

# 绿洲土壤水盐耦合关系及景观地球化学特征

王让会<sup>1</sup> 宁虎森<sup>2</sup> 赵振勇<sup>3</sup> 张慧芝<sup>3</sup>

## 摘要

绿洲的气候状况、地形特征、土壤地理特点以及农业耕作与灌溉措施,是影响其景观地球化学特征与土壤水盐关系的重要因素。绿洲土壤水盐关系又与MODS关系密切相关。人类活动也自然成为影响干旱区内陆河流域绿洲农田景观地球化学特征与土壤水盐耦合关系的重要因素。土壤水盐耦合类型盐化土主要以Cl-SO<sub>4</sub>型为主,其次是SO<sub>4</sub>-Cl型。就阳离子地球化学特征来看,多为Ca-Na型和Mg-Na型,其次是Ca-Mg型。根据分析结果,可估算出盐化土壤的盐分组成是以Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>, NaCl为主,特别是NaCl水溶性极强,SO<sub>4</sub>-Cl盐土也就主要分布在地下水埋深浅、矿化度高的盐化土壤中。绿洲土壤水盐耦合关系在一定程度上也反映了绿洲景观地球化学过程及其变化特征。从土壤化学分析来看,碱解氮、速效磷,有机质缺乏是造成绿洲土壤肥力不高的主要因素。干旱区渭干河流域绿洲土壤盐渍化类型明显受到地下水盐分及其化学类型的影响。地下水盐分是土壤盐分的重要来源,也是绿洲景观地球化学过程的重要环节。

## 关键词

绿洲;景观地球化学;盐分;水分;耦合关系

中图分类号 P951;K903

文献标志码 A

收稿日期 2009-07-04

资助项目 中国科学院知识创新工程重大项目(KSCX-YW-09);国家科技支撑计划(2006BAD26B0902);国家973计划(2006CB705809);国家气象局软科学项目(QR2008-39)

## 作者简介

王让会,男,教授,博士生导师,主要从事生态学、地理学等领域的研究工作。

rhwang@nuist.edu.cn

## 0 引言

### Introduction

景观地球化学是地理学、生态学以及系统论、控制论等多学科交叉、渗透的一门综合学科,它是自然地理学、土壤学、微生物学、植物学、地质学、生态学、环境科学及气象科学等相互结合的产物,也是地球化学理论在地理环境中的应用产物<sup>[1]</sup>。在干旱区内陆河流域,土壤水盐、养分等生态过程之间关系的研究,成为近年来干旱区景观格局与生态过程研究的重点<sup>[2-3]</sup>。土地利用造成土地覆盖变化,土地覆盖变化直接影响陆地生态系统以及生物地球化学循环,并通过改变土壤特性,导致土壤损失和退化<sup>[4-5]</sup>。流域土地利用/覆盖变化,对土壤水文循环以及土壤养分迁移变化具有显著影响<sup>[6-7]</sup>。

景观地球化学是由前苏联学者于20世纪30年代末期首先提出的新概念。认为在特定的气候条件下,岩石圈、水圈、大气圈及生物圈之间的化学作用,基本上受光照地面和潜水面之间的关系所控制,由于盐分的运动方向的不同形成了不同的地球化学景观<sup>[8]</sup>。西部干旱区特殊的山地-绿洲-荒漠系统(MODS),成为人们认识干旱区水盐关系的切入点,也是研究绿洲景观地球化学过程的重要场所。渭干河是中国西部干旱区的重要内陆河之一,发源于天山山地,消失于塔里木盆地。渭干河冲积扇绿洲特有的山-盆地地貌格局形成了其相对独立的水文循环与土地利用单元,其生物地球化学循环也具有相对的封闭性和独立性。近50年来,由于水资源的大规模开发利用导致的区域景观格局变化成为该区域生态环境变化的主要标志和驱动因素<sup>[9]</sup>,必然对区域的地球化学循环过程尤其是土壤理化性状产生重要影响。在全球变化背景下,受自然及人为因素的驱动,渭干河流域土壤水盐关系具有典型性与代表性,成为人们系统认识与综合探索干旱区水盐耦合关系的重要区域;而对于该流域绿洲土壤水盐耦合关系的研究,具有重要的理论价值与现实意义。Feng等<sup>[10]</sup>,Hodgkinson等<sup>[11]</sup>及Agassi等<sup>[12]</sup>研究了土壤持水能力及土壤盐分含量之间的相互关系等问题。陈亚新等<sup>[13]</sup>采用随机理论,将传统随机理论-时间序列分析法和最大熵谱分析用于空间序列,以空间代替时间,对分层土壤作空间序列的最大熵谱分析,系统揭示出田间土壤不同尺度下水盐分变化规律对大面积土壤水盐监测的意义与作用。刘晶等<sup>[14]</sup>研究了内陆河灌区土壤水分空间变异的尺度效应问题。闫百兴等<sup>[15]</sup>系统地总结和探讨了土壤盐分空间分异的静态和动态研究方法、特点及其发展,展望了今后土壤盐分空间分异研究方法的发展方向。李小刚<sup>[16]</sup>研究

