华北盐渍化改造区农田步甲群落及其动态研究： 以河北省曲周县为例

谷卫彬¹ 宇振荣² 胡敦孝²

¹ (中国科学院植物研究所, 北京 100093)

² (中国农业大学, 北京 100094)

摘要: 1996 与 1997 年在河北省曲周县盐渍化改造区, 采用陷阱法调查了农田中步甲的物种组成与数量分布。共记录到步甲 19 个种, 分隶于 8 个属。其中婪步甲属 (*Harpalus*) 在数量上占绝对优势。总体来说, 本地步甲区系组成相对简单, 属与物种数较少。单齿婪步甲 (*Harpalus simplicidens*)、毛婪步甲 (*H. griseus*) 和三齿婪步甲 (*H. tridens*) 为优势物种。从时间动态上看, 步甲数量呈总体上升趋势, 9 月份最多, 10 月份下降到最低。步甲数量的季节变动在不同种植模式间不同, 并在一定程度上受农田景观及农事活动的影响。农田边界是生物的避难所和聚集地, 对步甲有重要的保护作用, 农田边界上的步甲密度普遍比相邻农田中高, 月份间步甲数量的波动幅度也较小。

关键词: 盐渍化改造区, 农田景观, 种植模式, 步甲

中图分类号: Q958

文献标识码: A

文章编号: 1005-0094(2004)02-0262-07

Carabid community and its fluctuation in farmland of salinity transforming area in the North China Plain: a case study in Quzhou County, Hebei Province

GU Wei-Bin¹, YU Zhen-Rong², HU Dun-Xiao²

¹ Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093

² China Agricultural University, Beijing 100094

Abstract: In 1996 and 1997, a carabid community and its fluctuation were studied by the pitfall method in the salinity transforming area in Quzhou County, Hebei Province, China. The community consists of 19 species belonging to 8 genera. *Harpalus* is the dominant genus and ranks the first in abundance. As a whole, the carabid fauna in this area is simple, having relatively few species and genera. The dominant species are *Harpalus simplicidens*, *H. griseus* and *H. tridens*. Considering the monthly fluctuation of carabid abundance, it reaches a maximum in September, and falls to a minimum in October. The fluctuation of carabids differs among different crop-planting patterns, and is affected to an extent by the changes of the landscape and agricultural activities. Field margins are shelters for carabids where they tend to gather, and these margins play a pivotal role in protecting the carabids. Carabid density in field margins is higher than that in adjacent farmlands, and the monthly fluctuation range there is also narrower.

Key words: salinity transforming area, landscape of farmland, planting pattern, carabids

在农业生态系统生物防治与生物多样性的研究方面, 天敌昆虫的分布与动态一直是研究的热点 (Mooney & Levin, 1991)。步甲 (carabid beetle) 是农田中重要的昆虫类群, 多昼伏夜出, 食性复杂, 许多种类为农田害虫的天敌 (黄同陵, 1983)。步甲数

量多、分布广、对环境变化反应敏感、易于采集, 因而被认为是农业景观结构和功能最重要的指示物种之一 (Duelli, 1997; Butterfield *et al.*, 1995)。国外许多研究表明, 步甲的数量与动态受到人为活动的影响, 在不同景观单元的分布相差很大 (Scott & An-

基金项目: 国家自然科学基金项目 (395000025) 和中科院知识创新重大项目 (KSCX1-SW-13) 资助

收稿日期: 2003-06-18; 接受日期: 2004-02-11

作者简介: 谷卫彬, 男, 1972 年出生, 助研, 主要从事甜高粱、红花等经济作物及入侵生态学研究。E-mail: guweibin@ns.ibcas.ac.cn

derson, 2003; Niemela *et al.*, 2002)。土地深翻与中耕会引起农田中步甲数量的减少(Dubrovskaya, 1970; Stassart & Grégoire-Wibo, 1983; Tonhasca, 1993),而施用有机肥与绿肥有助于步甲群落的恢复(Helenius & Tolonen, 1994)。作物的种植模式及其形成的小气候是步甲群落变迁的主要影响因素,而多种作物混种、间作以及农田边界的存在有利于步甲群落的聚集(Weiss *et al.*, 1990; Alderweireldt & Desender, 1990)。

