

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

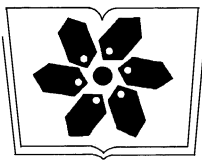
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第9期 Vol.31 No.9 **2011**

中国生态学会
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 31 卷 第 9 期

2011 年 5 月 (半月刊)

目 次

EAM 会议专刊述评——气候变化下旱区农业生态系统的可持续性	李凤民, Kadambot H. M Siddique, Neil C Turner, 等 (I)
第二届生态系统评估与管理(EAM)国际会议综述	李朴芳, 赵旭喆, 程正国, 等 (2349)
应对全球气候变化的干旱农业生态系统研究——第二届 EAM 国际会议青年学者论坛综述	赵旭喆, 李朴芳, Kadambot H. M Siddique, 等 (2356)
微集雨模式与降雨变律对燕麦大田水生态过程的影响	强生才, 张恒嘉, 莫非, 等 (2365)
黑河中游春小麦需水量空间分布	王 瑶, 赵传燕, 田风霞, 等 (2374)
祁连山区青海云杉林蒸腾耗水估算	田风霞, 赵传燕, 冯兆东 (2383)
甘肃小陇山不同针叶林凋落物量、养分储量及持水特性	常雅军, 陈 琦, 曹 靖, 等 (2392)
灌水频率对河西走廊绿洲菊芋生活史对策及产量形成的影响	张恒嘉, 黄高宝, 杨 斌 (2401)
玛纳斯河流域水资源可持续利用评价方法	杨 广, 何新林, 李俊峰, 等 (2407)
西北旱寒区地理、地形因素与降雨量及平均温度的相关性——以甘肃省为例	杨 森, 孙国钧, 何文莹, 等 (2414)
黑河河岸植被与环境因子间的相互作用	许莎莎, 孙国钧, 刘慧明, 等 (2421)
干旱胁迫对高山柳和沙棘幼苗光合生理特征的影响	蔡海霞, 吴福忠, 杨万勤 (2430)
树锦鸡儿、柠条锦鸡儿、小叶锦鸡儿和鹰嘴豆干旱适应能力比较	方向文, 李凤民, 张海娜, 等 (2437)
胡杨异形叶绿素荧光特性对高温的响应	王海珍, 韩 路, 徐雅丽, 等 (2444)
柠条平茬处理后不同组织游离氨基酸含量	张海娜, 方向文, 蒋志荣, 等 (2454)
玛河流域扇缘带盐穗木土壤速效养分的“肥岛”特征	涂锦娜, 熊友才, 张 霞, 等 (2461)
摩西球囊霉对三叶鬼针草保护酶活性的影响	宋会兴, 钟章成, 杨万勤, 等 (2471)
燕麦属不同倍性种质资源抗旱性状评价及筛选	彭远英, 颜红海, 郭来春, 等 (2478)
光周期对燕麦生育时期和穗分化的影响	赵宝平, 张 娜, 任长忠, 等 (2492)
水肥条件对新老两个春小麦品种竞争能力和产量关系的影响	杜京旗, 魏盼盼, 袁自强, 等 (2501)
猪场沼液对蔬菜病原菌的抑制作用	尚 斌, 陈永杏, 陶秀萍, 等 (2509)
不同夏季填闲作物种植对设施菜地土壤无机氮残留和淋洗的影响	王芝义, 郭瑞英, 李凤民 (2516)
不同群体结构夏玉米灌浆期光合特征和产量变化	卫 丽, 熊友才, Baoluo Ma, 等 (2524)
脱硫废弃物对碱胁迫下油菜幼叶细胞钙分布及 Ca^{2+} -ATPase 活性的影响	毛桂莲, 许 兴, 郑国琦, 等 (2532)
过去 30a 玛纳斯河流域生态安全格局与农业生产力演变	王月健, 徐海量, 王 成, 等 (2539)
基于 RS 和转移矩阵的泾河流域生态承载力时空动态评价	岳东霞, 杜 军, 刘俊艳, 等 (2550)
毛乌素沙地农牧生态系统能值分析与耦合关系	胡兵辉, 廖允成 (2559)
民勤绿洲农田生态系统服务价值变化及其影响因子的回归分析	岳东霞, 杜 军, 巩 杰, 等 (2567)
青岛市城市绿地生态系统的环境净化服务价值	张绪良, 徐宗军, 张朝晖, 等 (2576)
基于 3S 技术的祖厉河流域农村人均纯收入空间相关性分析	许宝泉, 施为群 (2585)
专论与综述	
全球变化下植物物候研究的关键问题	莫非, 赵 鸿, 王建永, 等 (2593)
区域气候变化统计降尺度研究进展	朱宏伟, 杨 森, 赵旭喆, 等 (2602)
干旱胁迫下植物根源化学信号研究进展	李冀南, 李朴芳, 孔海燕, 等 (2610)
山黧豆毒素 ODAP 的生物合成及与抗逆性关系研究进展	张大伟, 邢更妹, 熊友才, 等 (2621)
旱地小麦理想株型研究进展	李朴芳, 程正国, 赵 鸿, 等 (2631)
小麦干旱诱导蛋白及相关基因研究进展	张小丰, 孔海燕, 李朴芳, 等 (2641)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 306 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-05



封面图说: 覆膜-垄作燕麦种植——反映了雨水高效利用和农田水生态过程的优化(详见强生才 P2365)。

彩图提供: 兰州大学干旱与草地生态教育部重点实验室莫非 E-mail: mofei371@163.com

甘肃小陇山不同针叶林凋落物量、 养分储量及持水特性

常雅军,陈琦,曹靖*,鲁海燕,王威

(兰州大学生命科学学院干旱与草地生态教育部重点实验室,兰州 730000)

摘要:通过野外实地观测和室内分析相结合的方法对甘肃小陇山地区6种主要针叶林凋落物层的蓄积量、持水特性及养分储量进行了调查,结果表明:云杉林凋落物层的蓄积量最大,松林次之,落叶松林最小。同一林分林下半分解层凋落物的持水能力比分解层强;在不同林分类型中,凋落物层的最大持水率、最大拦蓄率和有效拦蓄率的大小顺序为:落叶松林>松林>云杉林,而最大拦蓄量和有效拦蓄量的大小顺序为:云杉林>松林>落叶松林。同一林分类型中,分解层凋落物中养分储量最多,未分解层最少;不同林分类型中各个营养元素的储量均表现出:云杉林>松林>落叶松林。凋落物蓄积量与营养元素储量密切相关,最大持水量与凋落物储量和凋落物层各元素储量之间呈显著的正相关性。

