

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

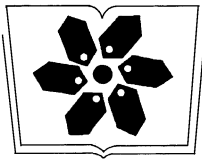
Acta Ecologica Sinica



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/stxb201103210347

吴荣美,王永鹏,李凤民,李小刚. 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. 生态学报, 2012, 32(9): 2855-2862.

Wu R M, Wang Y P, Li F M, Li X G. 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. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(9): 2855-2862.

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,李小刚*

(兰州大学生命科学学院干旱与草地生态教育部重点实验室,兰州 730000)

摘要:全膜双垄集雨沟播是我国旱作农业上的一项创新技术。该技术因集覆膜垄面集雨沟播、覆盖抑蒸和增加土壤温度为一体,在半干旱黄土高原地区玉米种植中增产效果突出而被大面积推广。但是目前该技术连续使用下土壤肥力的可持续性及其调控途径不清楚。通过将田间实验与土壤有机碳的物理分组技术相结合,研究全膜双垄集雨沟播对土壤有机碳库的影响,来评估将秸秆还田纳入全膜双垄集雨沟播玉米种植体系的可行性。实验地点位于甘肃省榆中县小康营乡(35°54'N, 104°05'E;海拔 2013 m;多年平均降雨量 388 mm)。实验在垄沟种植方式的基础上设置秸秆不还田不覆膜(对照,CK)、秸秆还田(S)、地膜覆盖(M)和秸秆还田+地膜覆盖(S+M) 4 个处理,重复 3 次。实验于 2009 年 3 月开始 2010 年 10 月结束。除了对玉米籽粒产量进行测定之外,分别于每年的播种和收获时对表层 15 cm 土壤总有机碳、颗粒有机碳(粒径 2—0.05 mm)和轻组有机碳(密度 <1.8 g/cm³)含量进行了测定。同时在玉米不同生育时期对表层 15 cm 土壤微生物量碳、β-葡萄糖苷酶活性、碱性磷酸酶活性和脲酶活性动态进行了测定。研究结果表明,与 CK 处理相比 M 和 S+M 处理分别增加玉米产量 89%—105% 和 93%—136%,但是 S 处理对玉米产量没有影响。综合 2a 的测定结果,与 CK 相比较 S、M 和 S+M 处理对土壤总有机碳含量没有影响,但是 M 处理具有降低土壤颗粒有机碳和轻组有机碳含量的趋势,而 S 或者 S+M 处理具有明显的增加土壤颗粒有机碳和轻组有机碳含量的趋势。与 M 处理相比较,S+M 处理增加土壤颗粒有机碳和轻组有机碳含量的效果比与 CK 处理相比较的效果更明显。与 CK 相比较,S、M 和 S+M 处理都能够不同程度地增加土壤微生物量碳和β-葡萄糖苷酶、碱性磷酸酶和脲酶的活性,尤其以 S+M 处理的增加效果更明显。相关分析结果显示,不同处理土壤中 3 种酶活性与微生物量碳含量均呈极显著正相关关系。研究结果说明全膜双垄集雨沟播可以显著增加玉米产量,但是连续使用可能对土壤有机碳库有不利影响;而纳入秸秆还田对于全膜双垄集雨沟播技术引用下土壤有机碳库和微生物活性的维持或者提高具有积极作用。

关键词:秸秆还田;全膜双垄集雨沟播;玉米产量;土壤颗粒有机碳;土壤轻组有机碳;土壤微生物量碳;土壤酶活性

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, LI Xiaogang*

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

Abstract: Plastic film mulched furrow-ridge cropping is a recent modification of maize cropping pattern. By excluding evaporation, redistributing precipitation from ridges to furrows and increasing soil temperature, plastic film mulched furrow-ridge pattern can significantly enhance maize grain yields and thus it has been widely extended on semiarid Loess Plateau for

基金项目:国家科技支撑计划课题(2011BAD29B04)

收稿日期:2011-03-21; 修订日期:2011-06-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lixiaogang@lzu.edu.cn

