

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 3 期
Vol.31 No.3
2011



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 3 期 2011 年 2 月 (半月刊)

目 次

景观生态学原理在城市土地利用分类中的应用	李伟峰, 欧阳志云, 肖 焱 (593)
中国特有濒危植物夏蜡梅的交配系统	赵宏波, 周莉花, 郝日明, 等 (602)
昆仑山北坡不同海拔塔里木沙拐枣的光合生理生态特性	朱军涛, 李向义, 张希明, 等 (611)
天山云杉天然林不同林层的空间格局和空间关联性	李明辉, 何风华, 潘存德 (620)
大气 CO ₂ 浓度升高对 B 型烟粉虱大小、酶活及其寄主的选择性影响	王学霞, 王国红, 戈 峰 (629)
桃小食心虫越冬幼虫过冷却能力及体内生化物质动态	王 鹏, 凌 飞, 于 毅, 等 (638)
象山港不同养殖类型海域大型底栖动物群落比较研究	廖一波, 寿 鹿, 曾江宁, 等 (646)
北部湾宝刀鱼的摄食生态	颜云榕, 杨厚超, 卢伙胜, 等 (654)
黄河三角洲自然保护区东方白鹤的巢址利用	段玉宝, 田秀华, 朱书玉, 等 (666)
贺兰山野化牦牛冬春季食性	姚志诚, 刘振生, 王兆铨, 等 (673)
杉木生长及土壤特性对土壤呼吸速率的影响	王 丹, 王 兵, 戴 伟, 等 (680)
中国干旱半干旱区潜在植被演替	李 飞, 赵 军, 赵传燕, 等 (689)
夜间增温和施肥对川西亚高山针叶林两种树苗根际效应的影响	卫云燕, 尹华军, 刘 庆, 等 (698)
洱海流域 44 种湿地植物的氮磷含量特征	鲁 静, 周虹霞, 田广宇, 等 (709)
杠柳幼苗对不同强度干旱胁迫的生长与生理响应	安玉艳, 梁宗锁, 郝文芳 (716)
柠条细根的空间分布特征及其季节动态	史建伟, 王孟本, 陈建文, 等 (726)
NaCl 和 Na ₂ SO ₄ 胁迫下两种刺槐叶肉细胞叶绿体超微结构	孟凡娟, 庞洪影, 王建中, 等 (734)
设施番茄果实生长与环境因子的关系	程智慧, 陈学进, 赖琳玲, 等 (742)
嫁接茄子根系分泌物变化及其对黄萎菌的影响	周宝利, 刘 娜, 叶雪凌, 等 (749)
华北地区冬小麦干旱风险区划	吴东丽, 王春乙, 薛红喜, 等 (760)
干旱胁迫条件下冷型小麦灌浆结实期的农田热量平衡	严菊芳, 张嵩午, 刘党校 (770)
秸秆不同还田量对宁南旱区土壤水分、玉米生长及光合特性的影响	高 飞, 贾志宽, 路文涛, 等 (777)
盐胁迫下不同基因型冬小麦渗透及离子的毒害效应	徐 猛, 马巧荣, 张继涛, 等 (784)
阿魏酸、对羟基苯甲酸及其混合液对土壤氮及相关微生物的影响	母 容, 潘开文, 王进闯, 等 (793)
岷江上游油松与云杉人工林土壤微生物生物量及其影响因素	江元明, 庞学勇, 包维楷 (801)
荒漠沙蒿根围 AM 真菌和 DSE 的空间分布	贺学礼, 王银银, 赵丽莉, 等 (812)
百菌清对落叶松人工防护林土壤微生物群落的影响	邵元元, 王志英, 邹 莉, 等 (819)
居住区植物绿量与其气温调控效应的关系	李英汉, 王俊坚, 李贵才, 等 (830)
近 33 年白洋淀景观动态变化	庄长伟, 欧阳志云, 徐卫华, 等 (839)
舟山群岛旅游交通生态足迹评估	肖建红, 于庆东, 刘 康, 等 (849)
¹⁵ N 交叉标记有机与无机肥料氮的转化与残留	彭佩钦, 仇少君, 侯红波, 等 (858)
沉积物老化过程中 DOC 含量变化对菲吸附-解吸的影响	焦立新, 孟 伟, 郑丙辉, 等 (866)
湖南石门、冷水江、浏阳 3 个矿区的苧麻重金属含量及累积特征	余 玮, 揭雨成, 邢虎成, 等 (874)
问题讨论	
近 55a 来河西走廊荒漠绿洲区季节变化特征及其对胡杨年生长期的影响	刘普幸, 张克新 (882)
利用 HYSPLIT 模型分析麦蚜远距离迁飞前向轨迹	郁振兴, 武予清, 蒋月丽, 等 (889)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 302 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-02

秸秆不同还田量对宁南旱区土壤水分、玉米生长及光合特性的影响

高飞¹, 贾志宽^{1,2,*}, 路文涛, 韩清芳, 杨宝平, 侯贤清

(1. 西北农林科技大学干旱半干旱研究中心, 杨凌 712100; 2. 农业部旱地作物生产与生态重点开放实验室, 杨凌 712100)

