

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 20 期 Vol.32 No.20 **2012**

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 32 卷 第 20 期

2012 年 10 月 (半月刊)

目 次

太湖流域源头溪流氧化亚氮(N_2O)释放特征·····	袁淑方, 王为东 (6279)
闽江河口湿地植物枯落物立枯和倒伏分解主要元素动态·····	曾从盛, 张林海, 王天鹅, 等 (6289)
宁夏荒漠草原小叶锦鸡儿可培养内生细菌多样性及其分布特征·····	代金霞, 王玉炯 (6300)
陕西省栎黄枯叶蛾蛹的空间分布·····	章一巧, 宗世祥, 刘永华, 等 (6308)
模拟喀斯特生境条件下干旱胁迫对青冈栎苗木的影响·····	张中峰, 尤业明, 黄玉清, 等 (6318)
中国井冈山生态系统多样性·····	陈宝明, 林真光, 李 贞, 等 (6326)
鄂西南木林子常绿落叶阔叶混交林恢复过程中优势树种生态位动态·····	汤景明, 艾训儒, 易咏梅, 等 (6334)
不同增温处理对夏蜡梅光合特性和叶绿素荧光参数的影响·····	徐兴利, 金则新, 何维明, 等 (6343)
模拟长期大风对木本猪毛菜表观特征的影响·····	南 江, 赵晓英, 余保峰 (6354)
雷竹林土壤和叶片 N、P 化学计量特征对林地覆盖的响应·····	郭子武, 陈双林, 杨清平, 等 (6361)
利用树木年轮重建赣南地区 1890 年以来 2—3 月份温度的变化·····	曹受金, 曹福祥, 项文化 (6369)
川西亚高山草甸土壤呼吸的昼夜变化及其季节动态·····	胡宗达, 刘世荣, 史作民, 等 (6376)
火干扰对小兴安岭白桦沼泽和落叶松-苔草沼泽凋落物和土壤碳储量的影响·····	周文昌, 牟长城, 刘 夏, 等 (6387)
黄土丘陵区三种典型退耕还林地土壤固碳效应差异·····	佟小刚, 韩新辉, 吴发启, 等 (6396)
岩质公路边坡生态恢复土壤特性与植物多样性·····	潘树林, 辜 彬, 李家祥 (6404)
坡位对东灵山辽东栎林土壤微生物量的影响·····	张 地, 张育新, 曲来叶, 等 (6412)
太湖流域典型入湖港口景观格局对河流水质的影响·····	王 瑛, 张建锋, 陈光才, 等 (6422)
基于多角度基尼系数的江西省资源环境公平性研究·····	黄和平 (6431)
中国土地利用空间格局动态变化模拟——以规划情景为例·····	孙晓芳, 岳天祥, 范泽孟 (6440)
世界主要国家耕地动态变化及其影响因素·····	赵文武 (6452)
不同氮源下好氧反硝化菌 <i>Deffluibacter lusatiensis</i> str. DN7 的脱氮特性·····	肖继波, 江惠霞, 褚淑祯 (6463)
基于生态足迹方法的南京可持续发展研究·····	周 静, 管卫华 (6471)
基于投入产出方法的甘肃省水足迹及虚拟水贸易研究·····	蔡振华, 沈来新, 刘俊国, 等 (6481)
浦江县土壤碱解氮的空间变异与农户 N 投入的关联分析·····	方 斌, 吴金凤, 倪绍祥 (6489)
长江河口潮间带盐沼植被分布区及邻近光滩鱼类组成特征·····	童春富 (6501)
深圳湾不同生境湿地大型底栖动物次级生产力的比较研究·····	周福芳, 史秀华, 邱国玉, 等 (6511)
灰斑古毒蛾口腔反吐物诱导沙冬青细胞 Ca^{2+} 内流及 H_2O_2 积累·····	高海波, 张淑静, 沈应柏 (6520)
濒危物种金斑喙凤蝶的行为特征及其对生境的适应性·····	曾菊平, 周善义, 丁 健, 等 (6527)
细叶榕榕小蜂群落结构及动态变化·····	吴文珊, 张彦杰, 李凤玉, 等 (6535)
专论与综述	
流域生态系统补偿机制研究进展·····	张志强, 程 莉, 尚海洋, 等 (6543)
可持续消费的内涵及研究进展——产业生态学视角·····	刘晶茹, 刘瑞权, 姚 亮 (6553)
工业水足迹评价与应用·····	贾 佳, 严 岩, 王辰星, 等 (6558)
矿区生态风险评价研究述评·····	潘雅婧, 王仰麟, 彭 建, 等 (6566)
研究简报	
围封条件下荒漠草原 4 种典型植物群落枯落物枯落量及其蓄积动态·····	李学斌, 陈 林, 张硕新, 等 (6575)
密度和种植方式对夏玉米酶活性和产量的影响·····	李洪岐, 蔺海明, 梁书荣, 等 (6584)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 312 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2012-10	



封面图说: 草丛中的朱鹮——朱鹮有着鸟中“东方宝石”之称。洁白的羽毛, 艳红的头冠和黑色的长嘴, 加上细长的双脚, 朱鹮历来被日本皇室视为圣鸟。20 世纪前朱鹮在中国东部、日本、俄罗斯、朝鲜等地曾有较广泛地分布, 由于环境恶化等因素导致种群数量急剧下降, 至 20 世纪 70 年代野外已认为无踪影。1981 年 5 月, 中国鸟类学家经多年考察, 在陕西省洋县重新发现朱鹮种群, 一共只有 7 只, 也是世界上仅存的种群。此后对朱鹮的保护和科学研究做了大量工作, 并于 1989 年在世界首次人工孵化成功。

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

DOI: 10.5846/stxb201112271995

郭子武, 陈双林, 杨清平, 李迎春. 雷竹林土壤和叶片 N、P 化学计量特征对林地覆盖的响应. 生态学报, 2012, 32(20): 6361-6368.

Guo Z W, Chen S L, Yang Q P, Li Y C. Responses of N and P stoichiometry on mulching management in the stand of *Phyllostachys praecox*. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(20): 6361-6368.

