

## 三江平原水土资源空间匹配格局

姜秋香<sup>1</sup>, 付强<sup>1\*</sup>, 王子龙<sup>1</sup>, 姜宁<sup>2</sup>

(1. 东北农业大学 水利与建筑学院, 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江大学 水利电力学院, 哈尔滨 150086)

**摘要:** 三江平原是我国重要的商品粮生产基地,其水土资源的空间匹配格局对保障区域粮食安全具有举足轻重的作用。近年来,由于水稻的大面积种植,三江平原水土资源数量、质量及其空间匹配状况均发生了明显的变化。为了客观地评价三江平原水土资源空间匹配现状,该研究在分析水土资源空间分布格局的基础上,引入水资源可利用量作为水资源量的表征参数,从水资源的可利用量与耕地资源的匹配角度,构建了区域水土资源匹配测算模型,并对其匹配程度进行了划分。分析结果表明,2000年以来,三江平原水土资源整体表现出“土地资源丰富,水资源欠缺”的态势,并且其空间分布格局存在明显的错位现象,已非惯称的“水土资源丰富和匹配”;2008年三江平原水土资源匹配系数为 $0.35 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,远低于同期全国平均水平( $0.56 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ),水土资源匹配较差;水土资源匹配程度空间差异性较为显著,总体呈现出“南北优于东西,边缘优于腹地,林区优于农区,山丘区优于平原区”的格局。针对三江平原水土资源空间匹配程度差、区域差异明显的特点,应在水利设施建设的同时,兼顾水土资源的优化配置,以此提高三江平原水土资源空间匹配程度,为三江平原的粮食生产提供保障。

**关键词:** 水土资源; 匹配系数; 水资源可利用量; 三江平原

**中图分类号:** F323.2      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3037(2011)02-0270-08

水、土(耕地)资源是农业生产的核心资源<sup>[1]</sup>,二者在空间上的匹配程度直接影响着区域农业的可持续发展与资源的可持续利用<sup>[2-3]</sup>。水资源的丰缺和利用合理与否都直接影响着耕地资源的生产效率和利用方式,而耕地资源的开垦程度也制约着水资源的开发利用,因此定量测度区域水土资源的匹配程度,对于合理开发利用水资源和耕地资源具有科学指导意义,同时也是区域水资源空间优化配置的前提与基础。

三江平原地势平坦、土壤肥沃、气候适宜、水源丰富,其自然条件较适宜农业的发展。经过多年的开发和建设,三江平原已成为我国重要的粮食生产基地,对保障国家粮食安全具有举足轻重的作用<sup>[4]</sup>。但近年在高强度人类活动的干扰下,三江平原水土资源数量、质量及其空间匹配状况均发生了明显的变化。本研究在对三江平原水土资源空间分布格局分析的基础上,从水资源的可利用量与耕地资源的匹配角度,构建了区域水土资源匹配测算模型,并对三江平原地区水土资源匹配系数进行了计算和匹配等级的划分,以此了解三江平原水土资源空间匹配现状,为区域水土资源的进一步开发利用及优化配置提供科学指导。

收稿日期: 2010-06-18; 修订日期: 2010-10-11。

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划子课题(2009BADB3B0205);教育部高等学校博士学科点专项科研基金(20092325110014);黑龙江省普通高校新世纪优秀人才培养计划(1155-NCET-004)。

第一作者简介: 姜秋香(1982-),女,黑龙江省佳木斯人,博士生,主要从事水土资源可持续利用研究。E-mail: jianqiuqiang914@163.com

\* 通信作者简介: 付强(1973-),男,辽宁锦州人,教授,博士生导师,主要从事农业水土资源系统分析、节水灌溉及农业系统工程建模与优化技术研究。E-mail: fuqiang@neau.edu.cn

