

# 河北省武安市生态人口承载力动态变化及其驱动力

元利<sup>1</sup>, 孙桂平<sup>1,2</sup>, 闫妍<sup>1</sup>, 李珊<sup>1</sup>, 陈利东<sup>1</sup>

(1. 河北师范大学 资源与环境科学学院, 河北 石家庄 050024;

2. 河北省环境演变与生态建设实验室, 河北 石家庄 050024)

**摘要:** 基于生态足迹理论, 设计出了河北省武安市生态环境人口承载力评价指标体系。应用生态足迹模型对 2000—2010 年武安市生态环境人口承载力进行了研究, 并通过 SPSS 软件对结果数据采用相关分析法和回归分析法, 进行了可持续状态分析和驱动因素分析。研究表明, 武安市 2000—2007 年生态足迹与生态承载力矛盾较为突出。2007 年以后武安市加强转变经济增长方式, 提高了对自然资源的利用率, 使生态足迹和生态承载力之间的矛盾逐步缓和, 开始向可持续的方向发展。该市人均化石燃料足迹强烈影响着可承载人口数量, 是影响武安市生态承载人口动态变化的主要因素。

**关键词:** 人口承载力; 生态足迹; 河北省; 武安市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)05-0037-04

中图分类号: K901

## Dynamic Change of Population Carrying Capacity and Its Driving Forces in Wuan City of Hebei Province

YUAN Li<sup>1</sup>, SUN Gui-ping<sup>1,2</sup>, YAN Yan<sup>1</sup>, LI Shan<sup>1</sup>, CHEN Li-dong<sup>1</sup>

(1. College of Resources and Environment Science, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China;

2. Hebei Provincial Key Laboratory of Environmental Change and Ecological Construction, Shijiazhuang, Hebei 050024, China)

**Abstract:** An evaluation index system for the eco-environment population carrying capacity of Wuan City is designed based on ecological footprint theory. Ecological footprint model is applied to analyze the eco-environment population carrying capacity in 2000—2010. The sustainable development stature and driving factors are analyzed with the help of SPSS. Results show that the contradiction between ecological footprint and ecological carrying capacity was more prominent in 2000—2007. After 2007, the contradiction was alleviated towards a sustainable development through the transformation of economic growth and the improved utilization of natural resources. The population carrying capacity was strongly influenced by the per capita fossil fuel footprint that is the main factor for the dynamic change of ecological carrying population in Wuan City.

**Keywords:** population carrying capacity; ecological footprint; Hebei Province; Wuan City

生态环境所具有的物质和能量基础对人类的生存有着本质的制约, 最主要的表现是为人类生存提供了生存的空间, 其对人类的生活和生产活动的容纳能力是有限的, 因此, 环境供给的有限性从客观上要求人口的规模和增长速度必须适度。然而, 随着城市化和工业化的快速发展, 生态环境能否支撑人类的继续发展, 成为经济学、人口学和生态学领域共同关注的问题<sup>[1]</sup>。

目前, 国内外虽然对生态人口承载力进行了大量研究, 但是针对具体承载人口数量的研究比较少, 理论体系尚不完善。国内关于小范围以及县级市生态

环境人口承载力的研究则更少, 也比较零散, 并且多停留在静态研究上。近年来武安市社会经济发展速度快, 资源环境矛盾突出, 如何合理利用资源、改善生态环境, 实现区域经济社会的协调发展这一重大问题就摆在了人们面前。研究武安市生态人口承载力动态变化, 可以全面、科学地了解影响武安市生态人口承载力的瓶颈因素, 从长远角度制定武安市资源开发利用 and 环境保护对策, 为武安市的社会经济发展和生态建设发挥导向作用, 为武安市可持续发展提供参考依据, 研究成果对完善武安市城乡总体规划, 促进人口、经济、资源、环境的持续协调发展具有现实意义。

收稿日期: 2012-03-22

修回日期: 2012-07-13

资助项目: 河北省高校重点学科建设项目“自然地理学”

作者简介: 元利(1986—), 女(汉族), 河北省邢台市人, 硕士研究生, 研究方向为区域开发与城市规划。E-mail: yuanli86ye@sina.com。

