

石羊河流域中下游沙漠—河岸过渡带土壤特征研究

李银科, 刘世增, 刘虎俊, 魏怀东, 杨自辉, 张莹花, 刘淑娟

(甘肃省荒漠化与风沙灾害防治重点实验室/省部共建国家重点实验室培育基地, 甘肃省治沙研究所, 兰州 730070)

摘要:对石羊河中游断流段(DS)、泉水溢出段(SOS)及下游水库以上丰水段(WSA)和水库以下干涸段(DSB)沙漠—河岸过渡带 0—200 cm 土层土壤理化性质进行了调查和分析。结果表明:土壤含水量的大小顺序为 WSA>SOS>DSB>DS。雨季降水对 WSA 段土壤含水量的影响很小,对其他河段土壤含水量影响较大,其对土壤水分的贡献主要在 10—40 cm 土层;土壤容重大,且表层大于下层。pH 值 7.70~8.55,表层低于下层。pH 值从上游至下游依次减小,其变化与有机质含量和盐分组成及总量有关;土壤养分贫瘠,有机质、全氮、速效磷含量低,速效钾含量高。WSA 段土壤有机质和全氮含量最大,DS 段土壤速效磷和速效钾含量最大;土壤含盐量从上游至下游依次增大。WSA 和 DSB 段土壤已盐化,盐化类型分别为氯化物—硫酸盐盐化土和硫酸盐—氯化物盐化土。由于同时受水力和风力的影响,石羊河中下游沙漠—河岸过渡带土壤性质变异大,各河段之间的差异大多都不显著。

关键词:石羊河中下游;沙漠—河岸过渡带;土壤理化性质

中图分类号:S158.3

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)06-0029-07

Study on Soil Characteristics of Desert-riverside Ecotone in Middle and Lower Reaches of Shiyang River

LI Yin-ke, LIU Shi-zeng, LIU Hu-jun, WEI Huai-dong, YANG Zi-hui, ZHANG Ying-hua, LIU Shu-juan

(State Key Laboratory of Desertification and Aeolian Sand Disaster Combating,

Gansu Institute of Desert Control Research, Lanzhou 730070, China)

Abstract:Physical and chemical properties of soil in 0—200 cm layer in the desert-riverside ecotone were examined at dryer section (DS), springs overflow section (SOS) in middle reaches of Shiyang river, and wet section above Hongyashan reservoir (WSA) and drying section in Hongyashan reservoir below (DSB) in lower reaches of Shiyang river. The results showed that the order of the soil water contents was WSA>SOS>DSB>DS. Precipitation in rainy season has little effect on WSA, whereas relatively big effect on the others, and its contribution to soil moisture mainly focused in 10—40 cm soil layer; the bulk density of soil was high, and the value of soil surface was higher than that in sublayer. The soil pH value was 7.70~8.55, and the value in soil surface was lower than that in sublayer. Soil pH value decreased in turn from upper to lower reaches, the changes were related with organic matter content, salt composition and total salt content; the soil nutrient was insufficient with the low content of organic matter, total nitrogen and available phosphorus, and with high content of available potassium. Soil organic matter and total nitrogen were the highest at WSA, and available phosphorus was the highest at DS; soil salt content increased in turn from upper to lower reaches. The soil salinization has happened at WSA and DSB, the salinization types were chloride-sulfate and sulfate-chloride, respectively. The soil properties were of great variability because of hydraulic force and wind, the difference of soil properties between each river section was mostly insignificant.

Key words:middle and lower reaches of Shiyang River; desert-riverside ecotone; soil physical and chemical properties

收稿日期:2012-01-12

修回日期:2012-06-11

资助项目:国家自然科学基金项目(31060080,31160116);甘肃省科技支撑计划项目“石羊河中下游河岸植被恢复与沙化防治技术研究”(090NKCA121)

