

榆林飞播林区土壤地球化学特征

孙舒¹ 王让会^{1,2} 王锁民³

摘要

以榆林飞播林区的土壤微生物、土壤养分和土壤可溶性盐为研究对象,对林区土壤可溶性盐的变化规律及其与土壤养分、微生物的相关性进行研究,为水土资源可持续利用以及飞播造林功效的提高提供理论依据。研究表明,研究区土壤属硫酸盐型,土壤层分异特征不显著,土壤仍处于初级发育阶段。土壤总盐与养分的相关性不明显,适当增加 K^+ 利于真菌的存活和生物量的积累,在 1 kg 土壤中,每增加 1 g K^+ ,真菌数量就会增加 14 个左右。在土层表层,适量减少 Cl^- 能促进土壤细菌的生长,在 40 cm 土层的盐分上行过程中出现表聚现象,在土壤中层,出现板结现象,在土壤底层, HCO_3^- 和 Na^+ 质量分数的增加,有利于土壤全氮质量分数的增加,且 HCO_3^- 的影响力最强。

关键词

地球化学;可溶性盐;土壤;飞播林;相关性分析

中图分类号 S728.2

文献标志码 A

收稿日期 2012-08-01

资助项目 国家科技支撑计划(2012BAD16B0305, 2012BAC23B01);中国沙漠气象科学研究基金(Sqj2012006)

作者简介

孙舒,女,硕士生,主要从事景观生态方面的研究。723202795@qq.com

王让会(通信作者),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

地球演化过程中,通过内、外地质营力作用,裸露地表的岩石在风化产物的基础上经过成壤作用,逐渐形成土壤。土壤是土壤-植被-大气连续体(SPAC)系统的重要组成部分^[1-2],是生态系统中诸多生态过程的载体。土壤中的许多微量元素直接影响着动、植物体多种生化过程的正常进行^[3]。土壤地球化学通过对成土因素、土壤与母岩化学成分继承关系及土壤环境中各种地球化学作用过程的研究揭示土壤发生、演变规律。对水盐耦合关系、景观格局变化、植被生物量变化规律等的研究是干旱区地球化学特征研究的热点领域。其中,对土壤可溶性盐分的研究,国内外学者已从不同侧面进行了较为深入的研究^[4-7]。代杰瑞等^[8]研究了山东省东部地区 54 种元素或指标的土壤地球化学基准值和背景值与全国土壤的差异,认为深层土壤元素地球化学含量可表征表层土壤原始沉积的地球化学含量。宫进忠等^[9]通过研究 30 多种重要中草药地道产区土壤中的 39 种元素和氧化物的含量特征,得出不同产区土壤化学成分差异十分显著,药理性能与产区地球化学背景之间存在着密切关系。文献^[10-11]指出了硫的地球化学循环特征在湿地生态系统中的重要作用,并表明湿地的各生物量是通过一系列地球化学过程联系在一起的。Ocampo 等^[12]研究了澳大利亚西部农田积水区径流产生与地球化学的耦合机制。

罗襄生等^[13]在研究河南飞播林时提出,合理的种植模式有利于增加林区土壤微生物数量,降低土壤容重,提高总孔隙度和速效养分,可改善和提高土壤肥力。漆良华等^[14]通过对湖南省 3 种不同密度类型的马尾松飞播林地的养分循环进行研究,指出钾元素循环较快,磷元素循环较慢,进行林木施肥时可适当少施钾肥,多施一点磷肥。也有学者在对醴陵市大林乡马尾松飞播林地土壤微生物的类群、数量、分布与土壤肥力关系进行研究后发现,林地土壤中各类微生物除厌气性细菌外,主要集中在 0~20 cm 的土层,并随着土层深度的增加,微生物数量有规律的减少^[15]。

