

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

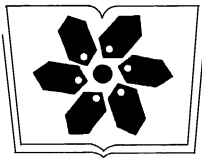
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第10期 Vol.31 No.10 **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 10 期

2011 年 5 月 (半月刊)

目 次

大熊猫取食竹笋期间的昼夜活动节律和强度·····	张晋东, Vanessa HULL, 黄金燕, 等 (2655)
高枝假木贼的胎生萌发特性及其生态适应·····	韩建欣, 魏 岩, 严 成, 等 (2662)
准噶尔盆地典型地段植物群落及其与环境因子的关系·····	赵从举, 康慕谊, 雷加强 (2669)
喀斯特山地典型植被恢复过程中表土孢粉与植被的关系·····	郝秀东, 欧阳绪红, 谢世友, 等 (2678)
青藏高原高寒草甸土壤 CO ₂ 排放对模拟氮沉降的早期响应·····	朱天鸿, 程淑兰, 方华军, 等 (2687)
毛乌素沙地南缘沙漠化临界区域土壤水分和植被空间格局·····	邱开阳, 谢应忠, 许冬梅, 等 (2697)
雪灾后粤北山地常绿阔叶林优势树种幼苗更新动态·····	区余端, 苏志尧, 解丹丹, 等 (2708)
四川盆地四种柏木林分类型的水文效应·····	龚固堂, 陈俊华, 黎燕琼, 等 (2716)
平茬对半干旱黄土丘陵区柠条林地土壤水分的影响·····	李耀林, 郭忠升 (2727)
连栽杉木林林下植被生物量动态格局·····	杨 超, 田大伦, 胡日利, 等 (2737)
近 48a 华北区太阳辐射量时空格局的变化特征·····	杨建堂, 刘 勤, 严昌荣, 等 (2748)
中型景观尺度下杨树人工林林分特征对树干病害发生的影响——以河南省清丰县为例·····	王 静, 崔令军, 梁 军, 等 (2757)
耕作措施对冬小麦田杂草生物多样性及产量的影响·····	田欣欣, 薄存瑶, 李 丽, 等 (2768)
官山保护区白颈长尾雉栖息地适宜性评价·····	陈俊豪, 黄晓凤, 鲁长虎, 等 (2776)
花椒园节肢动物群落特征与气象因子的关系·····	高 鑫, 张晓明, 杨 洁, 等 (2788)
沙漠前沿不同植被恢复模式的生态服务功能差异·····	周志强, 黎 明, 侯建国, 等 (2797)
大豆出苗期和苗期对盐胁迫的响应及耐盐指标评价·····	张海波, 崔继哲, 曹甜甜, 等 (2805)
不同耐盐植物根际土壤盐分的动态变化·····	董利苹, 曹 靖, 李先婷, 等 (2813)
短期 NaCl 胁迫对不同小麦品种幼苗 K ⁺ 吸收和 Na ⁺ 、K ⁺ 积累的影响·····	王晓冬, 王 成, 马智宏, 等 (2822)
套袋微域环境对富士苹果果皮结构的影响·····	郝燕燕, 赵旗峰, 刘群龙, 等 (2831)
畜禽粪便施用对稻麦轮作土壤质量的影响·····	李江涛, 钟晓兰, 赵其国 (2837)
土霉素胁迫下拟南芥基因组 DNA 甲基化的 MSAP 分析·····	杜亚琼, 王子成, 李 霞 (2846)
甲藻孢囊在长山群岛海域表层沉积物中的分布·····	邵魁双, 巩 宁, 杨 青, 等 (2854)
湖南省城市群生态网络构建与优化·····	尹海伟, 孔繁花, 祈 毅, 等 (2863)
基于多智能体与元胞自动机的上海城市扩展动态模拟·····	全 泉, 田光进, 沙默泉 (2875)
城市道路绿化带“微峡谷效应”及其对非机动车道污染物浓度的影响·····	李 萍, 王 松, 王亚英, 等 (2888)
专论与综述	
北冰洋微型浮游生物分布及其多样性·····	郭超颖, 王桂忠, 张 芳, 等 (2897)
种子微生物生态学研究进展·····	邹媛媛, 刘 洋, 王建华, 等 (2906)
条件价值评估的有效性与可靠性改善——理论、方法与应用·····	蔡志坚, 杜丽永, 蒋 瞻 (2915)
问题讨论	
中国生态学期刊现状分析·····	刘天星, 孔红梅, 段 靖 (2924)
研究简报	
四季竹耐盐能力的季节性差异·····	顾大彤, 郭子武, 李迎春, 等 (2932)
新疆乌恰泉地震前后泉水细菌群落的变化·····	杨红梅, 欧提库尔·玛合木提, 曾 军, 等 (2940)
两种猎物对南方小花蝽种群增长的影响及其对二斑叶螨的控害潜能·····	黄增玉, 黄林茂, 黄寿山 (2947)
学术信息与动态	
全球变化下的国际水文学研究进展: 特点与启示——2011 年欧洲地球科学联合会会员大会述评·····	卫 伟, 陈利顶 (2953)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 302 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 34 * 2011-05



封面图说: 藏酋猴 (*Macaca thibetana*) 属猴科 (*Cercopithecidae*) 猕猴属 (*Macaca*) 又名四川短尾猴、大青猴, 为我国特有灵长类之一, 被列为国家二级保护野生动物; 近年来, 由于人类活动加剧, 栖息环境恶化, 导致藏酋猴种群数量和分布日趋缩小; 本照片摄于四川卧龙国家级自然保护区 (拍摄时间: 2010 年 3 月)。

彩图提供: 中国科学院生态环境研究中心张晋东博士 E-mail: zhangjd224@163.com

耕作措施对冬小麦田杂草生物多样性及产量的影响

田欣欣, 薄存瑶, 李 丽, 徐东东, 宁堂原*, 韩惠芳, 田慎重, 李增嘉

(作物生物学国家重点实验室, 山东省作物生物学重点实验室, 山东农业大学, 山东泰安 271018)