摘要:在宁南半干旱区通过大田定位试验研究了不同秸秆还田量对农田土壤水分、春玉米生长性状、关键生育期光合特性及产量的影响。试验设计为3个秸秆还田量水平,小麦秸秆按3000 kg/hm²(L)、6000 kg/hm²(M)、9000 kg/hm²(H)粉碎还田;玉米秸秆按4500 kg/hm²(L)、9000 kg/hm²(M)、13500 kg/hm²(H)粉碎还田,对照为秸秆不还田。每个处理设3次重复,随机区组排列,秸秆被粉碎机打碎成5cm左右的小段,人工均匀翻埋至25cm左右深度的土层。结果表明,不同秸秆还田量(高、中、低)下,播前各处理0—200cm土层土壤贮水量均较CK(对照)有显著提高,秸秆还田量由高到低,0—200cm土层土壤贮水量增加量是30.17—32.83 mm,不同还田量之间没有显著差异。玉米株高、茎粗和单株叶面积显著增加,和对照比较差异达显著水平($P < 0.05$)。还田处理玉米叶片的光合速率和蒸腾速率在12:00—15:00持续出现高值,高、中、低3个秸秆还田量处理的叶片光合速率分别显著高出对照6.52、3.74、3.20 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ($P < 0.05$),蒸腾速率分别高于对照2.08、1.63、0.72 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。随秸秆还田量由高到低,高、中、低3个不同秸秆还田量处理的玉米籽粒产量较对照分别提高了58.3%、36.7%和5.4%,玉米水分利用效率(WUE)较CK分别提高38.5%、31%和0.9%。秸秆还田可提高土壤的水分利用率和蓄水能力,促进作物的光合作用,进而使作物增产。不同土壤含水量条件下,光合速率、蒸腾速率的日变化规律不同,土壤水分亏缺对于旱地区作物光合作用来说将是最大的限制因子。

关键词:秸秆还田;光合效率;玉米生产力;土壤水分;宁南旱区

Effects of different straw returning treatments on soil water, maize growth and photosynthetic characteristics in the semi-arid area of Southern Ningxia

GAO Fei¹, JIA Zhikuan^{1,2,*}, LU Wentao, HAN Qingfang, YANG Baoping, HOU Xianqing

1 Research Center of Agriculture in the Arid and Semiarid Areas, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China

2 The Key Laboratory of Crop Production and Ecology, Ministry of Agriculture, the People's Republic of China, Yangling 712100, China

Abstract: In order to study the effect of different straw returning treatments on the yield of corn, soil water, the growth characteristics of spring corn and the photosynthetic characteristics on key growth period, a field experiment was conducted in the area of southern Ningxia. The experiment of straw returning consists 3 levels which is 3000 kg/hm²(L), 6000 kg/hm²(M), 9000 kg/hm²(H) for wheat straw and 4500 kg/hm²(L), 9000 kg/hm²(M), 13500 kg/hm²(H) for corn straw. The control treatment has no straw returning. There is three times of every treatment. With the completely randomized block arrangement, straw is chopped at the length about 5cm and is uniform buried in the soil about 25cm layer. The results show that, the soil water storage of 0—200cm soil layer significantly increased, which enhanced 30.17mm, 31.13 mm, 32.83 mm respectively follow the amount of straw returning from high to low compared to CK. Compared with CK, the maize height, the stem diameter and leaf area have significantly increased ($P < 0.05$). The photosynthetic rate and transpiration rate of corn leaf on different straw returning treatments that follow the amount of straw returning from high to low is in sustainable high level during 12:00—15:00 a day, compared with CK, the photosynthetic rate enhanced 6.52, 3.74,

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划旱农课题(2006BAD29B03);节水共性技术研究(2007BAD88B10)

收稿日期:2010-01-23; **修订日期:**2010-04-06

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhikuan@tom.com

$3.20\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ respectively, the transpiration rate increased 2.08, 1.63, $0.72\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ respectively ($P < 0.05$). Follow the amount of straw returning from high to low, compared with CK, grain yield of corn increased 58.3%, 36.7% and 5.4% respectively; *WUE* of corn increased 38.5%, 31% and 0.9% respectively. The results of experiment from 2007—2009 showed that straw returning treatments in the area of southern Ningxia can increase *WUE* and the ability of soil water storage, promote the photosynthesis of corn, and then increases the yield of corn. The daily variation regularity of the photosynthetic rate and the transpiration rate is different on different soil moisture. The main limiting factor is water deficit of soil for the photosynthesis of crop in the arid area of Ningxia Province.

Key Words: straw returning; photosynthetic rate; maize productivity; soil water; dry area of the south Ning Xia province

水资源短缺严重制约着黄土高原旱地农业生产力的提高^[1],已有研究表明,半干旱区 60% 的年降水多集中在 7—9 月^[2],雨季与作物生长需水期不吻合,且降雨形式以小雨或大暴雨为主,这不仅不利于作物对水分的有效吸收,而且会造成大面积水土流失,导致干旱频繁发生^[3]。实行秸秆还田能改善土壤理化性状,补充土壤养分,增加土壤有机质含量及非侵蚀性团粒,改进土壤渗水性,是作物生产中节水保墒、增加作物产量和提高水分利用效率的有效措施^[4-7]。同时,通过秸秆还田,可充分利用秸秆资源,减轻焚烧秸秆对生态环境的不利影响,是发展有机可持续农业的一条有效途径。

近年来,关于秸秆还田的研究报道较多^[8-13],主要集中在对土壤理化性状、作物产量及酶活性等方面影响的研究,且取得了一定进展。杜守宇报道称^[14],秸秆还田可减轻雨水对土壤的拍打冲击淋洗,保持表土不被压实而下沉,并可以消除阳光曝晒而引起的表土硬结龟裂,使土壤保持良好的结构;更为重要的是覆盖的秸秆还田后增加了土壤有机质,土壤中腐殖质与团粒结构的比重大大增加,土壤团聚体数量增多,容重下降,稳水保肥性能增强,为土壤良好结构的形成奠定了基础。徐国伟等认为^[15],秸秆还田可提高直播稻的产量,改善稻米的外观品质与食味品质,郑伟等研究表明^[16],常规田间管理条件下,接茬冬小麦旗叶叶绿素含量、超氧化物歧化酶活性和可溶性蛋白的变化随秸秆还田量的增加呈单峰趋势,过氧化物酶和丙二醛的变化随秸秆还田量的增加呈单谷趋势;前人的研究多关注对秸秆还田的方式、时间、数量、翻压程度等方面,虽然已基本明确秸秆还田对作物生长发育和产量形成的影响以及对改良土壤的重要作用,但关于秸秆还田对半干旱区玉米的生长和关键生育时期光合生理特性的影响研究还少见报道。

