

· 综合研究 ·

# 基于模糊综合评判法的新疆典型干旱区土壤盐漠退化风险评价

刘广明, 杨劲松<sup>\*</sup>, 何丽丹, 余世鹏, 姚荣江, 吕真真

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

**摘 要:** 针对全球性重大环境问题之一的土壤盐漠化, 以新疆准噶尔盆地南缘典型盐漠带为例, 以土壤盐分含量、地下水埋深、黏粒含量、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、土壤 pH 值等作为评价指标, 应用模糊综合评判法构建了新疆典型干旱区土壤盐漠退化风险评价方法, 并对研究区土壤盐漠退化风险进行综合评价。研究结果表明: 研究区存在不同等级的土壤盐漠退化风险, 且整体呈现出由南向北退化风险逐渐增强的规律性; 土壤盐漠退化以中度、高度、中高度风险为主, 分别占研究区总面积的 46.56%、23.01% 和 20.95%, 低风险和极高风险的分布面积小。该评价成果对于指导当地农业生产、合理利用土地资源具有一定的理论价值。

**关键词:** 模糊逻辑, 风险评价, 盐碱化, 沙漠化, 准噶尔盆地

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.03.001

中图分类号: F301

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-03-0001-05

刘广明, 杨劲松, 何丽丹, 等. 基于模糊综合评判法的新疆典型干旱区土壤盐漠退化风险评价[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 1-5.

Liu Guangming, Yang Jingsong, He Lidan, et al. Fuzzy comprehensive evaluation based assessment of soil alkaline desertification in typical arid area of Xinjiang[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(3): 1-5. (in Chinese with English abstract)

## 0 引 言

土壤盐漠退化是危及人类生存和农业持续发展的重要问题, 已引起世界各国的日益关注<sup>[1-4]</sup>。中国是世界上受盐漠化危害最为严重的国家之一, 土地盐漠化已给当地的生态环境、资源、社会经济发展及人民群众生产生活等造成严重影响, 甚至危及到区域内居民的生存, 成为制约我国广大盐漠化地区可持续发展的重要因素。因此, 对现有退化土壤做出科学、客观的评价是开展土地盐漠化防治的一项重要的工作, 而建立科学合理的土壤退化评价指标体系又是土壤退化评价的基础<sup>[5-6]</sup>。在评价方法上, 较成熟的有评分法、分等定级法<sup>[7]</sup>、综合指数法<sup>[8-10]</sup>、模糊评判法<sup>[11-12]</sup>、聚类分析法<sup>[9]</sup>和灰色关联分析法<sup>[13-16]</sup>等。然而就国内来看, 涉及新疆准噶尔盆地土壤盐漠退化风险评价的研究很少。本研究应用模糊综合评判法成功构建了新疆典型干旱区土壤盐漠退化风险评价方法并对研究区土壤盐漠退化状况进行了风险评价, 旨在为指导当地农业生产, 合理、高效利用土地资源提供

一定的科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区域位于新疆准噶尔盆地南缘典型盐漠带, 东起玛纳斯河, 西迄 144—122 团一线, 南自石河子, 北至 150 团。准噶尔盆地南缘地理位置为东经 80°55'49"~90°12', 北纬 43°20'20"~47°04'。这里地形分带明显, 沿天山北麓是连成一片的冲积洪积扇带, 洪积扇上部以砾石为主, 下部边缘为细黄土状物质; 向北是古尔班通古特沙漠。区域处于极端干旱的荒漠气候区, 中温带, 气候特点是冬冷夏热, 昼夜温差大, 晴日多, 云量少, 光照充足, 热量丰富, 降水稀少且分布不均, 蒸发强烈, 空气干燥, 灾害性气候多。≥10℃的有效积温在 2 800~3 700℃之间, 年平均降水量为 146.5 mm, 年平均蒸发量在 1 600~2 300 mm 之间, 无霜期多年平均为 160~174 d。主要土壤类型为灰漠土, 个别地方有栗钙土、棕钙土和草甸土。植被以小乔木盐漠植被、灌木和半灌木盐漠植被为主, 主要植物有梭梭、怪柳、琵琶柴、盐穗木、沙拐枣、盐爪爪、碱蓬、长叶盐节木、二穗麻黄、东方旱麦草、胡杨、芦苇等。