通信作者: 孙桂平(1966—), 女(汉族), 河北省沧州市人, 教授、硕士生导师, 研究方向经济地理、区域开发与城市规划。E-mail: sunny8366@126.com。

## 1 研究区概况和研究方法

### 1.1 研究区概况

武安市地处河北省邯郸市西北部的太行山区,太行山东麓,晋、冀、鲁、豫 4 省交界地带,为邯郸市辖区中唯一的县级市。该市东西宽 55.5 km,南北长 60.5 km,总面积 1 818 km<sup>2</sup>,辖 22 个乡镇、502 个行政村,是全国“百强”、全省“十强”县(市),是河北省首批扩权县(市),重点培育的新型中等城市和区域次中心城市,也是中国优秀旅游城市,国家园林城市,著名的古代冶炼之乡、地方戏曲之乡、中国小米之乡,素有“冀南宝地”、“太行明珠”之称。武安市属温带大陆性季风气候,冬季寒冷干燥,夏季炎热多雨,全市地形可分为山区、低山丘陵和盆地区 3 大类型。

武安市矿产资源丰富,尤以铁矿、煤矿、石灰岩最为丰富。市域北、西、中部多铁矿,质量好,品位高。市域西南、南、东、东北部多煤矿。

### 1.2 研究方法

本文采用生态足迹模型对武安市 2000—2010 年的生态承载力进行实证研究。生态足迹模型是指维系人类自身消费的各种资源所需要的土地面积总和,即在一定研究区域内人口所需要的生产性土地和水域的面积,以及吸纳这些人口产生的废弃物所需要的面积之和<sup>[2]</sup>。生态足迹模型的计算基础一是人类可以确定自身消费的物质质量,二是这些物质质量折算成的生物生产性面积或生态生产性面积<sup>[3]</sup>。

生态足迹模型有两个组成部分:一是生态足迹,二是生态承载力。生态足迹主要用来计算在一定技术条件下,为维持某一物质消费水平下的人口或某一区域持续生存所必须的生态生产性土地面积;生态承载力是指生态系统的自我维持、自我调节能力及资源环境的供容能力,它强调生态系统的承载功能,同时突出对人类活动的承载能力,用来计算一个区域所能提供给人类生态生产性土地面积的总和<sup>[4-6]</sup>。基本计算步骤为:根据计算出的区域生态足迹除以当年的人口数量,确定人均生态足迹;用区域生态承载力除以人均生态足迹,得到可承载人口数量。

## 2 生态承载人口计算与分析

### 2.1 生态足迹计算

生态足迹也称“生态占用”,是指特定数量人群按照某一种生活方式所消费的,自然生态系统提供的各种商品和服务功能,以及在这一过程中所产生的废弃物需要环境(生态系统)吸纳,并以生物生产性土地(或水域)面积来表示的一种可操作的定量方法<sup>[7-8]</sup>。

武安市的生态足迹计算,将消费项目分为生物资源、水资源、能源和建成地 4 个部分。这些项目占用可耕地、林地、草地、水域、建筑用地和化石能源用地,可建立生物资源和能源 2 个消费项目账户体系。将可耕地面积用粮食、油料、甜菜、棉花、蔬菜的消耗量换算成土地面积代换;林地面积用水果、木材产量换算成土地面积代换;草地面积用猪肉、牛羊肉、牛羊奶、山绵羊毛、禽蛋产量换算成土地面积代换,武安市可利用草地很少,故将动物产品中的猪肉、家禽肉、禽蛋划归为可耕地;水域面积可用水产品换算成土地面积代换;化石能源用地用原煤、原油换算成土地面积代换;建筑用地面积用电力换算成土地面积代换<sup>[9]</sup>。

通过以下公式计算武安市生态足迹,其中生物资源生产面积的折算,采用历年全国有关生物资源的平均产量;均衡因子取自世界各国生态足迹报告<sup>[10]</sup>:

$$La = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \times EQ_j}{EP_i \times N} = \sum_{i=1}^n \frac{(P_i + L_i - E_i)}{EP_i \times N} \quad (1)$$