## 1 研究区域概况及研究方法

### 1.1 研究区域概况

三江平原位于黑龙江省东北部,北自黑龙江,南抵兴凯湖;西起小兴安岭东麓,东迄乌苏里江,地理位置为北纬  $45^{\circ}01' \sim 48^{\circ}27'20''$ ,东经  $130^{\circ}13' \sim 135^{\circ}5'19''$ ,总面积  $10.9 \times 10^4 \text{ km}^2$ <sup>[5]</sup>。区域气候为温带湿润、半湿润大陆性季风气候,夏季炎热潮湿、多雨,冬季寒冷,年降水量  $500 \sim 650 \text{ mm}$ 。本区有大小河流 190 余条,其中主要河流 20 余条,分属于黑龙江、松花江及乌苏里江三大水系,地表水资源较为丰富。区内土壤以暗棕壤、草甸土、白浆土、黑土和沼泽土为主,土壤肥力高,较适宜农业的发展。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 水土资源匹配系数

水土资源匹配系数( $R$ )是表征特定区域农业生产所拥有的水资源与耕地资源在时空上适宜匹配的量比关系,将该系数引入区域水土资源的匹配测度,旨在揭示一定区域尺度水资源和耕地资源时空分配的均衡状况与满足程度。区域水资源与耕地资源分配的一致性与量比水平越高,其匹配程度就越高,农业生产的基础条件就越优越<sup>[6]</sup>。

目前我国学者对水土资源匹配系数的计算主要采用基尼系数法<sup>[7-9]</sup>和单位面积耕地所拥有的水资源量法<sup>[6,10]</sup>。以上两种方法用以表征水资源量的参数均为水资源总量,从水资源利用的角度分析,存在着一定的不合理性。水资源总量可分为三部分:第一部分是难以被利用的汛期洪水下泄量和不具备开发利用价值的地下水,第二部分是维系河道生态环境的最小河道内用水量和维护地下水系统采补基本平衡而不宜开采的地下水补给量,剩余部分为可供人类经济社会活动消耗利用的水资源可利用量<sup>[11]</sup>。因此,选择水资源可利用量作为水资源量的表征,进行水土资源匹配系数的计算更加科学和严谨。本研究采用单位面积耕地所拥有的水资源可利用量定量计算水土资源匹配系数。

#### 1.2.2 水土资源匹配系数测算模型的构建

水土资源匹配系数测算是以区域内市(县)为基本单元,计算农业水资源可利用量与耕地面积匹配水平,农业水资源可利用量可根据三江平原地区用水结构(农业用水、工业用水、生活用水)中农业用水的比重来确定。三江平原市(县)域水土资源匹配系数测算模型为:

$$R_i^{wl} = W_i \alpha_i / L_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式中: $R_i^{wl}$ 为三江平原第  $i$  个市(县)水土资源匹配系数( $10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ); $W_i$ 为第  $i$  个市(县)水资源可利用量( $10^8 \text{ m}^3$ ); $\alpha_i$ 为第  $i$  个市(县)农业用水占总用水的比重; $L_i$ 为第  $i$  个市(县)耕地面积( $10^4 \text{ hm}^2$ ); $n$ 为三江平原行政区划内市(县)的数量, $n = 7$ 。

三江平原地区域水土资源匹配系数测算模型为:

$$R^p = \sum_{i=1}^n W_i \cdot \alpha^p / \sum_{i=1}^n L_i \quad (2)$$

式中: $R^p$ 为三江平原水土资源匹配系数( $10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ); $\alpha^p$ 为三江平原农业用水占总用水的比重;其他参数含义同式(1)。

### 1.3 数据来源

水资源量:全国多年平均水资源量及其可利用量来源于参考文献[12],黑龙江省和三江平原多年平均水资源量及其可利用量来源于《黑龙江省水资源及开发利用调查评价》<sup>[13]</sup>。