摘要:在连续 5a 秸秆全量还田的免耕、旋耕、耙耕、深松和常规耕作试验地中, 设置了除草和不除草处理, 研究了其对杂草总密度、优势杂草种类、生物多样性指数和冬小麦产量的影响, 并分析了杂草与小麦间的竞争关系。结果表明, 麦田杂草主要有 7 种, 分别是麦蒿 (*Descumia sophia* (L.) Webb ex Prantl)、荠菜 (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik)、燕麦 (*Avena sativa* L.)、田旋花 (*Convolvulus arvensis* L.)、刺儿菜 (*Cirsium setosum* (Willd.) Bieb.)、繁缕 (*Stellaria media* (L.) Vill.)、麦家公 (*Lithospermum arvense* L.)。在未除草条件下, 免耕、深松的杂草总密度显著提高; 而在除草条件下, 杂草密度显著下降。免耕、深松、常规耕作在未除草条件下, 优势杂草种类为麦蒿、荠菜, 旋耕、耙耕条件下的优势杂草为麦蒿; 而除草后各处理的优势杂草均只有麦蒿。耙耕、常规耕作措施在未除草条件下杂草群落具有较高的物种丰富度和均匀度。无论哪种耕作措施, 除草能提高冬小麦产量, 其中以深松耕作结合除草处理的小麦产量最高。在小麦抽穗期, 未除草处理杂草株高接近或高于小麦株高, 会造成杂草与小麦间的光竞争, 对小麦的生长状况有显著影响, 从而导致小麦产量降低。

关键词:耕作措施; 农田杂草; 生物多样性; 竞争; 小麦产量

Effects of different soil tillage systems on weed biodiversity and wheat yield in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) field

TIAN Xinxin, BO Cunyao, LI Li, XU Dongdong, NING Tangyuan*, HAN Huifang, TIAN Shenzhong, LI Zengjia
State Key Laboratory of Crop Biology, Shandong Key Laboratory of Crop Biology, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China

Abstract: Conservation tillage methods, including zero-tillage, rotary-tillage, harrow-tillage and subsoil-tillage, are widely used in Northern China because of their positive effects on soil fertility and water conservation-which provide greater economic benefits than conventional tillage. Tillage methods affect not only weed biodiversity and density but also crop growth. Reasonable control of weeds is an important guarantee for higher crop yield. However, the effects of the interactions between tillage methods and weeds on crop yields in Northern China are not clear. To investigate the effects of different soil tillage methods-with and without herbicide-on weed density, dominant weed species, and the yield of winter wheat, an experiment was conducted in 2008 to 2009 on a winter wheat-summer maize cropping system incorporating two crops a year. The wheat-summer maize cropping system is the main cropping system in the region. The experiment took place at the Agronomy Research Base of Shandong Agricultural University, as part of a long-term experiment begun in 2003. The Shannon diversity index, Shannon evenness index and a species richness index were used to investigate weed biodiversity. A split plot design was used incorporating five soil tillage methods: zero-tillage, rotary-tillage, harrow-tillage, subsoil-tillage, and conventional tillage. Seven weed species were recorded in the wheat crop: *Descumia sophia* (L.) Webb ex Prantl, *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik, *Avena sativa* L., *Convolvulus arvensis* L., *Cirsium setosum* (Willd.) Bieb., *Stellaria media* (L.) Vill., and *Lithospermum arvense* L. Without herbicide, weed diversity under zero-tillage and subsoiling was significantly higher than under other tillage methods (LSD, $P < 0.05$). With herbicide, weed diversity decreased significantly. Without herbicide, the dominant weed species in the no-tillage, subsoil-tillage and conventional tillage plots

基金项目:国家“十一五”科技支撑项目(2006BAD15B07, 2007BAD89B09-9); 公益性行业(农业)科研专项经费项目(200803028, 201103001); 2009 年度大学生研究训练(SRT)计划(0901007)

收稿日期:2010-09-13; **修订日期:**2011-02-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ningty@163.com

were *Descumia sophia* (L.) Webb ex Prantl and *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik, while in the rotary-tillage and harrow-tillage plots the main species was *Descumia sophia* (L.) Webb ex Prantl. With herbicide, the dominant weed species under all tillage methods was *Descumia sophia* (L.) Webb ex Prantl. Without herbicide, species richness and evenness of weed community under harrow-tillage and conventional tillage were higher than with other tillage methods. Weeds and their interaction with tillage methods significantly affected wheat yield and composition. Wheat grain yields were increased with the use of herbicide, and subsoiling tillage gave the highest grain yield of the five tillage treatments. At the heading stage, the height of weed plants was close to or even exceeded that of the wheat, which could induce light competition between weeds and wheat resulting in decreased grain yield. Without herbicide, increasing weed biodiversity decreased weed density, while the wheat yield was still lower than in plots treated with herbicide. Subsoiling with herbicide gave higher wheat yield, mainly because of the effects of tillage methods, weeds and their interactions on light conditions and other resources.

