

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第9期 Vol.32 No.9 **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 9 期

2012 年 5 月 (半月刊)

目 次

不同土地覆被格局情景下多种生态系统服务的响应与权衡——以雅砻江二滩水利枢纽为例·····	葛 菁, 吴 楠, 高吉喜, 等 (2629)
放牧对小嵩草甸生物量及不同植物类群生长率和补偿效应的影响·····	董全民, 赵新全, 马玉寿, 等 (2640)
象山港日本对虾增殖放流的效果评价·····	姜亚洲, 凌建忠, 林 楠, 等 (2651)
城市景观破碎化格局与城市化及社会经济发展水平的关系——以北京城区为例·····	仇江啸, 王效科, 逯 非, 等 (2659)
江河源区高寒草甸退化序列上“秃斑”连通效应的元胞自动机模拟·····	李学玲, 林慧龙 (2670)
铁西区城市改造过程中建筑景观的演变规律·····	张培峰, 胡远满, 熊在平, 等 (2681)
商洛低山丘陵区农林复合生态系统光能竞争与生产力·····	彭晓邦, 张硕新 (2692)
基于生物量因子的山西省森林生态系统服务功能评估·····	刘 勇, 李晋昌, 杨永刚 (2699)
不同沙源供给条件下柽柳灌丛与沙堆形态的互馈关系——以策勒绿洲沙漠过渡带为例·····	杨 帆, 王雪芹, 杨东亮, 等 (2707)
桂西北喀斯特区原生林与次生林凋落叶降解和养分释放·····	曾昭霞, 王克林, 曾馥平, 等 (2720)
江西九连山亚热带常绿阔叶林优势种空间分布格局·····	范 娟, 赵秀海, 汪金松, 等 (2729)
秦岭山地锐齿栎次生林幼苗更新特征·····	康 冰, 王得祥, 李 刚, 等 (2738)
极端干旱环境下的胡杨木质部水力特征·····	木巴热克·阿尤普, 陈亚宁, 等 (2748)
红池坝草地常见物种叶片性状沿海拔梯度的响应特征·····	宋璐璐, 樊江文, 吴绍洪, 等 (2759)
改变 C 源输入对油松人工林土壤呼吸的影响·····	汪金松, 赵秀海, 张春雨, 等 (2768)
啮齿动物捕食压力下生境类型和覆盖处理对辽东栎种子命运的影响·····	闫兴富, 周立彪, 刘建利 (2778)
上海闵行区园林鸟类群落嵌套结构·····	王本耀, 王小明, 王天厚, 等 (2788)
胜利河连续系统中蜉蝣优势种的生产量动态和营养基础·····	邓 山, 叶才伟, 王利肖, 等 (2796)
虾池清塘排出物沉积厚度对老鼠簕幼苗的影响·····	李 婷, 叶 勇 (2810)
澳大利亚亚热带不同森林土壤微生物群落对碳源的利用·····	鲁顺保, 郭晓敏, 芮亦超, 等 (2819)
镜泊湖岩溶台地不同植被类型土壤微生物群落特征·····	黄元元, 曲来叶, 曲秀春, 等 (2827)
浮床空心菜对氮循环细菌数量与分布和氮素净化效果的影响·····	唐莹莹, 李秀珍, 周元清, 等 (2837)
促分解菌剂对还田玉米秸秆的分解效果及土壤微生物的影响·····	李培培, 张冬冬, 王小娟, 等 (2847)
秸秆还田与全膜双垄集雨沟播耦合对半干旱黄土高原玉米产量和土壤有机碳库的影响·····	吴荣美, 王永鹏, 李凤民, 等 (2855)
赣江流域底泥中有机氯农药残留特征及空间分布·····	刘小真, 赵 慈, 梁 越, 等 (2863)
2009 年徽州稻区白背飞虱种群消长及虫源性质·····	刁永刚, 杨海博, 瞿钰锋, 等 (2872)
木鳖子提取物对朱砂叶螨的触杀活性·····	郭辉力, 师光禄, 贾良曦, 等 (2883)
冬小麦气孔臭氧通量拟合及通量产量关系的比较·····	佟 磊, 冯宗炜, 苏德·毕力格, 等 (2890)
专论与综述	
基于全球净初级生产力的能源足迹计算方法·····	方 恺, 董德明, 林 卓, 等 (2900)
灵长类社会玩耍的行为模式、影响因素及其功能风险·····	王晓卫, 赵海涛, 齐晓光, 等 (2910)
问题讨论	
中国伐木制品碳储量时空差异分析·····	伦 飞, 李文华, 王 震, 等 (2918)
研究简报	
森林自然更新过程中地上氮贮量与生物量异速生长的关系·····	程栋梁, 钟全林, 林茂兹, 等 (2929)
连作对芝麻根际土壤微生物群落的影响·····	华菊玲, 刘光荣, 黄劲松 (2936)
刈割对外来入侵植物黄顶菊的生长、气体交换和荧光的影响·····	王楠楠, 皇甫超河, 陈冬青, 等 (2943)
不同蔬菜种植方式对土壤固碳速率的影响·····	刘 杨, 于东升, 史学正, 等 (2953)
巢湖崩岸湖滨基质-水文-生物一体化修复····· 陈云峰, 张彦辉, 郑西强 (2960)	

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 336 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 36 * 2012-05



封面图说: 在交配的雨蛙——雨蛙为两栖动物, 世界上种类达 250 种之多, 分布极广。中国的雨蛙仅有 9 种, 除西部一些省份外, 其他各省(区)均有分布。雨蛙体形较小背面皮肤光滑, 往往雄性绿色, 雌性褐色, 其指、趾末端多膨大成吸盘, 便于吸附攀爬。多生活在灌丛、芦苇、高秆作物上, 或塘边、稻田及其附近的杂草上。白天匍匐在叶片上, 黄昏或黎明频繁活动, 捕食能力极强, 主要以昆虫为食。特别是在下雨以后, 常常 1 只雨蛙先叫几声, 然后众蛙齐鸣, 声音响亮, 每年在四、五月份夜间发情交配。

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

DOI: 10.5846/stxb201104010422

华菊玲, 刘光荣, 黄劲松. 连作对芝麻根际土壤微生物群落的影响. 生态学报, 2012, 32(9): 2936-2942.

