

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

# 生态学报

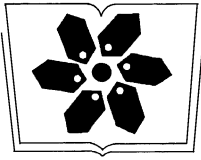
## Acta Ecologica Sinica



第32卷 第5期 Vol.32 No.5 **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 5 期      2012 年 3 月 (半月刊)

## 目 次

淀山湖富营养化过程的统计学特征 .....	程 曦, 李小平, 陈小华 (1355)
拟水狼蛛对食物中镉的吸收和排泄及生物学响应 .....	张征田, 张光铎, 张虎成, 等 (1363)
接种后共培养时间对丛枝菌根喜树幼苗喜树碱含量的影响 .....	于 洋, 于 涛, 王 洋, 等 (1370)
沙尘暴发生日数与空气湿度和植物物候的关系——以民勤荒漠区为例 .....	常兆丰, 王耀琳, 韩福贵, 等 (1378)
西藏牦牛 mtDNA D-loop 区的遗传多样性及其遗传分化 .....	张成福, 徐利娟, 姬秋梅, 等 (1387)
红松阔叶混交林林隙土壤水分分布格局的地统计学分析 .....	李 猛, 段文标, 陈立新, 等 (1396)
黄土丘陵区子午岭不同植物群落下土壤氮素及相关酶活性的特征 .....	邢肖毅, 黄懿梅, 黄海波, 等 (1403)
毛竹高速生长期土壤碳氮动态及其微生物特性 .....	王雪芹, 张奇春, 姚槐应 (1412)
长期 N 添加对典型草原几个物种叶片性状的影响 .....	黄菊莹, 余海龙, 袁志友, 等 (1419)
接种 AMF 对菌根植物和非菌根植物竞争的影响 .....	张宇亭, 王文华, 申 鸿, 等 (1428)
福州大叶榕隐头果内的小蜂群落结构与多样性 .....	吴文珊, 陈友铃, 蔡美满, 等 (1436)
不同生境朝鲜淫羊藿生长与光合特征 .....	张永刚, 韩 梅, 韩忠明, 等 (1442)
基于日均温度的华山松径向生长敏感温度研究 .....	封晓辉, 程瑞梅, 肖文发, 等 (1450)
长江三峡库区蝶类群落的等级多样性指数 .....	马 琦, 李爱民, 邓合黎 (1458)
甜瓜幼苗叶片光合变化特性 .....	韩瑞锋, 李建明, 胡晓辉, 等 (1471)
双季稻田种植不同冬季作物对甲烷和氧化亚氮排放的影响 .....	唐海明, 肖小平, 帅细强, 等 (1481)
古尔班通古特沙漠西部地下水位和水质变化对植被的影响 .....	曾晓玲, 刘 彤, 张卫宾, 等 (1490)
流溪河水库颗粒有机物及浮游动物碳、氮稳定同位素特征 .....	宁加佳, 刘 辉, 古滨河, 等 (1502)
采用本土蔬菜种子替代水藓评价污泥有机腐熟度 .....	刘颂颂, 许田芬, 吴启堂, 等 (1510)
人为营养物质输入对汉丰湖不同营养级生物的影响——稳定 C、N 同位素分析 .....	李 斌, 王志坚, 金 丽, 等 (1519)
流沙湾海草床海域浮游植物的时空分布及其影响因素 .....	张才学, 陈慧妍, 孙省利, 等 (1527)
福寿螺的过冷却研究 .....	赵本良, 章家恩, 罗明珠, 等 (1538)
水稻生育期对褐飞虱和白背飞虱卵巢发育及起飞行为的影响 .....	陈 宇, 傅 强, 赖凤香, 等 (1546)
绿盲蝽越冬卵的耐寒能力 .....	卓德干, 李照会, 门兴元, 等 (1553)
陆桥岛屿环境下社鼠种群数量的估算方法 .....	张 旭, 鲍毅新, 刘 军, 等 (1562)
北京市居民食物消费碳足迹 .....	吴 燕, 王效科, 逯 非 (1570)
社会经济系统磷物质流分析——以安徽省含山县为例 .....	傅银银, 袁增伟, 武慧君, 等 (1578)
内陆河流域试验拍卖水权定价影响因素——以黑河流域甘州区为例 .....	邓晓红, 徐中民 (1587)
<b>专论与综述</b>	
台风对森林的影响 .....	刘 斌, 潘 澜, 薛 立 (1596)
海洋酸化对珊瑚礁生态系统的影响研究进展 .....	张成龙, 黄 晖, 黄良民, 等 (1606)
三种外来入侵斑潜蝇种间竞争研究进展 .....	相君成, 雷仲仁, 王海鸿, 等 (1616)
沉积物生源要素对水体生态环境变化的指示意义 .....	于 宇, 宋金明, 李学刚, 等 (1623)
异化 Fe(III) 还原微生物研究进展 .....	黎慧娟, 彭静静 (1633)
<b>问题讨论</b>	
锡林郭勒盟生态脆弱性 .....	徐广才, 康慕谊, Marc Metzger, 等 (1643)
<b>研究简报</b>	
哥斯达黎加外海夏季表层浮游动物种类组成及分布 .....	刘必林, 陈新军, 贾 涛, 等 (1654)



**封面图说:** 气候变暖下的北极冰盖——自从 1978 年人类对北极冰盖进行遥感监测以来, 北极冰正以平均每年 8.5% 的速度持续缩小, 每年 1500 亿吨的速度在融化。这使科学家相信, 冰盖缩小的根本原因是全球变暖。北极的冰盖消失, 让更大面积的深色海水暴露出来, 使海水吸收更多太阳热辐射反过来又加剧冰盖融化。由于北极冰的加速融化, 北冰洋的通航已经成为 21 世纪初全球最重要的自然地理事件和生态事件。从这张航片可以看到北极冰缘正在消融、开裂崩塌的现状。

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

DOI: 10.5846/stxb201101140074

吴燕,王效科,逯非.北京市居民食物消费碳足迹.生态学报,2012,32(5):1570-1577.

Wu Y, Wang X K, Lu F. The carbon footprint of food consumption in Beijing. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(5): 1570-1577.

