

玛纳斯河流域耕地利用潜力评价

张丽, 盛建东, 蒋平安

(新疆农业大学草业与环境科学学院, 新疆土壤与植物生态过程重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要:科学准确地评价耕地质量是制定农业土地利用总体规划的基础。对玛纳斯河流域典型农田的土壤进行田间采样和室内分析化验, 结合地下水埋深和土壤理化性质的调查数据, 筛选土壤碱解氮、有效磷、速效钾、有机质含量、土壤 pH 值、总盐含量、地下水埋深 7 个指标, 采用模糊数学方法, 构建了耕地利用潜力评估模型。评估结果表明: 研究区耕地处在缺氮、少磷、丰钾状态, 以中潜力和中高潜力为主, 占总面积的 72.68%; 高潜力和低潜力区面积较小, 占研究区总面积的 27.32%。该模型和评价方法可为流域土地利用及开发提供理论依据。

关键词:耕地; 潜力评估; 玛纳斯河流域

中图分类号: X833

文献标志码: A

文章编号: 2095-6819(2015)04-0338-05

doi: 10.13254/j.jare.2015.0071

Utilization Potential of Cultivated Land in Manas River Basin, China

ZHANG Li, SHENG Jian-dong, JIANG Ping-an

(College of Grassland and Environmental Sciences of Xinjiang Agricultural University, Xinjiang Key Laboratory of Soil and Plant Ecological Processes, Urumqi 830052, China)

Abstract: The quality evaluation of cultivated land is the foundation of the agricultural land use planning. Taking Manasi River Basin as the research object, the experiment was carried out whose data was analyzed with the fuzzy mathematics method. The land-use potential evaluation model was constructed based on soil organic matter, available nitrogen, available phosphorus, available potassium, pH value, total salt content and the depth of groundwater in Manasi desert oasis area. The results indicated the study area was in lack of nitrogen and phosphorus and abundant with potassium. The distribution map of land-use potentiality was made and indicated four grades areas. The secondary and third utilization potential area accounted for 72.67% of the total area, the highest and lowest potential area covered the area of 27.32%. The model and evaluation method can provide theoretical basis for land use and development.

Keywords: cultivated land; potential assessment; Manasi River Basin

土壤是人类生存的重要物质基础。土壤中养分减少、盐分积累能够引起土壤物理和化学性质的改变, 从而导致大部分作物生长环境的退化^[1]。对目前面临的耕地资源减少、耕地质量退化的现象, 单位面积作物产量的提高已经达到了一个很难有大的突破的阶段, 保护和合理开发水、土资源是一项艰巨而意义重大的任务。土壤质量的内涵、质量评价方法、评价指标体系等工作已经成为农业可持续发展研究的热点之一^[2]。刘广明等^[3]、李玲等^[4]对我国南方土壤开展了相

关评价研究, 但处在干旱半干旱区的新疆土壤资源评价研究相对较少。新疆土壤资源丰富, 有着巨大的开发潜力^[5]。同时许多农田也面临着各种退化的威胁^[6], 土壤质量退化也已成为制约玛纳斯河流域水土资源开发利用的主要障碍因子^[7]。因此, 本文以玛纳斯河流域中部绿洲区土壤为研究对象, 以地下水埋深、土壤盐分含量、土壤 pH 值、有机质、速效钾、有效磷、碱解氮为评价指标, 对玛纳斯绿洲区耕地土壤的利用潜力进行了评估, 这将对实现该区土壤资源高效可持续利用具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

玛纳斯河流域中部绿洲区是其农业发展的重要区域, 位于冲洪积扇北部广阔的冲积湖积平原的上

收稿日期: 2015-03-14

基金项目: 新疆草地资源与生态自治区重点实验室项目(XJDX0209-2013); 自治区高校科研计划项目(XJEDU2011S19); 国家自然科学基金(41261057)