Key Words: soil tillage; weeds; biodiversity; competition; wheat yield

免耕、旋耕、耙耕、深松等保护性耕作措施在我国已得到大面积推广应用,其控制土壤风蚀水蚀和沙尘污染、提高土壤肥力和抗旱节水能力以及节能降耗和节本增效的功效已被认可。不同耕作方式不仅对杂草多样性、杂草群落组成有显著影响而且影响作物的生长发育^[1]。且杂草与作物之间存在着光照、土壤养分与水分等资源的竞争,从而导致作物的减产^[2]。但也有研究表明,在农业生态系统中杂草具有防止土壤侵蚀、促进养分循环、消除环境污染等生态功能,保持一定的杂草生物多样性对维持生态系统功能正常发挥和保持生态平衡有着不可忽视的作用^[3-6]。因此,杂草对农作物的影响有正反两个方面。在生产中,应该尽量扩大其生态功能,而减少其与农作物间的竞争,因此,合理的控制农田杂草是作物高产的重要保证。

华北平原区主要采用冬小麦-夏玉米一年两熟种植制度^[7]。研究此种种植制度下不同耕作措施对冬小麦田杂草生物多样性及其与小麦间的竞争关系具有重要意义。近年来,国内外学者围绕不同除草方式及不同耕作方式下农田杂草的区域调查、杂草特征及其防治等方面的开展了较多研究^[7-9]。国内农田杂草多样性的研究多集中在南方旱地生态系统^[4-6],有关我国华北地区耕作方式和杂草对作物产量影响的综合研究报道较少^[9]。而要实现杂草的可持续治理就要实施与环境相容的综合控草措施^[3, 10-11],就必须了解小麦田的杂草种类及其对作物的影响。为此,本文系统研究了在不同耕作措施条件下冬小麦田杂草生物多样性及其与小麦产量之间的关系,以期为我国北方冬小麦夏玉米一年两熟农田的可持续发展提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验设置耕作方式和是否除草两个因素,裂区试验设计。耕作方式为主区,分别为免耕(Z)、旋耕(R)、耙耕(H)、深松(S)、常规耕作(C)。在耕作方式主区中,设置未除杂草(W)和除杂草(N)2个处理,3次重复,小区面积为15 m×8 m。两因素相互组合共10个处理,分别为免耕未除杂草(WZ)、旋耕未除杂草(WR)、耙耕未除杂草(WH)、深松未除杂草(WS)、免耕除杂草(NZ)、旋耕除杂草(NR)、耙耕除杂草(NH)、深松除杂草(NS),以常规耕作未除杂草(WC)、常规耕作除杂草(NC)为对照。田间作业工序:旋耕为普通旋耕机旋耕两次,作业深度为8—10 cm;耙耕采用缺口耙压茬,圆盘耙整平,作业深度为12—15 cm;深松采用自制凿型深松铲,作业深度40—45 cm;常规耕作采用铧式犁耕翻,作业深度为20—25 cm。每种耕作方式已连续应用5 a。种植方式为冬小麦-夏玉米一年两熟。除杂草处理在冬小麦越冬前进行,将防除阔叶杂草药剂75%巨星干燥悬浮剂与防除禾本科杂草的25%绿麦隆混合、喷施,药剂为深圳市诺普信农化有限公司生产,用量75%巨星干燥悬浮剂0.015 g和25%绿麦隆4.5 kg/hm²,兑水量450—600 kg/hm²,喷雾器械为卫士“WS-8型”压缩喷雾器。冬小麦供试品种为济麦20号,2008年10月11日播种,播量90 kg/hm²,2009年6月10日收获。

1.2 田间调查

分别于拔节期(2009-04-06)、抽穗期(2009-05-01)、灌浆期(2009-05-23)、成熟期(2009-06-10)4个时期调查。用五点取样法调查杂草总密度、杂草种类、杂草生物量、杂草株高、小麦株高,每个样点为长1 m、宽3个行距(小麦行距为22 cm)的区域。收获时测产和室内考种,测定冬小麦穗数、穗粒数、千粒重、产量。用相对密度(小区中某种杂草的密度除以小区中所有杂草的密度之和)作为衡量某种杂草重要程度的指标,计算Shannon多样性指数(H')、Shannon均匀度指数(E)、Margalef物种丰富度指数(DMG)等生物多样性指数。 H' 是对田间杂草物种丰富度和物种均匀度的综合量度, E 是对田间杂草群落中不同杂草之间数量分布均匀程度的量度, DMG 是对一定总数量的田间杂草中其种类数的量度。其测度公式为:

$$H' = (N \log N - \sum n \log n) N^{-1} \quad (1)$$

$$E = H' (\ln N) - 1 \quad (2)$$

$$DMG = (S - 1) (\ln N) - 1 \quad (3)$$

式中, N 为各小区中1m²内所有杂草的总株数, n 为各小区中1m²内某种杂草的株数, S 为各小区中1m²内杂草种类数量。

1.3 数据统计

用DPS和SAS对数据进行统计分析,用originpro 8.0进行作图。

作用力分析:将试验变异来源分为区组间、耕作措施、杂草处理、两因素交互效应、误差5个部分,各部分所引起的变异大小由其所产生的平方和表征,计算出耕作因素、杂草因素及交互效应作用力(各部分所引起变异在总变异中所占的比例),计算公式如下^[12]:

$$\text{耕作作用力}(\%) = \frac{\text{耕作变量(平方和)}}{\text{总变量(总平方和)}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{杂草作用力}(\%) = \frac{\text{杂草变量(平方和)}}{\text{总变量(总平方和)}} \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{交互作用力}(\%) = \frac{\text{交互变量(平方和)}}{\text{总变量(总平方和)}} \times 100\% \quad (6)$$

2 结果与分析

2.1 不同时期杂草总密度变化

由表1可知,耕作措施和是否除草对小麦田杂草总密度有显著影响。在未除草条件下,小麦拔节期杂草密度均达到10株/m²以上,深松和免耕处理下的杂草密度最大;抽穗期杂草总密度显著增加;至灌浆期,除旋耕处理外,杂草密度明显减少。除草处理的杂草密度显著低于未除草处理。

表1 小麦不同生育时期各处理杂草密度差异

Table 1 Weeds density under various treatments at the different stages of winter wheat