## 北京市居民食物消费碳足迹

吴 燕,王效科\*,逯 非

(中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室,北京 100085)

**摘要:**碳足迹作为一种评价碳排放影响的全新测度方法,已被用来衡量人类活动对大气环境和气候变化的影响。食物是人类的首要消费品,其消费的碳足迹反应维持一个区域人口的基本食物需求的碳排放以及对气候变化的影响。在碳足迹理论和模型的基础上,根据北京市食物的供应和消费现状情况,利用生命周期法(Life cycle analysis LCA),计算和分析了北京市居民食物消费的碳足迹。得到北京市居民食物消费碳足迹为  $476.8 \times 10^4$  t,约占北京市总碳足迹的 6%,人均碳足迹为  $310.0 \text{ kgCO}_2/\text{人}$ ,占北京市家庭消费碳排放的 23.3%,只占北京市能源消费人均碳排放量的 5.96%,反映了居民食物消费对全球气候变化造成的影响有限。食物消费碳足迹最大的为粮食,其次为瓜果蔬菜豆类,总共占到 65% 以上,而在食物生命周期过程中,食物的再加工炊事过程碳排放最大,超过 50%,合理减少食物加工炊事过程中碳排放将是减少食物消费碳排放的重要途径之一。其次为化肥农药施用,占到 23.23%,减少食物生产过程中化肥农药使用,提高化肥农药的使用效率,或者进行生态农业尽量不使用化肥农药,北京市每年可减少  $135.1 \times 10^4$  t  $\text{CO}_2$  排放,人均  $87.84 \text{ kgCO}_2/\text{人}$ ,是有效的减排途径之一。

**关键词:**北京市;食物;LCA;碳足迹

### The carbon footprint of food consumption in Beijing

WU Yan, WANG Xiaoke\*, LU Fei

State Key Laboratory for Urban and Regional Ecology, Research Centre for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

**Abstract:** Carbon footprint has become an effective method for assessing carbon emission, aiming at measuring the influence of atmosphere environment and climate change caused by human activities across the whole life cycle of a product or an activity. With rapid urbanization, residents in cities are playing increasingly important roles in the alteration of environment. Meanwhile, consumption is one of the remarkable drivers of environmental pollution in city areas. With the perception that unsustainable consumption patterns are the major cause of the continued deterioration of the global environment, environmental concerns move to household sectors and related lifecycle activities. Food is the most important consumable of daily household life. The carbon footprint of food shows the carbon emission of the food provisions for the whole city and the contributions to the climate change. Based on the theory and model of carbon footprint, and using the life cycle analysis (LCA), we calculate and analyze the carbon footprint of food consumption according to the reality of Beijing city and the food supply plan. The result shows that the total carbon footprint of food consumption is  $4.768 \times 10^6$  t, about 6% of the total carbon footprint of Beijing, corresponding to  $310.0 \text{ kg}/\text{cap}$ , and accounting for 23.3% of the total emission of household consumption, which is only 5.96% of the total carbon dioxide emission in Beijing. This reflects the limited impact of food consumption on the environment, carbon emission, and climate change. If Beijing wants to achieve a goal of carbon reduction of more than 6%, it is not sufficient to take measures in the field of food consumption alone. The most important part of food consumption carbon footprint is from grain, and the second part is from fruits and vegetables. These

基金项目:国家自然科学基金重点基金(41030744);国家科技支撑计划项目(2011BAJ07B05,2012BAC13B00)

收稿日期:2011-01-14; 修订日期:2011-05-30

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangxk@cees.ac.cn

two parts account for more than 65% of carbon footprint of food consumption. The most important process of food consumption carbon emission is from reprocessing and cooking of foods, which consume most of household energy, and result in almost 60% of the total carbon emission. One important reason for this phenomenon is that this process directly refers to energy using which serves as the most important action leading to carbon emission. The second important process is usage of chemical fertilizers and pesticides, which shares 23.23% of total food carbon footprint. Production and transportation are also important processes, which account for 8.35% and 6.98% of the total food consumption carbon footprint, respectively. Reduction of carbon emission in food reprocessing and cooking is the available process to reduce carbon emission from food consumption. And if we don't use chemical fertilizers and pesticides and promote ecological agriculture (or organic agriculture) in our food production or improve the used-rate, we can reduce  $1.351 \times 10^6$  t CO<sub>2</sub> every year in Beijing, that is 87.84 kg CO<sub>2</sub> per capita per year. It is quite an efficient way to reduce carbon emission of Beijing city. We also compared the results of our improved method with the national average datum, and found that there are some reasonable differences attributed to the calculation method and parameters such as cropland area. The results also show that other parts of Beijing residents' consumption such as transportation, daily commodities and energy use have great contributions to carbon footprint. So further research need to be carried out on residents' other kinds of consumption in households to make an overview of total carbon footprint of residents.

**Key Words:** carbon footprint; LCA; food; Beijing City

二氧化碳气体导致全球变暖,已经被确认为不争的事实<sup>[1]</sup>。而全球气候变暖涉及能源安全、粮食安全、水资源安全、生态安全和公共卫生安全等问题,直接影响人类的生存和发展,对全球经济社会的可持续发展带来严峻的挑战。中国温室气体排放量约占世界 19.12%<sup>[2]</sup>,位居世界第一,中国作为温室气体排放总量最大的国家<sup>[3-4]</sup>,面对的国际减排政治外交压力和舆论形势十分严峻。2009 年 11 月 26 日国务院常务会议明确量化减排目标:到 2020 年中国国内单位 GDP CO<sub>2</sub> 排放比 2005 年下降 40%—45%。根据研究在发达国家,碳排放的 30%—40% 与家庭有关,在英国,食物生产、分配及消费部分占据了 20% 的温室气体排放;在美国,与食物相关的能源消费,占了家庭能源消费的 10%<sup>[5]</sup>、在瑞典为 12%<sup>[6]</sup>。而国内家庭消费碳排放的研究还很少,利用碳足迹对碳排放的源头进行分析更少,碳足迹分析方法从生命周期的视角分析碳排放的整个过程,并将个人或企业活动相关的温室气体排放量纳入考虑,可以深度分析碳排放的本质过程,进而从源头上制定科学合理的碳减排计划<sup>[7-8]</sup>。首都北京是我国重要的政治、文化中心,其碳排放的研究具有重要意义。本文选取北京市作为研究区域,以人类首要的消费品食物为研究对象,以北京市食物消费的具体情况,计算北京市居民食物消费的碳足迹,可以让政府和公众对北京市的食物消费碳排放状况有直观的认识,从而为减排政策的制定提供依据和数据支持。