陕西省自 1958 年飞播造林以来,生物多样性得到了有效保护,土壤物理结构得到了改善,生态系统的脆弱性明显降低,林区保持了良好的水土质量,为飞播林的生长提供了良好的土体。该地区长期开展以植物措施为主的综合治理应用研究与开发利用沙区生物资源的产业开发研究,为防治风沙危害、改善生态环境、促进区域经济发展,提

1 南京信息工程大学 环境科学与工程学院, 南京,210044

2 中国气象局 树木年轮理化研究重点开放实验室,乌鲁木齐,830002

3 陕西省飞机播种造林工作站,西安,710082

供了科学依据、先进适用技术以及治理开发模式. 但由于地处毛乌素沙漠和黄土高原过渡带, 生态环境仍然十分脆弱, 造林绿化工作中仍然存在一些突出问题. 本文通过研究土壤化学特征, 为土壤结构改善、土壤肥力提高及生态系统的稳定性研究提供实验依据, 期望对榆林飞播林的集约经营、高效生产有一定的指导意义.

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

研究区地处陕西省北部, 毛乌素沙地南缘, 大体以古长城为界, 南部为黄土丘陵沟壑区, 北部为风沙草滩区. 位于 $107^{\circ}15' \sim 110^{\circ}45'E$, $37^{\circ}22' \sim 39^{\circ}25'N$, 属暖温带和温带半干旱大陆性季风气候, 四季分明, 日照时间长, 年平均日照时数为 $2\ 593 \sim 2\ 914\ h$, 无霜期短, 平均在 $134 \sim 169\ d$, 年平均气温 $10\ ^{\circ}C$, 年平均降水 $400\ mm$ 左右. 自然灾害较多, 每年都有不同程度的干旱、冰雹、霜冻、暴雨和大风等自然灾害发生, 具有明显的大陆性气候和沙地气候特征. 沙区总面积达 $2.09\ 万\ km^2$, 占全市土地总面积的 48% , 风沙危害严重. 全市造林保存面积 $2\ 007\ hm^2$, 林木覆盖率由 20 世纪 50 年代的 0.9% 提高到 30.7% . 榆林风沙地貌类型主要有沙丘、沙地、沙丘草滩、草滩盆地、覆沙黄土梁及风沙河谷等. 飞播树种主要以豆科植物花棒、羊柴、沙打旺为主. 研究区内主要人工植被以沙蒿、踏郎、沙竹和臭蒿为主.

1.2 研究方法

针对榆林飞播林区自然地理背景以及生态景观特征, 结合飞播林区植被组成、分布特点、林分状况,

设置 $5\ m \times 5\ m$ 标准样地, 取编号为 YL001—YL010 的 10 个样地(图 1). 在 YL001—YL010 样地内挖深度为 $100\ cm$ 的土壤剖面, 分别于 $0 \sim 20$ 、 $20 \sim 40$ 、 $40 \sim 60$ 、 $60 \sim 80$ 以及 $80 \sim 100\ cm$ 深处用环刀取样, 其中 YL005 只取 $40 \sim 60$ 和 $60 \sim 80\ cm$ 2 个土层, 共选定 47 个研究样本. 利用手持 GPS 对样地进行经纬度测量, 土壤 pH 值采用酸碱度计 ($1:2.5$ 土水质量比) 测定, 采用半微量凯式法测定全氮, CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 的测定采用双指示剂中和法, Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 的测定采用 EDTA 络合滴定法, Cl^- 的测定采用 $AgNO_3$ 滴定法, K^+ 和 Na^+ 的测定采用火焰光度法, SO_4^{2-} 的测定采用 EDTA 间接滴定法. 样地调查主要包括生态因子调查、灌草层生物量测定、土壤剖面调查等. 灌草调查包括植被名称、株数、盖度、平均高度、生长状况及分布状况等. 主要分析方法采用常规分析法, 利用 Excel 2003 和 SPSS 8.1 分析数据.

2 地球化学特征分析

2.1 地球化学元素的分布规律

不同离子在土壤中具有不同的迁徙过程, 并随土层深度变化表现出不同的变化规律^[16]. 土壤在形成过程中受气候、植被、母质等因素的综合作用, 表现出不同的土壤理化性状, 影响生长其上的植物.

