

# 黑龙江省通河县旱地改水田许可转换度研究

向长玉, 周东兴<sup>\*</sup>, 宋 戈, 赵映慧

(东北农业大学资源与环境学院, 哈尔滨 150030)

**摘要:** 由于水稻种植的效益较高, 促使有条件地区旱改水现象突出。水田面积增长迅速, 导致部分地区人地用水矛盾突出, 如何确定一地区水田面积积极限值, 保证人地用水和谐发展是亟待解决的问题。该文以黑龙江省通河县为研究区, 基于 GIS 技术、考虑农业生态承载力各自然约束条件, 应用定量化模型计算通河县的许可最大水田面积, 并以许可转换度来表征区域旱地改水田的极限比例。结果表明: 通河县旱地改水田许可转换度应控制在 0.45 以下, 即水田面积控制在 79 311.8 hm<sup>2</sup> 以内, 可以保证通河县人地用水的和谐发展。且以 2008 年农业种植结构数据为基础, 计算出通河县旱地改水田的潜力约为 2 万 hm<sup>2</sup>, 目前旱改水的潜力还较大。研究结果可为黑龙江省通河县农业种植结构调整提供量化依据, 保证通河县及类似地区农业可持续发展。

**关键词:** 农业, 水资源, 可持续发展, 种植结构, 许可转换度, 旱改水

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.13.036

中图分类号: S127

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-13-0226-05

向长玉, 周东兴, 宋 戈, 等. 黑龙江省通河县旱地改水田许可转换度研究[J]. 农业工程学报, 2012, 28(13): 226-230.  
Xiang Changyu, Zhou Dongxing, Song Ge, et al. Research on permissive conversion limit of dryland to paddy field in Tonghe county, Heilongjiang province[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(13): 226-230. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

农产品价格差异和效益是区域农业种植结构调整要考虑的重要因素之一。近几年由于水稻种植效益的显著提高, 促使有条件地区将大面积旱地改变成水田。水田面积增加会导致区域水资源短缺。基于可持续发展条件的农业种植结构如何调整, 成为人们关注的焦点。

周惠成等建立种植结构调整合理性评价模型探讨了种植业可持续发展以及灌溉水资源的合理利用的问题<sup>[1]</sup>; 陈守煜等提出了与农业水资源优化配置密切相关的作物种植结构的多目标模糊优化模型<sup>[2]</sup>; 高明杰等构建了区域节水高效种植结构调整的多目标模糊优化模型, 对水资源严重短缺的华北地区进行实证研究<sup>[3]</sup>; 王韶华等以农业需水量和地下水可开采模数 2 种计算方法, 计算了三江平原适宜水稻种植的面积<sup>[4]</sup>。目前多数研究以可持续发展为前提, 引用新的 GIS 手段或选择评价模型, 考虑自然条件和社会经济条件, 探讨区域农业种植结构最优调整问题<sup>[5-8]</sup>。也有以生态承载力为基础<sup>[9]</sup>, 研究水田适宜种植面积。但对一个地区而言, 在现有的自然、社会、经济、技术下, 旱地转换成水田的最大面积是多少, 即如

何确定旱改水的许可转换度等研究还较少。作为黑龙江省水稻产区, 通河县水田面积 1998 年时为 22 047 hm<sup>2</sup>, 到 2008 达到 61 944 hm<sup>2</sup>, 约为 1998 年的 3 倍, 增加幅度远大于同期旱地增涨速度, 且现有水热条件较好, 旱改水条件比较优越, 改造潜力比较大, 因此旱改水趋势比较明显。但旱改水有它的极限值<sup>[10-11]</sup>, 本文以旱地改水田许可转换度来定义该值 ( $T$ ), 通过计算确定许可转换度的大小, 为通河县农业种植结构调整提供理论依据。