作者简介:李银科(1982—),男,甘肃徽县人,硕士,助理研究员,主要从事荒漠化防治方面的研究。E-mail:lyk819@163.com

通信作者:刘世增(1963—),男,甘肃永昌人,博士,研究员,主要从事荒漠化防治与沙区资源利用技术研究。E-mail:shzliu@gsdcri.com

河岸带是指江河或溪流的河道向外围的扩展,包括可以被洪水泛滥淹没的部分以及河水可以进入河岸植被冠层之下的陆地部分^[1]。河岸带具有特殊的生境条件,在涵养水源、蓄洪防旱、维持生物多样性和生态平衡等方面均有十分重要的作用,是河流天然的保护屏障,是健康河流生态系统的重要组成部分和评价标志^[2]。干旱内陆河流域沙漠—河岸过渡带是具有重要生态学功能和价值的过渡带,这一狭长区域是阻止沙漠前侵和沙土入河的最后一道屏障^[3]。石羊河是西北干旱荒漠区典型的内陆河,随着人口的剧增、工农业生产和社会经济的迅速发展,人类对河流进行了多目标、全方位、大规模、高频次的干预,沙漠—河岸生态系统随之严重退化。退化的生态系统导致了植被破坏、生物多样性下降、小气候恶化、河床及河岸遭受侵蚀、风沙灾害频繁等一系列严重的生态环境问题^[4]。生态系统的土壤要素和植被特征密切相关,不仅关系到整个河流系统的水文生态功能,而且对人工林的营造具有重要的指导价值^[5]。摸清土壤理化性质的梯度变化是受损河岸生态系统植被修复和生态重建的基础和依据。学者们对河岸带土壤、植被及其相互关系进行了较多的研究^[1-11],对沙漠—河岸过渡带的研究很少,仅有少量植被空间分布格局和防风效益评估研究^[12-14]。本文选取石羊河中游断流段、泉水溢出段、下游水库以上丰水段和水库以下干涸段沙漠—河岸过渡带典型植被带进行土壤特征研究,以揭示石羊河中下游沙漠—河岸过渡带生态系统的健康状况,为这一具有重要生态学价值和功能的地段保护、退化植被恢复提供理论依据。

1 研究区自然概况

石羊河流域位于河西走廊东部,乌稍岭以西,祁连山北麓,北纬 $36^{\circ}29'$ — $39^{\circ}27'$,东经 $101^{\circ}41'$ — $104^{\circ}16'$ 。流域总面积 4.06 万 km^2 ,属大陆性温带干旱气候,太阳辐射强、日照充足、温差大、降水少、蒸发强烈、空气干燥、风大沙多。上游山区有 8 条主要河流,河流出口以后进入永昌—武威盆地,大部分水量被农业引灌和下渗转化为地下水,导致一些支流断流,在洪积扇边缘地带又以泉水的形式溢出地表,形成众多的泉水河道,如洪水河,然后再次汇合成为石羊河,此段为石羊河的中游;此后向北穿越红崖山进入民勤盆地,水流畅引灌而耗于蒸发,逐渐消失。进入下游的地表径流由 20 世纪 50 年代的 5.88 亿 m^3 下降到 2008 年的 1.00 亿 m^3 左右。自 20 世纪 50 年代修建红崖山水库以来,水库以下河段干涸。中下游

的凉州区和民勤绿洲海拔为 $1\,400\sim 2\,100$ m,凉州区降水量和蒸发量分别为 158 mm 和 $1\,963$ mm,民勤分别为 115 mm 和 $2\,637$ mm;地带性土壤为灰棕漠土和灰棕漠土型沙土,非地带性土壤以风沙土为主,其次在地势低洼处分布有盐渍化沙土和盐化草甸土、沼泽土;在农耕区有绿洲灌淤土、盐化灌淤土、风沙灌淤土等。

本研究以石羊河中下游不同河段河岸水分状况存在差异为依据,选取 4 个河段进行比较分析:中游断流段(dry section in middle reaches of Shiyang River,记作 DS)、泉水溢出段(springs overflow section,记作 SOS)、水库以上丰水段(wet section above Hong Yashan reservoir,记作 WSA)和水库以下干涸段(dry section in Hong Yashan reservoir below,记作 DSB)。中游断流段为石羊河支流洪水河上游枯水段,已枯水多年,河岸沙枣(*Elaeagnus angustifolia*)林已枯死,岸边即为沙地,植被以沙蒿(*Artemisia desertorum*)群落为主;泉水溢出段为洪水河下游,因有泉水溢出而有水流,岸边沙地水分状况较好,以芦苇(*Phragmites australis*)群落为主,伴有沙蒿、白刺(*Nitraria tangutorum*)等;水库以上丰水段为洪水河与西营河汇合后至红崖山水库之间的石羊河主流段,此段地势平坦,水分丰沛,从河岸到沙地范围较宽($3\sim 4$ km),依次生长有旱柳(*Salix matsudana*) + 柽柳(*Tamarix chinensis*)、沙枣 + 小叶杨(*Populus simonii*) + 柽柳、油蒿(*Artemisia ordosica*) + 苦豆子(*Sophora alopecuroides*)、芦苇 + 骆驼蓬(*Peganum harmala*)、人工沙枣 + 红砂(*Reaumuria songarica*)、红砂、沙拐枣(*Caligonum mongolicum*)等群落;水库以下干涸段为红崖山水库以下河段,自修建水库以后,再无流水,原来河道清晰可辨,河道两侧沙地植被主要为白刺、柽柳群落。