maize production. However, the sustainability of soil fertility, and related soil management practices have been limitedly studied under continuous application of this cropping pattern. This research was therefore designed to investigate effects of plastic film mulched furrow-ridge maize cropping on soil organic carbon pools and the possibility of introducing the soil incorporation of maize straws into this cropping pattern. The research site ($35^{\circ}54'N$, $104^{\circ}05'E$) was located at Xiaokangying, Yuzhong County of Gansu Province, with an altitude of 2013 m and annual precipitation of 388 mm. The experimental design included four treatments, namely, nil-straw incorporation plus nil-mulch (control), straw incorporation (S), film mulch (M), and straw incorporation plus film mulch (S+M), with 3 replicates on a furrow-ridge micro-relief-prepared field. The experiment started in March 2009 and ended in October 2010. In addition to the measurement of maize grain yields, soil samples were taken from the top 15 cm layer at sowing and harvesting in each experimental year for determinations of total soil organic carbon, particulate organic carbon (particle size $2-0.005$ mm) and light organic carbon (density <1.8 g/cm³) concentrations. Soil microbial biomass carbon and activities of β -glucosidase, alkaline phosphatase and urease were also periodically analyzed for the top 15 cm layer under different treatments through maize growth season each year. Compared to control, M and S+M treatments improved maize grain yields by 89%–105% and 93%–136%, whereas S treatment did not affected maize grain yields. Over two years, total soil organic carbon concentration was not changed by S, M or S+M, compared with control. However, M inclined towards decreasing but S or S+M treatment showed increasing, particulate organic carbon and light organic carbon concentrations in soils. The increasing effect in particulate or light organic carbon pool with S+M treatment was more significant when compared to M than compared to control. Soil microbial biomass carbon and activities of β -glucosidase, alkaline phosphatase and urease were increased by S, M or S+M, compared to control. The increasing effect in soil microbial biomass carbon or activities of three enzymes with S+M treatment was more significant when compared to S or M. Further, soil β -glucosidase, alkaline phosphatase and urease activities all positively correlated to soil microbial biomass carbon concentration over treatments and periodical measurements for two experiment years, respectively. Our preliminary results showed although plastic film mulched furrow-ridge cropping markedly increased maize grain yields but may have a potential to decrease soil organic carbon pool; it was feasible to introduce maize straw into this cropping system for a favorable soil organic carbon balance and microbial activity.

Key Words: maize straw soil incorporation; film-mulched furrow-ridge cropping; maize yields; particulate soil organic carbon; light soil organic carbon; soil microbial biomass carbon; enzymatic activity

黄土高原半干旱地区,年总降雨量少,季节波动大,气温低,只靠天然降水通常无法达到高产和稳产的效果。全膜双垄集雨沟播是我国旱作农业上的一项创新技术,该技术集覆膜垄面集雨沟播、覆盖抑蒸和增加土壤温度为一体,实现了集雨、保墒、抗旱、增产的效果^[1]。但是由于相应措施不配套,覆膜后出现了植株早衰,土壤肥力消耗过大,增产增收效果下降等问题。而农作物秸秆中含有丰富的 C、N、P、K 等多种营养元素,秸秆还田可以增加土壤有机质的含量,改良长期使用无机肥造成的土壤板结问题,改善土壤结构,提高土壤肥力^[2]。

土壤有机碳是植物可利用的养分来源,是土壤养分循环转化的核心,微生物活性则代表了土壤中整个微生物群落或一些特殊种群的状况。土壤有机碳的含量及其动态平衡与微生物活性是评价土壤质量的重要指标,容易受到耕作方式的影响^[3]。但是目前全膜双垄集雨沟播技术连续使用下土壤肥力的可持续性及其调控途径不清楚。本研究通过将田间实验与土壤有机碳的物理分组技术相结合,研究全膜双垄集雨沟播对土壤有机碳库的影响,评估将秸秆还田纳入全膜双垄集雨沟播玉米种植体系的可行性,从而找出一条既能提高作物产量又能维持地力的可持续利用的途径,进而为更好的将秸秆还田和全膜双垄集雨沟播综合应用到农业生产中提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

实验地点在甘肃省榆中县小康营乡(35°54'N, 104°05'E),海拔 2013 m,无霜期 130 d,年平均温度 6.7 °C, ≥ 10 °C 积温为 2134 °C,多年平均降雨量 388 mm。受季风影响,降水多集中在 6—8 月份,占全年降水量的 50%—70%。试验期玉米生长季的降雨量分别 266.9 mm (2009)和 320 mm (2010)。试验地土壤 pH 值 8.3,土壤容重 1.19 g/cm³,土壤颗粒组成砂粒(2—0.05 mm) 6.5%,粉粒(0.05—0.002 mm) 71.2%,粘粒(< 0.002 mm) 22.3%。