关键词:针叶林;凋落物;持水特性;养分储量;甘肃小陇山

Litter amount and its nutrient storage and water holding characteristics under different coniferous forest types in Xiaolong Mountain, Gansu Province

CHANG Yajun, CHEN Qi, CAO Jing*, LU Haiyan, WANG Wei

Key Laboratory of Arid and Grassland Ecology, School of Life Science, Lanzhou University, Lanzhou 730000

Abstract: Litterfall layer is the key interface between substance cycling and energy transformation, and also it plays a significant hydro-ecological role in forest ecosystems. This study was conducted at Shaba Forest Experimental Station of the West Qinling Mountain located in Xiaolong Mountain, Gansu Province. Based on the field investigation and controlled environments, the storage of litter and water holding characteristics and nutrient element storages of the litter layer under different stand types of coniferous forest were surveyed after clear-cutting a primary forest in the arid region of the north-west. The results showed that the annual storages of litter ranged from $2.96 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ to $4.23 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ in the coniferous forest stands of Xiaolong Mountains. The storages of litter under different stands of coniferous forest decreased by order of spruce forest > pinus forest > larch forest. Under the same stands of coniferous forest the litterfall in the un-decomposed layer (U layer) accounted for 6%—19%, which was the least among different decomposed layers, whereas the total litterfall in the semi-decomposed and decomposed layers accounted for more than 80%. The water holding capacity of the litter in the semi-decomposed layer was greater than that in the decomposed layer under the same stand of coniferous forest. The maximum water holding rate, max interception rate and modified interception rate of the litter under stands of different coniferous forests were ranked in order larch stand > pinus stand > spruce stand, but the capacity of maximum interception and the modified interception were opposite as compared to the former order. The accumulation of nutrients in the litter layer under the same stand of coniferous forest showed an order of un-decomposed layer (U layer) < semi-decomposed layer (S layer) < decomposed layer (D layer). The nutrient element storages under different stands of coniferous forest were ranked in order spruce forest > pinus forest > larch forest. The property of litter with the different tree species and forest management practices had significant effect on the decomposition rates of litter layers; the decomposition rate of forest litter

基金项目:国家自然科学基金项目(30671666);国家基础科学人才培养基金项目(J0630644);甘肃省自然科学基金资助项目(3ZS051-A25-019)

收稿日期:2010-05-03; **修订日期:**2010-08-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: caoj46@yahoo.com.cn

increased by an order of larch forest > pinus forest > spruce forest. The average storage of nutrient elements in the litter layer with different species was ranked in order $\text{Ca} > \text{N} > \text{Fe} > \text{Mg} > \text{K} > \text{P}$. The storage of litter is closely related to nutrient element storages in litterfall layer. There was a significantly positive correlation among the capacity of maximum water holding, the litter storage and nutrient element storages in litter layers. The study provides an important basic theories that can be used for breeding and management of forests in the Qinling Western Mountain regions and improving the understanding of hydro-ecological effects in these forestss.

Key Words: coniferous forest; litter; water holding characteristics; nutrient element storage; Xiaolong Mountain

森林凋落物是森林生态系统物质循环的重要环节,且具有良好的透水性和持水能力,在森林实现涵养水源和维持水量平衡方面起着非常重要的作用^[1]。国内外许多学者从森林凋落物的水源涵养功能^[2-5]、森林凋落物的动态和养分含量^[6-8]、影响森林凋落物分解的因子^[9-10]、凋落物对土壤理化性质的影响^[11-12]等不同角度对森林凋落物进行了研究。在人工林生长过程中,由于林分结构的变化和地表凋落物储存量与性质的差异,造成凋落物层的持水性能及其养分含量存在差异^[13-14],而甘肃小陇山区域在原始次生林砍伐后,开始大面积人工栽培引进速生树种刚松(*Pinus rigida* Mill)、华北落叶松(*Larix principis ruprechtii* Mayr)、日本落叶松(*Larix kaempferi* Carr)、欧洲云杉(*Picea abies*),这些树种生长快、生物量大、出材产量高,增加了经济效益,但这些树种的引进是否对当地森林水源涵养、养分蓄积和循环产生影响,本文通过对小陇山引进针叶树种和本地针叶树种凋落物蓄积量、凋落物层储水特性、凋落物层营养元素储量的比较分析,旨在揭示该林区不同针叶林树种凋落物层的现存量、持水性及养分储量的变化规律,为客观评价这些针叶林凋落物层水文生态功能和土壤肥力质量,以及合理调整该区森林结构布局提供理论依据。

1 研究地点概况

甘肃小陇山沙坝地处秦岭西部山地,位于东经 $105^{\circ}30' - 106^{\circ}30'$,北纬 $34^{\circ}00' - 34^{\circ}40'$,海拔高度 700—2500m,相对高差 500—1000m。该区属暖温带南缘与北亚热带的过渡地带,气候温暖湿润,属于暖温带—中温带半湿润大陆性季风气候类型,极端最高气温 39.12°C ,极端最低气温 -22.40°C ,年均气温 $7.10 - 12.10^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温 2484°C 。年降雨量 560—800mm(平均降水量 757mm),降雨集中分布于 7—9 月份,一般春秋雨占年降水量的 70%—80%,降水的年际变化较大,年平均蒸发量 1012.2mm,平均相对湿度 78%;年平均日照时数 1553h,无霜期 120—218d。试验地点位于秦岭以北,土壤以山地褐土为主,土层厚度 30—60cm,土壤质地多为壤土、轻壤土。

在调查和分析小陇山地区针叶林类型、分布及自然条件的基础上,从中选出立地条件和林分因子基本一致、分布面积较广、人为经营活动不同的 6 个速生针叶林作为研究点(其中松林 2 个,云杉林 2 个,落叶林 2 个),研究对象均为人工林,且都在次生锐齿栎(*Quercus aliena* var. *acuteserrata*)林采伐迹地上营造而成,表 1 为研究区的林分特征及地形因子。

