

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 21 期 Vol.32 No.21 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 21 期

2012 年 11 月 (半月刊)

目次

白洋淀富营养化湖泊湿地厌氧氨氧化菌的分布及对氮循环的影响.....	王衫允,祝贵兵,曲冬梅,等 (6591)
造纸废水灌溉对滨海退化盐碱湿地土壤酶活性的响应.....	夏孟婧,苗颖,陆兆华,等 (6599)
图们江下游湿地生态系统健康评价.....	朱卫红,郭艳丽,孙鹏,等 (6609)
适应白洋淀湿地健康评价的 IBI 方法.....	陈展,林波,尚鹤,等 (6619)
基于 MODIS 的洞庭湖湿地面积对水文的响应.....	梁婕,蔡青,郭生练,等 (6628)
崇明东滩湿地不同潮汐带入侵植物互花米草根际细菌的多样性.....	章振亚,丁陈利,肖明 (6636)
中国东部亚热带地区树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化的谐波分析.....	赵兴云,李宝惠,王建,等 (6647)
甘肃臭草型退化草地优势种群空间格局及其关联性.....	高福元,赵成章 (6661)
川西亚高山/高山森林土壤氧化还原酶活性及其对季节性冻融的响应.....	谭波,吴福忠,杨万勤,等 (6670)
模拟分类经营对小兴安岭林区森林生物量的影响.....	邓华卫,布仁仓,刘晓梅,等 (6679)
苹果三维树冠的净光合速率分布模拟.....	高照全,赵晨霞,张显川,等 (6688)
拟茎点霉 B3 与有机肥配施对连作草莓生长的影响.....	郝玉敏,戴传超,戴志东,等 (6695)
落叶松林土壤可溶性碳、氮和官能团特征的时空变化及与土壤理化性质的关系.....	苏冬雪,王文杰,邱岭,等 (6705)
人工固沙区与流沙区准噶尔无叶豆种群数量特征与空间格局对比研究.....	张永宽,陶冶,刘会良,等 (6715)
山地河流浅滩深潭生境大型底栖动物群落比较研究——以重庆开县东河为例.....	王强,袁兴中,刘红 (6726)
荣成俚岛人工鱼礁区游泳动物群落特征及其与主要环境因子的关系.....	吴忠鑫,张磊,张秀梅,等 (6737)
北黄海秋、冬季浮游动物多样性及年间变化.....	杨青,王真良,樊景凤,等 (6747)
鄂尔多斯市土地利用生态安全格局构建.....	蒙古军,朱利凯,杨倩,等 (6755)
村落文化林与非文化林多尺度物种多样性加性分配.....	高虹,陈圣宾,欧阳志云 (6767)
不同生计方式农户的环境感知——以甘南高原为例.....	赵雪雁 (6776)
两种预测模型在地下水动态中的比较与应用.....	张霞,李占斌,张振文,等 (6788)
四川黄龙沟少花鹤顶兰繁殖成功特征.....	黄宝强,寇勇,安德军 (6795)
硝化抑制剂对蔬菜土硝化和反硝化细菌的影响.....	杨扬,孟德龙,秦红灵,等 (6803)
新疆两典型微咸水湖水体免培养古菌多样性.....	邓丽娟,娄恺,曾军,等 (6811)
白洋淀异养鞭毛虫群落特征及其与环境因子的相关性.....	赵玉娟,李凤超,张强,等 (6819)
双酚 A 对萼花臂尾轮虫毒性及生活史的影响.....	陆正和,赵宝坤,杨家新 (6828)
孵化温度对双斑锦蛇初生幼体行为和呼吸代谢的影响.....	曹梦洁,祝思,蔡若茹,等 (6836)
黄玛草蛉捕食米蛾卵的功能反应与数值反应.....	李水泉,黄寿山,韩诗畴,等 (6842)
互惠-寄生耦合系统的稳定性.....	高磊,杨燕,贺军州,等 (6848)
超微七味白术散对肠道微生物及酶活性的影响.....	谭周进,吴海,刘富林,等 (6856)
专论与综述	
氮沉降对森林生态系统碳吸存的影响.....	陈浩,莫江明,张炜,等 (6864)
全球 CO_2 水平升高对浮游植物生理和生态影响的研究进展.....	赵旭辉,孔繁翔,谢薇薇,等 (6880)
跨界自然保护区——实现生物多样性保护的新手段.....	石龙宇,李杜,陈蕾,等 (6892)
研究简报	
会同和朱亭 11 年生杉木林能量积累与分配.....	康文星,熊振湘,何介南,等 (6901)
退化草地阿尔泰针茅生殖株丛与非生殖株丛的空间格局.....	任珩,赵成章,高福元,等 (6909)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 326 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 35 * 2012-11



封面图说: 白洋淀是华北地区最大的淡水湖泊湿地。淀区内沟壕纵横交织错落,村庄、苇地、园田星罗棋布,在水文、水化学、生物地球化学循环以及生物多样性等方面,具有非常复杂的异质性。随着上游城镇污废水、农田径流进入水域,淀区富营养化日益加剧。复杂的水环境特点、高度的景观异质性和良好的生物多样性,使得该地区成为探索规模性厌氧氨氧化反应的良好研究地点(详见本期第 6591—6598 页)。

彩图提供: 王为东博士 中国科学院生态环境研究中心 E-mail: wdwangh@yahoo.com

DOI: 10.5846/stxb201109271422

谭周进, 吴海, 刘富林, 蔡莹, 蔡光先, 张华玲, 曾奥. 超微七味白术散对肠道微生物及酶活性的影响. 生态学报, 2012, 32(21): 6856-6863.

Tan Z J, Wu H, Liu F L, Cai Y, Cai G X, Zhang H L, Zeng A. Effect of ultra-micro powder qiweibaishusan on the intestinal microbiota and enzyme activities in mice. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(21): 6856-6863.