1.2 实验设计

田间实验为单因素随机区组排列,在垄沟种植方式的基础上设置 4 个处理:1) 秸秆不还田不覆膜(对照, CK),2) 秸秆还田(S),3) 地膜覆盖(M),4) 秸秆还田+地膜覆盖(S+M)。每个处理 3 次重复,随机排列。垄沟种植方式为大小两垄相间。大垄宽 70 cm、高 10 cm,小垄宽 40 cm、高 15 cm。大小垄相接处播种玉米。2009 年 3 月试验开始,2010 年 10 月结束。秸秆还田处理的秸秆(长度<5 cm)还田量 2009 年为 5400 kg/hm² (80 °C 下的烘干重),2010 年为 7125 kg/hm²。地膜覆盖处理为全部土壤表面地膜覆盖,地膜宽度为 120 cm、厚度为 0.008 mm (聚乙烯材料,甘肃天水天宝塑业有限责任公司)。小区面积 39.6 m² (6.6 m × 6 m)。2009 年与 2010 年播种时所有处理均施过磷酸钙 750 kg/hm² (含 P₂O₅ 12%),尿素 600 kg/hm²。

1.3 土壤样品采集与处理

分别于播种期(4 月 18 日)、苗期(5 月 31 日)、拔节期(7 月 13 日)、抽雄期(8 月 13 日)和成熟期(10 月 16 日)进行土壤样品采集。采样深度为 0—15 cm。田间采集的湿润土壤样品一部分过 2 mm 筛后于 4 °C 下保存,用于土壤微生物量碳及酶活性的分析。另一部分土壤样品风干后过 2 mm 筛,用于土壤轻组有机碳和颗粒有机碳的提取及其含量的测定。2 mm 的风干土样用研钵研磨后过 0.25 mm 筛,以供土壤总有机碳含量的测定。

1.4 分析方法

土壤总有机碳的测定按照常规方法进行^[4];土壤轻组有机碳和颗粒有机碳的测定按照 Marriott and Wander 描述的方法进行^[5];土壤微生物量碳的测定采用氯仿熏蒸-K₂SO₄ 提取法,浸提液中的有机碳用 TOC (Multi C/N 3100) 仪分析^[6];β-葡萄糖苷酶活性与碱性磷酸酶活性的测定参照 Tabatabai 所述的方法^[7];脲酶活性的测定按照 Klose and Tabatabai 描述的方法进行^[8]。

玉米产量的测定:于每个试验小区随机选取两行玉米,测定玉米籽粒的鲜重及含水量(105 °C 烘 1 h,杀青,70 °C 下烘 72 h),最后折算到每公顷的产量。

试验数据用 SPSS16.0 进行单因素方差分析,不同处理差异显著性的多重比较采用最小显著差异(LSD_{0.05})法。各图表中的数据均为 3 次重复的平均值。

2 结果

2.1 秸秆还田与全膜双垄集雨沟播耦合对玉米产量的影响

如图 1 所示,2009 年与 2010 年 M 和 S+M 处理中的玉米产量均显著高于 CK ($P < 0.05$),而 S 处理与 CK 差异不显著($P > 0.05$)。2009 年 M 和 S+M 处理较 CK 分别增产 105% 和 136%,2010 年 M 和 S+M 处理较 CK 分别增产 89% 和 93%。2009 年 S+M 处理中的玉米产量显著高于 M 处理(平均高 1060 kg/hm²),而 2010 年差异不显著。总的来看,2010 年的玉米产量均高于相同处理下的 2009 年的产量,这可能与 2009 年玉米主要生育期的降雨量偏少,气候干旱,导致玉米减产有关。

2.2 秸秆还田与全膜双垄集雨沟播耦合对土壤有机碳库的影响

图 2 所示的是不同处理下 0—15 cm 土层土壤总有机碳(TOC)的含量。2009 年播种前土壤 TOC 的基底值在 4 个处理间无差异($P > 0.05$)。2009 年与 2010 年收获时,S、M 和 S+M 处理中的土壤 TOC 值与 CK 差异均不显著。2010 年收获时,S 处理中的土壤 TOC 显著高于 M 处理,平均高 0.27 g/kg,而其他处理之间无

差异。

图 3 和图 4 所示的是不同处理下 0—15 cm 土层土壤颗粒有机碳 (POC) 和轻组有机碳 (LOC) 的含量。2009 年播种前 POC 和 LOC 的基底值在四个处理间均无差异 ($P>0.05$)。2009 年收获时, S 处理中的 POC 和 LOC 显著高于 CK (分别高 11.4% 和 16.2%), 而 S+M 处理与 CK 差异不显著。2010 年收获时, S 和 S+M 处理中的 POC 显著高于 CK (分别高 17.3% 和 12.5%), S 处理中的 LOC 显著高于 CK, 平均高 20.4%, 而 S+M 处理中的 LOC 与 CK 差异不显著。总的来看, M 处理具有降低土壤颗粒有机碳和轻组有机碳含量的趋势, 但是与 CK 差异不显著。连续 2a 收获时, S 和 S+M 处理中的 POC 与 LOC 值均显著高于 M 处理, S 处理和 S+M 处理间差异不显著。