耕地面积及农业用水比例:2008 年全国和黑龙江省耕地面积出自于 2009 年《中国统计年鉴》<sup>[14]</sup>,三江平原耕地面积由黑龙江省土地利用详查变更数据计算得出;2008 年全国和黑龙江省农业用水比例由 2009 年《中国统计年鉴》<sup>[14]</sup>中农业用水量计算得出,2008 年三江平原农业用水比例由 2008 年《黑龙江省水利建设统计资料》<sup>[15]</sup>中各市(县)农业用水比例计算得出。

## 2 三江平原水土资源构成及其空间分布格局分析

### 2.1 水资源构成及利用

三江平原地区多年平均水资源总量为  $202.31 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,其中地表水资源量为  $152.19 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,地下水资源量为  $94.06 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,地表水与地下水重复量为  $43.94 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>[13]</sup>。2008 年三江平原地区总供(用)水量  $111.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,其中地下水源供水量占总供水量的 60.34%<sup>[15]</sup>,农业用水占总用水量的 96.1%,远远高于同期全国平均农业用水比例(62%)。

三江平原水资源开发利用程度整体表现出“地表水资源开发利用率低,而地下水资源开采过度”的特点。三江平原地表水资源开发利用率仅为 29%,缺乏必要的引、提、蓄水工程是该区地表水资源开发利用率低的最主要原因。地下水资源是三江平原广大井灌水稻区赖以发展水稻种植的极宝贵的源泉,由于近年水田面积的迅速增加,地下水开采量也迅速增长,2008 年地下水利用量已占可开采量的 84.01%,再加上人为浪费严重及管理不力,使三江平原出现地下水位普遍下降和局部超采的现象,三江平原地下水资源的动态平衡已受到了严重的破坏<sup>[16]</sup>。

根据三江平原水资源开发条件及利用现状,应采取井、渠结合的农田灌溉模式。地下水和地表水的联合利用,不仅可以提高地表水资源的利用率,缓解地下水开采过度的现状,而且可以提高水资源的承载能力,为三江平原地区农业的可持续发展提供最基本的资源保障。

### 2.2 土地资源构成及利用

根据 2008 年三江平原各市(县)土地利用详查变更数据得出,三江平原土地面积  $10.9 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,其中,耕地和林地占总面积的 72%,土地利用呈现以农林为主的结构特点。耕地占总面积比例为 35.08%,人均耕地面积  $0.443 \text{ hm}^2/\text{人}$ ,远远高于同期全国人均耕地  $0.092 \text{ hm}^2/\text{人}$ 和黑龙江省人均耕地  $0.309 \text{ hm}^2/\text{人}$ 。2008 年三江平原森林覆盖率为 36.7%,高于同期全国森林覆盖率(18.2%),但低于黑龙江省森林覆盖率(44.2%)。

较丰富的耕地资源为三江平原的农业生产提供了优越的立地环境,同时丰富的林木资源和较高的森林覆盖率也为水资源的含蓄提供了保障,为作物的生长提供了充足的水分。

### 2.3 水土资源空间分布格局

单位面积水资源量能较为客观地反映区域水资源的丰缺,垦殖率可以反映区域耕地资源的开垦程度。因此,以三江平原 7 个市(县)为基本地域单元,以多年平均单位面积水资源量和垦殖率为度量指标,分析其水土资源空间分布的差异(图 1)。

三江平原多年平均单位面积水资源量为  $18.53 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ,远低于全国平均水平( $27.83 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ),可见,三江平原地区水资源相对缺乏。三江平原地区水资源空间分布极不均衡,表现出“山区多,平原少”、“边缘多,腹地少”的特点,其中七台河市单位面积水资源量最少( $13.44 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ),仅为全国平均单位面积水资源量的 1/2;依兰县和鹤岗市单位面积水资源量较为丰富,接近全国平均水平。

由于三江平原地区地势较为平坦,土壤养分含量较高,农业生产条件较好,因此其垦殖率较高。2008 年底三江平原垦殖率已高达 35.08%,是同期全国垦殖率的 3 倍,同时也高于