2 研究方法

2.1 土样采集

2009 年 5 月在选定的 4 个河段,从河岸向岸边沙地延伸,每个河段选定 $3\sim 7$ 个(以植被类型的数量为依据)样地(表 1),每个样地用土钻按照 $0\sim 5$, $5\sim 10$, $10\sim 20$, $20\sim 40$, $40\sim 60$, $60\sim 80$, $80\sim 100$, $100\sim 120$, $120\sim 140$, $140\sim 160$, $160\sim 180$ 和 $180\sim 200$ cm 12 个层次进行分层采样,在 $0\sim 5$, $5\sim 10$, $10\sim 20$, $20\sim 40$ cm 4 个层次取土壤容重样,在植被类型变化不明显的样地只测定土壤水分样,土壤含水量分别在 5 月份(雨季前)和 10 月份(雨季末)测定两次。

表 1 样地特征

河段	样地	距河岸的 距离/m	地理坐标	植被群落组成及特征	土壤类型
DS	1	30	37°53′56.0″N 102°55′33.0″E	沙蒿群落,主要伴生种为沙地旋覆花,均匀分布,盖度 35%	固定风沙土
	2	150	37°53′58.8″N 102°55′36.2″E	沙蒿群落,主要伴有沙地旋覆花,均匀分布,盖度 45%	固定风沙土
	3	250	37°54′1.7″N 102°55′38.5″E	沙蒿群落,伴有沙米,结构单一,均匀分布,盖度 10%	流动风沙土
SOS	1	20	38°00′51.8″N 102°50′18.5″E	白刺群落,细叶骆驼蓬、画眉等草本种类多,均匀分布,盖度 43%	固定风沙土
	2	200	38°00′51.8″N 102°50′18.5″E	芦苇群落,植物种类单一,均匀分布,盖度 56%	固定风沙土
	3	720	38°01′4.6″N 102°50′33.6″E	芦苇群落,有虫实、沙米等少量伴生种,均匀分布,盖度 12%	流动风沙土
WSA	1	40	38°13′14.7″N 102°46′9.0″E	旱柳+柽柳+沙枣群落,灌木有油蒿、白刺,草本有细叶骆驼蓬、灰绿藜等,乔木和灌木层分布分散,盖度 10%	草甸风沙土
	2	200	38°13′13.7″N 102°46′18.3″E	沙枣+柽柳+小叶杨群落,林下有细叶骆驼蓬、发发等草本,均匀分布,盖度 45%	林灌草甸土
	3	500	38°13′8.8″N 102°46′28.8″E	油蒿群落,伴有苦豆子等,群落稳定、单一,均匀分布,盖度 52%	草甸土
	4	1200	38°12′50.3″N 102°46′46.1″E	芦苇草甸+细叶骆驼蓬群落,灌木有少量白刺、红砂,盖度 24%	盐化草甸土
	5	2600	38°12′38.1″N 102°47′48.7″E	人工沙枣林群落,灌木主要为红砂,草本有画眉、碱蓬等,盖度 80%	林灌草甸土
	6	3500	38°12′23.5″N 102°48′18.4″E	白刺群落,伴有紫菀木、苦豆子、画眉、刺蓬等,均匀分布,盖度 23%	草原风沙土
	7	3800	38°12′18.0″N 102°48′29.0″E	沙拐枣群落,草本以虫实最多,均匀分布,盖度 20%	半流动风沙土
DSB	1	130	38°41′00″N 103°24′33.8″E	白刺群落,伴有柽柳、霸王、沙枣,草本以五星蒿为主,聚群分布,盖度 18%	半流动风沙土
	2	200	38°40′59.9″N 103°24′37.1″E	白刺+霸王群落,伴有五星蒿、骆驼蓬,聚群分布,盖度 23%	半流动风沙土
	3	360	38°40′58.5″N 103°24′43.6″E	白刺群落,草本主要有五星蒿、沙蓝刺头、虫实等,聚群分布,盖度 35%	半固定风沙土

2.2 测定方法

土壤含水量测定采用烘干法,容重测定采用环刀法,其余土样剔除植物根系及石砾等杂物后,在室内风干并过 1 mm 和 0.25 mm 筛备用。有机质测定采用重铬酸钾氧化—外加热法,全氮测定采用半微量开氏法,速效磷测定采用碳酸氢钠提取—钼锑抗比色法,速效钾测定采用醋酸铵浸提—原子吸收比色法,土壤水溶性盐分组成测定水土比为 5 : 1,pH 的测定采用电极法,水土比为 5 : 1。