2 研究方法

2.1 凋落物储存量的测定

2007 年 5—7 月,在研究区各林分选择 $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ 的样方 8 个。按未分解层(U,由新鲜凋落物组成,保持原有形态,颜色变化不明显,质地坚硬,外表无分解的痕迹)、半分解层(S,颜色明显变黑,叶无完整的外观轮廓,多数凋落物已粉碎)和分解层(D,被分解成碎屑的叶肉已不能辨识原形)3 层次分层取样,分别测定各层厚度,并称取鲜重,然后将各层凋落物在 80°C 烘干至恒量,由此可测算各层现存凋落物的储量、含水率以及各林分凋落物总储量。

2.2 年凋落物量的测定

2006 年 11 月至 2007 年 11 月在海拔、坡度、坡向等环境因子基本一致的待研究人工林中,设置典型样地,在每个典型样地内随机布置 8 个凋落物收集器($1\text{m} \times 1\text{m} \times 0.25\text{m}$),收集器用尼龙网制成,底网距地面约

0.25m。每季度定期收集凋落物,80℃烘至恒重,称重后计算年凋落量。

表 1 试验林的基本特征
Table 1 General characteristics of experimental stands

林分 Forest stands	林龄 Stands ages/a	郁闭度 Closed degree	密度 Density/ (株/hm ²)	平均胸径 Mean DBH /cm	平均树高 Mean tree height/m	坡向 Slope orientation	坡度 Gradient/(°)	主要林下植物 Main understory
S1	18—20	0.80	1800	12.3	9	NW64	33	禾本科 Gramineae
S2	12—15	0.85	2700	10.4	7	NE40	25	禾本科 Gramineae
S3	31—34	0.88	2605	16.5	9.5	NE42	11.5	被割
S4	30—32	0.80	2500	19.8	14	SE44	3	被割
S5	32—34	0.70	450	23.0	18	NE46	12.6	禾本科 Gramineae
S6	30—33	0.72	525	38.7	20	NW15	5	苔草 C. siderosticta

S1为油松(*Pinus tabulaeformis* Carr); S2为刚松(*Pinus rigida* Mill); S3为粗枝云杉(*Picea asperate* Mast); S4为欧洲云杉(*Picea abies*); S5为华北落叶松(*Larix principis ruprechtii* Mayr); S6为日本落叶松(*Larix kaempferi* Carr)

2.3 分解率常数和周转时间的测定

凋落物量(*t*)与林地上现存凋落物量(*Xr*)的比值,即:

$$Kr = t / (Xr)$$

式中,*Kr*为凋落物的分解率常数^[15],该常数也可以粗略看作是凋落物的分解速率^[16-17];凋落物分解95%所用的时间为^[16-17]:

$$T_{0.95} = 3 / (K_r)$$

2.4 凋落物持水特性的测定

将在80℃烘至恒重的凋落物试样放在清水中浸泡24h后称重,计算其干基自然含水量、最大持水率、最大持水量、最大拦蓄率和有效拦蓄量。计算公式为^[18-20]:

$$R_0 = (G_0 - G_d) / G_0 \times 100\%$$
$$Rh_{max} = (G_{24} - G_d) / G_d \times 100\%$$
$$Rh'_{max} = Rh_{max} \times M$$
$$R_{smax} = Rh_{max} - R_0$$
$$W_{sv} = (0.85Rh_{max} - R_0) \times M$$

式中,*R*₀、*R*_{hmax}、*R*_{smax}为凋落物自然含水率、最大持水率与最大拦蓄率(%),*Rh'*_{max}为凋落物的最大持水量,*G*₀、*G*_d、*G*₂₄为凋落物自然状态下质量、凋落物烘干质量及浸水24h后质量(g),*W*_{sv}为凋落物有效拦蓄量(t/hm²);*M*为凋落物现存量(t/hm²),0.85为有效拦蓄系数。

2.5 化学成分分析

全氮用C-N分析仪(Thermo JARRELL Ash)测定;植物磷用钒钼黄比色法测定K、Ca、Mg、Fe元素用原子吸收分光光度法测定。

2.6 数据处理

采用spss13.0 for Windows统计软件对数据进行处理和分析,经K-S检验,各采样数据均服从正态分布,故利用Pearson相关系数进行相关分析。

3 结果与分析

3.1 凋落物层的储量和分解率常数

秦岭西部山地针叶林凋落物具有明显的未分解层(U),半分解层(S)和已分解层(D)分层结构,现存凋落物的平均厚度在3.5—7.0cm之间,而且D层较厚,均超过1cm。由表2可知,林分类型凋落物总储量大小顺序均:粗枝云杉(29.81t/hm²)>欧洲云杉(26.17 t/hm²)>刚松(22.85 t/hm²)>油松(16.93t/hm²)>日本落叶

松($13.30\text{t}/\text{hm}^2$)>华北落叶松($8.46\text{t}/\text{hm}^2$),即不同林分凋落物的现存量大小顺序有:云杉林>松林>落叶松林,而同一林分不同分解程度凋落物的现存量均有:U层<S层<D层。凋落物分解率常数(即系统养分循环参数)为 $0.13\text{—}0.35\text{t}\cdot\text{hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$,林下凋落物分解95%所需的时间大部分在10a以上(表2),凋落物分解速度较慢,但由表2的分解率常数和凋落物分解95%所需的时间可以看出:不同林分类型林下凋落物分解的快慢顺序为:云杉林>松林>落叶松林。

表2 不同森林类型凋落物量及分解率常数

Table 2 Amounts and decomposition constant of litterfall of different tree species (mean±SE)