## 1 方法

计算城市的碳排放,目前有两种思路<sup>[9]</sup>:一种是从人类消费的角度来研究碳排放,即自下而上以过程分析为基础的方法,另一种是从生产的角度出发来估算碳排放,即自上而下的方法如投入产出法。本文用第一种思路,即应用碳足迹分析来评估计算北京市食物消费碳排放。碳足迹的概念由生态足迹的概念而来<sup>[10]</sup>,主要是指在人类生产和消费活动中所排放的温室气体的总量,相对于其他碳排放研究的区别,碳足迹是从生命周期的角度出发,破除所谓“有烟囱才有污染”的观念,分析产品生命周期或与活动直接和间接相关的碳排放过程。但“碳足迹”的准确定义目前还没有统一,各国学者有各自不同的理解和认识<sup>[11-12]</sup>。本研究过程中考虑的北京市食物消费碳足迹包含食物整个生命周期过程中的碳排放(图 1)。

食物消费碳足迹可简洁的分为两个部分,第一部分是食物生产过程中化肥农药的消费所产生的碳排放;第二部分是食物、生产加工、运输和消费过程中能源消费所产生的碳排放。食物在生产加工、运输和消费过程中能源消费碳排放的计算,利用 IPCC 报告中的能源碳排放系数(表 1)。

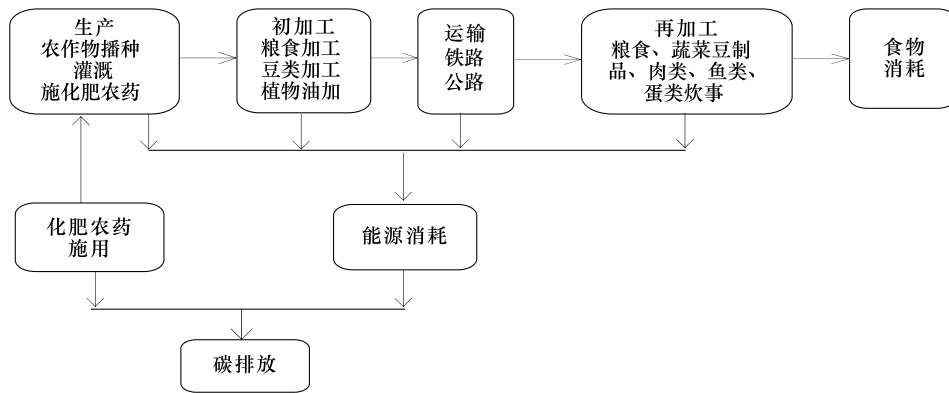


图1 食物生命周期过程中碳排放

Fig. 1 Carbon emission during the food life cycle

食物生产过程中化肥农药的消费所产生的碳排放的计算,根据美国橡树岭国家实验室得出的碳折算系数<sup>[13]</sup>,由我国各种化肥的比例<sup>[14]</sup>和农药的比例<sup>[15-16]</sup>得到农药碳折算系数为 4.911 kg C/kg、化肥的为 0.6822kg C/kg (即:农药 18.01 kg CO<sub>2</sub>/kg、化肥的为 2.501kg CO<sub>2</sub>/kg)以及中国城乡人口食物消费化肥农药足迹<sup>[17]</sup>进行计算。食物的化肥和农药的消费量利用单位质量食物化肥和农药的使用量计算得到。

食物生产包括耕作、播种、灌溉、收割、脱粒等过程中所用农机的能源消费;生产过程中的能源消费主要考虑农田作业机械消费的能源:包括拖拉机,收获机械,种植与管理机械,排灌机械。这里考虑到全国的农田作业机械水平总体差别不大,因此采用中国农业统计年鉴中相关全国的农业机械总动力和柴油消费量以及相关文献得到,2005 年单位农田作业的平均耗柴油为<sup>[18]</sup>169.89 kg/hm<sup>2</sup>。

表1 能源的实际碳排放系数

Table 1 Actual carbon emission factor of energy

项目 Item	标准煤 Standard coal equivalent /(kg CO <sub>2</sub> /kg)	天然气 Natural gas /(kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	柴油 Diesel oil /(kg CO <sub>2</sub> /L)	电力 Electricity /(kg CO <sub>2</sub> kW <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )
排放系数 Emission factor	2.27	2.09	2.73	0.85

初级加工过程主要是农副产品的初级加工,主要考虑粮食,植物油和豆制品的加工 3 个部分,粮食加工统一考虑采用中型的碾米机加工而成,其主要参数是 4.5 t/h,功率为 41 kW。植物油加工机械的主要参数 210 kg/h,功率为 7.5 kW。而豆制品主要按加工为豆腐来计算 30 kg/h,功率为 5.5 kW。可得初级加工过程中单位质量能源耗以及碳排放(表 2)。

表2 食物初级加工过程中加工单位质量食物的碳排放

Table 2 Per quality unit food carbon emission during the primary process of food

项目 Items	功率 Power/kW	加工单位质量电耗 Per quality unit electricity consumption/(kWh/t)	单位质量碳排放 Per quality unit carbon emission/(kg CO <sub>2</sub> /t)
粮食加工 Cereal grain processing	41	9.111	7.744
植物油加工 Vegetable oil processing	7.5	35.71	30.35
豆制品加工 Bean products processing	5.5	183.3	155.8

运输过程考虑北京的食物主要供应地,按照收集的<sup>[19]</sup>数据以及《中国统计年鉴 2006》,规定运进京的货物有 1/3 是通过公路,2/3 是通过铁路,因此通过中国公路网和铁路查询得到供应地到北京的路程,乘以每公里油耗或者电耗指标,该数据主要来自《北京市统计年鉴 2006》<sup>[20]</sup>(表 3)。

表 3 公路铁路主要能耗指标

Table 3 Main technical and economic indicators of highway and railway

项目 Item	货车每百吨公里耗汽油 Petroleum consumption of trucks per 100 t·km/L	货车每百吨公里耗柴油 Diesel consumption of trucks per 100 t·km/L	内燃机车每万吨公里耗柴油 Diesel consumption of internal-combustion engine per 10000 t·km/kg	电力机车每万吨公里耗电 Electricity consumption of electric power engine per 10000 t·km/kWh
能耗 Energy consumption	7.76	4.72	25	93.4

再加工主要考虑的是炊事能源消费,通过《北京市统计年鉴 2006》<sup>[20]</sup>可知,北京三口之家居多,所以炊事按照一个正常的三口之家的标准来计算,得到再加工单位质量食物的能耗和碳排放量(表 4)。