## 1 研究区概况

通河县地处 E128°3'20"~129°26'34", N45°50'45"~46°37'38", 位于黑龙江省中部, 小兴安岭山脉南麓, 松花江中游北岸。属寒温带, 大陆性季风气候区。幅员面积 575 500 hm<sup>2</sup>, 是黑龙江省重要的粮食产区。本文研究区面积 190 682.9 hm<sup>2</sup>, 未包括通河县境内林场和农场。

2009 年通河县三次产业比例是 34.8:22.1:43.1, 第一产业在整个国民经济收入中比重较大, 全年完成农林牧渔业总产值 210 186 万元。其中: 农业产值 146 596 万元。全县粮食播种面积 117 117 hm<sup>2</sup>, 其中水稻播种面积 70 270.2 hm<sup>2</sup>, 占 60%; 旱地面积 46 846.8 hm<sup>2</sup>, 占 40%。近 10 a 粮食产量和水稻产量先下降后上升 (图 1)。2003 年粮食产量和水稻产量都陷入低谷, 此后粮食产量和水稻产量逐年增加, 2009 年达到 56.2 万 t 和 44.2 万 t。根据黑龙江统计年鉴相关数据, 引入单一土地利用动态度反映土地利用的年变化率, 计算公式为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a M} \times 100\% \quad (1)$$

式中,  $U_a$ 、 $U_b$  分别为研究期初及研究期末某种土地利用

收稿日期: 2011-09-01 修订日期: 2012-06-13

基金项目: 黑龙江省科技厅重大攻关项目(GA 11b501); 国家自然科学基金项目(41071346); 教育部博士学科点基金(20112325110007); 黑龙江省青年基金项目(QC2009C40)

作者简介: 向长玉(1977-), 男, 讲师, 四川绵阳人, 研究方向为农村区域发展与村镇规划。

※通信作者: 周东兴(1972-), 男, 教授, 研究方向为农业生态学。哈尔滨 黑龙江省哈尔滨市香坊区木材街 59 号东北农业大学资源与环境学院, 150030。Email: zhboshi@163.com

类型的数量,  $hm^2$ ;  $M$  为研究时段长,  $a$ 。当  $M$  设定为年时,  $K$  为研究时段内某种土地利用类型的年变化率。

利用公式 (1) 分别计算水田、旱地 2001~2009 年水田、旱地的年平均变化率分别为 5.9% 和 3.6%。结果表明黑龙江省通河县旱改水趋势明显。

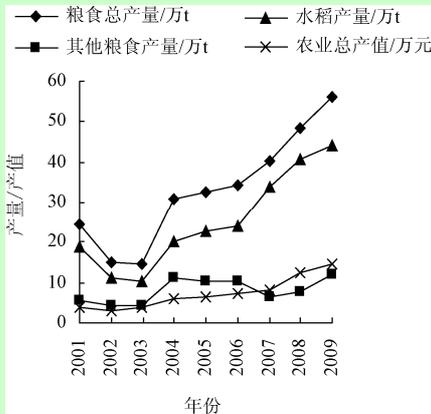


图 1 通河县粮食产量和农业产值 (2001 - 2009)

Fig.1 Food production and agricultural output value in Tonghe county (200 - 2009)

## 2 旱地改水田许可转换度计算

本文旱地改水田许可转换度 ( $T$ ) 定义为: 假定耕地完全是旱地, 该区域在一定的约束条件下旱地转换成水田的最大程度, 即在一定约束条件下水田种植面积 ( $S_{水}$ ) 与总耕地面积 ( $S_{总}$ ) 比值, 可以用公式表述为  $T=S_{水}/S_{总}$ 。该值不仅可以表达区域范围内自然约束条件下的水田面积占总耕地面积的最大比值, 根据区域耕地面积, 也可表征水田的区域最大承载面积。在研究中假设通河县为一孤立区域, 农民种植遵循利润最大化原则, 且只考虑自然环境承载力, 不考虑种植技术突破对区域农业承载力的影响, 在可持续发展前提下, 需保证区域地下水, 地表水水量不变, 因此区域可用的最大水量确定为区域降水量和区域产水系数的积。