近些年,我国相继开展了一些步甲分布与景观单元关系的研究,主要集中在农业生态系统(Fan *et al.*, 1993; 胡敦孝等, 1998)和森林生态系统(于晓东等, 2001)中。而步甲的系统分类与生物学方面的研究(邓德嵩, 1983; 邓德嵩等, 1985; 黄同陵, 1991; 黄同陵, 张健, 1995)起步较早。本研究选择华北平原典型的盐渍化改造区——曲周实验站周围,对不同种植模式的农田及其边界进行步甲多样性的调查,旨在研究该地区步甲群落总体数量、物种组成及动态分布规律,并探讨农田边界、种植模式对步甲分布的影响,为本地区步甲的保护与利用提供依据。

1 材料方法

1.1 研究地点

研究地点在河北省曲周县盐渍化改造区。属内陆冲积平原,处于暖温带、半湿润半干旱季风气候区,冬春季节寒冷干燥,夏季炎热多雨。年平均降雨量约 600 mm,但分配不均,7、8 月份降雨量占全年的 60%。属一年两熟区,种植作物以玉米、小麦为主,也有一定面积的果园和蔬菜。林网与人工挖的深沟、水渠相互交织构成了该地区的主要农业景观。

1.2 取样方法

本研究采用广泛应用的地表爬行昆虫的取样方法——陷阱法。在曲周盐渍化改造区,根据当地不同种植模式的实际情况,按比例选择 10 块农田及其边界,每块农田及其边界作为一个样点。包括小麦-玉米地、春棉地、苹果园、菜地及小麦-芝麻地五种植模式。每个样点布置 15 个玻璃瓶作为陷阱,分三排,边界上一排,距边界 10 m、20 m 处的农田中各设一排,相邻瓶子间距 5 m。瓶子口径 7.3 cm、深 13.5 cm,内装 1/3 容量的 75% 酒精作为防腐剂。1996 年每次连续取样 3 天,而 1997 年连续取样时

间为 5 天,从 5 月到 10 月每月 1 次。记录步甲个体数量并用酒精保存,鉴定到种(黄同陵, 1983; 陈守坚, 1984)。同时调查了不同种植模式的主要农作措施、投入水平及人类主要的干扰情况。

1.3 数据分析方法

用 Excel 和 SAS 软件进行数据处理与多元统计分析。在生物群落特征分析中,应用 Shannon-Wiener 多样性指数。

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

式中 H' 为生物多样性指数, S 为物种数, P_i 为第 i 个种的数量占总个体数的比例

优势度的计算采用 Berger-Parker 优势度指数:

$$I = N_{\max} / N_i$$

其中 $N_{\max}$ 为优势种的个体数, N_i 为所有种的个体数总和。

1.4 不同种植模式的描述

以下是 1997 年种植模式的描述。1996 年略有不同, S6 为小麦-芝麻地, S7 为春棉地。

(1) 小麦-玉米种植模式, 包括 S2、S6、S7、S8、S9 及 S10, 化肥和农药投入都一般, 化肥每亩约 200 斤, 农药较少, 每年有 2-3 次锄地和追肥。有的农田施用了除草剂, 农田中杂草较少。小麦在 6 月初或中旬收获, 玉米在 10 月上旬收获。

(2) 春棉地只有 S1 样点, 地膜种植, 4、5 月份正处于苗期, 有一定的农药投入, 7、8 月份农药施用较多, 用药有甲胺磷、高效氯清聚酯、辛硫磷、久效磷等。