1 南京信息工程大学 环境科学与工程学院, 南京,210044

2 新疆林业科学研究院 园林绿化所,乌鲁木齐,830000

3 中国科学院 新疆生态与地理研究所,乌鲁木齐,830011

了含盐量对土壤的水汽吸附及土壤水能量状态的影响. Carlos 等<sup>[17]</sup>研究了澳大利亚西部农田积水区径流产生与生物地球化学耦合机制; Bernard 等<sup>[18]</sup>研究了生态水文过程与 Al、Fe、Mn、Cd、Co、Cu、Ni、Zn 等痕量元素动态变化的关系. 相关研究对于促进干旱区土壤水盐关系以及地球化学过程研究具有重要借鉴价值.

渭干河冲积扇绿洲是塔里木盆地北部天山南麓山前平原的一部分,此区域盐渍土分布较广,含盐较重. 绿洲多为水成性土壤类型,流域土壤的分布和发育密切地受到地貌及水文格局的影响. 流域气候干旱,降水稀少,土壤风化和外部迁入的盐分多停留在土体中. 渭干河绿洲区主体为灌溉农业区,农田灌溉用水几乎全部来自于渭干河,因此,河水所挟带的泥沙也随水进入农田淤积,由于灌溉过程中土壤表层大部分易溶性盐类被淋洗,因而使原土壤的理化性质也随着发生了一系列的变化. 地貌及水文网的特点,使得渭干河绿洲地下水埋深普遍较浅,在强烈的蒸发作用下,地下水中的盐分仍不断地向土壤表层迁移,进行着现代的积盐过程. 研究绿洲景观地球化学特征及规律,探索地貌、植被、土壤、岩石、构造等形态类指标,以及元素的分布、分配、pH 值、温度、水化学等无形的景观地球化学类指标<sup>[19]</sup>,进一步研究景观地球化学区划,对于绿洲产业规划与布局具有一定的指导意义.

## 1 渭干河流域绿洲土壤分布及主要特征

Oasis soil distribution in Weigan River catchments and its main characteristics

### 1.1 绿洲土壤分布

内陆河流域绿洲土壤具有非地带性特征,土壤类型随地表水流向呈现自上而下的规律性变化. 区域性的地形地貌支配着区域水文地质的转换过程,地貌过程影响着土壤的形成和发育,也直接制约了景观地球化学过程及其特征.

渭干河冲积扇平原盐分的来源十分丰富,区域山地中均含有丰富的盐岩地层,盐岩风化物在流水及风力作用下,随地表水、地下水和风积物进入平原绿洲区. 同时,冲积扇相对封闭,尤其是人为干预下,河水基本不外流,因此,区域水量平衡主要依靠地面蒸发作用来调节,从原生岩及次生岩中所带入的盐分不断地在区域内积存. 盐土的成土过程主要是其积盐过程. 这与渭干河绿洲的地理位置、气候、土壤

母质和水文地质等因素有极大的关系. 极端干旱的气候,使得地表蒸发十分强烈,在强烈的蒸发作用下,底土及地下水中的盐分不断经毛管水上升,并在地表积累. 难以受山前洪水影响的冲积扇中下部区域,土壤盐分的积累主要依靠蒸发而进行,水文地质条件的不同,盐分积聚的形式和程度也存在差异.