2.3 数据分析

以不同河段作为固定因素,以容重、pH、有机质、全氮、速效磷、速效钾和水溶性盐分组成作为随机因素,用 SPSS 13.0 软件进行单因素方差分析,用 LSD($P < 0.05$)法进行显著性差异检验;用 Excel 软件绘图。

3 结果与分析

3.1 不同河段土壤含水量的变化

在石羊河中下游不同河段,5 月和 10 月 0—200 cm 土壤含水量大小顺序均为 WSA>SOS>DSB>DS;从月份来看,各河段 0—200 cm 土壤含水量 10 月比 5 月均有增加,且增幅各不相同,其大小顺序为 DS (55.86%)>SOS(44.94%)>DSB(28.87%)>WSA (1.03%)(表 2)。WSA 段地势平坦,土壤含水量受河水影响很大,降水对该段土壤含水量的影响很小;而其他河段土壤含水量则受降水的影响较大。

不同河段 0—200 cm 土壤含水量的垂直变化(图 1)表明,随土层深度的增加,土壤含水量总体呈增加趋势;与 5 月份相比,10 月份土壤含水量在每层均有

所增加,10—40 cm 层最为明显(图 1)。说明研究区雨季降水对土壤 10—40 cm 水分贡献最大。

将 5 月和 10 月不同河段土壤含水量在每个土层内进行比较,方差分析表明,土壤含水量只在 DS 段 10—20 cm 土层 10 月份显著大于 5 月份,DS 段其余土层和其余各河段各土层 5 月和 10 月之间差异均不显著。DS 段位于调查河段最上游,降水量相对最大,而且该河段河水断流,土壤水分得不到河水补给,因

此降水对该河段土壤水分贡献最大,在土壤表下层达到显著水平。

将月份内不同河段土壤含水量在每个土层内进行比较,只有 10 月份 0—5 cm 土层 DSB 显著大于 SOS,10 月份其余土层和 5 月份各土层不同河段之间的差异均不显著。同一时期不同河段的同一土层土壤水分基本无明显差异,说明土层间土壤水分变异大。