Hua J L, Liu G R, Huang J S. Effect of continuous cropping of sesame on rhizospheric microbial communities. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(9): 2936-2942.

连作对芝麻根际土壤微生物群落的影响

华菊玲^{1,*}, 刘光荣², 黄劲松³

(1. 江西省农业科学院植物保护研究所, 南昌 330200; 2. 江西省农业科学院土壤肥料与资源环境研究所, 南昌 330200;
3. 江西省鄱阳县农业技术推广中心, 鄱阳 333100)

摘要: 采用稀释平板计数法研究了不同连作年限处理芝麻根际土壤细菌、真菌、放线菌、芽孢杆菌、尖孢镰刀菌(FO)和青枯劳尔氏菌(RS)数量的变化情况。结果表明, 随着连作年限的增加, 芝麻根际土壤中细菌和放线菌的数量下降, 而真菌的数量则呈上升趋势。新种芝麻地根际土壤芽孢杆菌数量显著高于连作 2a 处理和连作 5a 处理, 而连作 2a 处理又显著高于连作 5a 处理; 连作 5a 芝麻根际土壤尖孢镰刀菌数量显著高于新种地、轮作 1a 和连作 2a 等 3 个处理; 轮作 1a、连作 2a 及连作 5a 等 3 个处理青枯劳尔氏菌数量显著高于新种地处理。说明连作导致土壤微生物环境恶化, 引起根际微生物区系结构发生定向改变。连作 2a 与轮作 1a 相比, 各菌群(类群)数量差异均不显著。

关键词: 芝麻; 根际土壤; 微生物群落; 连作障碍

Effect of continuous cropping of sesame on rhizospheric microbial communities

HUA Juling^{1,*}, LIU Guangrong², HUANG Jinsong³

1 Plant Protection Institute, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China

2 Soil and Fertilizer and Resources and Environment Institute, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China

3 Poyang Center for Agricultural Technology Extension, Jiangxi Province, Poyang 333100, China

Abstract: China is one of four main sesame producing countries in the world, with approximately 600000 hectares planted annually. When sesame is grown continuously in the same field over several years, yield is reduced due to declining soil health. This phenomenon is called the continuous cropping obstacle. In 2010, the area of continuous cropping of sesame was over 1500 hectares in Jiangxi Province alone. The latest hypothesis for the decline in soil health focuses on shifts in the soil microbial community under continuous cropping. Bacteria, fungi, and actinomycetes are the three main microbial groups in the soil. Their variation in abundance and diversity reflect the level of biological activity in the soil. Soil with abundant bacteria and actinomycetes is more biologically active. When the fungal abundance of soil increases, this usually means a decrease in soil fertility. *Bacillus* bacteria have vital functions in soil improvement and pest control. Sesame wilt caused by *Fusarium oxysporum* (FO), and sesame bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* (RS), are serious diseases. We examined changes in abundance of bacteria, actinomycetes, fungi, *Bacillus*, *Fusarium oxysporum*, and *Ralstonia solanacearum*, in sesame rhizospheric soil under four treatments; using dilution plate counting to investigate effects of continuous cropping on the microbes present. The four treatments were: normal rotation with vegetable crop (vegetable-vegetable-vegetable-sesame, VVVS), alternation of sesame with peanut (sesame-peanut-sesame, SPS), 2 year continuous sesame (CS2), and 5 year continuous sesame (CS5). Bacteria, actinomycetes, and *Bacillus*, decreased in abundance, while fungi, *Fusarium oxysporum*, and *Ralstonia solanacearum* increased in abundance, with increasing length

基金项目: 国家芝麻产业技术体系建设项目(NCYTX-20)

收稿日期: 2011-04-01; 修订日期: 2011-09-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: huajl2000@yahoo.com.cn

of continuous cropping. Bacterial abundance under VVVS, SPS, and CS2 was significantly higher than under CS5, and bacterial abundance under VVVS was significantly higher than under CS2. Actinomycete abundance under VVVS, SPS, and CS2 was significantly higher than under CS5. Fungal abundance under CS5 was significantly higher than under VVVS, SPS or CS2, and fungal abundance under CS2 was significantly higher than under VVVS. *Bacillus* abundance under VVVS was significantly higher than under CS2 or CS5, and *Bacillus* abundance was significantly higher under CS2 than under CS5. *Fusarium oxysporum* abundance under CS5 was significantly higher than under VVVS, SPS or CS2. *Ralstonia solanacearum* abundance under SPS, CS2 and CS5 was significantly higher than under VVVS. There were no significant differences in the abundance of bacteria, actinomycetes, fungi, *Bacillus*, *Fusarium oxysporum*, or *Ralstonia solanacearum* between SPS and CS2. It was clear that continuous cropping of sesame led to direct changes in the microbial composition of the rhizosphere. Bacteria and actinomycetes decreased in abundance, while fungi increased. When rhizospheric soil changes from “bacterial” to “fungal”, its biological activity and fertility decline, and it is slower to recover from ecological fluctuations caused by external factors such as pathogens and waterlogging. *Fusarium oxysporum* and *Ralstonia solanacearum* continue to increase in abundance, causing worsening diseases. These factors eventually lead to continuous cultivation problems in sesame.