据此,本研究在宁南半干旱区定位设置了不同秸秆还田量试验,对 3a 后土壤水分、玉米生长及光合特性的影响进行了分析,为秸秆还田的推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2007—2009 年在宁夏回族自治区彭阳县旱地农业试验区进行。该区海拔 1800m,全年 56% 降水集中分布在 7—9 月,无效、微效降水日数多,气候干燥,蒸发强烈,土壤蓄墒率不足 30%,属温带半干旱气候,年平均气温 $6-8.5^{\circ}\text{C}$,无霜期 147—168d,年降雨量 350—450mm。土壤质地为黄绵土。试验地耕层土壤有机质含量 10.42g/kg ,土壤全氮含量 0.86g/kg ,土壤速钾含量 97mg/kg ,土壤速磷 2.39mg/kg ,土壤碱解氮含量 54.43mg/kg 。2009 年玉米生育期间降雨量分布不均,从 4 月份播种到 6 月共降雨 47.2mm,占玉米生育期总降雨量的 18.7%,7 月 8 日至 9 月 19 日是降雨量最集中的时期,共 187.9mm,约占生育期间总降雨量的 74.4%,9 月 19 日以后至玉米成熟降雨量 17.5mm,占总降雨量的 6.9%。

1.2 试验设计

秸秆还田量设 3 个处理,小麦秸秆按 3000kg/hm^2 (L)、 6000kg/hm^2 (M)、 9000kg/hm^2 (H) 粉碎还田;玉米秸秆按 4500kg/hm^2 (L)、 9000kg/hm^2 (M)、 13500kg/hm^2 (H) 粉碎还田,对照为秸秆不还田。每个处理设 3 次重复,随机区组排列,小区面积为 18m^2 。秸秆被粉碎机打碎成 5cm 左右的小段,人工均匀翻埋至不同处

理小区 25cm 左右深度的土层。2007 年按小麦秸秆还田量于播前进行粉碎还田,4 月 28 日试种玉米,品种为沈单 16,处理及对照播前施用 375kg/hm² 过磷酸钙(P₂O₅:12%—17%),密度 5.25 万株/hm²,10 月 11 日收获,玉米收获后按试验设置要求进行玉米秸秆还田;2008 年 4 月 28 日试种作物为谷子,品种为大同 10 号,密度 30 万株/hm²,10 月 17 日收获,收获后按小麦秸秆还田量进行粉碎还田;2009 年 4 月 22 日种玉米,品种也为沈单 16,10 月 13 日收获。

1.3 计算方法

1.3.1 土壤水分含量的测定

土壤水分含量测定深度为 0—200 cm 土层,取样方法为每 0—20 cm 取 1 个土样,测定时间为玉米播种期、生长各阶段及收获期,每次测定 3 次重复,采用烘干法测定。

1.3.2 土壤贮水量的计算

$$W = h \times a \times b \times 10 / 100$$

式中, W 为土壤贮水量(mm), h 土层深度(cm), a 土壤容重(g/cm³), b 土壤含水量(质量%)。

1.3.3 土壤耗水量的计算

$$ETa = W_1 - W_2 + P$$

式中, ETa 为土壤耗水量(mm), W_1 播前土贮水量(mm), W_2 收获后的贮水量(mm), P 生育期有效降水量(mm),式中土壤贮水量及耗水量均以 2m 土层含水量计算。

1.3.4 水分利用效率

$$WUE = Y / ET_a$$

式中, WUE 为水分利用效率(kg·min⁻¹·hm⁻²), Y 为作物籽粒产量(kg/hm²)。

$$\text{叶片水分利用效率}(WUE_p) \quad WUE_p(\mu\text{mol}\cdot\text{mmol}^{-1}) = P_n / E$$

式中, P_n 为作物叶片光合速率, E 为叶片蒸腾速率。

1.3.5 株高、径粗和叶面积的测定

每小区选 5 株有代表性、长势一致植株进行挂牌标记,从进入拔节期开始,在各生育时期测单株株高、径粗和叶面积。叶面积测定方法采用系数法,即单叶面积 = 叶片中脉长度(cm) × 叶片最大宽度(cm) × 系数(0.75),株高(cm)采用卷尺测量,径粗(cm)采用游标卡尺测量。

1.3.6 产量因素的测定

测定项目为收获后玉米产量及穗部性状(千粒重、穗粒数、穗长及穗粗),数据结果为 3 次重复的平均值。

1.3.7 光合指标的测定

采用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400 便携式光合作用测定系统进行测定。每个小区选 5 株有代表性、长势一致的植株,测定玉米吐丝期棒三叶的光合速率和蒸腾速率的日变化,并计算叶片光合水分利用效率;

1.4 统计方法

用 DPS6.55 处理软件进行样本方差分析及 Duncan's 新复极差检验。

2 结果与分析

2.1 不同处理下玉米各生长阶段的土壤水分含量变化

如表 1 所示,播前各处理 0—200cm 土层土壤贮水量均较 CK 有所提高,秸秆还田量由高到低,土壤贮水量增加量为 30.17—32.83 mm,不同还田量处理之间没有显著差异。不同还田处理与对照差异显著($P < 0.05$)。随着玉米生育进程的推移,玉米生长耗水增加,各处理土壤贮水量较对照呈现下降趋势。可以看出,在玉米苗期、成熟期和收获期还田处理较 CK 对照土壤贮水量有不同程度的提高,且相互间无显著性差异。高、中、低量还田处理较对照土壤贮水量,在玉米苗期分别增加 4.36、11.43、18.33 mm;成熟期分别增加了 44.37、40.13、28.11mm。土壤贮水量在玉米生长旺盛生育时期(拔节期、抽穗期、吐丝期),由于还田处理玉米生长旺盛需水量较大所以土壤贮水量有小于 CK 对照的趋势。