黑龙江省的垦殖率(26.06%)。三江平原各地区垦殖率在空间上的分布表现出不均一性和较强的差异性,其特点为“南北低,腹地高”,其中位于主要农业区的佳木斯市、依兰县和双鸭山市的垦殖率最高,而位于山区的穆棱市垦殖率仅为 18.73%。

对比图 1(a)和图 1(b)可知,三江平原水资源和耕地资源在空间分布上存在着明显的错位现象,以三江平原腹地佳木斯—双鸭山—七台河一带错位现象最为明显,表现出单位面积水资源量较低,而垦殖率却为全区最高,水资源紧缺已成为限制该区农业发展的瓶颈。三江平原水土资源分布上的这种空间错位,严重地限制了区域粮食的增产和资源的可持续利用。

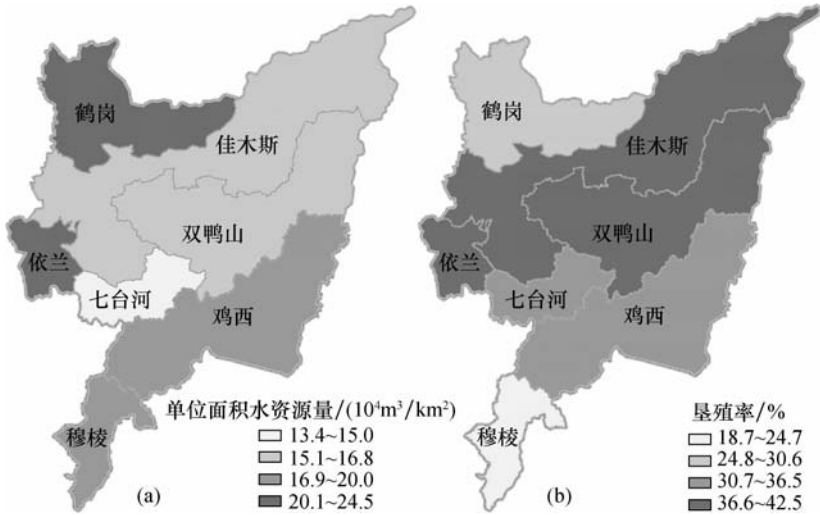


图 1 三江平原地区多年平均单位面积水资源量分布(a)和 2008 年三江平原地区垦殖率分布(b)

Fig. 1 Spatial distribution of average annual values of per unit area water resources (a) and cultivation rate in 2008 (b) in Sanjiang Plain

### 3 三江平原水土资源匹配系数的测算及其空间匹配格局

#### 3.1 水土资源匹配系数的测算及匹配程度的划分

根据三江平原地区各市(县)多年平均水资源可利用量和 2008 年耕地面积统计数据,运用水土资源匹配系数测算模型,得出 2008 年三江平原不同市(县)域尺度和地区域尺度下的水土资源匹配系数(表 1)。

表 1 2008 年三江平原地区水土资源及其匹配系数

Table 1 Land and water resources and their matching coefficients in Sanjiang Plain, 2008

地区	水资源总量/ $10^8 \text{ m}^3$	水资源可利用量/ $10^8 \text{ m}^3$	农业用水比例	耕地面积/ $10^4 \text{ hm}^2$	水土资源匹配系数 / $(10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2)$
鸡西	44.95	32.21	0.934	71.81	0.42
鹤岗	36.01	24.27	0.964	43.27	0.54
双鸭山	36.96	24.44	0.963	80.72	0.29
佳木斯	52.39	40.86	0.988	136.20	0.30
七台河	8.36	5.35	0.729	19.49	0.20
穆棱	12.94	7.87	0.786	12.16	0.51
依兰	10.70	6.19	0.985	19.60	0.31
三江平原	202.31	141.20	0.961	383.24	0.35