### 2.1 数据选择及处理

#### 2.1.1 基础数据来源

基础数据包括研究区 SPOT5 遥感影像和 DEM 数据 SRTM; 黑龙江统计年鉴 (1998-2009); 哈尔滨统计年鉴 (2002-2009); 通河县县志; 通河县气象资料 (2002-2009); 2001-2009 年通河县国民经济和社会发展统计公报。

#### 2.1.2 数据处理

基于 GIS (geographic information system) 图形处理, 做出研究区土地利用现状一级分类和二级分类图形和数据库, 基于 DEM (digital elevation model) 图形做出研究区坡度分布图和数据库 (图 2)。

### 2.2 农业种植结构调整自然约束条件分析

影响农业生产的自然地理要素一般包括积温、降水、地貌、土壤等, 资料和前人研究表明, 积温、土壤和气候条件在通河县区内差别不大, 对旱地改水田基本无影响<sup>[12-15]</sup>, 因此本文重点研究水和坡度约束条件下通

河县旱地改水田许可转换度。

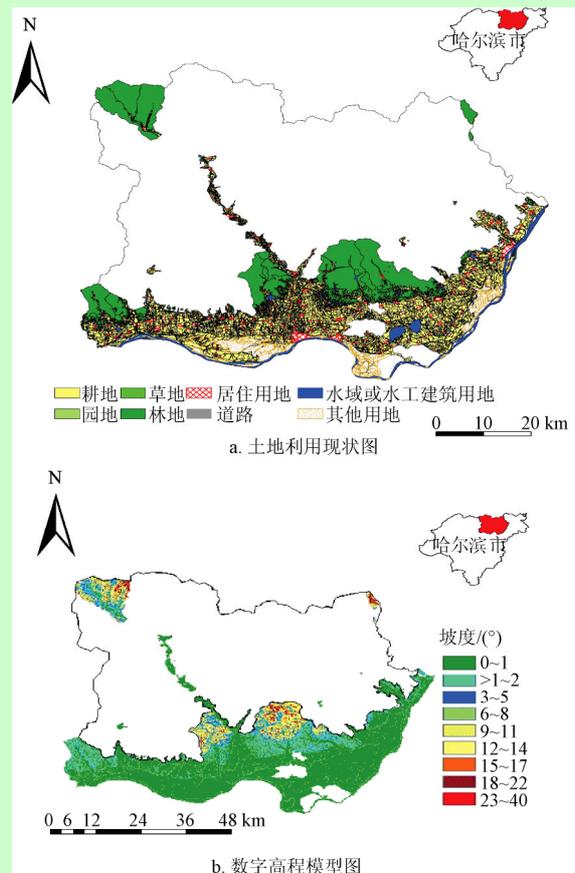


图 2 通河县土地利用现状图和数字高程模型图

Fig.2 Land use map and digital elevation model in Tonghe county

#### 2.2.1 水约束条件下的许可转换度

可持续发展前提下, 基于水量供需平衡, 主要考虑不同种植结构的耗水量和实际供水量来确定水田最大种植面积<sup>[16]</sup>, 以此计算其许可转换度。公式如下

$$Q_{耗} = \sum_{i=1}^n S_i Q_i \quad (2)$$

$$Q_{总} = Q_{耗} \quad (3)$$

$$T = S_{水} / S_{总} \quad (4)$$

式中,  $Q_{耗}$  为区域总耗水量,  $m^3$ ;  $S_i$  为第  $i$  种用地类型面积,  $hm^2$ ;  $Q_i$  为第  $i$  种用地单位面积耗水量,  $m^3/hm^2$ ;  $Q_{总}$  为通河县可提供的总的水量,  $m^3$ ;  $T$  为许可转换度;  $S_{水}$  为水田面积,  $hm^2$ ;  $S_{总}$  为总耕地面积,  $hm^2$ 。

