

# 基于生态足迹法的盘锦市可持续发展研究

杨春璐<sup>1,2</sup>, 王俭<sup>1,2</sup>, 王杰<sup>1</sup>, 程志辉<sup>1,2</sup>, 李丽丹<sup>1</sup>, 王秀琳<sup>1</sup>

(1.辽宁大学环境学院,辽宁 沈阳 110036;2.辽宁省高校污染控制与环境修复重点实验室,辽宁 沈阳 110036)

**摘要:**为了解盘锦市近年来快速发展的可持续和资源利用效率,利用生态足迹模型,对盘锦市2002—2007年的生态足迹、生态承载力及万元GDP生态足迹进行了计算。结果表明,盘锦市人均生态足迹从2002年的5.13 hm<sup>2</sup>增加到2007年的7.41 hm<sup>2</sup>,各种土地类型占生态足迹的比重由大到小分别为化石能源用地、水域、耕地、草地、建筑用地和林地;人均生态承载力从0.624 hm<sup>2</sup>下降至0.611 hm<sup>2</sup>;万元GDP生态足迹从2002年的1.93 hm<sup>2</sup>下降到2007年的1.42 hm<sup>2</sup>。盘锦市在2002—2007年一直处于生态赤字状态,且生态赤字有增加趋势。针对研究结果,提出了有利于盘锦市可持续发展的对策建议。

**关键词:**可持续发展;生态足迹;生态承载力;万元GDP生态足迹;对策建议

中图分类号:X171.1

文献标识码:A

文章编号:1004-874X(2012)08-0154-05

## Research on sustainable development in Panjin city based on ecological footprint

YANG Chun-lu<sup>1,2</sup>, WANG Jian<sup>1,2</sup>, WANG Jie<sup>1</sup>, CHENG Zhi-hui<sup>1,2</sup>, LI Li-dan<sup>1</sup>, WANG Xiu-lin<sup>1</sup>

(1.College of Environment, Liaoning University, Shenyang 10036, China; 2.Key Laboratory of Pollution Control and Environmental Remediation, Educational Committee of Liaoning Province, Shenyang 10036, China)

**Abstract:** To ascertain whether the rapid development was sustainable and the efficiency of resource utilization of Panjin city in recent years, analysis of ecological footprint and ten thousand yuan GDP ecological footprint was conducted based on the ecological footprint model. The results showed that the value of per capita ecological footprint was increased from 5.13 hm<sup>2</sup> in 2002 to 7.41 hm<sup>2</sup> in 2007. The proportion sequence of the ecological footprint from big to small was fossil fuel land, water eare, cultivated land, grassland, construction land and woodland respectively. The value of per capita ecological capacity was decreased from 0.624 hm<sup>2</sup> to 0.611 hm<sup>2</sup>, and the value of ten thousand yuan GDP ecological footprint was decreased from 1.93 hm<sup>2</sup> to 1.42 hm<sup>2</sup>. Panjin city had been in ecological deficit state in 2002—2007 all along, and the deficit trend was increasing. According to the results above, some suggestions of sustainable development had been put forward.

**Key words:** sustainable development; ecological footprint; ecological capacity; ten thousand yuan GDP ecological footprint; suggestions

自1987年《我们共同的未来》发表以来,可持续发展在各个国家、各个领域成为一种新的发展理念和模式。如何定量评价可持续发展程度一直是国内外可持续发展研究的前沿和热点。生态足迹模型由加拿大学者Wackernagel和Rees提出,目前已广泛应用于对资源消费和承载力评估方面<sup>[1-8]</sup>。虽然该方法在定量化方面存在一些不足,但它作为一种直观且综合的研究方法,得到了有关国际机构、政府部门和研究机构的认可,成为国内外可持续发展研究中的一个重要的测度方法。

盘锦市地处辽宁沿海经济带主轴和渤海翼的重要节点,是一座因石油而建设的新城市,也是“国际湿地之都”,是全国首批36个率先进入小康的城市之一,是全国优秀旅游城市、国家级生态建设示范区,是全国资源型城市转型试点市。改革开放以来,盘锦市在经济持续