表 1 不同还田量处理对玉米全生育时期 0—200cm 土层土壤水分变化的影响/mm

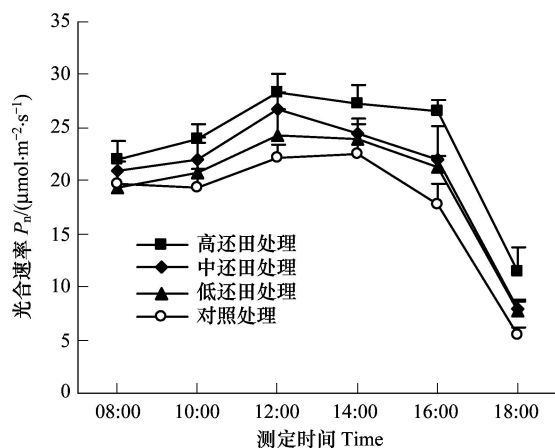
Table 1 Effects of the water of 0—200cm soil in the whole growing period of corn under different organic fertilizer treatments/mm

处理 Treatments	播种前 Before sowing	出苗期 Seeding stage	拔节期 Jointing stage	抽雄期 Teaseling Stage	吐丝期 Silking stage	成熟期 Maturity stage	收获期 Harvest period
H	343.5a	354.2a	263.1a	294.0a	325.5a	423.9a	378.0a
M	344.5a	361.2a	293.8b	291.2a	331.3a	419.7a	367.1a
L	346.2a	368.1a	279.9a	285.1ab	331.4a	407.6a	368.3a
CK	313.4b	349.8a	325.0c	322.3c	341.9a	379.5b	347.4b
降雨量/mm Precipitation	1.5	37.3	8.4	28.4	136	23.5	17.5

同列数据后不同小写字母表示差异达 5% 显著水平

2.2 玉米光合速率、蒸腾速率及叶片光合水分利用效率的日变化

由图 1、2 可知,在玉米吐丝期秸秆还田处理玉米的光合速率和蒸腾速率 12:00—15:00 时间段持续出现高值,光合速率与蒸腾速率在日变化上存在着同步关系,H、M、L 还田处理叶片光合速率分别较对照高 6.52、3.74、3.20 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,差异显著 ($P < 0.05$),蒸腾速率分别较对照高 2.08、1.63、0.72 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,除 L 处理外,其他处理与对照差异显著 ($P < 0.05$)。

图 1 不同处理下玉米旗叶光合速率 (P_n) 日变化情况Fig. 1 The changing trend of P_n rate of the flag leaf in corn under the different treatments

玉米主要叶片的瞬时水分利用效率可用光合速率 (P_n) 与蒸腾速率 (E) 之比来表示。由图 3 可以看出,各处理的叶片的瞬时水分利用效率在 8:00—12:00 较高水平, H、M、L 处理分别比对照高 11.07%、2.90% 和 11.98%,差异显著 ($P < 0.05$)。

2.3 玉米植株的农艺性状变化

2.3.1 玉米株高

由图 4 可见,不同还田处理的玉米株高动态变化均呈“S”型曲线变化态势。秸秆还田处理的玉米株高在吐丝期和成熟期明显高于对照 ($P < 0.05$);玉米播种后,全生育期 H、M 和 L 处理下平均株高较 CK 高 24.39%、15.91% 和 11.25%。

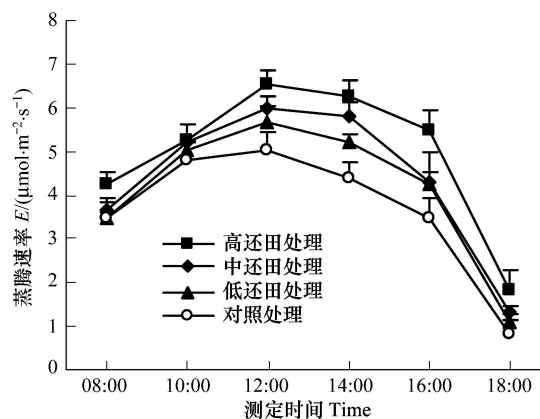
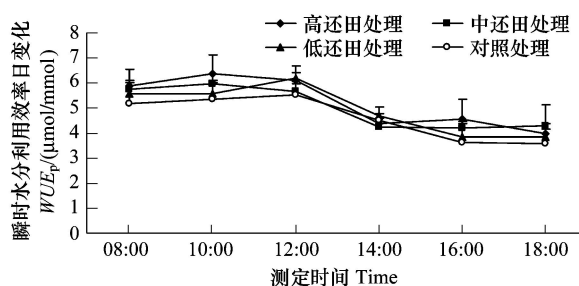
图 2 不同处理下玉米旗叶蒸腾速率 (E) 日变化情况Fig. 2 The changing trend of E rate of the flag leaf in corn under the different treatments

图 3 不同处理下玉米瞬时水分利用效率的日变化

Fig. 3 The changing trend of WUE_p rate of the flag leaf in corn under the different treatments

2.3.2 玉米叶面积

由图 5 可见,不同秸秆还田量处理下,在拔节期和收获期,玉米单株叶面积明显大于对照 ($P < 0.05$)。全生育期 H、M、L 还田处理下单株叶面积平均比对照大 30.67%、22.22% 和 15.72%。

2.3.3 玉米茎粗

由图 6 可见,不同还田处理下,全生育期 H 处理的玉米茎粗明显大于对照 ($P < 0.05$)。其中玉米拔节期的茎粗变化最为显著,除 L 处理外,H、M 处理的茎粗都显著大于对照,分别高出对照 51.76%、30.79%。

2.4 玉米产量和水分利用效率

对 3 种不同还田量处理下的玉米产量、耗水量和水分利用效率的分析结果表明(表 2),H 处理产量最高,达 5395.38 kg/hm²,其次为 M 处理和 L 处理,分别较对照提高 58.3%、36.7% 和 5.4% ($P < 0.05$)。随秸秆还田量水平由高到低不同秸秆还田处理玉米水分利用效率较 CK 分别提高 38.5%、31% 和 0.9%,H、M 处理显著高于对照 ($P < 0.05$)。