Key Words: sesame; rhizosphere; microbial community; continuous cropping obstacles

芝麻是世界上重要的优质油料作物,我国是世界四大芝麻主产国之一^[1]。由于耕地面积的逐年减少,连作已是我国芝麻种植的普遍现象。据不完全统计,2010 年江西省连作芝麻面积占种植总面积的 30% 以上。连作导致芝麻病害大量发生,产量和品质降低,造成严重的连作障碍。从 20 世纪 80 年代开始,国内外学者进行了大豆^[2-4]、黄瓜^[5-6]、棉花^[7]、烟草^[8]、小麦^[9]、马铃薯^[10]等多种作物连作障碍减产的研究分析。大量研究表明,出现连作障碍不仅与土壤理化性质有关^[2-3,8],还与土壤微生物的种类和数量密切相关^[4-10]。土壤微生物群落变化是连作障碍的主要原因之一^[4-8]。但至今未见芝麻连作障碍的研究报道。本文分析了不同连作年限对芝麻根际土壤微生物群落的影响,为克服芝麻连作障碍提供理论指导和实践依据。

1 材料与方法

1.1 供试土样

供试土样来自江西南昌芝麻种植基地,该区域年降雨量为 1600—1700 mm,年平均气温为 17.8 ℃。土壤类型为典型的红壤旱地。试验共设 4 个处理:(1)芝麻连作 5a(CS5);(2)芝麻连作 2a(CS2);(3)与花生轮作 1a(芝麻—花生—芝麻,SPS);(4)新种芝麻地(蔬菜地改种,VVVS)。各处理施肥、灌溉等均按常规田间管理进行。芝麻播种日期为 2010 年 6 月 30 日—7 月 1 日,整个生长季节均未施用杀菌剂。

1.2 土样采集

于 2010 年 9 月 12 日(芝麻处于成熟期),按 5 点取样法选取芝麻健株。先去掉 0—2 cm 的表土,用灭菌小铲切取芝麻根部及其周围土壤样品,轻轻抖掉根系外围土后,用灭菌毛刷轻刷粘附在根表面的土壤样品,用无菌袋密封包装带回室内备用。

1.3 测定项目与方法

土壤微生物测定采用稀释平板计数法。将每个处理的 5 份土样混合均匀,称取 25 g,加入 225 mL 无菌水的三角瓶中振荡 10 min,静置 5 min,依次按 10 倍梯度稀释到 10^{-6} 。细菌、真菌和放线菌分离分别采用牛肉膏蛋白胨培养基、链霉素—马丁氏孟加拉红培养基和放线菌酮高氏一号培养基^[11];芽孢杆菌分离先将土样稀释悬浮液 80 ℃ 恒温水浴 10 min,后用酵母浸膏蛋白胨培养基培养^[12];尖孢镰刀菌(FO)测定采用韩宝坤等提出的培养基和方法^[13];青枯劳尔氏菌(RS)测定采用将杜桂萍等提出的 7 种抗菌素加入到四唑培养基的方法进行^[14]。每处理重复 4 次,接种后置于 28—36 ℃ 恒温箱内培养 2—15 d,进行计数。同时测定供试土壤的有机质含量、含水量、N、P、K 含量及 pH 值(表 1)。

表 1 供试土壤基本理化性状

Table 1 Physical and chemical factors of study soil

处理 Treatment	有机质 Organic matter /(g/kg)	全 N Total N /(g/kg)	碱解 N Alkail-hydro N /(mg/kg)	有效 P Available P /(mg/kg)	速效 K Available K /(mg/kg)	含水量 Water content /%	pH
新种芝麻地 VVVS	21.77	0.82	78.49	23.52	61.68	18.42	5.8
轮作 1a SPS	20.43	1.02	81.30	19.40	63.30	19.37	5.7
连作 2a CS2	18.36	1.18	79.15	19.34	66.98	17.19	5.8
连作 5a CS5	20.11	1.10	76.59	22.17	71.33	18.66	5.7

VVVS: vegetable- vegetable - vegetable -sesame;SPS: sesame-peanut-sesame;CS2: 2 year continuous sesame;CS5: 5 year continuous sesame

2 结果与分析

2.1 连作对芝麻根际土壤三大类群微生物的影响

不同连作年限芝麻根际土壤(以干土计)中细菌、真菌、放线菌数量及相关比值测定结果(表 2)表明,从总体趋势来看,芝麻根际土壤中细菌数量、细菌/微生物总数、细菌/真菌、放线菌数量、放线菌/微生物总数及放线菌/真菌均随着连作年限的增加而下降,真菌数量及真菌/微生物总数则随连作年限的增加而上升。其中,连作 5a 处理的细菌数量显著低于其它处理,连作 2a 处理的细菌数量又显著低于新种芝麻地处理;连作 5a 处理的放线菌数量显著低于其余处理;连作 5a 处理的真菌数量显著高于其余处理,而连作 2a 处理的真菌数量又显著高于新种芝麻地处理。但轮作 1a 处理与连作 2a 处理的细菌、真菌、放线菌数量差异均不显著。

表 2 连作对芝麻根际土壤三大微生物类群数量的影响

Table 2 Effects of continuous sesame on rhizosphere microflora variation in soil

处理 Treatment	细菌			真菌		放线菌		
	数量 Number /(10 ⁵ cfu/g 干土)	细菌/微总 B/M /%	细菌/真菌 B/F /%	数量 Number /(10 ⁵ cfu/g 干土)	真菌/微总 F/M /%	数量 Number /(10 ⁵ cfu/g 干土)	放线菌/微总 A/M /%	放线菌/真菌 A/F /%
新种芝麻地 VVVS	341.84a	92.00	155.38	2.20c	0.59	27.51a	7.40	12.50
轮作 1a SPS	321.67ab	91.99	108.31	2.97b	0.85	25.04a	7.16	8.43
连作 2a CS2	306.58b	91.83	93.19	3.29b	0.99	23.97a	7.18	7.29
连作 5a CS5	260.52c	90.71	29.08	8.96a	3.12	17.71b	6.17	1.98