表 4 再加工单位质量食物的能耗和碳排放

Table 4 Energy consumption and carbon emission per quality unit during the reprocessing

项目 Item	粮食 Grains	豆制品 Bean products	蔬菜 Vegetables	肉类 Meat	蛋类 Eggs	家禽 Poultry	水产品 Aquatic products
加工单位质量能耗 Per quality unit energy consumption/(m <sup>3</sup> /t or kWh/t)	1050	26.67	26.67	533.3	333.3	133.3	133.3
加工单位质量碳排放 Per quality unit carbon emission/(t CO <sub>2</sub> /t)	0.8925	0.05574	0.05574	1.114	0.6966	0.2786	0.2786

根据统计年鉴以及收集的相关网络食品书籍上的数据规定蔬菜按照每次 500 g,每次 2min 做熟计算;豆类因为前面的加工按照豆腐算,所以均采用蔬菜相同的标准;肉类按照每次 500 g,40min 熟;水产品按照每次 1000 g,20min 熟,鸡蛋按照每次 200 g(3 个)10min 熟;家禽类按照每次 1000 g,20min 熟;目前北京市的居民绝大多数都是使用的燃气都是天然气,所以这里为了便于计算都采用天然气,天然气平均消费是:0.4m<sup>3</sup>/h,粮食用电,选用每次 500 g,35min 熟来计算,选用 900 W 的电饭煲

按照《北京市统计年鉴 2006》<sup>[20]</sup>,其食物消费分为粮食、豆制品、蔬菜、植物油、动物油、猪牛羊肉、家禽、蛋类、奶及奶制品、水产品、食糖、酒类、茶叶、瓜果等类。根据北京粮食局、食物商务网、北京工商部门等相关网站的统计得到北京市食物消费的供应地,因北京市食物消费的供应地比较多,这里只考虑主要的供应地,可得统计结果(表 5)。

表 5 北京市食物主要供应地

Table 5 Main food supply in Beijing

项目 Item	主供应地 Main supply	项目 Item	主供应地 Main supply
粮食 Grains	黑龙江/吉林	豆制品 Bean products	黑龙江
蔬菜 Vegetables	山东/河北/辽宁	植物油 Vegetable oil	天津/河北/山东
动物油 Animal oil	天津/河北/山东	猪牛羊肉 Meat	河南/内蒙古
家禽 Poultry	河南/内蒙古	蛋类 Eggs	河南/内蒙古
奶及奶制品 Milk & dairy products	内蒙古	水产品 Aquatic products	天津
食糖 Sugar	广西	酒类 Liquor	贵州/山东/北京
茶叶 Tea	浙江/福建/安徽	干鲜瓜果 Melons and fruits	海南/河北

## 2 结果

### 2.1 北京市食物消费碳足迹总体情况

北京市居民食物消费碳足迹反映了北京市居民日常的饮食对环境的影响。北京市居民食物消耗总量为 889.9×10<sup>4</sup>t,人均 578.6 kg/人(表 6)。北京市居民食物消费所产生的总碳足迹为 476.8×10<sup>4</sup>t,人均碳足迹为 310.0 kgCO<sub>2</sub>/人(表 6)。

表 6 北京市食物消费碳排放

Table 6 Carbon emission of food consumption in Beijing

项目 Item	北京总体消费量 Biological production /10 <sup>4</sup> t	化肥施用碳排放 Carbon emission of CFs usage /10 <sup>4</sup> t CO <sub>2</sub>	农药使用碳排放 Carbon emission of pesticides usage /10 <sup>4</sup> t CO <sub>2</sub>	农田作业碳排放 Carbon emission of farming /10 <sup>4</sup> t CO <sub>2</sub>	初级加工碳排放 Carbon emission of primary process /10 <sup>4</sup> t CO <sub>2</sub>
粮食 Grains	177.6	26.08	5.757	19.62	0.138
豆制品 Bean products	30.07	1.437	0.314	9.772	4.686
蔬菜 Vegetables	247.3	5.936	1.291	2.461	0
植物油 Vegetable oil	8.005	2.855	0.630	1.42	0.243
动物油 Animal oil	9.088	3.242	0.715	0	0
猪牛羊肉 Meat	37.19	17.08	3.766	0	0
家禽 Poultry	14.49	4.888	1.077	0	0
蛋类 Eggs	19.07	6.435	1.418	0	0
奶及奶制品 Milk & dairy products	162.7	26.53	5.859	0	0
水产品 Aquatic products	26.19	6.912	1.524	0	0
食糖 Sugar	13.87	2.036	0.450	0.108	0
酒类 Liquor	4.736	0.695	0.154	0.392	0
茶叶 Tea	1.151	0.000	0.001	0.016	0
干鲜瓜果 Melons and fruits	138.4	6.615	1.446	6.032	0
总量 Gross/(10 <sup>4</sup> t CO <sub>2</sub> )	889.9	110.7	24.40	39.82	5.067
人均量 Average/(kgCO <sub>2</sub> /人)	578.6	72.01	15.86	25.89	3.295

项目 Item	运输过程总的 消耗碳排放 Carbon emission of transportation /(10 <sup>4</sup> t CO <sub>2</sub> )	再加工碳排放 Carbon emission of reprocess /(10 <sup>4</sup> t CO <sub>2</sub> )	总体碳排放 Gross carbon emission /(10 <sup>4</sup> t CO <sub>2</sub> )	人均碳排放 Per capita carbon emission /(kgCO <sub>2</sub> /人)
粮食 Grains	4.856	158.5	215.0	139.8
豆制品 Bean products	13.10	25.14	54.45	35.40
蔬菜 Vegetables	1.68	13.78	25.15	16.35
植物油 Vegetable oil	0	6.264	4.073	
动物油 Animal oil	0.514	0	4.471	2.907
猪牛羊肉 Meat	2.673	41.46	64.98	42.25
家禽 Poultry	0.778	4.037	10.78	7.009
蛋类 Eggs	1.023	13.28	22.16	14.41
奶及奶制品 Milk & dairy products	4.5	0	36.89	23.98
水产品 Aquatic products	1.118	7.299	16.85	10.96
食糖 Sugar	0.35	0	2.944	1.914
酒类 Liquor	0.119	0	1.360	0.884
茶叶 Tea	0.001	0	0.018	0.012
干鲜瓜果 Melons and fruits	1.431	0	15.53	10.09
总量 Gross/(10 <sup>4</sup> t CO <sub>2</sub> )	33.26	263.5	476.8	310.0
人均量 Average/(kgCO <sub>2</sub> /人)	21.63	171.3	310.0	