(3) 菜地类型只有 S3 样点, 种植商品蔬菜, 番茄收获后种菜花, 有机肥投入比较多, 也有一定的化肥和农药投入, 农事活动频繁, 锄地较多。菜花灌水多, 夏季无降水时, 一般一周左右灌一次水。

(4) 果园包括 S4、S5 两个样点, 农药投入较多, 一般有: 甲胺磷、1605、高效氯清聚酯等。果园中有不同植被, 一个套种有牧草, 另一个套种有小麦。1996 年 6 月底曾大面积施用过除草剂。

2 结果与分析

2.1 农业景观步甲群落组成

1996 年共捕获 259 头步甲, 有 16 个物种, 隶属于 7 个属; 1997 年共捕获 341 头步甲, 有 19 个物种, 隶属于 8 个属。从两年的取样结果分析, 婪步甲属

表 1 曲周农田步甲群落物种组成及个体数量
Table 1 Species composition and individual number of carabid community in farmland in Quzhou from 1996 to 1997

物种名 Species	1996 年	1997 年
婪步甲属 <i>Harpalus</i>		
一种婪步甲 <i>H. sp.</i>	5	6
毛婪步甲 <i>H. griseus</i>	72	74
直隶婪步甲 <i>H. tschiliensis</i>	0	4
单齿婪步甲 <i>H. simplicidens</i>	55	92
三齿婪步甲 <i>H. tridens</i>	47	52
背点婪步甲 <i>H. vicarius</i>	1	2
中华婪步甲 <i>H. sinicus</i>	17	9
多毛婪步甲 <i>H. eous</i>	3	5
蝼步甲属 <i>Scarites</i>		
直额蝼步甲 <i>S. rectifrons</i>	16	24
二棘蝼步甲 <i>S. acutidens</i>	2	3
隘步甲属 <i>Patrobus</i>		
黄足隘步甲 <i>P. flavipes</i>	13	5
劫步甲属 <i>Lesticus</i>		
大劫步甲 <i>L. magnus</i>	2	7
通缘步甲属 <i>Pterostichus</i>		
一种通缘步甲 <i>P. sp.</i>	0	8
小头通缘步甲 <i>P. microcephalus</i>	10	7
曲胸步甲属 <i>Peronomerus</i>		
黑角胸步甲 <i>P. nigrinus</i>	0	13
锯爪步甲属 <i>Calathus</i>		
赤背梳爪步甲 <i>C. halensis</i>	5	21
青步甲属 <i>Chlaenius</i>		
逗斑青步甲 <i>Ch. virgulifer</i>	4	2
黄斑青步甲 <i>Ch. micans</i>	4	4
黄毛青步甲 <i>Ch. sericimicans</i>	3	3

(*Harpalus*)有 8 个物种,数量占绝对优势,为 444 头,占步甲总数的 74%;其次,蝼步甲属(*Scarites*)有两个物种,个体数占总数的 7.5%,与婪步甲数量相差极大。从物种的个体数量来判断,优势物种分别是毛婪步甲(*Harpalus griseus*)、单齿婪步甲(*H. simplicidens*)和三齿婪步甲(*H. tridens*),都属于婪步甲属。单齿婪步甲共有 147 头,占捕获总量的 24.5%;毛婪步甲占步甲总数的 24.33%,仅次于单齿婪步甲;三齿婪步甲采集到 93 头,占 18.15%。除了优势种外,其他步甲物种个体数相对少得多,两年的捕获量在 50 头以下。稀有的步甲物种为背点婪步甲(*H. vicarius*)、直隶婪步甲(*H. tschiliensis*)和二棘蝼步甲(*Scarites acutidens*),它们的个体数量极少,占步甲总数的 1% 以下。另外,青步甲属(*Chlaenius*)的 3 个种及 1 种通缘步甲(*Pterostichus sp.*)的数量也不