### 1.2 样品采集及分析

2009 年 4 月在研究区综合考虑土壤盐渍程度、沙化特点、植被类型及覆盖度等特征, 以差分 GPS 定位系统进行精确定位, 选取代表性点位进行土壤性状要素调研测定和样品采集。主要调研采样项目为植被覆盖度、植被类型、土壤黏粒含量、地下水埋深、灌溉水源及其电

收稿日期: 2010-11-06 修订日期: 2011-01-23

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903001); 国家科技支撑计划课题(2007BAC17B04); 新疆自治区科技攻关项目(200733144); 国家自然科学基金项目(40771097)

作者简介: 刘广明, 博士, 副研究员, 主要从事土壤盐渍化防控管理与盐渍土资源利用方面的研究。南京 中国科学院南京土壤研究所, 210008。

Email: gmlu@issas.ac.cn

\*通信作者: 杨劲松, 研究员, 博士研究生导师, 主要研究领域为水土资源管理与利用。南京 中国科学院南京土壤研究所, 210008。

Email: jsyang@issas.ac.cn

导率等。以 5 点采样法布局进行土样采集。采集后的样品带回实验室内自然风干,磨碎,过 2 mm 筛后备用。所有土样均制备 1:5 土水比浸提液,并测定其电导率 EC<sub>1:5</sub>、土壤 pH 值、黏粒含量和钠、钾、钙、镁、氯、硫酸根、碳酸根、碳酸氢根等盐分离子含量,以及各层土样的有机质、碱解氮、有效磷、速效钾等养分含量<sup>[17]</sup>。

1.3 模型构建原理与方法

由于影响土壤盐漠退化风险的不确定性因素很多,具有模糊性,而且要同时综合考虑众多因素,各因素的重要程度又不相同,使得问题比较复杂。模糊综合评价法是利用模糊理论对受到多因素制约的事物或对象作出一个总体评价的方法,能够完满地解决多因素导致的不确定性问题。本研究应用模糊综合评判法构建土壤盐漠退化风险评价模型。根据模糊数学中的加乘法原则,土壤盐漠化风险综合评价指标值  $F$  一般采用下列公式来计算

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

式中,  $q_i$  为第  $i$  项土壤盐漠化风险评价指标的隶属度值,  $w_i$  为第  $i$  项土壤盐漠化风险评价指标的权重系数。 $F$  取值为 0.1~1 之间,其值越高,表明土壤盐漠化风险越大。

2 结果与分析

2.1 评价指标的选择

在土壤盐漠退化风险评价指标的选择上,既要考虑

反映土壤肥力的养分因素,也要考虑导致土壤盐漠退化的其他物理化学限制因素。在土壤盐漠退化风险灰色预警系统里,有的因素起主导作用,有的因素是次要因素。土壤盐漠退化风险与土壤盐分含量呈正相关,与土壤有机质呈负相关,而与土壤黏粒含量的关系较为复杂:如在黏粒含量较低时,黏粒含量与土壤盐漠退化呈负相关,在黏粒含量较高时,因黏粒含量增大促进土壤盐化而与土壤盐漠退化风险呈正相关。土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾是土壤主要的养分要素,土壤养分含量的高低决定着植被覆盖度的大小从而一定程度上决定土壤盐漠退化风险;pH 值反映了土壤的酸碱特征,影响地表植物的生长;存在盐漠退化风险区的土壤黏粒含量反映了土壤的肥力程度和质地组成特征,并一定程度上决定盐分运移的速度;土壤全盐量则是土壤盐漠退化的最直观和最主导作用要素;地下水埋深决定着地下水能否补给到表层土壤,并影响土壤盐渍化的发生和演变。此外,这些因素之间往往存在着交互作用。综合考虑当地盐漠带土壤资源特征、各要素对土壤盐漠退化的作用机理以及当地社会经济水平等因素,本研究选择了土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、pH 值、黏粒含量、全盐量及地下水埋深等作为评价指标构建新疆典型干旱区土壤盐漠退化风险预警模型。各评价指标的统计特征值如表 1 所示。

