

# 塔里木河下游铁干里克绿洲土地生产潜力综合研究

阿布都热合曼·哈力克<sup>1,2</sup>

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院 绿洲生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830046;  
2. 中国矿业大学 环境与测绘学院, 江苏 徐州 221008)

**摘要:** 采用潜力衰减法对塔里木河下游铁干里克绿洲农业资源条件进行了分析, 估算了土地生产潜力, 并采用土地生产潜力对气候因素的敏感度和适应能力级别评价了该区域对气候变化的响应。研究表明: 在保证充足的灌溉用水和土壤理化性质良好的条件下, 研究区土地生产潜力以 5.66% 的年增长率递增。研究区土地生产潜力对温度和降水的敏感度不大, 对全球气候变化的适应能力也较强, 人工引水水资源缺乏, 土壤盐渍化程度较高、土壤水肥较差是造成研究区土壤生产潜力低下的主要原因。

**关键词:** 土地生产潜力; 区域响应; 塔里木河下游; 铁干里克绿洲

中图分类号: F323.211

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)04-0052-05

## Study on Land Productive Potential Comprehensive of Tieganklike Oasis in Tarim Downstream

Abdirahman · Halik<sup>1,2</sup>

(1. College of Resources and Environmental Science, Xinjiang University,

Key Laboratory of Oasis Ecology, Ministry of Education, Urumqi 830046, China;

2. School of Environment and Spatial Informatics, China University of Mining & Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008, China)

**Abstract:** Adopting potential attenuation method to analyze Tieganklike oasis in Tarim River downstream agriculture resources condition, the study estimates the land productive potential, and evaluates the response to the climate change in this region by using the land productive potential of climate factors sensitivity and adaptability level. The research indicated: in the assurance of enough irrigation water and high-quality soil physical and chemical properties, the land productive potential in research area increases by 5.66% annual growth rate. Study area of land productive potential is not very sensitive to temperature and precipitation and it has strong adaptability to global climate change. The exile artificial diversion water resources, the high soil salinification degree and the poor soil fertility primarily cause low soil productive potential in the research area.

**Key words:** land productive potential; regional response; Tarim downstream; Tieganklike oasis

土地生产潜力是指土地在用于农林牧业生产或其他利用方面的潜在能力, 它主要受气候因素和人文因素两方面影响<sup>[1]</sup>。当前, 我国人口、资源、环境矛盾十分突出, 特别是自然环境恶劣、生态系统脆弱、人地关系日趋紧张的干旱、半干旱区域。因此, 土地生产潜力及其对全球气候变化的响应研究日益为人们所重视<sup>[2-4]</sup>。本文采用潜力衰减法估算了塔里木河下游典型绿洲铁干里克的土地生产潜力, 并计算了土地生产潜力对全球气候变化的敏感度及其对气候变化的

适应能力, 对于掌握干旱区绿洲土地生产潜力状况和特点, 揭示气候因素对干旱区绿洲土地生产潜力的限制程度, 促进合理开发利用干旱区绿洲土地资源及农业可持续发展具有重要意义。

### 1 研究区概况

铁干里克绿洲位于塔里木盆地的东北部, 塔克拉玛干大沙漠的东北边缘, 塔里木河下游左岸和孔雀河南侧两河之间的漫滩冲积平原上, 新疆尉犁县境内,

总面积为 1 140.37 km<sup>2</sup>。该区位于罗布泊微弱拗陷区,构造稳定,第四纪沉积物厚约 350 m,沉积物以黏土质的河湖相沉积物为主,地形平坦,属于暖温带荒漠干旱气候,主要特点是降水稀少,空气极度干燥,多大风和风沙天气,年平均降水量 17.4~42.0 mm,年平均蒸发量(潜势)为 2 500~3 000 mm。植被生长几乎全部依赖地下水的补给。