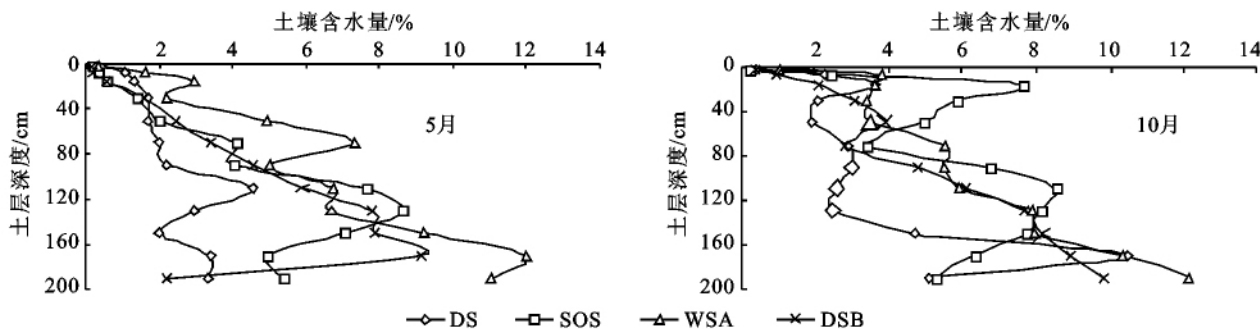


图 1 不同河段 5 月和 10 月土壤含水量的垂直变化

3.2 不同河段土壤容重的变化

0—40 cm 土层土壤容重大小顺序为 $SOS > WSA > DS > DSB$,但方差分析表明不同河段之间土壤容重

差异不显著(表 2)。图 2 显示,各河段表层土壤容重较大,表下层明显减小,下层又略为增大。该区受风蚀影响使得土壤表层砂砾含量高,因此表层容重大。

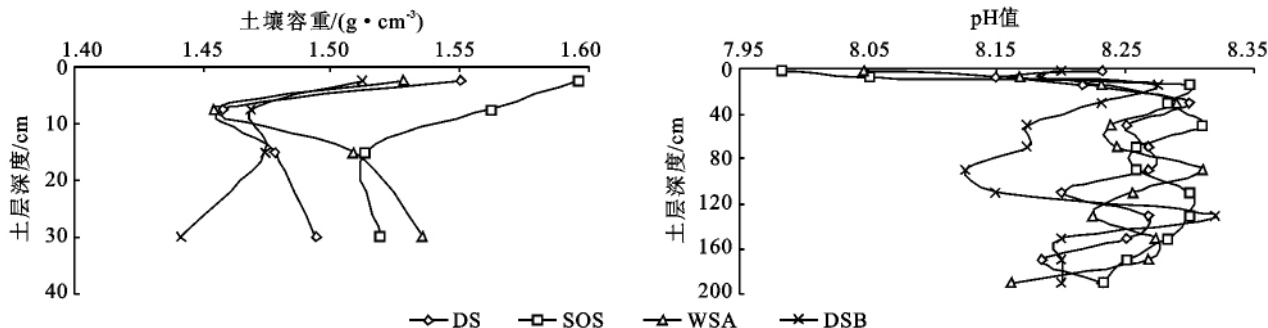


图 2 不同河段土壤容重和 pH 值的垂直变化

3.3 不同河段土壤 pH 值的变化

0—200 cm 土层土壤 pH 值大小顺序为 $DS > SOS > WSA > DSB$,表现出石羊河中下游河岸土壤 pH 值从中游到下游依次减小的趋势,但方差分析显示不同河段之间的差异不显著(表 2)。各河段土壤 pH 值总体呈现为表层较小,20 cm 深度处突然增至最大,下层略为减小的趋势。SOS 和 WSA 段表层 pH 值小,DS 和 DSB 段较大;DS、SOS 和 WSA 段在 10—120 cm 层变化比较一致,DSB 段在 20—120 cm 层较其他河段小(图 2)。相关分析表明,土壤 pH 值与有机质含量、全盐量、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 $K^+ + Na^+$ 、 Cl^- 和 SO_4^{2-} 均呈极显著负相关关系($P < 0.01$),与 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 均呈极显著正相关关系($P < 0.01$)。说明土壤 pH 变化与有机质含量和盐分组成及总量有关。有机质对土壤 pH 的影响主要是其分解产生的有机酸可以降低 pH 值。

3.4 不同河段土壤养分含量的变化

不同河段之间 0—200 cm 土层土壤的有机质、全氮和速效钾含量差异均不显著。其大小顺序分别为:有机质 $WSA > DSB > DS > SOS$,全氮 $WSA > SOS \approx DSB > DS$,速效钾 $DS > DSB > WSA > SOS$ 。0—200 cm 土层土壤的速效磷含量为 $DS > SOS > WSA > DSB$,DS 段显著大于 WSA 和 DSB 段,而与 SOS 段差异不显著,SOS、WSA 和 DSB 段相互之间差异也不显著(表 2)。

从养分含量的垂直变化可以看出(图 3),WSA 段有机质含量在 0—40 cm 层最大,而 DSB 段在 0—40 cm 层较小,40—200 cm 层最大;DS 段有机质含量除在 5—20 cm 层较大外,其余土层与 SOS 段变化较一致,其值均最小。WSA 段全氮含量在 0—20 cm 层最大,其它河段除在个别土层内值较大外,各河段其余土层全氮含量变化较一致。

表 2 不同河段土壤理化性质

不同河段	0—40 cm		0—200 cm				
	容重/ (g · cm ⁻³)	pH	有机质/ (g · kg ⁻¹)	全氮/ (g · kg ⁻¹)	速效磷/ (mg · kg ⁻¹)	速效钾/ (mg · kg ⁻¹)	全盐量/ (g · kg ⁻¹)
DS	1.49	8.235	3.656	0.113	4.87a	251.8	0.75
SOS	1.55	8.234	3.041	0.158	2.83ab	139.9	0.91
WSA	1.51	8.226	5.201	0.204	2.30b	190.1	2.04
DSB	1.47	8.203	5.200	0.158	2.00b	197.6	2.21

注:表中标有字母表示某个指标在不同河段间有差异,未标则表示无差异。下表同。

WSA 段速效磷含量在表土层最大,其余土层速效磷含量 DS 段(除 SOS 段在 100—120 cm 层最大外)明显大于其它河段;SOS、WSA 和 DSB 段速效磷含量在 5—100 cm 层变化较一致,SOS 段在较大。

速效钾含量在 0—120 cm 层 DS 段明显大于其他河段,WSA 段也较大,SOS 和 DSB 段最小;在 120—200 cm 层 SDB 段最大;SOS 段在 0—200 cm 整个土壤剖面变化比较均匀,其值也最小。