多,两年捕获个体数在 10 以下。值得注意的是,有 3 个物种、1 个新属在 1996 年的取样中没有捕获,可见对步甲区系的研究应持续多年,结果才更准确。总体来说,曲周试区的步甲属与物种数较少,区系组成相对单一,并以兼食性的婪步甲属占绝对优势。

2.2 步甲群落时间动态

从图 1 可以看出,两年中步甲个体数量的变化趋势基本一致:个体数量都在 9 月份达到最高,1996 年为 82 头,占全年捕获量的 31.66%;1997 年为 182 头,占当年总数的 53.37%。10 月份数量最少,只捕获了 6、7 头步甲。5 月到 6 月步甲的个体数量有一定的增加,7、8 月份出现一定的波动。

从步甲物种数量上分析,1996 年以 5、6 月的物种数最多,均为 13 个物种,占当年总物种数的 82.35%;1997 年 7 月的物种数最多,有 15 个种。虽然 9 月份捕获的步甲个体数量最多,但种数并不多,说明步甲数量与种数的高峰并不同步。

从步甲群落的优势属——婪步甲属的个体数量、优势度(图 2)上可以看出,优势属步甲数量的变动与步甲群落总个体数的变动相似,1996 年婪步甲属的优势度一直在 0.6 以上,1997 年最低时也在 0.3 以上,说明婪步甲属的变动直接影响到当地步甲群落的变化趋势。从步甲多样性(图 3)的时间动态可知,1996 年 5、6 月份最高,1997 年 6 月份最高,两年的变化趋势基本一致。

从 3 种优势步甲物种毛婪步甲(*Harpalus griseus*)、单齿婪步甲(*H. simplicidens*)和三齿婪步甲

图 1 步甲群落个体数和物种数时间动态
Fig. 1 Seasonal dynamics of individual number and species number of carabid community

图2 步甲优势属的个体数、优势度的动态

Fig. 2 The individual number and dominance of dominant genus of carabids in farmland

图3 步甲多样性指数变化动态

Fig. 3 The fluctuation of Shannon-Wiener index of carabid species

(*H. tridens*)的时间动态(表2)可以看出,两个年份都是9月份的数量最大,10月份最小,而且,3种优势物种的时间动态与步甲总体数量的变化趋势相似。1996年7月份有所下降,8、9月份逐渐增加,到9月份达到最高。而1997年7月份比6月份有所上升,8月份下降,9月份陡然增加。

2.3 种植模式与步甲分布

在取样的两年间,个别样点的种植模式发生了变化。为了便于相互比较,我们以每5个陷阱捕获的步甲数量作为步甲分布密度进行分析。并对小麦-玉米地、春棉地、苹果园3种主要土地利用类型进行讨论。

从图4、图5与图6的不同种植模式中步甲密度可以看出,在小麦-玉米地、春棉地、果园类型中,

农田边界的步甲密度普遍高于相邻农田,且农田边界步甲密度变化的幅度比较小,说明边界是农田景观中步甲主要的集聚地,对步甲具有重要的保护作用。

不同种植模式的对比可知,小麦-玉米类型中,两年取样所得的步甲密度的时间动态基本一致:9月份步甲密度锐增到高峰,其他月份间的变化相对平稳。6月中下旬正值小麦收获期,景观变动大,可能引起1996年步甲数量下降;而1997年边界上步

图4 小麦-玉米种植模式中步甲密度(个体数量/5个陷阱)及动态

Fig. 4 The carabid density (No. of inds./5 pitfalls) in wheat-maize field

图5 果园景观中步甲密度(个体数量/5个陷阱)及动态

Fig. 5 Density (No. of inds./5 pitfalls) and its change of the carabids in the orchard field