表 1 典型剖面评价指标的统计特征值  
Table 1 Statistical feature values of assessment indexes of typical profiles

| 评价指标  | 最大值    | 最小值   | 平均值    | 中值     | 标准差   | 变异系数/% | 偏度   | 峰值   |
|-------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|------|------|
| 有机质   | 50.71  | 1.07  | 11.49  | 8.91   | 10.08 | 87.73  | 2.47 | 8.71 |
| 碱解氮   | 142.71 | 22.08 | 45.85  | 37.83  | 26.85 | 58.56  | 2.19 | 7.16 |
| 有效磷   | 12.94  | 6.18  | 8.04   | 7.57   | 1.4   | 17.41  | 1.33 | 5.07 |
| 速效钾   | 460.39 | 53.18 | 181.16 | 167.87 | 80.5  | 44.36  | 1.17 | 5.18 |
| pH 值  | 10.73  | 7.66  | 8.83   | 8.76   | 0.52  | 5.89   | 1.19 | 5.82 |
| 黏粒含量  | 52.68  | 5.64  | 23.37  | 21.64  | 10.21 | 43.69  | 0.85 | 3.35 |
| 全盐含量  | 13.66  | 0.46  | 3.04   | 1.68   | 3.25  | 106.91 | 1.87 | 5.56 |
| 地下水埋深 | 60     | 1     | 10.77  | 8.00   | 11.89 | 110.40 | 2.25 | 8.52 |

由表 1 可知,各典型剖面评价指标特征值表现出明显的差异性。从变幅来看,速效钾含量在 53.18~460.39 mg/kg 之间,变化幅度高达 407.21 mg/kg,变幅最大;其次为碱解氮,变幅为 120.63 mg/kg。从平均值来看,有机质平均含量为 11.49 g/kg,根据全国第二次土壤普查分级标准,有机质含量很低,属于五级养分标准;碱解氮平均含量为 45.85 mg/kg,也属于五级标准;有效磷和速效钾平均含量分别为 8.04 和 181.16 mg/kg,养分等级标准分别为四级和二级。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 110.40%;其次为全盐含量,变异系数为 106.91;土壤 pH 值的变异系数很小,仅为 5.89%。

总体而言,研究区典型剖面各评价指标特征参数之间有明显的差异性,速效钾变幅最大,pH 值变幅最小;

从平均值来看,土壤有机质和碱解氮含量很低,有效磷含量也较低,速效钾含量较高,该区域土壤养分含量整体上属于缺氮少磷富钾状态;由变异系数来看,地下水埋深和全盐含量表现出了很高的变异强度。

2.2 隶属度的计算

在模糊综合评价中,是以隶属度来刻画客观事物中的模糊界线,而隶属度可用隶属度函数来表达。隶属度函数是模糊数学中的一个重要概念,由美国学者 Zaden 在 1965 年首次提出。建立各种评价指标的隶属度函数,计算隶属度值,以表明各项指标在系统中的状态。根据因子对结果的效应曲线将隶属度函数分为 2 种类型(抛物线型和生长指数型),并将曲线型函数转化为相应的折线型函数,以利于计算。在计算隶属度时,隶属函数各阈值的确定非常重要,这直接关系到评价结果的准确性,

目前主要根据长期生产实践的总结和专家评定来确定。

本研究根据各评价指标与土壤盐漠化风险的正负相关关系确定各个单项指标对应的隶属度函数公式。综合考虑盐漠带土壤理化性质及养分含量状况等因素，与土壤盐漠化风险呈正相关的评价指标：pH 值、全盐含量、地下水埋深；与土壤盐漠化风险呈负相关的指标：有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、黏粒含量。

正相关关系隶属度函数（S 型函数）表达式如下

$$f = \begin{cases} 0.1 & X \leq a_1 \\ 0.1 + 0.9 \times (X - a_1) / (a_2 - a_1) & a_1 < X < a_2 \\ 1.0 & X \geq a_2 \end{cases} \quad (1)$$

负相关关系隶属度函数（Z 型函数）表达式如下

$$f = \begin{cases} 1.0 & X \leq a_1 \\ 1.0 - 0.9 \times (X - a_1) / (a_2 - a_1) & a_1 < X < a_2 \\ 0.1 & X \geq a_2 \end{cases} \quad (2)$$

在计算隶属度时，隶属函数各阈值即拐点  $a_1$ 、 $a_2$  的确定是关键，本研究参考相关文献并结合新疆准噶尔盆地南缘典型盐漠带土壤特征情况，确定各单项评价指标的拐点（见表 2）。