快速增长的同时,对资源和环境造成了一定破坏,对社会和经济的持续发展构成了威胁。本研究将生态足迹的分析方法运用到盘锦市城市生态系统研究中,探讨了盘锦市2002—2007年生态足迹和生态承载力的动态变化,旨在判断盘锦市近年来的可持续发展状态,以期为减小生态系统负荷使经济活动与生态承载力得到平衡提供参考。

### 1 材料与方法

#### 1.1 研究区概况

盘锦市位于辽宁省西南部,辽河三角洲中心地带,地理坐标为40°39′~41°27′N、121°25′~122°31′E之间,总面积4 071 km<sup>2</sup>,占辽宁省总面积的2.75%。盘锦市是全国最大的稠油生产基地、全国最大的道路沥青生产基地、东北地区最大的防水卷材生产基地、东北地区最大的化肥生产基地,是全国重要的优质粳稻主产区。

#### 1.2 研究方法

**1.2.1 生态足迹模型** 生态足迹方法将支持某一特定经济体或活动所需的能量流和物质流转换成不同土地利用类型的土地面积,并与生态承载力之间进行比较,从而定量地判断该区域的发展是否处于生态承载力之内,即发展是否为可持续<sup>[1]</sup>。根据生产力大小的差异,在生态足迹方法

收稿日期:2012-02-20

基金项目:辽宁大学青年科研基金(2009LDQN35);辽宁大学“211工程”三期重点学科项目(HJ211002);沈阳市科技计划项目(F11-264-1-02)

作者简介:杨春璐(1978-),女,博士,副教授,E-mail:ycl\_78@yahoo.com.cn

通讯作者:王俭(1974),男,博士,副教授,E-mail:wangjian@163.com

中把地球表面的生态生产性土地分为化石能源用地、耕地、林地、草地、建筑用地、水域 6 大类。生态足迹计算公式如下：

$$EF=N \times ef=N \times \sum_{i=1}^n (r_j a_i)=N \times \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{p_i}$$

式中,  $EF$  为总的生态足迹 ( $\text{hm}^2$ ),  $N$  为人口数,  $ef$  为人均生态足迹 ( $\text{hm}^2$ ),  $i$  为所消费的商品与投入的类型,  $a_i$  为第  $i$  种消费物品折算的人均生物生产面积 ( $\text{hm}^2$ ),  $r_j$  为均衡因子,  $p_i$  为  $i$  种消费商品的平均生产能力 ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^2$ ),  $c_i$  为  $i$  种商品的人均消费量 ( $\text{kg}$ )。

由此可知, 生态足迹是人口数和人均物质与能源消费的函数, 是每种消费商品的生物生产面积的总和。

**1.2.2 生态承载力的计算** 生态承载力的计算公式为：

$$EC=N \times ec=N \times a_j \times r_j \times y_j$$

式中,  $EC$  为总的生态承载力 ( $\text{hm}^2$ ),  $ec$  为人均生态承载力 ( $\text{hm}^2$ ),  $a_j$  为人均生物生产面积 ( $\text{hm}^2$ ),  $y_j$  为产量因子。

需要说明的是, 生态承载力的计算应该包括 6 类资源地, 但是由于化石资源的不可再生性, 我们现在是在消费化石资源的资本, 因此在计算生态承载力时将其剔除; 生物圈并非人类所独有, 人类应将生物生产土地面积的 12% 用于生物多样性的保护, 因此, 在计算生态承载力时, 应从总数中扣除这一部分。

**1.2.3 生态赤字和生态盈余** 区域生态足迹如果超过了区域所能提供的生态承载力, 就出现生态赤字; 如果小于区域生态承载力, 则表现为生态盈余。

## 2 结果与分析

### 2.1 生态足迹的计算与分析

本文对 2002—2007 年盘锦市生态足迹的计算参考了国内外众多学者关于生态足迹各种核算的方法, 并结合了盘锦市的具体情况和可查数据, 对某些项目的计算内容进行了必要的修改, 数据主要来源于 2003—2008 年盘锦市统计年鉴<sup>[8-13]</sup>。