作者简介: 张丽(1977—), 女, 河南淅川人, 讲师, 主要从事遥感与GIS的教学及应用研究。E-mail: zhangli0628@163.com

部,是绿洲向荒漠扩展的过渡区域,平均坡降是 2~3/1 000 m 左右,该区远离水源,地下水资源有限。在靠近河道的冲积平原滩地,通常土壤质地较粗,多为沙壤-轻壤,渗水条件比较好,地下水矿化度相对较低,主要分布盐化草甸土和草甸盐土;离河道较远的区域,土壤质地相对较重,多为中壤-重壤,水质较差,矿化度较高,土壤积盐较重,多以潮土、草甸土和盐土为主,另有部分风沙土,耕作层土壤肥力较高^[8]。地理位置为 43°27'~45°21'N,85°01'~86°32'E,行政区辖新疆兵团农八师、农六师的新湖总场、玛纳斯县、沙湾县和石河子市,该区域的农田绿洲热量资源丰富,光照充足,光热条件组合优势明显,适宜种植棉花、玉米和小麦这 3 大作物。近年来,由于人为不合理垦荒措施的影响,使地下水位变化,在蒸发量远大于降水量气候条件综合作用下,土壤表层盐分增加,研究区受到了土壤次生盐渍化的威胁。

1.2 土壤样品采集

采用 GPS 定位技术在研究区内选择典型样点进行耕层土壤采样,兵团辖区样点间距设置为 5~6 km,地方县域采样点间距为 0.5~1 km,每个样点采用五点混合的方法采样,记录典型采样点种植的作物品种、灌溉方式及保证率、地下水埋深、秸秆还田和盐斑状况等基本信息,采样点合计 1 016 个,如图 1 所示。

1.3 土壤样品分析

采集的样品带回实验室内自然风干后制备土样,参照《土壤农业化学分析方法》进行土壤总盐、pH 值、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、土壤质地的实验室分析测定^[9]。土壤 pH 值用电极法测定;有机质用重铬酸钾氧化-外加热法测定;速效磷用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定;碱解氮用扩散法测定;速效钾用 1 mol·L⁻¹ 乙酸铵浸提-火焰光度计法测定,同时用比重计法测定土壤颗粒组成,干残渣法测定土壤总盐量。

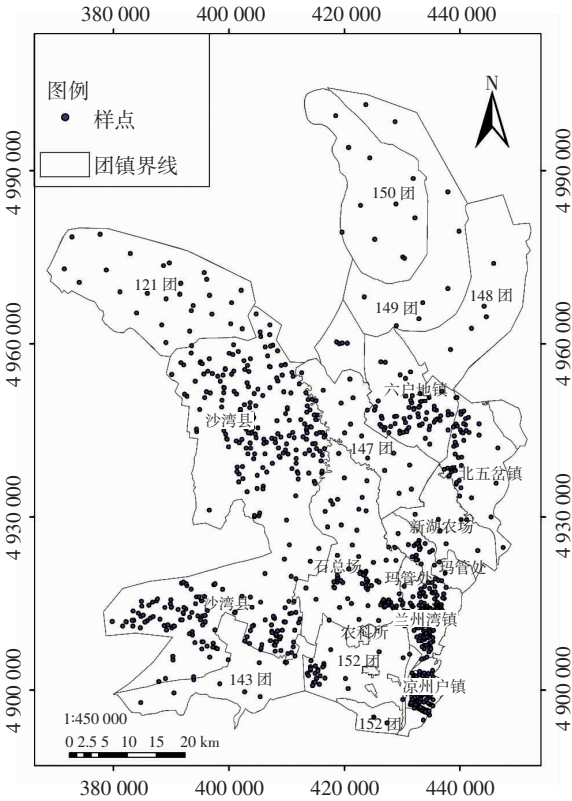


图 1 采样点分布图

Figure 1 Distribution of soil samples

2 结果与分析

通过田间采样调查分析测定了玛纳斯绿洲区农田土壤的一些属性指标,包括土壤剖面的主要理化性质:有效磷、速效钾、有机质、碱解氮、pH 值、总盐含量及地下水埋深。

2.1 玛纳斯绿洲区土壤属性统计特征分析

利用 SPSS 软件对土壤属性指标进行了统计特征分析,见表 1。各调查样点评价指标属性值变化非常大。变幅方面速效钾含量的变幅最大,其各样点间变

表 1 采样点理化性质的统计特征值

Table 1 Statistical feature values of the soil samples

评价指标	最大值 Min	最小值 Max	平均值 Mean	中值 Mid-value	标准差 Standard deviation	变异系数 CV/%
有机质/g·kg ⁻¹	114.5	0.71	10.46	9.4	9.93	94.93
碱解氮/mg·kg ⁻¹	167.5	11	54.94	51.8	21.77	39.63
有效磷/mg·kg ⁻¹	51.14	1.4	13.35	11.69	6.93	51.91
速效钾/mg·kg ⁻¹	963	12	209.75	207	92.53	44.11
pH 值	10.73	7.0	8.22	8.2	0.31	3.77
总盐含量/g·kg ⁻¹	13.66	0.14	1.97	1.5	1.63	82.74
地下水埋深/m	90	0.9	14.31	7	18.72	130.82