表 2 步甲优势种个体数量的时间动态
Table 2 The fluctuation of dominant species of carabids

年份 Year	优势物种 Dominant species	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 August	9 月 September	10 月 October
1996	毛婪步甲 <i>Harpalus griseus</i>	5	6	4	21	34	2
	单齿婪步甲 <i>H. simplicidens</i>	3	10	5	15	21	1
	三齿婪步甲 <i>H. tridens</i>	7	8	7	12	13	0
1997	毛婪步甲 <i>Harpalus griseus</i>	3	5	10	1	54	1
	单齿婪步甲 <i>H. simplicidens</i>	5	8	7	5	65	0
	三齿婪步甲 <i>H. tridens</i>	4	5	5	3	35	2

图 6 棉花地中步甲密度(个体数量/5 个陷阱)及动态
Fig. 6 Density and its change of the carabids in the cotton field

甲密度上升,农田中步甲密度与 5 月比较变化不大。果园中两年的调查结果不同:1996 年 6 月步甲的密度最高,此后持续下降;1997 年 9 月最多,8 月份出现了低谷。棉田中两年取样略有不同,1996 年 8 月份密度最大;1997 年 9 月份最大,前几个月总体表现为缓慢增加的趋势,月份间的变动较小。

3 讨论

在曲周盐渍化改造区,1996 年共捕获了 259 头步甲,隶属于 7 个属 16 个种;1997 年捕获 341 头步甲,隶属于 8 个属 19 个种。与胡敦孝等(1998)和刘云慧等(2002)的研究相比,当地农田中步甲群落结构简单,物种数少,个体数量也不多。曲周试区 20 世纪 70 年代以前是重盐碱地区,经综合治理后,土壤条件虽得到一定的改善,但地貌、植被仍然相对单一,农田边界的土壤中盐碱含量较高。植被主要是盐蒿 (*Artemisia halodendron*)、茅草 (*Perotis* spp.) 和零星分布的芦草 (*Phragmites* spp.) (吴文良等, 2001), 栖息地的单一化和土壤的盐碱化可能是造

成步甲多样性水平偏低的主要原因 (Thomas & Marshall, 1999)。

从步甲分布的时间动态上看,步甲群落的个体数量呈总体上升趋势,9 月份最多,10 月份下降到最低。雨季过后,温度适中,农田中的生境也相对稳定,形成了适宜的小环境,因而,步甲的个体数量在 9 月份达到最高。另外,农田中的作物换茬对步甲数量有显著的影响 (Luff, 1994)。由于农田经过小麦收获、翻耕和下茬作物播种,以及焚烧秸秆等农事活动,对生境的干扰和破坏大,会引起步甲群落在景观单元之间的迁移,致使个体数量变化较大。但两年的变化不同,1996 年麦收后步甲数量下降,而 1997 年略有上升,这可能是这两年 6 月份取样与小麦收获时间早晚不同所造成的。10 月初为玉米收获期,频繁的农事活动对步甲群落的干扰较大,再加上气温的急剧下降,使捕获到的步甲数量锐减。另外,1997 年 8 月份几种种植模式的农田中步甲数量都出现下降,从而致使两年取样在本月的变动不一致,可能与这两年的气候差异有关:1996 年相对干旱,而 1997 年夏季的降雨过多。

不同种植模式的对比研究中,玉米-小麦类型中步甲平均密度的动态变化与步甲总体的变化趋势相似,并在 9 月份达到最大值。主要是因为该类型在所选样点中数量多,代表了本地区最主要的种植模式。果园与春棉地中,两年的调查结果不相同,说明不同年份,因气候、越冬个体数量及农事活动的不同,会出现不同的个体数量及变化动态。果园中 1996 年 6 月底大面积喷施除草剂,造成杂草干枯,可能是引起步甲数量持续下降的原因 (陈欣等, 1999); 另外,果园边界比农田上步甲密度大得多,也说明果园中不适宜步甲活动与生存。棉田中步甲分别在 8、9 月份达到最多,其他月份波动不大,表现