生态足迹的计算主要包括两部分, 即生物资源消费账户和能源消费账户。在将生物资源消费转化成为提供这种消费所需要的生物生产面积的计算中, 采用了联合国粮农组织 1993 年计算的有关生物资源的世界平均产量资料 (采用这一公共标准主要是为了使计算结果可以进行国与国、地区和地区之间的比较与分析)<sup>[14-15]</sup>, 能源消费部分采用世界上单位化石能源土地面积的平均发热量为标准。各生物生产性土地对应的均衡因子和产量因子均采用国内外普遍使用的数据, 耕地、草地、林地、水域、化石能源用地和建筑用地的均衡因子分别为 2.8、0.5、1.1、0.2、1.1 和 2.8, 耕地、草地、林地、水域和建筑用地的产量因子分别为 1.66、0.19、0.91、1.00 和 1.66。

生物资源消费账户主要分为农产品、动物产品、林产品、水产品等大类。2007 年盘锦市生态足迹生物资源消费账户计算结果如表 1 所示。

能源消费账户主要考虑了原煤、天然气、原油 3 种原始能源的开采量和电力消费情况。2007 年盘锦市生态足迹能源消费账户计算结果如表 2 所示。

表 1 2007 年盘锦市生态足迹生物资源消费账户计算

生物资源	生产量(t)	全球平均产量(kg/hm <sup>2</sup> )	毛足迹(hm <sup>2</sup> )	需求面积(万 hm <sup>2</sup> )	均衡面积(万 hm <sup>2</sup> )	人均生态足迹(hm <sup>2</sup> )	土地类型
水稻	1023899	2744	373141.03	47.41	132.76	1.028	耕地
玉米	94097	2744	34291.91				
高粱	1939	2744	706.63				
大豆	15803	1856	8514.55				
油料	752	1856	405.17				
蔬菜	1027297	18000	57072.06				
猪肉	57255	74	773716.22	221.05	110.52	0.856	草地
牛肉	2392	33	72484.85				
羊肉	588	33	17818.18				
禽肉	39016	33	1182303.03				
兔肉	3	15	200.00				
奶类	23210	502	46235.06				
山羊毛	0.799	15	53.27				
绵羊毛	4.043	15	269.53				
禽蛋	46956	400	117390.00				
木材	0.0232	1.99	0.01	0.07	0.07	0.001	林地
水果	11938	18000	663.22				
水产品	299900	29	10341379.31	1034.14	206.83	1.601	水域

表 2 2007 年盘锦市生态足迹能源消费账户计算

消费项目	消费量	全球平均能源足迹(GJ·hm <sup>2</sup> )	折算系数	毛足迹(hm <sup>2</sup> )	需求面积(万 hm <sup>2</sup> )	均衡面积(万 hm <sup>2</sup> )	人均生态足迹(hm <sup>2</sup> )	土地类型
原煤	236.3 万 t	55	20.9340GJ/t	899400.80	451.25	496.38	3.843	化石能源用地
天然气	72000 万 m <sup>3</sup>	93	38.9780GJ/m <sup>3</sup>	216486.30				
原油	7397000 万 t	93	42.7050GJ/t	3396654.70				
电力	441056 万 kW/h	1000	0.0083GJh/kW	36607.65	3.66	10.25	0.079	建筑用地

由于生态足迹计算中涉及的基础数据较多,因此仅列出2007年盘锦市生态足迹的计算,其他年份生态足迹计算方法相同。2002—2007年盘锦市人均生态足迹变化情况见图1。

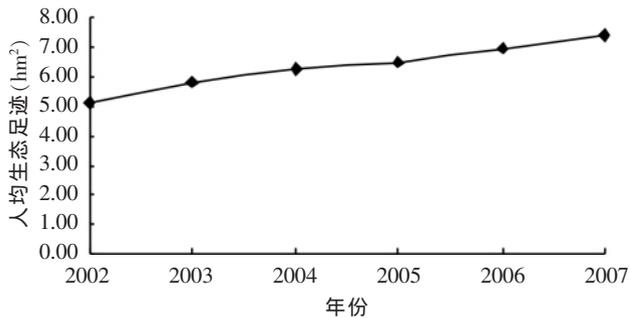


图1 2002—2007年盘锦市人均生态足迹变化情况

从图1可以看出,盘锦市2002—2007年的人均生态足迹逐年上升,从2002年的5.13 hm<sup>2</sup>增加到2007年的7.41 hm<sup>2</sup>,增幅为44.4%,年均增长率约为8.9%。2002—2007年盘锦市各种土地类型占生态足迹的比重由大到小分别为化石能源用地(52.00%)、水域(20.40%)、耕地(14.77%)、草地(11.68%)、建筑用地(1.14%)和林地(0.01%),增幅由大到小分别为草地、水域、化石能源用地、耕地、建筑用地、林地。