化幅度为 $951 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 其次是碱解氮, 各样点值在 $11 \sim 167.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 范围内变动, 土壤 pH 值变幅最小, 仅为 3.73。

根据全国第 2 次土壤普查分级标准来看研究区各剖面属性指标的平均值, 碱解氮含量仅为 $54.94 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 属于“缺”的状态, 有机质和有效磷平均含量是“平”的现状, 有机质处于四级养分水平, 速效钾水平偏高, 为“丰”的状态。研究区质地类型多种多样, 从南部山区向中部绿洲到北部沙漠区, 养分总体表现降低趋势, 全区地下水埋深平均值为 14.31 m 。从变异系数来看, 各评价指标的变异系数相差很大, 地下水埋深的变异系数最大, 为 130.82%, 说明其空间变异性很强; 其次为有机质含量, 变异系数为 94.93%; 研究区内有机质、碱解氮、速效磷、总盐等属于中等变异, 而土壤 pH 值的变异系数最小, 仅为 3.77%, 说明土壤 pH 值空间变异性很弱。该区域土壤养分含量整体上属于缺氮少磷丰钾状况。

2.2 研究区耕地利用潜力评估

为了获得新疆玛纳斯绿洲区耕地利用潜力的分布规律, 采用模糊数学综合评判法构建耕地利用潜力评估模型, 旨在指导当地政府及农民采取相应措施提高土壤生产力水平, 改善农业生态系统。

2.2.1 模型构建

耕地利用潜力评估评价因子的选择十分重要, 一方面需要反映土壤肥力高低的养分指标, 另一方面也要考虑导致土壤盐渍化的相关指标。评价土壤常用的肥力指标主要包括土壤有机质以及各种速效养分、总盐及土壤 pH 值等。土壤中有有机质含量越高, 土壤肥力愈高, 速效钾、有效磷和碱解氮是植物生长最主要的养分要素, 因此, 有机质、碱解氮、速效钾和有效磷在一定程度上决定着耕地利用潜力的高低; 这些因子与土壤质量退化呈正相关, 土壤这 4 项指标越高, 耕地利用潜力就越大。土壤的 pH 值反映了土壤的酸碱特征, 往往北疆 pH 值较高, 属于碱性土壤, 抑制作物的正常生长; 而土壤总盐含量是盐渍化风险的最重要指标之一, 总盐含量高, 该土壤的利用潜力也越低, pH 值、盐分和土壤的利用潜力呈负相关关系。另外, 在进行耕地利用潜力评估中发现, 地下水埋深也深刻地影响土体中盐分的运移。地下水埋深决定着表层土壤水盐的分配和运移, 并影响土壤盐渍化的发生和演变。当然, 诸多因素并不是独立存在, 相互间存在着复杂的交互作用。综合考虑研究区土壤资源状况, 结合各因子对耕地利用潜力的影响, 选用土壤速效养分

(碱解氮、有效磷、速效钾)、有机质含量、土壤 pH 值、地下水埋深及土壤总盐含量作为进行玛纳斯河流域耕地利用潜力评价指标。采用模糊数学综合评判法构建耕地利用潜力评估模型。

模糊综合评价法是指利用模糊理论根据起制约作用的多因素分析, 对事物给出总体评价的方法。根据模糊数学中的加乘法原则计算耕地利用潜力综合评价价值 F 的计算式如下:

$$F = \sum (q_i \times w_i)$$

式中, w_i 是第 i 项耕地利用潜力评价指标的权重系数, 利用层次分析法^[10-11]计算各评价指标的权重如表 2 所示; q_i 是第 i 项耕地利用潜力评价指标的隶属度值, 由专家经验确定地下水埋深、总盐含量与土壤 pH 值作为耕地利用潜力评价模型中的负相关指标, 符合隶属度计算的 Z 型函数; 速效钾、有效磷、碱解氮和有机质含量作为与耕地利用潜力成正相关关系的指标, 并利用 S 型函数进行其隶属度的计算, 结果如表 3 所示。 F 值越小, 表明耕地利用潜力越大, 反之, 则利用潜力越小。各评价因子的隶属度值和权重系数决定耕地利用潜力综合评价值。