林分 Forest stands	分层结构(厚度) Layer (thickness of litter/cm)	各层现存 凋落物量 Storage of litter in every layer/ (t/hm^2)	各层凋落物量占 总储量的百分比 Percentage/%	总储量 Total storage/ (t/hm^2)	年凋落物量 Annual litter/ ($\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$)	分解率常数 Decomposition constant	周转时间 Turnover rate/a
S1	U (1.0)	1.50±0.22	8.86	16.93	3.09±0.05	0.18	16.7
	S (2.0)	6.71±0.56	40.22				
	D (4.0)	8.72±0.74	51.51				
S2	U (1.0)	2.45±0.05	10.73	22.85	3.69±0.16	0.16	18.8
	S (2.0)	8.65±1.67	37.86				
	D (3.0)	11.75±0.95	51.42				
S3	U (0.5)	2.95±0.59	9.90	29.81	4.23±0.21	0.14	21.4
	S (1.0)	11.75±2.13	39.42				
	D (3.0)	15.14±1.51	50.79				
S4	U (0.5)	1.61±0.15	6.15	26.17	3.60±0.43	0.13	23.1
	S (1.0)	10.23±0.45	39.09				
	D (2.0)	14.33±1.24	54.76				
S5	U (0.5)	1.61±0.15	19.05	8.46	2.96±0.25	0.35	8.57
	S (1.0)	3.22±0.06	38.06				
	D (2.0)	3.63±0.33	42.91				
S6	U (1.0)	1.95±0.10	14.66	13.30	3.39±0.18	0.26	11.5
	S (1.0)	4.97±0.38	37.37				
	D (1.0)	6.38±0.61	47.97				

U 为未分解层, S 为半分解层, D 为分解层, 总储量=U+S+D

3.2 凋落物层的持水特性

森林凋落物层的储水能力由凋落物数量和持水特性共同决定^[18],一般凋落物的现存量越多,持水能力越强,其水源涵养功能越好^[19]。在6种林分类型中,未分解层凋落物所占比例较小,约为6%—19%,半分解层和分解层所占的比例较大,达到80%以上(表2),在此对半分解层和分解层凋落物持水特性进行研究,以说明其整个凋落物层的持水特性。

由表3可知,林地凋落物半分解层的最大持水量(率)、最大拦蓄量(率)和有效拦蓄量(率)皆大于分解层的,说明所研究森林类型凋落物半分解层的持水能力比分解层的强。可见,就同一林分而言,林下凋落物的分解程度对其持水特性有较大影响。

在同一分解程度下,比较不同林分凋落物的持水特性发现(表3):在不同林分类型中,半分解层和分解层的最大持水量大小顺序没有呈现出一定的规律性,排序各异;半分解层和分解层的最大持水率、最大拦蓄率和有效拦蓄率的大小顺序均为:华北落叶松>日本落叶松>刚松>油松>欧洲云杉>粗枝云杉,即落叶松林>松林>云杉林。半分解层和分解层的最大拦蓄量的大小顺序为:欧洲云杉>粗枝云杉>刚松>油松>日本落叶松>华北落叶松,即云杉林>松林>落叶松林,最大拦蓄量是由最大拦蓄率结合凋落物的现存量获得,而不同林分凋落物的现存量:云杉林>松林>落叶松林,可见,凋落物的现存量对最大拦蓄量的大小起了决定作用。

最大持水率(量)及最大拦蓄率(量)一般只能反映凋落物层的持水能力大小,不能反映对实际降水的拦蓄情况,一般采用有效拦蓄量估算凋落物对降雨的实际拦蓄量^[20-21]。同一分解层不同林分凋落物的有效拦蓄量(表3)表明,半分解层凋落物的有效拦蓄量的大小顺序为粗枝云杉最大(34.77t/hm²),欧洲云杉次之(29.86t/hm²),落叶松最小(22.24t/hm²)。分解层凋落物的有效拦蓄量的大小顺序同样有粗枝云杉最大(26.59t/hm²),欧洲云杉次之(22.99t/hm²),华北落叶松最小(12.47t/hm²)。就整个凋落物层对降雨的有效拦蓄量而言,总体表现为:云杉林>松林≥落叶松林,这与其最大持水率、最大拦蓄率和有效拦蓄率在不同的林分类型中的大小顺序相反,因为有效拦蓄量是最大持水率、自然含水率及凋落物现存量综合作用的结果。

表3 不同森林类型凋落物层的持水特性

Table 3 Water holding characteristics of litter for different forest types

林分 Forest stands	分层 (厚度) Layer (Thickness) /cm	蓄积量 Storage of litter /(t/hm ²)	最大持水量 Max water holding rate /%	最大持水量 Max water Holding capacity /(t/hm ²)	自然含水率 Natural moisture /%	最大拦蓄率 Max interception rate/%	最大拦蓄量 Max interception /(t/hm ²)	有效拦蓄率 Modified interception Rate/%	有效拦蓄量 Modified interception /(t/hm ²)
S1	S (2.0)	6.71±0.56	426.82	26.89	30.97	395.75	26.55	331.83	22.67
	D (4.0)	8.72±0.74	344.07	30.27	119.57	228.50	19.93	172.89	15.08
S2	S (2.0)	8.65±1.67	439.52	38.12	30.62	408.90	35.37	342.97	23.49
	D (3.0)	11.75±0.95	353.48	41.54	126.61	226.87	26.65	173.85	20.43
S3	S (1.0)	11.75±2.13	384.67	44.36	31.07	353.60	41.55	295.90	34.77
	D (3.0)	15.14±1.51	316.77	52.50	99.63	219.14	33.78	171.62	26.59
S4	S (1.0)	10.23±0.45	378.78	38.37	30.12	348.66	35.67	291.84	29.86
	D (2.0)	14.33±1.24	265.19	38.00	65.01	200.18	31.55	160.40	22.99
S5	S (1.0)	3.22±0.06	862.69	27.78	42.67	820.02	26.40	690.62	22.24
	D (2.0)	3.63±0.33	525.36	19.07	103.15	422.21	15.33	343.41	12.47
S6	S (1.0)	4.97±0.38	726.32	36.01	60.91	665.41	33.07	556.46	27.66
	D (1.0)	6.38±0.61	461.12	29.42	146.22	314.90	20.09	245.73	15.68

3.3 凋落物层营养元素储量及回归量

秦岭西部山地针叶林年凋落物量不多,但由于凋落物分解较慢,因而凋落物现存量相对多,导致其林下凋落物层中养分储量丰富。由表4可以看出,同一林分类型不同分解层凋落物层中的养分储量的大小顺序为:U层<S层<D层,说明该地区针叶林养分内部循环在分解层(D)中较为缓慢,分解层中的凋落物富积了大量的营养元素,可能是由于没有完全分解的凋落物的持水能力强、对雨水的有效拦蓄量大(表3)造成的,因为没有完全分解的凋落物(即上层的凋落物)被大量雨水的浸泡,导致其养分随雨水向下层渗透并被截留。此外,林分不同凋落物层中各营养元素的总储量(D+S+U)有所差异,但各种营养元素的储量均表现出:云杉林>松林>落叶松林,说明云杉林凋落物层分解最慢,松林次之,落叶松林分解最快。这顺序与凋落物的现存量及凋落物对雨水的有效拦蓄量的排序相一致。