雷竹林土壤和叶片 N、P 化学计量特征 对林地覆盖的响应

郭子武, 陈双林*, 杨清平, 李迎春

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 富阳, 311400)

摘要:为摸清林地覆盖集约经营对雷竹林土壤和叶片氮(Nitrogen, N)、磷(Phosphorus, P)化学计量特征的影响,揭示雷竹林退化机理,为退化雷竹林恢复提供理论依据,对不同林地覆盖年限(CK, 3 a 和 6 a)雷竹林土壤和立竹叶片的 N、P 含量和 N:P 变化规律进行了分析。结果表明:不同林地覆盖年限雷竹林土壤 N、P 含量均随土层深度的增大而降低,随着林地覆盖年限的增加,各土层土壤 N、P 含量均提高。林地覆盖雷竹林 0—20 cm 土层土壤 N、P 累积现象明显, N:P 显著提高;林地覆盖雷竹林不同年龄立竹叶片 N、P 含量均较不覆盖雷竹林有显著或极显著降低,叶片 N:P 随林地覆盖年限的增加总体上呈显著升高趋势;立竹叶片 N:P 与土壤 P 含量极显著正相关,与立竹叶片 P 含量和土壤 N:P 极显著负相关,而与土壤和立竹叶片 N 含量相关性不显著。随林地覆盖年限的增加,雷竹林土壤和立竹叶片 N、P 间相关性均减弱;研究表明林地覆盖会明显改变雷竹林土壤和立竹叶片的 N、P 化学计量特征,引起 N、P 养分失衡, P 素对雷竹林生长的限制性作用增强,会导致雷竹林退化。

关键词:雷竹;林地覆盖;氮;磷;化学计量

Responses of N and P stoichiometry on mulching management in the stand of *Phyllostachys praecox*

GUO Ziwu, CHEN Shuanglin*, YANG Qingping, LI Yingchun

Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Zhejiang, Fuyang 311400, China

Abstract: To approach the impact of intensive and mulching management on nitrogen (N) and phosphorus (P) concentration and the ratio of N:P in soil and bamboo leaf, and clarify the degradation mechanism of *Phyllostachys praecox* plantation, the concentration of N and P elements in soil and leaf of *Ph. praecox* as well as its stoichiometry from bamboo stand with different mulching management treatments (6a, 3a and CK) were analyzed, and this research will provide theoretical guidance for regeneration of degraded bamboo plantations. The results showed that with soil depth increasing, soil N, P concentration among soil layers decreased. While with the time of mulching management extending, the concentration of N and P in soils increased significantly, and the ratio of N:P in soil 0—20cm increased significantly for mulching management stands; and N, P contents were enriched in 0—20cm soil layers. However N decreased significantly in leaf and P decreased much significantly for leaf in stands of 3a and 6a. The ratio of N:P was 14.05—18.39 in *Ph. praecox* leaves, and increased in 3a and 6a, which indicated that the function of P as key factor to limit the growth was enhanced. Furthermore the ratio of N:P in leaves had positive significant correlation with soil P content, and was negatively significant correlation with soil N:P ratio and P content in leaves, but had no significant correlation with soil N concentration. Thus it was concluded that with the time of mulching management extending, the coefficient between soil N

基金项目:国家林业局林业科技推广项目([2011]02 号);浙江省林业科技推广项目(2011B01);杭州市科研院所专项(20090332N01)

收稿日期:2011-12-27; **修订日期:**2012-07-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: cslbamboo@126.com

and soil P, and the coefficient between leaf N and leaf P both decreased. The changes of soil N, P stoichiometry were caused by long-term mulching management which led to enhance the function of P as limit factor, make imbalance of the relationship between N and P, and inhibit absorption of N and P by bamboo leaf, which might be the main reason causing bamboo plantation degradation.

Key Words: *Phyllostachys praecox*; mulching of bamboo stand; nitrogen; phosphorus; stoichiometry

土壤中氮(N)、磷(P)是限制植物生长发育的重要养分元素^[1-2],也是植物赖以生存的物质基础和重要的环境条件^[3-4]。土壤养分含量的多寡及其平衡关系,与植物体内养分含量及化学计量特征密切相关,不仅影响植物个体的生长状况^[5-6],群落组成和生产力高低^[7-8],而且对生态系统健康有着重要的指示作用。植物叶片的 N、P 含量及 N:P,特别是 N:P 的临界值被认为可以作为判断土壤对植物养分供应状况的指标^[9-11]。N、P 化学计量学研究已成为揭示植物养分限制状况及其适应策略的重要手段^[12-13]。土地利用强度、干扰等会对土壤中 N、P 含量和生物有效性产生重要影响,致使植物的养分吸收和利用发生改变,从而会影响到植物体 N、P 含量及其化学计量特征。

雷竹(*Phyllostachys praecox*)是中国重要的笋用竹种,具有成林速度快、出笋早、笋味鲜、产量高等特点,已经在中国的南方许多省份得到规模化推广栽培。为追求更高的经济效益,自 20 世纪 90 年代初以来,浙江省临安市、富阳市、余杭区等雷竹主产区大规模推广雷竹林地覆盖竹笋早出技术,竹笋产量和经济效益显著提高,但林地覆盖栽培中大量有机覆盖物的输入和以氮肥为主的化学肥料大量施用,极易导致雷竹林生态系统退化^[14-15]。为防止雷竹林退化及促进退化雷竹林恢复,自 20 世纪 90 年代末以来陆续开展了人工干扰对雷竹林土壤理化性质^[16]、地上和地下林分结构等的影响研究^[17-18],但对于林地覆盖雷竹林土壤和立竹叶片 N、P 化学计量特征的研究则少有涉及。为此,在雷竹主产区的浙江省临安市开展了不同林地覆盖年限雷竹林土壤和立竹叶片 N、P 化学计量特征及其相互关系的研究,试图摸清雷竹林土壤和立竹叶片 N、P 含量及 N:P 对林地覆盖的响应,分析其对竹林生态系统健康的指示作用,为林地覆盖雷竹林可持续经营及退化雷竹林恢复提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于浙江省临安市太湖源镇(30°24'N,119°32'E),属中亚热带季风气候,温暖湿润,四季分明,年平均气温 15.8℃,7 月平均气温 28.1℃,1 月平均气温 3.4℃,极端高温 41.9℃,极端低温-13.3℃,年平均日照时数 1939 h,年平均无霜期 234 d。土壤为红壤。

太湖源镇是临安市雷竹主要栽培乡镇,现有雷竹林面积 1 万多公顷,自 20 世纪 90 年代以来大规模推广应用雷竹林地覆盖竹笋早出经营技术,竹笋业已成为当地农村经济社会发展的支柱产业和农民家庭经济收入的主要来源。但由于长期的林地覆盖,雷竹林立地生产力衰退日趋严重,目前已有 80% 以上的雷竹林出现了不同程度的退化,已影响到区域竹产业的可持续发展^[14]。

试验雷竹林 2000 年 3 月移栽立竹年龄 1—2 年生,立竹胸径 2—3 cm 的母竹在原种植水稻的土地上营造,面积 2.4 hm²,集中连片,2003 年出笋成竹后成林,2004 年起有竹农开始林地覆盖,覆盖年限不一。覆盖方法为:11 月中下旬林地雷竹林中施足肥料(尿素、有机肥为主),后浇透水,覆盖 10—15 cm 的稻草作为发酵增温层,再覆盖 20 cm 左右的砻糠作为保温层,1 月份就可采收到萌发的竹笋,自然出笋时撤去上层的覆盖物砻糠。