表 2 土壤利用潜力评价指标和权重

Table 2 Index and weights for soil utilization potential evaluation

一级指标	二级指标	二级权重	综合权重
养分条件	有机质	0.445 1	0.150
	碱解氮	0.157 3	0.053
	有效磷	0.243 3	0.082
	速效钾	0.154 3	0.052
理化性状	总盐	0.607 8	0.403
	pH 值	0.140 3	0.093
	地下水埋深	0.251 9	0.167

根据研究区耕地利用潜力综合指数散点图, 考虑耕地利用潜力分级的实用性, 将研究区耕地利用潜力分为 4 级: 综合评价值 $F \leq 0.4$ 为高潜力; F 值为 $0.4 \sim 0.5$, 属中高潜力; F 值在 $0.5 \sim 0.6$ 为中潜力; $F \geq 0.6$ 为低潜力水平。

2.2.2 耕地利用潜力评价

应用构建出的耕地利用潜力评估模型, 以有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、pH 值、总盐、地下水位等为评价指标, 对玛纳斯河流域中部绿洲区耕地利用潜力进行评价。以田间采样数据为耕地利用潜力评估的指标数据, 利用 ArcGIS 软件进行图件的栅格化处理与计算, 最终实现区域耕地利用潜力的定量评估并成

表 3 隶属函数的拐点
Table 3 Inflection point of membership function

参评指标	函数类型	函数模型	拐点 a_1	拐点 a_2
有机质/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	Z	$f=\begin{cases} 0.1 & X\leq a_1 \\ 0.1+0.9\times(X-a_1)/(a_2-a_1) & a_1<X<a_2 \\ 1.0 & X\geq a_2 \end{cases}$	3.5	22
碱解氮/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	Z		28	80
有效磷/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	Z		5	20
速效钾/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	Z		50	200
pH 值	S	$f=\begin{cases} 1.0 & X\leq a_1 \\ 1.0-0.9\times(X-a_1)/(a_2-a_1) & a_1<X<a_2 \\ 0.1 & X\geq a_2 \end{cases}$	8.4	9.4
总盐/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	S		0.88	9
地下水埋深/m	S		3	30

图,见表 4 和图 2。
研究区总面积为 4 961.91 km²。由图 2 可知,玛纳斯绿洲区耕地存在不同程度的利用潜力,且整体呈现出由绿洲中部向南向北耕地利用潜力逐渐降低的规律性,与该区域绿洲开发水平密切相关;耕地利用潜

表 4 研究区耕地利用潜力面积统计表
Table 4 Cultivated land potential in study area

潜力等级	高潜力	中高潜力	中潜力	低潜力
面积/ km^2	471.98	1 385.55	2 220.52	883.86
比例/%	9.51	27.92	44.75	17.81

力在研究区南部呈冲积扇形分布,高潜力利用区分布在玛纳斯流域中部绿洲中心区,绿洲内部存在斑块状的高潜力和中高潜力的利用区;南部山区和北部沙漠边缘利用潜力很低,面积达 883.86 km²,与该地区的地貌及土壤类型分布规律相关。由表 4 和图 2 可以看出,玛纳斯典型绿洲区耕地利用潜力以中潜力级为主,占研究区总面积的 44.75%,包括玛纳斯河流域中下游的大部分农牧团场及乡镇;中高利用潜力区面积为 1 385.55 km²,占总调查面积的 27.92%,主要分布于沙湾县、石河子市和新湖农场等开发较早的农业区;低潜力的分布面积较小,面积达 883.86 km²,主要分布于南部山区 152 团、143 团和北部沙漠边缘的 150 团、149 团局部地区;高潜力区主要分布在石河子农科所、六户地镇和沙湾县南部的局部区域,仅占研究区域的 9.51%。总体上看,具有中等利用潜力以上的面积占总面积的 82.19%。

