

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

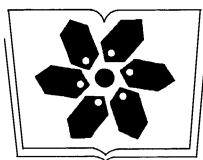
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第18期 Vol.31 No.18 **2011**

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 31 卷 第 18 期 2011 年 9 月 (半月刊)

目 次

高寒矮嵩草草甸冬季 CO ₂ 释放特征	吴 琴, 胡启武, 曹广民, 等 (5107)
开垦对绿洲农田碳氮累积及其与作物产量关系的影响	黄彩变, 曾凡江, 雷加强, 等 (5113)
施氮对几种草地植物生物量及其分配的影响	祁 瑜, 黄永梅, 王 艳, 等 (5121)
浙江天台山甜槠种群遗传结构的时空自相关分析	祁彩虹, 金则新, 李钧敏 (5130)
大兴安岭林区不同植被对冻土地温的影响	常晓丽, 金会军, 于少鹏, 等 (5138)
樟子松树轮不同组分的稳定碳同位素分析	商志远, 王 建, 崔明星, 等 (5148)
内蒙古不同类型草地叶面积指数遥感估算	柳艺博, 居为民, 朱高龙, 等 (5159)
杭州西湖北里湖荷叶枯落物分解及其对水环境的影响	史 绮, 焦 锋, 陈 莹, 等 (5171)
火干扰对小兴安岭落叶松-苔草沼泽温室气体排放的影响	于丽丽, 牟长城, 顾 韩, 等 (5180)
黄河中游连伯滩湿地景观格局变化	郭东罡, 上官铁梁, 白中科, 等 (5192)
黄土区次生植被恢复对土壤有机碳官能团的影响	李 婷, 赵世伟, 张 扬, 等 (5199)
我国东北土壤有机碳、无机碳含量与土壤理化性质的相关性	祖元刚, 李 冉, 王文杰, 等 (5207)
黄土旱塬裸地土壤呼吸特征及其影响因子	高会议, 郭胜利, 刘文兆 (5217)
宁南山区典型植物根际与非根际土壤微生物功能多样性	安韶山, 李国辉, 陈利顶 (5225)
岩溶山区和石漠化区表土孢粉组合的差异性——以重庆市南川区为例	郝秀东, 欧阳绪红, 谢世友 (5235)
夏蜡梅及其主要伴生种叶的灰分含量和热值	金则新, 李钧敏, 马金娥 (5246)
苏柳 172 和垂柳对 Cu ²⁺ 的吸收特性及有机酸影响	陈彩虹, 刘治昆, 陈光才, 等 (5255)
导入 <i>TaNHX2</i> 基因提高了转基因普那菊苣的耐盐性	张丽君, 程林梅, 杜建中, 等 (5264)
空气湿度与土壤水分胁迫对紫花苜蓿叶表皮蜡质特性的影响	郭彦军, 倪 郁, 郭芸江, 等 (5273)
黄土高原旱塬区土壤贮水量对冬小麦产量的影响	邓振镛, 张 强, 王 强, 等 (5281)
咸阳地区近年苹果林地土壤含水量动态变化	赵景波, 周 旗, 陈宝群, 等 (5291)
苗药大果木姜子挥发油成分变化及其地理分布	张小波, 周 涛, 郭兰萍, 等 (5299)
环境因子对小球藻生长的影响及高产油培养条件的优化	丁彦聪, 高 群, 刘家尧, 等 (5307)
不同基质对北草蜥和中国石龙子运动表现的影响	林植华, 樊晓丽, 雷焕宗, 等 (5316)
安徽沿江浅水湖泊越冬水鸟群落的集团结构	陈锦云, 周立志 (5323)
黑胸散白蚁肠道共生锐滴虫目鞭毛虫的多样性分析与原位杂交鉴定	陈 文, 石 玉, 彭建新, 等 (5332)
基于熵权的珠江三角洲自然保护区综合评价	张林英, 徐颂军 (5341)
专论与综述	
中小尺度生态用地规划方法	荣冰凌, 李 栋, 谢映霞 (5351)
土地利用变化对土壤有机碳的影响研究进展	陈 朝, 吕昌河, 范 兰, 等 (5358)
海洋浮游植物与生物碳汇	孙 军 (5372)
多年冻土退化对湿地甲烷排放的影响研究进展	孙晓新, 宋长春, 王宪伟, 等 (5379)
生源要素有效性及生物因子对湿地土壤碳矿化的影响	张林海, 曾从盛, 仝 川 (5387)
生态网络分析方法研究综述	李中才, 徐俊艳, 吴昌友, 等 (5396)
研究简报	
不同群落中米氏冰草和羊草的年龄结构动态	金晓明, 艾 琳, 刘及东, 等 (5406)
主题分辨率对 NDVI 空间格局的影响	黄彩霞, 李小梅, 沙晋明 (5414)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 314 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-09



封面图说: 在树上嬉戏的大熊猫——大熊猫是中国的国宝, 自然分布狭窄, 数量极少, 世界上仅分布在中国的四川、陕西、甘肃三省的部分地区, 属第四纪冰川孑遗物种, 异常珍贵。被列为中国国家一级重点保护野生动物名录, 濒危野生动植物种国际贸易公约绝对保护的 CITES 附录一物种名录。瞧, 够得上“功夫熊猫”吧。

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

常晓丽, 金会军, 于少鹏, 孙海滨, 何瑞霞, 罗栋梁, 孙广友, 吕兰芝. 大兴安岭林区不同植被对冻土地温的影响. 生态学报, 2011, 31 (18): 5138-5147.

Chang X L, Jin H J, Yu S P, Sun H B, He R X, Luo D L, SUN G Y, Lu L Z. Influence of vegetation on frozen ground temperatures the forested area in the Da Xing'anling Mountains, Northeastern China. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31 (18): 5138-5147.

大兴安岭林区不同植被对冻土地温的影响

常晓丽^{1,*}, 金会军¹, 于少鹏^{1,2}, 孙海滨³, 何瑞霞¹, 罗栋梁¹, 孙广友⁴, 吕兰芝¹

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 冻土工程国家重点实验室, 兰州 730000; 2. 哈尔滨学院 地理系, 哈尔滨 150086; 3. 根河市气象局, 根河 022350; 4. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 长春 130062)

摘要: 植被常常通过反射太阳辐射、遮阳、蒸腾散热、阻风挡雪、保水吸水等来影响下伏多年冻土。但是不同的植被类型, 对下伏冻土热状况的影响也不尽相同。为了探讨大兴安岭林区不同植被对冻土的影响, 选取大兴安岭森林生态站实验区杜香-真藓-落叶松林、真藓-落叶松林、塔头-落叶松林、柴桦落叶松林和伊图里河镇原冻土观测场塔头湿地 5 种典型林型, 分析不同林型对冻土的温和冻融作用的影响。研究发现不同林型的不同组分, 由于反射率、覆盖度和根系吸水能力的差别, 使得各种林型下的地面温度也不相同。在夏季, 月平均地面温度从高到低依次为真藓-落叶松林、杜香-真藓-落叶松林、伊图里河塔头湿地、柴桦落叶松林和塔头落叶松林。由于塔头落叶松林存在乔木层和灌木层, 与伊图里河塔头湿地相比, 8 月份平均地面温度差值低 10 °C 以上。柴桦落叶松林两个钻孔的对比实验表明, 铲除地表植被会使活动层 0.8 m 以上部分的地温升高, 并且主要发生在 8、9、10 月份。对冻土而言, 林区植被暖季降温的贡献大于冷季增温的贡献。另外, 塔头-落叶松林根系吸水能力最强, 这种林型下的土壤开始融化和冻结的日期最晚, 冻结初期地面降温速率为 0.1 °C/d, 而 0.2 m 以下降温速率几乎为零。同样柴桦落叶松林的塔头根系吸水能力使得其 0.5 m 和 0.8 m 的降温速率低于除塔头落叶松林外的其他林型, 但是地面上植物的凋零和枯萎会加快地面的冻结速率。真藓-落叶松林的乔灌木层发育不好, 地面降温速率大于杜香-真藓-落叶松林和伊图里河塔头湿地, 而伊图里河塔头湿地由于没有乔灌木层的庇护, 地面以下的降温速率高于其他林型。