干旱区内陆河流域绿洲土壤母质均为现代河流冲积、洪积物形成富含云母、长石、石英等矿物,多为沙质壤土. 绿洲土壤岩性以轻壤、沙壤为主,中壤、重壤、粘土均为少量分布. 耕地土壤有草甸土、潮土、灌淤土和新淤土 4 个土类. 土壤肥力偏低,除全钾含量丰富外,缺磷少氮. 有机质的质量分数为 1.14% ~ 1.32%,全氮 0.068% ~ 0.074%,全磷 0.11% ~ 0.12%,水解氮  $(28 \sim 33) \times 10^{-6}$ ,速效磷  $(5 \sim 8) \times 10^{-6}$ ,土壤 pH 值为 8 ~ 9. 从盐分组成类型看,盐化土主要以 Cl-SO<sub>4</sub> 型为主,其次是 SO<sub>4</sub>-Cl 型,而单独的 SO<sub>4</sub> 型和 Cl 型很少. 就阳离子来看,多为 Ca-Na 型和 Mg-Na 型,其次是 Ca-Mg 型. 根据分析结果可大致估算出盐化土壤的盐分组成是以 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>, NaCl 为主,特别是 NaCl 水溶性极强,SO<sub>4</sub>-Cl 盐土主要分布在地下水位很高,矿化度也很高的盐化土壤中;从土壤化学性分析来看,碱解氮、速效磷,有机质缺乏是造成绿洲土壤肥力不高的根本因素. 上述土壤理化特征在一定程度上也是其水盐耦合关系及地球化学特征的体现.

### 1.2 土壤水盐耦合关系

在干旱区 MODS 中,SPAC 与地下水密切相关. 地下水与 SPAC 相互作用形成的 GSPAC,综合性地反映了水盐关系的特征与规律. 地下水无疑是许多地球化学元素的载体,地下水依据径流中的介质环境而产生化学元素的富集和迁移,建造或改变表生地球化学环境. 地下水与土壤水之间的水力联系,直接影响土壤毛管水的存在形态,影响土壤水分液态运动的连续性和土壤水分的汽化与蒸发强度,从而影响土壤的水盐状况<sup>[16]</sup>,成为影响土壤水盐耦合关系的重要因素.

渭干河绿洲土壤盐渍化类型明显受地下水化学类型影响(表 1). 渭干河流域的依其力克河岸地段,地下水埋深 0.9 m,矿化度  $0.83 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ,其阳离子以 K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup> 和 Ca<sup>2+</sup> 为主,阴离子以 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 为主,Cl<sup>-</sup> 和 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 含量相对较少,这与地下水位以上土壤中苏打占明显优势,而硫酸盐及氯化物盐较少是一致的. 在渭干河下游的红旗乡肖尔肯河岸地带,地下水矿化

度普遍较高,且随远离河岸而增加.地下水阴离子构成中明显以  $\text{Cl}^-$  和  $\text{SO}_4^{2-}$  为主,相对应的土壤盐分组成亦以硫酸氯化物盐为主.

表1 土壤盐分组成与地下水盐分组成

Table 1 Coupled relation between groundwater salt and soil salt

地段	类型	化学组成/( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )						
		$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+ + \text{Na}^+$
a	土壤	0.010	0.140	0.020	0.015	0.038	0.010	0.019
	地下水	微量	0.278	0.142	0.180	0.079	0.043	0.111
b	土壤	0.010	0.163	0.047	0.091	0.060	0.013	0.049
	地下水	微量	0.362	0.210	0.202	0.103	0.046	0.165
c	土壤	0.021	0.206	12.648	16.418	1.495	1.844	10.964
	地下水	微量	0.808	4.114	6.059	0.514	0.770	3.830

注①:a. 依其力克河岸; b. 红旗乡肖尔肯近河岸; c. 红旗乡肖尔肯距河岸 150 m.