化石能源用地生态足迹占总足迹的52%,2002—2007年5年来保持持续快速的增长趋势,增幅达43.7%,年均增长率8.7%,这是由于盘锦市地下有丰富的石油、天然气等矿产资源,且近年来开采量逐年增加;水域生态足迹占总生态足迹比例为20%,5年来增长迅速,增加幅度达51.0%,年均增长率为10.2%,这是由于盘锦市南部沿渤海,浅海水域面积大,海产品丰富,且盘锦市为全国著名河蟹生产基地,因此盘锦市对包括海产品、河蟹等在内的

水产品的生产和消费水平均很高;耕地和草地生态足迹分别占总足迹的15%和12%,近年来一直保持快速增长的趋势,5年来增幅分别为30.6%和57.1%,年增长率分别为6.1%和11.4%,这与人们生活水平逐渐提高,肉类、蛋类、奶类等动物产品消费量增加且消费结构逐渐改变有关;建筑用地生态足迹占总足迹的1.14%,5年来上升幅度为25.6%,年增长率5.1%,这是由于盘锦市全社会(包括人们日常生活和企事业单位日常办公)的用电量增加的原因,是人们生活水平提高的另一种表现;林地生态足迹占总足迹的0.01%,5年来生态足迹下降了13.1%,其随时间变化的规律不明显,主要是由于每年水果产量波动较大所致。

需要说明的是,盘锦市耕地生态足迹较大且增长迅速的原因,一方面是本市人民对稻米的消费有所增加;另一方面,盘锦市是全国重要的优质稻米生产基地,盘锦大米在国内素负盛名,因此,近年来盘锦市稻米生产量逐年提高,即盘锦市稻米生产量中有一部分是非盘锦市人民消费的,但由于年鉴中缺少稻米对外贸易数据,因此,可能造成结果中耕地人均生态足迹较实际偏高,同样,化石能源用地、水域人均生态足迹结果也存在这一问题。为估算这一偏差,计算了从2002—2007年盘锦市进出口总额占当年生产总值的比值,一般在3%左右,这说明贸易部分对盘锦市生态足迹的计算具有一定的影响,但影响不大。

## 2.2 生态承载力的计算与分析

盘锦市2002—2007年人均生态承载力的计算结果如表3和图2所示。从表2可以看出,盘锦市人均生态承载力从2002年的0.624 hm<sup>2</sup>下降到2007年的0.611 hm<sup>2</sup>,下降了2.12%。从图2可以看出,2002—2007年盘锦市总生态承载力并没有下降,而是略有增加,增幅为1.63%,但由于这期间人口数量从2002年的124.39万人增加至2007年的129.16万人,增幅为3.83%,其综合结果造成了人均生态承载力的下降。

表3 2002—2007年盘锦市的人均生态承载力

类型	面积 (hm <sup>2</sup> )						产量因子	人均生态承载力 (hm <sup>2</sup> )					
	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年		2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年
耕地	128800	128809	128815	128817	128869	128898	1.66	0.424	0.422	0.418	0.415	0.411	0.408
草地	2700	2739	2739	2739	2739	2739	0.19	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
林地	7500	7515	7515	7515	7515	7515	0.91	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
建筑用地	56800	57245	57274	57448	57557	57895	1.66	0.187	0.188	0.186	0.185	0.184	0.183
水域	58329	64212	64749	85819	95884	102261	1.00	0.008	0.009	0.009	0.012	0.013	0.014
总人均生态承载力								0.709	0.709	0.703	0.701	0.697	0.694
减去生物多样性保护面积(12%)								0.085	0.085	0.084	0.084	0.084	0.083
可利用的人均生态承载力								0.624	0.624	0.619	0.617	0.613	0.611