三江平原水土资源整体表现出匹配欠佳,水土资源匹配系数仅为  $0.35 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ , 低于同期全国平均水平 ( $0.56 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ )。三江平原水土资源匹配系数表现出区内较强的差异性,其中,七台河市水土资源匹配系数最低 ( $0.20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ),与匹配系数最高的鹤岗市 ( $0.54 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ) 相差  $0.34 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。双鸭山市、佳木斯市和依兰县水土资源匹配系数与黑龙江省水土资源匹配系数 ( $0.32 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ) 持平,而鹤岗市和穆棱市水土资源匹配系数较高,接近全国水土资源匹配系数。

依据水土资源匹配系数的积聚与离散的分异特征,参考全国和黑龙江省水土资源匹配系数,采用自然断裂点(Jenks)法将水土资源匹配系数划分为4个等级: I——匹配程度较优 ( $0.42 < R \leq 0.54$ ), II——匹配程度良好 ( $0.36 < R \leq 0.42$ ), III——匹配程度较差 ( $0.20 < R \leq 0.36$ ), IV——匹配程度极差 ( $0 < R \leq 0.20$ ),并利用 ArcGIS 实现三江平原水土资源空间匹配格局的可视化(图2)。由图2可知,鹤岗市和穆棱市水土资源匹配程度较优,鸡西市水土资源匹配程度良好,佳木斯市、依兰县和双鸭山市水土资源匹配较差,而七台河市水土资源匹配极差。

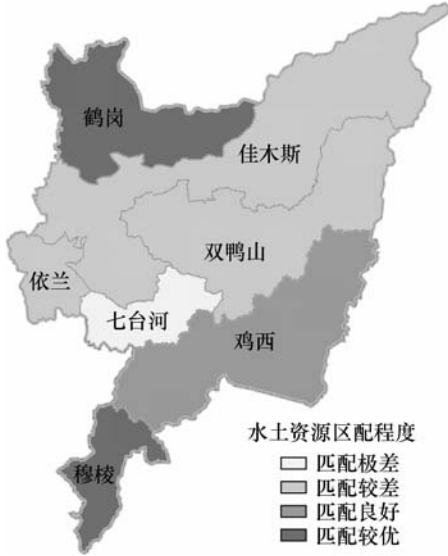


图2 2008年三江平原地区水土资源空间匹配格局

Fig.2 Spatial matching patterns of land and water resources in Sanjiang Plain, 2008

### 3.2 三江平原水土资源空间匹配格局

#### 3.2.1 水土资源匹配的区域特征

半个多世纪以来经历的四次大规模开发,使三江平原耕地资源和水土资源匹配的区域特征均发生了较大的变化(图3)。1949年三江平原耕地面积仅为  $82 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,此时水土资源匹配系数高达  $1.665 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,水资源极为丰富。经历三次大规模开发后,1985年三江平原耕地面积已达  $313.95 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,由于耕地面积发展过快,而水利设施建设滞后,导致1985年三江平原水土资源匹配系数降为  $0.432 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,此时水土资源匹配程度较优,水资源能够满足农业生产的需要。由于长期饱受涝灾的影响,1985—2000年三江平原进行了农业综合开发治理,实行“以稻治涝”,水稻的大规模种植加大了农业对水资源的需求,同时水利建设以排洪除涝为主,缺少蓄水、引水、提水等水利工程,导致2000年水土资源匹配系数已降至  $0.387 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,水土资源匹配程度虽为良好,但水资源已成为农业生产的限制因子。2000年以来,由于经济利益的驱使,耕地面积以每年  $3.265 \times 10^4 \text{ hm}^2$  的速度递增(以水田为主)。截止至2008年,三江平原耕地面积发展为  $383.24 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,而水土资源匹配系数已降至  $0.35 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,水土资源匹配程度较差,此时水资源的短缺已直接影响了该区粮食的增产和农民的增收。确切地讲,2000年以来,三江平原土地资源优势比较明显,但随着水稻的大规模种植,水资源的瓶颈问题也日益突现,已非惯称的“水土资源丰富和匹配”。