$(i=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, \dots, 6)$

式中: $i$ ——消费项目; $j$ ——土地类型; $EP_i$ ——表示资源  $i$  土地生态生产力(全国平均); $C_i$ ——表示产品  $i$  人均年消费量; $P_i$ ——第  $i$  类型消费项目对应的生态生产性土地的历年全国平均生产力; $E_i$ ——资源出口量; $I_i$ ——资源进口量; $EQ_j$ ——研究区域  $j$  类土地与世界  $j$  类土地平均生产力,即为均衡因子; $N$ ——总人口数。

(1) 生物资源消费。计算所在地区的生产力数据,将各项资源或产品的消费折算为实际生态生产性土地的面积,设生产第  $i$  项消费项目人均占用的实际生态生产性土地面积为  $A_i$  (hm<sup>2</sup>/人),公式为:

$$A_i = C_i / P_i \quad (2)$$

式中: $C_i$ ——产品  $i$  人均年消费量(kg/人); $P_i$ ——第  $i$  类型消费项目对应的生态生产性土地的历年全国平均生产力(kg/hm<sup>2</sup>)。

(2) 能源消费。包括原煤、原油、天然气和电力等,而能源生态足迹的计算,则以世界单位化石燃料生产土地面积的平均发热量为标准(表 1)。

将武安市 2000—2010 年生物资源消费转化为提供这种消费的生物生产面积进行计算,并考虑到不同资源和能源消费类型的生产力不同,将计算得到的各类土地面积乘以一均衡因子,得到可以比较的各类土地面积。某类生态生产性土地面积的均衡因子等于某国家该类土地的平均生产力除以该国家所有各类生态生产性土地的平均生产力(表 1)。武安市人均生态足迹变化如表 2 所示。

表 1 各生产土地类型均衡因子、产量因子及全球平均能源足迹与折算系数

生产土地类型	均衡因子	产量因子	燃料种类	全球平均能源足迹/ (GJ · hm <sup>-2</sup> · a <sup>-1</sup> )	折算系数/ (GJ · t <sup>-1</sup> )	生产面积类型
可耕地	2.21	2.19	原煤	55	20.93	化石燃料用地
林地	1.1	2.96	原油	93	41.87	化石燃料用地
草地	0.09	3.86	天然气	93	38.98*	化石燃料用地
化石能源用地	0.21	0	电力	1 000	11.84	建筑用地
建筑用地	2.21	2.19				
水域	0.14	3.19				

注: \* 单位为 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。

表 2 2002—2010 年武安市人均生态足迹变化

hm<sup>2</sup>/人

年份	可耕地	林地	草地	水域	化石燃料用地	建筑用地	人均生态足迹
2002	0.140 7	0.011 7	0.012 3	0.000 4	0.046 9	0.015 2	0.227 1
2003	0.159 7	0.012 1	0.019 5	0.000 4	0.068 2	0.018 0	0.278 0
2004	0.126 9	0.011 8	0.021 5	0.000 6	0.105 2	0.021 9	0.287 8
2005	0.156 2	0.011 5	0.022 6	0.000 7	0.144 6	0.024 6	0.360 2
2006	0.169 4	0.012 2	0.025 6	0.000 7	0.191 7	0.040 4	0.437 9
2007	0.2193	0.011 1	0.026 6	0.000 9	0.238 7	0.048 4	0.545 0
2008	0.193 0	0.011 1	0.025 8	0.001 0	0.225 0	0.044 8	0.500 7
2009	0.207 2	0.010 7	0.026 6	0.000 7	0.236 6	0.054 4	0.536 2
2010	0.213 0	0.011 0	0.019 3	0.000 9	0.242 6	0.063 0	0.549 9

### 2.2 生态承载力计算

生态承载力也即生态供给,是指“特定区域内各种生物生产性土地的总供给”,代表该区域生态系统自然资源的供给能力,或者资源对人类活动的承载能力。土地类型不同,其平均生物生产力也不同,因此,对各类土地进行均衡化处理,将其转变为标准的平均生物生产力土地,以便于进行总生态承载力的汇总。用产量因子将区域生态承载力转化为世界平均产量下的生态承载力,便可在世界范围内进行比较。可供给的生物生产性土地面积越大,说明生态环境承载力越大。