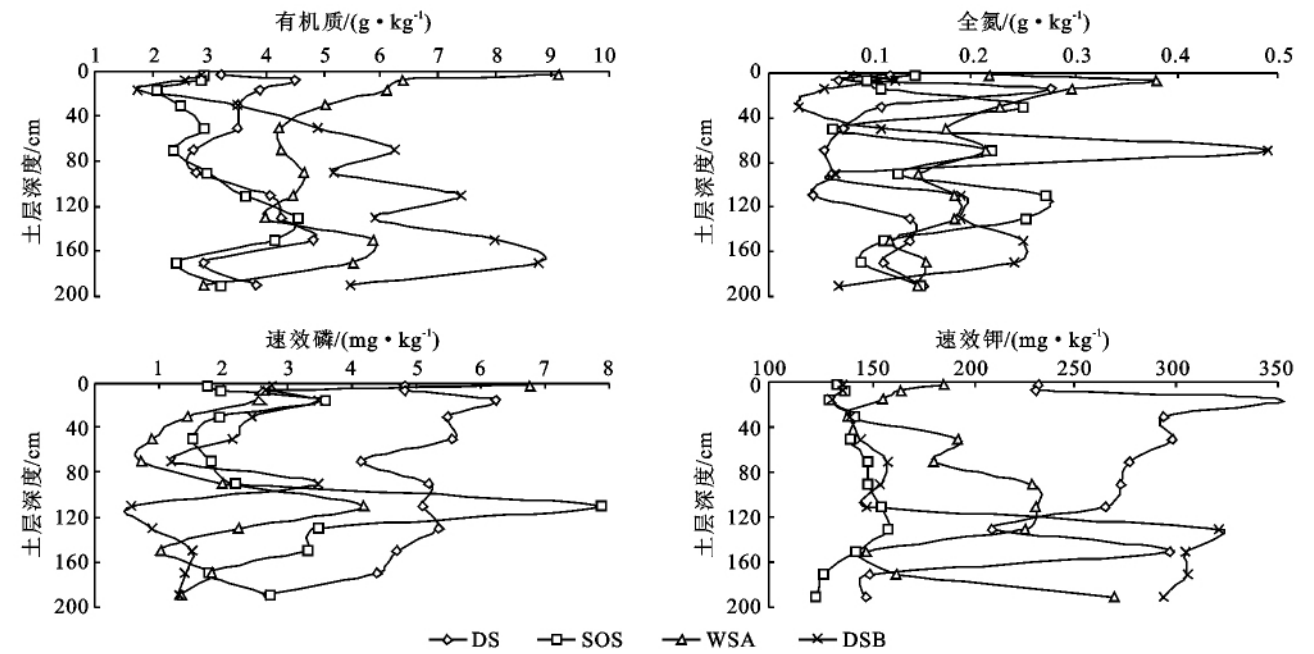


图 3 不同河段土壤有机质、全氮、速效磷和速效钾含量的垂直变化

3.5 不同河段土壤水溶性盐分组成的变化

0—200 cm 土层土壤全盐量表现为 DSB>WSA>SOS>DS,表明石羊河中下游河岸从中游到下游,土壤全盐量依次增加,但不同河段相互之间差异不显著(表 3)。根据一般盐化土壤的划分,WSA 和 DSB 段土壤已盐化,盐化类型分别为氯化物—硫酸盐盐化土和硫酸盐—氯化物盐化土^[15]。WSA 段在 0—20 cm 层 Ca²⁺,Mg²⁺,K⁺+Na⁺,Cl⁻和 SO₄²⁻ 远大于其它河段,但差异并不显著(表 3)。WSA 段在 60—200 cm 土层 Ca²⁺,Mg²⁺,K⁺+Na⁺,Cl⁻和 SO₄²⁻ 明显大于其它河段,并且部分差异达到显著水平:Ca²⁺ 在 40—60 cm 及 80—120 cm 土层、Mg²⁺ 在 40—60 cm 及 80—200 cm 土层、K⁺+Na⁺ 在 80—180 cm 土层、Cl⁻ 在 60—200 cm 土层、SO₄²⁻ 在 80—120 cm 及 140—160 cm 土层(表 3)。各河段 CO₃²⁻ 含量很小,DSB 段最大,WSA 次之,SOS 段 0—200 cm 土壤全剖面 CO₃²⁻,并且在任何土层差异均不显著。各河

段 HCO₃⁻ 的垂直变化较一致,只有在 120—140 cm 层 WSA 显著小于其他河段、160—180 cm 层 DS 段显著大于 SOS 段。

DS 段曾有水流,河流断流以后,植被趋于简单,地下水位降低,土壤含盐量低。该段土壤中速效磷和速效钾含量显著大于其它河段,可能是由于植被少,对磷和钾的吸收少。SOS 段有泉水溢出,土壤水分条件较好,岸边植被生长也较好。沙漠—河岸过渡带地势相对河床较高,土壤含盐量较低。WSA 段水分条件好,植被生长好,枯枝落叶对土壤有机物质的贡献大,所以该河段河岸土壤有机质含量较高,全氮含量也较高。该河段地势平坦,沙漠—河岸过渡带宽阔,地下水位高,水溶性盐分随水分蒸发表聚现象明显,土壤盐分含量高。DSB 断位于民勤绿洲盆地,在河流干涸以前,这里地下水位浅,生长一些水生植物,土壤发育程度较高,养分含量也较高。由于地处石羊河下游,上游带来的盐分聚集于此,再加上盐分随水分蒸发的表聚,所以土壤含