表中数据为 4 次重复平均值,同列数据后相同字母表示在 0.05 水平上差异不显著(DMRT 法);“微总”表示微生物总数

2.2 连作对芝麻根际土壤芽孢杆菌的影响

从不同连作年限芝麻根际土壤中芽孢杆菌(*Bacillus* spp.)数量变化(图 1)可看出,新种芝麻地根际土壤芽孢杆菌数量与轮作 1a 差异不显著,但显著高于连作 2a 和连作 5a 处理,连作 2a 与轮作 1a 2 个处理芽孢杆菌数量差异不显著,但均显著高于连作 5a 处理。

2.3 连作对芝麻根际土壤尖孢镰刀菌(FO)的影响

尖孢镰刀菌 *Fusarium oxysporum* (FO) 是一类非常重要的土传病原菌,芝麻三大病害之一的芝麻枯萎病即由该病原菌引起。不同连作年限芝麻根际土壤 FO 数量测定结果表明(图 2),随着连作年限的增加,芝麻根际土壤 FO 累积数量虽有所增加,但连作 1a、连作 2a 及新种芝麻地三者间无显著差异,而连作 5a 芝麻根际 FO 数量则显著高于前三者。采用韩宝坤等提出的 FO 分离培养基(PEA)检测土壤中 FO,操作简单,菌落特征明显:FO 菌丝为白色略带粉色,从平皿背面看,菌落中心有蓝紫色素形成。选择 9 株土壤分离菌株采用灌根法

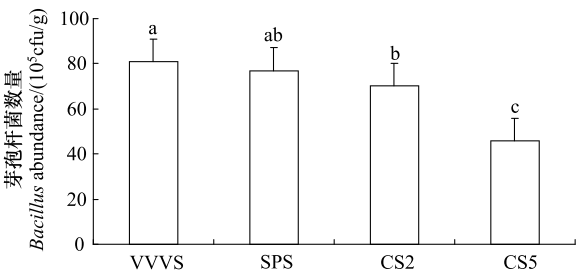


图 1 连作对芝麻根际土壤芽孢杆菌数量的影响

Fig. 1 Effects of continuous sesame on rhizosphere *Bacillus* spp. in soil
SE=3.41

回接芝麻苗(接种浓度 10^5 cfu/ml),有 7 株菌能引发枯萎病。

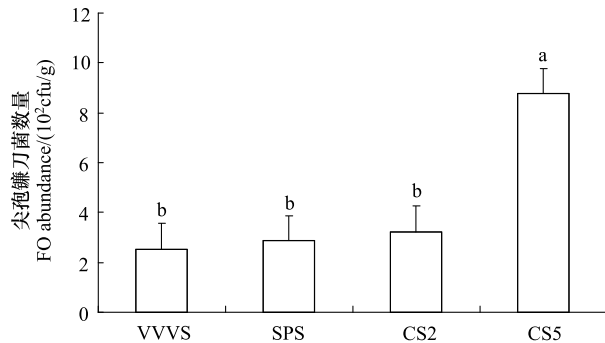


图 2 连作对芝麻根际土壤尖孢镰刀菌数量的影响

Fig. 2 Effects of continuous sesame on rhizosphere FO in soil

SE=0.38

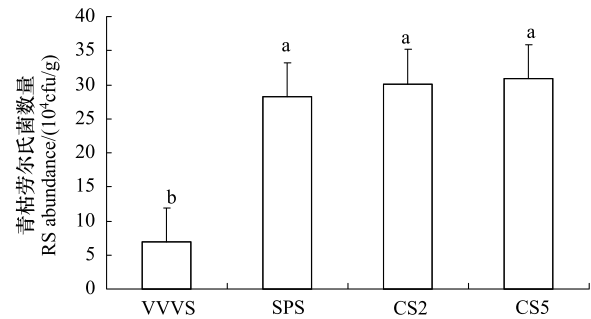


图 3 连作对芝麻根际土壤青枯劳尔氏菌数量的影响

Fig. 3 Effects of continuous sesame on rhizosphere RS in soil

SE=1.72

2.4 连作对芝麻根际土壤青枯劳尔氏菌的影响

芝麻细菌性青枯病是由青枯劳尔氏菌 *Ralstonia solanacearum* (RS) 引起的毁灭性土传病害,芝麻青枯病是南方芝麻生产上分布广、危害严重的病害,尤以红壤旱地夏芝麻发病最甚。本试验测定结果表明(图 3),新种地芝麻根际土壤中 RS 数量显著低于其它 4 个处理,而轮作 1a、连作 2a 及连作 5a 各处理 RS 数量差异均不显著。选择 4 个强致病力菌株采用剪叶法接种处于初花期的芝麻健株(接种浓度 10^8 cfu/ml),均出现典型的芝麻青枯病症状。

3 讨论

土壤生物活性是反映土壤生态系统功能的重要指标。土壤生物活性高,土壤的生态系统稳定性和缓冲容量就大,因而土壤对外来胁迫引起的生态系统波动的恢复能力就高。土壤微生物是土壤中活的有机体,细菌、放线菌和真菌是土壤微生物的三大类群,构成了土壤微生物的主要生物量,它们的区系组成和数量变化常反映出土壤生物活性水平^[15]。土壤中细菌和放线菌密度高,土壤的生物活性就高^[16],而土壤真菌密度上升,则是土壤地力衰竭的标志之一^[8]。本研究表明,随着连作年限的增加,芝麻根际土壤细菌和放线菌数量显著下降,而真菌的数量则明显上升。由此说明连作导致土壤生物活性水平下降,土壤从“细菌型”向“真菌型”转变。因此,土壤对外来胁迫如病原菌、渍害等引起的生态系统波动的恢复功能下降,从而导致连作障碍的产生。