哈尔滨市水资源统计公报相关数据显示, 通河县耗水类型包括林牧渔、国有及规模以上工业、规模以下工业、城镇生活、农村生活和农田灌溉用水 6 类, 作为农业大省的通河县农业灌溉水量的比重为 0.95 左右。表 1 列出灌溉水中耕地耗水类型及对应面积, 对数据进行计算, 得出各年份的旱地改水田单位面积耗水量, 以耗水系数表示, 并以算术平均值表示通河旱地改水田的单位面积耗水量, 如表 2 所示。

表 1 通河县 2004—2007 年旱地改水田耗水情况

Table 1 Water consumption of dryland and paddy field in Tonghe county 2004—2007

年份	耕地耗水分布/亿 m <sup>3</sup>			耕地面积/万 hm <sup>2</sup>		
	总耗水	水田	旱地	总耕地面积	水田	旱地
2007	52.94	40.78	12.16	182.1	42.9	139.2
2006	51.48	39.22	12.26	178.0	38.3	139.7
2005	49.75	36.76	12.99	169.1	36.3	132.8
2004	49.17	36.2	12.97	164.5	33.6	130.9

注：数据来源：哈尔滨 2004—2007 水资源公报。

表 2 通河县旱地改水田单位面积耗水量

Table 2 Water consumption of elemental area for dryland to paddy field in Tonghe county

年份	单位面积耗水量/(m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )			水田/旱地耗水比
	总用地	水田	旱地	
2007	2 907.2	9 505.8	873.6	10.9
2006	2 892.1	10 240.2	878	11.7
2005	2 942	10 126.7	978.2	10.4
2004	2 989.1	10 773.8	990.8	10.9
总计	11 730.4	40 646.5	3 720.6	43.9
平均	2 932.6	10 161.6	930.2	11

注：总用地代表所有在用土地的单位面积耗水量。

由表 2 可知，通河县水田平均单位面积耗水量为 10 161.6m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>，旱地平均单位面积耗水量 930.2 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。基于 ArcGIS 提取通河县 2009 年旱地改水田的面积分别是 37 069.5 hm<sup>2</sup> 和 56 209.8 hm<sup>2</sup>，代入式 (1) 计算得出 2009 年通河县的总耗水量为 6.4 亿 m<sup>3</sup>。

式 (2) 为通河县用水的供需平衡，水资源总量表示为通河县产水系数和降水量的积。以 2004—2007 年哈尔滨水资源公报中通河县的产水系数平均数为基础，考虑全球气候变化和通河县自然条件<sup>[17-20]</sup>，确定通河县产水系数确定为 0.41。

从 1998—2008 年黑龙江统计年鉴气象数据可以看出通河县降水量年际变化较大，1998—2008 年平均降水量为 507 mm，本文取这 11a 降水量的平均值 507 mm 为 2009 年降水量，本文研究区总面积为 19 0682.9 hm<sup>2</sup>，则 2009 年通河县降水量总量为 9.7 亿 m<sup>3</sup>，则按照平均降水量计算的 2009 年通河县盈余降水量为 3.3 亿 m<sup>3</sup>。

根据式 (2) ~ (4)，基于水资源供需平衡，建立式 (5)，化简得式 (6)，并利用式 (6) 计算出通河县水田的最大种植面积。

$$\begin{cases} Q_{耗} = \sum_{i=1}^n S_{旱_i} Q_i + \sum_{j=1}^m S_{水_j} Q_j = Q_{水} + Q_{旱} \\ S_{总} = S_{水} + S_{旱} \\ Q_{水} = S_{水} Q_{水耗} \\ Q_{旱} = S_{旱} Q_{旱耗} \end{cases} \quad (5)$$