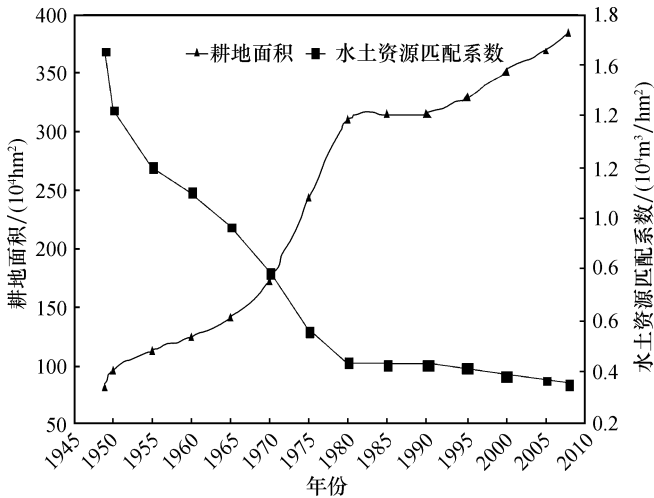


图3 三江平原耕地面积和水土资源匹配动态变化

Fig.3 Dynamic changes of farmland acreage and matching coefficients of land and water resources in Sanjiang Plain

### 3.2.2 水土资源匹配的空间差异

三江平原地貌类型多样,区域差异明显,水土资源时空分布不均衡,决定了水土资源匹配程度的空间差异。三江平原水土资源匹配程度总体呈现出“南北优于东西,边缘优于腹地,林区优于农区,山丘区优于平原区”的格局,匹配程度较差和极差地区占三江平原地区总数的一半以上。位于三江平原中部的的主要农业区依兰—佳木斯—双鸭山—七台河一带水土资源匹配程度较差,水资源短缺和利用率低已成为该区农业生产的主要限制因子。

对比图1~2可知,水资源量较为缺乏的七台河市水土资源匹配程度极差,该区应在开源的情况下提高地表水资源的利用率。垦殖率较高但水资源量并不丰富的佳木斯市和双鸭山市水土资源匹配程度较差,结合区域特点,在控制耕地面积发展的同时,应加强“两江”沿岸的水利设施建设,提高过境水资源利用率。水资源量和垦殖率均处于中等级别的鸡西市水土资源匹配良好,该区应在耕地面积增加的同时加强水利设施的建设,以保证水土资源的协调发展。水资源量较为丰富而垦殖率不高的鹤岗市和穆棱市水土资源匹配程度最优,在发展耕地面积的同时,保证水资源的合理利用,使水资源发挥其最大效益。

## 4 结论

水土资源的短缺及其空间上的不匹配状况直接影响着三江平原资源的可持续利用和经济的可持续发展。通过对三江平原水土资源空间匹配格局分析得出,2000年以来,三江平原水土资源整体表现出“土地资源丰富,水资源欠缺和利用率低,水土资源匹配程度差”的态势,而非惯称的“水土资源丰富和匹配”。

三江平原的水资源瓶颈,既有资源性缺水的自然约束,也有工程性缺水的人为后果。水利设施老化、供水能力低下、“两江”沿岸缺少引提水工程、地表水资源开发利用率低、水土资源利用结构不合理等现象直接导致了三江平原水资源的短缺和水土资源空间匹配程度差。三江平原平原区面积大,是农事活动的主要区域,应采取相应的水利措施调节水资源,平衡山区与平原区之间的水资源需求,加强“两江”沿岸引提水工程的建设,充分利用丰富的过境水资源,提高过境水资源的利用率。同时应有针对性地选择水土资源匹配较差的地

区进行水土资源的优化配置研究,制定科学合理的水土资源优化利用方案。根据三江平原水土资源的开发利用和匹配特点,采取一定的工程措施和技术手段(节水灌溉技术、水土资源优化配置等),是解决三江平原水资源空间分配不均和提高水土资源匹配程度的根本途径。