芽孢杆菌是土壤微生物生态系统的优势种群之一,其中的很多种类可以产生多种微生物酶制剂和抗菌抗虫物质,在土壤改良和病虫害防治中具有重要作用^[17-18]。本研究结果表明,连作 5a 导致芝麻根际土壤中芽孢杆菌数量显著下降。但这并不一定意味着具拮抗作用的菌株数量下降,因此,有待于进行更为细化的研究。

由青枯劳尔氏菌引起的芝麻青枯病和由尖孢镰刀菌引起的芝麻枯萎病是芝麻生产上的重要土传病害^[19],连作芝麻发病尤为严重,是导致芝麻连作减产的直接原因。因此,研究分析连作对芝麻根际土壤尖孢镰刀菌和青枯劳尔氏菌的影响,具有十分重要的意义。本研究结果表明,连作使芝麻根际土壤中这两种致病菌数量显著上升。人们很早就认识到决定土壤中病原菌密度、在土壤中的生长和存活状态及寄主-寄生物关键性的生态因子是根分泌物^[20]。王茹华等认为植物根系分泌物作为寄主自身抗病性的第一阶段(侵染前阶段)起着不可忽视的作用。一方面根系分泌物对病原菌直接表现出促进或抑制作用;另一方面,根系分泌物通过改变根际微生物区系组成影响病原微生物^[21]。研究表明,大豆^[22-23]、西瓜^[24]、茄^[25]根分泌物对其致病病原菌的生长均具有明显的促进作用。吴凤芝等研究结果表明,与正茬相比,连茬土壤的黄瓜根分泌物更有利于黄瓜枯萎病菌菌丝的生长^[26]。因此,深入分析芝麻根系分泌物对这两种致病菌的影响是今后有待研究的重要课题。

连作年限对芝麻根际土壤中两种致病菌的影响有所不同。连作 1a 芝麻根际土壤中青枯劳尔氏菌数量显著高于新种芝麻地,这与该连作地芝麻青枯病发生严重的实际情况相吻合,也与生产上存在连作 1a 青枯病就发生严重的普遍现象相符。青枯病的严重发生直接导致了土壤中青枯劳尔氏菌的快速积累。芝麻青枯病从苗期至成熟期均可发生,其病原菌可在土壤中长期习居。本研究中各处理地块,在整个芝麻生长期均未施用任何杀菌剂。理论上芝麻根际土壤中青枯劳尔氏菌的数量应随着连作年限的增加而显著上升,但在本研究中连作 5a 与连作 2a 及轮作 1a 之间差异均不显著,这从一个侧面反应了土壤微生物种群变化的复杂性。尽管芝麻枯萎病菌亦可在土壤中长期习居,但是由于芝麻枯萎病发生轻,因此新种芝麻地、轮作 1a、连作 2a 3 个处理间芝麻根际土壤中尖孢镰刀菌数量差异均不显著。而连作 5a 芝麻根际土壤中尖孢镰刀菌数量的显著上升是由于病原菌的长期积累所致。

土壤中杂菌过多往往严重干扰土样青枯劳尔氏菌的成功分离。利用血清学检测技术虽能快速检测出土样中的青枯劳尔氏菌,但往往存在假阳性和特异性不够高的缺陷^[27-28]。分子生物学方法不能区分检测样品中的活菌和死菌,而且检测结果的假阳性问题也经常存在^[29],因此传统的平板分离技术仍是简单而有效的分离方法^[30]。Kelmans 研究出的四氮唑(TZC)培养基[葡萄糖 2.5 g、蛋白胨 10 g、酸水解酪素 1.0 g、蒸馏水 1000 mL,使用时加入 0.005% 氯化三苯四氮唑(TZC)]可特异性地区分青枯劳尔氏菌和其它细菌^[31],但不能排除其它杂菌(尤其是腐生细菌)的干扰,因而不适用于土壤青枯劳尔氏菌的分离。杜桂平等提出的添加氨苄西林、氧氟沙星、罗红霉素等七种抗菌素的选择性牛肉浸膏培养基能较好地排除杂菌干扰。本试验在上述研究基础上进行改良,即将杜桂平等提出的抗菌素配方(氨苄西林 9.996×10^{-5} $\mu\text{g/mL}$ 、氧氟沙星 9.990×10^{-7} $\mu\text{g/mL}$ 、罗红霉素 2.998×10^{-6} $\mu\text{g/mL}$ 、头孢拉定 3.000×10^{-6} $\mu\text{g/mL}$ 、乙酰螺旋霉素 1.998×10^{-5} $\mu\text{g/mL}$ 、克拉霉素 2.998×10^{-5} $\mu\text{g/mL}$ 、阿齐霉素 1.999×10^{-6} $\mu\text{g/mL}$)加入到 TZC 培养基中,这样既能排除其它杂菌的干扰,又能直观准确检测土样中的青枯劳尔氏菌数量。

综合分析本研究结果还可看出,连作 2a 与轮作 1a 相比,芝麻根际土壤中各菌群(类群)数量差异均不显著。轮作是克服连作障碍的简单有效措施,需进一步深入研究不同轮作年限土壤微生物变化趋势,为合理轮作提供理论依据。

芝麻连作障碍是土壤-微生物-植物-气候综合相互作用的结果,本试验尝试从土壤微生物群落生态的角度研究连作障碍的机理,以期找出连作障碍与土壤微生物群落之间的联系,为克服芝麻连作障碍提供理论指导和实践依据。

References:

- [1] Yang X L, Zhang H Y, Guo W Z, Zheng Y Z, Miao H M, Wei L B, Zhang T Z. Ultrastructure in microspore abortion of genic male sterile line in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Acta Agronomica Sinica*, 2008, 34(11): 1894-1900.
- [2] Zhang G N, Chen L J, Chen Z H, Zhang Y L. Effects of different cropping systems of soybean on chemozem enzyme activities and kinetic parameters. *Soybean Science*, 2008, 27(5): 795-800.
- [3] Wang G H, Jin J, Pan X W, Zhou K Q, Liu X B. Effect of different rotation systems on soil pH and N nutrition distribution across soybean rhizosphere. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2004, 26(1): 55-59.
- [4] Li C G, Li X M, Wang J G. Effect of soybean continuous cropping on bulk and rhizosphere soil microbial community function. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(4): 1144-1150.
- [5] Yao H Y, Jiao X D, Wu F Z. Effects of continuous cucumber cropping and alternative rotations under protected cultivation on soil microbial community diversity. *Plant and Soil*, 2006, 284(1/2): 195-203.
- [6] Hu Y S, Wu K, Li C X, Jia X C. Effect of continuous cropping of cucumber on soil microbial population II -variation analysis based on DGGE approach. *Scientia Agricultura Sinica*, 2007, 40(10): 2267-2273.
- [7] Zhang H Y, He J Z, Xu B, Gong L F, Zhang L L. Variety of soil microbial structure in continuous cropping cotton field in south Xinjiang. *Microbiology China*, 2010, 37(5): 689-695.
- [8] Wang M S, Jiang Z Y, Pan W J, Xue X P, Chen Y, Liang Y J. Studing on physico chemical properties and microbiological community in tobacco-growing soils under different continuous cropping years. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2008, 36(12): 5033-5034, 5052-5052.

- [9] Zhang L R, Kang P Z, Shen R Q, Guo C Q, Zhu J X, Ha J H, Wu H L. Effects of different crop planting patterns on functional diversity of soil microbial communities on newly developed lands. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2009, (12): 65-58.
- [10] Ma K, Zhang L, Du Q, Song N P. Effect of potato continuous cropping on soil microorganism community structure and function. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2010, 24(4): 229-233.
- [11] Fang Z D. *Research Methods of Plant Pathology*. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press, 1998: 122-184.
- [12] Zhao B, He S J. *Microbiology Experiments*. Beijing: Science Press, 2002: 255-255.
- [13] Han B K, Du Y H. A medium without sterile operation isolating for *Fusarium oxysporum*. *Acta Phytopathologica Sinica*, 2001, 31(4): 373-373.
- [14] Du G P, Zhou J G, Deng J Q, Luo K, Liu D, Cai Y, Xiao Q M. Rapid detection of tobacco bacterial wilt in the field. *Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences*, 2010, 36(2): 192-196.
- [15] van Bruggen A H C, Semenov A M. In search of biological indicators for soil health and disease suppression. *Applied Soil Ecology*, 2000, 15(1): 13-24.
- [16] Shiomi Y, Nishiyama M, Onizuka T, Marumoto T. Comparison of bacterial community structures in the rhizosphere of tomato plants grown in soils suppressive and conducive towards bacterial wilt. *Applied and Environmental Microbiology*, 1999, 65(9): 3996-4001.
- [17] Zhou Y Q, Xue Q H, Yang B, Zhang X L, Xu Y J, Guo Z Y, Lin Z F. Adjusted effect of inoculating with biocontrol actinomyces on microbial flora of watermelon rooting Zone. *Journal of Northwest A and F University: Natural Science Edition*, 2008, 36(4): 143-150.
- [18] Nishijima T, Toyota K, Mochizuki M. Predominant culturable *Bacillus* species in Japanese arable soils and their potential as biocontrol agents. *Microbes and Environments*, 2005, 20(1): 61-68.
- [19] Li L L. The kinds of diseases and studies in sesame in China. *China Oil Crops*, 1989, (1): 11-16.
- [20] Han X, Wu F Z, Pan K. Review on the relation between the root exudates and soil-spread disease. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006, 22(2): 316-318.
- [21] Wang R H, Zhang Q F, Zhou B L, Lian H, Ma G S. Analysis on the interaction between root exudates and rhizosphere microbes. *Chinese Journal of Soil Science*, 2007, 38(1): 167-172.
- [22] Zhang J Y, Wang J G, Xu Y L. Effect of amino acids from soybean root exudates on hyphal growth of pathogenic fungi of soybean root rot. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2008, 14(2): 308-315.
- [23] Ju H Y, Han L M, Wang S Q, Cong D L. Allelopathic effect of root exudates on pathogenic fungi of root rot in continuous cropping soybean. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(6): 723-727.
- [24] Hao W Y, Ran W, Shen Q R, Ren L X. Effect of root exudates from watermelon, rice plants and phenolic acids on *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(12): 2443-2452.
- [25] Huang B L, Zhu J X, Xu Y D, Zhu H, Lu C Y, Shen M X. Promotion of eggplant root exudates and extract on mycelial growth of three soil-borne pathogens. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2005, 21(4): 301-305.
- [26] Wu F Z, Meng L J, Wen J Z. Effect of cucumber root exudates on growth of *Fusarium* hyphae. *China Vegetables*, 2002, (5): 26-27.
- [27] Lee Y A, Wang C C. The design primers for the detection of *Ralstonia solanacearum* in soil samples by polymerase chain reaction. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 2000, 41(2): 121-128.
- [28] Priou S, Gutarra L, Aley P. An improved enrichment broth for the sensitive detection of *Ralstonia solanacearum* (biovars 1 and 2A) in soil using DAS-ELISA. *Plant Pathology*, 2006, 55(1): 1-10.
- [29] Caruso P, Llop P, Palomo J L, Garcia P, López M M. Evaluation of methods for detection of potato seed contamination by *Ralstonia solanacearum* // 2nd International Bacterial Wilt Symposium. Guadeloupe, 1997.
- [30] Wang S K, Wang J, Xu D P. Progress on detection methods of *Ralstonia solanacearum*. *Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition*, 2007, 31(2): 118-122.
- [31] Kelman A. The relationship of pathogenicity in *Pseudomonas solanacearum* to colony appearance on a tertrazolium medium. *Phytopathology*, 1954, 64: 293-295.