## 2.2 北京食物消费碳足迹的构成情况

北京市食物消费碳足迹分为6类:粮食、干鲜瓜果、蔬菜、植物油和豆制品,猪牛羊肉和动物油,奶和奶制品,家禽和蛋类以及其他(包括水产品、食糖、酒类和茶叶)(图2)。其中食物消费碳足迹最主要的部分来自粮食的消费,达到 $215.0 \times 10^4 \text{t}$ ,人均均为 $139.8 \text{ kgCO}_2/\text{人}$ ,占食物消费碳足迹的45%以上,粮食消费碳足迹中碳排放最大的过程来自再加工过程碳排放达到 $158.5 \times 10^4 \text{t}$ ,人均均为 $103.1 \text{ kgCO}_2/\text{人}$ ,占粮食消费碳足迹的73.75%。干鲜瓜果、蔬菜、植物油和豆制品类占食物消费碳足迹的第二位为 $101.4 \times 10^4 \text{t}$ ,人均均为 $65.92 \text{ kgCO}_2/\text{人}$ ,占食物消费碳足迹21.26%,干鲜瓜果、蔬菜、植物油和豆制品类消费碳足迹中碳排放再加工过程碳排放达 $38.92 \times 10^4 \text{t}$ ,人均均为 $25.31 \text{ kgCO}_2/\text{人}$ ,占干鲜瓜果、蔬菜、植物油和豆制品类消费碳足迹的38.77%,

农田作业和运输过程碳排放达  $37.01 \times 10^4 \text{t}$ , 人均 24.07  $\text{kgCO}_2$ , 占干鲜瓜果、蔬菜、植物油和豆制品类消费碳足迹的 36.51%, 再加工和农业作业运输过程中的碳排放占了干鲜瓜果、蔬菜、植物油和豆制品类碳足迹的 70% 以上。粮食和瓜果蔬菜豆制品类占了食物消费碳足迹的 65% 以上。猪牛羊肉类消费碳足迹为  $69.44 \times 10^4 \text{t}$ , 人均 45.15  $\text{kgCO}_2$ , 占食物消费碳足迹 14.56%, 其碳足迹中碳排放最大的过程为再加工过程碳排放达到  $41.46 \times 10^4 \text{t}$ , 人均 26.96  $\text{kgCO}_2$ , 占猪牛羊肉消费碳足迹的 59.17%。各种肉类家禽奶类总共碳足迹只占了总碳足迹 29.21%, 碳足迹总共只有 90.54  $\text{kgCO}_2$  (表 6)。

食物消费碳排放过程包括: 化肥施用、农药使用、农田作业、初级加工、运输过程以及再加工 (图 3), 其中农田作业主要是农作物的播种, 灌溉收割等机械使用中能源的消费而引起的碳排放。整个过程中再加工过程碳排放最大为  $263.5 \times 10^4 \text{t}$ , 人均 171.34  $\text{kgCO}_2$ , 占 55.27%, 北京市居民食物消费碳足迹主要是在食物最终消费厨房中能源消费的碳排放。其次为化肥农药使用碳排放为  $135.1 \times 10^4 \text{t}$ , 人均 87.84  $\text{kgCO}_2$ , 占 23.23%, 农田作业碳排放为  $39.82 \times 10^4 \text{t}$ , 人均 25.89  $\text{kgCO}_2$ , 占 8.35%, 以及运输过程的碳排放为  $33.26 \times 10^4 \text{t}$ , 人均 21.63  $\text{kgCO}_2$ , 占 6.98%。其他部分的碳排放很小, 几乎可以忽略不计。食物的前期生产包括化肥施用、农药使用和农田作业, 其碳排放为  $174.92 \times 10^4 \text{t}$ , 人均 113.7  $\text{kgCO}_2$ , 占食物消费碳足迹的 36.7%; 食物的后期的运输加工过程包括初级加工、运输过程以及再加工其碳排放为  $301.8 \times 10^4 \text{t}$ , 人均 196.2  $\text{kgCO}_2$ , 占食物消费碳足迹的 63.3%。食物消费碳排放主要集中在后期的加工运输过程 (表 6)。

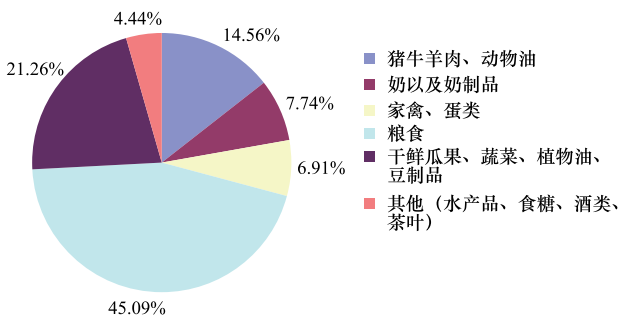


图 2 北京市各类食物碳足迹构成

Fig. 2 The proportion of carbon footprint of different food

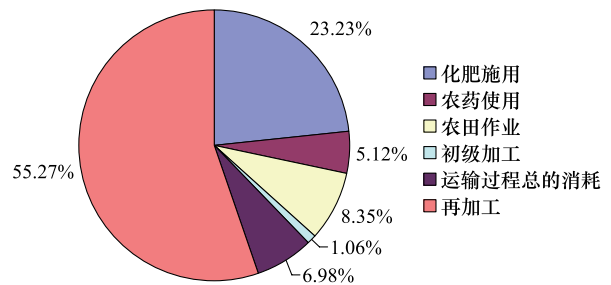


图 3 北京市食物生产加工等过程碳排放

Fig. 3 Carbon emissions of food produce processing in Beijing

### 2.3 食物消费碳足迹结果对比分析

将本文基于消费为导向的碳足迹计算结果, 和全国平均食物消费碳排放<sup>[21]</sup>结果进行对比 (表 6)。

表 6 北京市居民食物消费碳足迹与全国平均食物消费碳排放<sup>[21]</sup>结果比较

Table 6 The comparison of food consumption carbon emission between Beijing and China

项目 Item	化肥农药 Chemical fertilizers and pesticides	生产初加工 Primary processing	运输 Transportation	再加工 (家庭消费) Reprocessing	碳足迹 Carbon footprint
北京市 2005 Beijing	87.87	29.19	21.63	11.43	310.0
全国平均 (农村) 2006 National average (Rural)	3.8	15.97	105.15	140.03	264.95
全国平均 (城镇) 2006 National average (Urban)	3.38	50.29	269.18	170.83	524.09