### 参考文献 (References):

- [1] 刘昌明,孙睿. 水循环的生态学方面:土壤-植被-大气系统水分能量平衡研究进展[J]. 水科学进展, 1999, 10(3): 251-259. [LIU Chang-ming, SUN Rui. Ecological aspects of water cycle: Advances in soil-vegetation-atmosphere of energy and water fluxes. *Advances in Water Science*, 1999, 10(3): 251-259.]
- [2] 刘彦随,吴传钧. 中国水土资源态势与可持续食物安全[J]. 自然资源学报, 2002, 17(3): 270-275. [LIU Yan-sui, WU Chuan-jun. Situation of land-water resources and analysis of sustainable food security in China. *Journal of Natural Resources*, 2002, 17(3): 270-275.]
- [3] 张晶,封志明,杨艳昭. 宁夏平原县域农业水土资源平衡研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(2): 60-65. [ZHANG Jing, FENG Zhi-ming, YANG Yan-zhao. Study on the balance of agricultural water and land resources in Ningxia plain. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2007, 21(2): 60-65.]
- [4] 王宗明,国志兴,宋开山,等. 2000~2005年三江平原土地利用/覆被变化对植被净初级生产力的影响研究[J]. 自然资源学报, 2009, 24(1): 136-146. [WANG Zong-ming, GUO Zhi-xing, SONG Kai-shan, et al. Effects of land use/cover change on net primary productivity of Sanjiang Plain, during 2000-2005. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(1): 136-146.]
- [5] 赵魁义,姜彦景,胡金明,等. 三江平原湿地生态环境受威胁现状及其保育研究[J]. 自然资源学报, 2008, 23(5): 790-796. [ZHAO Kui-yi, LOU Yan-jing, HU Jin-ming, et al. A study of current status and conservation of threatened wetland ecological environment in Sanjiang Plain. *Journal of Natural Resources*, 2008, 23(5): 790-796.]
- [6] 刘彦随,甘红,张富刚. 中国东北地区农业水土资源匹配格局[J]. 地理学报, 2006, 61(8): 847-854. [LIU Yan-sui, GAN Hong, ZHANG Fu-gang. Analysis of the matching patterns of land and water resources in Northeast China. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(8): 847-854.]
- [7] 吴宇哲,鲍海君. 区域基尼系数及其在区域水土资源匹配分析中的应用[J]. 水土保持学报, 2003, 17(5): 123-125. [WU Yu-zhe, BAO Hai-jun. Regional Gini coefficient and its uses in analyzing balance between water and soil. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003, 17(5): 123-125.]
- [8] 刘洋,金凤君,甘红. 区域水资源空间匹配分析[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2005, 24(5): 657-660. [LIU Yang, JIN Feng-jun, GAN Hong. Analysis of spatial match of regional water resource. *Journal of Liaoning Technical University*, 2005, 24(5): 657-660.]
- [9] 姜宁,付强. 基于基尼系数的黑龙江省水资源空间匹配分析[J]. 东北农业大学学报, 2010, 41(5): 56-60. [JIANG Ning, FU Qiang. Spatial matching analysis of Heilongjiang Province's water resource based on Gini coefficient. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2010, 41(5): 56-60.]
- [10] 张孝存,张妍,张红侠. 商洛地区农业水土资源时空匹配研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(32): 10418-10420. [ZHANG Xiao-cun, ZHANG Yan, ZHANG Hong-xia. Study on the matching patterns of land and water resources in Shangluo. *Journal of Anhui Agriculture*, 2007, 35(32): 10418-10420.]
- [11] 王建生,钟华平,耿雷华,等. 水资源可利用量计算[J]. 水科学进展, 2006, 17(4): 549-553. [WANG Jian-sheng, ZHONG Hua-ping, GENG Lei-hua, et al. Available water resources in China. *Advances in Water Science*, 2006, 17(4): 549-553.]
- [12] 葛颜祥. 水权市场与农用水资源配置[D]. 泰安: 山东农业大学, 2003: 31. [GE Yan-xiang. Water Market and Agricultural Water Resources Allocation. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2003: 31.]
- [13] 黑龙江省水利水电勘测设计研究院,黑龙江省水文局. 黑龙江省水资源及开发利用调查评价[M]. 哈尔滨: 黑龙江省水利水电勘测设计研究院,黑龙江省水文局, 2008. [Heilongjiang Survey and Design Institute of Water Conservancy & Hydropower, Hydrological Bureau of Heilongjiang Province. Investigation and Evaluation of Exploitation and Use of Water Resources in Heilongjiang Province. Harbin: Heilongjiang Survey and Design Institute of Water Conservancy & Hydropower, Hydrological Bureau of Heilongjiang Province, 2008.]
- [14] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2009. [National Bureau of Statistics of