关键词: 大兴安岭林区; 不同林型; 多年冻土温度; 冻结速率

Influence of vegetation on frozen ground temperatures the forested area in the Da Xing'anling Mountains, Northeastern China

CHANG Xiaoli^{1,*}, JIN Huijun¹, YU Shaopeng^{1,2}, SUN Haibin³, HE Ruixia¹, LUO Dongliang¹, SUN Guangyou⁴, LU Lanzhi¹

1 State Key Laboratory Frozen Soils Engineering, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

2 Department of Geography, Harbin College, Harbin 150086, China

3 Genhe Meteorological Administration, Genhe, Inner Mongolia 022350, China

4 Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130062, China

Abstract: In the Da Xiang'anling Mountains, vegetation has relatively high albedo, surface coverage, and capability for water holding and retention, which have large impacts on the thermal regime in soils and permafrost hydrology. In order to understand the influences of different types of forests on frozen ground temperatures and the freeze-thaw processes, five representative forests, including a *Ledum palustre* var. *dilatatum*-*Bryum-Larix dahurica* forest, a *Bryum-L. dahurica* forest, *Betula fruticosa* L. *dahurica* forest, and a *Carex tato*-*L. dahurica* forest in the experimental area at the China Forest

基金项目: 全球变化研究国家重大科学研究计划项目 (2010CB951402); 国家自然科学基金 (40701031); 国家自然基金创新群体项目 (40821001); 冻土工程重点实验室专项子课题 (SKLFSE-ZT-01); 冻土工程国家重点实验室开放基金课题 (SKLFSE200902) 共同资助

收稿日期: 2010-10-01; 修订日期: 2011-03-29

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: changxiaoli2002@163.com

Ecological Research Network (CFERN) Station near Genhe in the Da Xing'anling Mountains, and a *Carex tato* swamp in the nearby Yitulihe, were chosen for monitoring ground temperatures in the active layer with depths from ground surface to 1.6 m and at shallow depths in permafrost.

Ground surface temperatures vary considerably due to the combined influences of albedo, coverage and capability of water holding and retention in these five types of forest. In summer, the mean monthly ground surface temperatures decline in the order of the *Bryum-L. dahurica* forest, the *Ledum palustre* var. *dilatatum*-*Bryum-L. dahurica* forest, the *Carex tato* swamp, the *Betula fruticosa* *L. dahurica* forest, and the *Carex tato-L. dahurica* forest. Due to the shading effect of larch stands and shrubs, the mean monthly ground surface temperature of the *Carex tato-L. dahurica* forest is about 10 °C lower than that of the *Carex tato* swamp. In addition, ground temperature monitoring was carried out in the *Betula fruticosa* *L. dahurica* forest between two boreholes. At one of which the aboveground vegetation was reaped in July 2009. The vegetation at the other was undisturbed for comparison. The comparisons indicate that the vegetation clearance has a major impact on ground temperatures in the active layer (shallower than 0.8 m in depth) in August, September and October. In summary, vegetation in forest area mainly cools the soils in warm season, but it serves as an insulator in cold season. Moreover, the cooling effect in warm season more than offsets the insulation in cold season, resulting in an overall cooling effect in the active layer.

Moreover, the *Carex tato-L. dahurica* forest with the highest water retention capability by plant roots system was the latest for ground freezing and thawing, simultaneously with the slowest ground surface cooling rate of 0.10 °C/d and nearly 0 °C/d below 0.2 m. Since its soils was covered mostly by herbaceous plants, usually withered more rapidly than the *Bryum* covered surfaces, ground surface cooled faster too in the *Betula fruticosa* *L. dahurica* forest, with the value of 0.96 °C/d higher than that in the *Ledum palustre* var. *dilatatum*-*Bryum-L. dahurica* forest (0.75 °C/d) and the *Carex tato* swamp (0.76 °C/d), but soil at the depth of 0.5 m and 0.8 m froze slowly as a result of the high water retention capability by the roots of *Carex tato*. Due to poor-grown larch and shrubs, the cooling rate at the ground surface in the *Bryum-L. dahurica* forest reaches 1.22 °C/d. And for lack of larch and shrubs in the *Carex tato* swamp, the underground cooling rate is higher than other forest types.

Key Words: Forested areas in the Da Xing'anling Mountains; various forest types; permafrost temperatures; cooling rate

大兴安岭林区位于我国最北部边疆,它的北面和东北面以黑龙江和俄罗斯为界,西面与呼伦贝尔草原相连,东部与松嫩平原毗邻,向南呈舌状延伸到阿尔山一带。跨北纬 46°18'—53°34',东经 119°19'—127°15',行政分属内蒙古自治区和黑龙江省。这里地处欧亚大陆中高纬度地带,又叠加大兴安岭山脉海拔高度的影响,多年冻土比较发育,大片连续多年冻土和岛状多年冻土集中分布。植被与多年冻土的现代环境条件是距今约 7—1.3 万年末次冰期时的植被与多年冻土古环境长期演变所形成的,二者之间相互影响,相互制约^[1-5]。

植被常常通过反射太阳辐射、遮阳、蒸腾散热、阻风挡雪、保水吸水等来影响下伏多年冻土,不过不同的植被类型,对冻土热状况的影响也不尽相同^[6-8]。有研究表明在南极 Signy 岛,裸地的年平均地面温度为-2 °C 时,簇花石萝地衣(*Usnea*)下为-1.9 °C,柳叶藓下(*Sanionia*)的为-2.6 °C^[9-10]。另外植被-冻土之间的平衡常常会遭到森林火灾、病虫害以及砍伐森林等自然或人为行为扰动,使得植被物种组成、厚度、盖度、密度等发生变化,从而改变了下伏多年冻土的水热过程^[11-15]。Iwahana 等^[16]比较了东西伯利亚雅库茨克过火区和天然林区的活动层状况后指出,在火灾后的起初阶段过火区由于反射率增大,净辐射量减少,但活动层厚度、地面热通量和蒸散发量却显著增加,之后随着植被的恢复净辐射量逐渐增加而地面热通量和活动层厚度逐渐减少。陈亚明等^[17]研究表明,森林采伐后,皆伐迹地气候趋于林中空地的气候,气温、风速、蒸发量都高于天然林地,而相对湿度低于天然林地,造成皆伐迹地 0—20 cm 深度的地温比天然林地高 5 °C 左右,最大季节融化深度比天然林地增加了约 10—20 cm。

目前国内关于植被-冻土关系的研究也很多,但大都集中在青藏高原植被与冻土关系上^[18-24],对于大兴安岭植被-冻土研究的却不多^[3-4,25],特别是不同植被影响下的冻土研究,再者还缺乏长期的观察研究和对比实验研究。针对上述情况,在国家自然科学基金“兴安岭型冻土与沼泽湿地生态系统的共生关系及退化机制研究”项目的支持下,于2008—2009年在内蒙古大兴安岭落叶松林生态系统定位研究站(以下简称大兴安岭森林生态站)和伊图里河原冻土观测场考察并打钻,希望通过长期的监测,掌握这些区域冻土的活动状态,并通过对比实验分析植被与冻土的依存关系,为下一步研究工作提供有用的信息和依据。