根据世界环境与发展委员会(WCED)的建议,扣除了 12% 的生物多样性保护面积<sup>[11]</sup>,利用以下公式进行计算,结果见表 3。

$$O_a = \sum_{j=1}^6 EC_j \times EQ_j = \sum_{j=1}^6 AA_j \times YF_j \times EQ_j \quad (j=1,2,3,\dots,6) \quad (3)$$

式中:  $O_a$ ——区域生态总承载力;  $j$ ——土地类型;  $AA_j$ ——不同类型的生态生产性土地面积;  $EQ_j$ ——研究区域  $j$  类土地与世界  $j$  类土地平均生产力,即为均衡因子;  $YF_j$ ——不同类型生态生产性土地产量调整系数,即产量因子。

表 3 2000—2010 年武安市生态环境承载力变化

10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>

年份	可耕地	森林	果园	水域	建筑用地	生态总承载力	扣除 12% 的总承载力
2000	5.950 9	4.733 3	0.421 4	0.039 0	0.122 0	20.210 2	17.784 9
2001	5.944 6	4.745 0	0.901 7	0.039 2	0.126 0	23.630 5	20.794 9
2002	5.348 4	5.094 0	1.058 8	0.033 8	0.131 5	27.629 7	24.314 1
2003	5.175 3	5.333 4	1.225 5	0.034 0	0.169 6	32.294 8	28.419 4
2004	5.171 4	5.350 0	1.055 2	0.038 0	0.192 5	29.253 5	25.743 1
2005	5.192 1	5.416 6	1.045 4	0.040 0	0.204 0	34.332 9	30.213 0
2006	5.146 8	5.432 3	1.050 0	0.050 0	0.218 1	39.349 0	34.627 1
2007	5.118 4	5.468 8	0.785 7	0.050 0	0.244 4	43.228 3	38.040 9
2008	5.114 5	5.498 8	0.567 3	0.007 1	0.289 4	40.959 7	36.044 5
2009	5.114 0	4.577 7	0.642 4	0.008 0	0.321 8	42.754 9	37.624 4
2010	5.556 8	5.518 2	0.642 4	0.050 0	0.335 7	46.866 5	41.242 5

### 2.3 武安市生态人口承载力测算

利用区域生态系统承载力除以该区人均生态足

迹,即为生态可承载人口。计算结果如表 4 所示。

2002—2010 年武安市生态可承载人口呈现波动

变化的状态,生态可承载人口数量在 69.795 3~107.043 6 万人之间变化。

表 4 2000—2010 年武安市生态环境承载人口变化

年份	生态系统承载力/ $10^4 \text{ hm}^2$	人均生态足迹( $\text{hm}^2/\text{人}$ )	生态承载人口/ $10^4$ 人
2002	24.314 1	0.227 1	107.043 6
2003	28.419 4	0.278 0	102.240 2
2004	25.743 1	0.287 8	89.449 3
2005	30.213 0	0.360 2	83.880 3
2006	34.627 1	0.437 9	79.078 2
2007	38.040 9	0.545 0	69.795 3
2008	36.044 5	0.500 7	71.991 5
2009	37.624 4	0.536 2	70.166 4
2010	41.242 5	0.549 9	75.005 7

## 2.4 武安市生态承载状态分析

2.4.1 生态足迹分析 从武安市 2002—2010 年生态足迹的构成比例看(图 1),各生态足迹中可耕地和能源足迹所占比例最大,二者合占总足迹的 80% 左右,其次是建筑用地、草地、林地和水域。可耕地比重下降明显,由 2002 年的 61.94% 下降到 2010 年的 38.74%,而草地和水域比重也相对下降。可耕地、草地和水域面积所占比重的相对变化,反映了武安市居民消费水平和结构的改变,居民对本地肉类产品、奶产品、水产品以及粮食类作物的需求逐渐下降,相对降低了对其的依赖;化石燃料用地的比重在 2002—2007 年显著增加,反映了武安市以钢铁、煤炭、炼焦等重化工业为主导的资源密集型产业迅猛发展,对能源资源的消费需求不断增加。2007 年之后,武安市着力调整产业结构,节能减排,加强生态环境保护力度,对能源的消耗逐渐降低。