2002—2007年盘锦市各土地类型生态承载力比重(年均值)调查结果表明,耕地和建筑用地在人均生态承载力中一直占有较大比重。分别占67.4%和30.0%,而2002—2007年间土地面积增幅最大的分别是水域和建筑用地,其他结构类型变幅均不大。耕地的人均生态承载力占总人均生态承载力的比重最大,说明盘锦市城市化水平

还比较低;建筑用地面积较高是由于政府着力加强基础设施建设,与耕地、草地、林地一致的是,虽然建筑用地面积近年来也有小幅增加,但由于人口的增长,其人均生态承载力则表现出下降趋势;水域的人均生态承载力近年来则持续上升,比重达1.8%,这是由于盘锦市水产品养殖业面积增长速度大大高于人口增长速度,这也是盘锦市水产品

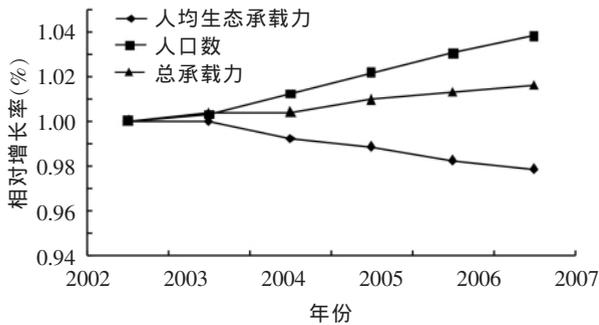


图 2 2002—2007 年盘锦市人均生态承载力变化 (以 2002 年为基准年)

养殖业快速发展的表现。林地的人均生态承载力比重为 0.8%, 草地接近为零。

### 2.3 生态赤字计算结果与分析

人均生态足迹和人均生态承载力的计算结果表明, 盘锦市 2002—2007 年人均生态足迹逐年上升, 人均生态承载力则逐年下降, 且生态足迹一直高于生态承载力, 因此盘锦市一直处于生态赤字状态, 且生态赤字情况逐年加重, 2002 年生态赤字 4.507  $\text{hm}^2$ , 2007 年为 6.797  $\text{hm}^2$ , 生态足迹压力指数 ( $EFI, EFI=EF/EC$ ) 也呈逐年增加的趋势, 由 2002 年的 8.22 增加到 2007 年的 12.13, 按照世界基金组织 2004 年《Living planet report》制定的生态安全评价指数与等级划分标准(表 4), 2002—2007 年盘锦市生态安全均处于极不安全状态。

表 4 生态足迹压力指数 ( $EFI$ ) 等级划分标准

等级	$EFI$	表征状态
1	<0.50	很安全
2	0.50~0.80	较安全
3	0.81~1.00	稍不安全
4	1.01~1.50	较不安全
5	1.50~2.00	很不安全
6	>2.00	极不安全

分析盘锦市生态赤字的主要原因是: (1) 人口数量大且持续增长。一个地区的总生态承载力是一个基本稳定的数值, 人口数量大意味着人均生态承载力低, 这是导致生态赤字的一个重要方面, 加上盘锦市人口数量在 6 年的时间里持续增长, 提高了 3.83%, 促成了生态赤字加剧。(2) 人们对于资源的需求量加大, 消费水平的上升导致了生态足迹的增加, 这是生态赤字的另一个重要原因。因此, 生态赤字的出现主要源于生态足迹和生态承载力的非均衡发展, 其本质则是人口、资源、技术、消费等要素打破了生态系统平衡。

### 2.4 万元 GDP 生态足迹计算与分析

万元 GDP 的生态足迹可以用人均生态足迹除以地区人均 GDP 来获得。万元 GDP 的生态足迹越高说明生态足迹浪费越严重, 资源利用的效率越低; 反之, 则生态足迹能得到较好的利用, 对资源的利用效率就越高。从表 5 可