1.2 试验方法

2010 年 9 月在试验林中选择不同林地覆盖年限(3 a、6 a)和不覆盖(CK)雷竹林各 6 块,每块雷竹林面积不小于 0.1 hm²。经调查林地覆盖 6a、3a 及不覆盖(CK)雷竹林立竹密度、立竹胸径及年龄结构分别为

18060、18900、19500 株/hm², 5.01、5.12、5.35 cm, 1:1.19:1.74、1:1.21:1.76、1:1.26:1.84。不覆盖(CK)雷竹林年施肥 2 次, 分别为 4—5 月、8—9 月。覆盖雷竹林年施肥 3 次, 分别为 4—5 月、8—9 月与覆盖前。

在不同林地覆盖年限的试验雷竹林中选择中等径级, 生长良好的 1 年生、2 年生和 3 年生样竹各 6 株, 在样竹冠层上部、中部、下部位分别采集正常的完整叶片约 200 g, 混合后四分法取样约 200 g, 带回实验室, 烘箱内先 105 ℃ 杀青 30 min, 然后 80 ℃ 烘至恒重, 粉碎, 过 40 目筛, 装袋储于真空干燥器中以便化学分析。土壤取样采用 5 点取样法, 在每块试验雷竹林中分别取每个样点的 0—10 cm、10—20 cm、20—30 cm 和 30—50 cm 土层土壤各 500 g, 每层土壤各点的土样混合均匀后四分法取 500 g, 带回实验室风干, 研磨过 100 目筛, 装袋储于真空干燥器中以便化学分析。土壤和立竹叶片全氮、全磷含量分别采用凯氏定氮法和钼锑抗比色法测定^[19], 重复测定 6 次。

1.3 数据分析

试验数据在 Excel 2003 统计软件中进行整理和作图表, 在 SPSS 14.0 统计软件中进行 One-way 方差分析和 Two-tailed 的 Pearson 相关性分析及线性相关分析。试验数据均为各个指标测定数据的平均值±标准差。

2 结果与分析

2.1 林地覆盖对雷竹林土壤 N、P 含量的影响

雷竹林各土层的土壤 N 含量均随着林地覆盖年限的增加而极显著地增大。随着土壤深度的增加, 相同覆盖年限雷竹林土壤 N 含量均呈降低趋势, 其中, 未林地覆盖的雷竹林 20 cm 以上土层的土壤 N 含量变化不明显, 与 0—20 cm 土层土壤 N 含量有极显著差异, 而林地覆盖雷竹林各土层的土壤 N 含量差异均达极显著水平(图 1)。雷竹林各土层的土壤 P 含量也均随着林地覆盖年限的增加而增大, 除 20—30 cm 土层林地覆盖 3 a 雷竹林与不覆盖雷竹林差异不显著外, 其它不同覆盖年限雷竹林相同土层的土壤 P 含量均有极显著差异。随着土壤深度的增加, 相同覆盖年限雷竹林土壤 P 含量均呈极显著降低趋势(图 1)。

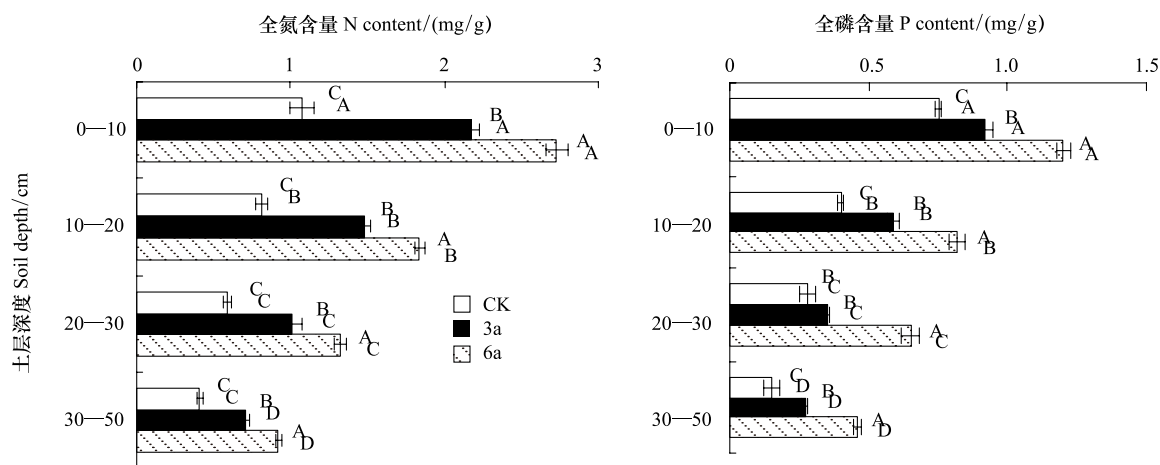


图 1 不同林地覆盖年限雷竹林土壤 N、P 含量

Fig. 1 The contents of soil N and P in *Ph. praecox* stand with different mulching management years

上标字母示同一土层不同覆盖年限雷竹林间比较, 下标字母示同一覆盖年限雷竹林不同土层间比较; 不同小写字母示差异显著 ($P < 0.05$), 不同大写字母示差异极显著 ($P < 0.01$), 相同大小写字母示差异不显著 ($P > 0.05$)

2.2 林地覆盖对雷竹林立竹叶片 N、P 含量的影响

从图 2 分析可知, 试验雷竹林立竹叶片 N、P 含量变化范围分别为 22.02 — 27.05 mg/g 和 1.42 — 1.93 mg/g, 变异系数分别为 7.16% 和 16.23%。相同林地覆盖年限雷竹林的立竹叶片 N、P 含量均随着立竹年龄的增加而降低, 但不同年龄立竹叶片 N 含量差异不明显, 叶片 P 含量 1 年生立竹均显著高于 2 年生、3 年生立竹, 2 年生、3 年生立竹间无显著差异。随着林地覆盖年限的增加, 相同年龄立竹叶片 N、P 含量总体上呈下降趋势。林地覆盖 3 a、6 a 的雷竹林相同年龄立竹叶片 N 含量差异不显著, 均显著地低于不覆盖雷竹林。1 年

生立竹叶片 P 含量随着林地覆盖年限的增加极显著地降低,而 2 年生、3 年生立竹叶片 P 含量在林地覆盖 3a、6 a 的雷竹林间差异不显著,均极显著地低于不覆盖雷竹林。