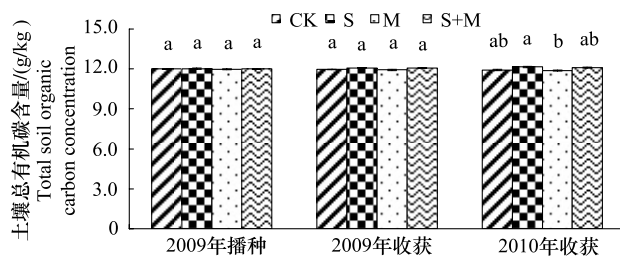


图 2 2009 与 2010 年不同处理下 0—15 cm 土层土壤总有机碳的含量

Fig. 2 Concentrations of total soil organic carbon in the 0—15 cm soil layer under different treatments in 2009 and 2010

2.3 秸秆还田与全膜双垄集雨沟播耦合对土壤微生物量碳及酶活性的影响

2.3.1 土壤微生物量碳的变化

土壤微生物量碳是土壤有机质的活体部分, 调节着土壤养分的矿化和固定过程, 是指示土壤有机碳库变化的重要指标。如图 5 所示, 总的来说, 与 CK 处理相比较 S、M 和 S+M 处理都具有增加土壤微生物量碳 (MBC) 含量的作用, S+M 处理中的 MBC 含量高于 M 和 S 处理。2009 年 M 和 S+M 处理中的 MBC 含量显著高于 CK, S 与 CK 差异不显著, 而 2010 年 S 和 S+M 处理中的 MBC 含量显著高于 CK, M 与 CK 差异不显著 (10 月除外)。2009 年 M 处理中 MBC 的含量高于 S 处理, 而 2010 年 S 处理中 MBC 的含量高于 M 处理, 这可能与第 1 年秸秆的降解率较低和 2010 年的降雨较多导致覆膜的作用不显著有关。

2.3.2 土壤中酶活性的变化

图 6—图 8 所示的是 2009 年与 2010 年不同处理下 0—15 cm 土层 β -葡萄糖苷酶、碱性磷酸酶和脲酶的活性。总的来看, 连续 2a, S、M 和 S+M 处理中的 3 种酶活性都高于 CK, S+M 处理高于其他处理。2009 年 M 处理中的酶活性始终高于 S, 而 2010 年 S 处理中的酶活性始终高于 M (图 6—图 8)。由图 6 可知, 连续 2a, 除

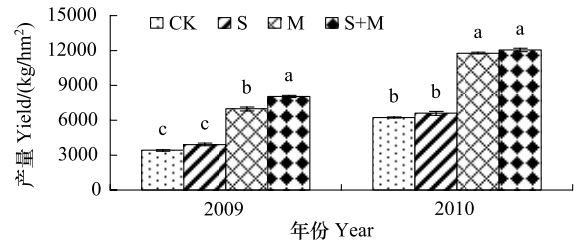


图 1 2009 年与 2010 年不同处理下的玉米产量

Fig. 1 The yields of maize under different treatments in 2009 and 2010

图中 a, b, c 代表 0.05 水平的差异显著性

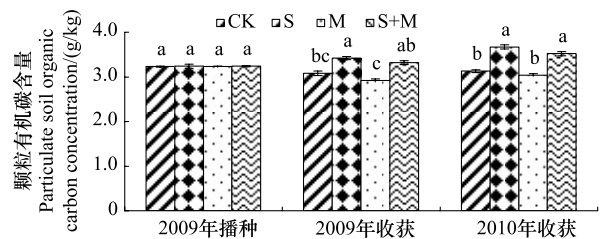


图 3 2009 与 2010 年不同处理下 0—15 cm 土层土壤颗粒有机碳的含量

Fig. 3 Particulate soil organic carbon concentrations in the 0—15 cm soil layer under different treatments in 2009 and 2010

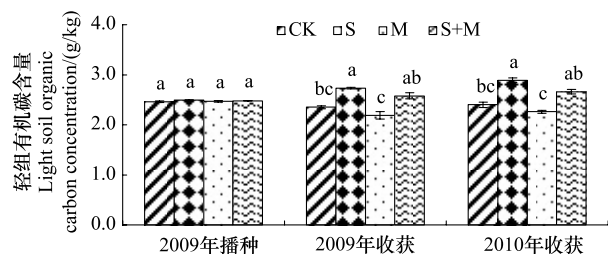


图 4 不同处理下 0—15 cm 土层土壤轻组有机碳的含量

Fig. 4 Light soil organic carbon concentrations in the 0—15 cm soil layer under different treatments in 2009 and 2010