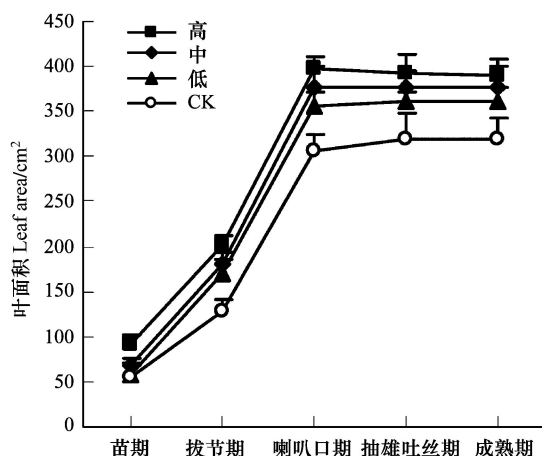


图 5 玉米叶面积动态

Fig. 5 Corn leaf area dynamics

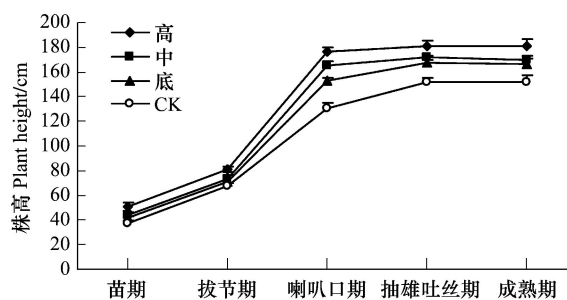


图 4 玉米株高动态

Fig. 4 Corn plant height dynamics

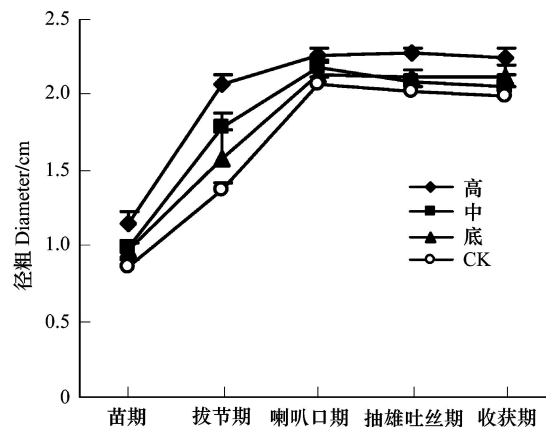


图 6 玉米径粗动态

Fig. 6 corn diameter dynamics

表 2 玉米产量及产量构成因素

Table 2 Corn yields and yield components

处理 Treatments	产量 Yields (kg/hm ²)	千粒重 Weight per 1000 grains/g	穗粒数 Number of grains per ear	穗长 Ear length /cm	穗粗 Ear diameter /cm	空秆率/% Blank stem rate	ETa /mm	WUE /(kg·mm ⁻¹ ·hm ⁻²)
H	5395.4a	337.5a	528.6a	22.8a	5.02a	9.5	248.7	21.7a
M	4658.5b	308.2b	499.8ab	23.1a	4.58b	10.1	227.1	20.5a
L	3591.5c	283.5c	418.8bc	21.9a	4.62b	12.4	231.7	15.8b
CK	3408.1c	278.5c	404.6c	21.4a	4.52b	16.4	217.7	15.7b

同列数据后不同小写字母表示差异达 5% 显著水平。

3 讨论与结论

相关研究表明^[17-20],秸秆还田可以形成有良好团聚体结构的土壤,具有高度的孔隙性、持水性和通透性,还可以提高土壤有机质含量、优化土壤物理性状,在植物生长期能很好的调节植物对水、肥、气、热诸因素的

需要,为作物高产提供了保证。通过本试验可知,秸秆还田处理可以显著提高播前 0—200cm 土层土壤贮水量,随还田量的多少而异;在玉米出苗到拔节期还田处理较对照土壤贮水量有不同程度的提高,除 M 处理外其它两处理均与对照无显著性差异,这可能与秸秆还田有利于土壤水分保蓄有关。在拔节到灌浆中期,各处理的土壤贮水量较对照有所下降,该时段秸秆还田处理的玉米株高、单株叶面积和玉米茎粗较对照增长幅度显著,其土壤贮水量低于对照可能与玉米旺盛生长消耗较多水分有关;在玉米生长后期,降雨增多,玉米生长耗水相对较少,秸秆还田处理的保水能力得以体现,因而表现出较对照土壤贮水量显著增加。

也有研究表明,秸秆还田后对土壤水分性状的影响具有双重性^[21]:初期秸秆腐解过程消耗大量水分,产生与作物争夺水分的现象;腐解过程结束后,由于秸秆还田增加了土壤的保水性,因而有利于土壤水分状况的改善和土壤含水量的增加。显然,秸秆粉碎还田后,存在一段腐解时期,在不同土壤条件和气候条件下,该时期延续的长短不同。在本研究中,经过 3a 的还田试验,大部分秸秆已经得到完全腐解,因而改善了土壤的水分状况。但是从以上分析的各个指标来看,还田量的多少与之存在一定的相关性。

试验表明,H 处理玉米产量最高,其次为 M 处理和 L 处理,较对照产量显著提高,分别为 58.3%、36.7% 和 5.4%;玉米水分利用效率较 CK 分别提高 38.5%、31% 和 0.9%,H、M 处理显著高于对照。这可能是由于秸秆还田措施在提高了土壤贮水量的同时还大幅增加了土壤的微生物含量,从而使土壤酶的活性显著提高,加速土壤矿质养分的分解利用和土壤有机质养分的分解,为玉米生长发育提供了充足的养分供应,最终使玉米的产量提高,水分利用效率增加,对此需进一步研究证实。