根据凋落物中各营养元素在各层储量之间存在的差异性,计算出未分解层(U)与半分解层(S),半分解层(S)与已分解层(D)之间存在的差异,并以各层中元素储量的变化值与其相邻的上一层元素总储量之比作为其营养元素释放率^[22]。从表4可知,在不同森林类型中营养元素的储量均表现为U层<S层<D层,因而各层之间营养元素的差值与它们的营养元素的释放率均为负值,这并不表示它们中的营养元素不释放,而是营养元素的释放速度较慢。

表 4 不同森林类型凋落物层营养元素储存量

Table 4 Nutrient element storages in litterfall layers of different forest types

林分 Forest stands	分层 Layers	N /(kg/hm ²)	P /(kg/hm ²)	K /(kg/hm ²)	Ca /(kg/hm ²)	Mg /(kg/hm ²)	Fe /(kg/hm ²)
S1	U	13.69	1.28	1.57	13.57	2.40	1.91
	S	62.72	5.58	2.18	63.03	10.06	4.51
	D	93.17	7.46	19.17	103.28	29.20	66.02
	U+S+D	169.58	14.32	22.93	179.90	41.65	72.44
S2	U	9.93	1.01	1.63	10.88	2.20	1.95
	S	44.39	3.92	2.75	53.21	8.87	6.86
	D	96.04	8.18	28.20	112.51	42.30	99.58
	U+S+D	150.36	13.10	32.57	176.60	53.37	108.39
S3	U	17.55	3.02	3.40	29.33	3.69	1.59
	S	119.78	12.58	11.04	254.38	18.80	16.45
	D	149.87	18.11	42.39	350.07	80.23	196.42
	U+S+D	287.19	33.69	56.53	633.78	102.72	214.45
S4	U	22.79	1.59	4.40	56.42	4.53	7.76
	S	73.87	4.99	8.93	284.13	16.37	19.44
	D	128.38	13.69	34.39	522.76	43.35	92.43
	U+S+D	225.04	20.27	47.72	863.31	64.24	119.63
S5	U	7.79	0.92	1.61	11.29	3.06	1.20
	S	39.41	3.68	2.37	43.84	7.88	5.55
	D	35.28	3.95	8.35	64.89	15.97	28.68
	U+S+D	82.48	8.55	12.33	120.02	26.92	35.43
S6	U	16.98	1.43	1.84	16.53	3.11	1.61
	S	55.88	3.66	2.20	53.96	7.71	6.22
	D	66.79	5.48	15.64	102.13	25.53	56.81
	U+S+D	139.64	10.56	19.68	172.62	36.35	64.64

表 5 凋落物量和养分储量与持水特性的相关分析

Table 5 Correlation between Storage of litter, different element storages and water holding characteristics

	N 储存量 N storage	P 储存量 P storage	K 储存量 K storage	Ca 储存量 Ca storage	Mg 储存量 Mg storage	Fe 储存量 Fe storage	凋落物储量 Litter storages
凋落物储量	0.92 **	0.87 **	0.81 **	0.82 **	0.77 **	0.71 **	1.00
最大持水率	-0.69 *	-0.62 *	-0.65 *	-0.61 *	-0.59 *	-0.54	-0.81 **
最大持水量	0.77 **	0.73 **	0.59 *	0.58	0.64 *	0.59 *	0.84 **
最大拦蓄率	-0.68 *	-0.60 *	-0.72 **	-0.55	-0.65 *	-0.63 *	-0.76 **
最大拦蓄量	0.42	0.39	0.03	0.44	0.07	-0.02	0.53
有效拦蓄率	-0.67 *	-0.60 *	-0.73 **	-0.53	-0.66 *	-0.64 *	-0.75 **
有效拦蓄量	0.38	0.35	-0.05	0.39	0.01	-0.08	0.43

* $P < 0.05$ 显著性水平; ** $P < 0.01$ 极显著性水平

3.4 凋落物量、养分储量与持水特性的关系

凋落物层是森林生态系统物质循环和能量转换的重要界面,林地枯落物分解后形成的腐殖质和有机质是森林表层土壤养分的最主要来源,而凋落物层水容量对分解层元素的迁移、转化影响较大。

由表 5 可见,凋落物层中各元素储量与凋落物储量之间呈极显著正相关性($P < 0.01$),表明林地内凋落物蓄积量与元素储量密切相关。最大持水率、最大拦蓄率、有效拦蓄率与凋落物层各元素储量、凋落物储量之间呈显著负相关关系,其中与凋落物储量之间达到极显著关系;而最大持水率与 Fe 元素储存量之间、最大拦蓄率和有效拦蓄率与 Ca 元素储存量之间无相关性。除 Ca 元素储存量外,最大持水量与凋落物层各元素储量

和凋落物储量之间呈显著的正相关性,表明凋落物的现存量越多,持水能力越强。最大拦蓄量和有效拦蓄量虽然与凋落物现存量之间相关性不显著,但还是呈较弱的正相关关系,可能是受不同类型林分凋落物的质和量、其本身的持水能力、分解状况的影响有关^[21-24]。

4 结论与讨论

甘肃小陇山针叶林下凋落物的年凋落物量介于 $2.96 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 和 $4.23 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 之间,云杉林凋落物的蓄积量最大,松林次之,落叶松林最小。对于同一林分,凋落物的未分解层所占的比例最小,约为 6%—19%,半分解层和分解层凋落物所占的比例较大,共占到 80% 以上。这是由于气候条件是森林凋落物分解的主导因子。这一结果也表现出:不同林木类型凋落物,在同一气候环境下具有积累和分解上的共性。