2010 年 7 月和 10 月 S+M 处理中的 β -葡萄糖苷酶活性显著高于 CK 外,所有处理间差异均不显著。如图 7 所示,2009 年,同一生育期内,除 7 月、8 月和 10 月 S+M 处理中的碱性磷酸酶活性显著高于 CK 外,其他所有处理间差异均不显著;2010 年,S 和 S+M 处理中的碱性磷酸酶活性显著高于 CK 和 M,M 和 CK 差异不显著。试验 2 年,在玉米整个主要生育期,S+M 处理中的脲酶活性都显著高于 CK,而 M 与 CK 差异不显著(2009 年 5 月、7 月和 10 月除外),S 与 CK 差异也不显著(2010 年 7 月、8 月和 10 月除外)(图 8)。

2.3.3 土壤微生物量碳与酶活性的相关性

由图 9 可知,连续 2a 土壤微生物量碳含量与 β -葡萄糖苷酶活性、碱性磷酸酶活性和脲酶活性均呈极显著的正相关关系。

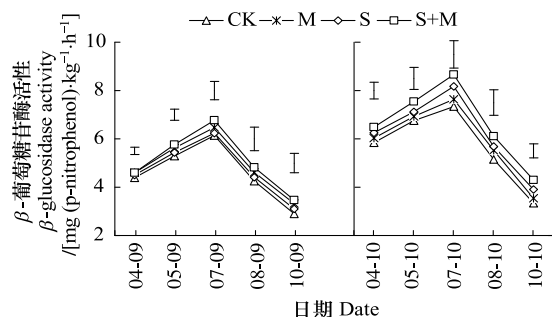


图 6 2009 与 2010 年玉米不同生育期不同处理下 0—15 cm 土层 β -葡萄糖苷酶的活性

Fig. 6 Enzymatic activity of β -Glucosidase in 0—15 cm soil layer under different treatments during maize growing season in 2009 and 2010

3 结论与讨论

1) 本实验结果表明,连续 2a,M 和 S+M 处理显著增加了玉米产量,而 S 处理对玉米产量没有影响。李来祥等曾报道全膜双垄沟播解决了黄土高原旱作农业区玉米等作物因春旱无法播种、出苗的瓶颈^[9],孙学保的研究表明全膜双垄沟播缩短玉米物候期,提前生育进程,利于玉米的成熟^[1],这可能是试验中地膜覆盖显著提高玉米产量的原因。S 处理的增产效果不显著,这可能与试验时间较短,秸秆的腐解率较低有关。S+M 处理中的产量高于 M 处理,这可能是地膜覆盖与秸秆还田的交互作用导致的。地膜覆盖提高了地温与土壤含水量,加快了秸秆的分解,促进了秸秆中有效养分的释放以供玉米生长需要。

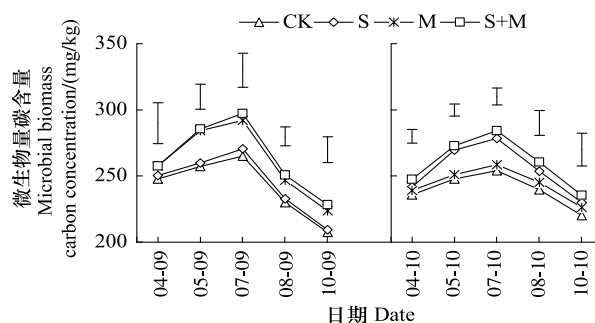


图 5 2009 与 2010 年玉米不同生育期不同处理下 0—15 cm 土层土壤微生物量碳的含量

Fig. 5 Microbial biomass carbon concentrations in 0—15 cm soil layer under different treatments during maize growing season in 2009 and 2010

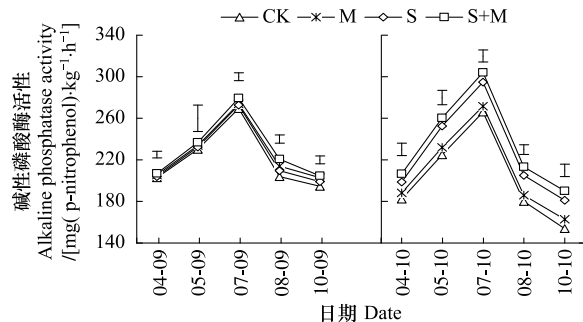


图 7 2009 与 2010 年玉米不同生育期不同处理下 0—15 cm 土层碱性磷酸酶的活性

Fig. 7 Enzymatic activity of Alkaline phosphatase in 0—15 cm soil layer under different treatments during maize growing season in 2009 and 2010