铁干里克绿洲荒漠过渡带位于 34 团和英苏之间,34 团为人工绿洲,英苏属荒漠区属于典型的绿洲荒漠过渡带。该绿洲荒漠过渡带东侧为库鲁克沙漠,西侧为塔克拉玛干沙漠,内地通往新疆的重要战略通道“绿色走廊”从这里穿过。研究区海拔为 828~916 m,地下水平均埋深 6.4 m。研究区土壤多为碱化漠钙土和盐化草甸土,植被组成以杨柳科、柽柳科、豆科、夹竹桃科、禾本科等植物为主,在生长条件较好的区域可形成乔、灌、草的复合群落。乔木主要有胡杨(*Populus euphratica*),灌木主要有柽柳(*Tamarix*-*ssp*)、黑果枸杞(*Lycium ruthenicum*)、铃铛刺(*Halimodendron halodendron*)等,草本植物主要有芦苇(*Phragmites communis*)、大花罗布麻(*Poacynum hendersonii*)、疏叶骆驼刺(*Alhagi sparsifolia*)、花柴(*Karelinia caspica*)、胀果甘草(*Glycyrrhiza inflata*)等。其中多枝柽柳(*Tamarix ramosissima*)、刚毛柽柳(*Tamarix hispida*)、长穗柽柳(*Tamarix elongat*)等是构成柽柳灌丛的优势种。

铁干里克绿洲是塔里木河进入台特玛湖的最后一个绿洲,其稳定和安全直接关系到塔里木河下游乃至整个塔里木河流域绿洲的稳定和安全。但是近年来,由于塔里木河上中游缺乏堤防控制,河道泥沙淤积,行洪能力不足,洪水期大量满溢,致使水量在上、中游大量散失,加之塔里木河干流上、中游地区私扒乱引、擅自开荒用水现象十分严重。而且,受经济利益的驱使,区内开荒种棉的现象屡禁不止,1996~2006年,耕地面积从 2 670 hm<sup>2</sup> 增加到 3 270 hm<sup>2</sup>,增加了 22.47%。耕地面积的不断增长必然导致农业需水量居高不下,加之棉花是一种高耗水作物,大面积的棉花种植使得高农业需水量成为下游的沉重负担。

## 2 土地生产潜力的估算方法

目前潜力衰减法(又称机制法)被公认为估算土地生产潜力的基本方法,这类方法以光温阶乘模型、瓦赫宁根模型和农业生态区模型为代表<sup>[5]</sup>。光温阶乘模型是根据光温水等因子依次进行衰减计算各类潜力,即:光合生产潜力、光温生产潜力、光温水生产

潜力、光温水生产潜力。但由于各地区自然条件的差异,难以得出较为统一的修正系数。有学者已对模型中的光合、光温和光温水系数进行了订正研究<sup>[6-7]</sup>。土壤修正系数的研究则更为复杂<sup>[8]</sup>,许多研究学者在土壤修正系数方面作了大量工作,其研究中多考虑有机质、质地、氮磷钾等因子,考虑土壤盐分含量对土壤修正系数影响的研究则较为少见。但随着土壤含盐量的增加,作物的生物量逐渐减少<sup>[9]</sup>。本文根据塔里木河下游铁干里克绿洲土地生产潜力及其对气候因素的敏感度和适应能力级别分析的基础上,探讨该区域对气候变化的响应,并为以后该区域土地合理开发利用提供理论指导。

潜力衰减法是依据土地上能量和物质转化水平及其在作物光合作用过程中转化速率来估算土地生产潜力。潜力衰减法估算土地生产潜力概括模型<sup>[10]</sup>为:

$$Y_L = Y_Q \times f(t) \times f(w) \times f(s) \times f(o) \quad (1)$$

式中:  $Y_L$  ——单位面积上的土地生产潜力;  $Y_Q$  ——单位面积上作物光合生产潜力;  $f(t)$ ,  $f(w)$ ,  $f(s)$ ,  $f(o)$  ——光合作用过程中温度、水分、土壤和其他因素的修正系数。光合生产潜力经过温度、水分、土壤和其他因素的衰减后可得到光温生产潜力、光温水生产潜力、光温水生产潜力。

### 2.1 光合生产潜力

光合生产潜力是指农作物在温度、水分、养分等条件保持最适宜时,有太阳光能所决定的生产力。光合生产潜力的估算采用下列模型:

$$Y_Q = \frac{10^8 \times F \times Q}{C} \quad (2)$$

式中:  $F$  ——光能利用率,取其值为 3.36%;  $C$  ——1 kg 有机质贮存的能量,平均取 17 850 kJ/kg;  $Q$  ——太阳总辐射。