1 研究区概况

大兴安岭森林生态站、根河市及伊图里河原冻土观测场($50^{\circ}37'—50^{\circ}56'N$, $120^{\circ}32'—121^{\circ}30'E$, 海拔: 720—1116 m)均位于大兴安岭西北坡中部地带,相互间距约30 km,以根河市区为中心南北向分布。这里属于寒温带湿润气候区, $\geq 10^{\circ}C$ 年积温 $1403^{\circ}C$,年平均气温 $-5.4^{\circ}C$,最低气温 $-47.7^{\circ}C$,最高气温 $33.2^{\circ}C$ (2009年资料);年降水量450—550 mm,60%集中在7、8月份,9月末至第2年5月初为降雪期,降雪厚度20—40 mm,降雪量占全年降水量的12%;全年地表蒸发量为800—1200 mm,年均日照2594h,无霜期80 d^[26]。从多年冻土分区上看,该区属于大片连续多年冻土带,根河年平均地温为 $-1.3^{\circ}C$,伊图里河年平均地温为 $-0.8^{\circ}C$,冻土下限为40 m^[27]。

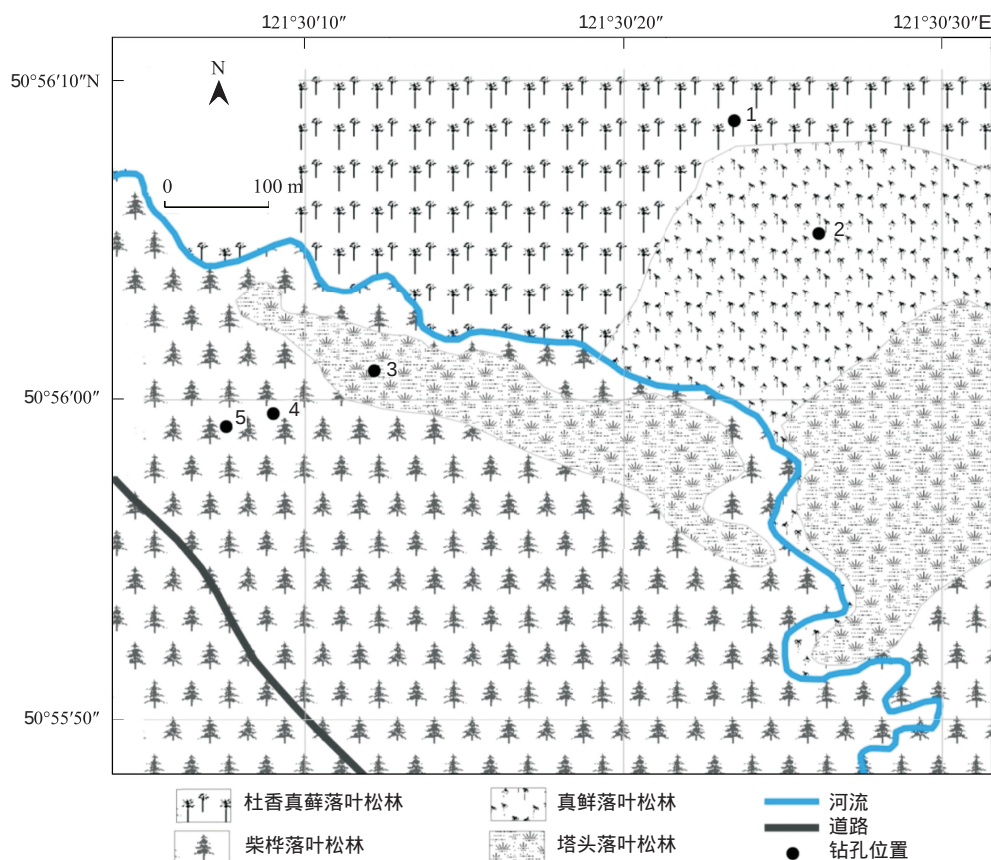


图1 实验区内林型及钻孔位置分布

Fig. 1 Distribution of forest types and boreholes in the experimental area

大兴安岭森林生态站位于根河市北30 km左右,这里几乎不受人类活动的影响,保持着原始林景观,是典型的寒温带针叶林区。主要成林树种为兴安落叶松林,混有少量白桦;主要林型有杜鹃-落叶松林、杜香-落叶松林、柴桦落叶松林和藓类-落叶松林等。生态站实验区共有5个地温孔,分布在杜香-真藓-落叶松林、真藓-落叶松林、塔头-落叶松林和柴桦落叶松林中(图1);还有一个地温孔分布在伊图里河右岸的一级阶地的伊图

里河镇原冻土观测场的塔头湿地中。5 个孔的植被情况如表 1。

表 1 钻孔植被情况调查表
Table 1 Vegetation features in the vicinity of boreholes

林型及钻孔位置 Forests and sites of boreholes	乔木 Larch stands	下木 Shrubs	地被物 Ground cover
杜香-真藓落叶松林 (50°56.116'N; 121°30.460'E; 820 m asl; 1 号孔)	兴安落叶松, 混生少量白桦, 树 高 15—18 m, 盖度为 70%	主要有杜香、柴桦, 还有散生的 山刺玫、绣线菊等, 盖度为 70%	真藓占绝对优势, 厚 15—20 cm, 还 有少量的小叶章、红豆越橘、苔草 等, 盖度为 100%
真藓落叶松林 (50°56.157'N; 121°30.414'E; 821 masl; 2 号孔)	兴安落叶松纯林, 树高 8—15 m, 盖度为 60%	发育不良, 散生少量杜香、柴桦 等, 盖度为 20%	真藓同样占绝对优势, 散生有越 橘、苔草等, 盖度为 100%
塔头落叶松林 (50°56.004'N; 121°30.195'E; 805 masl; 3 号孔)	兴安落叶松林, 稀疏团状分布, 树高 7—12 m, 盖度 55%	主要有柴桦、沼柳、绣线菊等, 数 量不多, 盖度为 40%	塔头-修氏苔草为优势种, 厚 35 cm, 有极少量的鸢尾、林奈草等, 盖度 为 100%
柴桦落叶松林 (50°55.991'N; 121°30.162'E; 803 masl; 4、5 号孔)	兴安落叶松林, 混生白桦, 树高 10—20 m, 盖度 80%	柴桦为主, 还有绣线菊、大叶薔 薇、金老梅、珍珠梅等, 盖度 为 70%	塔头、红豆越橘、莎草、羊胡子草、 鹿蹄草、林奈草等都有, 盖度 为 100%
塔头湿地(伊图里河) (50°37.767'N; 121°32.938'E; 721 masl)	无	无	塔头为主, 还有鸢尾、林奈草、莎 草、羊胡子草等, 盖度为 95%

2 研究方法 & 数据

2008 年 8—9 月,在根河和伊图里河选取如上所述的 6 个地点进行浅孔钻探,并进行岩芯样品采集和描述。考虑到钻孔时钻机的可进入性,6 个点均位于山体之间同一侧的缓坡(<5°)和平地,因此坡度和坡向的影响在此次研究中可以忽略。同时,还进行了树高、植物种类和盖度方面的调查分析,调查数据如表 1。终孔后三个月即 2009 年 1 月,地温基本恢复至打钻前的状态,开始正式监测地温。所用的温度计为中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冻土国家重点实验室特制的电阻式温度计,量程为-30—30℃,精度为±0.05℃,30—50℃或者-45—-20℃时,精度为±0.1℃。主要采取人工监测,每周六 12:00 监测 1 次,目前已经获得 2009 年的全部地温数据。

另外,为了进行植被有无对冻土影响的对比实验,在柴桦落叶松林中钻取 2 个孔,相距 20 m 左右,这样保证了 2 孔的初始植被、地层岩性及气候条件基本一致。2009 年 7 月上旬,对其中一孔(4 号孔)进行地表植被铲除,铲除面积为 36 m²(以孔为中心的圆);而 5 号孔保持原状植被不变,并同时监测。

3 研究结果与分析

3.1 植被类型对地表温度的影响

植被与冻土层的关系十分密切,它对冻土温度的影响主要是通过制约土层和大气间热量交换的变化来实现的^[28-29]。植被反射率大,可以将大量太阳辐射反射到大气中去,从而减少了地面吸收的太阳辐射。图 2 给出的是生态站内 6 月中上旬林冠上和林冠中一天内的净辐射通量对比图^[30],可以看出 8:00—18:00 冠层下部的净辐射通量仅为冠层上部的 60% 左右,将近 40% 的能量被冠层反射和吸收。