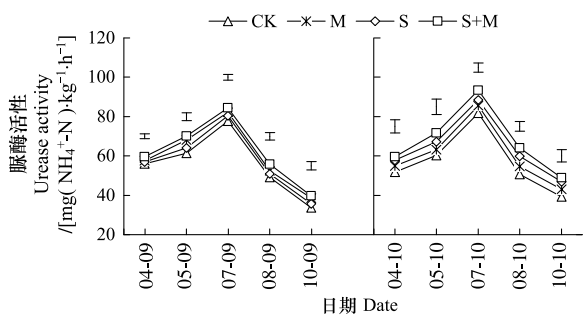


图 8 2009 与 2010 年玉米不同生育期不同处理下 0—15 cm 土层脲酶的活性

Fig. 8 Enzymatic activity of Urease in 0—15 cm soil layer under different treatments during maize growing season in 2009 and 2010

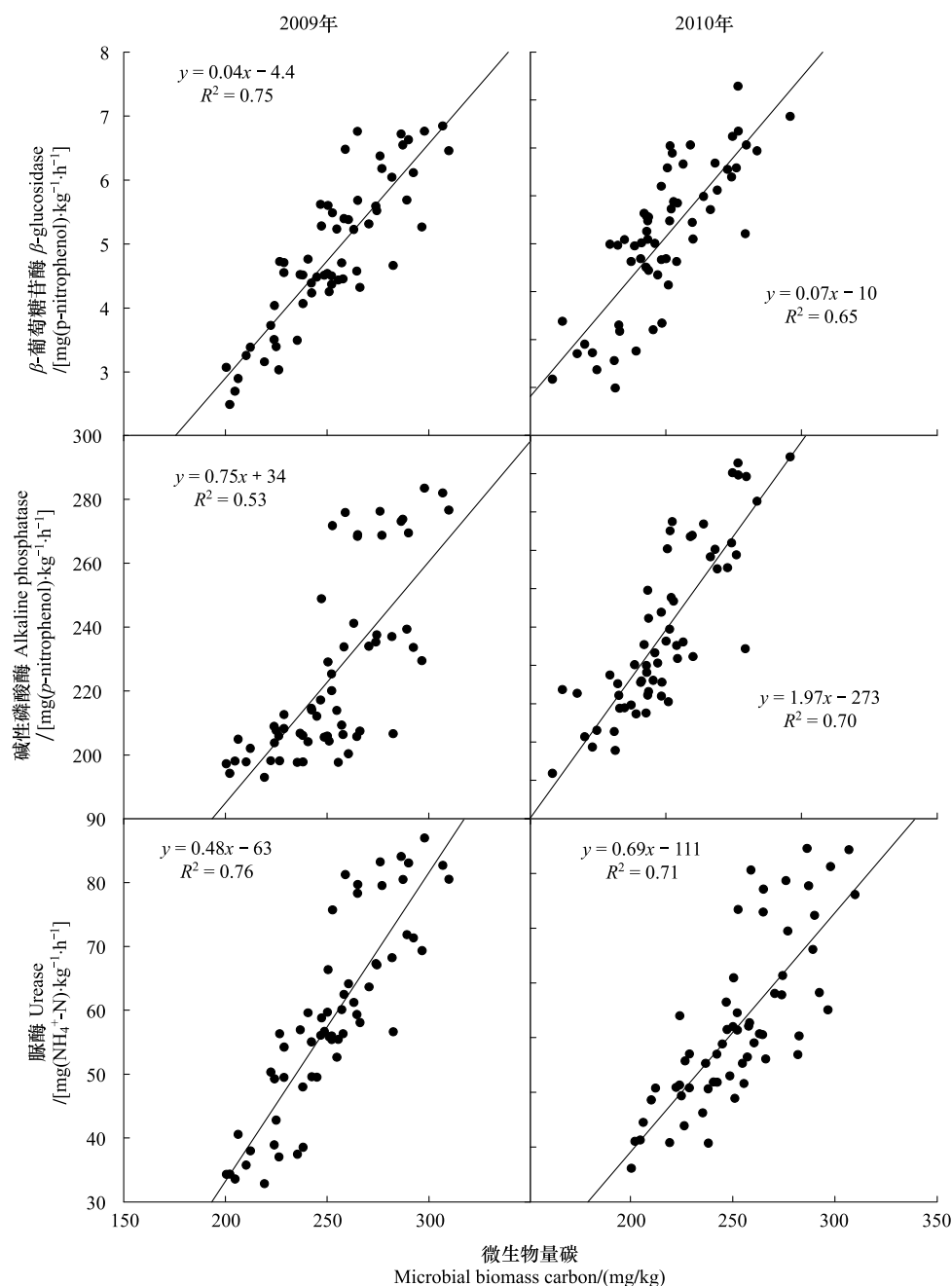


图9 2009年与2010年土壤微生物量碳与酶活性的相关性

Fig. 9 Correlation between microbial biomass carbon and enzyme activity in 2009 and 2010

2) 土壤有机质是土壤中养分循环转换的核心,直接影响土壤肥力和作物产量。进入土壤中的有机质与从土壤中损失的有机质之间的平衡状况决定了土壤有机质的含量。本试验中,秸秆还田与地膜覆盖对土壤TOC的影响不显著,这可能与本文试验只进行了2a,时间较短有关。活性有机碳主要包括颗粒有机碳、轻组有机碳、碳水化合物和可矿化碳等,活性有机碳在反应土壤质量变化、转化速率等方面更敏感。试验结果表明,M处理具有降低土壤POC和LOC含量的趋势,而S或者S+M处理具有明显的增加土壤POC和LOC含量的趋势。Six等认为新鲜有机残体输入量和土壤环境是影响土壤轻组有机碳的决定因素^[10]。秸秆还田增加了土壤中植物体残留量,而植物体是轻组有机碳的重要来源。秸秆还田后土壤中有机质含量提高,改善了土壤结构,增加了土壤团聚体的稳定性,使颗粒有机碳得到更好的保护,不易被微生物利用。王晶曾报道LOC与土壤呼吸速率、矿化碳、微生物体N等有显著的正相关关系^[11]。S和S+M处理中的POC与LOC值均显著

高于 M 处理,说明在覆膜处理中添加秸秆可以在一定程度上弥补因地膜覆盖导致的土壤有机碳含量下降问题。