超微七味白术散对肠道微生物及酶活性的影响

谭周进^{1,2,*}, 吴海¹, 刘富林¹, 蔡莹¹, 蔡光先², 张华玲¹, 曾奥¹

(1. 湖南中医药大学, 长沙 410208; 2. 湖南省中药粉体与创新药物省部共建国家重点实验室培育基地, 长沙 410208)

摘要:肠道微生物与人体多项生理功能密切相关,为探讨超微七味白术散疗效与肠道微生物及酶活性的关系,为中药复方超微饮片临床应用提供科学依据,运用抗生素建立菌群失调小鼠模型,分别灌胃给药七味白术散传统汤剂、超微全量汤剂、超微 1/2 量汤剂、超微 1/4 量汤剂、超微 1/8 量汤剂,分析肠道菌群数及酶活性。结果表明,模型组的肠道微生物(细菌、大肠杆菌、酵母菌、霉菌、乳酸菌及双歧杆菌)数量、木聚糖酶活、蛋白酶活及淀粉酶活均低于对照组($P < 0.05$),纤维素酶活性高于对照组($P < 0.01$)。传统汤剂组的细菌及酵母菌数均高于对照组,但霉菌数明显下降($P < 0.05$)。酵母菌数随超微药物浓度的升高而增多,细菌及霉菌数在超微 1/2 量时最多,与传统汤剂相比,超微 1/2 组的三类菌均显著增加($P < 0.01$)。大肠杆菌在七味白术散传统汤剂和超微 1/2 量的作用下达到了正常水平($P > 0.05$);经超微全量治疗后,大肠杆菌增长十分迅速,远高于其余各组($P < 0.01$);七味白术散能促进肠道乳酸菌和双歧杆菌的增殖($P < 0.05$),恢复肠道菌群平衡。肠道乳酸菌和双歧杆菌的变化趋势一致,传统药物组的数量比对照组明显增加($P < 0.01$),超微药物组超过了传统汤剂组的数量($P < 0.05$),超微 1/2 剂量组的数量最大,远高于其它各组($P < 0.01$)。肠道内纤维素酶、木聚糖酶、蛋白酶及淀粉酶活性与超微饮片浓度有一定相关性,但肠道酶活性未达到对照组水平($P < 0.05$)。超微七味白术散 1/2 量治疗肠道菌群失调小鼠的效果与传统汤剂相当。

关键词:七味白术散;超微中药;肠道微生物;酶活;菌群失调小鼠

Effect of ultra-micro powder qiweibaishusan on the intestinal microbiota and enzyme activities in mice

TAN Zhoujin^{1,2,*}, WU Hai¹, LIU Fulin¹, CAI Ying¹, CAI Guangxian^{2,*}, ZHANG Hualing¹, ZENG Ao¹

1 Hunan University of TCM, Changsha, Hunan 410208, China

2 State Key Laboratory Breeding Base for Hunan Provincial Chinese Medicine Powder and Innovative Drugs, Changsha, Hunan 410208, China

Abstract: The physiological functions of the human body are influenced by intestinal microbiota. To provide scientific evidence for the clinical effectiveness of ultra-micro decoction pieces of traditional Chinese medicine (specifically the effect of ultra-micro Qiweibaishusan on intestinal microbiota and enzyme activities), mice were rendered dysbacteriotic via administration of antibiotics and then treated with traditional Qiweibaishusan. The effects of the full amount, 1/2 the amount, 1/4 the amount, and 1/8 amount of ultra-micro Qiweibaishusan on the intestinal microbiota and enzyme activities were analysed. The results showed that the quantities of intestinal microbiota including bacteria, *Escherichia coli*, yeast, mold, lactobacillus and bifidobacterium, and the level of xylase activity, protease activity and amylase activity in model group mice were lower than that in control group mice ($P < 0.05$). The intestinal cellulase activity in model group mice was higher than that in control group mice ($P < 0.01$). The quantities of intestinal bacteria and yeast in traditional Qiweibaishusan group mice were higher than that in control group mice, while intestinal mold was lower ($P < 0.05$). The quantity of intestinal yeast increased with the treatment of ultra-micro Qiweibaishusan concentration, while the quantity of

基金项目:国家自然科学基金(81173214);湖南省科技厅重点项目(2010SK2002);湖南省研究生科研创新项目(CX2010B348)

收稿日期:2011-09-27; **修订日期:**2012-02-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: tanzhjin@sohu.com

intestinal bacteria and mold was highest in the group of mice treated with 1/2 amount of ultra-micro Qiweibaishusan. The quantities of the three categories of intestinal microbiota in the group of mice treated with 1/2 amount of ultra-micro Qiweibaishusan were significantly higher than those in the group of mice treated with the traditional Qiweibaishusan ($P < 0.01$). The quantity of *Escherichia coli* in the groups treated with the traditional Qiweibaishusan and 1/2 amount of ultra-micro Qiweibaishusan reached the normal level ($P > 0.05$). The quantity of *Escherichia coli* in the group mice treated with the whole amount of ultra-micro Qiweibaishusan increased very quickly and was far higher than in the other groups ($P < 0.01$). The growth of intestinal lactobacillus and bifidobacterium could be stimulated by Qiweibaishusan ($P < 0.05$). The quantities change of intestinal lactobacillus and bifidobacterium had the same tendency when the model mice were treated with Qiweibaishusan. And the quantities of intestinal lactobacillus and bifidobacterium in the group mice treated with the traditional Qiweibaishusan increased more obviously than which in the control group mice ($P < 0.01$). The quantities of intestinal lactobacillus and bifidobacterium in the groups mice treated with ultra-micro Qiweibaishusan were higher than those in the group of mice treated with the traditional Qiweibaishusan ($P < 0.05$). And the quantities of intestinal lactobacillus and bifidobacterium in the group treated with 1/2 amount of ultra-micro Qiweibaishusan were far more than that in the other ultra-micro Qiweibaishusan group mice ($P < 0.01$). The activity of intestinal cellulase, xylase, protease and amylase showed some correlation to the concentration of Ultra-micro Qiweibaishusan, while the intestinal enzyme activities in the treated mice were lower than that in control group mice ($P < 0.05$). The curative effect of 1/2 amount of ultra-micro Qiweibaishusan on dysbacteriotic mice was comparable to the effects presented in traditional Qiweibaishusan group.