化简：

$$S_{水} = \frac{Q_{总} - S_{总} Q_{旱耗}}{10Q_{旱耗}} \quad (6)$$

式中， $Q_{旱耗}$  为旱地单位面积耗水量，m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>； $Q_{水耗}$  为旱

地单位面积耗水量，m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>； $S_{旱_i}$  为第  $i$  种旱地单位面积耗水量，m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>； $S_{水_j}$  为第  $j$  种水田单位面积耗水量，m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。式 (5) 带入数据计算： $S_{水}=79 552.8 \text{ hm}^2$ 。并利用式 (3) 计算得出通河县旱地改水田许可转换度  $T=0.45$ 。

### 2.2.2 坡度约束条件下的许可转换度

坡地改耕地，主要限制因素是改造成本。一般地，坡度与改造成本成正比，根据式 (6)，区域供水量既定、平均耗水量确定时，水田的面积与耕地总面积成反比。本文依据坡度  $\leq 2^\circ$ 、 $>2^\circ \sim 6^\circ$ 、 $>6^\circ \sim 15^\circ$ 、 $>15^\circ \sim 25^\circ$ 、 $>25^\circ$  划分 5 个坡度级。对通河县土地进行划分，利用 ArcGIS 提取通河县坡度分级图 3，提取不同坡度可变成耕地的土地面积，分方案计算不同坡度条件下坡耕地改水田的面积，以此计算通河县旱地改水田的许可转换度。

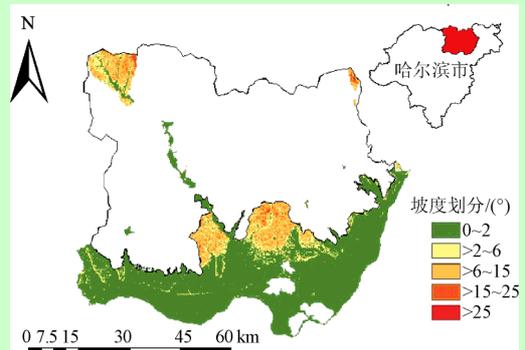


图 3 通河县耕地坡度分级

Fig.3 Arable land slope grading in Tonghe county

按照《中华人民共和国水土保持法》第二十条规定，坡度 25°及以下的土地面积都可以看做是可以变成耕地的面积，而大于 25°的区域是不可以变成耕地的土地。本文在坡度划分时采用 90 m×90 m 方格进行划分，用图斑数量与方格面积的乘积表示整个区域的面积，由于方格与实际地表不可能完全吻合，这种计算会与总面积有很小的误差，本研究在计算结果中进行了全图面积平衡，基于 GIS 手段提取各坡度土地面积分别为：145 567.5 hm<sup>2</sup> ( $\leq 2^\circ$ )、18323 hm<sup>2</sup> ( $>2^\circ \sim 6^\circ$ )、21405.1 hm<sup>2</sup> ( $>6^\circ \sim 15^\circ$ )、5082.8 hm<sup>2</sup> ( $>15^\circ \sim 25^\circ$ )、304.5 hm<sup>2</sup> ( $>25^\circ$ )。

根据改造和水输送成本的不同，可把坡度 0~2°、0~6°以及 0~15°、0~25°和 >25°这 5 大类用地，分别用 5 种方案表示：第 1 方案改造无成本、第 2 方案改造成本低、第 3 方案改造成本中等、第 4 方案改造成本大和第 5 方案目前不可改造，分别做出不同成本下通河县旱地改水田许可转换度方案，如表 3 所示。

表 3 通河县 5 种方案旱地改水田许可转换度计算结果

Table 3 Five scheme results of permissible conversion limit for upland to paddy in Tonghe county

	第 1 方案	第 2 方案	第 3 方案	第 4 方案	第 5 方案
可变成耕地面积/hm <sup>2</sup>	129 300	147 623	169 028.1	174 110.9	174 415.4
最大水田面积/hm <sup>2</sup>	83 823.4	81 991	79 850.6	79 342.3	79 311.8
许可转换度 $T$	0.65	0.56	0.47	0.46	0.45