光合能力的强弱在相当程度上取决于物种的遗传特性,但是适宜的外部生态条件会促使其固有的光合潜能的发挥^[22]。本试验中,玉米的光合速率与蒸腾速率在日变化上存在着同步关系,H、M 与 L 处理叶片光合速率分别显著高于对照,蒸腾速率分别高于对照 2.08、1.63、0.72 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,H、M 处理与对照差异显著。已有研究表明,土壤贮水量偏低会使作物的蒸腾速率和光合速率受到影响,随着土壤含水量的下降,叶片的蒸腾速率和光合速率也明显下降;不同土壤含水量条件下,光合速率、蒸腾速率的日变化规律不一样,含水量过大和适宜时趋势基本一致,而与水分亏缺时又显著不同^[23-25]。本试验结果表明,光合速率与蒸腾速率较对照有一定程度的提高,这可能是由于秸秆还田措施提高了土壤的含水量而促进了植物的光合作用。

References:

- [1] Xiao G J, Wang J. Research on progress of rainwater harvesting agriculture on the Loess Plateau of China. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(5): 1003-1008.
- [2] Li F R, Zhao S L, Geballe G T. Water use patterns and agronomic performance for some cropping systems with and without fallow crops in a semi-arid environment of northwest China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2000, 79: 129-142.
- [3] Li X Y, Gong J D. Effect of different ridge, furrow ratios and supplemental irrigation on crop production in ridge and furrow rainfall harvesting system with mulches. *Agricultural Water Management*, 2002, 54: 243-254.
- [4] Zhang D X, Han Z Q, Liu W, Gao S G, Hou D J, Li G F, Chang L S. Effect of different treatments on the space-time dynamic changes of soil nutrients by returning maize straw under different decay conditions. *Chinese Journal of Soil Science*, 2005, 36(3): 360-364.
- [5] Chen S H, Zhu Z L, Wu J, Liu D H, Wang C Q. Decomposition characteristics of straw return to soil and its effect on soil fertility in purple hilly region. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(6): 141-144.
- [6] Lao X R, Sun W H, Wang Z, Hao Y R, Zhang C A. Effect of matching use of straw and chemical fertilizer on soil fertility. *Acta Pedologica Sinica*, 2003, 40(4): 618-623.
- [7] Wu Z J, Zhang H J, Xu G S, Zhang Y H, Liu C P. Effect of returning corn straw into soil on soil fertility. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(5): 539-542.
- [8] Ma Y L, Shi H K, Zhang S K, Lu R H. Whole maize straw addition: the changes of soil physical and chemical properties and the effect on winter wheat. *Journal of China Agricultural University*, 2003, 8(s): 42-46.
- [9] Liu J G, Bian X M, Li Y B, Zhang W, Li S. Effects of long-term continuous cropping of cotton and returning cotton stalk into field on soil biological activities. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(5): 1027-1032.
- [10] Jiang Y J, Zhang D M, Lu S Q. Fertilization effect of continuous application of cotton seed manure and cotton stalk returned to field together with combined application of chemical fertilizers. *Agriculture Research in Arid Areas*, 1999, 17(4): 16-21.
- [11] Tan Z J, Li Q, Chen D L, Zhou Q M, Xiao Q M, Li J G. On the effect of rice-straw returned to the field on microbes and enzyme activity in paddy soil. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(10): 3385-3392.
- [12] Wang X B, Cai D X, Zhang J Q, Gao X K. Effects of corn stover incorporated in dry farmland on soil fertility. *Scientia Agriculture Sinica*, 2000, 33(4): 54-61.

- [13] Ren X L, Jia Z K, Chen X L, Han Q F, Li R. Effects of rainwater-harvested furrow/ridge system on spring corn productivity under different simulated rainfalls. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(3): 1006-1015.
- [14] Du S Y, Tian E P, Wen M, Wu Q S. The overall effects of stubble mulching farmlands and its technical series. *Agriculture Research in Arid Areas*. 1994, 12(2): 88-94.
- [15] Xu G W, Tan G L, Wang Z Q, Liu L J, Yang J C. Effects of wheat-residue application and site-specific nitrogen management on grain yield and quality and nitrogen use efficiency in direct-seeding rice. *Scientia Agricultura Sinica*, 2009, 42(8): 2736-2746.
- [16] Zheng W, Zhang J, Liu Y, Liao Y C, Gao W S. Physiological effects of ploughing corn straw under soil on flag-leaf resistance of winter wheat under lowly applying fertilizer condition. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(9): 4967-4975.
- [17] Chen E F, Zhou L K, Wu G Y. Performances of soil microaggregates instoring and supplying moisture and nutrients and role of their compositional proportion in judging fertility level. *Acta Pedologica Sinica*, 1994, 31(1): 18-28.
- [18] Zhang D X, Han Z Q, Liu W, Gao S G, Hou D J, Li G F, Chang L S. Biological effect of maize stalk return to field directly under different accretion decay conditions. *Plant Nutrition and Fertilizing Science*, 2005, 11(6): 742-749.
- [19] Qiang X C, Yuan H L, Gao W S. Effect of crop-residue incorporation on soil CO₂ emission and soil microbial biomass. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(3): 469-472.
- [20] Kong C H, Xu T, Hu F. Allelopathy of *Ageratum conyzoides* II. releasing mode and activity of main allelochemicals. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1998, 9(3): 257-260.
- [21] Wu F. Effects of Maize Straw Incorporation for Successive Years on Soil Physical-Chemical Properties and Crop Growth. Beijing: China Agriculture University, 2005.
- [22] Huang Z Y, Dong X J, Jiang G M, Yuan W P. Primary studies on the daily dynamic changes of photo-synthesis and transpiration of *Salix psammophila*. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 2002, 22(4): 817-823.
- [23] Dai J Y, Shen X Y, Xu S C, Wang L Z, Cui Q, Zhu Y L. The effect of water stress on maize photosynthetic characters and yield. *Acta Agronomica Sinica*, 1995, 21(3): 356-363.
- [24] Fu G Z, Li C H, Wang J Z, Wang Z L, Cao H M, Jiao N Y, Chen M C. Effects of stubble mulch and tillage managements on soil physical properties and water use efficiency of summer maize. *Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2005, 21(1): 52-57.
- [25] Kang S Z, Shi W J, Hu X T. Effects of regulated deficit irrigation on physiological indices and water use efficiency of maize. *Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering*, 1998, 14(4): 88-92.