参考文献:

- [1] 杨晓丽, 张海洋, 郭旺珍, 郑永战, 苗红梅, 魏利斌, 张天真. 芝麻核雄性不育系 ms86-1 小孢子败育过程的超微结构. *作物学报*, 2008, 34(11): 1894-1900.
- [2] 张广娜, 陈利军, 陈振华, 张玉兰. 大豆轮作与连作对黑钙土酶活性和动力学特性的影响. *大豆科学*, 2008, 27(5): 795-800.
- [3] 王光华, 金剑, 潘相文, 周克琴, 刘晓冰. 不同茬口大豆根圈土壤 pH 值和氮营养分布的变化. *中国油料作物学报*, 2004, 26(1): 55-59.
- [4] 李春格, 李晓鸣, 王敬国. 大豆连作对土体和根际微生物群落功能的影响. *生态学报*, 2006, 26(4): 1144-11500.
- [6] 胡元森, 吴坤, 李翠香, 贾新成. 黄瓜连作对土壤微生物区系影响 II ——基于 DGGE 方法对微生物种群的变化分析. *中国农业科学*,

- 2007, 40(10): 2267-2273.
- [7] 张海燕, 贺江舟, 徐彪, 龚明福, 张利莉. 新疆南疆不同连作年限棉田土壤微生物群落结构的变化. 微生物学通报, 2010, 37(5): 689-695.
- [8] 王茂胜, 姜超英, 潘文杰, 薛小平, 陈懿, 梁永江. 不同连作年限的植烟土壤理化性质与微生物群落动态研究. 安徽农业科学, 2008, 36(12): 5033-5034, 5052-5052.
- [9] 张丽荣, 康萍芝, 沈瑞清, 郭成瑾, 朱建祥, 哈金华, 吴惠玲. 不同作物种植模式对新垦农田土壤微生物群落功能多样性的影响. 河南农业科学, 2009, (12): 65-68.
- [10] 马琨, 张丽, 杜茜, 宋乃平. 马铃薯连作栽培对土壤微生物群落的影响. 水土保持学报, 2010, 24(4): 229-233.
- [11] 方中达. 植病研究法(第三版). 北京: 中国农业出版社, 1998: 122-184.
- [12] 赵斌, 何绍江. 微生物学实验. 北京: 科学出版社, 2002: 255-255.
- [13] 韩宝坤, 杜艳华. 非无菌操作下分离尖孢镰刀菌的培养基. 植物病理学报, 2001, 31(4): 373-373.
- [14] 杜桂萍, 周建国, 邓金奇, 罗宽, 刘丹, 蔡勇, 肖启明. 烟草青枯病菌的田间快速检测. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2010, 36(2): 192-196.
- [17] 周永强, 薛泉宏, 杨斌, 张晓鹿, 许英俊, 郭志英, 林超峰. 生防放线菌对西瓜根域微生态的调整效应. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2008, 36(4): 143-150.
- [19] 李丽丽. 我国芝麻病害种类、研究概况及展望. 中国油料, 1989, (1): 11-16.
- [20] 韩雪, 吴凤芝, 潘凯. 根系分泌物与土传病害关系之研究综述. 中国农学通报, 2006, 22(2): 316-318.
- [21] 王茹华, 张启发, 周宝利, 廉华, 马光恕. 浅析植物根分泌物与根际微生物的相互作用关系. 土壤通报, 2007, 38(1): 167-172.
- [22] 张俊英, 王敬国, 许永利. 大豆根系分泌物中氨基酸对根腐病菌生长的影响. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(2): 308-315.
- [23] 鞠会艳, 韩丽梅, 王树起, 丛登立. 连作大豆根分泌物对根腐病原菌的化感作用. 应用生态学报, 2002, 13(6): 723-727.
- [24] 郝文雅, 冉炜, 沈其荣, 任丽轩. 西瓜、水稻根分泌物及酚酸类物质对西瓜专化型尖孢镰刀菌的影响. 中国农业科学, 2010, 43(12): 2443-2452.
- [25] 黄奔立, 朱键鑫, 许云东, 朱华, 陆长婴, 沈明星. 茄分泌物及其浸出液对3种土传病原菌生长的促进作用. 江苏农业学报, 2005, 21(4): 301-305.
- [26] 吴凤芝, 孟立君, 文景芝. 黄瓜根系分泌物对枯萎病菌菌丝生长的影响. 中国蔬菜, 2002, (5): 26-27.
- [30] 王胜坤, 王军, 徐大平. 植物青枯菌检测方法研究进展. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2007, 31(2): 118-122.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 9 May, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Responses and weigh of multi-ecosystem services and its economic value under different land cover scenarios: a case study from Ertan water control pivot in Yalong River	GE Jing, WU Nan, GAO Jixi, et al (2629)
Influence of grazing on biomass, growth ratio and compensatory effect of different plant groups in <i>Kobresia parva</i> meadow	DONG Quanmin, ZHAO Xinquan, MA Yushou, et al (2640)
Stocking effectiveness of hatchery-released kuruma prawn <i>Penaeus japonicus</i> in the Xiangshan Bay, China	JIANG Yazhou, LING Jianzhong, LIN Nan, et al (2651)
The spatial pattern of landscape fragmentation and its relations with urbanization and socio-economic developments: a case study of Beijing	QIU Jiangxiao, WANG Xiaoke, LU Fei, et al (2659)
Cellular automata simulation of barren patch connectivity effect in degradation sequence on alpine meadow in the source region of the Yangtze and Yellow rivers, Qinghai-Tibetan Plateau, China	LI Xueling, LIN Huilong (2670)
Evolution law of architectural landscape during the urban renewal process in Tiexi District	ZHANG Peifeng, HU Yuanman, XIONG Zaiping, et al (2681)
Competition for light and crop productivity in an agro-forestry system in the Hilly Region, Shangluo, China	PENG Xiaobang, ZHANG Shuoxin (2692)
Evaluation of forest ecosystem services based on biomass in Shanxi Province	LIU Yong, LI Jinchang, YANG Yonggang (2699)
Research on the morphological interactions between <i>Tamarix ramosissima</i> thickets and Nebkhas under different sand supply conditions; a case study in Cele oasis-desert ecotone	YANG Fan, WANG Xueqin, YANG Dongliang, et al (2707)
Litter decomposition and nutrient release in typical secondary and primary forests in karst region, Northwest of Guangxi	ZENG Zhaoxia, WANG Kelin, ZENG Fuping, et al (2720)
Spatial patterns of dominant species in a subtropical evergreen broad-leaved forest in Jiulian Mountain Jiangxi Province, China	FAN Juan, ZHAO Xiuhai, WANG Jinsong, et al (2729)
Characteristics of seedlings regeneration in <i>Quercus aliena</i> var. <i>acuteserrata</i> secondary forests in Qinling Mountains	KANG Bing, WANG Dexiang, LI Gang, et al (2738)
Xylem hydraulic traits of <i>Populus euphratica</i> Oliv. in extremely drought environment	AYOUPU Mubareke, CHEN Yaning, HAO Xingming, et al (2748)
Response characteristics of leaf traits of common species along an altitudinal gradient in Hongchiba Grassland, Chongqing	SONG Lulu, FAN Jiangwen, WU Shaohong, et al (2759)
Changes of carbon input influence soil respiration in a <i>Pinus tabulaeformis</i> plantation	WANG Jinsong, ZHAO Xiuhai, ZHANG Chunyu, et al (2768)
Effects of different habitats and coverage treatments on the fates of <i>Quercus wutaishanica</i> seeds under the predation pressure of rodents	YAN Xingfu, ZHOU Libiao, LIU Jianli (2778)
Nested analysis of urban woodlot bird communities in Minhang District of Shanghai	WANG Benyao, WANG Xiaoming, WANG Tianhou, et al (2788)
Production dynamics and trophic basis of three dominant mayflies in the continuum of Shenglihe Stream in the Bahe River Basin	DENG Shan, YE Caiwei, WANG Lixiao, et al (2796)
Effects of sedimentation thickness of shrimp pond cleaning discharges on <i>Acanthus ilicifolius</i> seedlings	LI Ting, YE Yong (2810)
Utilization of carbon sources by the soil microbial communities of different forest types in subtropical Australia	LU Shunbao, GUO Xiaomin, RUI Yichao, et al (2819)
Soil microbial community characteristics under different vegetation types at the Holocene-basalt Platform, Jingpo Lake area, Northeast China	HUANG Yuanyuan, QU Laiye, QU Xiuchun, et al (2827)
Effect of <i>Ipomoea aquatica</i> Floating-bed on the quantity and distribution of nitrogen cycling bacteria and nitrogen removal	TANG Yingying, LI Xiuzhen, ZHOU Yuanqing, et al (2837)
Effects of microbial inoculants on soil microbial diversity and degrading process of corn straw returned to field	LI Peipei, ZHANG Dongdong, WANG Xiaojuan, et al (2847)