### 2.2 光温生产潜力

用衰减法计算光温生产潜力的一般模型为:

$$Y_T = Y_Q \times f(t) = Y \times (n/365) \quad (3)$$

式中:  $Y_T$ ,  $Y_Q$  ——光温生产潜力和光合生产潜力(kg/hm<sup>2</sup>);  $f(t)$  ——温度修正系数;  $n$  ——无霜期天数。我国学者对光温生产潜力中的温度修正系数进行了卓有成效的研究,陈明荣、龙斯玉将温度修正系数定义为一个含三阶幂次的一元线性公式:

$$f(t) = (2.8 + 0.348T + 0.352T^2 - 0.0086T^3) / 100 \quad (4)$$

式中:  $T$  ——某一时段的平均温度。

### 2.3 光温水生产潜力

光温水生产潜力模型为:

$$Y_w = Y_T \times f(w) \quad (5)$$

式中:  $Y_w$  ——光温水生产潜力;  $f(w)$  ——水分修正系数。

作物需水有两种来源, 其一是自然条件下的水分供给; 其二是人为灌溉。研究区属极度干旱的暖温带大陆性气候, 降水少, 蒸发强烈, 因此人为灌溉是作物需水的主要来源。此时光温水生产潜力估算模型可修正为:

$$f(w) = \begin{cases} (W_s + W_i)/E_0 & W_s + W_i < E_0 \\ 1 & W_s + W_i \geq E_0 \end{cases} \quad (6)$$

式中:  $W_i$  ——农田灌溉水量;  $W_s$  ——地表水资源量;  $E_0$  ——潜在蒸散量, 由彭曼公式计算。

### 2.4 光温水土生产潜力

光温水生产潜力经过土壤因素衰减而得到的土地生产潜力:

$$Y_s = Y_w \times f(s) \quad (7)$$

式中:  $Y_s$  ——光温水土生产潜力;  $f(s)$  ——土壤修正系数。

由于土壤对农作物生产潜力影响较为复杂, 目前建立土壤影响函数比较困难, 一般采用最低限制因子律模型。本研究选择土壤耕层指数( $I$ )、土壤质地指数( $T$ )、土壤耕层结构指数( $B$ )、土壤有机质含量指数( $Q$ )、土壤酸碱指数( $H$ )、土壤养分含量指数( $N_u$ )、土壤盐分含量指数( $S$ ) 7 项指标作为影响土壤修正系数的主要因子。结合层次分析和专家打分法, 7 项土壤评价因子所占的权重如表 1 所示。

$$N_u = \begin{cases} 1 & TN \geq 2, TP \geq 2, SK \geq 120 \\ TN/2 + TP/2 + SK/120 & 0.2 < TN < 2, 0.2 < TP < 2, 50 < SK < 120 \\ 0 & TN \leq 0.2, TP \leq 0.2, SK \leq 50 \end{cases} \quad (13)$$

式中: TN、TP 和 SK ——土壤耕作层中全氮(g/kg)、全磷(g/kg)和速效钾(mg/kg)的含量。

表 2 作物苗期耕层(0-20 cm)耐盐能力指标 %

作物	正常生长	显著抑制	不能生长
大麦	< 0.05	0.05~0.25	> 0.25
小麦	< 0.24	0.24~0.25	> 0.25
玉米	< 0.35	0.35~0.40	> 0.40
棉花	< 0.35	0.35~0.62	> 0.62

2.4.7 土壤盐分含量指数( $S$ ) 测定研究区棉田盐分含量和生物量, 将生物量标准化后与土壤盐分进行回归分析( $R^2 = 0.8314$ ):

$$y = 3.0456 - 3.0657x \quad (14)$$

式中:  $y$  ——盐分含量指数;  $x$  ——土壤含盐量。

结合表 2, 得出研究区棉田土壤盐分含量指数( $S$ )公式为:

表 1 土壤评价因子权重

评价因子	$I$	$T$	$B$	$Q$	$H$	$N_u$	$S$
权重值	0.15	0.10	0.15	0.20	0.08	0.12	0.20

2.4.1 土壤耕层指数( $I$ )

$$I = \begin{cases} 1 & h \geq 20 \text{ cm} \\ h/20 & h < 20 \text{ cm} \end{cases} \quad (8)$$

式中:  $h$  ——耕作层厚度(cm)。

2.4.2 土壤质地指数( $T$ )

$$T = \begin{cases} 1 & 40\% < k \leq 60\% \\ (k-20)/20 & 20\% \leq k \leq 40\% \\ 0 & k < 20\% \end{cases} \quad (9)$$

式中:  $k$  ——土壤中小于 0.01 mm 的物理黏粒含量(%)。

2.4.3 土壤耕层结构指数( $B$ )

$$B = \begin{cases} 1 & 1.18 \leq d \leq 1.28 \\ (4-2d)/16 & 1.28 < d < 2.0 \\ 2d-1.36 & 0.68 < d < 1.18 \end{cases} \quad (10)$$