### 3 计算结果及分析

由表 3 计算结果可知, 通河县政府在进行农业结构调整时, 当只考虑坡度 $\leq 2^\circ$ 的土地旱改水时, 选择方案 1, 改造成本最低, 许可转换度为 0.65, 水田最大面积为 83 823.4  $\text{hm}^2$ 。考虑坡度 $\leq 6^\circ$ 的土地旱改水时选择, 改造成本增加, 许可转换度为 0.56, 水田最大面积为 81 991  $\text{hm}^2$ 。考虑坡度 $\leq 15^\circ$ 的土地旱改水时选择方案 3, 许可转换度是 0.47, 水田最大面积为 79 850.6  $\text{hm}^2$ 。考虑坡度 $\leq 25^\circ$ 的土地旱改水时选择方案 4, 许可转换度是 0.46, 水田最大面积为 79 342.3  $\text{hm}^2$ 。

结果表明, 考虑旱改水的改造成本和利润空间, 通河县可选择相应的方案进行旱改水调整的控制。按照中国水土保持现行规定, 如果只考虑水和坡度影响, 忽略改造成本和技术方面的可行性, 通河县目前旱改水许可转换度取第 4 方案的 0.46, 理论上最大水田面积 79 342.3, 在 2008 年农业种植结构基础上, 最大可新增水田面积为 17 398.3  $\text{hm}^2$ 。如果考虑投入产出以及改造的可行性, 在 2008 年农业种植结构基础上, 选择第 1 方案最大可新增水田面积 21 879.4  $\text{hm}^2$ , 第 2 方案可新增水田面积 20 047  $\text{hm}^2$ , 第 3 方案可新增水田面积 17 906.6  $\text{hm}^2$ , 第 4 方案可新增水田面积 17 398.3  $\text{hm}^2$ 。第 5 方案可新增水田面积 17 367.8  $\text{hm}^2$ 。

### 4 结 论

在建立旱改水许可转换度计算模型的基础上, 对黑龙江省通河县旱改水许可转换度进行实证研究, 在水约束和坡度约束条件下的计算结果表明, 水约束条件下通河县旱改水许可转换度为 0.45, 在 2008 年农业种植结构基础上, 旱改水的潜力为 17367.8  $\text{hm}^2$ ; 在坡地约束条件下, 按照坡度  $0\sim 2^\circ$ 、 $0\sim 6^\circ$ 、 $0\sim 15^\circ$ 、 $0\sim 25^\circ$ 和 $>25^\circ$ 这 5 大类用地, 通河县旱地水田许可转换度分别为 0.65、0.56、0.47、0.46 和 0.45, 在 2008 年农业种植结构基础上, 通河县旱改水的潜力分别为 21 879.4、20 047、17 906.6、17 398.3 和 17 367.8  $\text{hm}^2$ ; 基于短板原理, 考虑水和坡度约束条件, 通河县旱改水的许可转换度值为 0.45, 即通河县旱改水的最大潜力为 17 367.8  $\text{hm}^2$ 。

#### [参 考 文 献]

- [1] 周惠成, 彭慧, 张弛, 等. 基于水资源合理利用的多目标农作物种植结构调整与评价[J]. 农业工程学报, 2007, 23(9): 45—49.  
Zhou Huicheng, Peng Hui, Zhang Chi, et al. Optimization and evaluation of multi-objective crop pattern based on irrigation water resources allocation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2007, 23(9): 45—49. (in Chinese with English abstract)
- [2] 陈守煜, 马建琴, 张振伟. 作物种植结构多目标模糊优化模型与方法[J]. 大连理工大学学报, 2003, 43(1): 12—15.  
Chen Shouyu, Ma Jianqin, Zhang Zhenwei. A multi-objective fuzzy optimization model for planting structure and its