参考文献:

- [1] 肖国举, 王静. 黄土高原集雨农业研究进展. *生态学报*, 2003, 23(5): 1003-1008.
- [4] 张电学, 韩志卿, 刘微, 高书国, 侯东军, 李国防, 常连生. 不同促腐条件下秸秆直接还田对土壤养分时空动态变化的影响. *土壤通报*, 2005, 36(3): 360-364.
- [5] 陈尚洪, 朱钟麟, 吴婕, 刘定辉, 王昌全. 紫色土丘陵区秸秆还田的腐解特征及对土壤肥力的影响. *水土保持学报*, 2006, 20(6): 141-144.
- [6] 劳秀荣, 孙伟红, 王真, 郝艳如, 张昌爱. 秸秆还田与化肥配合施用对土壤肥力的影响. *土壤学报*, 2003, 40(4): 618-623.
- [7] 武志杰, 张海军, 许广山, 张玉华, 刘春萍. 玉米秸秆还田培肥土壤的效果. *应用生态学报*, 2002, 13(5): 539-542.
- [8] 马永良, 师宏奎, 张书奎, 吕润海. 玉米秸秆整株全量还田土壤理化性状的变化及其对后茬小麦生长的影响. *中国农业大学学报*, 2003, 8(s): 42-46.
- [9] 刘建国, 卞新民, 李彦斌, 张伟, 李崧. 长期连作和秸秆还田对棉田土壤生物活性的影响. *应用生态学报*, 2008, 19(5): 1027-1032.
- [10] 姜益娟, 郑得明, 吕双庆, 万素梅, 李立平. 连续施用棉籽饼和棉秆还田及化肥配施的培肥效应. *干旱地区农业研究*, 1999, 17(4): 16-21.
- [11] 谭周进, 李倩, 陈冬林, 周清明, 肖启明, 李建国. 稻草还田对晚稻土壤微生物及酶活性的影响. *生态学报*, 2006, 26(10): 3385-3392.
- [12] 王小彬, 蔡典雄, 张镜清, 高绪科. 旱地玉米秸秆还田对土壤肥力的影响. *中国农业科学*, 2000, 33(4): 54-61.
- [13] 任小龙, 贾志宽, 陈小莉, 韩清芳, 李荣. 模拟不同雨量下沟垄集雨种植对春玉米生产力的影响. *生态学报*, 2008, 28(3): 1006-1015.
- [14] 杜守宇, 田恩平, 温敏, 吴青山. 秸秆覆盖还田的整体功能效应与系列化技术研究. *干旱地区农业研究*, 1994, 12(2): 88-94.
- [15] 徐国伟, 谈桂露, 王志琴, 刘立军, 杨建昌. 秸秆还田与实地氮肥管理对直播水稻产量、品质及氮肥利用的影响. *中国农业科学*, 2009, 42(8): 2736-2746.
- [16] 郑伟, 张静, 刘阳, 温晓霞, 廖允成, 高茂盛. 低施肥条件下秸秆还田对冬小麦旗叶衰老的影响. *生态学报*, 2009, 29(9): 4967-4975.
- [17] 陈恩凤, 周礼恺, 武冠云. 微团聚体的保肥供肥性能及其组成比例在评断土壤肥力水平中的意义. *土壤学报*, 1994, 31(1): 18-28.
- [18] 张电学, 韩志卿, 刘微, 高书国, 侯东军, 李国防, 常连生. 不同促腐条件下玉米秸秆直接还田的生物学效应研究. *植物营养与肥料学报*, 2005, 11(6): 742-749.
- [19] 强学彩, 袁红莉, 高旺盛. 秸秆还田量对土壤 CO₂ 释放和土壤微生物量的影响. *应用生态学报*, 2004, 15(3): 469-472.
- [20] 孔垂华, 徐涛, 胡飞. 胜红蓟化感作用研究 II. 主要化感物质的释放途径和活性. *应用生态学报*, 1998, 9(3): 257-260.
- [21] 吴菲. 玉米秸秆连续多年还田对土壤理化性状和作物生长的影响. 中国农业大学, 2005.
- [22] 黄振英, 董学军, 蒋高明, 袁文平. 沙柳光合作用和蒸腾作用日动态变化的初步研究. *西北植物学报*, 2002, 22(4): 817-823.
- [23] 戴俊英, 沈秀瑛, 徐世昌, 王莲芝, 崔钦, 朱玉伦. 水分胁迫对玉米光合性能及产量的影响. *作物学报*, 1995, 21(3): 356-363.
- [24] 付国占, 李潮海, 王俊忠, 王振林, 曹鸿鸣, 焦念元, 陈明灿. 残茬覆盖与耕作方式对土壤性状及夏玉米水分利用效率的影响. *农业工程学报*, 2005, 21(1): 52-57.
- [25] 康绍忠, 史文娟, 胡笑涛. 调亏灌溉对玉米生理指标及水分生产效率的研究. *农业工程学报*, 1998, 14(4): 88-92.