根据获得的 2009 年地温数据,将各个钻孔地面的月平均数据比较,得到如图 3 所示的大兴安岭森林生态站与伊图里河不同植被类型条件月平均地面温度图。

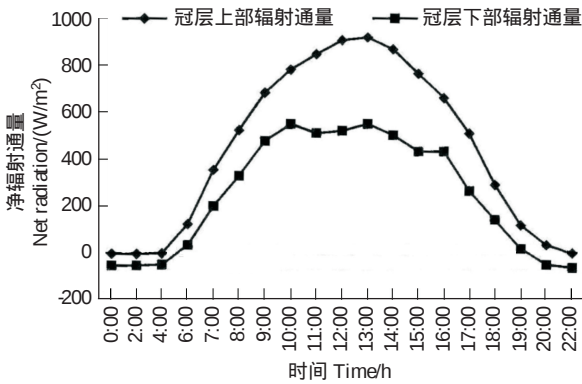


图 2 林冠上与林冠中净辐射通量日变化^[26]

Fig. 2 Diurnal variations in the net radiation fluxes above and in forest canopy^[26]

初步分析是由于不同植被类型的反射率不同^[31]造成的。从图上可以看出,从4月份开始不同植被类型之间的地面温度差值开始增大,一直持续到10月初。其中7、8、9三个月的地面温度差别最大,这时也是兴安落叶松林和其它植物生长的最旺盛时期^[32]。所有林型中,真藓-落叶松林这3个月的地面平均温度最高,尽管它的藓被层很发达,但由于兴安落叶松林较为稀疏,而灌丛和草本植物又发育不良,造成其反射太阳辐射的能力不如其它林型。杜香-真藓-落叶松林的乔木和灌丛都比真藓-落叶松林发达,但草本植物稀少,反射太阳辐射的能力稍有改善,地面平均温度其次。伊图里河塔头湿地7、8、9月的地面温度位居第三,而冷季时它的地面温度最低,这与乔木层和灌木层的缺失有密切关系;但是由于塔头湿地反射率(0.23—0.28)很大,根系吸水能力又强,所以相对来说地面温度低于杜香-真藓-落叶松林。柴桦落叶松林的乔木层,除兴安落叶松林之外,还混有少量的白桦和其它树种,林木生长旺盛,柴桦、绣线菊和金老梅等组成1.0—2.0 m的灌木层,层盖度达70%,草本层也很发达,以苔草莎草和羊胡子草等为主,盖度100%,整个林型反射率很高,地面平均温度也比较低。温度最低的是塔头落叶松林,这里除了落叶松林和塔头的反射率大之外,更得益于根系的吸水能力,高含量的水分大大延缓了地面增温速率并减小了增温幅度,因此它的地面温度月平均变化曲线最平缓。

伊图里河塔头湿地和塔头落叶松林的草本层差异不大,但由于伊图里河塔头湿地没有落叶松林的庇护,8月的平均地面温度比塔头落叶松林高将近10℃,说明植被在夏季主要起降低土壤温度的作用。再结合其它林型地面温度情况可以得出,不同林型的组分不同,反射率也不同,夏季时候对土壤的降温幅度不相同。另外,伊图里河塔头湿地1月的平均地面温度比塔头落叶松林低6℃多,说明植被在冬季可以起提高土温的作用。不过从图2和表2发现,冬季时候不同林型对地面温度影响的规律性不明显,这主要是因为冬季土壤温度受雪盖的影响更多^[33]。

3.2 铲除植被对地温的影响

森林开发、砍伐植被都会对冻土产生一系列的影响^[34]。为了探讨铲除植被对地温的影响,在柴桦落叶松林中做了对比实验,实验结果如图4所示,即2009年铲除植被与原状植被相同深度处月平均地温比较图。

从地表温度的比较可以看出,铲除植被前两孔相同深度的地温基本一致,但在7月份铲除植被后却发生了很大的变化。4号孔的升温和降温幅度明显大于5号孔,温差最大值出现在地面,达4.1℃;但随着深度增加,温差值越来越小,到0.8 m时两孔温度基本一致。这说明地表植被主要影响土层中0.8 m以上部分的温度。

3.3 植被对土层冻结和融化作用的影响

土壤冻结和融化作用实质上就是土壤中水分发生相变的过程。由于植被层具有隔热作用、阻风挡雪及根系吸水作用,对土壤的水热周转过程有较大的影响^[35],所以它对土的冻结和融化作用也起着重要作用。在寒冷季节来临时,林冠、灌丛、苔藓和地衣覆盖层能阻止冷气流进入土壤,且土层上部的根系积水冻结放出大量热能,延缓了冻结作用的发生;暖季气温上升时,植被隔热层同样阻止暖气流进入土壤,林中积雪和土层上部中的冰融化消耗大量热能,阻碍融化过程的进行。

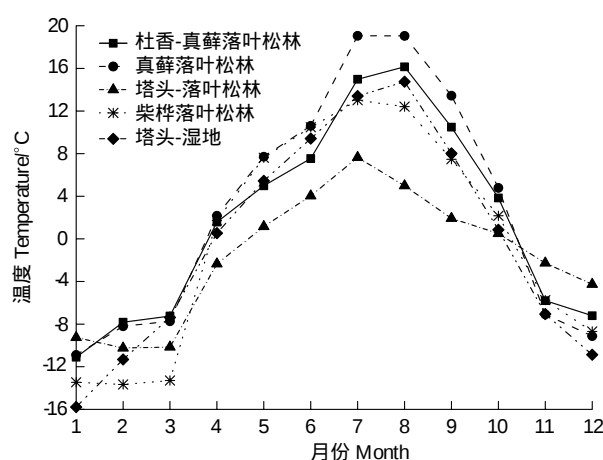


图3 2009年不同植被类型条件下月平均地面温度

Fig. 3 Monthly mean ground surface temperatures for different forest types in 2009