盐量高。河流干涸以后,植被退化,生态环境恶化,风沙活动频繁,土壤表层又覆有一层沙物质,使土壤发育处于复幼状态,所以该河段土壤养分和盐分含量表层低下层高,并且下层盐分含量显著高于其他河段。

表 3 0—200 cm 土壤不同土层不同河段土壤水溶性盐分组成

		g/kg						
土层深度/cm	河段	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ + Na ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
0—5	DS	0.061	0.017	0.061	0.000	0.295	0.071	0.016
	SOS	0.084	0.016	0.315	0.000	0.329	0.073	0.563
	WSA	0.542	0.499	1.195	0.006	0.311	1.056	1.070
	DSB	0.080	0.021	0.098	0.030	0.336	0.062	0.060
5—10	DS	0.065	0.027	0.107	0.000	0.336	0.071	0.128
	SOS	0.071	0.017	0.311	0.000	0.326	0.057	0.555
	WSA	0.312	0.223	0.981	0.006	0.320	0.457	2.789
	DSB	0.080	0.025	0.112	0.015	0.327	0.116	0.072
10—20	DS	0.070	0.033	0.107	0.000	0.346	0.065	0.160
	SOS	0.073	0.020	0.354	0.000	0.376	0.067	0.607
	WSA	0.889	0.090	0.379	0.006	0.326	0.269	0.723
	DSB	0.085	0.022	0.096	0.015	0.315	0.071	0.108
20—40	DS	0.063	0.024	0.085	0.010	0.301	0.071	0.069
	SOS	0.065	0.014	0.105	0.000	0.315	0.057	0.105
	WSA	0.070	0.058	0.238	0.006	0.345	0.138	0.418
	DSB	0.070	0.025	0.121	0.015	0.351	0.062	0.120
40—60	DS	0.057b	0.043a	0.169	0.000	0.549	0.077	0.120
	SOS	0.081ab	0.009b	0.142	0.000	0.326	0.065	0.184
	WSA	0.060b	0.032ab	0.294	0.012	0.317	0.141	0.414
	DSB	0.170a	0.031ab	0.098	0.015	0.351	0.062	0.372
60—80	DS	0.063	0.033	0.100	0.000	0.346	0.065b	0.128
	SOS	0.067	0.024	0.092	0.000	0.342	0.065b	0.096
	WSA	0.082	0.044	0.305	0.018	0.342	0.140ab	0.504
	DSB	0.125	0.077	0.323	0.015	0.382	0.240a	0.612
80—100	DS	0.050b	0.035b	0.107b	0.010	0.305	0.071b	0.120b
	SOS	0.063b	0.017b	0.134b	0.000	0.309	0.062b	0.171b
	WSA	0.076b	0.027b	0.260b	0.012	0.384	0.089b	0.379b
	DSB	0.320a	0.139a	0.736a	0.015	0.336	0.666a	1.649a
100—120	DS	0.060b	0.037b	0.087b	0.000	0.362	0.077b	0.080b
	SOS	0.063b	0.022b	0.121b	0.000	0.315	0.063b	0.158b
	WSA	0.077b	0.032b	0.203b	0.012	0.281	0.086b	0.371b
	DSB	0.145a	0.110a	0.567a	0.015	0.366	0.142a	1.447a
120—140	DS	0.067	0.045ab	0.105b	0.000	0.441a	0.059b	0.128
	SOS	0.060	0.027b	0.121b	0.000	0.366a	0.069b	0.122
	WSA	0.085	0.022b	0.166b	0.012	0.284b	0.073b	0.288
	DSB	0.085	0.093a	0.799a	0.015	0.382a	0.683a	0.979
140—160	DS	0.061	0.033ab	0.080b	0.010	0.330	0.067b	0.067b
	SOS	0.062	0.019b	0.105b	0.000	0.326	0.067b	0.096ab
	WSA	0.079	0.027b	0.166b	0.012	0.282	0.065b	0.301ab
	DSB	0.110	0.226a	1.150a	0.015	0.373	1.367a	1.375a
160—180	DS	0.077	0.048ab	0.096b	0.000	0.417a	0.071b	0.147
	SOS	0.058	0.023ab	0.100b	0.000	0.285b	0.053b	0.141
	WSA	0.084	0.019b	0.177b	0.012	0.340ab	0.070b	0.253
	DSB	0.180	0.183a	1.176a	0.015	0.367ab	1.477a	0.284
180—200	DS	0.067	0.030ab	0.123	0.010	0.376	0.071b	0.120
	SOS	0.061	0.021b	0.194	0.000	0.291	0.059b	0.328
	WSA	0.062	0.018b	0.150	0.006	0.315	0.052b	0.200
	DSB	0.075	0.063a	0.429	0.015	0.367	0.396a	0.461