研究区 6 种林分类型凋落物半分解层的最大持水量(率)、最大拦蓄量(率)和有效拦蓄量(率)皆大于分解层的,说明该区针叶林下凋落物半分解层的持水能力比分解层的强,且与林分类型无关。结合半分解层和分解层的最大持水量(率)、最大拦蓄量(率)和有效拦蓄量(率)可知,整个凋落物层的最大持水率、最大拦蓄率和有效拦蓄率在不同的林分类型中的大小顺序为:落叶松林>松林>云杉林,这可能是由于云杉林凋落物较落叶松林的含有更多油脂,油脂的存在使凋落物对水产生了排斥性,不易吸持和存储水分。最大拦蓄量和有效拦蓄量的大小顺序为:云杉林>松林>落叶松林,这与其最大持水率、最大拦蓄率和有效拦蓄率在不同的林分类型中的大小顺序相反。因为最大拦蓄量是由最大拦蓄率结合凋落物的现存量获得,而不同林分凋落物的现存量有:云杉林>松林>落叶松林,所以凋落物的现存量对最大拦蓄量的大小起了决定作用,而有效拦蓄量是最大持水率、自然含水率及凋落物现存量综合作用的结果。由此可以看出,在同一个树种类型中,本地种油松和引进种刚松之间、本地种粗枝云杉和引进种欧洲云杉之间在持水特性上没有表现出明显差别。本研究中,持水特性仅与树种类型有关,而与引种产地关系不密切。

同一林分不同分解程度的凋落物层中养分储量的大小顺序为:U 层<S 层<D 层,在不同林分类型中各个营养元素的储量均表现出:云杉林>松林>落叶松林。云杉林凋落物层分解最慢,松林次之,落叶松林分解最快。在同一气候带中,影响凋落物分解速率的因素诸多^[24],除考虑雨水因素外,还与树种阴阳性,林分所在坡向,林下植被及由此引起的微生物活跃程度有关。从本文的结果来看,该研究区森林凋落物的分解速率与树种类型密切相关,因为所选择的云杉林和落叶松林中各有一个本地种和引进种,但二者在凋落物分解速率上没有很大差别。

凋落物蓄积量与各元素储量密切相关,最大持水量与凋落物层各元素储量和凋落物储量之间呈显著的正相关性,各元素储量与凋落物持水能力由于凋落物现存量的关系而具有间接的联系,随着时间迁移和雨水淋溶,凋落物层水容量将会影响凋落物的分解速度,从而影响各元素的迁移和转化,这些无机化了的养分便转移到矿质土壤层而被林木吸收利用。

References:

- [1] Wu Q X, Zhao H Y, Liu X D, Han B. Evaluation on role of forest litter to water source conservation and soil and water conservation. *Journal of Soil Erosion and Soil and Water Conservation*, 1998, 4(2): 23-28.
- [2] Zhang H J, Cheng J H, Shi Y H, Qi S L, Cheng Y, Pan L, He F. Reserves and water capacity characteristics of three kinds of litter of Three Gorges Area. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003, 17(3): 55-58.
- [3] Liu G Q, Wang H, Qin D Y, Ni W J. Hydrological and ecological functions of litter layers for main forest-types in Qinling Mountains of Yellow River. *Journal of Natural Resources*, 2002, 17(1): 55-62.
- [4] Wang Y M. Summary of researches on water and soil conservative function of litter in forestland in China. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2000, 14(4): 108-113.
- [5] Luo Y C, Han D H, Wang H C, Liu J M, Wei J, Wu G. Water conservation functions of several artificial forest ecosystems in semiarid region of western Liaoning Province. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(6): 919-923.
- [6] Guan L L, Zhou G Y, Zhang D Q, Liu J X, Zhang Q M. Twenty year of litter fall dynamics in subtropical evergreen broad-leaved forests at the DingHuShan forest ecosystem research station. *Acta Phytocologica Sinica*, 2004, 28(4): 449-456.

- [7] Luo Z S, Xiang C H, Mu C L. The litterfall of major forests in Guansi River watershed in Mianyang City, Sichuan Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(5): 1772-1781.
- [8] Li X F, Han S J, Hu Y L, Zhao Y T. Decomposition of litter organic matter and its relations to C, N and P release in secondary conifer and broadleaf mixed forest in Changbai Mountains. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(2): 245-251.
- [9] Li Z A, Zou B, Ding Y Z, Cao Y S. Key factors of forest litter decomposition and research progress. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(6): 77-83.
- [10] Lin D X, Fan H B. Changes in amount, nutrient contents and turnover time of forest litter after interplanting hardwood species under masson pine stand. *Scientia Silvae Sinicae*, 2005, 41(6): 7-15.
- [11] Peng M J, Lang N J, Wen Z L, Guo Y Q, Jiang Q C, Yang X, Zheng K, Guo Y H, Zhang L X. Soil properties and water conservation function of different forest types in Jinshajiang River watershed. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2005, 19(6): 106-109.
- [12] Lu J F, Wang H, Cao J, Yuan H B. Effect of Forest litiers on soil physical and chemical properties in *Pinus tabulaeformis* plantation. *Journal of Northwest Forestry University*, 2007, 22(3): 25-28.
- [13] Xiang W H, Tian D L. Nutrient cycling in *Pinus massoniana* stands of different age classes. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, 26(1): 89-95.
- [14] Lin B, Liu Q, Wu Y, He H, Pang X Y. Water holding capacity of moss and litter layers of subalpine coniferous plantation in western Sichuan, China. *Chinese Journal Applied & Environmental Biology*, 2002, 8(3): 234 -238.
- [15] Chen L Z, Lindley D K. Cycle of nutrient elements in *Pteridium aquilinum* grassland ecosystem in Hampsfell. *Journal of Integrative Plant Biology*, 1983, 25(1): 67-74.
- [16] Tian D L, Nin X B. Studies of the amount of litter and nutrient restitution in different age of classes *Pinus massoniana* plantation. *Chinese Journal of Central South Forestry University*, 1995, 15(2): 163-169.
- [17] Zhou X F. Long-Term Located Research on Forest Ecosystems. Harbin: Northeast Forestry University Press, 1991: 245-248.
- [18] Hao Z Q, Wang L H. Water conservaion capacities of soils with major forest types in mountainous regions of east Liaoning Province. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1998, 9(3): 237-241.
- [19] Wang J J, Cui P X, Liu X, Wang L, Zhang S Y. Water-holding capacity of litter layer for different forest vegetation in ecological restoration of small watershed. *Science of Soil and Water Conservation*, 2005, 3(1): 48-52.
- [20] He Y P, Fei S M, Jiang J M, Chen X M, Yu Y, Tang S Q. Hydrological effects of litter in the bamb oo forests of Changning County, Sichuan Province. *Journal of Beijing Forestry University*, 2006, 28(5): 35-41.
- [21] Zhong G H, Xin X B. Chemical properties of litter in dark coniferous forest of Sejila Mountains in Tibet. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(1): 167-169.
- [22] Jing H Y, Zhao Y S, Cheng X W, Li W H, Zhu W C, Lu W B, Li X P. Research on soil hydrology characteristics of some main forest type in south part of daxingpanling. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2007, 21(3): 25-28.
- [23] Yang J H, Zhang Y T, Li H Y, Xia J B. Study on water-holding ability of litter and physical and chemical characteristics of superficial soil in different forest distributions. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003, 17(2): 141-144.
- [24] Li Z A, Zou B, Ding Y Z, Cao Y S. Key factors of forest litter decomposition and research progress. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(6): 77-83.