Key Words: Qiweibaishusan; ultra-micro chinese medicine; intestinal microorganisms; enzyme activity; dysbacteriotic mice

超微中药技术使中药的细胞壁破碎,但不改变其分子结构,大大增加了药物的吸收和利用。药材细胞壁破碎后,有效成分能迅速、彻底溶出。超微中药有效成分在水中的溶出明显高于传统饮片^[1]。中药饮片经超微处理后,粒度更加细微均匀,表面积增加,孔隙率增大,增加了药材成分与溶剂的接触面积,药物能更好地分散、溶解在溶剂中,进入人体的超微饮片是大部分破壁后的全细胞成分^[2],超微饮片的疗效也明显优于传统饮片^[3],但超微中药的疗效机理及安全性等仍需进一步研究。运用现代生物学的理论与技术来研究超微中药的疗效机理,对中医药现代化与国际化都具有重大的意义。

人肠道中的微生物约有 1000 多种,总重量大约为 1.0—1.5 kg,总数在 10^{14} 个以上,相当于人体所有组织细胞总数的 10 倍^[4-5]。哺乳动物胃肠道中的微生物是胃肠道反应的主要作用者^[6],对宿主的多种生理功能(尤其是代谢)至关重要,与人体的生理、病理和药理(毒理)过程密切相关,是人体的一个重要“器官”^[7-8]。口服中药进入肠道后,有些成分虽然以原形物直接被吸收,但其中的某些成分需要经过相应肠道菌群的作用发生代谢转化后才能被吸收^[9]。同时,人体肠道菌群可以通过水解和还原等作用对中药成分进行转化,降低或消除中药成分的毒副作用,提高药效,改变药用功能^[10]。特别重要的是,中药的有些成分必须通过人体肠道菌群的代谢转化后才能发挥作用^[11]。同时,中药中的不同成分会对肠道微生物产生抑促作用,从而影响肠道微生态系统。因此,研究口服中药对人体肠道微生物及酶的影响,有望探明中药疗效的肠道微生态学机理。

七味白术散由北宋中医儿科鼻祖钱乙创制,临床及现代药理研究证明,七味白术散对小儿迁延性腹泻、霉菌性肠炎、溃疡性结肠炎、脾虚湿盛型腹泻^[12-13]等多种肠道疾病有很好的疗效。同时,七味白术散加味对抗生素相关性腹泻也有显著的疗效^[14]。有关七味白术散疗效机理的研究主要限于免疫学指标。以治疗肠道疾病的中药复方为对象,研究其疗效与肠道菌群之间的关系,将更利于阐明该中药复方超微饮片疗效的肠道微生态学机理。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 动物

SPF 级昆明小鼠 70 只,雌雄各半,体质量(20 ± 2) g,由上海斯莱克斯实验动物有限公司/中国科学院上海实验动物中心提供。

1.1.2 药物

七味白术散:人参(吉林)6 g、木香(云南)6 g、白茯苓(云南)10 g、炒白术(安徽)10 g、藿香叶(广东)10 g、葛根(广西)10 g、甘草(内蒙古)3 g。均购自湖南中医药大学第一附属医院。

七味白术散传统饮片:按常规方法制成七味白术散传统汤剂,4℃冰箱中保存备用。

七味白术散超微饮片:将七味白术散方剂按药物组成比称取进行超微,制备超微七味白术散,加入开水,搅拌,冷却后低速离心取上清液,根据传统汤剂煎煮量稀释成超微饮片全量、1/2 量、1/4 量、1/8 量汤剂,4℃冰箱中保存备用。

1.1.3 试剂

氨苄西林(批号:101004)、头孢拉定(批号:101005)、盐酸林可霉素(批号:10020731),用无菌生理盐水制成浓度各为 100 mg/mL 的抗生素混合溶液,4℃冰箱中保存备用。

1.1.4 饲料

由湖南中医药大学动物实验中心提供。

1.1.5 培养基^[15]

牛肉膏蛋白胨琼脂培养基:用于测定细菌总数,马丁孟加拉红链霉素琼脂培养基,用于分析霉菌与酵母菌数;伊红美蓝琼脂(EMB),用于大肠杆菌的计数;MRS 琼脂培养基,用于乳酸菌数量的测定;BBL 琼脂培养基:用于双歧杆菌数量的分析。

1.2 方法

1.2.1 动物分组

小鼠适应性饲养 4 d 后随机分成 7 组,即对照组、模型组、传统组、超微全量组、1/2 量组、1/4 量组、1/8 量组。每组 10 只,雌雄各半,分笼饲养。

1.2.2 造模方法

对照组给予生理盐水 $0.2 \text{ mL} \cdot \text{只}^{-1} \cdot \text{次}^{-1}$ 灌胃,其余各组采用抗生素混合液 $0.2 \text{ mL} \cdot \text{只}^{-1} \cdot \text{次}^{-1}$ 灌胃。每天 2 次,连续 5 d,粪便变得稀湿软即造模成功。

1.2.3 给药方法及剂量

造模成功后,灌胃给药,每天 2 次,连续 3 d。对照组及模型组给予无菌生理盐水,其余各组按小鼠临床等效用药剂量给药。即传统七味白术散组 $0.16 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,超微七味白术散全量、1/2、1/4、1/8 量组分别为 0.16 、 0.08 、 0.04 、 $0.02 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

1.2.4 小鼠肠道内容物的提取

将处死的小鼠立即放于超净工作台上,无菌采集各组盲肠段内容物,收集同组小鼠肠道内容物通过无菌操作进行混匀。备用。

1.2.5 肠道微生物数量的测定

按组分别无菌操作称取一定量的肠道内容物放入装有玻璃珠的无菌水瓶中,摇床 120 r/min 振摇 30 min 使微生物充分分散,选择合适的稀释度,采用混菌法计数,细菌及大肠菌群在 37°C 培养箱中培养 24 h 后计数菌落,真菌在 30°C 培养箱中培养 96 h 后计数菌落,乳酸菌、双歧杆菌在 37°C 厌氧培养箱中培养 48 h 后计数菌落,每一个稀释度做 3 次重复,求其平均值并计算每克肠道内容物所含的菌数。