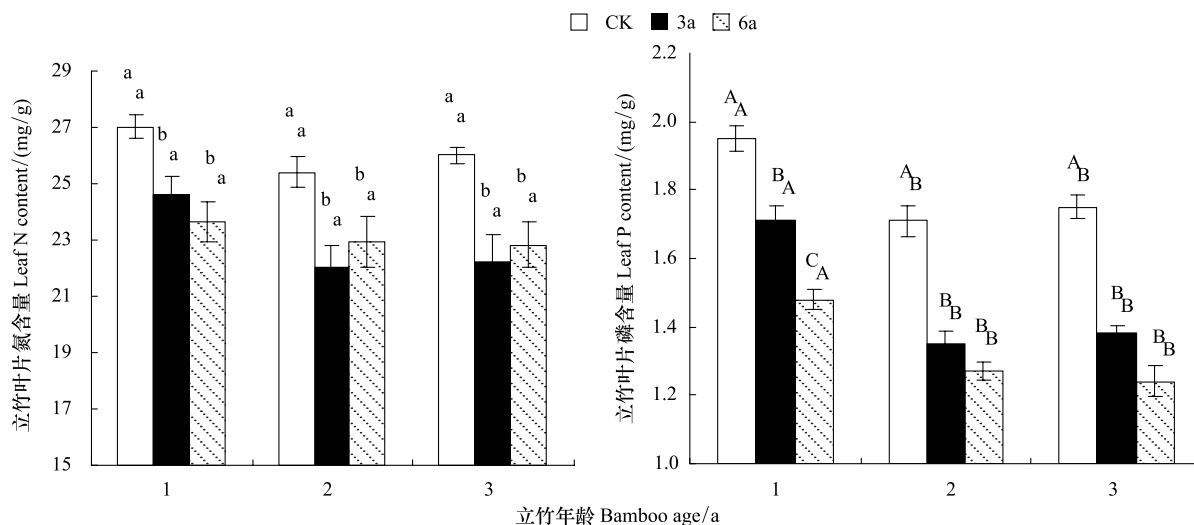


图 2 不同林地覆盖年限雷竹林立竹叶片 N、P 含量

Fig. 2 The contents of leaf N and P in *Ph. praecox* stand with different mulching management years

上标字母示同一立竹年龄不同林地覆盖年限雷竹林间比较,下标字母示相同林地覆盖年限不同年龄立竹间比较

2.3 林地覆盖对雷竹林土壤和立竹叶片 N:P 的影响

试验雷竹林土壤 N:P 变化范围为 1.71—3.01, 变异系数 15.78%。相同林地覆盖年限雷竹林的土壤 N:P 均随着土层深度的增加而提高, 上层土壤(0—20 cm)变化明显, 后趋于稳定。同一土层不同林地覆盖年限雷竹林的土壤 N:P 随林地覆盖年限的增加先升高后降低, 0—20 cm 土层差异显著, 土层深度 20 cm 以上时差异则不显著(图 3), 说明林地覆盖对雷竹林土壤 N:P 的影响只发生于 0—20 cm 上层土壤。

试验雷竹林立竹叶片 N:P 变化范围为 14.05—18.39, 变异系数 9.87%。林地覆盖年限对雷竹林立竹叶片 N:P 影响明显, 随着林地覆盖年限的增加, 不同年龄立竹的叶片 N:P 均呈升高趋势(图 3), 除 1 年生立竹林地覆盖 3 a 和未林地覆盖雷竹林差异不显著外, 不同林地覆盖年限雷竹林相同年龄立竹间均有显著差异。不覆盖雷竹林不同年龄立竹叶片的 N:P 无显著差异, 而林地覆盖雷竹林 2 年生、3 年生立竹叶片 N:P 无差异显著, 且均显著地高于 1 年生立竹。

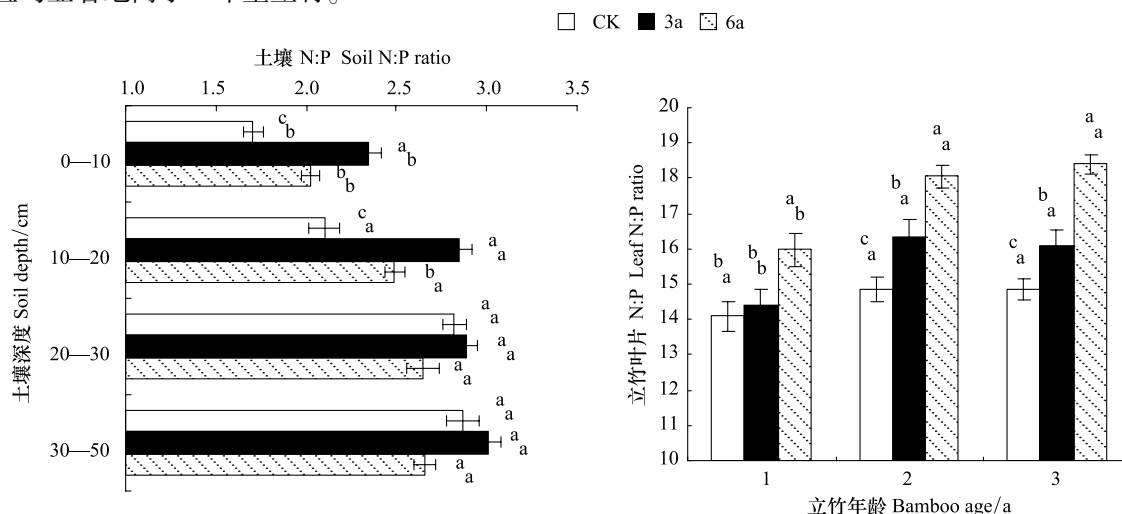


图 3 不同林地覆盖年限雷竹林土壤和立竹叶片 N:P

Fig. 3 The ratio of N:P for *Ph. praecox* leaves and soil from bamboo stand with different mulching management years

2.4 林地覆盖对雷竹林土壤与立竹叶片 N、P 关系的影响

雷竹林土壤 N 含量与立竹叶片 N 含量呈极显著负相关,而与立竹叶片 P 含量和叶片 N:P 相关性不显著,土壤 P 含量与立竹叶片 P 含量和叶片 N:P 分别呈极显著负相关和正相关,与叶片 N 含量相关性不显著,土壤 N:P 与立竹叶片 N 含量和叶片 N:P 分别呈显著和极显著负相关,与立竹叶片 P 含量呈极显著正相关(表 1)。林地覆盖雷竹林土壤和立竹叶片 N、P 间均存在显著的正相关关系(图 4),但随林地覆盖年限的增加,N、P 间相关性减弱,且土壤 N、P 含量相关关系方程斜率减小,即同步变化速率降低,而立竹叶片 N、P 含量相关关系方程斜率则增大,即同步变化速率增大。林地覆盖雷竹林土壤和立竹叶片 P 含量与 N:P 间呈显著的负相关,其中,随林地覆盖年限的增加,土壤 P 含量与土壤 N:P 间相关性减弱,且随 P 含量增加 N:P 降低的速率也下降,而立竹叶片 P 含量与立竹叶片 N:P 间相关性则增强,随 P 含量增加 N:P 下降的速率则呈先下降后增强的趋势。林地覆盖雷竹林土壤和立竹叶片 N 含量与 N:P 间不存在明显的相关性(图 4)。