注②:土壤盐分组成成为地下水以上土层混合样的土壤化学组成. 地下水埋深均在 0.70 ~ 1.20 m 之间.

渭干河冲积扇平原绿洲,不同地貌区地下水地球化学特征有一定的差异,并形成相应的地球化学分异. 土壤盐分组成与地下水的盐分组成联系密切,绿洲区多数地段土壤为水成性土壤,地下水盐分是土壤盐分的重要来源,尤其在地下水浅埋区域,对应不同的地下水盐分组成,往往相应地分布有不同类型的盐渍化土壤. 土壤与地下水的这种联系,反映了一定的水文地质背景与地球化学特征. 本地区的成土因素中,水是最为活跃的因素,水文地质条件的改变,将促使土壤类型亦发生演变.

## 2 绿洲景观地球化学特征

### Landscape geochemical characteristics of the oasis

景观地球化学主要研究化学元素在决定地理景观的诸因素影响下发生的迁移、结合、共生组合及其分布、分配的规律,以及与地形、大气、地表水和地下水、土壤、岩石(矿物)、植物、动物界和人类活动以一定形式相结合而相互作用产生的外貌相关性. 物质循环、能量流动与信息传递是实现景观地球化学过程的直接方式与途径,在绿洲景观时空变化中,具体体现在绿洲要素变化的诸多方面.

### 2.1 土壤盐分组成与总盐的关系

干旱区绿洲土壤普遍含盐,土壤盐分组成能够很好地揭示土壤类型的理化特性,并反映土壤物质组成总体分布特征和变化趋势.

将绿洲土壤阴离子和阳离子分别与矿化度进行

$y = ax + b$  的线性相关分析,结果见图 1. 式中,  $x$  为地下水矿化度( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ),  $y$  为各离子浓度( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ).

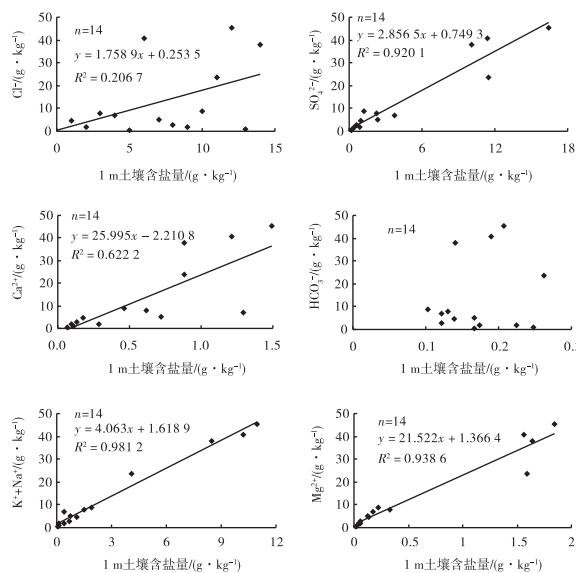


图1 1 m 土层土壤盐分化学组成与总盐含量的耦合关系

Fig. 1 Coupled relation between salt chemical composition and total salinity within 1 m-deep soil

表2 土壤盐分含量与盐分各成分之间的关系

Table 2 Relation between soil salinity and each ion component

离子	a	b	R <sup>2</sup>
$\text{SO}_4^{2-}$	2.856 5	0.749 3	0.920 1
$\text{Cl}^-$	1.758 9	0.253 5	0.206 7
$\text{Mg}^{2+}$	21.522	1.366 4	0.938 6
$\text{Ca}^{2+}$	25.955	-2.210 8	0.622 2
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	4.063	1.618 9	0.981 2

从图 1 及表 2 可看出,渭干河绿洲土壤对盐分含量起主要作用的阳离子是  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ ,其次为  $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{Ca}^{2+}$ . 起主要作用的阴离子是次之为  $\text{SO}_4^{2-}$ ,其次  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$  和  $\text{CO}_3^{2-}$  对土壤含盐量没有明显的影响. 这表明,绿洲区土壤苏打含量较低,而石膏含量较高,这是内陆河流域特定自然地理背景下,生物地球化学循环的必然结果.