3 讨论

影响土壤利用潜力的因素很多,在本研究区内主要表现因素是绿洲开发时间水平、地下水位及地貌因子,因此选择最为关键的 7 个指标组成评价体系。耕地利用潜力高区主要分布在沙湾县、石河子市和六户地镇 471.98 km² 的范围内,这可能与该地区较低的地下水位和氮磷钾等肥力要素含量高有关,绿洲中部主要以中潜力和中高利用潜力为主,占研究区总面积的 72.67%,扇形内部存在个别地区斑块状的其他程度的利用潜力区,这与地方农民自主的种植管理模式关系密切。土壤利用潜力最低区主要分布在南部山区的 152 团和 143 团大部分地区,其利用潜力低与其地貌直接相关,绿洲北部扇缘的 150 团和 149 团利用潜力也很低,其限制因子一方面由于其处在玛纳斯河流域最下游地区,多年来可利用的地表水资源较少,大部分以打深层机井抽取地下水来灌溉农田,地下水中的

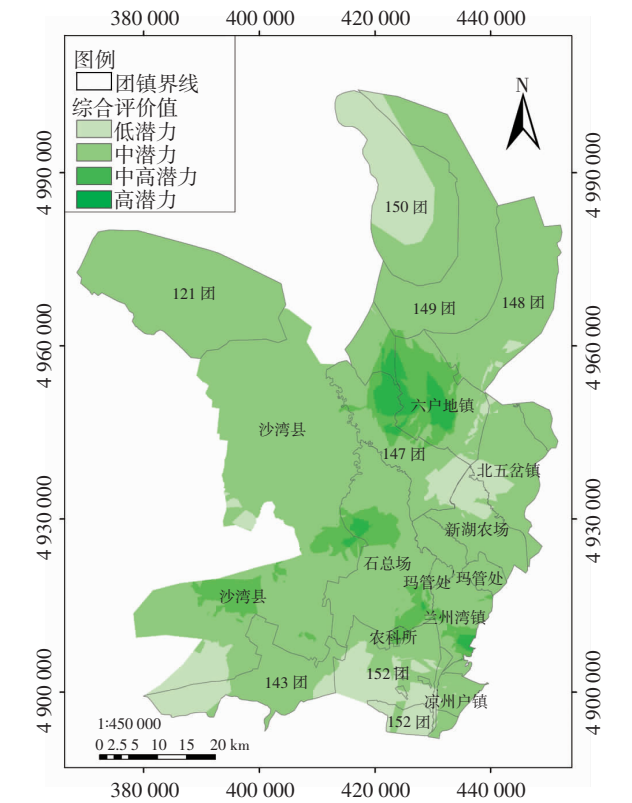


图 2 玛纳斯河流域绿洲区耕地利用潜力等级图
Figure 2 The grade map of cultivated land potential in the Manas Basin

大量可溶盐分被带至地表积累,另一方面,处于绿洲边缘区还受到荒漠化、沙漠化的威胁,土壤肥力水平极低,从而导致该区成为极低利用潜力区等。评价结果与前人研究结果对比可见:有的地方经过治理土壤退化程度降低、面积减少了,而同时也有些地方由于水土资源的不合理利用,盐渍化的程度和面积有所发展^[12]。这一减一增,从总体上估计,玛纳斯河流域内各灌区土壤退化面积总体变化不大。个别地区由于大量超采地下水,造成地下水水位急剧下降,土壤盐渍化问题确实是大大减轻了,但由于地面干燥,导致植被死亡,又产生了土壤沙化的问题。因此,今后玛纳斯河流域土壤的开发利用必须充分考虑水源、地形等因素,加以综合利用和防治。

4 结论

(1)通过玛纳斯河流域典型农田采样和室内实验数据的分析,得到该区域土壤养分含量整体上属于缺氮、少磷、丰钾状况。

(2)结合地下水埋深和土壤调查数据,选择土壤碱解氮、有效磷、速效钾、有机质含量、土壤 pH 值、总盐含量、地下水埋深 7 个指标为评价体系,采用模糊数学方法,构建了耕地利用潜力评估模型,该模型可应用于干旱半干旱地区流域土壤质量的评估。

(3)玛纳斯河流域耕地利用潜力结果为:研究区耕地以中潜力(44.75%)和中高潜力(27.92%)为主,高潜力(9.51%)和低潜力(17.81%)面积较少,占研究区耕地总面积的 27.32%。这些数据可为该区土壤的综合治理、水土资源的开发利用提供一定的理论依据。