CONTENTS

Applying landscape ecological concepts in urban land use classification	LI Weifeng, OUYANG Zhiyun, XIAO Yi (593)
Mating system of <i>Sinocalycanthus chinensis</i> (Cheng et S. Y. Chang) Cheng et S. Y. Chang, an endangered, indigenous species in China	ZHAO Hongbo, ZHOU Lihua, HAO Riming, et al (602)
Photosynthetically and ecophysiological characteristics of <i>Calligonum roborowasikii</i> in different altitudes on the northern slope of Kunlun Mountain	ZHU Juntao, LI Xiangyi, ZHANG Ximing, et al (611)
Spatial distribution pattern of different strata and spatial associations of different strata in the Schrenk Spruce Forest, northwest China	LI Minghui, HE Fenghua, PAN Cunde (620)
Effect of elevated CO ₂ on the body size, enzyme activity and host selection behavior of <i>Bemisia tabaci</i> biotype B	WANG Xuexia, WANG Guohong, GE Feng (629)
The dynamics of super-cooling ability and biochemical substances in the overwintering <i>Carposina niponensis</i> Walsingham (Lepidoptera: Carposinidae) larvae	WANG Peng, LING Fei, YU Yi, et al (638)
A comparative study of macrobenthic community under different mariculture types in Xiangshan Bay, China	LIAO Yibo, SHOU Lu, ZENG Jiangning, et al (646)
Feeding ecology of dorab wolf-herring, <i>Chirocentrus dorab</i> from the Beibu Gulf	YAN Yunrong, YANG Houchao, LU Huosheng, et al (654)
Make use of nest-site of oriental white stork in the Yellow River Estuary Nature Reserve	DUAN Yubao, TIAN Xiuhua, ZHU Shuyu, et al (666)
Winter and spring diet composition of feral yak in Helan Mountains, China	YAO Zhicheng, LIU Zhensheng, WANG Zhaoding, et al (673)
Effects of tree growth and soil properties on soil respiration rate in Chinese fir plantations	WANG Dan, WANG Bing, DAI Wei, et al (680)
Succession of potential vegetation in arid and semi-arid area of China	LI Fei, ZHAO Jun, ZHAO Chuanyan, ZHANG Xiaoqiang (689)
Responses on rhizosphere effect of two subalpine coniferous species to night-time warming and nitrogen fertilization in western Sichuan, China	WEI Yunyan, YIN Huajun, LIU Qing, et al (698)
Nitrogen and phosphorus contents in 44 wetland species from the Lake Erhai Basin	LU Jing, ZHOU Hongxia, TIAN Guangyu, et al (709)
Growth and physiological responses of the <i>Periploca sepium</i> Bunge seedlings to drought stress	AN Yuyan, LIANG Zongsuo, HAO Wenfang (716)
The spatial distribution and seasonal dynamics of fine roots in a mature <i>Caragana korshinskii</i> plantation	SHI Jianwei, WANG Mengben, CHEN Jianwen, et al (726)
The ultrastructure of chloroplast in mesophyll cell on two robinias under NaCl and Na ₂ SO ₄ stress	MENG Fanjuan, PANG Hongying, WANG Jianzhong, et al (734)
Relationship between tomato fruit growth and environmental factors under protected facility cultivation	CHENG Zhihui, CHEN Xuejin, LAI Linling, et al (742)
Effect of grafting eggplant on root exudates and disease resistance under <i>Verticillium dahliae</i> stress	ZHOU Baoli, LIU Na, YE Xueling, et al (749)
The drought risk zoning of winter wheat in North China	WU Dongli, WANG Chunyi, XUE Hongxi, et al (760)
Heat balance of cold type wheat field at grain-filling stage under drought stress condition	YAN Jufang, ZHANG Songwu, LIU Dangxiao (770)
Effects of different straw returning treatments on soil water, maize growth and photosynthetic characteristics in the semi-arid area of Southern Ningxia	GAO Fei, JIA Zhikuan, LU Wentao, et al (777)
Osmotic and ionic stress effects of high NaCl concentration on seedlings of four wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) genotypes	XU Meng, MA Qiaorong, ZHANG Jitao, et al (784)
Effects of ferulic acid, p-hydroxybenzoic acid and their mixture on mineral nitrogen and relative microbial function groups in forest soils	MU Rong, PAN Kaiwen, WANG Jinchuang, et al (793)
Soil microbial biomass and the influencing factors under <i>Pinus tabulaeformis</i> and <i>Picea asperata</i> plantations in the upper Min-jiang River	JIANG Yuanming, PANG Xueyong, BAO Weikai (801)
Spatial distribution of arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophytes in the rhizosphere of <i>Artemisia sphaerocephala</i> from Inner Mongolia desert	HE Xueli, WANG Yinyin, ZHAO Lili, et al (812)
Effect of chlorothalonil on soil microbial communities of <i>Larix</i> artificial shelter-forest	SHAO Yuanyuan, WANG Zhiying, ZOU Li, et al (819)
Research of the vegetation's cooling effect in city's residential quarter	LI Yinghan, WANG Junjian, LI Guicai, et al (830)
Landscape dynamics of Baiyangdian Lake from 1974 to 2007	ZHUANG Changwei, OUYANG Zhiyun, XU Weihua, et al (839)
Evaluation of tourism transport ecological footprint in Zhoushan islands	XIAO Jianhong, YU Qingdong, LIU Kang, et al (849)
Nitrogen transformation and its residue in pot experiments amended with organic and inorganic ¹⁵ N cross labeled fertilizers	PENG Peiqin, QIU Shaojun, HOU Hongbo, et al (858)
Effects of dissolve organic carbon (DOC) contents on sorption and desorption of phenanthrene on sediments during ageing	JIAO Lixin, MENG Wei, ZHENG Binghui, et al (866)
Heavy metal concentrations and bioaccumulation of ramie (<i>Boehmeria nivea</i>) growing on 3 mining areas in Shimen, Lengshuijiang and Liuyang of Hunan Province	SHE Wei, JIE Yucheng, XING Hucheng, et al (874)
Discussion	
Climate characteristic of seasonal variation and its influence on annual growth period of <i>populus euphratica</i> Oliv in Hexi Corridor in recent 55 years	LIU Puxing, ZHANG Kexin (882)
Forward trajectory analysis of wheat aphids during long-distance migration using HYSPLIT model	YU Zhenxing, WU Yuqing, JIANG Yueli, et al (889)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 3 期 (2011 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 3 2011

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