线性相关结果分析如表 2 所示,  $R^2$  为相关系数.

### 2.2 土壤盐分组成的深度分布

研究表明,当地下水位为 2.1 m 或更深的情况下,土壤剖面上半部分的含盐量较少,而剖面下半部分盐分较重. 当潜水水位为 1.1 m 时,地下水中盐分物质影响到整个土壤剖面. 在地下水埋深 2.1 m 的

荒地,表层土(0~20 cm)含盐量约占200 cm土壤总含盐量的72%,而地下水埋深1.1 m的盐穗木灌丛地也存在类似现象,表层土(0~20 cm)含盐量亦占到100 cm土壤总含盐量的72%,这表明,尽管不同地下水埋深下土壤积盐程度在深度上有所差异,但普遍地存在土壤盐分表聚性特点,即在地下水埋深较浅和蒸发量极为强烈的情况下,盐分大量集中于表层,而表层以下,盐分则迅速减少.进一步分析表明,绿洲下部发育了大片的Cl-SO<sub>4</sub>盐土,表土盐分组成中以NaCl占优势,Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>浓度远远超过Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>.土壤组分Na<sup>+</sup>和Cl<sup>-</sup>的含量随深度变化显著,而其它成分随深度变化不大,这可能是由于钠盐和氯化物的溶解度大,而且运移活跃,在强烈蒸发作用下向土壤表层迁移有关.地下水埋深1.1 m的盐穗木灌丛地土壤各离子组成也随深度变化的曲线较为平滑.地下水埋深2.1 m的绿洲外围荒地盐分离子组成出现了波动现象,0.6 m以上土层离子组成的下降应与蒸发作用下盐分表聚有关,而1 m土层以下土壤离子的波动与地下水埋深地波动有一定的关系,据调查,区域地下水埋深波动在0.5~0.8 m,1 m以下土层中SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>含量明显高于Cl<sup>-</sup>,这与地下水SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>含量高于Cl<sup>-</sup>正好相一致;另外,在0.8~1.2 m之间SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>和Ca<sup>2+</sup>都迅速上升,表明此段有石膏聚集.上述特征也反映了绿洲区域地球化学分布与变化规律.

### 3 结语

#### Concluding remarks

景观地球化学主要研究元素在景观的分布、分配、迁移及演化规律和机制,生态系统耦合关系的原理与方法为探索干旱区内陆河流域绿洲土壤的水盐关系及景观地球化学特征提供了重要的途径.景观地球化学集理论性、实践性为一体,在探索自然规律的过程中,正在矿产勘探、农业技术、环境保护、国土规划等方面提供科学支持.以渭干河流域绿洲土壤母质为现代河流冲积、洪积物形成富含云母、长石、石英等矿物,多为沙质壤土.耕地土壤有草甸土、潮土、灌淤土和新淤土4个土类.绿洲土壤岩性以轻壤、沙壤为主,中壤、重壤、粘土均为少量分布.在一定程度上成为水盐耦合关系的重要基础,人为活动更多地在这段时间与空间上改变了水盐关系的特征.以水为核心的水盐、水热以及水土关系的固有特性,决定了绿洲景观地球化学过程及特征.

1) 内陆河流域土壤水盐关系与MODS关系密

王让会,等.绿洲土壤水盐耦合关系及景观地球化学特征.切相关.在西部干旱区自然地理背景下,MODS耦合关系的时空特征与动态变化以及三者之间的物质循环、能量转化和信息传递过程,是MODS相互作用及协调共生机制的重要体现.地貌类型与气候特征决定耦合类型的基础和框架,水文特征决定耦合类型的空间格局,植被类型反映耦合类型的外貌,土壤状况制约耦合类型的功能,人为活动影响耦合类型的演变过程.上述规律直接制约着特定条件下的绿洲水盐关系.