	拔节期杂草株数/m ² Weeds number at wheat jointing stage	抽穗期杂草株数/m ² Weeds number at wheat heading stage	灌浆期杂草株数/m ² Weeds number at wheat filling stage
WZ	57.58±7.88a	39.69±2.33b	19.39±6.21b
WR	13.03±2.25c	21.52±3.86c	23.03±5.56a
WH	11.06±1.56d	13.33±3.02e	3.03±0.85d
WS	36.67±2.01b	43.94±7.95a	9.09±3.32c
WC	10.98±1.88d	15.45±4.38d	3.03±1.24d
NZ	12.73±2.27c	1.52±1.01h	0.30±0.20e
NR	10.00±2.46e	3.64±0.76g	0.00f
NH	2.88±0.54g	3.03±1.32g	0.30±0.20e
NS	11.82±3.37d	3.64±0.76d	0.30±0.20e
NC	6.36±1.87f	5.76±1.95f	0.00f

WZ:免耕未除杂草;WR:旋耕未除杂草;WH:耙耕未除杂草;WS:深松未除杂草;NZ:免耕除杂草;NR:旋耕除杂草;NH:耙耕除杂草;NS:深松除杂草;WC:常规耕作未除杂草;NC:常规耕作除杂草;表中数据为5次重复平均值;同一列数据后不同字母表示处理间差异显著($P<0.05$)

2.2 抽穗期优势杂草种类

田间调查发现,抽穗期的杂草种类在小麦的整个生育期内有典型的代表性,而且这时期的杂草对小麦生长影响最大。由表 2 可知,小麦田中常见杂草多为 1 年生的,包括麦蒿(*Descuminia sophia* (L.) Webb ex Prantl)、荠菜(*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik)、燕麦(*Avena sativa* L.)、田旋花(*Convolvulus arvensis* L.)、刺儿菜(*Cirsium setosum* (Willd.) Bieb.)、繁缕(*Stellaria media* (L.) Vill.)、麦家公(*Lithospermum arvense* L.)。未除草条件下的杂草种类明显多于除草条件下,其中,未除草条件下的耙耕和深松处理的杂草种类均达到 4 种,其余为 3 种。在未除草条件下,同一种耕作方式的不同杂草密度存在较大差距,其相对密度也差异显著,免耕、深松、常规耕作的优势杂草种类为麦蒿、荠菜(>20%),旋耕、耙耕条件下优势杂草只有麦蒿(表 3)。除草时,5 种耕作方式下的优势杂草均只有麦蒿。总体看来,小麦田中的优势杂草为麦蒿和荠菜,其对小麦生长发育影响较大。

表 2 小麦抽穗期不同耕作处理下杂草的种类及其密度
Table 2 Weeds species and their densities under different tillage systems at the heading stage of wheat

杂草名称 Weed species	密 度 Density/(株/m ²)									
	WZ	WR	WH	WS	WC	NZ	NR	NH	NS	NC
麦蒿 <i>Descuminia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl	31.21a	20.91b	10.61c	32.73a	9.09c	1.52f	3.64e	3.03e	3.64e	5.76d
荠菜 <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik	8.48b	0.61d	0.91d	9.70a	5.76c	—	—	—	—	—
燕麦 <i>Avena sativa</i> L.	—	—	—	0.30	—	—	—	—	—	—
田旋花 <i>Convolvulus arvensis</i> L.	—	—	—	1.21	—	—	—	—	—	—
刺儿菜 <i>Cirsium setosum</i> (Willd.) Bieb.	—	—	1.52	—	—	—	—	—	—	—
繁缕 <i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	—	—	0.30	—	—	—	—	—	—	—
麦家公 <i>Lithospermum arvense</i> L.	—	—	—	—	0.61	—	—	—	—	—
总密度 Total density	39.69a	21.52b	13.34c	43.94a	15.46c	1.52f	3.64e	3.03e	3.64e	5.76d
种类 Species	2	2	4	4	3	1	1	1	1	1

WZ:免耕未除杂草;WR:旋耕未除杂草;WH:耙耕未除杂草;WS:深松未除杂草;NZ:免耕除杂草;NR:旋耕除杂草;NH:耙耕除杂草;NS:深松除杂草;WC:常规耕作未除杂草;NC:常规耕作除杂草;表中数据为 5 次重复平均值;同一行数据后不同字母,表示同一种杂草在不同耕作方式处理间差异显著($P<0.05$);—:调查中没有发现该草

表 3 小麦抽穗期不同耕作方式处理下杂草的相对密度
Table 3 Relative densities of weeds species under different tillage systems at the heading stage of wheat

杂草名称 Weed species	密 度 Density/(株/m ²)									
	WZ	WR	WH	WS	WC	NZ	NR	NH	NS	NC
麦蒿 <i>Descuminia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl	78.63a	97.18a	79.54a	74.49a	58.82a	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
荠菜 <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik	21.37b	2.82b	6.82c	22.08b	37.26b	—	—	—	—	—
燕麦 <i>Avena sativa</i> L.	—	—	—	2.75c	—	—	—	—	—	—
田旋花 <i>Convolvulus arvensis</i> L.	—	—	—	0.68d	—	—	—	—	—	—
刺儿菜 <i>Cirsium setosum</i> (Willd.) Bieb.	—	—	11.37b	—	—	—	—	—	—	—
繁缕 <i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	—	—	2.28d	—	—	—	—	—	—	—
麦家公 <i>Lithospermum arvense</i> L.	—	—	—	—	3.92c	—	—	—	—	—

WZ:免耕未除杂草;WR:旋耕未除杂草;WH:耙耕未除杂草;WS:深松未除杂草;NZ:免耕除杂草;NR:旋耕除杂草;NH:耙耕除杂草;NS:深松除杂草;WC:常规耕作未除杂草;NC:常规耕作除杂草;表中数据为 5 次重复平均值;同一列数据后不同字母表示处理间差异显著($P<0.05$)