1.2.6 小鼠肠道酶活性的分析

取肠道内容物,将肠道内容物用无菌水稀释后,在 40°C 水浴中保温 30 min,充分溶出酶蛋白, 2000 r/min

离心 10 min 取上清液,分析纤维素酶、木聚糖酶、蛋白酶、淀粉酶等酶的活性。纤维素酶活、淀粉酶活和木聚糖酶活均采用 DNS 比色法进行测定^[16],纤维素酶活以 1 g 肠道内容物在 46 ℃作用 30 min 生成 1 μg 还原糖定义为一个酶活单位 U,淀粉酶活以 1 g 肠道内容物在 37 ℃作用 60 min 生成 1 μg 还原糖定义为一个酶活单位 U,木聚糖酶活以 1 g 肠道内容物在 46 ℃作用 60 min 生成 1 μg 还原糖定义为一个酶活单位 U,蛋白酶活采用福林-酚法进行测定^[16],以 1 g 肠道内容物在 37 ℃作用 40 min 生成 1 μg 氨基酸定义为一个酶活单位 U。

1.2.7 统计学分析

用 DPS v7.05 软件处理数据,各分组所得计量数据采用平均值±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,两组间均数比较用 t 检验, $P<0.05$ 有统计学意义。

2 结果

2.1 超微七味白术散对菌群失调腹泻小鼠的治疗效果

小鼠治疗前后粪便的情况见表 1。小鼠治疗前后粪便颜色、含水量、黏度等均发生变化。造模前,各组小鼠粪便干燥呈黑褐色,造模后,对照组粪便呈土黄色粒状,用力挤压时仍黏在一起,粪便被压扁却未被压碎、不粘手。造模小鼠粪便虽呈粒状,但“稀湿”,水分含量相对较多,颜色较深,黑色,可被轻易捏碎,易粘手。治疗后,传统组、超微 1/2 量组、超微全量组小鼠粪便转干,颜色变淡。而模型组、超微 1/8、1/4 量组小鼠粪便仍较稀湿,颜色较深。由表 1 结合临床疗效结果^[17]可知,超微 1/2 剂量即可达到传统全量的治疗效果,至于超微七味白术散疗效是否还有更低的疗效剂量(介于 1/2 剂量与 1/4 剂量之间的剂量),需要进一步证明。

表 1 超微七味白术散对菌群失调腹泻小鼠疗效的影响

Table 1 Effect of ultra-micro powder of Qiweibaishusan on curing diarrhea of mice with dysbacteriosis

	造模后粪便稀湿情况 Wet of feces after molding	治疗后粪便稀湿情况 Wet of feces after treatment
对照组 Control group	+	+
模型组 Model group	-	-
传统组 Traditional decoction group	-	+
超微 1/8 组 1/8 volume of ultra-micro powder group	-	-
超微 1/4 组 1/4 volume of ultra-micro powder group	-	-
超微 1/2 组 1/2 volume of ultra-micro powder group	-	+
超微全量组 Whole ultra-micro powder group	-	+

+: 粪便干燥,-: 粪便稀湿

2.2 超微七味白术散对菌群失调腹泻小鼠肠道微生物数量的影响

采用传统微生物学技术-稀释平板菌落计数法对小鼠肠道内可培养微生物进行了分析,由表 2 可知,经抗生素造模处理后,模型组肠道内细菌总数、真菌(酵母菌及霉菌)总数明显低于对照组,差异显著($P<0.01$ 或 $P<0.05$)。经传统七味白术散汤剂治疗后,细菌总数及酵母菌数显著上升,霉菌数显著下降,与对照组相比,差异极显著($P<0.01$)。超微汤剂治疗后,酵母菌数量上升,且随超微药物浓度的增大而增加,各剂量组间差异明显($P<0.01$),超微 1/2 量和全量组的酵母菌数量明显高于对照组和传统汤剂组($P<0.01$);细菌总数、霉菌数的变化与超微药物浓度的变化趋势不一致,超微 1/8 量和全量组细菌总数与对照组相当,差异无统计学意义,超微 1/4 量组细菌总数低于超微 1/8 量组($P<0.01$),但较模型组高($P<0.01$),而超微 1/2 量组的细菌总数最大,高于传统组,差异极显著($P<0.01$);超微 1/8、1/4 量组霉菌数高于模型组,差异有统计学意义($P<0.05$ 或 $P<0.01$),低于对照组,但两者组间无统计学意义,超微 1/2 量组霉菌数最大,且明显高于对照组($P<0.01$),超微全量组霉菌数虽下降但仍大于对照组($P<0.05$)。

由图 1 可知,超微七味白术散剂量与酵母菌数量呈明显的正相关($R^2=0.9629$),经分析超微七味白术散剂量与细菌总数、霉菌数相关性不明显。酵母菌在改善动物消化吸收、调理肠道、提高动物的抗应激和免疫应答能力方面具有重要作用^[18],有关肠道酵母菌在超微七味白术散对菌群失调腹泻疗效中的作用还有待于进

一步研究。

表 2 超微七味白术散对菌群失调腹泻小鼠肠道微生物数量的影响($\bar{x} \pm s, n=3$)

	细菌 Bacteria	酵母菌 Yeast	霉菌 Mould
	/ (10^8 CFU/g)	/ (10^4 CFU/g)	/ (10^3 CFU/g)
对照组 Control group	1.03±0.14	3.14±0.59	13.98±5.50
模型组 Model group	0.02±0.01A	1.16±0.09a	2.90±0.87a
传统组 Traditional decoction group	1.41±0.05aB	2.30±0.23B	0.30±0.30B
超微 1/8 组 1/8 volume of ultra-micro powder group	1.28±0.10B	0.98±0.28AC	6.56±1.67bC
超微 1/4 组 1/4 volume of ultra-micro powder group	0.18±0.03ABCD	3.15±0.25BcD	8.35±0.21BC
超微 1/2 组 1/2 volume of ultra-micro powder group	2.90±0.11ABCDE	10.21±1.08ABCDE	69.40±8.17ABCDE
超微全量组 Whole ultra-micro powder group	1.26±0.07BcEF	39.46±0.96ABCDEF	31.83±7.95abcDeF

CFU/g; 每 g 肠道内容物的菌落形成单位; 与对照组相比: a; $P<0.05$, A; $P<0.01$; 与模型组相比: b; $P<0.05$, B; $P<0.01$; 与传统组相比: c; $P<0.05$, C; $P<0.01$; 与超 1/8 组相比: d; $P<0.05$, D; $P<0.01$; 与超 1/4 组相比: e; $P<0.05$, E; $P<0.01$; 与超 1/2 组相比: f; $P<0.05$, F; $P<0.01$