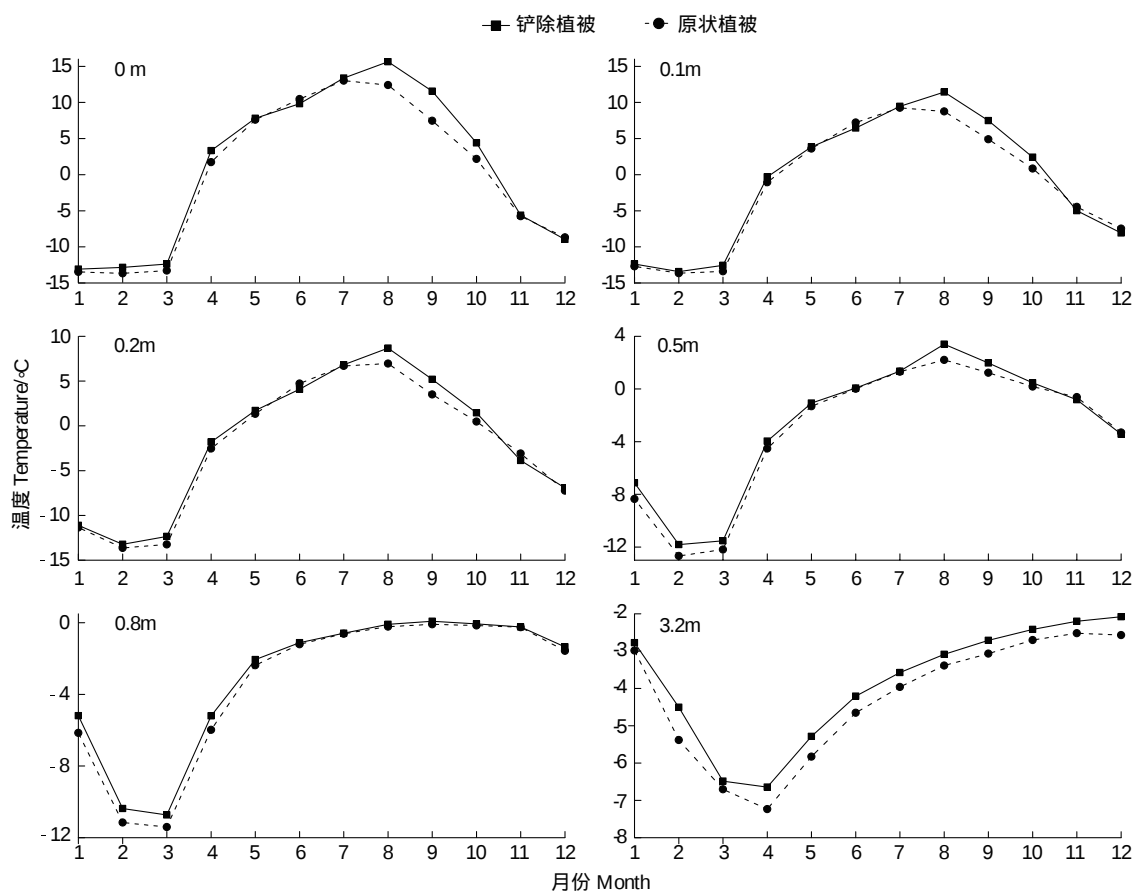


图4 2009年4号孔(人工铲除植被)和5号孔(原状植被)相同深度处月平均地温变化

Fig. 4 Variations in the monthly mean ground surface temperature at the same depth for Borehole No. 4 with vegetation reaped and Borehole No. 5 with vegetation undisturbed

在大兴安岭森林生态站和伊图里河试验区,不同林型及植被不同组分对表层土壤水分吸持能力不同,所以对土壤冻融作用影响也有些差别。上面已经讲过,塔头-落叶松林根系吸水能力非常强,土体含冰量高,这种林型下土壤开始融化的日期比其它林型晚了一个月,开始冻结的日期晚一个星期(表3)。

尽管不同植被类型下土层开始冻结的日期差不多,冻结速率却大不相同。图5为生态站2009年10月23日和30日4种林型下地温随深度变化情况,可以看出23日4种林型的地温基本为正值,处于冻结前期,30日时杜香-真藓-落叶松林、真藓-落叶松林和柴桦落叶松林都已冻结到0.5 m处,而塔头-落叶松林仅仅冻结了不到0.2 m。

不同林型冻结初期的降温速率如表4所示,各种林型下的降温速率基本是随深度递减的。从23日至30日,降温速度最快的是乔灌木层都发育不太好的真藓-落叶松林,地面的平均速率为1.22 °C/d。其次为柴桦落叶松林,地面降温速率为0.96 °C/d,这是因为柴桦落叶松林的地被物主要是塔头、莎草等草本植物,秋季时枯萎的速度远大于藓类植物,保温效果也降到最低,与具有相近乔木和灌木层的杜香真藓落叶松林相比,地面降温速率更快;但是由于其地被物根系吸水性较强,随深度增加降温速率低于除塔头落叶松林外的其他林型。

表3 2009年不同林型条件下土壤表面开始融化和冻结的日期

Table 3 Starting dates of ground surface thawing and freezing for different forest types in 2009

林型 Forest types	融化日期 Thawing date	冻结日期 Freezing date
杜香-真藓-落叶松林	4月4日	10月24日
真藓-落叶松林	4月11日	10月26日
塔头-落叶松林	5月10日	10月30日
柴桦落叶松林	4月12日	10月24日
伊图里河塔头湿地	4月11日	10月22日

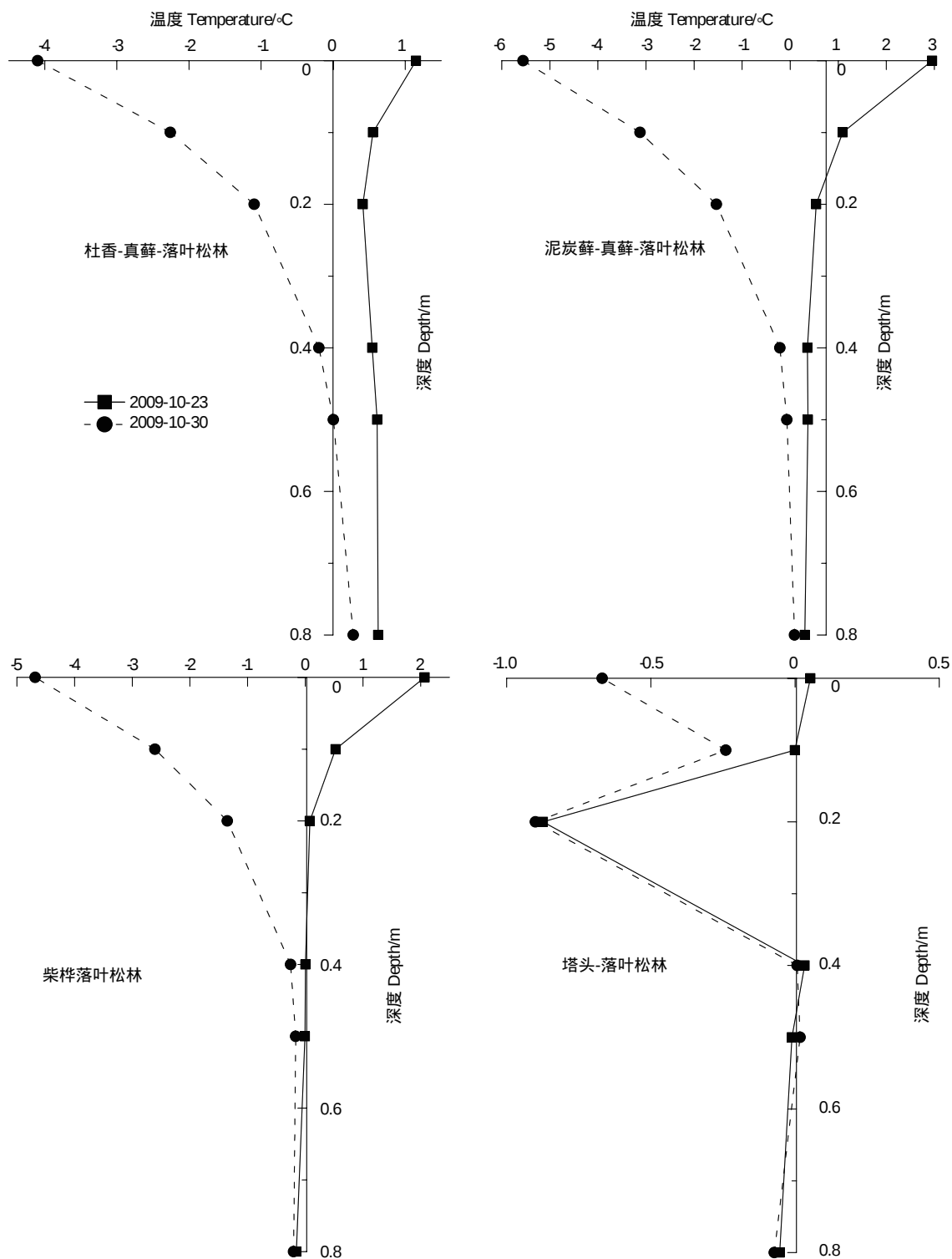


图 5 冻结初期 4 种林型地温随深度变化曲线

Fig. 5 Curves of ground temperatures versus depths at the initial freezing stage for different forest types

伊图里河塔头湿地受地表积水的影响,降温速率为 $0.66\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{d}$,不过由于没有乔灌木层的庇护,0.1 m 和 0.2 m 深度处的降温速度比其他林型的稍快。降温最慢的是塔头落叶松林,地面降温速率为 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{d}$,这主要得益于塔头落叶松林植被根系吸水保水能力,大量的水延缓了冻结过程的进行,导致整个冻结过程的降温速率很小,0.2 m 以下地温几乎不变。

