

编者按 能源危机和环境污染严重,已经成为全球发展所面临的共同难题。中国是一个人口众多,生态环境脆弱,资源相对不足的发展中国家。因此,如何让节能和环保深入人心,如何让节能减排成为全社会的自觉行动,日益成为中国实现可持续发展的现实问题。笔者以河南大学为例,应用生态足迹成分法的基本原理和计算模型,分析了河南大学的生态足迹,揭示了高等学校的生态和消费现状,探讨了节能减排在学校全面开展行动方案,为节约节能资源新技术的开发和应用提供了科学依据。

## 校园生态足迹与节能减排学校行动——以河南大学为例

鲁丰先, 秦耀辰, 刘姗姗 (河南大学区域发展与规划研究中心, 河南开封 475004)

**摘要** 目前,“节能减排全民行动”已在我国各部门各领域展开,其中“节能减排学校行动”更是意义重大、影响深远。运用生态足迹成分法,从能源、食物、垃圾、水、纸张和校际交通6个方面计算和分析了河南大学2006年的生态足迹。结果表明,河南大学2006年的生态足迹为55 946.6 hm<sup>2</sup>,主要的生态占用成分为能源、食物、垃圾等。揭示了大学校园的生态效率及其影响要素,提出了减少校园生态足迹的措施和建设资源节约型学校的建议,同时认为生态足迹理论科学,计算简捷易行,可以作为“节能减排学校行动”的宣传工具,促进该行动在各级各类学校的全面展开。

**关键词** 生态足迹;节能减排学校行动;河南大学

中图分类号 S210.4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)15-06503-03

### Ecological Footprint of Campus and the Action of Energy-saving and Waste-reducing

LU Feng-xian et al (Regional Development and Planning Research Center of Henan University, Kaifeng, Henan 475004)

**Abstract** The action of the nationwide energy-saving and waste-reducing is being conducted in China. In the plan the school energy-saving and waste-reducing action is the most important and has the profound effect. According to the principles and mathematical model of the component method, the ecological footprints of Henan University in the year of 2006 were calculated and analyzed from energy, food, waste, paper and traffic. The results showed that the ecological footprint of Henan University was 55 946.6 hm<sup>2</sup> and the ecological efficiency was 0.697 per/ hm<sup>2</sup>. The main component of the ecological footprints of this university was the energy and food consumption and waste reducing. The suggestions on the reduction of reducing ecological footprint and construction of economical resources in campuses were put forward. The theory of ecological footprint had its advantage as a means of popularization to reach the goals of the action of energy-saving and waste-reducing.

**Key words** Ecological footprint; Energy-saving and waste-reducing; Henan University

2007年8月28日国家发展改革委员会等有关部门《关于印发节能减排全民行动实施方案的通知》(发改环资[2007]2132号)明确提出“节能减排学校行动”是“节能减排全民行动”的重要组成部分。为切实组织开展好“节能减排学校行动”,2007年9月14日《教育部关于开展节能减排学校行动的通知》(教发[2007]19号)明确要求“各地教育行政部门和各级各类学校要充分认识‘节能减排学校行动’的重要意义,积极行动起来,从学校的实际出发,创造性地做好节能减排各项工作,为学生的全面发展和社会的全面进步做出较大的贡献。”“节能减排学校行动”的主要内容包括:全面采取节能减排措施,加强节能环保知识教育,组织开展以节能减排为内容的学校主题教育活动和学生社会宣传活动,开展节能环保社会实践活动,营造节能减排校园文化,探索推广教科书的循环使用6个方面。搞好“节能减排学校行动”,不但可以节约环保效益,而且帮助青少年学生树立节能环保意识,养成珍惜能源、爱护环境的行为习惯,意义重大、影响深远。

生态足迹(Ecological footprint, EF)理论是加拿大生态经济学家 William. Rees 等在1992年提出并在随后的应用中逐

步完善的一种衡量人类对自然资源利用程度以及自然界为人类提供的生命支持服务功能的方法<sup>[1]</sup>。从生态足迹的角度来看,资源节约型发展就是减少生态足迹。生态足迹的指标和计算方法为建设节约型校园提供了科学、定量的评价指标和依据,也为“节能减排学校行动”提供了具体、有效、易于实施的载体。