式中:  $d$  ——耕作层土壤的容重( $g/cm^3$ )。

2.4.4 土壤有机质含量指数( $Q$ )

$$Q = \begin{cases} 1 & M \geq 3.5\% \\ (M-0.5)/3 & 0.5\% \leq M < 3.5\% \\ 0 & M < 0.5\% \end{cases} \quad (11)$$

式中:  $M$  ——耕作层有机质含量(%)。

2.4.5 土壤酸碱指数( $H$ )

$$H = \begin{cases} 1 & 6.5 \leq pH \leq 8.0 \\ 1/(7.5-pH) & pH < 6.5 \\ 1/(pH-7.0) & pH > 8.0 \end{cases} \quad (12)$$

2.4.6 土壤养分含量指数( $N_u$ )

$$\begin{cases} TN \geq 2, TP \geq 2, SK \geq 120 \\ TN < 2, 0.2 < TP < 2, 50 < SK < 120 \\ TN \leq 0.2, TP \leq 0.2, SK \leq 50 \end{cases} \quad (13)$$

$$S = \begin{cases} 1 & s < 35\% \\ 3.0456 - 3.0657s & 0.35\% \leq s \leq 0.62\% \\ 0 & s > 0.62\% \end{cases} \quad (15)$$

式中:  $S$  ——土壤盐分含量指数;  $s$  ——棉花的耐盐能力指标。

## 3 区域脆弱性评价

本文通过计算区域土地生产潜力对气候因素的敏感度和适应能力级别来进行区域脆弱性评价。

3.1 土地生产潜力对气候变化的敏感度

据敏感度的定义, 研究对象对气候变化的敏感度  $Se$  可以表述为<sup>[11]</sup>:

$$Se = \sigma_y / \sigma_x \quad (16)$$

考虑到辐射条件相对稳定性, 气候要素主要通过

温度、水分系数影响土地的生产潜力, 因此只需讨论如下关系:

$$Y_L \propto [f(t), f(w)]$$

因此, 土地生产潜力对气温、降水变化的敏感度, 可表示为:

对气温变化的敏感度:

$$\frac{\partial Y_L}{\partial T} = Y_Q \times f(s) \times \left[ \frac{\partial f(t)}{\partial T} \times f(w) + \frac{\partial f(w)}{\partial T} \times f(t) \right] \quad (17)$$

其中:  $\frac{\partial f(w)}{\partial T} = - \frac{(W_s + W_i)}{E_0^2} \times \frac{\partial E_0}{\partial T}$

对降水和灌溉用水变化的敏感度:

$$\begin{aligned} \frac{\partial Y_L}{\partial (W_s + W_i)} &= Y_Q \times f(s) \times f(t) \times \frac{\partial f(w)}{\partial (W_s + W_i)} \\ &= \frac{Y_Q \times f(s) \times f(t)}{E_0} \end{aligned} \quad (18)$$

### 3.2 区域对气候变化的适应能力

影响某一区域对气候变化的适应能力的因素主要涉及区域的技术、管理、经济和文化水平<sup>[12-13]</sup>。因此, 选取以上表示各方面水平的社会经济指标, 采用模糊识别法<sup>[14]</sup>分别计算指标所属级别的隶属函数, 求得综合隶属函数, 然后依据隶属度最大原则, 判断研究地区对气候变化适应能力级别。例如某区域对

气候变化的适应能力属于  $k$  级的综合隶属函数由式 (19) 计算。

$$S_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_{ki} \quad (19)$$

式中:  $U_{ki}$ ——第  $i$  项指标属于  $k$  级的隶属函数。则适应能力级别为使  $S_k$  最大的  $k$  值。

## 4 结果与分析

### 4.1 研究区土地生产潜力估算

根据研究区的相关数据资料, 利用上述选取的符合当地条件的生产潜力估算模型, 初步估算了该区 1997-2006 年 10 a 间的土地生产潜力(表 3)。近 10 a 来该区光合生产潜力平均为  $1.09 \times 10^5 \text{ kg/hm}^2$ , 光温生产潜力平均为  $4.47 \times 10^4 \text{ kg/hm}^2$ , 可见研究区光、温资源丰富, 农业生产潜力巨大。光温水生产潜力平均为  $5.01 \times 10^3 \text{ kg/hm}^2$ , 不到平均光合生产潜力的 4.60%, 约为平均光温生产潜力的 11.21%, 由此可见水分是限制生产潜力的重要因子之一。平均光温水土生产潜力为  $2.92 \times 10^3 \text{ kg/hm}^2$ , 仅为平均光合生产潜力、光温生产潜力、光温水生产潜力的 2.68%、6.53%、58.28%。由此可见土壤因素是限制研究区土地生产潜力的另一重要因子。