- method[J]. Journal of Dalian University of Technology, 2003, 43(1): 12—15. (in Chinese with English abstract)
- [3] 高明杰, 罗其友. 水资源约束地区种植结构优化研究: 以华北地区为例[J]. 自然资源学报, 2008, 23(2): 204—210.  
Gao Mingjie, Luo Qiyu. Study on cropping structure optimization in region short of water: a case study of north China[J]. Journal of Natural Resources, 2008, 23(2): 204—210. (in Chinese with English abstract)
- [4] 王韶华, 刘文朝, 刘群昌. 三江平原农业需水量及适宜水稻种植面积的研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(4): 50—53.  
Wang Shaohua, Liu Wenchao, Liu Qunchang. Agricultural water consumption and suitable paddy rice plant areas of the Three-River-Plain[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2004, 20(4): 50—53. (in Chinese with English abstract)
- [5] 陈守煜, 马建琴, 邱林. 多维多目标模糊优选动态规划及其在农业灌溉中的应用[J]. 水利学报, 2002(4): 33—38.  
Chen Shouyu, Ma Jianqin, Qiu Lin. Fuzzy optimization of multi-dimensional multi-objective dynamic programming and its application to farm irrigation[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2002(4): 33—38. (in Chinese with English abstract)
- [6] 梁美社, 王正中. 基于虚拟水战略的农业种植结构优化模型[J]. 农业工程学报, 2010, 26(增刊 1): 130—133.  
Liang Meishe, Wang Zhengzhong. Optimal regional agricultural planting structure under virtual water strategy[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(Supp.1): 130—133. (in Chinese with English abstract)
- [7] 汤瑞凉, 郭存芝. 灌溉水资源优化调配的熵权系数模型研究[J]. 河海大学学报, 2000, 28(1): 18—21.  
Tang Ruiliang, Guo Cunzhi. An optimization model with entropic coefficients for management in irrigation water resources[J]. Journal of Hohai University, 2000, 28(1): 18—21. (in Chinese with English abstract)
- [8] 任大朋, 刘培斌. 虚拟水战略下的北京市农业产业结构调整[J]. 农业工程学报, 2009, 25(1): 11—16.  
Ren Dapeng, Liu Peibin. Agricultural structure adjustment in Beijing under the virtual water strategy[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2009, 25(1): 11—16. (in Chinese with English abstract)
- [9] Namara R E, Hanjra M A, Castillo G E, et al. Agricultural water management and poverty linkages[J]. Agricultural Water Management, 2010, 97(4): 520—527.
- [10] 张翠芳, 牛海山. 民勤三项农业节水措施的相对潜力估算[J]. 农业工程学报, 2009, 25(10): 7—12.  
Zhang Cuifang, Niu Haishan. Estimation of relative potential of three agricultural water-saving measures in Minqin Oasis[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2009, 25(10): 7—12. (in Chinese with English abstract)
- [11] 程智强, 邱化蛟, 程序. 资源边际效益与种植业结构调整目标规划[J]. 农业工程学报, 2005, 21(12): 16—19.