笔者应用生态足迹成分法的基本原理和计算模型,对河南大学的生态足迹进行了计算与分析,揭示了高等学校的生态和消费现状,探讨了节能减排行动在学校全面开展行动方案。

### 1 生态足迹理论与方法

生态足迹指生产一定人口所消费的资源 and 吸纳这些人口产生的废弃物所需要的生态生产性土地的总面积<sup>[2]</sup>。将一个国家或地区的资源、能源消费同自己所拥有的生态能力(Biological capacity)进行比较,用于判断一个国家或地区的发展是否处于生态承载力的范围内,是否具有安全性<sup>[3-4]</sup>。生态足迹方法主要通过分析研究对象的消费内容,对其生态消耗程度进行量化分析,计算出能满足这个单位消费、并吸收它排放的废弃物所需要的地球平均生态生产性土地,即生态足迹的大小。与该区域生态承载力比较,判断其发展是否具有可持续性。

目前,生态足迹的计算分析主要有综合法、成分法和投入产出法等。其中成分法适用于小单元对象的省市、地方、企业、大学、家庭乃至个人的核算,该方法最早由 Simons 等<sup>[5]</sup>提出,后经 Barrett 等<sup>[6]</sup>进一步改进。成分法从研究对象

**基金项目** 河南省教育厅自然科学基金(2008A170002);河南大学人文社科基金(06YBRW066);河南大学教学改革项目(《区域分析与规划》课程多媒体课件的开发与应用)。

**作者简介** 鲁丰先(1974-),男,河南南阳人,在读博士,讲师,从事区域可持续发展,生态足迹理论与实践的教学和研究。

**收稿日期** 2008-03-24

的衣食住行活动出发,通过收集和实测相关消费与排放成分的量计算生态需求。成分种类划分与研究对象的消费与排放特点及数据的可获取(可测)性有关。生态足迹成分法主要考虑6种生物生产面积土地类型:化石燃料用地、可耕地、林地、草场、建筑用地、水域。

## 2 河南大学生态足迹计算

**2.1 研究对象及数据来源** 河南大学位于古都开封,现有4个校区。数据收集和调查范围为河南大学金明校区和明伦校区,因为这两个校区是河南大学的主体而且院系集中,数据容易调查,所以选择这两个校区。考虑高校招生人数的变动,该研究的时间段为2006~2007学年(文中仍用“2006年”),数据调查的时间是2006年5月份,在校生总人数为39 000人,部分缺失数据通过估算得到。

表1 能源生态足迹

Table 1 Ecological footprint of energy

类型 Type	消费量 t Consumption	碳排放因子 Carbon emission factor	C CO <sub>2</sub> 转化因子 C CO <sub>2</sub> transforming factor	单位CO <sub>2</sub> 排放量/t Unit CO <sub>2</sub> emission	化石能源地平均生产力 t/hm <sup>2</sup> Average productivity of fossil energy land	均衡因子 Equivalence factor	生态足迹 hm <sup>2</sup> Ecological footprint	土地类型 Land type
煤 Coal	41 998.5	0.725	3.67		5.2	1.1	18 911.1	化石能源地 Fossil energy land
天然气 Natural gas	136.0	0.409	3.67		5.2	1.1	43.2	化石能源地 Fossil energy land
电力 Electric power	25.2 GWh			964	5.2	2.8	13 080.8	建筑用地 Construction land

食物生态足迹计算的相关数据和结果见表2。

河南大学各建筑物内的垃圾都是首先由大楼清洁人员集中,然后由垃圾车拉到垃圾处理厂进行处理,垃圾的堆放面积不易得出故忽略不计。通过调查垃圾的成分,得出垃圾中各种成分的比例及垃圾的降解来间接计算垃圾的生态足迹。垃圾中的食物主要来自各个食堂每天排放的食物残渣。垃圾生态足迹计算的相关数据和结果见表3。