表 3 1997-2006 年铁干里克绿洲土地生产潜力

kg/hm<sup>2</sup>

变量	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
$Y_Q$	$1.15 \times 10^5$	$1.09 \times 10^5$	$1.19 \times 10^5$	$1.28 \times 10^5$	$1.1 \times 10^5$	$1.02 \times 10^5$	$1.01 \times 10^5$	$9.59 \times 10^4$	$1.07 \times 10^5$	$9.93 \times 10^4$
$Y_T$	$4.70 \times 10^4$	$4.59 \times 10^4$	$4.99 \times 10^4$	$5.04 \times 10^4$	$4.55 \times 10^4$	$4.34 \times 10^4$	$3.91 \times 10^4$	$4.06 \times 10^4$	$4.28 \times 10^4$	$4.20 \times 10^4$
$Y_w$	$3.75 \times 10^3$	$3.85 \times 10^3$	$4.15 \times 10^3$	$4.56 \times 10^3$	$5.4 \times 10^3$	$5.70 \times 10^3$	$5.96 \times 10^3$	$4.38 \times 10^3$	$6.451 \times 10^3$	$6.30 \times 10^3$
$Y_s$	$2.18 \times 10^3$	$2.24 \times 10^3$	$2.42 \times 10^3$	$2.66 \times 10^3$	$2.94 \times 10^3$	$3.32 \times 10^3$	$3.47 \times 10^3$	$2.55 \times 10^3$	$3.76 \times 10^3$	$3.77 \times 10^3$

### 4.2 研究区土地生产潜力对气候变化的敏感度

利用敏感度计算公式, 得到研究地区土地生产潜力对气温、降水变化的敏感度见表 4。敏感度与多年平均气候要素计算得到的土地生产潜力进行比较, 可以说明气候变化对土地生产潜力的影响程度。同时, 将 10 a 来土地生产潜力变化情况与同期的气候变化进行了比较。1997-2006 年的 10 a 间, 研究区的气候变化的总趋势是年均气温变化不大, 降水量略有上升。伴随着气候的变化, 研究区土地生产潜力相应地出现了变化, 其中温度每升高 1℃, 土地生产潜力将

增加 37.29 kg/hm<sup>2</sup>, 而降水每增加 1 mm, 土地生产潜力将增加 17.95 kg/hm<sup>2</sup>, 由此可见土地生产潜力对温度的敏感度远大于降水, 这可能是因为在研究区年降水量极少, 根本无法形成径流, 因而降水对于农业生产的作用不大, 农业用水主要依靠人工引水灌溉。从敏感度与平均土地生产潜力的比较来看, 虽然土地生产潜力以年均 5.66% 的速率递增, 但不论是温度还是降水对土地生产潜力的影响程度均不大, 不超过 1.5%。这进一步表明, 研究区土地生产潜力的主要限制因素主要是灌溉引水和土壤性质。

表 4 研究区土地生产潜力对气候变化的敏感度、影响程度和土地生产潜力变化

温度敏感度 [kg/(hm <sup>2</sup> ·℃)]	水分敏感度/ (kg·hm <sup>-2</sup> ·mm <sup>-1</sup> )	温度敏感度/土地 生产潜力	水分敏感度/土地 生产潜力(%)	变化速率/ (kg·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	年均 变化/%
37.29	17.95	1.28	0.61	165.45	5.66

### 4.3 对气候的响应

本文选择国民生产总值、人口、耕地面积、有效灌溉面积、旱涝保收面积、排灌动力机械、作物总产量、

作物受灾面积、农场职工家庭收支、农业灌水量 10 个指标来评价其适应气候变化的能力。评价指标来自于农二师 1997-2006 年统计年鉴。某一区域对气候

变化的适应能力是指在研究地区目前的社会经济条件下,其对气候变化的适应程度的内部差异,是个相对量。由于各指标单位不统一,我们先将指标进行无量纲化处理,然后将无量纲化的评价指标分别分成 3 级个级别:强、中等、弱,分别以  $sk_1$ 、 $sk_2$ 、 $sk_3$  级表示。各级别的划分标准为:1 级为最大值-均值+ $0.33 \times$  方差;2 级为均值+ $0.33 \times$  方差-均值- $0.33 \times$  方差;3 级为均值- $0.33 \times$  方差-最小值。其中 2 级的意义是指围绕平均值出现机率为 25% 的情况。从计算结果来看,研究区适应能力级别为 2 级,即研究区对全球气候变化的适应能力为中等。