表 5 2002—2007 年盘锦市万元 GDP 生态足迹

年份	总生态足迹 ( $\text{hm}^2$ )	国内生产总值 (万元)	万元 GDP 生态足迹 ( $\text{hm}^2/\text{万元}$ )
2002	6382520	3308089	1.93
2003	7246055	3693730	1.96
2004	7898655	4413248	1.79
2005	8264953	5107697	1.62
2006	8945186	5628575	1.59
2007	9568106	6750045	1.42

以看出, 盘锦市万元 GDP 的生态足迹在 2002—2007 年期间大体上呈现出下降的趋势, 从 2002 年的 1.93  $\text{hm}^2/\text{万元}$  下降到 2007 年的 1.42  $\text{hm}^2/\text{万元}$ , 在一定程度上说明了高新技术的出现提高了对资源的利用效率, 减少了经济生产过程中资源的非必要消耗。这与近年来改革不断深入、盘锦经济发展状况好转, 产业结构调整、产品竞争力提高及高新技术产业发展较快密切相关。

## 3 结论与讨论

2002—2007 年盘锦市人均生态足迹从 5.13  $\text{hm}^2$  增加到 7.41  $\text{hm}^2$ , 增加了 44.4%, 而人均生态承载力却逐年下降, 从 0.624  $\text{hm}^2$  下降为 0.611  $\text{hm}^2$ , 即盘锦市在这 5 年一直处于生态赤字状态, 而且生态赤字有增加趋势, 2002 年人均生态赤字 4.507  $\text{hm}^2$ , 2007 年为 6.797  $\text{hm}^2$ , 盘锦市生态安全处于极不安全状态。各种土地类型占生态足迹的比重由大到小分别为化石能源用地、水域、耕地、草地、建筑用地和林地。生态赤字的存在及不断加大, 表明盘锦市的自然需求超出了其生态承载能力的范围, 盘锦市的发展模式处于一种不可持续的状态。

缓解生态赤字主要有 3 个途径: 一是建设资源节约型、环境友好型社会, 从而降低人均生态足迹; 二是对有限的土地面积进行土地利用方式的调整和优化来增加区域生态承载力; 三是控制人口数量, 从而实现总生态足迹的降低和人均生态承载力的提高。

### 3.1 加快产业调整、建设资源节约型、环境友好型社会

盘锦市现在很多工业产品使用的是 20 世纪 50~60 年代的生产技术, 其能源消耗大, 效率低, 污染重, 造成大量资源浪费, 2007 年盘锦市单位 GDP 能耗标准煤 1.990 t/万元, 这势必造成对生态需求的增加。因此, 必须加快产业调整, 积极淘汰掉浪费能源、污染环境的落后工艺、技术和设备, 加强技术创新, 大力发展节能技术, 不断开发出高效低耗能的产品, 建设资源节约型、环境友好型社会, 从而缓解区域人均生态足迹的快速增加。

### 3.2 优化土地利用方式

既然生物生产性面积很难扩展, 那么可以通过改造生产能力比较低的土地、采用新的技术等方式来提高土地的生产能力, 从而提高其相应的生态承载力。从目前来看, 盘锦市土地利用方式还是较为合理的, 其中产量因子和均衡因子最高的耕地和建筑用地面积之和占盘锦市总土地面积的 70% 以上。但仍然存在部分土地利用方式不够合

理的现象,因此,在现有基础上进一步加强土地利用方式的优化及土地可持续利用与有效管理,对提高区域生态承载力会起到一定作用。

### 3.3 控制人口数量,提高全民生态环境保护意识

盘锦市土地利用方式较为合理,但2002—2007年盘锦市人均生态承载力仅介于0.611~0.624 hm<sup>2</sup>之间,大大低于全球平均生态承载力1.8 hm<sup>2</sup>。这充分说明了盘锦市存在人口基数过大的问题,需要通过严格执行计划生育政策加以解决。另外,除区域人口数量外,人们的消费水平、意识形态等都直接或间接影响区域的生态需求水平,因此,提高人们的生态环境意识,降低人均生态需求,有助于降低人均生态足迹。