表 4 不同林型各个深度处降温速度/($^{\circ}\text{C}/\text{d}$)

Table 4 Cooling rates at various depth for different forest types

深度/m Depth	杜香-真藓-落叶松林 <i>Ledum palustre</i> var. <i>dilatatum</i> - <i>Bryum</i> - <i>Larix</i> <i>dahurica</i> forest	真藓-落叶松林 <i>Bryum</i> - <i>L.</i> <i>dahurica</i> forest	塔头-落叶松林 <i>Carex tato</i> - <i>L.</i> <i>dahurica</i> forest	柴桦落叶松林 <i>Betula fruticosa</i> - <i>L. dahurica</i> forest	伊图里河塔头湿地 <i>Carex tato</i> swamp in Yitulihe
0	0.75	1.22	0.10	0.96	0.66
0.1	0.40	0.60	0.03	0.45	0.62
0.2	0.22	0.30	0.004	0.20	0.43
0.5	0.09	0.06	-0.004	0.02	0.08
0.8	0.05	0.03	0.003	0.01	0.03

4 结论与讨论

作为大气圈与岩石圈水热周转的重要参与者,植被对冻土的影响很大。在大兴安岭林区,植物种类丰富,林型繁多,不同林型对冻土的影响也不一样。

研究区内不同林型的不同组分,由于反射率、覆盖度和根系吸水能力的差别,使得各种林型下的地面温度也不相同,特别是暖季,月平均地面温度从高到低依次为真藓-落叶松林、杜香-真藓-落叶松林、伊图里河塔头湿地、柴桦落叶松林和塔头落叶松林。伊图里河塔头湿地和塔头落叶松林的比较说明,由于乔木层和灌木层的存在,会使两者的月平均地面温度差值最大达 10°C 以上。

人工铲除植被的对比实验结果显示,铲除地表植被后 4 号孔的地温增加幅度大于原状植被 5 号孔的增温幅度,尤其是活动层 0.8 m 以上的部分增温最明显。从时间上来看,4 号孔与 5 号孔较大的温差值主要发生在 8、9、10 月份,但随着时间的推移差值逐渐减小,11 月份时两孔温度基本接近,说明植被对地温的影响主要集中在夏秋季——暖季。冬季即冷季,植被可以提高土壤温度^[36],但是受积雪的影响,这种作用的规律性在大兴安岭林区表现的不明显。总之,植被在暖季可以反射大量的太阳辐射,减少到达地面的太阳辐射,从而能够避免地面升温过快,相对起到降低土温的作用。不过这个影响的深度值可能有些偏小,首先是因为铲除面积不够大,一天中太阳高度角发生变化时周围林木的影子等会使 4 号孔及其周围土壤接受不到足够的太阳辐射;另外由于只铲除地面植被部分,而地下根系和植被残体等具有良好的隔热作用,能够减慢热量传递^[37-38]。除此之外,土壤温度的变化和土中热量的传输还会受到含水量和岩性的影响,因此不同地方植被对地温的影响深度可能是不一样的。总的来说,对于冻土,林区植被暖季主要起降温作用,冷季起保温作用,且暖季降温的贡献大于冷季增温的贡献。

不同林型及植被不同组分的隔热和吸水保水能力不同,对土壤中水热周转过程影响也有所差别。塔头-落叶松林根系吸水能力最强,这种林型下的土壤开始融化和冻结的日期最晚,冻结速率也最慢,地表初始的降温速度为 $0.1^{\circ}\text{C}/\text{d}$, 0.2 m 以下降温速率几乎为零。其次植物生长期的变化,特别是植物的凋零和枯萎,会加快地表的冻结速率。柴桦落叶松林的地被物主要是草本植物,秋季枯萎后,保温效果下降,地表平均降温速度为 $0.96^{\circ}\text{C}/\text{d}$,但是凋零植被较强的根系吸水能力使得其 0.5 m 和 0.8 m 的降温速率低于除塔头落叶松林外的其他林型。另外,不同林型的组分以及层片结构对冻结过程影响也很大,真藓-落叶松林的乔灌木层发育不好,地面降温速率为 $1.22^{\circ}\text{C}/\text{d}$,大于杜香-真藓-落叶松林和伊图里河塔头湿地,而伊图里河塔头湿地由于没有乔灌木层的庇护,地面以下的降温速率高于其他林型。

References:

- [1] Sun J Z, Wang S Y, Wang Y Z, Zhou Y J, Lin Z R, Zhang Q Y, Chen S H. Paleoenvironment of the Last Glacial stage in Northeast China. *China Quaternary Research*, 1985, 6(1): 82-89.
- [2] Brown R J E. Influence of vegetation on permafrost // *Proceedings Permafrost International Conference*. Research Paper no. 298. Division of Building Research. Ottawa: National Research Council Canada, 1966: 20-25.
- [3] Zhang H W. Preliminary studies on relationships between vegetation and frozen ground in Da-Xinganling Forest area // *Proceedings of the 2nd*