表 2 隶属函数的拐点

| Table 2 Inflection point of membership function |      |          |          |
|---|------|----------|----------|
| 参评指标  | 函数模型 | 拐点 $a_1$ | 拐点 $a_2$ |
| 有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )                       | Z    | 3.5      | 22       |
| 碱解氮/(mg·kg <sup>-1</sup> )                      | Z    | 28       | 80       |
| 有效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )                      | Z    | 5        | 20       |
| 速效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> )                      | Z    | 50       | 200      |
| pH 值  | S    | 8.4      | 9.4      |
| 黏粒含量/(g·kg <sup>-1</sup> )                      | Z    | 13       | 36.5     |
| 全盐/(g·kg <sup>-1</sup> )                        | S    | 0.88     | 9        |
| 地下水埋深/m   | S    | 3        | 30       |

根据正负相关关系将各单项评价指标的数值代入相应隶属函数中计算可得隶属度。

2.2 权重的计算

权重  $w_i$  是指评价因子对评价对象的影响程度或贡献率。各单项指标在土壤盐漠化风险评价中的作用和地位不同，对土壤盐漠化风险的影响程度也不一样。确定各单项指标的权重系数是土壤盐漠化风险综合评价的关键问题之一，也是土壤退化评价的瓶颈。以往的评价大多凭经验人为确定权重或将其视为同等重要，评价结果的主观性比较强。目前确定权重系数的方法主要有经验打分法、层次分析法、多元统计中的主成分分析法、回归分析法或相关系数法。本研究采用层次分析法确定各评价指标的权重系数。

根据各单项评价指标的物理意义，将其分为两大类：土壤养分因素、土壤理化性状因素。其中土壤养分因素包括：有机质、碱解氮、有效磷、速效钾；土壤理化性状因素包括：全盐含量、黏粒含量、土壤 pH、地下水埋深。各参评因素的权重采用层次分析法确定，各评价指标及其权重见表 3。

表 3 土壤盐漠退化评价指标体系及其权重

| Table 3 Index system and weights for soil alkaline desertification evaluation |       |       |        |        |
|---|-------|-------|--------|--------|
| 一级指标  | 一级权重  | 二级指标  | 二级权重   | 综合权重   |
| 养分条件  | 0.337 | 有机质   | 0.4451 | 0.150  |
|   |       | 碱解氮   | 0.1573 | 0.053  |
|   |       | 有效磷   | 0.2433 | 0.082  |
|   |       | 速效钾   | 0.1543 | 0.052  |
| 理化性状  | 0.663 | 全盐    | 0.5158 | 0.342  |
|   |       | 黏粒含量  | 0.2760 | 0.1830 |
|   |       | pH 值  | 0.0483 | 0.032  |
|   |       | 地下水埋深 | 0.1599 | 0.106  |

2.4 土壤生态退化风险评价

将各单项评价指标的隶属度值  $q_i$ 、权重系数  $w_i$  代入土壤盐漠化风险综合评价指标公式

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

计算得出各典型剖面的综合风险值如表 4 所示。

表 4 典型剖面土壤盐漠化综合风险评价值

| Table 4 Comprehensive risk values of alkaline desertification of typical profiles |           |        |           |        |           |
|---|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
| 编号  | 综合风险值 $F$ | 编号     | 综合风险值 $F$ | 编号     | 综合风险值 $F$ |
| SHZ-1   | 0.27      | SHZ-16 | 0.47      | SHZ-31 | 0.45      |
| SHZ-2   | 0.34      | SHZ-17 | 0.40      | SHZ-32 | 0.64      |
| SHZ-3   | 0.43      | SHZ-18 | 0.56      | SHZ-33 | 0.49      |
| SHZ-4   | 0.31      | SHZ-19 | 0.29      | SHZ-34 | 0.50      |
| SHZ-5   | 0.66      | SHZ-20 | 0.41      | SHZ-35 | 0.62      |
| SHZ-6   | 0.64      | SHZ-21 | 0.61      | SHZ-36 | 0.57      |
| SHZ-7   | 0.68      | SHZ-22 | 0.53      | SHZ-37 | 0.40      |
| SHZ-8   | 0.69      | SHZ-23 | 0.56      | SHZ-38 | 0.78      |
| SHZ-9   | 0.82      | SHZ-24 | 0.66      | SHZ-39 | 0.42      |
| SHZ-10  | 0.26      | SHZ-25 | 0.65      | SHZ-40 | 0.75      |
| SHZ-11  | 0.48      | SHZ-26 | 0.41      | SHZ-41 | 0.41      |
| SHZ-12  | 0.24      | SHZ-27 | 0.40      | SHZ-42 | 0.50      |
| SHZ-13  | 0.26      | SHZ-28 | 0.51      | SHZ-43 | 0.41      |
| SHZ-14  | 0.86      | SHZ-29 | 0.34      | SHZ-44 | 0.39      |
| SHZ-15  | 0.53      | SHZ-30 | 0.41      |        |           |