出稳中有升的态势。从春季播种一直到秋季收获, 棉花生长发育, 逐渐形成郁闭环境, 没有大的景观变动。由此可见, 步甲的数量及变动在不同种植模式中各不相同, 并受种植模式与主要农事活动的影响。

从农田边界与相邻农田中步甲分布及动态可以看出, 边界上的步甲密度普遍比较高, 月份间的波动也相对较小, 说明农田边界作为农田景观中主要单元之一, 起着保护步甲的重要作用, 并且是许多有益节肢动物的栖息地和扩散廊道 (Bedford & Usher, 1994; Kromp & Steinberger, 1992)。

对于在农田中生活的步甲来说, 它们与农田及边界的作用非常复杂。周围的环境条件、食物条件、该物种的运动能力及生存需求等多方面因素决定其在不同农田中或边界上逗留时间的长短。而外在的环境条件包括物理环境 (即不同作物形成的小生境)、生物环境 (步甲间的相互关系及与其他生物的相互影响) 以及人为环境 (主要指农事活动)。不同的种植模式中, 因农田中小生境、食物条件及农事活动等方面的不同, 而对步甲分布及动态的影响也不同 (Cárcamo & Spence, 1994)。相对而言, 农田边界作为农田中相对稳定的景观单元, 往往对步甲生存与保护具有重要作用。总之, 步甲是重要的农业害虫天敌, 要保护和利用好步甲, 发挥它们在农业病虫害综合防治中的作用, 就要加强步甲的生物学特性研究, 特别是要在步甲的生境选择、食性、迁移扩散能力以及农事干扰对步甲群落的影响等方面开展深入的研究。

参考文献

- Alderweireldt, M. and Desender, K. 1990. Microhabitat preference of spiders (Araneae) and carabid beetles (Coleoptera: carabidae) in maize fields. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen van de Rijksuniversiteit Gent*, **55** (2b): 501–510.
- Bedford, S. E. and Usher, M. B. 1994. Distribution of arthropod species across the margins of farm woodlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **48**: 295–305.
- Butterfield, J., Luff, M. L., Baines, M. and Eyre, M. D. 1995. Carabid beetle communities as indicators of conservation potential in upland forests. *Forest Ecology and Management*, **79**: 63–77.
- Cárcamo, H. A. and Spence, J. R. 1994. Crop type effects on the activity and distribution of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Environmental Entomology*, **23**: 684–692.
- Chen, S. J. (陈守坚). 1984. A provisional key to familiar genus of the adults of carabids in China. *Natural Enemies of Insects* (昆虫天敌), **6** (3): 165–180. (in Chinese)
- Chen, X. (陈欣), Tang, J. J. (唐建军) and Wang, Z. Q. (王兆骞). 1999. The impacts of agricultural activities on biodiversity. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), **7** (3): 234–239. (in Chinese)
- Deng, D. A. (邓德嵩). 1983. The feeding habits of thirteen species of ground beetles (Coleoptera: carabidae). *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), **26** (3): 356–357. (in Chinese)
- Deng, D. A. (邓德嵩), Wang, G. Q. (王贵强) and Li, J. (李镜). 1985. Bionomics of predacious carabid in Heilongjiang. *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), **28** (3): 281–288. (in Chinese)
- Dubrovskaya, N. A. 1970. Field carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) of Byelorussia. *Entomological Reviews*, **49**: 476–487.
- Duelli, P. 1997. Biodiversity evaluation in agriculture landscape: an approach at two different scales. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **62** (2): 81–91.
- Fan, Y. Q., Liebman, M., Groden, E. and Alford, A. R. 1993. Abundance of carabid beetles and other ground-dwelling arthropods in conventional versus low-input bean cropping systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **43**: 127–139.
- Helenius, J. and Tolonen, T. 1994. Enhancement of generalist aphid predators in cereals: effect of green manuring on recruitment of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *IOBC/WPRS Bulletin*, **17** (4): 201–210.
- Hu, D. X. (胡敦孝), Yu, Z. R. (宇振荣) and Han, C. R. (韩纯儒). 1998. Community structure of carabids and spiders in agriculture landscape in Qianjiang, Hubei Province. *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), **41**: 91–97. (in Chinese)
- Huang, T. L. (黄同陵). 1983. *Study on Classification of Ground Beetle from Sichuan Province* (四川省步行虫科分类研究). Master thesis of Southwest Agriculture University (西南农业大学硕士学位论文). (in Chinese)
- Huang, T. L. (黄同陵) 1991. A provisional key to species of the adults of carabidae from Guizhou Province (Coleoptera). *Journal of Southwest Agriculture University* (西南农业大学学报), **13** (3): 247–251. (in Chinese)
- Huang, T. L. (黄同陵) and Zhang, J. (张健). 1995. Three new species of the genus *Harpalus* Latr. (Coleoptera: Carabidae). *Entomotaxonomia* (昆虫分类学报), **17** (2): 113–117. (in Chinese)
- Kromp, B. and Steinberger, K. 1992. Grassy field margins and arthropod diversity: a case study on ground beetle and spi-