表2 食物生态足迹

Table 2 Ecological footprint of food

成分 Component	消费量 kg Consumption	世界年平均 生产力 kg/hm <sup>2</sup> Annual average productivity in world	均衡因子 Equivalence factor	生态足迹 hm <sup>2</sup> Ecological footprint	土地 类型 Land type
粮食 Grain	2 646 400	2 744	2.8	2 700.3	耕地 Arable land
蔬菜 Vegetable	2 871 400	18 000	2.8	446.6	耕地 Arable land
水果 Fruit	70 630	18 000	2.8	10.9	耕地 Arable land
豆类 Legume	389 280	1 856	2.8	587.2	耕地 Arable land
牛羊肉 Beef and mutton	262 400	33	0.5	3 975.8	草地 Grassland
猪肉 Pork	412 850	74	0.5	2 789.6	草地 Grassland
蛋类 Egg	673 800	400	0.5	842.3	草地 Grassland
家禽 Poultry	495 300	33	0.5	7 504.6	草地 Grassland
牛奶 Milk	18 750	502	0.5	18.7	草地 Grassland
水产品 Aquatic product	70 450	29	0.2	485.9	水域 Water area
合计 Total	7 911 260			19 361.9	

水的生态足迹是由输送水和处理污水消耗的能量的总和,但由于缺乏数据,该计算中不包括污水处理的生态足迹。河南大学2006年自来水的来源分为地上和地下两部分,并且

在河南大学生态足迹计算中,考虑了能源(煤炭、石油、天然气、电力)、食物、垃圾、纸张、水和校际交通6个方面。电力、天然气、煤炭和水的来自学校后勤管理处的资料;食物数据来自学校食堂;校际交通车辆数据直接调查校车司机;垃圾量通过调查每天的垃圾车得出平均值和抽样调查得到各个成分的比例;纸张量从垃圾的调查中获得。计算中的相关系数参考文献[1,3,7]。

**2.2 河南大学生态足迹计算** 成分法的计算公式<sup>[8]</sup>为:

$$EF = r_i \cdot A_i$$

式中,EF为生态足迹; $r_i$ 为第i种成分的均衡因子; $A_i$ 为第i种成分的生态足迹。

根据收集整理的消费数据,河南大学2006年能源生态足迹计算的相关数据和结果见表1。

这两部分水的价格不同,其中地上水价格为2.35元/t、地下水价格为2.00元/t。同期开封市的电价为0.7元/kW·h,水的电力成本约占25%。因此,计算得出供水的生态足迹共为948.1 hm<sup>2</sup>。供水生态足迹计算的相关数据和结果见表4。

由于河南大学两个校区分别位于开封市的东部和西部,相距10 km。大部分的校外车辆禁止驶入校内,因此,河南大学的交通生态足迹即可以近似的等于这两个校区之间的交通生态足迹。该研究的研究对象是学生,因此不考虑教师的交通生态足迹。2006年校际交通生态足迹计算的相关数据和结果见表5。

## 3 河南大学生态足迹与“节能减排学校行动”

以上各成分的生态足迹计算结果汇总见表6。河南大学2006年总足迹约55 946.6 hm<sup>2</sup>,即在河南大学两个校区产生的各项消费和吸纳所产生的废物需要的各类土地总面积为55 946.6 hm<sup>2</sup>。河南大学2006年生态效率为0.697人/hm<sup>2</sup>,生态消耗强度为1.43 hm<sup>2</sup>/人。构成河南大学生态足迹的主要成分是煤炭、天然气、食物和垃圾,分别占总足迹的比例为33.80%、23.38%、34.61%和6.21%,4者总和占了总足迹的99.80%。因此,建设节约型校园就必须针对这4种成分采取措施,通过改善能源结构、采取有效的节能措施和减少垃圾排放,提高生态效率、资源利用率,降低校园的生态足迹。

能源在河南大学生态足迹中所占的比例最大,因此要建设节约型校园首先必须节能。要从自身做起,尤其是洗衣服的时候用适量的水来漂清,把所有的衣服都洗完再清,如果全校的学生都能做到,那么至少可以节约1/3的水。晴天时教室、寝室等场所要尽量使用自然光,杜绝用电浪费行为,做到人走灯灭。现在电脑的总开机时间已经超过了开电灯的时间,因此要养成良好的习惯,尽量减少上网聊天、挂QQ的时间。