根据土壤盐漠退化风险综合值分布特点，考虑土壤盐漠退化风险分级的实用性，将研究区域的土壤退化风险分为 6 级： $F < 0.3$ ，低风险； $0.3 \leq F < 0.4$ ，中低风险； $0.4 \leq F < 0.5$ ，中度风险； $0.5 \leq F < 0.6$ ，中高风险； $0.6 \leq F < 0.7$ ，高风险； $F \geq 0.7$ ，极高风险。由表 5 可知，在 44 个样地中，属于低风险的有 5 个样地；属于中低风险的有 5 个样地；中度风险样地有 14 个；中高风险样地有 7 个；高度风险样地有 9 个；极高风险样地有 4 个。由此可知，研究区域土壤盐漠退化以中度和高度、中高度风险为主，低度、中低度和极高度风险样地相对较少。

利用 ArcGIS9.2 对土壤盐漠退化风险综合评价值进行 Kriging 插值，得到研究区域土壤盐漠退化风险等级图及各风险等级面积比例图（分别见图 1、图 2）。

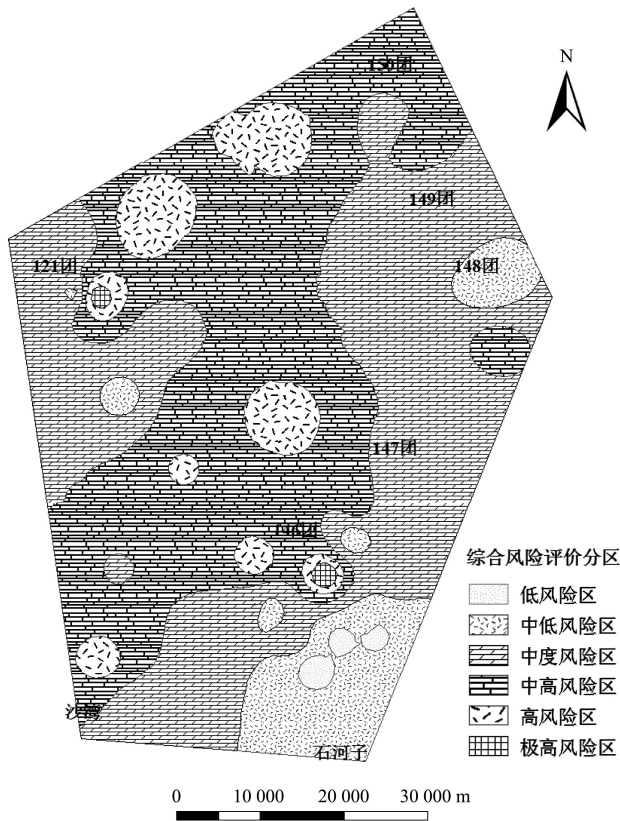


图1 准噶尔盆地南缘典型区土壤盐漠退化风险等级图  
Fig.1 Ranks of soil alkaline desertification of typical zone in southern Junggar Basin

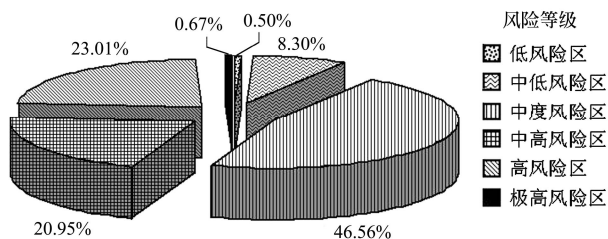


图2 准噶尔盆地南缘典型地带盐漠退化风险等级面积比例  
Fig.2 Area ratio of soil alkaline desertification ranks of typical zone in southern Junggar Basin