- der in eastern Austria. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **40**: 71 – 93.
- Liu, Y. H. (刘云慧) and Yu, Z. R. (宇振荣). 2002. Field margin's function for biodiversity: a case study on carabids beetles in Dongbeiwang, Beijing. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), **21**(5): 69 – 73. (in Chinese)
- Luff, M. L. 1994. Starvation capacities of some carabid larvae. In: Desender, K., Dufréne, M., Luff, M. L. and Mael-fait, J. P. (eds.), *Carabid Beetles, Ecology and Evolution* (Series Entomologica). Kluwer Academic Publishers, 171 – 175.
- Mooney, H. A. and Levin, S. A. 1991. The sustainable biosphere initiative: an ecological research agenda. *Ecology*, **72**: 371 – 412.
- Niemelä, J., Kotze, D. J., Venn, S., Penev, L., Stoyanov, I., Spence, J., Hartley, D., Enrique Montes de Oca. 2002. Carabid beetle assemblages (Coleoptera: Carabidae) across urban-rural gradients: an international comparison. *Landscape Ecology*, **17** (5): 387 – 401.
- Scott, W. A. and Anderson, R. 2003. Temporal and spatial variation in carabid assemblages from the United Kingdom Environmental Change Network. *Biological Conservation*, **110** (2): 197 – 210.
- Stassart, P. and GrégoireWibo, C. 1983. Influence du travail du sol sur les populations de carabides engrande culture, resultats preliminaires. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen van de Rijksuniversiteit Gent*, **48** (2): 465 – 474.
- Thomas, C. F. G. and Marshall, E. J. P. 1999. Arthropod abundance and diversity in differently vegetated margins of arable fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **72**: 131 – 144.
- Tonhasca, A. Jr. 1993. Carabids assemblage under diversified agro-ecosystems. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **68**: 279 – 285.
- Weiss, M. J., Balsbaugh, E. U., French, E. W. and Hoag, B. K. 1990. Influence of tillage management and cropping system on ground beetle (Coleoptera: Carabidae) fauna in the Northern Great Plains. *Environmental Entomology*, **19**: 1388 – 1391.
- Wu, W. L. (吴文良), Qiao, Y. H. (乔玉辉), Xu, Q. (徐芹) and Chen, K. (陈锴). 2001. An ecological study on earthworm in farmland of salinity transforming area in North China Plain. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **21**(7): 1109 – 1113. (in Chinese)
- Yu, X. D. (于晓东), Zhou, H. Z. (周红章) and Luo, T. H. (罗天宏). 2001. Habitat distribution and species diversity of *Carabus* and *Cychrus* in Shennongjia Nature Reserve, Hubei Province. *Biodiversity Science* (生物多样性), **9** (3): 214 – 221. (in Chinese)

(责任编辑: 闫文杰)