China. China Statistical Yearbook. Beijing: China Statistics Press, 2009. ]

- [15] 黑龙江省水利厅. 黑龙江省水利建设统计资料[M]. 哈尔滨: 黑龙江省水利厅, 2008. [ Water Conservancy Department of Heilongjiang Province. Statistical Data of Water Conservancy Construction in Heilongjiang Province. Harbin: Water Conservancy Department of Heilongjiang Province, 2008. ]
- [16] 刘东, 付强, 马永胜, 等. 三江平原井灌区水资源系统分析与可持续利用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008. [ LIU Dong, FU Qiang, MA Yong-sheng, *et al.* System Analysis and Sustainable Utilization of Water Resources in Well-Irrigated Area of Sanjiang Plain. Beijing: China Waterpower Press, 2008. ]

## Spatial Matching Patterns of Land and Water Resources in Sanjiang Plain

JIANG Qiu-xiang<sup>1</sup>, FU Qiang<sup>1</sup>, WANG Zi-long<sup>1</sup>, JIANG Ning<sup>2</sup>

(1. College of Water Conservancy & Architecture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China;

2. College of Water Conservancy and Electric Power, Heilongjiang University, Harbin 150086, China)

**Abstract:** Sanjiang Plain is an important commodity grain production base in China and the spatial matching patterns of land and water resources in the plain hold the balance of regional food security. In the last few years, the quantity, quality and spatial matching status of land and water resources in Sanjiang Plain have changed obviously, owing to the significant increase of rice planting area in the plain. Thus, for the purpose of evaluating the current spatial matching situation of the land and water resources in Sanjiang Plain correctly, the spatial distribution pattern of the land and water resources was analyzed first of all, next the available water resources were introduced into the study as the characteristic parameter of water resources quantity, and then a measure model for matching patterns of regional land and water resources was constructed from the angle that the available water resources matched the arable land resources. Finally, the matching degree was graded. The results indicated that land and water resources in Sanjiang Plain since 2000 showed a situation on the whole that land resources were abundant while water resources were deficient, and the spatial distribution patterns of the two resources exhibited an obvious dislocation phenomenon, which was no longer the known situation that land and water resources in the plain were plentiful and matching. The matching coefficient of land and water resources in Sanjiang Plain was  $0.35 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  in 2008, which was far below the national average in the same period ( $0.56 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ), indicating a poor matching state. In addition, the matching degree of land and water resources had distinct spatial diversity and presented an overall pattern that south and north better than east and west, marginal land better than hinterland, forest zone better than agricultural zone, mountain area better than plain area. Against the characteristics (poor spatial matching degree and distinct regional diversity) of land and water resources in Sanjiang Plain, while constructing water conservancy works, optimum distributing of land and water resources should be conducted simultaneously to increase their spatial matching degree and to guarantee food security of the plain.

**Key words:** land and water resources; matching coefficient; available water resources; Sanjiang Plain