参考文献:

- [1] 吴钦孝, 赵鸿雁, 刘向东, 韩冰. 森林枯枝落叶层涵养水源保持水土的作用评价. *土壤侵蚀与水土保持学报*, 1998, 4(2): 23-28.
- [2] 张洪江, 程金花, 史玉虎, 祁生林, 程云, 潘磊, 何凡. 三峡库区 3 种林下枯落物储量及其持水特性. *水土保持学报*, 2003, 17(3): 55-58.
- [3] 刘广全, 王浩, 秦大庸, 倪文进. 黄河流域秦岭主要林分凋落物的水文生态功能. *自然资源学报*, 2002, 17(1): 55-62.
- [4] 王佑民. 中国林地枯落物持水保土作用研究概况. *水土保持学报*, 2000, 14(4): 108-113.
- [5] 罗跃初, 韩单恒, 王宏昌, 刘建民, 魏晶, 吴钢. 辽西半干旱区几种人工林生态系统涵养水源功能研究. *应用生态学报*, 2004, 15(6): 919-923.
- [6] 官丽莉, 周国逸, 张德强, 刘菊秀, 张倩媚. 鼎湖山南亚热带常绿阔叶林凋落物量 20 年动态研究. *植物生态学报*, 2004, 28(4): 449-456.
- [7] 骆宗诗, 向成华, 慕长龙. 绵阳官司河流域主要森林类型凋落物含量及动态变化. *生态学报*, 2007, 27(5): 1772-1781.
- [8] 李雪峰, 韩士杰, 胡艳玲, 赵玉涛. 长白山次生针阔混交林叶凋落物中有机物分解与碳、氮和磷释放的关系. *应用生态学报*, 2008, 19(2): 245-251.
- [9] 李志安, 邹碧, 丁永祯, 曹裕松. 森林凋落物分解重要影响因子及其研究进展. *生态学杂志*, 2004, 23(6): 77-83.

- [10] 林德喜, 樊后保. 马尾松林下补植阔叶树后森林凋落物量、养分含量及周转时间的变化. 林业科学, 2005, 41(6): 7-15.
- [11] 彭明俊, 郎南军, 温绍龙, 郭永清, 江期川, 杨旭, 郑科, 郭玉红, 张立新. 金沙江流域不同林分类型的土壤特性及其水源涵养功能研究. 水土保持学报, 2005, 19(6): 106-109.
- [12] 逯军峰, 王辉, 曹靖, 袁宏波. 油松人工林凋落物对土壤理化性质的影响. 西北林学院学报, 2007, 22(3): 25-28.
- [13] 项文化, 田大伦. 不同年龄阶段马尾松人工林养分循环的研究. 植物生态学报, 2002, 26(1): 89-95.
- [14] 林波, 刘庆, 吴彦, 何海, 庞学勇. 川西亚高山人工针叶林枯枝落叶及苔藓层的持水性能. 应用与环境生物学报, 2002, 8(3): 234-238.
- [15] 陈灵芝, Lindley D K. 英国 Hampsfell 的蕨类草地生态系统的营养元素循环. 植物学报, 1983, 25(1): 67-74.
- [16] 田大伦, 宁晓波. 不同龄组马尾松林凋落物量及养分归还量研究. 中南林业学院学报, 1995, 15(2): 163-169.
- [17] 周晓峰. 森林生态系统定位研究. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1991: 245-248.
- [18] 郝占庆, 王力华. 辽东山区主要森林类型林地土壤涵蓄水性能的研究. 应用生态学报, 1998, 9(3): 237-241.
- [19] 王金建, 崔培学, 刘霞, 王丽, 张淑勇. 小流域水土保持生态修复区森林枯落物的持水性能. 中国水土保持科学, 2005, 3(1): 48-52.
- [20] 何亚平, 费世民, 蒋俊明, 陈秀明, 余英, 唐森强. 四川长宁竹林凋落物的蓄水功能研究. 北京林业大学学报, 2006, 28(5): 35-41.
- [21] 钟国辉, 辛学兵. 西藏色季拉山暗针叶林凋落物层化学性质研究. 应用生态学报, 2004, 15(1): 167-169.
- [22] 姜海燕, 赵雨森, 陈祥伟, 李为海, 朱万昌, 吕文博, 李小平. 大兴安岭岭南几种主要森林类型土壤水文功能研究. 水土保持学报, 2007, 21(3): 25-28.
- [23] 杨吉华, 张永涛, 李红云, 夏江宝. 不同林分枯落物的持水性能及对表层土壤理化性状的影响. 水土保持学报, 2003, 17(2): 141-144.
- [24] 李志安, 邹碧, 丁永祯, 曹欲松. 森林凋落物分解重要影响因子及其研究进展. 生态学杂志, 2004, 23(6): 77-83.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 9 May, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Guest Editorial from EAM Workshop—Sustainability of agricultural ecosystems in arid regions in response to climate change	
..... LI Fengmin, Kadambot H. M Siddique, Neil C Turner, et al (I)	
Overview on the 2 nd international workshop on ecosystem assessment and management (EAM)	
..... LI Pufang, ZHAO Xuzhe, CHENG Zhengguo, et al (2349)	
Arid agricultural ecology in response to global change: Overview on Young Scholar Forum of the 2 nd International Workshop on	
EAM	ZHAO Xuzhe, LI Pufang, Kadambot H. M Siddique, et al (2356)
The effects of micro-rainwater harvesting pattern and rainfall variability on water ecological stoichiometry in oat (<i>Avena sativa</i> L.)	
field	QIANG Shengcai, ZHANG Hengjia, MO Fei, et al (2365)
Spatial variation of water requirement for spring wheat in the middle reaches of Heihe River basin	
..... WANG Yao, ZHAO Chuanyan, TIAN Fengxia, et al (2374)	
Model-based estimation of the canopy transpiration of Qinghai spruce (<i>Picea crassifolia</i>) forest in the Qilian Mountains	
..... TIAN Fengxia, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong (2383)	
Litter amount and its nutrient storage and water holding characteristics under different coniferous forest types in Xiaolong Mountain,	
Gansu Province	CHANG Yajun, CHEN Qi, CAO Jing, et al (2392)
Effect of irrigation frequency on life history strategy and yield formation in Jerusalem artichoke (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) in oasis	
of Hexi Corridor	ZHANG Hengjia, HUANG Gaobao, YANG Bin (2401)
The evaluation method of water resources sustainable utilization in Manas River Basin	
..... YANG Guang, HE Xinlin, LI Junfeng, et al (2407)	
Correlation of topographic factors with precipitation and surface temperature in arid and cold region of Northwest China: a case	
study in Gansu Province	YANG Sen, SUN Guojun, HE Wenying, et al (2414)
The relationship between riparian vegetation and environmental factors in Heihe River Basin	
..... XU Shasha, SUN Guojun, LIU Huiming, et al (2421)	
Effects of drought stress on the photosynthesis of <i>Salix paraqulesia</i> and <i>Hippophae rhamnoides</i> seedlings	
..... CAI Haixia, WU Fuzhong, YANG Wanqin (2430)	
The comparison of drought resistance between <i>Caragana species</i> (<i>Caragana arborescens</i> , <i>C. korshinskii</i> , <i>C. microphylla</i>) and two	
chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) cultivars	FANG Xiangwen, LI Fengmin, ZHANG Haina, et al (2437)
Response of chlorophyll fluorescence characteristics of <i>Populus euphratica</i> heteromorphic Leaves to high temperature	
..... WANG Haizhen, HAN Lu, XU Yali, et al (2444)	
Free amino acid content in different tissues of <i>Caragana korshinskii</i> following all shoot removal	
..... ZHANG Haina, FANG Xiangwen, JIANG Zhirong, et al (2454)	
“Fertile Island” features of soil available nutrients around <i>Halostachys caspica</i> shrub in the alluvial fan area of Manas River watershed	
..... TU Jinna, XIONG Youcai, ZHANG Xia, et al (2461)	
Analysis of the activities of protective enzymes in <i>Bidens pilosa</i> L. inoculated with <i>Glomus mosseae</i> under drought stress	
..... SONG Huixing, ZHONG Zhangcheng, YANG Wanqin, et al (2471)	
Evaluation and selection on drought-resistance of germplasm resources of <i>Avena</i> species with different types of ploidy	
..... PENG Yuanying, YAN Honghai, GUO Laichun, et al (2478)	
Ecophysiological mechanism of photoperiod affecting phenological period and spike differentiation in oat (<i>Avena nuda</i> L.)	
..... ZHAO Baoping, ZHANG Na, REN Changzhong, et al (2492)	
Effects of water and fertilization on relationship between competitive ability and seed yield of modern and old spring wheat varieties	
..... DU Jingqi, WEI Panpan, YUAN Ziqiang, et al (2501)	