由表 6 可知: 北京市居民食物消费总的碳足迹计算结果要低于全国城镇居民平均食物消费的碳排放计算结果, 高于全国农村居民平均食物消费的碳排放计算结果。主要表现在运输过程碳排放的差距, 本文计算结果表明运输过程消费的碳排放为 21.63  $\text{kgCO}_2/\text{人}$ , 而全国平均农村 105.17  $\text{kgCO}_2/\text{人}$ , 是北京市的 5 倍, 全国



平均的城市为 269.18 kgCO<sub>2</sub>/人,是北京市计算结果的 12 倍多。其次差距比较大的为化肥农药使用的碳排放。

### 3 讨论与结论

从碳足迹消费的角度出发,粮食消费产生的碳足迹最大,所占比例超过 45%,其次是瓜果蔬菜类占到 20% 以上,粮食和瓜果蔬菜占食物消费碳足迹的 65% 以上,肉类奶类这类生态足迹和水足迹消费的大户产生的总的碳足迹不超过 20%。一方面因粮食瓜果蔬菜消费总量大,运输和加工煮熟过程中能源消耗大排放碳多;另一方面是由于在农田作业过程中粮食瓜果蔬菜要消费比肉类更多能源。在整个食物的生产加工过程中,碳排放最多的过程是再加工煮熟食物的过程,占到了食物消费碳排放的 55% 以上,是因为这部分直接涉及到能源的利用,也是家庭生活消费中能源利用最多的一个部分,所以这部分碳排放最大。因此北京市食物消费的碳足迹主要在食品加工炊事方面,减少这些过程中的能源消费,将有助于食品消费的碳减排。其次碳排放所占比例大的为化肥农药施用过程,占到 23.23%,减少食物生产过程中化肥农药使用,提高化肥农药的使用效率,或者进行生态农业尽量不使用化肥农药,北京市每年可减少 135.1×10<sup>4</sup>t CO<sub>2</sub> 排放,人均 87.84 kgCO<sub>2</sub>,是有效的减排途径之一。

本文得到的北京市居民食物消费的人均碳足迹低于智静<sup>[21]</sup>计算得出的全国城镇居民平均食物消费人均碳排放。食物消费各过程人均碳排放北京市与全国的差异详见表 6。从计算结果来看,北京市食物消费运输过程的人均碳排放只有全国食物消耗运输过程人均碳排放的 10% 左右,一方面是因为智静<sup>[21]</sup>估算运输过程碳排放方法与本文不同,利用的是居民食物方面的开支以及交通运输业的单位产值能源强度乘积计算得到,采用食物物流所用费用占食物支出的 70%,和普遍采用的参数相比有些偏高,且不能体现粮食运输过程,但考虑计算的是国家尺度,数据有限不可能很详实,所以这个过程的计算结果比实际情况有些偏高;另一方面是因为考虑北京市主要碳足迹消费的食物供应都是周边地区如东北、内蒙古和天津等地,路程要小所以运输过程中人均碳排放要比全国人均水平低。人均碳排放差异比较大另外一个过程是农药化肥施用,本文计算结果要大于全国平均水平,一方面是因为其利用的数据与本研究数据来源不同,有较大的差异;另一方面是因为没有根据我国的各种农药化肥的配比,而采用的是平均值,所以计算结果差异较大。而其他过程的人均碳排放的计算结果大致相当,在再加工和食物炊事方面人均碳排放北京地区略高于全国平均城镇水平,这和北京市作为全国政治经济中心,人们生活水平比较高,炊事消耗的人均碳排放要高有关。另外由于数据不容易获得,在计算食物消费碳足迹的过程中考虑了食物生产加工过程中碳排放的主要环节,未考虑数据无法获得碳排放比较少的过程。无法估算猪牛羊肉、奶制品以及水产品等部分农田作业和初级加工过程中的碳排放,未考虑食糖、茶叶、酒类和油料部分在加工过程中的碳排放,会导致计算结果有些偏小。以后可通过实验、统计年鉴和网络等手段收集更全面详实的基础数据,估算本文中忽略部分碳排放的计算,让估算结果更加精准。

北京市居民食物消费碳足迹占家庭消费碳排放 1.33 tCO<sub>2</sub>/人<sup>[22]</sup>的 23.3%,说明北京市居民消费的其他部分如日用品、取暖、交通和住宅等所产生的碳足迹比居民食物消耗产生的碳足迹相对更大,为了为碳减排提供更好的数据支持和指导,需要进一步计算北京市居民消费的其他部分的碳足迹。北京市居民食物消费碳足迹占总的碳足迹 5.2 tCO<sub>2</sub>/人<sup>[23]</sup>的 5.96%,说明对于北京市而言,居民食物消耗这部分的减排空间有限,对城市碳减排的贡献不大,而工业如电力钢铁建材等行业的能源消耗是碳排放主要部分。在欧美发达国家食物消在家庭消费中所占的比例:在美国,与食物相关的能源消费,占了家庭能源消费的 10%<sup>[5]</sup>、在瑞典为 12%<sup>[6]</sup>。在丹麦食物消费碳排放占到家庭消费碳排放的 13%<sup>[24]</sup>。北京市居民食物消费碳足迹占北京市家庭消费碳排放的 23.3%,由以上数据可知北京市居民食物消费碳足迹在家庭消费中所占的比例要远高于欧美国家的平均水平,一方面是因为欧美发达国家居民其他家庭消费活动碳足迹所占的比例大,比如:交通和住宅,欧美发达国家恩格尔系数低于中国,食物所占的比例小于中国;另一方面中国的生活水平低,中国人生活习惯上比较注重饮食,食物消费会占很大的比重,饮食在北京市居民家庭生活中所占比例要比欧美国家食物在家庭生活中所占比例大,所以导致北京市居民食物消费碳足迹占家庭消费碳足迹的比例会高于欧美一些国家的平均

水平。

另外,北京市作为国际大都市,其必定有大量的外来国际国内的流动人口,而这部分的人口的食物消耗由于数据的可获得性没有计算在北京市居民食物消耗的范围,所以可能会导致计算结果偏小。