2.3 超微七味白术散对菌群失调腹泻小鼠特定肠道微生物数量的影响

由表 3 可知,模型组与对照组相比,小鼠肠道内大肠杆菌、乳酸菌及双歧杆菌数量均明显减少,差异极显著($P<0.01$)。七味白术散传统汤剂治疗后,大肠杆菌数稍增但略低于对照组($P>0.05$),说明传统汤剂使肠道大肠杆菌数量恢复了正常水平。超微 1/8 量汤剂治疗后,大肠杆菌数略低于传统组,差异不显著($P>0.05$)。超微 1/4 量汤剂治疗后,大肠杆菌数量显著下降,低于模型组($P<0.05$)。超微 1/2 量汤剂给药后,大肠杆菌数上升至模型组水平,差异不显著($P>0.05$)。而超微全量汤剂治疗后大肠杆菌增长十分迅速,远高于其余各组($P<0.01$)。乳酸菌及双歧杆菌这 2 种肠道有益菌治疗前后变化趋势相似。灌胃传统饮片后,两者数量明显增加,均远高于正常组($P<0.01$)。超微 1/8 量汤剂治疗后,两者数量略高于模型组($P>0.05$)。超微 1/4 量汤剂给药后,两者数量略增,较模型组大($P<0.01$),但乳酸菌数量仍低于对照组($P<0.01$),双歧杆菌数量高于对照组($P<0.01$)。两者均在超微 1/2 量组时数量最大,且远高于其余各组($P<0.01$)。超微全量汤剂治疗后,乳酸菌数量低于传统组但高于对照组($P<0.01$),双歧杆菌数量与传统组相当($P>0.05$)。因此,超微七味白术散 1/2 剂量在增殖肠道菌群失调小鼠内乳酸菌及双歧杆菌的效果最佳。

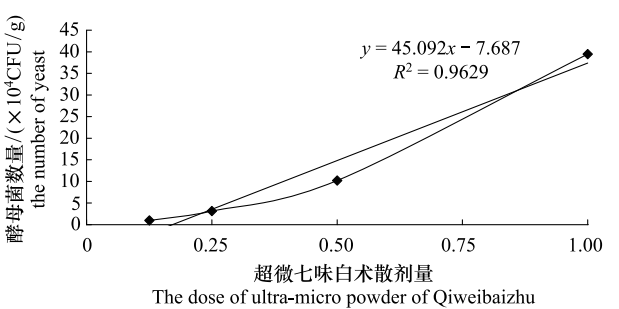


图 1 超微七味白术散剂量与酵母菌数的关系
Fig. 1 The correlation analysis between the number of intestinal yeast and the dose of ultra-micro powder Qiweibaishuan

表 3 超微七味白术散对菌群失调腹泻小鼠特定肠道微生物的影响($\bar{x} \pm s, n=3$)

	大肠杆菌/(10^6 CFU/g)	乳酸菌/(10^7 CFU/g)	双歧杆菌/(10^7 CFU/g)
	Colibacillus	Lactic acid bacteria	Bifidobacteria
对照组 Control group	1.30±0.12	6.48±0.21	1.80±0.06
模型组 Model group	0.78±0.13A	0.36±0.03A	0.38±0.01A
传统组 Traditional decoction group	1.17±0.25	14.69±0.21AB	12.02±0.53AB
超微 1/8 组 1/8 volume of ultra-micro powder group	1.00±1.75	1.35±0.40AC	1.06±0.33AC
超微 1/4 组 1/4 volume of ultra-micro powder group	0.48±0.10Abc	1.87±0.17ABC	2.08±0.08ABCD
超微 1/2 组 1/2 volume of ultra-micro powder group	0.90±0.15ae	30.06±0.53ABCDE	28.03±0.41ABCDE
超微全量组 Whole ultra-micro powder group	6.33±0.66ABCDEF	11.85±0.22ABCDEF	11.20±0.63ABDEF

由图 2 可知,超微七味白术散剂量与大肠杆菌数量呈较明显的正相关($R^2=0.8326$)。经分析,超微七味白术散剂量与乳酸菌、双歧杆菌数量相关性不明显。大肠杆菌是人体肠道重要的正常栖居菌,能抑制肠道内蛋白质分解微生物的生长,减少对人体的危害,同时,大肠杆菌还能合成维生素 B 和 K,对人体生理作用非常重要,此外大肠杆菌素还具有杀菌作用,超微七味白术散对菌群失调腹泻疗效的发挥,可能与其对大肠杆菌的调节具有一定的联系。

2.4 超微七味白术散对菌群失调腹泻小鼠肠道酶活性的影响

由表 4 可知,模型组的小鼠肠道内纤维素酶活性比对照组高,而木聚糖酶、蛋白酶及淀粉酶活性比对照组低,差异极显著($P<0.01$)。传统饮片治疗后,纤维素酶、蛋白酶及淀粉酶活性上升,与模型组差异显著($P<0.01$ 或 $P<0.05$),但是纤维素酶活性高于对照组 $P<0.01$,蛋白酶及淀粉酶活性低于对照组($P<0.05$ 或 $P<0.01$);而木聚糖酶活性略降,差异不显著($P>0.05$)。超微药物给药后,各组间呈“折线”变化趋势。纤维素酶及蛋白酶活性在超微 1/4 量时活性最低,且低于模型组和对照组;木聚糖酶活性在超微 1/8 量时最低,且低于传统组;淀粉酶在超微 1/2 量组时活性最低,且低于模型组,差异显著($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。纤维素酶活性在超微 1/8 量时最大,与传统组相当,差异不显著($P>0.05$);木聚糖酶活性在超微 1/2 量时最大,与模型组相当,差异不显著 $P>0.05$);蛋白酶、淀粉酶活性在超微全量组时最大,蛋白酶活性虽高于对照组,但差异无统计学意义($P>0.05$),淀粉酶活性低于对照组水平($P<0.01$)。经分析,超微七味白术散剂量与各酶活性相关性不明显。