- Inhibitory effect of biogas slurry from swine farm on some vegetable pathogen SHANG Bin, CHEN Yongxing, TAO Xiuping, et al (2509)
- Effects of different summer catch crops planting on soil inorganic N residue and leaching in greenhouse vegetable cropping system WANG Zhiyi, GUO Ruiying, LI Fengmin (2516)
- Photosynthetic characterization and yield of summer corn (*Zea mays* L.) during grain filling stage under different planting pattern and population densities WEI Li, XIONG Youcai, Baoluo Ma, et al (2524)
- Effects of desulfurization waste treatment on calcium distribution and calcium ATPase activity in oil-sunflower seedlings under alkaline stress MAO Guilian, XU Xing, ZHENG Guoqi, et al (2532)
- The evolution between ecological security pattern and agricultural productive force in Manas River Basin for the past 30 years WANG Yuejian, XU Hailiang, WANG Cheng, et al (2539)
- Spatio-temporal analysis of ecological carrying capacity in Jinghe Watershed based on Remote Sensing and Transfer Matrix YUE Dongxia, DU Jun, LIU Junyan, et al (2550)
- The coupling relationship and emergy analysis of farming and grazing ecosystems in Mu Us sandland HU Binghui, LIAO Yuncheng (2559)
- Dynamic analysis of farmland ecosystem service value and multiple regression analysis of the influence factors in Minqin Oasis YUE Dongxia, DU Jun, GONG Jie, et al (2567)
- Environment purification service value of urban green space ecosystem in Qingdao City ZHANG Xuliang, XU Zongjun, ZHANG Zhaohui, et al (2576)
- The spatial relationship analysis of rural per capital revenue based on GIS in Zulihe River basin, Gansu Province XU Baoquan, SHI Weiqun (2585)

Review and Monograph

- The key issues on plant phenology under global change MO Fei, ZHAO Hong, WANG Jianyong, et al (2593)
- Recent advances on regional climate change by statistical downscaling methods ZHU Hongwei, YANG Sen, ZHAO Xuzhe, et al (2602)
- Current progress in eco-physiology of root-sourced chemical signal in plant under drought stress LI Jinan, LI Pufang, KONG Haiyan, et al (2610)
- ODAP biosynthesis: recent developments and its response to plant stress in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) ZHANG Dawei, XING Gengmei, XIONG Youcai, et al (2621)
- Current progress in plant ideotype research of dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) LI Pufang, CHENG Zhengguo, ZHAO Hong, et al (2631)
- Recent advances in research on drought-induced proteins and the related genes in wheat (*Triticum aestivum* L.) ZHANG Xiaofeng, KONG Haiyan, LI Pufang, et al (2641)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

客座编辑 Guest Editors LI Fengmin XIONG Youcai Neil Turner Kadambot Siddique

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 31 卷 第 9 期 (2011 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 9 2011

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@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.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