- Chinese Conference on Geocryology. Lanzhou: Gansu People's Publishing House, 1983; 81-84.
- [4] Liu Q R, Sun Z K, Chui Y S, Liu J D, Cheng D F. Study of the law of the distribution of permafrost and vegetation in Da Hinggan Ling. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 1993, 15(2): 246-251.
- [5] Sun J, Li X Z, Wang X W, Lü J J, Li Z M, Hu Y M. Ecological characteristics and areal types of permafrost wetland plants in Great Hing'an Mountains. *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29(6): 1061-1067.
- [6] Wang C H. The upper limit of permafrost table and ground ice in North Da Hinggan Mountains//Proceedings of the Symposium on Glaciology and Cryopedology Held by Geographical Society of China (Cryopedology). Beijing: Science Press, 1982; 31-37.
- [7] Tyrtikov A P. The effect of vegetation on permanently frozen soil. *Materialy K Osnovam Ucheniya O Merzlykh Zo-nakh Zemnoy Kory* (Material for the Basis of Study of the Frozen Zones of the Earth's Crust), Issue III. Moscow: Izd-vo Akademii Nauk SSSR, 1956; 85-108.
- [8] Kelley A M, Epstein H E, Walker D A. Role of vegetation and climate in permafrost active layer depth in arctic tundra of northern Alaska and Canada. *Journal of Glaciology and Climatology*, 2004, 26(Suppl.): 269-274.
- [9] Cannone N, Ellis-Evans J C, Strachan R, Guglielmin M. Interactions between climate, vegetation and the active layer in soils at two Maritime Antarctic sites. *Antarctic Science*, 2006, 18(3): 323-333.
- [10] Guglielmin M, Ellis-Evans C J, Cannone N. Active layer thermal regime under different vegetation conditions in permafrost areas. A case study at Signy Island (Maritime Antarctic). *Geoderma*, 2008, 144(1/2): 73-85.
- [11] Racine C H. Tundra fire effects on soils and three plant communities along a hill-slope gradient in the Seward Peninsula, Alaska. *Arctic*, 1981, 34(1): 71-84.
- [12] Liang L H, Zhou Y W, Wang J C. Changes to the permafrost environment after forest fire, Da Xi'an Ridge, Gu Liang Mining Area, China. *Permafrost and Periglacial Processes*, 1991, 2(3): 253-257.
- [13] Zhou Y W, Liang L H, Gu Z W, Liang F X, Zhang Q B. Effects of forest fire on the hydro-thermal regime of frozen ground, the northern part of Da Hinggan Ling. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 1993, 15(1): 17-26.
- [14] Mackay J R. Active layer changes (1968 to 1993) following the forest-tundra fire near Inuvik, N. W. T., Canada. *Arctic and Alpine Research*, 1995, 27(4): 323-336.
- [15] Hou C M, Xie F J, Li X Z, Xiao D N. Changes of permafrost active layer in Greater Hingan Mountains under fire disturbance. *Journal of University of Jinan (Science & Technology)*, 2010, 24(3): 277-281.
- [16] Iwahana G, Fukuda M, Kobayashi Y, Machimura T, Fedorov A N. A comparative study of the surface and active layer conditions at disturbed forest sites near Yakutsk//Proceedings of the 8th International Conference on Permafrost (Vol 1). London: Taylor & Francis Group publication, 2003; 483-488.
- [17] Chen Y M, Yin Y H. Impacts of forest industry development in the Daxing'anling Mountains on the seasonally thawed layer overlying permafrost//Proceeding of the 5th Chinese Conference on Glaciology and Geocryology (Vol 2). Lanzhou: Gansu Culture Press, 1996; 1087-1091.
- [18] Liang S H, Wan L, Li Z M, Cao W B. The effect of permafrost on alpine vegetation in the source region of the Yellow River. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2007, 29(1): 45-52.
- [19] Wang G X, Li Y S, Wu Q B, Wang Y B. Impacts of permafrost changes on alpine ecosystem in Qinghai-Tibet Plateau. *Science in China Series D (Earth Sciences)*, 2006, 49(11): 1156-1669.
- [20] Hu H C, Wang G X, Wang Y B, Liu G S, Li T B, Ren D X. Response of soil heat-water processes to vegetation cover on the typical permafrost and seasonally frozen soil in the headwaters of the Yangtze and Yellow River. *Chinese Science Bulletin*, 2009, 54(7): 1225-1233.
- [21] Wu Q B, Shen Y P, Shi B. Relationship between frozen soil together with its water-heat process and ecological environment in the Tibetan Plateau. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2003, 25(3): 250-255.
- [22] Yang J P, Ding Y J, Chen R S, Shen Y P. Permafrost change and its effect on eco-environment in the source regions of the Yangtze and Yellow rivers. *Journal of Mountain Science*, 2004, 22(3): 278-285.
- [23] Li Y N, Guan D G, Zhao L, Gu S, Zhao X Q. Seasonal frozen soil and its effect on vegetation production in Haibei alpine meadow. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2005, 27(3): 311-319.
- [24] Li L, Wang Z Y, Xu W X, Wang Q C. Response of alpine meadow ecosystem to climate and permafrost environment change on the Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of Qinghai Meteorology*, 2010, (1): 15-22.
- [25] Lu G W. Xinan pine vegetation and variation of the ecological environment of permafrost in Northeast China//Proceedings of the Third Chinese Conference on Permafrost. Beijing: Science Press, 1989; 37-42.
- [26] Zhou M. Research on the Hydrological Process and Laws of *Larix gemlini* Ecosystem at the Greater Xingan Mountains. Beijing: Beijing Forestry University. 2003; 24-35.
- [27] Zhou Y W, Guo D X, Qiu G Q, Cheng G D, Li S D. *Geocryology in China*. Beijing: Science Press, 2000; 171-194.
- [28] Benninghoff W S. Interaction of vegetation and soil frost phenomena. *Arctic*, 1952, 5(1): 34-44.
- [29] Benninghoff, W S. Relationships between vegetation and frost in soils//Proceedings of the 1st International Conference on Permafrost. Washington D C: National Academy of Sciences-National Research Council, Publication No 1287, 1966; 9-13.

- [30] Zhou M. Research on the Hydrological Laws of Forest Ecosystem at the Greater Xingan Mountains. Beijing: Popular Science Press, 2003: 77-96.
- [31] Mapped Static Vegetation Data. (1999-8-17) [2011-3-25]. <http://ldas.gsfc.nasa.gov/nldas/web/web.veg.table.html>
- [32] Zhang H D, Zhou M, You W Z. The characteristics of temperature variation in stem cambium of *Larix gmelini* and its response to environmental factors. Liaoning Forestry Science and Technology, 2008, (4): 6-9, 33-33.
- [33] Gadek B, Leszkiewicz J. Influence of snow cover on ground surface temperature in the zone of sporadic permafrost, Tatra Mountains, Poland and Slovakia. Cold Regions Science and Technology, 2010, 60(3): 205-211.
- [34] Campbell B I, Claridge G G C, Balks M R. The effect of human activities on moisture content of soils and underlying permafrost from the McMurdo Sound region, Antarctica. Antarctic Science, 2004, 6(3): 307-314.
- [35] Sugimoto A, Yanagisawa N, Naito D, Fujita N, Maximov T C. Importance of permafrost as a source of water for plants in east Siberian taiga. Ecological Research, 2002, 17(4): 493-503.
- [36] Permafrost Institute, Siberian Branch, USSR Academy of Sciences. General Geocryology // Guo D X, translated. Beijing: Science Press, 1988: 275-287.
- [37] Qin Z Y, Xie W Z, Tong B L, Xie Y Q. The relationship between plateau plants and melting soil-layer in the frozen season in Tnmén, Prefecture Xizang. Journal of Glaciology and Geocryology, 1987, 9(2): 149-156.
- [38] Zhou X M, Yang F T, Li B W, Li J H. Interrelationship between vegetation and permafrost along the south section of Qinghai-Xizang highway. Journal of Integrative Plant Biology, 1978, 20(1): 13-19.

参考文献:

- [1] 孙建中, 王淑英, 王雨灼, 周亚杰, 林泽荣, 张庆云, 陈树汉. 东北末次冰期的古环境. 中国第四纪研究, 1985, 6(1): 82-89.
- [3] 张汉文. 大兴安岭林区植被与冻土的关系 // 第二届全国冻土学术会议论文选集. 兰州: 甘肃人民出版社, 1983: 81-84.
- [4] 刘庆仁, 孙振昆, 崔永生, 刘俊德, 程东方. 大兴安岭林区多年冻土与植被分布规律研究. 冰川冻土, 1993, 15(2): 246-251.
- [5] 孙菊, 李秀珍, 王宏伟, 吕久俊, 李宗梅, 胡远满. 大兴安岭冻土湿地植物的生态特征及分布区型. 生态学杂志, 2010, 29(6): 1061-1067.
- [6] 王春鹤. 大兴安岭北部多年冻土上限和地下冰 // 中国地理学会冰川冻土学术会议论文选集(冻土学). 北京: 科学出版社, 1982: 31-37.
- [13] 周幼吾, 梁林恒, 顾钟伟, 梁凤仙, 张齐兵. 大兴安岭北部森林火灾对冻土水热状况的影响. 冰川冻土, 1993, 15(1): 17-26.
- [15] 侯传美, 解伏菊, 李秀珍, 肖笃宁. 火干扰下的大兴安岭冻土活动层变化研究. 济南大学学报(自然科学版), 2010, 24(3): 277-281.
- [17] 陈亚明, 印艳华. 大兴安岭森林开发对冻土季节性融化层的影响 // 第五届全国冰川冻土大会论文集(下册). 兰州: 甘肃文化出版社, 1996: 1087-1091.
- [18] 梁四海, 万力, 李志明, 曹文炳. 黄河源区冻土对植被的影响. 冰川冻土, 2007, 29(1): 45-52.
- [19] 王根绪, 李元首, 吴青柏, 王一博. 青藏高原冻土区冻土与植被的关系及其对高寒生态系统的影响. 中国科学 D 辑(地球科学), 2006, 49(11): 1156-1669.
- [20] 胡宏昌, 王根绪, 王一博, 刘光生, 李太兵, 任东兴. 江河源区典型多年冻土和季节冻土区水热过程对植被盖度的响应. 科学通报, 2009, 54(7): 1225-1233.
- [21] 吴青柏, 沈永平, 施斌. 青藏高原冻土及水热过程与寒区生态环境的关系. 冰川冻土, 2003, 25(3): 250-255.
- [22] 杨建平, 丁永建, 陈仁升, 沈永平. 长江黄河源区多年冻土变化及其生态环境效应. 山地学报, 2004, 22(3): 278-285.
- [23] 李英年, 关定国, 赵亮, 古松, 赵新全. 海北高寒草甸的季节冻土及在植被生产力形成过程中的作用. 冰川冻土, 2005, 27(3): 311-319.
- [24] 李林, 王振宇, 徐维新, 汪青春. 青藏高原典型高寒草甸生态系统对气候冻土环境变化的响应. 青海气象, 2010, (1): 15-22.
- [25] 鲁国威. 中国东北部兴安落叶松植被与多年冻土的环境变化特征 // 第三届全国冻土学术会议论文选集. 北京: 科学出版社, 1989: 37-42.
- [26] 周梅. 大兴安岭落叶松林生态系统水文过程与规律研究. 北京: 北京林业大学, 2003: 24-35.
- [27] 周幼吾, 郭东信, 邱国庆, 程国栋, 李树德. 中国冻土. 北京: 科学出版社, 2000: 171-194.
- [30] 周梅. 大兴安岭森林生态系统水文规律研究. 北京: 中国科学技术出版社, 2003: 77-96.
- [32] 张慧东, 周梅, 尤文忠. 兴安落叶松树干形成层温度变化特征及对主要环境因子的响应. 辽宁林业科技, 2008, (4): 6-9, 33-33.
- [36] 苏联科学院西伯利亚分院多年冻土研究所著. 普通冻土学 // 郭东信等, 译. 北京: 科学出版社, 1988: 275-287.
- [37] 秦志业, 谢文忠, 童伯良, 谢应钦. 高原植物与冻土季节融化层的关系. 冰川冻土, 1987, 9(2): 149-156.
- [38] 周兴民, 杨福国, 李秉文, 李建华. 青藏公路南段植被与多年冻土的相互关系. 植物学报, 1978, 20(1): 13-19.