2.3 杂草生物多样性指数

由表 4 可知,不同耕作方式对冬小麦田杂草生物多样性指数影响较大。未除草条件下,耙耕、常规耕作的

杂草丰富度和均匀度均较高,而深松条件下的杂草均匀度较低,免耕、旋耕的杂草其丰富度和均匀度均较低。

表 4 小麦抽穗期不同耕作方式处理下杂草的生物多样性指数

Table 4 Biodiversity indices of weeds under different tillage systems at the heading stage of wheat										
项目 Item	多样性指数 The values of biodiversity indices									
	WZ	WR	WH	WS	WC	NZ	NR	NH	NS	NC
DMG	0.27	0.33	1.16	0.79	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E	0.06	0.02	0.12	0.08	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H'	0.23	0.06	0.30	0.30	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

WZ:免耕未除杂草;WR:旋耕未除杂草;WH:耙耕未除杂草;WS:深松未除杂草;NZ:免耕除杂草;NR:旋耕除杂草;NH:耙耕除杂草;NS:深松除杂草;WC:常规耕作未除杂草;NC:常规耕作除杂草;DMG:Margalef 物种丰富度指数;H':Shannon 多样性指数;E:Shannon 均匀度指数

2.4 小麦与杂草株高比较

抽穗期,未除草的杂草、小麦株高都高于除草处理的杂草、小麦株高;未除草时,旋耕、常规耕作的麦蒿株高明显著高于小麦,芥菜株高较低;除草后,仅常规耕作的麦蒿高于小麦(图 1)。灌浆期,尽管优势杂草数量有所减少,但未除草时,旋耕、常规耕作的麦蒿株高仍高于小麦株高,其余处理的杂草与小麦株高基本接近。这均加重了杂草与小麦间的光竞争和肥水竞争,影响小麦的灌浆,从而降低了小麦产量。

2.5 小麦产量和构成因素差异

未除草时,不同耕作处理的产量及其构成因素差异显著(表 5)。常规耕作下冬小麦的有效穗数最高,免耕处理最低,旋耕、耙耕和深松处理间差异不显著。旋耕和深松处理的穗粒数较高。千粒重则为旋耕和免耕的较高。在不同耕作方式中,旋耕的产量最高,其次是常规耕作和耙耕处理,免耕的产量最低。

除草后,不同耕作方式间产量构成因素和籽粒产量也有显著差异(表 5)。常规耕作处理的有效穗数最高,其次为深松和耙耕,免耕处理的有效穗数显著低于其余 4 种耕作方式;深松和常规耕作的穗粒数显著高于免耕、旋耕和耙耕;各处理间的千粒重没有显著差异。冬小麦籽粒产量以深松处理最高,其次为耙耕、旋耕、常规耕作处理,最低的为免耕处理。

作用力分析表明,除耕作措施对穗粒数影响不显著外,杂草和耕作措施对籽粒产量及其构成因素均有显著甚至极显著影响,其中杂草的作用力最大(表 5)。同时,耕作措施与杂草对小麦产量及其构成因素有显著的交互作用。

3 讨论

耕作措施是影响农田土壤质量的主要因素之一^[13-16],并通过改变土壤理化性状来影响作物产量的形成^[12]。本研究中,除草后各种耕作措施下以深松处理产量最高,这和前人的研究结论是一致的^[17-18]。主要原因是,深松作业深度为 45 cm,打破了犁底层,增加了降雨时的水分入渗,同时增加了作物根系的扩展空间,提高了土壤肥料的有效性,在时空上更好地满足了作物对养分和水分的要求。因此,在少、免耕超过一定年限的地块上,建立以深松为主的轮耕制度有利于提升地力、实现高产高效的统一。

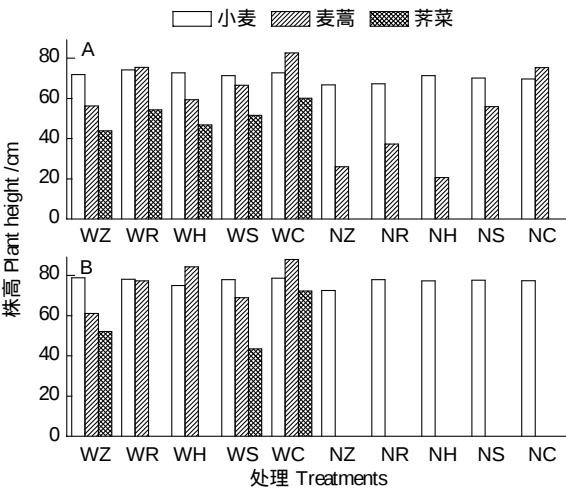


图 1 小麦抽穗期(A)和灌浆期(B)小麦与杂草株高比较
Fig. 1 Height of wheat and weeds at the heading stage (A) and the milking stage (B) of wheat

WZ:免耕未除杂草;WR:旋耕未除杂草;WH:耙耕未除杂草;WS:深松未除杂草;NZ:免耕除杂草;NR:旋耕除杂草;NH:耙耕除杂草;NS:深松除杂草;WC:常规耕作未除杂草;NC:常规耕作除杂草

表 5 不同处理小麦产量及其构成因素差异

Table 5 Wheat yield and its components under various treatments

处理 Treatments	每公顷穗数 Spikes number/ ($\times 10^4$) of per hm^2	穗粒数 Grains per ear	千粒重 1000-grain weight/g	籽粒产量 Grain yield/ (kg/hm^2)
WZ	562.00d	26.17b	32.92d	4838.38g
WR	673.50bc	26.69a	32.87d	5909.72c
WH	689.50b	24.37e	31.56e	5301.25e
WS	649.50c	26.82a	29.29f	5102.83f
WC	751.50c	25.17c	29.00f	5455.92d
NZ	589.50d	25.23c	32.96d	4948.05g
NR	692.00 b	24.82d	35.62 a	6060.85b
NH	741.50a	24.46e	34.81b	6172.25b
NS	752.50a	26.97a	33.69c	6894.20a
NC	756.50a	26.16b	29.08f	5845.83c
作用力 Affecting force /%				
区组 Block	0.12	0.24	0.11	0.07
耕作 Tillage	23.60 *	2.78	21.54 *	29.45 **
杂草 Weeds	65.86 **	68.68 **	63.02 **	43.69 **
耕作×杂草 Tillage×Weeds	8.46 *	27.25 *	14.95 *	26.29 *
误差 Error	1.97	1.05	0.38	0.51