#### References:

- [ 1 ] Zhang K M. China's role, challenges and strategy for the low carbon world. *China Population, Resources and Environment*, 2008, 18(3):1-7.
- [ 2 ] Energy Data and Modelling Center. *Handbook of Energy and Economic Statistics in Japan*. Tokyo, Japan: Energy Conservation Center, 2001: 312-312.
- [ 3 ] Study Research Team of China Climate Change Country. *China Climate Change Country Study*. Beijing: Tsinghua University Press, 1999.
- [ 4 ] China international intelligence network. Global greenhouse Gas emission ranking around 30 countries and regions (<http://www.21cnci.com/view/55819.html>), (2010-02-28)
- [ 5 ] Kaufmann J, Chevrot F. *The Environmental Impact of Household Food Consumption: The Case of the United States*. Cambridge: Draft Report to the Organization for Economic Co-operation and Development, 2000.
- [ 6 ] Payer H Burger P, Lorek S. The environmental impacts of household food consumption in Austria: national case study. Paper for the OECD Environment Directorate, Pro-gramme on Sustainable Consumption, 2000.
- [ 7 ] Weber C L, Matthews H S. Quantifying the global and distributional aspects of American household carbon footprint. *Ecological Economics*, 2008, 66(2/3):379-391.
- [ 8 ] Tan D, Huang X J. Correlation analysis and comparison of the economic development and carbon emissions in the eastern, central and western part of China. *China Population Resource and Environment*, 2008, 18(3): 54-57
- [ 9 ] Padgett J P, Steinemann A C, Clarke J H, Vandenbergh M. A comparison of carbon calculators. *Environmental Impact Assessment Review*, 2008, 28(2/3):106-115.
- [ 10 ] Wang W, Lin J Y, Cui S H, Lin T. An overview of carbon footprint analysis. *Environmental Science and Technology*, 2010, (7): 71-78.
- [ 11 ] Johnson E. Disagreement over carbon footprints: a comparison of electric and LPG forklifts. *Energy Policy*, 2008, 36(4):1569-1573.
- [ 12 ] Hammond G. Time to give due weight to the carbon footprint'issue. *Nature*, 2007, 445(7125):256-256.
- [ 13 ] West T O, Marland G. A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2002, 91(1/3):217-232.
- [ 14 ] Liu G H. Clean production of chemical fertilizer industry in China. *Industrial Minerals and Processing*, 2008, 37(5): 36-39.
- [ 15 ] Zou Z L, Zhang X. Actualities of Chinese pesticide industry and developing suggestion. *Applied Chemical Industry*, 2003, 32(1): 18-20.
- [ 16 ] Wang L X. Situations and development trends of China's pesticide industry. *Modern Chemical Industry*, 2000, 20(2): 6-6.
- [ 17 ] Fan X Z, Gao J X. Agrochemicals footprints analysis on food producing and consumption in China. *Modern Chemical Industry*, 2008, 28(5): 55-64.
- [ 18 ] Zhang R, Gao H W. Analysis of trend of diesel oil consumption of agricultural mechanization and energy-saving strategic measures in China. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2007, 23(12): 280-284.
- [ 19 ] China National Bureau of Statistics *China Statistical Yearbook*. Beijing: China Statistics Press, 2006.
- [ 20 ] Bureau Beijing Statistical. *Beijing Statistical Yearbook*. Beijing: China Statistics Press, 2006.
- [ 21 ] Zhi J, Gao J X. Analysis of carbon emission caused by food consumption in urban and rural inhabitants in China. *Progress in Geography*, 2009, 28(3): 429-434.
- [ 22 ] Zhang C. Carbon emissions, household and urban development. *Forward Position or Economics*, 2010(4): 41-54.
- [ 23 ] Qi Y, Xie G Q, Ge L Q, Zhang C X, Li S M. Estimation of China's carbon footprint based on apparent consumption. *Resources Science*, 2010, 32(11): 2053-2058.
- [ 24 ] Munksgaard J, Pedersen K A, Wien. Impact of household consumption on CO<sub>2</sub> emissions. *Energy Economics*, 2000, 22(4):423-440.

#### 参考文献:

- [ 1 ] 张坤民. 低碳世界中的中国: 地位, 挑战与战略. *中国人口·资源与环境*, 2008, 18(3): 1-7.
- [ 4 ] 中国商业情报网络 全球 30 国家温室气体排放榜 (<http://www.21cnci.com/view/55819.html>), (2010-02-28)
- [ 8 ] 谭丹, 黄资金. 我国东、中、西部地区经济发展与碳排放的关联分析及比较. *中国人口·资源与环境*, 2008, 18(3).
- [ 10 ] 王微, 林剑艺, 崔胜辉, 吝涛. 碳足迹分析方法研究综述. *环境科学与技术*, 2010, (7): 71-78.
- [ 14 ] 刘国华. 我国化肥工业的清洁生产. *化工矿物与加工*, 2008, 37(5): 36-39.
- [ 15 ] 邹忠良, 张兴. 我国农药工业的现状与发展建议. *应用化工*, 2003, 32(1): 18-20.
- [ 16 ] 王律先. 我国农药工业概况及发展趋势. *现代化工*, 2000, 20(2): 6-6.
- [ 17 ] 范小杉, 高吉喜. 中国食品生产消费过程中农用化学品足迹分析. *现代化工*, 2008, 28(5): 55-64.
- [ 18 ] 张睿, 高焕文. 中国农业机械化柴油消耗趋势分析与节能的战略措施. *农业工程学报*, 2007, 23(12): 280-284.
- [ 19 ] 中国国家统计局. *中国统计年鉴*. 北京: 中国统计出版社, 2006.
- [ 20 ] 于秀琴, 李小虎, 朱燕南. *北京市统计年鉴*. 北京: 中国统计出版社, 2006.
- [ 21 ] 智静, 高吉喜. 中国城乡居民食品消费碳排放对比分析. *地理科学进展*, 2009, 28(3): 429-434.
- [ 22 ] 张超. 碳排放、家庭与城市发展. *产经评论*, 2010, (4): 41-54
- [ 23 ] 祁悦, 谢高地, 盖力强, 张彩霞, 李士美. 基于表现消费量法的中国碳足迹估算. *资源科学*, 2010, 32(11): 2053-2058.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 5 March, 2012 (Semimonthly)