垃圾中的食物排放量占垃圾总排放量的比例为36.00%，占食物消费的比例为29.70%，由此可见，食物的消费是河南大学当前最主要的消费，而且存在着严重的浪费现象。建议：首先要提高节约意识；加强管理、提高食堂的服务质量和建立一套新的用餐制度；资源节约责任制及相应的奖惩措施，形成资源节约的激励机制，加强检查和相互监督，自觉抵制各种奢侈浪费的不良行为，这样既可以减少食物浪费又可以节省金钱。

垃圾处理方面，应在校园内合理设置垃圾箱，并分类装置，避免焚烧垃圾，提高资源的回收利用率。

上述降低校园生态足迹的建议，都是围绕节约资源特别是节约能源展开的，与“节能减排学校行动”、建设资源节约型学校和构建节约型社会是一致的。因此，生态足迹理论能够为“节能减排学校行动”提供理论支持和具体的行动措施，是比较完善的工具，值得在各级各类学校宣传推广与应用。

表3 垃圾生态足迹

Table 3 Ecological footprint of waste

成分 Component	排放量 Emission t	单位垃圾CO <sub>2</sub> 排放量 t CO <sub>2</sub> emission of unit garbage	单位垃圾CH <sub>4</sub> 排放量 t CH <sub>4</sub> emission of unit garbage	CH <sub>4</sub> 的 GWP系数 GWP coeffi- cient of CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub> 的GWP当 量 t GWP equivalent of CH <sub>4</sub>	单位垃圾 CO <sub>2</sub> 总量 t Total CO <sub>2</sub> unit garbage	化石能源地 平均生产力 t/hm <sup>2</sup>	均衡因子 Equivalence factor	生态足迹 hm <sup>2</sup> Ecological footprint	土地类型 Land type
纸张Sheet	402.5	0.1524	0.0554	23	1.2742	1.4266	5.2	1.1	121.4	化石能源地 Fossil energy land
食物Food	2349.0	0.0572	0.0208	23	0.4784	0.5356	5.2	1.1	266.1	化石能源地 Fossil energy land
塑料Plastics	2100.0					6.4700	5.2	1.1	2874.2	化石能源地 Fossil energy land
垃圾 Garbage	1670.0	0.0649	0.0236	23	0.5428	0.6077	5.2	1.1	214.7	化石能源地 Fossil energy land
合计Total	6521.5								3476.4	

表4 供水生态足迹

Table 4 Ecological footprint of water

成分 Component	用水量 m <sup>3</sup> Water consumption	单位电耗 kW·h/m <sup>3</sup> Unit power consumption	供水总用 电量 GWh Total electricity consumption of water supply	相应CO <sub>2</sub> 排放量 t Relative CO <sub>2</sub> emission	化石能 源地平均生 产力 t/hm <sup>2</sup> Average production of fossil energy land	均衡因子 Equivalence factor	生态足 迹 hm <sup>2</sup> Ecological footprint	土地类型 Land type
地上水 Aboveground water	3498000	0.84	2.94	2834.2	5.2	1.1	599.5	化石能源地 Fossil energy land
地下水 Underground water	2332000	0.71	1.67	1609.9	5.2	1.1	340.6	化石能源地 Fossil energy land
合计Total	5830000						948.1	

表5 校际交通生态足迹

Table 5 Ecological footprint of school bus

类型 Type	全年里程 km Whole year mileage	CO <sub>2</sub> 释 放量 kg/km CO <sub>2</sub> emission	化石能源 地平均生 产力 t/hm <sup>2</sup> Average production of fossil energy land	均衡因子 Equiv- alence factor	生态足迹 hm <sup>2</sup> Ecological footprint	土地 类型 Land type
校际公交车 School bus	86400	0.205	5.2	1.1	3.7	化石能源地 Fossil energy land

注：校际公交车所使用的燃料为汽油。

Nte: Gasoline was used in school bus.