表 1 雷竹林土壤和立竹叶片 N、P 化学计量特征关系

Table 1 Relationship of N, P stoichiometry between soil and leaf of *Ph. Praecox* stand

	叶片 N 含量 Leaf N concentration	叶片 P 含量 Leaf P concentration	叶片 N:P Leaf N:P ratio
土壤 N 含量 Soil N concentration	-0.820 **	0.162	-0.220
土壤 P 含量 Soil P concentration	0.268	-0.767 **	0.751 **
土壤 N:P Soil N:P ratio	-0.674 *	0.881 **	-0.882 **

3 结论与讨论

本研究发现,雷竹林土壤 N、P 含量在 0—50 cm 土层中呈倒“三角形”分布,且随着林地覆盖年限的增加而明显增加,特别是雷竹鞭根系统主要分布土层(0—20 cm)土壤 N、P 含量的变化极为明显,增加量是 20 cm 以上土层土壤的 2 倍以上,表现出上层土壤养分的明显累积现象,而且 0—20 cm 土层土壤 N 素增加量明显高于 P 素的增加量,使上层土壤 N:P 显著升高,土壤 N、P 间及 P 与 N:P 间的协同变化速率随林地覆盖年限的延长均呈下降趋势。而林地覆盖雷竹林表层土壤 N 素大量积累会发生硝化作用,产生大量的 H^+ 和 NO_3^- ,导致土壤酸化及活性铝的释放^[20];同时林地覆盖物的大量存留及不完全腐解则会引起土壤中生物活性物质含量的明显改变,如酚酸的大量积累和酶活性的降低等^[21],这说明雷竹林林地覆盖经营过程中有机覆盖物的大量输入和以氮肥为主的化学肥料大量施用^[22],对土壤 N、P 元素储量及循环过程会产生深刻的影响,使土壤中养分元素大量增加且比例失衡,造成土壤质量的显著下降^[11,23]。因此,在雷竹林覆盖经营过程中,应及时撤除林地有机覆盖物,尽量减少有机覆盖物的林地存留量,化学氮肥的施用必须大幅度地减量,以生物有机肥为主要应用肥种,实行测土配方平衡施肥,针对土壤劣变特征,实施如施用熟化石灰的土壤 pH 值调节,加客土后林地深层垦复等措施,以改善林地覆盖雷竹林土壤的理化性状。而在林地存留有机覆盖物生态促腐,低 C/N 覆盖材料的选择等方面仍需针对性地开展研究。

植物叶片营养元素的含量及其计量关系反应了植物对土壤条件的适应^[24],通常植物按照自身生理结构和物质合成需要对 N、P 的吸收按一定比例进行^[25]。本研究发现不同年龄立竹叶片 N、P 含量林地覆盖雷竹林均较不覆盖雷竹林有显著或极显著降低,叶片 N:P 随林地覆盖年限的增加总体上呈显著升高趋势,立竹叶片 N、P 间相关系数下降,叶片 N、P 含量协同变化速率明显增大,叶片 P 与 N:P 负相关性增强且协同变化速率增大。说明林地覆盖经营雷竹林土壤 N、P 化学计量特征的明显变化及其引起的土壤酸化与活性铝释放增加^[20]、化感物质积累与酶活性下降^[21]等,会对雷竹地下鞭根系统的正常更新生长产生不利影响,使立竹生长活性和 N、P 吸收利用能力下降^[26],立竹对 N、P 养分产生被动吸收,打破了 N、P 养分的吸收平衡,立竹叶片 N、P 化学计量特征发生远离健康标准的变化。另外试验也说明雷竹为适应林地强度覆盖经营引起的生长环境明显变化会进行立竹叶片 N、P 含量和 N:P 及其相关关系的可塑性调节,这与朴河春等^[27]对石灰岩和砂岩地区植物营养元素研究中提出的为了适应环境的变化,植物有可伸缩性地调整营养元素含量的能力,也即调