4 结论

在所调查的石羊河支流红水河中游断流河段(DS)、泉水溢出河段(SOS),石羊河干流丰水河段(WAS)和红崖山水库下游涸水河段(DSB),由于水文和地形地貌等条件的不同,沙漠—河岸过渡带土壤性质各异。

(1) 0—200 cm 土壤含水量大小顺序为 $WSA > SOS > DSB > DS$ 。WSA 段地势平坦,土壤含水量受河水影响很大,降水对该段土壤含水量的影响很小,而其他河段土壤含水量则受降水的影响较大。在土壤垂直方向上,雨季降水对土壤水分的贡献主要在 10—40 cm 土层。

(2) 土壤容重大,表层大下层小,这与表层土壤砂砾含量高有关。pH 值 7.70~8.55,表层小下层大。pH 值从上游至下游依次减小,其变化与有机质含量和盐分组成及总量有关。

(3) 研究区土壤养分贫瘠,有机质、全氮、速效磷含量低,速效钾含量高。WSA 段土壤有机质和全氮含量最大,其含量表层高下层低;DSB 段土壤下层有机质和全氮含量相对较大;DS 段土壤速效磷和速效钾含量最大。

(4) 土壤含盐量从上游至下游依次增大。WSA 和 DSB 段土壤已盐化,盐化类型分别为氯化物—硫酸盐盐化土和硫酸盐—氯化物盐化土。

参考文献:

- [1] 李新茂,张东旭. 关于美国河岸带土壤的研究综述[J]. 水土保持应用技术,2007,14(6):11-13.
- [2] 李冬林,金雅琴,张纪林,等. 秦淮河河岸带典型区域土壤重金属污染分析与评价[J]. 浙江林学院学报,2008,25(2):228-234.
- [3] 李朝生,慈龙骏,于春堂,等. 沙漠—河岸过渡带土壤养分与盐分的空间变异[J]. 农业环境科学学报,2005,24

(4):643-647.

- [4] 张宇博,杨海军,王德利,等. 受损河岸生态修复工程的土壤生物学评价[J]. 应用生态学报,2008,19(6):1374-1380.
- [5] 李林英,齐实,王棣,等. 汾河上游河岸带植被类型变化对土壤粒级组成及土壤水分的影响[J]. 东北林业大学学报,2009,37(6):23-24,69.
- [6] 苏建平,仵彦卿,黎志恒,等. 黑河下游河岸绿洲区包气带土壤水分与植被生长状况的研究[J]. 西北植物学报,2004,24(4):662-668.
- [7] 崔东海,韩壮行,姚琴,等. 帽儿山林场不同河岸带植被类型土壤水分—物理性质[J]. 东北林业大学学报,2007,35(10):42-44.
- [8] 王庆成,崔东海,王新宇,等. 帽儿山地区不同类型河岸带土壤的反硝化效率[J]. 应用生态学报,2007,18(12):2681-2686.
- [9] 黄湘,李卫红,陈亚宁,等. 塔里木河下游荒漠河岸林群落土壤呼吸及其影响因子[J]. 生态学报,2007,27(5):1951-1959.
- [10] 徐海量,李吉玖,张占江,等. 塔里木河下游退化荒漠河岸林地上植被与土壤种子库关系初探[J]. 中国沙漠,2008,28(4):657-664.
- [11] 石晓东,高润梅,郭晋平,等. 庞泉沟自然保护区河岸林群落的土壤种子库特征[J]. 林业科学研究,2010,23(2):157-164.
- [12] 梁继业,王彦阁,杨晓晖. 鄂尔多斯高原雾冰藜在沙漠—河岸过渡带白刺沙堆上的空间分布特征[J]. 草业科学,2008,25(5):42-47.
- [13] 于春堂,杨晓晖,李朝生. 沙漠—河岸过渡带不同天然植被群落类型防风效应评估[J]. 水土保持研究,2006,13(1):118-132.
- [14] 杨晓晖,于春堂,慈龙骏. 基于栅格数据的沙漠—河岸过渡带白刺沙堆空间格局分析[J]. 林业科学,2009,45(8):1-8.
- [15] B. B. 叶戈罗夫(苏). 土壤盐渍化及其垦殖[M]. 水利部专家工作室,译. 北京:科学出版社,1958.