- Cheng Zhiqiang, Qiu Huajiao, Cheng Xu. Marginal revenues of resources and goal programming of planting industry structure[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the case), 2005, 21(12): 16—19. (in Chinese with English abstract)
- [12] 闫平, 杨明, 王萍, 等. 基于 GIS 的黑龙江省积温带精细划分[J]. 黑龙江气象, 2009, 26(1): 26—29.  
Yan Ping, Yang Ming, Wang Ping, et al. Fine division of accumulated temperature zone in Hei Longjiang province based on GIS[J]. Hei Longjiang Meteorology, 2009, 26(1): 26—28. (in Chinese with English abstract)
- [13] 矫江, 许显斌, 卞景阳, 等. 气候变暖对黑龙江省水稻生产影响及对策研究[J]. 自然灾害学报, 2008, 17(3): 41—48.  
Jiao Jiang, Xu Xianbin, Bian Jingyang, et al. Impact of global warming on rice yield in Heilongjiang Province and strategic studies[J]. Journal of natural disasters, 2008, 17(3): 41—48. (in Chinese with English abstract)
- [14] 董满宇, 吴正方. 近 50 年来东北地区气温变化时空特征分析[J]. 资源科学, 2008, 30(7): 1093—1099.  
Dong Manyu, Wu Zhengfang. Analysis of temporal and spatial characteristics of temperature change over the last 50 years in Northeast China[J]. Resources Science, 2008, 30(7): 1093—1099. (in Chinese with English abstract)
- [15] 闫敏华, 邓伟, 马学慧. 大面积开荒扰动下的三江平原近 45 年气候变化[J]. 地理学报, 2001, 56(2): 159—170.  
Yan Minhua, Deng Wei, Maxuehui. Climate variation in the sanjiang plain disturbed by large scale reclamation during the last 45 years, acta geographica sinica[J]. 2001, 56(2): 159—170. (in Chinese with English abstract)
- [16] Chih Sheng Lee, Shuiping Chang. Interactive fuzzy optimization for an economic and environmental balance in a river system[J]. Water Research, 2005, 39(1): 221—231.
- [17] Molden D, Oweis T, Steduto P. Improving agricultural water productivity: between optimism and caution[J]. Agricultural Water Management, 2010, 97(4): 528—535.
- [18] 郭志梅, 缪启龙, 李雄. 中国北方地区近 50 年来气温变化特征及其突变性[J]. 干旱区地理, 2005, 28(2): 176—182.  
Guo Zhimei, Miao Qilong, Li Xiong. Change characteristics of temperature in north china since recent 50 years[J]. Arid Land Geography, 2005, 28(2): 176—182. (in Chinese with English abstract)
- [19] 王翠花, 李雄, 缪启龙. 中国近 50 年来日最低气温变化特征研究[J]. 地理科学, 2003, 23(4): 441—447.  
Wang Cuihua, Lixiong, Miao Qilong. Variety characteristics of daily minimum air temperature in China in recent 50 years[J]. Scientia Geographica Sinica, 2003, 23(4): 441—447. (in Chinese with English abstract)
- [20] Tomonori Sato, Fujio Kimura, Akio Kitoh. Projection of global warming onto regional precipitation over Mongolia using a regional climate model[J]. Journal of Hydrology, 2007, 333(1): 144—154.

## Research on permissive conversion limit of dryland to paddy field in Tonghe county, Heilongjiang province

Xiang Changyu, Zhou Dongxing, Song Ge, Zhao Yinghui

(College of resources and environment, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** It is prominent phenomenon of the conversion of dryland to paddy in the conditional areas because of high benefit on rice cultivation. The areas where the paddy field grows rapidly can lead to the contradiction between human and land. How to determine the maximum area of paddy field and to guarantee the harmonious development between human and land is a urgent problem to be solved. Based on the technology of GIS, taking Tonghe county, Heilongjiang province as research area, considering the nature constraints of the agricultural ecological bearing capacity, this paper calculated the maximum paddy area of permission in Tonghe county by quantified model. The results showed that the permission conversion degree should be controlled less than 0.45, that is, the paddy field area should be controlled within 79311.8 hm<sup>2</sup>. This limit can guarantee the harmonious development between human and land in Tonghe county. Based on the agricultural circumstances of 2008, the area of dryland converting to paddy field in Tonghe county is about 20 000 hm<sup>2</sup> in the future and there is a big potential of dry land to paddy field. The research can provide a quantitative basis for agricultural planting structure adjustment in Tonghe county, Heilongjiang province and ensure the sustainable development of agriculture in Tonghe county and the similar regions.

**Key words:** agriculture, water resources, sustainable development, planting structure, permissive conversion limit, dryland to paddy