analysis of turbulent flux over a poplar plantation in Northern China	JIN Ying, ZHANG Zhiqiang, FANG Xianrui, et al (3966)

《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 12 期 (2012 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 12 (June, 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@csbg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@csbg.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