#### 参考文献:

- [1] Ree W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves US [J]. Environment and Urbanization, 1992,4(2):121-130.
- [2] 杜斌,张坤民,温宗国,等.城市生态足迹计算方法的设计与案例[J].清华大学学报,2004,44(9):1171-1175.
- [3] 刘宇辉,彭希哲.中国历年生态足迹计算与发展可持续性评估[J].生态学报,2004,24(10):2257-2262.
- [4] 陈勇,郭长宝,程琳.基于地区生态足迹差异的生态适度人口研究[J].生态环境学报,2009,18(2):560-566.
- [5] 谭许伟,王东明,张建军,等.沈阳城市可持续发展水平的生态足迹分析[J].环境保护科学,2008,34(1):47-49.
- [6] 高成康,蒋大和.针对生态型城市规划的生态足迹影响因子分析[J].哈尔滨工业大学学报,2008,40(6):993-996.
- [7] 张波,王青,顾晓薇,等.铁岭市生态足迹时间序列分析[J].东北大学学报,2007,28(3):434-437.
- [8] 辽宁年鉴编委会.辽宁省统计年鉴 2003[M].北京:中国统计出版社,2003.
- [9] 辽宁年鉴编委会.辽宁省统计年鉴 2004[M].北京:中国统计出版社,2004.
- [10] 辽宁年鉴编委会.辽宁省统计年鉴 2005[M].北京:中国统计出版社,2005.
- [11] 辽宁年鉴编委会.辽宁省统计年鉴 2006[M].北京:中国统计出版社,2006.
- [12] 辽宁年鉴编委会.辽宁省统计年鉴 2007[M].北京:中国统计出版社,2007.
- [13] 辽宁年鉴编委会.辽宁省统计年鉴 2008[M].北京:中国统计出版社,2008.
- [14] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. National natural capital accounting with the ecological footprint concept [J]. Ecological Economics, 1999,29(3):375-390.
- [15] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. Ecological footprints of nations:How much nature do they use? How much nature do they have? Commissioned by the Earth Council for the Rio + 5 Forum [C]. International Council for Local Environmental Initiatives, Toronto, 1997.

\*\*\*\*\*

(上接第 153 页)

Penaeidin 抗菌肽分子,分子中具有一个对虾素结构域(Penaeidin)。从而可以推测,它在凡纳对虾先天免疫系统中发挥着重要的抗菌作用。

### 3 结语

本文研究了凡纳对虾 *penaeidin 3* 抗菌肽基因的结构,发现凡纳对虾 *penaeidin 3* 分子具有典型的对虾素分子结构特征,分子中具有 8 个保守存在的半胱氨酸残基和一段富含脯氨酸的基序;而且它与其他已知的对虾素分子相似性较高。推测其在先天免疫系统对抗细菌侵染的过程中,发挥着重要的抗菌功能。本研究为今后系统研究该基因的功能以及研究涉及到的信号转导途径提供了良好的理论基础。

#### 参考文献:

- [1] Ren Q,Zhao X F,Wang J X.Identification of three different types of serine proteases (one SP and two SPHs) in Chinese white shrimp[J]. Fish Shellfish Immunol,2011,30(2):456-466.
- [2] Ren Q, Zhou J, Jia Y P,et al.Cloning and characterization of Rap GTPase from the Chinese white shrimp *Fenneropenaeus chinensis* [J].Dev Comp Immunol,2012,36(1):247-252.
- [3] Du Z Q,Ren Q,Zhao X F, et al.A double WAP domain (DWD)-containing protein with proteinase inhibitory activity in Chinese white shrimp, *Fenneropenaeus chinensis* [J].Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol,2009, 154(2):203-210.
- [4] Du Z Q,Li X C,Wang Z H,et al.A single WAP domain (SWD)-containing protein with antipathogenic relevance in red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* [J]. Fish Shellfish Immunol,2010,28(1):134-142.
- [5] Sun C,Du X J,Xu W T,et al.Molecular cloning and characterization of three crustins from the Chinese white shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*[J].Fish Shellfish Immunol,2010,28(4):517-524.
- [6] Jia Y P,Sun Y D,Wang Z H,et al.A single whey acidic protein domain (SWD) -containing peptide from fleshy prawn with antimicrobial and proteinase inhibitory activities [J].Aquaculture, 2008,284:246-259.