研究区总面积为  $3\,981.79\text{ km}^2$ 。由图1可知,准噶尔盆地南缘典型盐漠带土壤存在不同程度的盐漠退化风险,且呈现出由南向北土壤退化风险逐渐增强的规律性,总体上与该区域绿洲分布规律相似;土壤盐漠退化风险总体上呈冲积扇形分布,扇形内部存在蜂窝状和梁窝状分布的其它等级风险,与该地区的地貌及土壤质地类型分布规律极为相似。由图2可以看出,准噶尔盆地南缘土壤盐漠退化以中度、高度、中高度风险为主,分别占研究区总面积的46.56%、23.01%和20.95%,累计面积达到总面积的90%以上,低风险和极高风险的分布面积很少,仅占研究区域的0.5%和0.67%。综合可知,准噶尔盆地南缘土壤盐漠退化风险较高,必须重视当地土壤盐漠退化问题并及时采取有效措施改善土壤生态环境,提高土壤生产力。

### 3 结 论

本研究以新疆准噶尔盆地南缘典型盐漠带土壤为研究对象,以土壤盐分含量、地下水埋深、黏粒含量、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、土壤pH值等主要土壤理化性状和养分要素作为评价指标,采用模糊综合评判法成功构建出新疆准噶尔盆地南缘土壤盐漠退化风险评价方法。

对研究区进行的土壤盐漠退化风险评价表明:研究区存在不同等级的土壤退化风险,且整体呈现出由南向北退化风险逐渐增强的规律性,与当地绿洲分布规律相似;土壤盐漠退化风险总体呈冲积扇形分布,扇形内部存在蜂窝状和梁窝状分布的其它等级风险;土壤盐漠退化以中度、高度、中高度风险为主,分别占研究区总面积的46.56%、23.01%和20.95%,低风险和极高风险的分布面积很小。

#### [参 考 文 献]

- [1] 朱震达. 试论中国北方农牧交错带地区土地整治的可能性和现实性[J]. 地理科学, 1984(3): 197—206.  
Zhu Zhenda. The possibilities and realities on re-management of desertified lands in the inter-distributing areas for agricultural and graziery practices in northern China[J]. Scientia Geographica Sinica, 1984(3): 197—206. (in Chinese with English abstract)
- [2] William E R. An Ecological Economics Perspective on Sustainability and Prospects for Ending Poverty[J]. Population and Environment, 2002, 24(1): 15—46.
- [3] Haque C E. Risk assessment, emergency preparedness and response to Hazards: The case of the 1997 red river valley flood, Canada[J]. Natural Hazards, 2000, 21(2/3): 225—245.
- [4] 何英彬, 唐华俊, 杨鹏, 等. 不同政策情景下荒漠化地区土地耕作适宜性评价[J]. 农业工程学报, 2010, 26(10): 319—324.  
He Yingbin, Tang Huajun, Yang Peng, et al. Suitability evaluation of land cultivation in desertification region with different policies[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(10): 319—324. (in Chinese with English abstract)
- [5] 许志信. 过度放牧与草原环境恶化. 土壤环境变化[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992.
- [6] 罗承平. 中国北方农牧交错带生态环境的脆弱性及其成因分析[J]. 干旱区资源与环境, 1995, 9(1): 1—7.  
Luo Chengping. Ecologically vulnerable characteristics of the farming—pastoral zigzag zone in northern China[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 1995, 9(1): 1—7. (in Chinese with English abstract)
- [7] 王效举, 龚子同. 红壤丘陵小区域不同利用方式下土壤变化的评价和预测[J]. 土壤学报, 1998, 35(1): 135—139.  
Wang Xiaojun, Gong Zitong. Assessment and prediction of soil changes under different land use patterns at a small area lever in red soil hilly region[J]. Acta Pedologica Sinica, 1998, 35(1): 135—139. (in Chinese with English abstract)
- [8] 王效举, 龚子同. 亚热带小区域水平上土壤质量时空变化的定量化评价[J]. 热带亚热带土壤科学, 1996, 5(4): 229—231.