Effects of coupling film-mulched furrow-ridge cropping with maize straw soil-incorporation on maize yields and soil organic carbon pool at a semiarid loess site of China	WU Rongmei, WANG Yongpeng, LI Fengmin, et al (2855)
Residues and spatial distribution of OCPs in the sediments of Gan River Basin ...	LIU Xiaozhen, ZHAO Ci, LIANG Yu, et al (2863)
Analysis on population fluctuation and properties of the white-backed planthopper in Huizhou in 2009	 DIAO Yonggang, YANG Haibo, QU Yufeng, et al (2872)
Evaluation acaricidal activities of <i>Momordica cochinchinensis</i> extracts against <i>Tetranychus cinnabarinus</i>	 GUO Huili, SHI Guanglu, JIA Liangxi, et al (2883)
Stomatal ozone uptake modeling and comparative analysis of flux-response relationships of winter wheat	 TONG Lei, FENG Zongwei, Sudebilige, et al (2890)

Review and Monograph

Calculation method of energy ecological footprint based on global net primary productivity	 FANG Kai, DONG Deming, LIN Zhuo, et al (2900)
Behavioral patterns, influencing factors, functions and risks of social play in primates	 WANG Xiaowei, ZHAO Haitao, QI Xiaoguang, et al (2910)

Discussion

Spatio-Temporal changing analysis on carbon storage of harvested wood products in China	 LUN Fei, LI Wenhua, WANG Zhen, et al (2918)
---	---

Scientific Note

Variations in allometrical relationship between stand nitrogen storage and biomass as stand development	 CHENG Dongliang, ZHONG Quanlin, LIN Maozi, et al (2929)
Effect of continuous cropping of sesame on rhizospheric microbial communities	 HUA Juling, LIU Guangrong, HUANG Jinsong (2936)
Effects of clipping on the growth, gas exchange and chlorophyll fluorescence of invasive plant, <i>Flaveria bidentis</i>	 WANG Nannan, HUANGFU Chaohe, CHEN Dongqing, et al (2943)
Influence of vegetable cultivation methods on soil organic carbon sequestration rate	 LIU Yang, YU Dongsheng, SHI Xuezheng, et al (2953)
Integrated matrix-hydrology-biological remediation technology for bank collapse lakeside zone of Chaohu Lake	 CHEN Yunfeng, ZHANG Yanhui, ZHENG Xiqiang (2960)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 9 期 (2012 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 9 (May, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@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