2) 景观地球化学特征独特.研究表明,从地球化学相关指标及盐分组成类型看,盐化土主要以Cl-SO<sub>4</sub>型为主,其次是SO<sub>4</sub>-Cl型,而单独的SO<sub>4</sub>型和Cl型很少.就阳离子来看,多为Ca-Na型和Mg-Na型,其次是Ca-Mg型.

3) 绿洲土壤盐渍化类型明显受到地下水盐分及其化学类型影响.地下水盐分是土壤盐分的重要来源.地下水通过蒸发自土壤表层而散失,地下水和土壤中的盐分将滞留在土壤中,也制约着景观地球化学循环的进程.

4) 土壤水盐耦合关系与流域特征相关.水盐耦合关系影响到土壤质量、植被生长、农业发展等重大问题,在目前背景下,进一步研究土壤水盐关系,探索水盐、水热以及水土规律,缓解土壤盐分集聚,提升土壤质量,增强土壤生产力,具有重大现实意义.

### 参考文献

#### References

- [1] 徐德兰,曾勇.景观地球化学研究现状与进展[J].江苏地质,2003,27(3):159-163  
XU Delan, ZENG Yong. Landscape geochemistry study and its development[J]. Jiangsu Geology, 2003, 27(3):159-163
- [2] 罗格平,许文强,陈曦.天山北坡绿洲不同土地利用对土壤特性的影响[J].地理学报,2005,60(5):779-790  
LUO Geping, XU Wenqiang, CHEN Xi. Effect of different land-use systems on soil properties in the Alluvial Plain-oasis in the arid land[J]. Acta Geographica Sinica, 2005, 60(5):779-790
- [3] 顾峰雪,张远东,潘晓玲.水盐动态与土地利用变化相互作用的分析[J].地理学报,2003,58(6):845-853  
GU Xuefeng, ZHANG Yuandong, PAN Xiaoling. Interaction of land use change and spatial-temporal dynamics of soil moisture and salinity in arid land[J]. Acta Geographica Sinica, 2003, 58(6):845-853
- [4] Lai R. Soil erosion and land degradation: the global risks[J]. Adv Soil Sci, 1990, 11:169-172
- [5] 傅伯杰,陈利顶,马克明.黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响[J].地理学报,1999,54(3):241-246  
FU Bojie, CHEN Liding, MA Keming. Effect simulations of land use change on the runoff and erosion for a gully catchment of the Loess Plateau, China[J]. Acta Geographica Sinica, 1999, 54(3):241-246
- [6] 郭旭东,傅伯杰,陈利顶.低山丘陵区土地利用方式对土壤质