CONTENTS

CO ₂ emission from an alpine <i>Kobresia humilis</i> meadow in winters	WU Qin, HU Qiwu, CAO Guangmin, et al (5107)
Effect of cultivation on soil organic carbon and total nitrogen accumulation in Cele oasis croplands and their relation to crop yield	HUANG Caibian, ZENG Fanjiang, LEI Jiaqiang, et al (5113)
Biomass and its allocation of four grassland species under different nitrogen levels	QI Yu, HUANG Yongmei, WANG Yan, et al (5121)
Small-scale spatial patterns of genetic structure in <i>Castanopsis eyrei</i> populations based on autocorrelation analysis in the Tiantai Mountain of Zhejiang Province	QI Caihong, JIN Zexin, LI Junmin (5130)
Influence of vegetation on frozen ground temperatures the forested area in the Da Xing'anling Mountains, Northeastern China	CHANG Xiaoli, JIN Huijun, YU Shaopeng, et al (5138)
Analysis of stable carbon isotopes in different components of tree rings of <i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i>	SHANG Zhiyuan, WANG Jian, CUI Mingxing, et al (5148)
Retrieval of leaf area index for different grasslands in Inner Mongolia prairie using remote sensing data	LIU Yibo, JU Weimin, ZHU Gaolong, et al (5159)
Decomposition of lotus leaf litter and its effect on the aquatic environment of the Beili Lake in the Hangzhou West Lake	SHI Qi, JIAO Feng, CHEN Ying, et al (5171)
Effects of fire disturbance on greenhouse gas emission from <i>Larix gmelinii</i> - <i>Carex schmidtii</i> forested wetlands in XiaoXing'an Mountains, Northeast China	YU Lili, MU Changcheng, GU Han, et al (5180)
Wetland landscape transition pattern of Lianbo Beach along the Middle Yellow River	GUO Donggang, SHANGGUAN Tieliang, BAI Zhongke, et al (5192)
Effect of revegetation on functional groups of soil organic carbon on the Loess Plateau	LI Ting, ZHAO Shiwei, ZHANG Yang, et al (5199)
Soil organic and inorganic carbon contents in relation to soil physicochemical properties in northeastern China	ZU Yuangang, LI Ran, WANG Wenjie, et al (5207)
Characteristics of soil respiration in fallow and its influencing factors at arid-highland of Loess Plateau	GAO Huiyi, GUO Shengli, LIU Wenzhao (5217)
Soil microbial functional diversity between rhizosphere and non- rhizosphere of typical plants in the hilly area of southern Nixia	AN Shaoshan, LI Guohui, CHEN Liding (5225)
Differences in the surface palynomorph assemblages on a karst mountain and rocky desertification areas: a case in Nanchuan District, Chongqing	HAO Xiudong, OUYANG Xuhong, XIE Shiyu (5235)
Ash content and caloric value in the leaves of <i>Sinocalycanthus chinensis</i> and its accompanying species	JIN Zexin, LI Junmin, MA Jine (5246)
Uptake kinetic characteristics of Cu ²⁺ by <i>Salix jiangsuensis</i> CL J-172 and <i>Salix babylonica</i> Linn and the influence of organic acids	CHEN Caihong, LIU Zhikun, CHEN Guangcai, et al (5255)
Introduction of <i>TaNHX2</i> gene enhanced salt tolerance of transgenic puna chicory plants	ZHANG Lijun, CHENG Linmei, DU Jianzhong, et al (5264)
Effects of air humidity and soil water deficit on characteristics of leaf cuticular waxes in alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	GUO Yanjun, NI Yu, GUO Yunjiang, et al (5273)
Influence of water storage capacity on yield of winter wheat in dry farming area in the Loess Plateau	DENG Zhenyong, ZHANG Qiang, WANG Qiang, et al (5281)
Research of dynamic variation of moisture in apple orchard soil in the area of Xianyang in recent years	ZHAO Jingbo, ZHOU Qi, CHEN Baoqun, et al (5291)
Volatile oil contents correlate with geographical distribution patterns of the miao ethnic herb <i>Fructus Cinnamomi</i>	ZHANG Xiaobo, ZHOU Tao, GUO Lanping, et al (5299)
Effect of environmental factors on growth of <i>Chlorella</i> sp. and optimization of culture conditions for high oil production	DING Yancong, GAO Qun, LIU Jiayao, et al (5307)
The effects of substrates on locomotor performance of two sympatric lizards, <i>Takydromus septentrionalis</i> and <i>Plestiodon chinensis</i>	LIN Zhihua, FAN Xiaoli, LEI Huanzong, et al (5316)
Guild structure of wintering waterbird assemblages in shallow lakes along Yangtze River in Anhui Province, China	CHEN Jinyun, ZHOU Lizhi (5323)
Phylogenetic diversity analysis and <i>in situ</i> hybridization of symbiotic Oxymonad flagellates in the hindgut of <i>Reticulitermes chinensis</i> Snyder	CHEN Wen, SHI Yu, PENG Jianxin, et al (5332)
An entropy weight approach on the comprehensive evaluation of the Pearl River Delta Nature Reserve	ZHANG Linying, XU Songjun (5341)
Review and Monograph	
On planning method of mesoscale and microscale ecological land	RONG Bingling, LI Dong, XIE Yingxia (5351)
Effects of land use change on soil organic carbon: a review	CHEN Zhao, LÜ Changhe, FAN Lan, et al (5358)
Marine phytoplankton and biological carbon sink	SUN Jun (5372)
Effect of permafrost degradation on methane emission in wetlands: a review	SUN Xiaoxin, SONG Changchun, WANG Xianwei, et al (5379)
A review on the effects of biogenic elements and biological factors on wetland soil carbon mineralization	ZHANG Linhai, ZENG Congsheng, TONG Chuan (5387)
A review of studies using ecological network analysis	LI Zhongcai, Xu Junyan, WU Changyou, et al (5396)
Scientific Note	
Dynamics of age structures on <i>Agropyron michnoi</i> and <i>Leymus chinensis</i> in different communities	JIN Xiaoming, AI Lin, LIU Jidong, et al (5406)
The impact of thematic resolution on NDVI spatial pattern	HUANG Caixia, LI Xiaomei, SHA Jinming (5414)

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

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 18 期 (2011 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 18 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