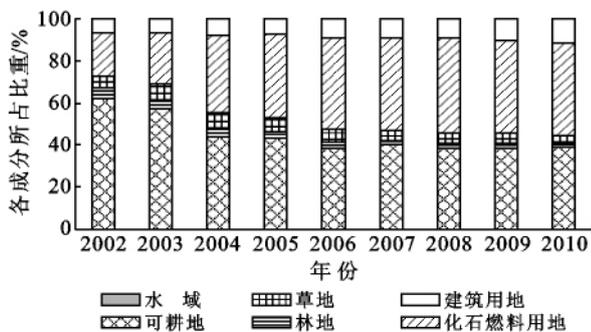


图 1 武安市生态足迹构成比例

2.4.2 生态承载力分析 武安市生态承载力结构主要以可耕地和林地为主,占到总供给面积的 79.93%,其次是建筑用地,反映了武安市供给的生态空间类型相对单一。建筑用地面积的比重明显增大,城乡建设、工矿企业、道路交通基础设施建设用地快速向外

扩张,大量占用土地,导致土地资源供给日趋紧张,人地矛盾日渐突出。

2.4.3 生态可持续状态分析 在生态足迹和生态承载力的基础上,计算了武安市 2002—2010 年的生态承载状况。由表 4 可知,武安市人均生态足迹在研究时段内持续增长,特别是在 2007 年出现陡增现象;在此期间,生态承载力虽然也呈上升趋势,但整体比较缓和,生态承载力的增长速度小于生态足迹的速度,两者之间矛盾不断扩大。2007 年后武安市加强转变经济增长方式,提高对自然资源的利用率,生态足迹和生态承载力之间的矛盾开始逐步缓和,开始向可持续发展的方向发展。

## 3 影响武安市生态人口承载力变化的驱动因素分析

基于 2000—2010 年武安市生态承载人口的变化,利用 SPSS 软件对武安市可承载人口数量与各种类型土地生态足迹变化进行相关性分析,得到化石燃料用地与可承载人口相关度最高,相关系数为  $-0.977$ ,两者呈现很高的负相关关系。也就是说武安市人均化石燃料足迹在 2002—2007 年增长迅速,导致了这期间生态承载人口数量呈现下降趋势;2007 年以后人均化石燃料足迹开始缓慢下降,则生态承载人口数量趋于上升。由此可以预测在生产水平不断提高,产业结构不断优化升级,节能减排强势推进的前提下,武安市未来一个时期内人均化石燃料足迹将逐渐下降,生态承载人口数量将呈上升趋势。

## 4 结论

本文利用生态足迹模型,依据武安市 2000—2010 年统计资料,对武安市的生态承载力进行了计算和分析,并进一步定量分析了生态足迹变化对生态承载人口变化的影响。(1) 2000—2007 年武安市人均生态足迹逐年增大,生态承载力虽然也呈上升趋势,但整体比较缓和,生态承载力的增长速度小于生态足迹的速度,两者之间矛盾不断扩大。2007 年后武安市加强转变经济增长方式,提高对自然资源的利用率,生态足迹和生态承载力之间的矛盾开始逐步缓和,开始向可持续发展的方向发展。(2) 通过对可承载人口数量与各种类型土地生态足迹变化的定量分析,发现人均化石燃料足迹强烈影响着可承载人口数量。鉴于此,武安市应改变经济增长方式,优化升级产业结构,强势推进节能减排,处理好生态足迹与生态承载力的关系,达到两者动态平衡。

(下转第 70 页)

将逐步成为以绿色生态农业为特色的旅游重点。这些经开区内的环境建设与经开区周边的生态建设,使经开区的生态效益非常显著。

(2) 空间效益指标中的土地利用结构分值较高,主要是由于经开区土地利用规划比较合理。经开区坚持土地集约利用,严格按照布局集中、用地集约和产业集聚的原则,合理划分各类功能园区,优化土地利用结构,形成科学发展与合理用地的和谐局面。

(3) 计算结果中,人文宜居度分值最低,仅为 46.76。这主要是由于研究区大量的在建工程产生的扬尘污染使园区内空气质量较差,工厂设备工作带来的较大噪音、未改造的城中村环境质量差等问题依然比较严重。兼顾开发区经济发展和进一步改善人居环境仍将是长期而艰巨的任务<sup>[12]</sup>。