- 量的影响——以河北省遵化市为例[J]. 地理学报, 2001, 56(4): 447-455
- GUO Xudong, FU Bojie, CHEN Liding. Effects of land use on soil quality in a hilly area - A case study in Zunhua County of Hebei Province[J]. Acta Geographica Sinica, 2001, 56(4): 447-455
- [7] 王根绪, 马海燕, 王一博. 黑河流域中游土地利用变化的环境影响[J]. 冰川冻土, 2003, 25(4): 359-367
- WANG Genxu, MA Haiyan, WANG Yibo. Impacts of land use change on environment in the middle reaches of the Heihe River[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2003, 25(4): 359-367
- [8] 尹照汉. 景观地球化学[J]. 地球科学进展, 1992, 7(5): 63-64
- YIN Zhaohan. Landscape geochemistry[J]. Advances in Earth Sciences, 1992, 7(5): 63-64
- [9] 关志华, 齐文虎, 张红旗. 渭干河灌区水盐平衡及盐分运移[J]. 资源科学, 2004, 26(2): 74-79
- GUAN Zhihua, QI Wenhua, ZHANG Hongqi. Water and salt balance and salt movement in Weigan River Irrigation District[J]. Resources Science, 2004, 26(2): 74-79
- [10] FENG Yongjun, YANG Jingsong, ZHENG Jihua. Correlation between soil water retention capability and soil salt content[J]. Pedosphere, 2000, 10(3): 275-280
- [11] Hodgkinson R A, Thorbuen A A. Factors influencing the stability of salt affected soils in the UKT criteria for identifying appropriate management options[J]. Agricultural Water Management, 1995, 29(3): 27-38
- [12] Agassi M J M, Shaiberg I. The effect of water drop impact energy and water salinity on the infiltration rates of sodic soils[J]. Soil Sci Soc Am J, 1985, 49: 186-190
- [13] 陈亚新, 杨贵羽. 土壤水分、盐分空间序列初步研究[J]. 灌溉排水, 2002(3): 32-35
- CHEN Yaxin, YANG Guiyu. The preliminary research on spatial order for soil moisture and salt[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2002(3): 32-35
- [14] 刘晶, 刘学录. 内陆河灌区土壤水分空间变异的尺度效应[J]. 甘肃农业大学学报, 2006(3): 86-90
- LIU Jing, LIU Xuelu. Scale effect of spatial variability of soil water in the inland irrigation areas[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2006(3): 86-90
- [15] 闫百兴, 何岩, 邓伟, 等. 土壤盐分空间分异研究方法及其展望[J]. 土壤通报, 2001(6): 25-30
- YAN Baixing, HE Yan, DENG Wei, et al. Methods and prospect of spatial variation of salt in soil[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2001(6): 25-30
- [16] 李小刚. 含盐量对土壤的水汽吸附及土壤水能量状态的影响[J]. 土壤通报, 2001, 32(6): 245-249
- LI Xiaogang. The effect of salt content on vapor adsorption and water potential in salt-affected soils[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2001, 32(6): 245-249
- [17] Carlos J O, Murugesu S, Carolyn E O. Field exploration of coupled hydrological and biogeochemical catchment responses and a unifying perceptual model[J]. Advances in Water Resources, 2006(29): 161-180
- [18] Bernard R, Daniel C, Pierre, et al. Hydrological and biogeochemical dynamics of the minor and trace elements in the St Lawrence River[J]. Applied Geochemistry, 2005(20): 1391-1408
- [19] 邓衍蕃. 湘江流域景观地球化学区划草案[J]. 物探与化探, 1988, 12(4): 256-263
- DENG Yanfan. A draft for landscape geochemistry regionalization of Xiangjiang valley[J]. Geophysical & Geochemical Exploration, 1988, 12(4): 256-263

## Coupling relations between oasis soil moisture and salt and its landscape geochemistry characteristics

WANG Ranghui<sup>1</sup> NING Husen<sup>2</sup> ZHAO Zhenyong<sup>3</sup> ZHANG Huizhi<sup>3</sup>

1 School of Environmental Science and Engineering, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

2 Institute of Gardening and Afforestation, Xinjiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi 830000

3 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011

**Abstract** Climate conditions, terrain features, soil geographical characteristics and agricultural cultivation as well as irrigation measures in the oasis, are the important factors for the characteristics of landscape geochemistry and relationship between soil moisture and salt. Oasis soil moisture and salt have close relations with the MODS. Meanwhile, human activity is also becoming the important element of influence on the landscape geochemistry and the coupling relation of soil moisture and salt in oasis farmland of the arid inland river catchments. The moisture and salt coupling type is dominated by Cl-SO<sub>4</sub> and sub-dominated by SO<sub>4</sub>-Cl. The geochemical positive ions are dominated respectively by the types of Ca-Na and Mg-Na. Based on analysis results, the salt composition of the soil is dominated by Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub> and NaCl. Especially, NaCl has quite strong water solubility, and as a result, the salty soil of SO<sub>4</sub>-Cl type is mainly distributed in the salty soil with shallow water and high mineralization degree. The coupling relation between salt and moisture reflects, to a certain degree, the characteristics of oasis landscape geochemistry process and its changes. Based on the chemical analysis, oasis soil is short of the alkali dispelled nitrogen, available phosphorous and organic matter, which is the fundamental reason for its lower fertility. Salinization type of oasis soil is obviously affected by salinity of underground water and its chemical type in the Weigan River oasis in arid zone. Underground water salinity is the important source of soil salt, which is also the key link for oasis landscape geochemistry process.

**Key words** oasis; landscape geochemistry; salt; moisture; coupling relation