## CONTENTS

- Statistical characteristics of eutrophication process in Dianshan Lake ..... CHENG Xi, LI Xiaoping, CHEN Xiaohua (1355)
- Cadmium assimilation and elimination and biological response in *Pirata subpiraticus* (Araneae: Lycosidae) fed on Cadmium diets .....  
..... ZHANG Zhengtian, ZHANG Guangduo, ZHANG Hucheng, et al (1363)
- Effect of co-cultivation time on camptothecin content in *Camptotheca acuminata* seedlings after inoculation with arbuscular  
mycorrhizal fungi ..... YU Yang, YU Tao, WANG Yang, et al (1370)
- Relationship between frequency of sandstorms and air humidity as well as plant phenology: a case study from the Minqin desert  
area ..... CHANG Zhaofeng, WANG Yaolin, HAN Fugui, et al (1378)
- Genetic diversity and evolution relationship on mtDNA D-loop in Tibetan yaks .....  
..... ZHANG Chengfu, XU Lijuan, JI Qiumei, et al (1387)
- Geostatistical analysis on spatiotemporal distribution pattern of soil water content of forest gap in *Pinus koraiensis* dominated  
broadleaved mixed forest ..... LI Meng, DUAN Wenbiao, CHEN Lixin, et al (1396)
- Soil nitrogen and enzymes involved in nitrogen metabolism under different vegetation in Ziwuling mountain in the Loess Plateau,  
China ..... XING Xiaoyi, HUANG Yimei, HUANG Haibo, et al (1403)
- Soil carbon, nitrogen and microbiological characteristics during bamboo high-speed growth .....  
..... WANG Xueqin, ZHANG Qichun, YAO Huaiying (1412)
- Effects of long-term increased soil N on leaf traits of several species in typical Inner Mongolian grassland .....  
..... HUANG Juying, YU Hailong, YUAN Zhiyou, et al (1419)
- Influence of arbuscular mycorrhizal associations on the interspecific competition between mycorrhizal and non-mycorrhizal plants .....  
..... ZHANG Yuting, WANG Wenhua, SHEN Hong, et al (1428)
- Structure and biodiversity of fig wasp community inside syconia of *Ficus virens* Ait. var. *sublanceolata* (Miq.) Corner in Fuzhou ...  
..... WU Wenshan, CHEN Youling, CAI Meiman, et al (1436)
- Growth and photosynthetic characteristics of *Epimedium koreanum* Nakai in different habitats .....  
..... ZHANG Yonggang, HAN Mei, HAN Zhongming, et al (1442)
- The critical temperature to Huashan Pine (*Pinus armandi*) radial growth based on the daily mean temperature .....  
..... FENG Xiaohui, CHENG Ruimei, XIAO Wenfa, et al (1450)
- The analysis of grade diversity indices of butterfly community in the Three Gorges Reservoir Area of Yangtze River .....  
..... MA Qi, LI Aimin, DENG Heli (1458)
- Research on dynamic characteristics of photosynthesis in muskmelon seedling leaves .....  
..... HAN Ruifeng, LI Jianming, HU Xiaohui, et al (1471)
- Effects of different winter covering crops cultivation on methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emission fluxes from double-  
cropping paddy field ..... TANG Haiming, XIAO Xiaoping, SHUAI Xiqiang, et al (1481)
- Variations in groundwater levels and quality and their effects on vegetation in the western Grubantonggut Desert .....  
..... ZENG Xiaoling, LIU Tong, ZHANG Weibin, et al (1490)
- Carbon and nitrogen stable isotope characteristics of particulate organic matter and zooplankton in Liuxihe Reservoir .....  
..... NING Jiajia, LIU Hui, GU Binhe, et al (1502)
- Selection of vegetable seeds native in China instead of the cress seed for evaluating the maturity of biosolids .....  
..... LIU Songsong, XU Tianfen, WU Qitang, et al (1510)
- Effects of anthropogenic nutrient input on organisms from different trophic levels in Hanfeng Lake: evidence from stable carbon  
and nitrogen isotope analysis ..... LI Bin, WANG Zhijian, JIN Li, et al (1519)
- Temporal and spatial distribution of phytoplankton in Liusha Bay ..... ZHANG Caixue, CHEN Huiyan, SUN Xingli, et al (1527)
- Study on the supercooling of golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) .....  
..... ZHAO Benliang, ZHANG Jia'en, LUO Mingzhu, et al (1538)
- The effects of rice growth stages on the ovarian development and take-off of *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera* .....  
..... CHEN Yu, FU Qiang, LAI Fengxiang, et al (1546)
- Cold tolerance of the overwintering egg of *Apolygus lucorum* Meyer-Dür (Hemiptera: Miridae) .....  
..... ZHUO Degan, LI Zhaohui, MEN Xingyuan, et al (1553)
- A suggestion on the estimation method of population sizes of *Niviventer confucianus* in Land-bridge island .....  
..... ZHANG Xu, BAO Yixin, LIU Jun, et al (1562)
- The carbon footprint of food consumption in Beijing ..... WU Yan, WANG Xiaoke, LU Fei (1570)
- Anthropogenic phosphorus flow analysis of Hanshan County in Anhui Province .....  
..... FU Yinyin, YUAN Zengwei, WU Huijun, et al (1578)
- A laboratory study of auctions for water rights transactions in inland river basin: a case study of irrigation areas of Heihe river  
basin ..... DENG Xiaohong, XU Zhongmin (1587)
- Review and Monograph**
- A review of the effect of typhoon on forests ..... LIU Bin, PAN Lan, XUE Li (1596)
- Research progress on the effects of ocean acidification on coral reef ecosystems .....  
..... ZHANG Chenglong, HUANG Hui, HUANG Liangmin, et al (1606)
- Interspecific competition among three invasive *Liriomyza* species .....  
..... XIANG Juncheng, LEI Zhongren, WANG Haihong, et al (1616)
- Indicative significance of biogenic elements to eco-environmental changes in waters .....  
..... YU Yu, SONG Jinming, LI Xuegang, et al (1623)
- Recent advances in studies on dissimilatory Fe(III)-reducing microorganisms .....  
..... LI Huijuan, PENG Jingjing (1633)
- Discussion**
- Ecological vulnerability research for Xilingol League, Northern China ..... XU Guangcai, KANG Muye, Marc Metzger, et al (1643)
- Scientific Note**
- Spatial distribution and species composition of zooplanktons in the eastern tropical Pacific Ocean off Costa Rica .....  
..... LIU Bilin, CHEN Xinjun, JIA Tao, et al (1654)

# 《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 5 期 (2012 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 5 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 100071, 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:100071 电话:(010)64034563 E-mail: journal@espg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100071, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@espg.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