参考文献:

- [1] 王遵亲. 中国盐渍土[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 325-344.
WANG Zun-qin. Salt-affected soil in China[M]. Beijing: Science Press, 1993: 325-344. (in Chinese)
- [2] 王纪杰, 陈昌仁, 俞元春, 等. 不同模型在土壤质量评价中的应用研究进展[J]. 贵州农业科学, 2011, 39(7): 115-118.
WANG Ji-jie, CHEN Chang-ren, YU Yuan-chun, et al. Advances in application of models in soil quality evaluation[J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2011, 39(7): 115-118. (in Chinese)
- [3] 刘广明, 吕真真, 杨劲松, 等. 基于主成分分析及 GIS 的环渤海区域土壤质量评价[J]. 排灌机械工程学, 2015, 33(1): 67-72.
LIU Guang-ming, LÜ Zhen-zhen, YANG Jin-song, et al. Quality evaluation of soil in land along Bohai Sea Coast by principal component analysis and GIS[J]. *Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering*, 2015, 33(1): 67-72. (in Chinese)
- [4] 李玲, 张云霞, 盛奇, 等. 基于农业地质调查成果的开封市土壤质量综合评价[J]. 地域研究与开发, 2015, 34(1): 127-131.
LI Ling, ZHANG Yun-xia, SHENG Qi, et al. Soil quality integrate evaluation based on agricultural geological survey results in Kaifeng City[J]. *Areal Research and Development*, 2015, 34(1): 127-131. (in Chinese)
- [5] 张体彬, 康跃虎, 胡伟, 等. 宁夏银北地区龟裂碱土盐分特征研究[J]. 土壤, 2012, 44(6): 1001-1008.
ZHANG Ti-bin, KANG Yue-hu, HU Wei, et al. Study on salinity characteristics of takyric solonetz in Ningxia Yinbei region[J]. *Soils*, 2012, 44(6): 1001-1008. (in Chinese)
- [6] 王宏, 塔西甫拉提·特依拜, 谢霞, 等. 艾比湖区域土壤盐渍化时空演变研究[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(12): 137-144.
WANG Hong, Tashpolat·Tiyip, XIE Xia, et al. Soil salinization spatial-temporal evolution in Ebinur Lake region[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2011, 25(12): 137-144. (in Chinese)
- [7] 汪世国, 熊英. 玛纳斯河流域生态耗水平衡分析[J]. 人民黄河, 2011, 33(8): 99-100.
WANG Shi-guo, XIONG Ying. Analysis of ecological water balance of Manasi River Basin[J]. *Yellow River*, 2011, 33(8): 99-100. (in Chinese)
- [8] 赖先齐, 刘建国, 张凤华, 等. 玛纳斯河流域绿洲农业弃耕地生态重建的研究[J]. 石河子大学学报, 2004, 22(1): 27-30.
LAI Xian-qi, LIU Jian-guo, ZHANG Feng-hua, et al. Studies on ecosystem reconstruction of agriculture wasteland in oasis of Manasi River[J]. *Journal of Shihezi University*, 2004, 22(1): 27-30. (in Chinese)
- [9] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 85-195.
LU Ru-kun. Soil agricultural chemistry analysis method[M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1999: 85-195. (in Chinese)
- [10] 许树柏. 层次分析法原理[M]. 天津: 天津大学出版社, 1988.
XU Shu-bo. The principle of analytic hierarchy process[M]. Tianjin: Tianjin University Press, 1988. (in Chinese)
- [11] 王雪梅, 柴仲平, 热依拉·阿里木江. 基于 PSR 模型的艾比湖流域生态安全评价研究[J]. 农业资源与环境学报, 2013, 30(5): 86-90.
WANG Xue-mei, CHAI Zhong-ping, Reyila·Almujiang. Ecological security evaluation of the Ebinur Lake Basin based on the PSR model[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2013, 30(5): 86-90. (in Chinese)
- [12] 谷海斌, 盛建东, 武红旗, 等. 灌区尺度土壤盐渍化调查与评价[J]. 新疆农业大学学报, 2010, 33(2): 95-100.
GU Hai-bin, SHENG Jian-dong, WU Hong-qi, et al. Survey and evaluation on soil salinization of irrigation area scale[J]. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 2010, 33(2): 95-100. (in Chinese)