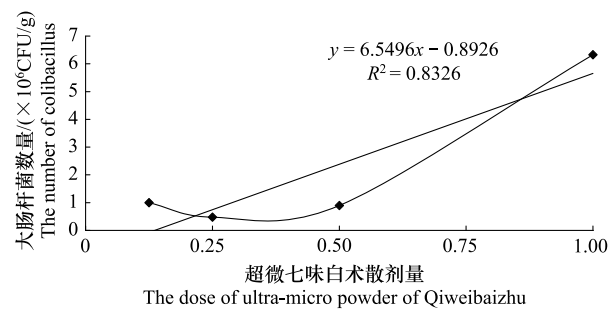


图 2 超微七味白术散剂量与大肠杆菌数量关系

Fig.2 The correlation analysis between the number of colibacillus and the dose of ultra-micro powder of Qiweibaishuan

表 4 超微七味白术散对菌群失调腹泻小鼠肠道酶活性的影响

Table 4 Effect of ultra-micro powder of Qiweibaishuan on intestinal enzyme activities in mice with dysbacteriosis

	纤维素酶 Cellulase(U)	木聚糖酶 Xylase(U)	蛋白酶 Protease(U)	淀粉酶 Amylase(U)
对照组 Control group	1.013±0.070	5.086±0.213	3.708±0.608	118.165±0.729
模型组 Model group	1.845±0.189A	3.361±0.145A	1.159±0.232A	43.023±0.348A
传统组 Traditional decoction group	3.683±0.301AB	2.968±0.240A	2.398±0.477ab	64.053±0.855AB
超微 1/8 组 1/8 volume of ultra-micro powder group	3.582±0.602aB	1.706±0.151ABC	1.565±0.421A	51.727±0.346ABC
超微 1/4 组 1/4 volume of ultra-micro powder group	0.329±0.260aBCD	2.067±0.222ABC	0.579±0.102AbCd	62.170±0.477ABcD
超微 1/2 组 1/2 volume of ultra-micro powder group	0.828±0.357bCD	3.444±0.137AcDE	0.623±0.283ACd	37.462±0.234ABCDE
超微全量组 Whole ultra-micro powder group	0.956±0.255BCDe	2.807±0.116ABDEF	5.028±0.995BcDeF	92.614±0.632ABCDEF

3 讨论

现代微生态学根据微生物对人体健康的影响,将肠道微生物分为三大类:有益菌、有害菌和兼性菌。乳酸菌和双歧杆菌是主体有益菌,其在人体免疫、营养、生长、发育、抗感染、防肿瘤及延缓衰老等过程中均发挥着重要作用。大肠杆菌属兼性菌,在健康人体内不产生副作用,但在疾病、营养不良或因服用抗生素破坏了肠道菌群平衡的机体内,将会对人体造成致病。梭状芽孢杆菌、类杆菌等有害菌能降解蛋白质并产生恶臭,与腹泻、炎症有关,甚至诱发肿瘤及促使衰老,危害人体健康^[19]。

中医注重整体和谐,与微生态学的基本观点是一致的。从整体研究人体的平衡与失调,通过中药使失调

恢复平衡,对解释中药用于治愈肠道菌群失调疾病的机理提供了新思路。肠道菌群及酶对中药成分的转化是口服中药疗效发挥的基础,同时也是影响中药成分的吸收、有效性、功效范围与大小及副作用的主要因子^[20]。本研究表明,七味白术散治愈菌群失调腹泻过程中扶植了有益菌,调理了肠道微生态平衡。七味白术散通过菌群平衡的恢复,使菌群失调腹泻得以治愈,但是肠道酶活性并没有恢复至正常水平,提示七味白术散治疗菌群失调腹泻可能与七味白术散中对肠道微生物抑促作用的成分密切相关。七味白术散通过改变肠道微生物数量或优势种类,进一步改变肠道酶活性,恢复肠道正常机能,可能是其疗效的主要机理。超微七味白术散1/2 剂量即可达到传统饮片的疗效,能够节约中药材。

七味白术散复方中的人参含有人参皂苷,具有抗肿瘤,增强人体免疫力、记忆力等多方面的作用;葛根中的大豆苷元具有降血压、抗心律失常等作用,葛根素具有免疫调节及刺激和诱生机体干扰系统等作用;茯苓中含有丰富的多糖,具有抗肿瘤、增强机体免疫等作用;甘草中的甘草酸、甘草次酸等也具有防癌和抗癌作用。现代研究也表明,上述多种成分同时对肠道微生物具有极其重要的作用^[20-21]。如多糖具有促进肠道有益菌增殖的特殊功效,对肠道中乳酸菌和双歧杆菌有明显的增殖作用。这可能是七味白术散中对乳酸菌、双歧杆菌的一个主要调节成分,而大肠杆菌和沙门氏菌等有害菌不能利用植物多糖,对大肠杆菌作用不明显。同时,双歧杆菌和乳酸菌可将肠道内的植物多糖发酵生成有机酸,从而降低肠道 pH 值,抑制包括很多革兰氏阴性菌在内的病原菌的繁殖,并可在动物肠道中合成蛋白质及 B 族和 K 族维生素。大豆苷元等也能抑制肠道中梭菌生长,而促进乳杆菌数量的增加^[21]。药材中丰富的蛋白质可能成为一种益生源,小肽、氨基酸等营养因子可能促进芽孢杆菌和乳酸菌的生长,也有可能为菌群的生长提供氮源。由于乳酸菌等有益菌的迅速增加变成优势菌种,可通过争夺营养物质和定植位点、影响微生物代谢途径和增强免疫功能来抑制大肠杆菌等有害菌的增殖。此外,七味白术散复方中多种中药的黄酮类化合物对一些特定的微生物也具有明显的抑制作用。实验结果也显示,灌胃七味白术散汤剂后,细菌总数、酵母菌、乳酸菌和双歧杆菌等均有明显的增加,霉菌数目降低,调整了肠道微生物的数量比例,恢复了菌群平衡。本研究中,超微七味白术散全量组的菌落总数下降,可能与超微七味白术散中某些成分过多造成对肠道有益微生物的抑制作用有关。具体情况有待进一步研究。

References:

- [1] Zou L, Gui H, Zhou C, Cai G X, Tang Z P. In vitro dissolution comparison of ultra-micro and normal powder of Realgar. *World Chinese Medicine*, 2009, 4(1): 53-54.
- [2] Zhang S P, Hu N. Application of production for Chinese herbal medicine using superfine communication technique. *Guizhou Chemical Industry*, 2008, 33(3): 29-32, 37-37.
- [3] Li Y M, Cai G X, Peng S Z, Yang Y H, Huang J B. Comparative study on pharmacological actions of Ultra-quick-lystotype Xiao Caihu decoction and traditional decoction. *Chinese Journal of Traditional Medical Science and Technology*, 2007, 14(5): 343-344.
- [4] Bäckhed F. Addressing the gut microbiome and implications for obesity. *International Dairy Journal*, 2010, 20(4): 259-261.
- [5] Paliy O, Kenche H, Abernathy F, Michail S. High-throughput quantitative analysis of the human intestinal microbiota with a phylogenetic microarray. *Applied and Environmental Microbiology*, 2009, 75(11): 3572-3579.
- [6] O'hara A M, Shanahan F. Gut microbiota: mining for therapeutic potential. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 2007, 5(3): 274-284.
- [7] Sekirov I, Russell S L, Antunes L C M, Finlay B B. Gut microbiota in health and disease. *Physiological Reviews*, 2010, 90(3): 859-904.
- [8] Hattori M, Taylor T D. The Human intestinal microbiome; a new frontier of human biology. *DNA Research*, 2009, 16(1): 1-12.
- [9] Vitali B, Ndagijimana M, Cruciani F, Carnevali P, Candela M, Guerzoni E M, Brigidi P. Impact of a synbiotic food on the gut microbial ecology and metabolic profiles. *BMC Microbiology*, 2010, 10(1): 4.
- [10] Bae E A, Shin J E, Kim D H. Metabolism of ginsenoside Re by human intestinal microflora and its estrogenic effect. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 2005, 28(10): 1903-1908.
- [11] Li M, Wang B H, Zhang M H, Rantalainen M, Wang S Y, Zhou H K, Zhang Y, Shen J, Pang X Y, Zhang M L, Wei H, Chen Y, Lu H F, Zuo J, Su M M, Qiu Y P, Jia W, Xiao C N, Smith L M, Yang S L, Holmes E, Tang H R, Zhao G P, Nicholson J K, Li L J, Zhao L P. Symbiotic gut microbes modulate human metabolic phenotypes. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 2008, 105(6): 2117-2122.

- [12] Li G. Effect of Qiweibaishusan powder on the treatment of fungal enteritis in 48 patients. Shanxi Journal of Traditional Chinese Medicine, 2009, 30(3): 322-323.
- [13] Li J S. Effect of Qiweibaishusan powder on the treatment of ulcerative colitis. Journal of Medical Forum, 2009, 30(12): 96-97.
- [14] Li C Y. Effect of Qiweibaishusan powder on the treatment of antibiotic-associated diarrhea. Journal of China-Japan Friendship Hospital, 2010, 24(5): 292-293.
- [15] Shen P, Chen X D. Experiment Microbiology. 4th ed. Beijing: High Education Press, 2008.
- [16] Zhu J, Cao K M, Zhou R Q. Biochemical Experiments. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1981.
- [17] Deng H J, Wu H, Peng X S, Cai G X, Zhang X, Tan Z J, Ou Y F. Effect of ultra-micro powder of Qiweibaishusan on the diarrhea with dysbacteriosis in mice. Progress in Modern Biomedicine, 2011, 11(19): 3632-3635.
- [18] Xiao S H. Effect of diets supplemented with yeast compound on growth performance in weaned piglets. Swine Industry Science, 2009, 26(11): 72-73.
- [19] Tang Y K, Yin W Z. Chinese medicine and modern ecological view of ecological medicine. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2008, 19(7): 1766-1768.
- [20] Zhang G M, Tan Z J, Zhang X, Cai G X. Research progress on influence of microbes on structure-activity of chemical substances. China Pharmaceuticals, 2010, 19(17): 1-3.
- [21] Zhu T, Cai G X, Wu H, Wen D, Tan Z J. Impacts of plant components to intestinal tract microflora. China Pharmaceuticals, 2010, 19(18): 19-21.

参考文献:

- [1] 邹龙, 桂卉, 周春湘, 蔡光先, 唐正平. 雄黄超微粉体与常规粉体的体外溶出研究. 世界中医药, 2009, 4(1): 53-54.
- [2] 张素萍, 胡能. 超微粉碎技术在中药生产中应用探讨. 贵州化工, 2008, 33(3): 29-32, 37-37.
- [3] 李勇敏, 蔡光先, 彭淑珍, 杨永华, 黄江波. 超微速溶小柴胡汤与传统汤剂的药理作用比较. 中国中医药科技, 2007, 14(5): 343-344.
- [12] 李刚. 七味白术散加减治疗小儿霉菌性肠炎 48 例. 陕西中医, 2009, 30(3): 322-323.
- [13] 李纪三. 七味白术散加减治疗溃疡性结肠炎. 医药论坛杂志, 2009, 30(12): 96-97.
- [14] 李春颖. 七味白术散加味治疗抗生素相关性腹泻疗效观察. 中日友好医院学报, 2010, 24(5): 292-293.
- [15] 沈萍, 陈向东. 微生物学实验(第四版). 北京: 北京高等教育出版社, 2008.
- [16] 朱俭, 曹凯鸣, 周润琦. 生物化学实验. 上海: 上海科学技术出版社, 1981.
- [17] 邓红洁, 吴海, 彭晓珊, 蔡光先, 张熙, 谭周进, 欧阳锋. 超微七味白术散对菌群失调小鼠的疗效研究. 现代生物医学进展, 2011, 11(19): 3632-3635.
- [18] 肖淑华. 日粮中添加复合酵母对断奶仔猪生长性能的影响. 猪业科学, 2009, 26(11): 72-73.
- [19] 唐由凯, 尹文仲. 中医学的生态观与现代生态医学. 时珍国医国药, 2008, 19(7): 1766-1768.
- [20] 张国民, 谭周进, 张熙, 蔡光先. 微生物对化学物质构效的影响研究进展. 中国药业, 2010, 19(17): 1-3.
- [21] 朱婷, 蔡光先, 吴海, 文丹, 谭周进. 植物成分对肠道微生物的影响. 中国药业, 2010, 19(18): 19-21.