#### 4 结论

河南大学学生数量大，生态需求高，资源消耗量大。运用生态足迹理论分析校园生态足迹状况，促使在校师生合理利用自然资源，建设资源节约型校园，促进“节能减排学校行动”在学校的全面开展。结合上文分析得出以下结论：

(1) 分析构成河南大学生态足迹的主要成分得出，煤炭、天然气、食物和垃圾的生态足迹总和占校园总生态足迹的99.80%。建设节约型校园应重点考虑这4种成分の利用，改

善能源结构、采取有效的节约粮食的方法和减少垃圾的排放是提高生态效率、降低校园生态足迹的主要措施。

表6 河南大学生态足迹结果汇总

Table 6 Total ecological footprint of Henan University

成分 Component	生态足迹 hm <sup>2</sup> Ecological footprint	所占比例 % Proportion
能源Energy	32035.1	57.26
煤炭Coal	18911.1	33.80
电力Electric power	43.2	0.08
天然气Natural gas	13080.8	23.38
食物Food	19361.9	34.61
垃圾Garbage	3476.4	6.21
纸张Sheet	121.4	0.22
水Water	948.1	1.69
交通Traffic	3.7	0.01
合计Total	55946.6	100.00

(2) 河南大学食物的生态足迹为19361.9 hm<sup>2</sup>，这个结果是在只考虑学生在校内的消费得出的，实际上学生也在校外

(下转第6512页)

白心。浸米和蒸饭结果见表1。

表2 落缸温度和开头耙情况

Table 2 Temperature for jar entry and situation of initial harrow

品种 系 Cultivar	落缸温度 Temperature for jar entry	开头耙时间 h Time of initial harrow	开头耙温度 Temperature for initial harrow
越糯6号 Yueno No. 6	29.1	37.0	37.1
越糯05-38 Yueno 05-38	29.4	37.0	36.5
越糯05-53 Yueno 05-53	28.7	37.5	36.8
早粳糯 Early japonica glutinous rice	28.9	37.5	36.2
常规晚粳糯(CK) Fadtional late- glutinous rice	28.7	37.5	36.5

2.2 投料、开头耙情况 米饭摊开冷却后(摊饭法),依次将米饭、麦曲、酒酿倒入事先消好毒的缸内,并反复搅拌,落缸

温度为26~28。酒料落缸后,随着酒酿和麦曲的共同作用,缸内温度逐渐升高,当温度升到35~37时,抓紧开头耙(表2),开头耙直接关系到黄酒的质量。头耙后使其缸内温度下降,以后每隔3~4h开二、三耙、...,直至接近室温。

2.3 发酵情况 绍兴加饭酒缸内养胚(前发酵)一般为5~6d,然后按品种灌坛进入后发酵(表3),编号存放。随时间推移坛内酒精度逐渐提高,糖度逐渐减少,黄酒趋于成熟。半成品养胚85~90d。最后,按常规进行压榨、过滤、澄清、煎酒、灌坛成成品酒。

试验结果表明,参试品种酿酒各阶段理化指标正常,但从发酵坛中观察,5个试验品种(系)中,越糯05-38、早粳糯、常规晚粳糯(CK)澄清较好,越糯6号、越糯05-53澄清略差。酿酒专家对清酒进行品评认为:越糯05-38、常规对照、早粳糯风味好,口味清爽、醇厚、酒体协调。越糯6号、越糯05-53略差于对照。所酿制的黄酒的主要理化指标均符合GB 17946~2000《绍兴酒(绍兴黄酒)》的标准要求。

表3 各发酵阶段的理化指标分析结果

Table 3 Analysis results of physical and chemical indices at different fermentation stages

品种 系 Cultivar	酒度 v/v Wine degree				糖度 g/L Sugar degree				酸度 g/L Acid degree				氨态氮 g/L Ammoniacal nitrogen
	7 d	30 d	65 d	清酒	7 d	30 d	65 d	清酒	7 d	30 d	65 d	清酒	
越糯6号 Yueno No. 6	13.4	18.1	20.1	19.5	30.5	10.8	7.2	9.5	4.3	4.1	4.0	3.7	0.79
越糯05-38 Yueno 05-38	13.4	18.3	19.7	18.7	29.6	13.1	12.6	13.7	3.8	3.5	3.5	3.5	0.71
越糯05-53 Yueno 05-33	13.5	18.3	19.5	19.1	29.1	10.2	8.1	10.2	3.9	3.3	3.3	3.6	0.79
早粳糯 Early japonica glutinous rice	12.8	17.6	19.2	18.5	28.5	13.8	13.5	14.5	3.1	3.8	3.7	3.6	0.65
常规晚粳糯(CK) Fadtional late-glutinous rice	13.0	17.7	19.0	18.6	28.3	14.3	14.0	16.8	3.4	3.9	3.9	3.6	0.68