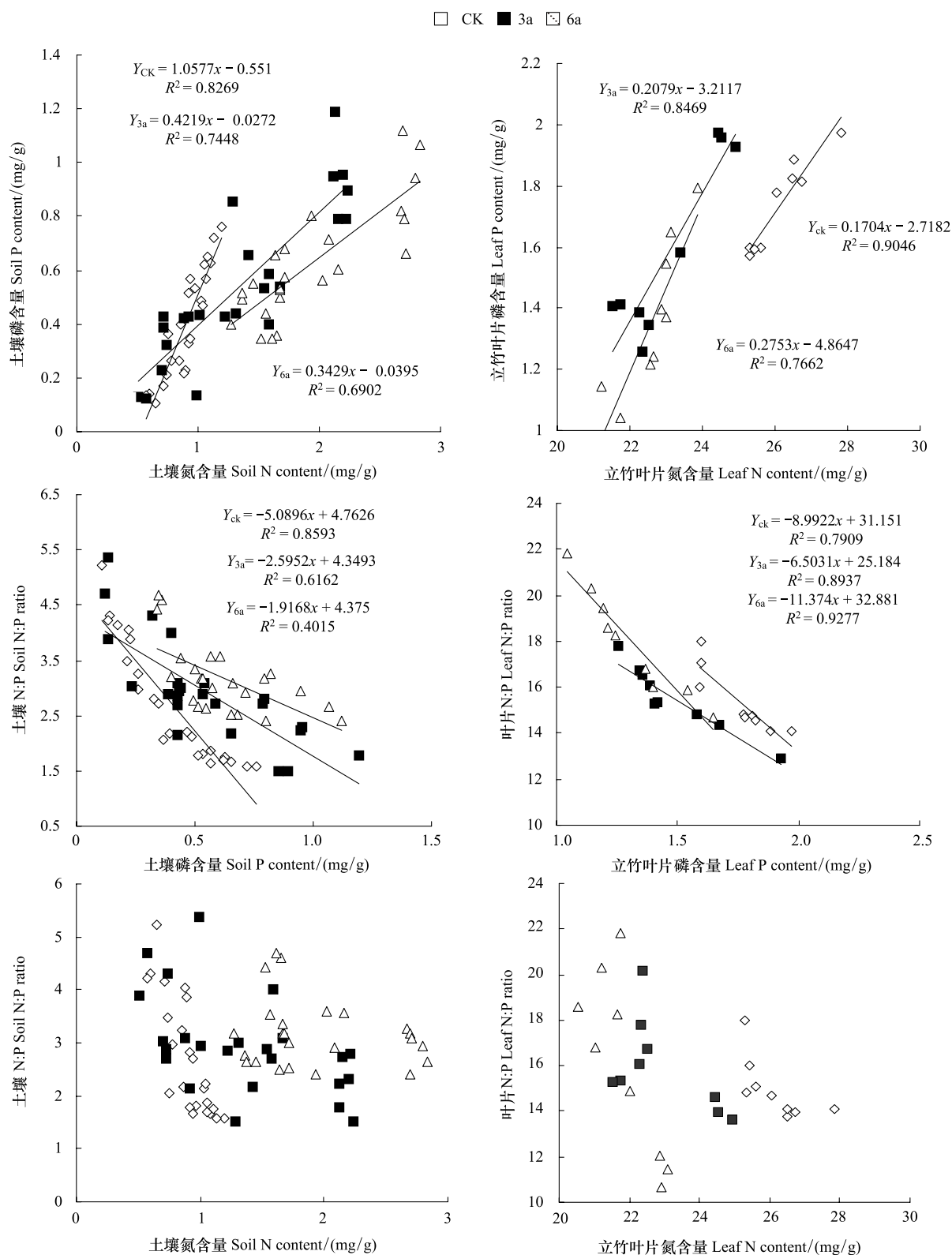


图4 不同林地覆盖年限雷竹林土壤和立竹叶片 N、P 及 N:P 的关系

Fig.4 Relationship between N, P, N:P ratio for soil and leaves of *Ph. praecox* stand with different mulching management years

整营养元素化学计量比值的假设相符。表明立竹叶片 N、P 化学计量特征,特别是 N:P,对雷竹生长状况和生态系统健康具有重要的生态指示作用。

在生态系统中,可利用性 N、P 是限制植物生长的重要养分因子^[1,10],土壤 N、P 对植物生长的限制性大小可通过植被的 N:P 大小来反映^[28-29],当植被的 N:P<14 时,表明植物生长更大程度地受到氮素的限制作用,而当 N:P>16 时,则反映植被生产力受磷素的限制更为强烈,当 14<N:P<16 时,说明植物生长受到氮、磷元素的共同限制作用^[30-31]。林地覆盖雷竹林立竹叶片 N:P 变化范围为 14.05—18.39,均值为 15.89,说明 N 素对覆盖雷竹林生长的限制作用小,主要受 P 素的限制。不同年龄立竹叶片 N:P 林地覆盖 6 a 雷竹林较林地覆盖 3 a 和未覆盖雷竹林,林地覆盖 3 a 雷竹林较未覆盖雷竹林(除 1 年生立竹外)有显著提高,说明随林地覆盖年限的增加 P 素的限制作用进一步增强。这似乎与林地覆盖使土壤 P 含量极显著增加的结论矛盾,但仔细分析发现,覆盖过程中大量化学肥料的施用及有机覆盖物分解后养分的释放,使得林地土壤养分大量过剩且关系失衡^[32],极易产生土壤障害^[33],引起立竹营养吸收困难,鞭、根生长不良且抗逆性下降,严重影响 P 素的吸收利用,从而表现出强烈的 P 素限制。

References:

- [1] Reich P B, Oleksyn J. Global patterns of plant leaf N and P in relation to temperature and latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2004, 101(30): 11001-11006.
- [2] Vitousek P M. Nutrient limitation to nitrogen fixation in young volcanic sites. *Ecosystems*, 1999, 2(6): 505-510.
- [3] Yang Y H, Chen Y N, Li W H, Yang G Q, Duan Y Z. Impact of land-use on soil quality of new reclamation oasis in Northwestern margin area in Junggar basin. *Journal of Desert Research*, 2008, 28(1): 94-100.
- [4] He X D, Cong P F, Dong Z B, Gao Y B, Zhou Q X. Review on global ecological degradation in the last 30 years of 20th century. *Journal of Desert Research*, 2007, 27(2): 283-289.
- [5] Hu X, Wang H T, Lu J G, Cong P L, He X D, Gao Y B, Dong Z B. Response of *Artemisia ordosica* population to spatial heterogeneity of soil in arid and semi-arid regions. *Journal of Desert Research*, 2007, 27(4): 588-592.
- [6] Wang J F, Dong C X, Xie Y, Shen Q Y. Effects of $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ -N ratio and phosphorus levels on growth, nitrogen uptake and relevant enzymes activity of spinach(*Spinacia oleracea* L.). *Acta Pedologica Sinica*, 2006, 43(6): 954-960.
- [7] Chu Q H, Pan G X, Li D Y, Shi H P, Zhang X H. Maximum fertilization rates for corn with fixed N/P ratio or with N rate varying with P rate. *Acta Pedologica Sinica*, 2007, 44(6): 1083-1089.
- [8] Wang H L, Bi L D, Zhang B. Change in microbial biomass and its controlling factors in degraded soil after reforestration of *Pinus massoniana*. *Acta Pedologica Sinica*, 2008, 45(2): 313-320.
- [9] Braakhekke W G, Hooftman D A P. The resource balance hypothesis of plant species diversity in grassland. *Journal of Vegetation Science*, 1999, 10(2): 197-200.
- [10] Asert R, Chapin F S III. The mineral nutrition of wild plants revisited: A re-evaluation of processes and patterns. *Advances in Ecological Research*, 1999, 30: 1-67.
- [11] Güsewell S. N: P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance. *New Phytologist*, 2004, 164(2): 243-266.
- [12] Han W, Fang J Y, Guo D, Zhang Y. Leaf nitrogen and phosphorus stoichiometry across 753 terrestrial plant species in China. *New Phytologist*, 2005, 168(2): 377-385.
- [13] Ratnam J, Sankaran M, Hanan N P, Grant R C, Zambatis N. Nutrient resorption pattern of plant functional groups in a tropical savanna: variation and functional significance. *Oecologia*, 2008, 157(1): 141-151.
- [14] Liu L, Chen S L. Research summary of the negative influences of the mulched ecosystem of *Phyllostachys praecox* f. *prevernalis* forests with organic materials. *Guihaia*, 2009, 29(3): 327-330.
- [15] Liu L, Chen S L, Li Y H. Stand structure and bamboo shoot number production based assessment of degradation degree of *Phyllostachys praecox* covered with organic materials. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 2007, 27(4): 588-592.
- [16] Jiang P K, Xu Q F, Chu J M, Wu L J. Soil nutrients in response to intensive management of *Phyllostachys praecox*. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 2006, 23(3): 242-247.
- [17] Zhang Z W, Tang J M, Xiong Y P, Zeng J S. Studies on the bamboo rhizome growth after introduction of *phyllostachys praecon* f. *preveynalis*. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2001, 20(1): 77-80.
- [18] Yu S Q, Jiang C Q, Zhou G M, Li C H. Study on *Phyllostachys praecox* forest ecosystem health. *Journal of Beijing Forestry University*, 2003, 25(5): 15-19.
- [19] Bao S D. *Analysis of Soil and Agricultural Chemistry*. Beijing: China Agriculture Press, 2007.
- [20] Álvarez E, Fernández-Marcos M L, Fernández-Sanjurjo M J. Application of aluminium toxicity indices to soils under various forest species. *Forest Ecology and Management*, 2005, 211(3): 227-239.