CONTENTS

Widespread of anaerobic ammonia oxidation bacteria in an eutrophic freshwater lake wetland and its impact on nitrogen cycle	WANG Shanyun, ZHU Guibing, QU Dongmei, et al (6591)
Responses of soil enzyme activities of degraded coastal saline wetlands to irrigation with treated paper mill effluent	XIA Mengjing, MIAO Ying, LU Zhaozhua, et al (6599)
Wetland ecosystem health assessment of the Tumen River downstream	ZHU Weihong, GUO Yanli, SUN Peng, et al (6609)
An index of biological integrity: developing the methodology for assessing the health of the Baiyangdian wetland	CHEN Zhan, LIN Bo, SHANG He, et al (6619)
MODIS-based analysis of wetland area responses to hydrological processes in the Dongting Lake	LIANG Jie, CAI Qing, GUO Shenglian, et al (6628)
The diversity of invasive plant <i>Spartina Alterniflora</i> rhizosphere bacteria in a tidal salt marshes at Chongming Dongtan in the Yangtze River estuary	ZHANG Zhengya, DING Chengli, XIAO Ming (6636)
Analyzing the azimuth distribution of tree ring $\delta^{13}\text{C}$ in subtropical regions of eastern China using the harmonic analysis	ZHAO Xingyun, LI Baohui, WANG Jian, et al (6647)
In the process of grassland degradation the spatial pattern and spatial association of dominant species	GAO Fuyuan, ZHAO Chengzhang (6661)
Activities of soil oxidoreductase and their response to seasonal freeze-thaw in the subalpine/alpine forests of western Sichuan	TAN Bo, WU Fuzhong, YANG Wanqin, et al (6670)
Simulating the effects of forestry classified management on forest biomass in Xiao Xing'an Mountains	DENG Huawei, BU Rencang, LIU Xiaomei, et al (6679)
The simulation of three-dimensional canopy net photosynthetic rate of apple tree	GAO Zhaoquan, ZHAO Chenxia, ZHANG Xianchuan, et al (6688)
The effect of <i>Phomopsis</i> B3 and organic fertilizer used together during continuous cropping of strawberry (<i>Fragaria ananassa</i> Duch) ...	HAO Yumin, DAI Chuanchao, DAI Zhidong, et al (6695)
Temporal and spatial variations of DOC, DON and their function group characteristics in larch plantations and possible relations with other physical-chemical properties	SU Dongxue, WANG Wenjie, QIU Ling, et al (6705)
Comparisons of quantitative characteristics and spatial distribution patterns of <i>Eremosparton songoricum</i> populations in an artificial sand fixed area and a natural bare sand area in the Gurbantunggut Desert, Northwestern China	ZHANG Yongkuan, TAO Ye, LIU Huiliang, et al (6715)
Comparison study on macroinvertebrate assemblage of riffles and pools: a case study of Dong River in Kaixian County of Chongqing, China	WANG Qiang, YUAN Xingzhong, LIU Hong (6726)
Nekton community structure and its relationship with main environmental variables in Lidao artificial reef zones of Rongcheng	WU Zhongxin, ZHANG Lei, ZHANG Xiumei, et al (6737)
Zooplankton diversity and its variation in the Northern Yellow Sea in the autumn and winter of 1959, 1982 and 2009	YANG Qing, WANG Zhenliang, FAN Jingfeng, et al (6747)
Building ecological security pattern based on land use: a case study of Ordos, Northern China	MENG Jijun, ZHU Likai, YANG Qianet al (6755)
Additive partition of species diversity across multiple spatial scales in community culturally protected forests and non-culturally protected forests	GAO Hong, CHEN Shengbin, OUYANG Zhiyun (6767)
Environmental perception of farmers of different livelihood strategies: a case of Gannan Plateau	ZHAO Xueyan (6776)
Application and comparison of two prediction models for groundwater dynamics	ZHANG Xia, LI Zhanbin, ZHANG Zhenwen, et al (6788)
Pollination success of <i>Phaius delavayi</i> in Huanglong Valley, Sichuan	HUANG Baoqiang, KOU Yong, AN Dejun (6795)
Mechanism of nitrification inhibitor on nitrogen-transformation bacteria in vegetable soil	YANG Yang, MENG Denglong, QIN Hongling, et al (6803)
Archaea diversity in water of two typical brackish lakes in Xinjiang	DENG Lijuan, LOU Kai, ZENG Jun, et al (6811)
Abundance and biomass of heterotrophic flagellates in Baiyangdian Lake, as well as their relationship with environmental factors	ZHAO Yujuan, LI Fengchao, ZHANG Qiang, et al (6819)
Effects of bisphenol A on the toxicity and life history of the rotifer <i>Brachionus calyciflorus</i>	LU Zhenghe, ZHAO Baokun, YANG Jiaxin (6828)
Effect of incubation temperature on behavior and metabolism in the Chinese cornsnake, <i>Elaphe bimaculata</i>	CAO Mengjie, ZHU Si, CAI Ruoru, et al (6836)
Functional and numerical responses of <i>Mallada besalis</i> feeding on <i>Coreyra cephalonica</i> eggs	LI Shuiquan, HUANG Shoushan, HAN Shichou, et al (6842)
Stability analysis of mutualistic-parasitic coupled system	GAO Lei, YANG Yan, HE Junzhou, et al (6848)
Effect of ultra-micro powder qiweibaishuan on the intestinal microbiota and enzyme activities in mice	TAN Zhoujin, WU Hai, LIU Fulin, et al (6856)
Review and Monograph	
The effects of nitrogen deposition on forest carbon sequestration: a review	CHEN Hao, MO Jiangming, ZHANG Wei, et al (6864)
Effect of enhanced CO ₂ level on the physiology and ecology of phytoplankton	ZHAO Xuhui, KONG Fanxiang, XIE Weiwei, et al (6880)
Transboundary protected areas as a means to biodiversity conservation	SHI Longyu, LI Du, CHEN Lei, et al (6892)
Scientific Note	
The energy storage and its distribution in 11-year-old chinese fir plantations in Huitong and Zhuting	KANG Wenxing, XIONG Zhengxiang, HE Jienan, et al (6901)
Spatial pattern of sexual plants and vegetative plants of <i>Stipa krylovii</i> population in alpine degraded grassland	REN Heng, ZHAO Chengzhang, GAO Fuyuan, et al (6909)

《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 21 期 (2012 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 21 (November, 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