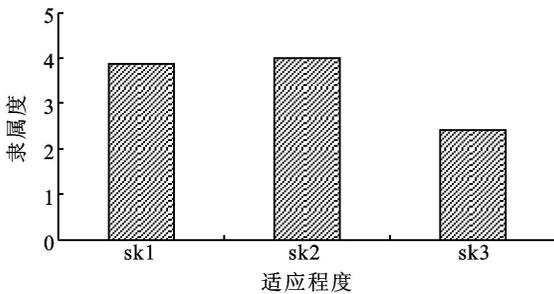


图 1 铁干里克绿洲对气候变化的适应能力

## 5 结论及建议

由上述计算结果可知,在保证充足的灌溉用水和土壤理化性质良好的条件下,研究区土地生产潜力可以 5.66% 的年增长率递增,但研究区 10 a 间的平均水平及最高水平均比新疆阿克苏地区实际粮食生产潜力  $6246 \text{ kg/hm}^2$  低<sup>[15]</sup>。由于研究区土地生产潜力对温度和降水的敏感度不大,对全球气候变化的适应能力也较强,因此,人工引水水资源缺乏,土壤盐渍化程度较高、土壤水肥较差是造成研究区土地生产潜力低下的主要原因。由此可见,要开发研究区土地生产潜力,必须要做到以下两点:

(1) 大力发展节水灌溉,合理利用水资源。本区属于干旱区,降水不能满足农作物生长需求,农业用水全靠引水渠引灌。因此,必须强调节水灌溉,合理利用水资源。采用先进的节水技术,对农作物进行适时、适量的灌溉,节约灌溉水量,提高水分利用率,以便促进农作物高产,防止土壤次生盐渍化。

(2) 改良土壤,培肥地力。本区土壤属于低肥土壤,其自然肥力很低,存在着有机质含量少, N、P、K 速效性低,土壤质地为砂质土,土壤物理结构性差等不良因素,必须对其进行改良、熟化。可从以下方面着手:① 种植绿肥;② 大量施用有机肥;③ 秸秆还田等等。

### 参考文献:

- [1] 贾媛. 土地潜力评价方法述评[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(10): 1974-1976.
- [2] Hardson P A, Butterfield R E, Downing T E. Climate Change and Agriculture in Europe: Assessment of Impacts and Adaptations[M]. Environmental Change Unit, University of Oxford, 1995.
- [3] Stewart R B. Modeling methodology for assessing crop production potentials in Canada[J]. Tech. Bull., 1981, 96: 221-256.
- [4] 阿布都热合曼·哈力克. 克拉玛依新垦绿洲灌溉条件下盐分分布研究[J]. 灌溉排水学报, 2008, 27(6): 64-66.
- [5] 陶军德. 土地承载力研究方法综述[J]. 黑龙江水专学报, 1997, 1(2): 50-54.
- [6] 于沪宁. 光热资源和农作物的光热生产潜力[J]. 气象学报, 1982, 40(3): 327-332.
- [7] 梁荣欣, 张瑞雪. 水稻的气候土壤生产潜力估算[J]. 资源科学, 1984, 9(2): 68-73.
- [8] 张军连, 林培. 土地生产潜力评价中土壤修正系数模型的研究[J]. 自然资源学报, 1994, 9(3): 260-270.
- [9] 汪贵斌, 曹福亮. 土壤盐分及水分含量对落羽杉幼苗生长的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(12): 2396-2400.
- [10] 刘哲民. 土地生产潜力的估算方法[J]. 宝鸡文理学院学报: 自然科学版, 1997(1): 43-48.
- [11] 常庆瑞. 土地资源学[M]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2002: 84-87, 109-125.
- [12] Houghton J T. Global Warming: The Complete Briefing[M]. Oxford, UK: Lion Publishing Pic, 1994.
- [13] IPCC II. Climate Change: The IPCC Scientific Assessment[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- [14] 赵听奕. 区域土地利用对全球气候变化的响应研究[D]. 北京: 北京大学, 2000.
- [15] 崔方让, 李新平, 魏迎春, 等. 新疆和田开发区土地生产潜力评价与土壤修正系数的确定[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(3): 125-137.