3) 连续 2a,秸秆还田和地膜覆盖均增加了土壤中微生物量碳的含量。秸秆还田增加了土壤中的碳源,为微生物繁殖提供养分,而地膜覆盖改善了土壤的水热状况,减少雨水对土壤的直接拍打,使土壤疏松,微生物活动旺盛,这可能是试验中还田与覆膜处理中的 MBC 含量高于 CK 的原因。同一生育期的 4 个处理中,S+M 处理中的 MBC 含量始终高于其他处理,这可能是由秸秆还田与覆膜的交互作用导致的。秸秆还田弥补了覆膜带来的有机碳含量下降问题,而覆膜促进了秸秆的分解,从而为微生物的繁殖提供了养分。

土壤酶是土壤代谢的动力,不仅可以反映土壤中生物化学过程的强度和方向,而且还能反映土壤碳、氮、磷等的动态变化,被作为衡量土壤质量变化的一个敏感性指标。本试验中秸秆还田与地膜覆盖均提高了土壤中 β -葡萄糖苷酶、碱性磷酸酶和脲酶的活性,这与贾伟和林叶春等报道的秸秆还田和覆膜能够提高土壤中酶的活性^[12-13]一致。土壤酶主要来自微生物、动植物活体的分泌及残体、遗骸的分解释放。秸秆还田增加了土壤中有机的含量和土壤透气性,地膜覆盖改善了土壤的水热状况,有利于微生物的繁殖及玉米根系的生长,从而导致土壤中酶活性的提高。汪景宽等的研究表明覆膜降低了脲酶的活性^[14],但本试验却得出相反的结论(图 8),与陈锡时等报道的覆膜能够提高脲酶的活性^[15]一致,原因可能是脲酶与土壤中各类群微生物数量密切相关,覆膜改善了土壤的水热状况,促进了微生物数量与植物根系分泌物的增加,从而提高了脲酶的活性。

相关分析结果显示,土壤微生物量碳与 β -葡萄糖苷酶、碱性磷酸酶和脲酶的活性均呈极显著正相关关系。土壤微生物量碳主要来源于土壤微生物细胞裂解后释放的碳量,土壤酶主要来自微生物和植物根系的分泌。土壤中的酶促进有机物的分解,为微生物的生长繁殖提供养料,反过来,微生物的活动又刺激酶活性的提高。因此微生物量碳与酶活性在一定程度上可以反映土壤中微生物数量的多少,可用作评价土壤质量的生物学指标。