WZ:免耕未除杂草;WR:旋耕未除杂草;WH:耙耕未除杂草;WS:深松未除杂草;NZ:免耕除杂草;NR:旋耕除杂草;NH:耙耕除杂草;NS:深松除杂草;WC:常规耕作未除杂草;NC:常规耕作除杂草;表中数据为 5 次重复平均值;同一列数据后不同字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$), * 表示作用力达 $P<0.05$ 显著水平, ** 表示作用力达 $P<0.01$ 显著水平

耕作方式对杂草的发生规律、杂草总密度有显著影响^[1]。本研究表明,免耕和深松的杂草密度最大,显著高于旋耕、耙耕及常规耕作。从杂草 Shannon 多样性指数、Shannon 均匀度指数、Margalef 物种丰富度指数来看,耙耕、常规耕作>深松>免耕、旋耕。一方面,耕作方式影响杂草种子在土壤的垂直分布,使种子所处的条件如埋藏深度、水分、光照等发生改变,从而间接影响到杂草种子的休眠萌发状况^[19]。另一方面,不同的耕作措施对土壤扰动程度和光温水肥条件影响不同,而各种杂草对该外部环境条件改变的适应能力有所差异,从而影响了杂草的萌发与生长^[20]。本研究中,常规耕作、耙耕对杂草种子分布影响较大,深松次之,这些耕作措施创造了多样的土壤环境,杂草的均匀度和丰富度指数显著提高。但免耕和深松杂草总密度高,这可能与这两种耕作措施对土壤混匀作用较小、优势种的优势地位比较突出有关。由此可见,耕作措施通过影响杂草种子在土壤中的分布,以及土壤的水、气、肥等状况,从而影响了杂草的多样性和密度。

任何一个植物群落中都存在着种间竞争,包括地上部的光竞争和地下部的养分与水分竞争^[21]。本研究表明,不除草时,在抽穗期、灌浆期麦蒿的株高接近或超过小麦的株高。杂草通过抽苔来增加株高,也是为了增加自身的光竞争能力。不同杂草与作物间的竞争策略不同,荠菜体现在单株优势上,而麦蒿则体现在群体优势上。而杂草间也存在光竞争^[22],这也印证了本研究的结论,即提高杂草多样性会整体上减少杂草对作物的影响。花后是小麦产量形成的关键期,此期的光竞争或遮荫影响小麦灌浆,最终影响小麦的产量^[23-25]。而杂草防除显著增加了小麦田间的透光率,提高了光合作用,同时杂草对水肥的吸收能力显著降低,小麦竞争水肥的能力提高,有利于小麦的生长发育和品质的提高^[26]。Teasdale 等研究表明,在玉米田中玉米和杂草间也存在竞争,从而导致玉米产量降低^[27]。本研究表明,不仅杂草因素对籽粒产量及其构成因素均有显著甚至极显著影响,杂草与耕作措施的交互作用对其也有显著影响。

因此,常规耕作、耙耕处理的杂草均匀度和丰富度指数显著提高,但免耕和深松杂草总密度高于其他耕作方式,杂草多样性的提高会减少杂草的总密度。杂草、杂草与耕作措施的交互作用对籽粒产量及其构成因素均有显著甚至极显著影响。在不同耕作措施下,除草均能提高冬小麦产量,其中以深松耕作结合除草处理的小麦产量最高。

References:

- [1] Olsen J, Kristensen L, Weiner J. Influence of sowing density and spatial pattern of spring wheat (*Triticum aestivum*) on the suppression of different weed species. *Weed Biology and Management*, 2006, 6(3): 165-173.
- [2] Zimdahl R L. Weed-crop competition: A review. 2nd edition. Ames, IA: Blackwell Publishing, 2004: 131-145.
- [3] Chen X, Wang Z Q, Tang J J. The ecological functions of weed biodiversity in agroecosystem. *Chinese Journal of Ecology*, 2000, 19(4): 50-52.
- [4] Chen X, Tang J J, Fang Z G, Shinizu K. Effects of weed communities with various species numbers on soil features in a subtropical orchard ecosystem. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 2004, 102(3): 377-388.
- [5] Yang R Y, Tang J J, Chen X, Hu S J. Effects of coexisting plant species on soil microbes and soil enzymes in metal lead contaminated soils. *Applied Soil Ecology*, 2007, 37(3): 240-246.
- [6] Yang Y S, Wang H, Tang J J, Chen X. Effects of weed management practices on orchard soil biological and fertility properties in southeastern China. *Soil and Tillage Research*, 2007, 93(1): 179-185.
- [7] Feng J K, Cui Y H, Zeng R, Li S K. Review on conservation tillage of double cropping system in North China Plain. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006, 22(6): 177-181.
- [8] Cardina J, Herms C P, Doohan D J. Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. *Weed Science*, 2002, 50(4): 448-460.
- [9] Han H F, Ning T Y, Tian S Z, Wang Y, Wang B C, Zhong W L, Li Z J, Tian X X. Effects of soil tillage and straw returning on weed biodiversity in summer maize (*Zea mays*) field. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(5): 1140-1147.
- [10] Zimdahl R L. Weed science in sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, 1995, 10(3): 138-142.
- [11] Grundy A C. Predicting weed emergence: a review of approaches and future challenges. *Weed Research*, 2003, 43(1): 1-11.
- [12] Han B, Li Z J, Wang Y, Ning T Y, Zheng Y H, Shi Z Q. Effects of soil tillage and returning straw to soil on wheat growth status and yield. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2007, 23(2): 48-53.
- [13] Malhi S S, Lemke R, Wang Z H, Chhabra B S. Tillage, nitrogen and crop residue effects on crop yield, nutrient uptake, soil quality, and greenhouse gas emissions. *Soil and Tillage Research*, 2006, 90(1/2): 171-183.
- [14] Papendick R I, Parr J F. No-till farming: The way of the future for a sustainable dryland agriculture. *Annals of Arid Zone*, 1997, 36(3): 193-208.
- [15] Dalal R C, Chan K Y. Soil organic matter in rainfed cropping systems of the Australian cereal belt. *Australian Journal of Soil Research*, 2001, 39(3): 435-464.
- [16] Zhang G S, Chan K Y, Li G D, Pheenan D P. Long-term effects of tillage systems and rotation on selected soil properties in cropping zone of Southern NSW, Australia. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(6): 2722-2728.
- [17] He J, Li H W, Wang X Y, McHugh A D, Li W Y, Gao H W, Kuhn N J. The adoption of annual subsoiling as conservation tillage in dryland maize and wheat cultivation in northern China. *Soil and Tillage Research*, 2007, 94(2): 493-502.
- [18] Liu L J, Gao H W, Li H W. Conservation tillage for corn-wheat two crops a year region. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2004, 20(3): 70-73.
- [19] Wei S H, Qiang S, Ma B, Wei J G. Effects of different crop rotation system on the characteristics of soil weed seedbank. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(4): 385-389.
- [20] Légère A, Stevenson F C, Benoit D L. Diversity and assembly of weed communities: contrasting responses across cropping systems. *Weed Research*, 2005, 45(4): 303-315.
- [21] Hu J N, Sun B, Li J D, Wang G J, Yan X F. Plant competition and its applications in weed control. *Crops Magazine*, 2007, (2): 12-15.
- [22] Graf B, Gutierrez A P, Rakotobe O, Zahner P, Delucchi V. A simulation model for the dynamics of rice growth and development: Part II — The competition with weeds for nitrogen and light. *Agricultural Systems*, 1990, 32(4): 367-392.
- [23] Li W Y, Yan S H, Yin Y P, Li Y, Liang T B, Geng Q H, Dai Z M, Wang Z L. Starch granule size distribution and starch component content in wheat grain in relation to shading stress after anthesis. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(1): 298-306.
- [24] Wang Z, Yin Y, He M, Zhang Y, Lu S, Li Q, Shi S. Allocation of photosynthates and grain growth of two wheat cultivars with different potential grain growth in response to pre- and post-anthesis shading. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2003, 189(5): 280-285.
- [25] Jiang D, Xie Z J, Cao W X, Dai T B, Jing Q. Effects of post-anthesis drought and waterlogging on photosynthetic characteristics, assimilates transportation in winter wheat. *Acta Agronomica Sinica*, 2004, 30(2): 175-182.
- [26] Zhu W D, He Y H, Li L, Wei S H, Yu D Z. Control effect of the mixture herbicide of fluroxypyr with topik or puma super on weeds in wheat field. *Journal of Triticeae Crops*. 2010, 30(4): 778-782.

- [27] Teasdale J R, Cavigelli M A. Subplots facilitate assessment of corn yield losses from weed competition in a long-term systems experiment. *Agronomy for Sustainable Development*, 2010, 30(2): 445-453.

参考文献:

- [3] 陈欣, 王兆骞, 唐建军. 农业生态系统杂草多样性保持的生态学功能. *生态学杂志*, 2000, 19(4): 50-52.
- [7] 冯聚凯, 崔彦宏, 甄瑞, 李少昆. 华北平原一年两熟区保护性耕作技术研究进展. *中国农学通报*, 2006, 22(6): 177-181.
- [9] 韩惠芳, 宁堂原, 田慎重, 王瑜, 王丙文, 仲惟磊, 李增嘉, 田欣欣. 土壤耕作及秸秆还田对夏玉米田杂草生物多样性的影响. *生态学报*, 2010, 30(5): 1140-1147.
- [12] 韩宾, 李增嘉, 王芸, 宁堂原, 郑延海, 史忠强. 土壤耕作及秸秆还田对冬小麦生长状况及产量的影响. *农业工程学报*, 2007, 23(2): 48-53.
- [16] 张国盛, Chan K Y, Li G D, Pheenan D P. 长期保护性耕种方式对农田表层土壤性质的影响. *生态学报*, 2008, 28(6): 2722-2728.
- [18] 刘立晶, 高焕文, 李洪文. 玉米-小麦一年两熟保护性耕作体系试验研究. *农业工程学报*, 2004, 20(3): 70-73.
- [19] 魏守辉, 强胜, 马波, 韦继光. 不同作物轮作制度对土壤杂草种子库特征的影响. *生态学杂志*, 2005, 24(4): 385-389.
- [21] 胡冀宁, 孙备, 李建东, 王国娇, 燕雪飞. 植物竞争及在杂草科学中的应用. *作物杂志*, 2007, (2): 12-15.
- [23] 李文阳, 闫素辉, 尹燕枰, 李勇, 梁太波, 耿庆辉, 戴忠民, 王振林. 小麦花后弱光引起籽粒淀粉的粒度分布及组分含量的变化. *生态学报*, 2009, 29(1): 298-306.
- [25] 姜东, 谢祝捷, 曹卫星, 戴廷波, 荆奇. 花后干旱和渍水对冬小麦光合特性和物质运转的影响. *作物学报*, 2004, 30(2): 175-182.
- [26] 朱文达, 何燕红, 李林, 魏守辉, 喻大昭. 氯氟吡氧乙酸与顶尖或骠马混用对小麦田间杂草的防除效果. *麦类作物学报*, 2010, 30(4): 778-782.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 10 May, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Circadian activity pattern of giant pandas during the bamboo growing season	2655
..... ZHANG Jindong, Vanessa HULL, HUANG Jinyan, et al	
The vivipary characteristic of <i>Anabasis elatior</i> and its ecological adaptation	2662
..... HAN Jianxin, WEI Yan, YAN Cheng, et al	
Relationships between plant community characteristics and environmental factors in the typical profiles from Dzungaria Basin	2669
..... ZHAO Congju, KANG Muyi, LEI Jiaqiang	
The relationship between pollen assemblage in topsoil and vegetation in karst mountain during different restoration period of typical vegetation community	2678
..... HAO Xiudong, OUYANG Xuhong, XIE Shiyong, et al	
Early responses of soil CO ₂ emission to simulating atmospheric nitrogen deposition in an alpine meadow on the Qinghai Tibetan Plateau	2687
..... ZHU Tianhong, CHENG Shulan, FANG Huajun, et al	
Spatial pattern of soil moisture and vegetation attributes along the critical area of desertification in Southern Mu Us Sandy Land	2697
..... QIU Kaiyang, XIE Yingzhong, XU Dongmei, et al	
Dynamics of dominant tree seedlings in montane evergreen broadleaved forest following a snow disaster in North Guangdong	2708
..... OU Yudian, SU Zhiyao, XIE Dandan, et al	
A comparative analysis of the hydrological effects of the four cypress stand types in Sichuan Basin	2716
..... GONG Gutang, CHEN Junhua, LI Yanqiong, et al	
Effect of cutting management on soil moisture in semi-arid Loess Hilly region	2727
..... LI Yaolin, GUO Zhongsheng	
Dynamics of understory vegetation biomass in successive rotations of Chinese fir (<i>Cunninghamia lanceolata</i>) plantations	2737
..... YANG Chao, TIAN Dalun, HU Yueli, et al	
Spatial and temporal variation of solar radiation in recent 48 years in North China	2748
..... YANG Jianying, LIU Qin, YAN Changrong, et al	
Impact of stand features of short-rotation poplar plantations on canker disease incidence at a mesoscale landscape: a case study in Qingfeng County, Henan Province, China	2757
..... WANG Jing, CUI Lingjun, LIANG Jun, et al	
Effects of different soil tillage systems on weed biodiversity and wheat yield in winter wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) field	2768
..... TIAN Xinxin, BO Cunyao, LI Li, et al	
Habitat suitability evaluation of Elliot's pheasant (<i>Syrnaticus ellioti</i>) in Guanshan Nature Reserve	2776
..... CHEN Junhao, HUANG Xiaofeng, LU Changhu, et al	
Relationships between arthropod community characteristic and meteorological factors in <i>Zanthoxylum bungeanum</i> gardens	2788
..... GAO Xin, ZHANG Xiaoming, YANG Jie, et al	
The differences of ecosystem services between vegetation restoration models at desert front	2797
..... ZHOU Zhiqiang, LI Ming, HOU Jianguo, et al	
Response to salt stresses and assessment of salt tolerability of soybean varieties in emergence and seedling stages	2805
..... ZHANG Haibo, CUI Jizhe, CAO Tiantian, et al	
Dynamic change of salt contents in rhizosphere soil of salt-tolerant plants	2813
..... DONG Liping, CAO Jing, LI Xianting, et al	
Effect of short-term salt stress on the absorption of K ⁺ and accumulation of Na ⁺ , K ⁺ in seedlings of different wheat varieties	2822
..... WANG Xiaodong, WANG Cheng, MA Zhihong, et al	
Effects of the micro-environment inside fruit bags on the structure of fruit peel in 'Fuji' apple	2831
..... HAO Yanyan, ZHAO Qifeng, LIU Qunlong, et al	
Enhancement of soil quality in a rice-wheat rotation after long-term application of poultry litter and livestock manure	2837
..... LI Jiangtao, ZHONG Xiaolan, ZHAO Qiguo	
MSAP analysis of DNA methylation in <i>Arabidopsis</i> (<i>Arabidopsis thaliana</i>) under Oxytetracycline Stress	2846
..... DU Yaqiong, WANG Zicheng, LI Xia	
Distribution of dinoflagellate cysts in surface sediments from Changshan Archipelago in the North Yellow Sea	2854
..... SHAO Kuishuang, GONG Ning, YANG Qing, et al	
Developing and optimizing ecological networks in urban agglomeration of Hunan Province, China	2863
..... YIN Haiwei, KONG Fanhua, QI Yi, et al	
Dynamic simulation of Shanghai urban expansion based on multi-agent system and cellular automata models	2875
..... QUAN Quan, TIAN Guangjin, SHA Moquan	
"Micro-canyon effect" of city road green belt and its effect on the pollutant concentration above roads for non-motorized vehicles	2888
..... LI Ping, WANG Song, WANG Yaying, et al	
Review and Monograph	
The abundance and diversity of nanoplankton in Arctic Ocean	2897
..... GUO Chaoying, WANG Guizhong, ZHANG Fang, et al	
Advances in plant seed-associated microbial ecology	2906
..... ZOU Yuanyuan, LIU Yang, WANG Jianhua, et al	
Improving validity and reliability of contingent valuation method through reducing biases and errors: theory, method and application	2915
..... CAI Zhijian, DU Liyong, JIANG Zhan	
Discussion	
The analysis of Chinese ecological academic journals	2924
..... LIU Tianxing, KONG Hongmei, DUAN Jing	
Scientific Note	
Seasonal variations in salt tolerance of <i>Oligostachyum lubricum</i>	2932
..... GU Daxing, GUO Ziwu, LI Yingchun, et al	
Variation of a spring bacterial community from Wuqia Sinter in Xinjiang during the pre- and post-earthquake period	2940
..... YANG Hongmei, OTKUR Mahmut, ZENG Jun, et al	
Comparison of the effect of two prey species on the population growth of <i>Orius similis</i> Zheng and the implications for the control of <i>Tetranychus urticae</i> Koch	2947
..... HUANG Zengyu, HUANG Linmao, HUANG Shoushan	

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 10 期 (2011 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 10 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		



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