### 3 结论

通过对绍兴市农业科学院选育的4个早粳(糯)糯品种(系)酿制绍兴加饭酒试验,初步筛选出越糯05-38、早粳糯等适宜于酿制绍兴加饭酒的早粳(糯)糯新品种(系),其所酿制的加饭酒不仅风味好,口味清爽,而且主要理化指标均符合绍兴加饭酒的标准要求。生产应用表明,筛选优质早粳糯米酿酒,拓宽了酿酒原料米市场,有利于就地解决酿酒原料,降低酿酒成本,促进绍兴市酿酒业的发展,同时也有利于就地促进粮食转化,提高种粮效益,增加农民收入。在双季稻区

(上接第6505页)

消费,因此,食物足迹的计算结果要比实际值偏低。另外,计算项目考虑不够全面,以及部分数据是估算的,因此导致计算的误差和结果的相对保守,这些都有待进一步完善。

(3) 生态足迹理论以其科学、简捷、量化、易于推广等优势可作为“节能减排学校行动”的理论支持和行动载体。该理论与方法的推广和宣传,可促进节约型学校的建设,增强师生的节能环保意识,并自觉投入到节能减排行动,营造节能减排校园文化,从而促进节能减排全民行动的实施。

(4) 用生态足迹理论促进“节能减排学校行动”,仅强调资源的节约和有效利用,杜绝浪费行为,而该活动的深入开展是一项内容复杂的综合性工作,还需要积极推进技术进步,加强制度建设,加强节约节能资源新技术的运用和研发等一系列相关的措施。

推广种植适宜于酿制绍兴黄酒的早粳糯品种,具有很好的发展前景。

### 参考文献

- [1] GB 17946-2000, 绍兴酒(绍兴黄酒)[S]. 2000.
- [2] 王永昭,张云康,李尧生,等. 酿酒粳糯米胚乳淀粉粒的形态和结构[J]. 酿酒科技,1995(5):27-28.
- [3] 刘明放,沈德胜,施云生,等. 早粳糯越糯6号的选育、特征特性和栽培要点[J]. 浙江农业科学,2004(5):258-259.
- [4] 刘明放,谢广发,胡妙丹,等. 早粳糯酿制加饭酒的试验研究[J]. 作物杂志,2002(5):40-42.

### 参考文献

- [1] WILLIAM REES. Ecological footprint and appropriated carrying: what urban economics leaves out[J]. Environment and Urbanization, 1992, 4(2): 121-130.
- [2] ULANOWICZ R E. Growth and development[M]. New York: Springer-Verlag, 1986.
- [3] VACKERNAGEL M, ONISTO L, BELLO P ET AL. Ecological footprints of nations: How much nature do they use? How much nature do they have[J]. Commissioned by the Earth Council for the Rio + 5 Forum. International Council for Local Environmental Initiatives, Toronto, 1997.
- [4] LAMMERS A, RICHARD M, CONOR W, et al. Ireland's footprint: A time series for 1983-2001[J]. Land Use Policy, 2008, 25: 53-58.
- [5] SIMMONS C, LEWIS K, BARRETT J. Two feet-two approaches: A component-based model of ecological footprinting[J]. Ecol Econ, 2000, 32: 375-380.
- [6] BARRETT J, SIMMONS C. An ecological footprint of the UK: Providing a tool to measure the sustainability of local authorities. Stockholm Environment Institute, York EB/CL. [2008-03-24]. Http://www.York.Ac.UK/inst/sei/odpm
- [7] 顾晓薇,李广军,王青,等. 高等教育的生态效率——大学校园生态足迹[J]. 冰川冻土, 2005, 27(6): 418-424.
- [8] 李广军,顾晓薇,王青,等. 沈阳市高校生态足迹和生态效率研究[J]. 资源科学, 2005, 27(6): 141-142.