- [21] Zheng R H. Allelopathy of Cover Planting on Decline of *Phyllostachys Praecox* Stand (Master degree thesis). Chinese Academy of Forestry, 2006: 50-53.
- [22] Sun X, Zhuang S Y, Liu G Q, Li G D, Gui R Y, He J C. Effect of lei bamboo plantation on soil basic properties under intensive cultivation management. *Soils*, 2009, 41(5): 784-789.
- [23] Zhang J J, Duan Z Q. Preliminary study on classification & grading standards and causes & hazards of secondary salinization of facility vegetable soils. *Soils*, 2011, 43(3): 361-366.
- [24] Yi T, Liang D L, Wang S S, Wu X P, Chen H S. Effect of different cultivation years on nutrients accumulation and environmental impacts of facilities cultivation soil. *Journal of Northwest A and F University: Natural Science Edition*, 2010, 38(7): 111-117.
- [25] Wu W, He X D, Zhou Q X. Review on N:P Stoichiometry in Eco-system. *Journal of Desert Research*, 2010, 30(2): 296-302.
- [26] Sterner R W, Elser J J. *Ecological Stoichiometry: the Biology of Elements from Molecules to the Biosphere*. Princeton University Press, 2002.
- [27] Piao H C, Liu C Q, Zhu S F, Zhu J M. Variations of C_4 and C_3 plant N:P Satio influenced by nutrient stoichiometry in limestone and sandstone areas of Guizhou. *Quaternary Science*, 2005, 25(5): 552-560.
- [28] Tessier J T, Raynal D J. Use of nitrogen to phosphorus ratios in plant tissue as an indicator of nutrient limitation and nitrogen saturation. *Journal of Applied Ecology*, 2003, 40: 523-534.
- [29] Güsewell S, Koerselman W, Verhoeven J T A. Biomass N:P ratios as indicators of nutrient limitation for plant populations in wetlands. *Ecological Applications*, 2003, 13(2): 372-384.
- [30] Elser J J, Acharya K, Kyle M, Cotner J, Makino W, Markow T, Watts T, Hobbie S, Fagan W, Schade J, Hood J, Sterner R W. Growth rate-stoichiometry couplings in diverse biota. *Ecology Letters*, 2003, 6(10): 936-943.
- [31] Drenovsky R E, Richards J H. Critical N:P values: predicting nutrient deficiencies in desert shrublands. *Plant and Soil*, 2004, 259(1/2): 59-69.
- [32] Subhani A, Huang C Y. Long term effects of fertilizers on soil environment quality. *Journal of Zhejiang University (Agric. & Life Sci.)*, 1999, 25(5): 505-506.
- [33] Huang J F, Li A F, Ma S G, Zhang C S, Feng J J. Investigation of barrier and correct measures in the soil of protective land. *Soils and Fertilizers*, 2002, (2): 42-44.

参考文献:

- [3] 杨玉海, 陈亚宁, 李卫红, 杨贵泉, 段永照. 准噶尔盆地西北缘新垦绿洲土地利用对土壤养分变化的影响. *中国沙漠*, 2008, 28(1): 94-100.
- [4] 何兴东, 丛培芳, 董治宝, 高玉葆, 周启星. 20 世纪末 30a 里全球生态退化状况. *中国沙漠*, 2007, 27(2): 283-289.
- [5] 胡旭, 王海涛, 卢建国, 丛培芳, 何兴东, 高玉葆, 董治宝. 干旱和半干旱区油蒿对土壤空间异质性的响应. *中国沙漠*, 2007, 27(4): 588-592.
- [6] 汪建飞, 董彩霞, 谢越, 沈其荣. 铵硝比和磷素营养对菠菜生长、氮素吸收和相关酶活性的影响. *土壤学报*, 2006, 43(6): 954-960.
- [7] 褚清河, 潘根兴, 李典有, 史海平, 张旭辉. 氮磷等比与以磷定氮条件下玉米的最大施肥量研究. *土壤学报*, 2007, 44(6): 1083-1089.
- [8] 王会利, 毕利东, 张斌. 退化红壤马尾松恢复林地土壤微生物生物量变化及其控制因素研究. *土壤学报*, 2008, 45(2): 313-320.
- [14] 刘丽, 陈双林. 有机材料林地覆盖对雷竹林生态系统的负面影响研究综述. *广西植物*, 2009, 29(3): 327-330.
- [15] 刘丽, 陈双林, 李艳红. 基于林分结构和竹笋产量的有机材料覆盖雷竹林退化程度评价. *浙江林学院学报*, 2010, 27(1): 15-21.
- [16] 姜培坤, 徐秋芳, 储家森, 吴丽君. 雷竹早产高效栽培过程中土壤养分质量分数的变化. *浙江林学院学报*, 2006, 23(3): 242-247.
- [17] 张卓文, 汤景明, 熊艳平, 曾纪双. 雷竹引种后地下鞭生长规律研究. *华中农业大学学报*, 2001, 20(1): 77-80.
- [18] 余树全, 姜春前, 周国模, 李翠环. 雷竹林生态系统健康的研究. *北京林业大学学报*, 2003, 25(5): 15-19.
- [19] 鲍士旦. *土壤农化分析*. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [21] 郑仁红. 覆盖栽培对雷竹林衰退的化感效应研究(硕士论文). 中国林业科学研究院, 2006, 50-53.
- [22] 孙晓, 庄舜尧, 刘国群, 李国栋, 桂仁意, 何均潮. 集约经营下雷竹种植对土壤基本性质的影响. *土壤*, 2009, 41(5): 784-789.
- [23] 张金锦, 段增强. 设施菜地土壤次生盐渍化的成因、危害及其分类与分级标准的研究进展. *土壤*, 2011, 43(3): 361-366.
- [24] 伊田, 梁东丽, 王松山, 吴雄平, 陈宏森. 不同种植年限对设施栽培土壤养分累积及其环境的影响. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2010, 38(7): 111-117.
- [25] 邬畏, 何兴东, 周启星. 生态系统氮磷比化学计量特征研究进展. *中国沙漠*, 2010, 30(2): 296-302.
- [27] 朴河春, 刘丛强, 朱书法, 朱建明. 贵州石灰岩和砂岩地区 C_4 和 C_3 植物营养元素的化学计量对 N/P 比值波动的影响. *第四纪研究*, 2005, 25(5): 552-560.
- [33] 黄锦法, 李艾芬, 马树国, 张蚕生, 冯家俊. 蔬菜保护地土壤障碍的调查及矫治措施. *土壤肥料*, 2002, (2): 42-44.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 20 October, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Characteristics of nitrous oxide (N ₂ O) emission from a headstream in the upper Taihu Lake Basin	YUAN Shufang, WANG Weidong (6279)
Nutrient dynamics of the litters during standing and sediment surface decay in the Min River estuarine marsh	ZENG Congsheng, ZHANG Linhai, WANG Tian'e, et al (6289)
Diversity and distribution of endophytic bacteria isolated from <i>Caragana microphylla</i> grown in desert grassland in Ningxia	DAI Jinxia, WANG Yujiong (6300)
Spatial distribution of <i>Trabala vishnou gigantina</i> Yang pupae in Shaanxi Province, China	ZHANG Yiqiao, ZONG Shixiang, LIU Yonghua, et al (6308)
Effects of drought stress on <i>Cyclobalanopsis glauca</i> seedlings under simulating karst environment condition	ZHANG Zhongfeng, YOU Yeming, HUANG Yuqing, et al (6318)
Ecosystem diversity in Jinggangshan area, China	CHEN Baoming, LIN Zhengguang, LI Zhen, et al (6326)
Niche dynamics during restoration process for the dominant tree species in montane mixed evergreen and deciduous broadleaved forests at Mulinzi of southwest Hubei	TANG Jingming, AI Xuenru, YI Yongmei, et al (6334)
Effects of different day/night warming on the photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters of <i>Sinocalycanthus chinensis</i> seedlings	XU Xingli, JIN Zexin, HE Weiming, et al (6343)
The effect of simulated chronic high wind on the phenotype of <i>Salsola arbuscula</i>	NAN Jiang, ZHAO Xiaoying, YU Baofeng (6354)
Responses of N and P stoichiometry on mulching management in the stand of <i>Phyllostachys praecox</i>	GUO Ziwu, CHEN Shuanglin, YANG Qingping, et al (6361)
Tree-ring-based reconstruction of the temperature variations in February and March since 1890 AD in southern Jiangxi Province, China	CAO Shoujin, CAO Fuxiang, XIANG Wenhua (6369)
Diel variations and seasonal dynamics of soil respirations in subalpine meadow in western Sichuan Province, China	HU Zongda, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (6376)
Effects of fire disturbance on litter mass and soil carbon storage of <i>Betula platyphylla</i> and <i>Larix gmelinii</i> - <i>Carex schmidtii</i> swamps in the Xiaoxing'an Mountains of Northeast China	ZHOU Wenchang, MU Changcheng, LIU Xia, et al (6387)
Variance analysis of soil carbon sequestration under three typical forest lands converted from farmland in a Loess Hilly Area	TONG Xiaogang, HAN Xinhui, WU Faqi, et al (6396)
Soil-property and plant diversity of highway rocky slopes	PAN Shulin, GU Bin, LI Jiaxiang (6404)
Effects of slope position on soil microbial biomass of <i>Quercus liaotungensis</i> forest in Dongling Mountain	ZHANG Di, ZHANG Yuxin, QU Laiye, et al (6412)
Responses of water quality to landscape pattern in Taihu watershed: case study of 3 typical streams in Yixing	WANG Ying, ZHANG Jianfeng, CHEN Guangcai, et al (6422)
Study on the fairness of resource-environment system of Jiangxi Province based on different methods of Gini coefficient	HUANG Heping (6431)
Simulation of the spatial pattern of land use change in China: the case of planned development scenario	SUN Xiaofang, YUE Tianxiang, FAN Zemeng (6440)
Arable land change dynamics and their driving forces for the major countries of the world	ZHAO Wenwu (6452)
Denitrification characteristics of an aerobic denitrifying bacterium <i>Deffluibacter lusatiensis</i> str. DN7 using different sources of nitrogen	XIAO Jibo, JIANG Huixia, CHU Shuyi (6463)
Study on sustainable development in nanjing based on ecological footprint model	ZHOU Jing, GUAN Weihua (6471)
Applying input-output analysis method for calculation of water footprint and virtual water trade in Gansu Province	CAI Zhenhua, SHEN Laixin, LIU Junguo, et al (6481)
Correlation analysis of spatial variability of Soil available nitrogen and household nitrogen inputs at Pujiang County	FANG Bin, WU Jinfeng, NI Shaoxiang (6489)
Characteristics of the fish assemblages in the intertidal salt marsh zone and adjacent mudflat in the Yangtze Estuary	TONG Chunfu (6501)
A comparison study on the secondary production of macrobenthos in different wetland habitats in Shenzhen Bay	ZHOU Fufang, SHI Xiuhua, QIU Guoyu, et al (6511)
Regurgitant from <i>Orgyia ericae</i> Germar induces calcium influx and accumulation of hydrogen peroxide in <i>Ammopiptanthus mongolicus</i> (Maxim. ex Kom.) Cheng f. cells	GAO Haibo, ZHANG Shujing, SHEN Yingbai (6520)
Behavior characteristics and habitat adaptabilities of the endangered butterfly <i>Teinopalpus aureus</i> in Mount Dayao	ZENG Juping, ZHOU Shanyi, DING Jian, et al (6527)
Community structure and dynamics of fig wasps in syconia of <i>Ficus microcarpa</i> Linn. f. in Fuzhou	WU Wenshan, ZHANG Yanjie, LI Fengyu, et al (6535)
Review and Monograph	
Review and trend of eco-compensation mechanism on river basin	ZHANG Zhiqiang, CHENG Li, SHANG Haiyang, et al (6543)
Definition and research progress of sustainable consumption: from industrial ecology view	LIU Jingru, LIU Ruiquan, YAO Liang (6553)
The estimation and application of the water footprint in industrial processes	JIA Jia, YAN Yan, WANG Chenxing, et al (6558)
Research progress in ecological risk assessment of mining area	PAN Yajing, WANG Yanglin, PENG Jian, et al (6566)
Scientific Note	
Litter amount and its dynamic change of four typical plant community under the fenced condition in desert steppe	LI Xuebin, CHEN Lin, ZHANG Shuoxin, et al (6575)
Effects of planting densities and modes on activities of some enzymes and yield in summer maize	LI Hongqi, LIN Haiming, LIANG Shurong, et al (6584)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,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,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 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 20 期 (2012 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 20 (October, 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:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元