- Wang Xiaojun, Gong Zitong. Quantitative evaluation of soil quality changes in time and space at a small area level in subtropical china[J]. *Tropical and Subtropical Soil Science*, 1996, 5(4): 229–231. (in Chinese with English abstract)
- [9] 许祥明, 刘国彬, 赵允格. 黄土丘陵区侵蚀土壤质量评价[J]. *植物营养与肥料学报*, 2005, 11(3): 285–293.
- Xu Xiangming, Liu Guobin, Zhao Yunge. Quality assessment of erosion soil on hilly Loess Plateau[J]. *Plant Nutrition and Fertilizing Science*, 2005, 11(3): 285–293. (in Chinese with English abstract)
- [10] 万存绪, 张效勇. 模糊数学在土壤质量评价中的应用[J]. *应用科学学报*, 1991, 9(4): 359–365.
- Wan Cunxu, Zhang Xiaoyong. Application of fuzzy mathematics in the appraisal of soil quality[J]. *Journal of Applied Sciences*, 1991, 9(4): 359–365. (in Chinese with English abstract)
- [11] 胡月明, 万洪富, 吴志峰, 等. 基于GIS 的土壤质量模糊变权评价[J]. *土壤学报*, 2001, 38(3): 266–274.
- Hu Yueming, Wan Hongfu, Wu Zhifeng, etc. GIS-based soil quality evaluation with fuzzy variable weight[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2001, 38(3): 266–274. (in Chinese with English abstract)
- [12] 孙波, 赵其国. 红壤退化中的土壤质量评价指标及评价方法[J]. *地理科学进展*, 1999, 18(2): 118–128.
- Sun Bo, Zhao Qiguo. Evaluation indexes and methods of soil quality concerning red soil degradation[J]. *Progress in Geography*, 1999, 18(2): 118–128. (in Chinese with English abstract)
- [13] 马建军, 李青丰, 张树礼. 灰色关联分析在黑岱沟露天煤矿土壤质量评价中的应用[J]. *干旱区资源与环境*, 2007, 21(7): 125–129.
- Ma Jianjun, Li Qingfeng, Zhang Shuli. Application of grey system theory to the reclaimed land soil quality evaluation of Hei-Dai-Gou Opencast Coal Mine[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2007, 21(7): 125–129. (in Chinese with English abstract)
- [14] 王兆林, 杨庆媛, 湛果, 等. 灰色关联度法在稻田土壤质量评价中的应用: 以四川省犍为县为例[J]. *西南师范大学学报: 自然科学版*, 2007, 32(1): 52–56.
- Wang Zhaolin, Yang Qingyuan, Zhan Guo, et al. Application of grey system theory in evaluating paddy field soil quality: A case study of Qianwei County, Sichuan Province[J]. *Journal of Southwest China Normal University: Natural Science Edition*, 2007, 21(7): 52–56. (in Chinese with English abstract)
- [15] 李月芬, 汤洁, 林年丰, 等. 灰色关联度法在草原土壤质量评价中的应用[J]. *吉林农业大学学报*, 2003, 25(5): 551–556.
- Li Yuefen, Tang Jie, Lin Nianfeng, et al. Application of grey system theory in evaluating grassland soil quality[J]. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2003, 25(5): 551–556. (in Chinese with English abstract)
- [16] 武月荣, 苏根成. 灰色关联度法在蒙古高原北部草原土壤质量评价中的应用[J]. *内蒙古师范大学学报: 自然科学汉文版*, 2008, 37(6): 775–779.
- Wu Yuerong, Su Gencheng. Application of grey system theory to evaluating grassland soil qualities in north Mongolian Plateau[J]. *Journal of Inner Mongolia Normal University: Natural Science Edition*, 2008, 37(6): 775–779. (in Chinese with English abstract)
- [17] 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.

## Fuzzy comprehensive evaluation based assessment of soil alkaline desertification in typical arid area of Xinjiang

Liu Guangming, Yang Jingsong<sup>\*</sup>, He Lidan, Yu Shipeng, Yao Rongjiang, Lü Zhenzhen

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

**Abstract:** Taking soil degradation into account, Fuzzy comprehensive evaluation was adopted to construct prediction model of soil alkaline desertification in Xinjiang, and southern Junggar Basin was chosen as study area. Soil salt content, groundwater depth, clay content, organic matter, alkali-hydrolysable nitrogen, rapidly available phosphorus, rapidly available potassium, and pH value, were selected as assessment indexes. Risks of soil degradation were comprehensively assessed according to the prediction model in the study area. The results obtained indicated that there were different ranks of risk that increased from south to north in this area; moderate, high and middle-high risks were major parts and separately took up 46.56%, 23.01% and 20.59% of the total area, at the same time low and sky-high risks occupied very small part. The results of assessment could provide theoretical value on instructing local agricultural production and reasonable utilization of soil resources.

**Key words:** fuzzy logic, risk perception, alkalinity, desertification, Junggar Basin