References:

- [1] Sun X B. Effect of Whole Covering on Double Ridges and Planting in Catchment Furrows on Maize Yield Increase of Dry Land [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2009.
- [2] Guan X Z, Li C T. Applied effect of straw-amended soil. *Rain Fed Crops*, 2002, 22(5): 309-310.
- [3] Doran J W, Jones A J, Arshad M A. Determinants of soil quality and health//Lal R, ed. *Soil Quality and Soil Erosion*. Boca Raton: CRC Press, 1999: 17-36.
- [4] Bao X D. *Chemical Analysis Methods in Soil and Agriculture*. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 107-108.
- [5] Marriott E E, Wander M. Qualitative and quantitative differences in particulate organic matter fractions in organic and conventional farming systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 2006, 38(7): 1527-1536.
- [6] Vance E D, Brookes P C, Jenkinson D S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, 1987, 19(6): 703-707.
- [7] Tabatabai M A. Soil enzymes//Page A L, Miller R H, eds. *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties* 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy, 1982: 903-943.
- [8] Klose S, Tabatabai M A. Urease activity of microbial biomass in soils as affected by cropping systems. *Biology and Fertility of Soils*, 2000, 31(3/4): 191-199.
- [9] Li L X, Liu G C, Yang Q F, Zhao X W, Zhu Y Y. Research and application development for the techniques of whole plastic-film mulching on double ridges and planting in catchment furrows in dry land. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2009, 27(1): 114-118.
- [10] Six J, Elliott E T, Paustian K, Doran J W. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Science Society of America Journal*, 1999, 62(5): 1367-1377.
- [11] Wang J, Xie H T, Zhu P, Li X Y. Cancellation and modern analysis method for active soil organic matter (carbon). *Chinese Journal of Ecology*, 2003, 22(6): 109-112.
- [12] Jia W, Zhou H P, Xie W Y, Guan C L, Hao C H, Shi Y Q. Effects of long-term returning corn stalks to the field combined with applying fertilizer in autumn on microbial biomass C, N and enzyme activity in cinnamon soil. *Acta Agrichlturae Boreali-Sinica*, 2008, 23(2): 138-142.

- [13] Lin Y C, Zeng Z H, Tang H M, Xiao X P, Tang W G, Yang G L, Hu Y G. Soil enzyme activity in spring potato fields under different mulching practices in double rice cropping area. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2011, 19(1): 13-18.
- [14] Wang J K, Peng T, Zhang X D, Zhu D M, Chen X Z. Effect of sheeting with plastic film on activities of soil enzymes. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 1997, 28(3): 210-213.
- [15] Chen X S, Guo S F, Wang J K, Zhang J. Effect of mulching cultivation with plastic film on soil microbial population and biological activity. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1998, 9(4): 435-439.

参考文献:

- [1] 孙学保. 旱地全膜双垄沟播玉米增产效应研究 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2009.
- [2] 关兴照, 李成泰. 秸秆直接还田试验应用效果研究. *杂粮作物*, 2002, 22(5): 309-310.
- [4] 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社, 2000: 107-108.
- [9] 李来祥, 刘广才, 杨祁峰, 赵小文, 朱永永. 甘肃省旱地全膜双垄沟播技术研究与应进展. *干旱地区农业研究*, 2009, 27(1): 114-118.
- [11] 王晶, 解宏图, 朱平, 李晓云. 土壤活性有机质(碳)的内涵和现代分析方法概述. *生态学杂志*, 2003, 22(6): 109-112.
- [12] 贾伟, 周怀平, 解文艳, 关春林, 郜春花, 石彦琴. 长期秸秆还田秋施肥对褐土微生物碳、氮量和酶活性的影响. *华北农学报*, 2008, 23(2): 138-142.
- [13] 林叶春, 曾昭海, 唐海明, 肖小平, 汤文光, 杨光立, 胡跃高. 双季稻田马铃薯不同覆盖栽培对土壤酶活性的影响. *中国生态农业学报*, 2011, 19(1): 13-18.
- [14] 汪景宽, 彭涛, 张旭东, 朱冬梅, 陈新芝. 地膜覆盖对土壤主要酶活性的影响. *沈阳农业大学学报*, 1997, 28(3): 210-213.
- [15] 陈锡时, 郭树凡, 汪景宽, 张健. 地膜覆盖栽培对土壤微生物种群和生物活性的影响. *应用生态学报*, 1998, 9(4): 435-439.

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