#### 4.3 有关建议

为了更好地提高开发区土地集约利用水平,提出以下几点建议。

(1) 优化人文宜居环境。继续加大力度进行城中村改造,减少工地施工造成的空气及噪声污染,增加研究区人文气息,改善人居环境。(2) 加强设施完善度。投入资金完善医疗救助机构和公共服务机构,建立公共活动中心及图书馆等基础设施,提高设施完善度。(3) 提高经开区土地利用强度和现有建设用地利用效率。(4) 继续引进和发展高技术、无污染、高效益、低消耗产业,加强生态环境建设,保持经开区生态效益持续增加。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 毛蒋兴,闫小培,王爱民,等. 20 世纪 90 年代以来我国土地集约利用研究述评[J]. 地理与地理信息科学, 2005, 21(2):48-57.
- [2] 何芳,吴正讯. 国内外城市土地集约利用研究综述与分析[J]. 国土经济, 2002(3):35-37.
- [3] 温秀琴,汪应宏,陈晨,等. 主成份分析法与熵值法结合用于土地集约利用评价:以徐州市为例[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(28):12372-12373.
- [4] 樊敏,刘耀林,王汉花. 基于协调度模型的城市土地集约利用评价研究[J]. 测绘科学, 2009, 34(1):144-146.
- [5] 王志成,陈银蓉. 土地集约利用评价定量分析模型的改进[J]. 国土资源科技管理, 2008, 25(3):84-86.
- [6] 潘峰,付强,梁川. 基于层次分析法的模糊综合评价在水环境质量评价中的应用[J]. 东北水利水电, 2003, 21(8):22-24.
- [7] 张国祥,杨居荣. 综合指数评价法的指标重叠性与独立性研究[J]. 农业环境保护, 1996, 15(5):213-217.
- [8] 左伟,王桥,王文杰,等. 区域生态安全综合评价模型分析[J]. 地理科学, 2005, 25(2):209-214.
- [9] 倪少凯. 7 种确定评估指标权重方法的比较[J]. 华南预防医学, 2002, 28(6):54-62.
- [10] 张吉军. 模糊层次分析法[J]. 模糊系统与数学, 2000, 14(2):85-88.
- [11] 西安经济技术开发区管理委员会. 走进经开区[EB/OL]. (2011-11-08). <http://www.xetdz.com.cn>.
- [12] 武振国. 西安经济技术开发区人居环境质量评价及优化策略研究[D]. 西安:西安建筑科技大学, 2011.

(上接第 40 页)

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 周伟,曾云英. 有关生态足迹在研究方法和应用上的争论[J]. 生态经济, 2005(11):30-33.
- [2] 岳大鹏,张露露. 河南省 2000—2007 年人均生态足迹动态变化及其驱动力研究[J]. 资源开发与市场, 2010(26):612-616.
- [3] 陶明娟,赵军. 兰州市 2002 年可持续发展状况的生态足迹分析[J]. 云南地理环境研究, 2005, 17(2):51-54.
- [4] 景跃军,张宇鹏. 生态足迹模型回顾与研究进展[J]. 人口学刊, 2008(5):9-11.
- [5] 顾晓薇,王青,刘建兴,等. 基于“国家公顷”计算沈阳市生态足迹的新方法[J]. 东北大学学报:自然科学版, 2005, 26(4):397-400.
- [6] 顾晓薇,王青,刘建兴,等. 辽宁老工业基地改造中的区域可持续发展[J]. 东北大学学报:自然科学版, 2005, 26(8):794-797.
- [7] 王书华,毛汉英,王忠静. 生态足迹研究的国内外近期进展[J]. 自然资源学报, 2002, 17(6):776-782.
- [8] 李秀霞. 基于综合承载力的区域适度人口研究[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(5):6-10.
- [9] 马彩虹. 基于生态足迹的县域生态经济可持续发展研究[J]. 干旱区研究, 2006, 23(2):359-363.
- [10] Monfreda C, Wackernagel M, Deumling D. Establishing national natural capital accounts based on detailed ecological footprint and biological capacity assessments[J]. Land Use Policy, 2004, 21(3):231-246.
- [11] 毛锋,宾国澍,肖劲松. 生态足迹与区域可持续发展评价[J]. 地域研究与开发, 2005, 24(5):42-47.