由表 1 可以看出, 各土层的 pH 值均大于 7, 呈弱碱性, 空间变异性小. 土壤可溶性总盐质量分数相对稳定, 均值单位为 g/kg , 无明显的规律. 各指标的垂直变异不明显, 说明在干旱条件下, 样地土壤层分异特征不显著, 土壤仍处于初级发育阶段. $0 \sim 100\ cm$ 深度范围, 从上至下各土层的 Cl^- 与 SO_4^{2-} 的

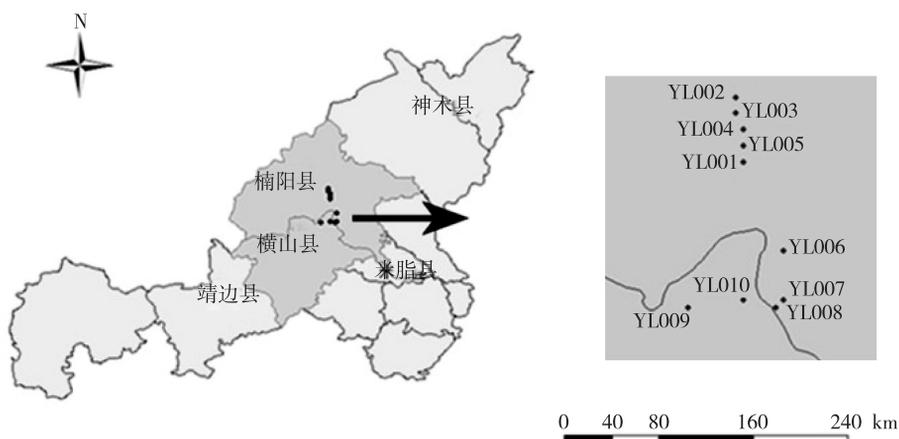


图 1 榆林飞播林区内样地分布

Fig. 1 Sample area distribution of Yulin aerial seeding forest

表1 0~100 cm 土层地球化学元素质量分数及 pH 值

Table 1 Geochemical element mass fraction and pH within 0-100 cm layer

土层深度/ cm	Cl ⁻		SO ₄ ²⁻		Ca ²⁺		Mg ²⁺	
	均值/(g/kg)	变异系数	均值/(g/kg)	变异系数	均值/(g/kg)	变异系数	均值/(g/kg)	变异系数
0~20	3.73	1.23	19.54	0.45	1.87	0.51	2.65	1.12
20~40	2.32	0.92	14.21	0.52	1.78	0.60	1.72	1.14
40~60	7.67	1.91	31.19	1.14	3.05	1.51	1.51	0.62
60~80	3.60	1.52	19.41	0.86	2.19	0.61	1.69	0.77
80~100	2.26	1.43	16.41	1.38	1.89	0.54	1.30	1.06

土层深度/ cm	pH		CO ₃ ²⁻ + HCO ₃ ⁻		Na ⁺ + K ⁺		总盐	
	均值	变异系数	均值/(g/kg)	变异系数	均值/(g/kg)	变异系数	均值/(g/kg)	变异系数
0~20	7.26	0.02	92.86	0.63	1.82	0.62	24.22	0.60
20~40	7.16	0.02	80.66	0.32	1.20	0.40	19.30	0.28
40~60	7.18	0.02	96.59	0.43	1.65	0.49	20.56	0.32
60~80	7.13	0.01	85.40	0.42	1.80	0.42	24.21	0.50
80~100	7.14	0.02	96.92	0.34	2.00	0.50	26.63	0.58

质量比分别为:0.19、0.16、0.25、0.19 和 0.14,由 Cl⁻ 与 SO₄²⁻ 的质量比 ≤ 0.5 时为硫酸盐型盐土^[17] 可知,该地区盐土类型主要是硫酸盐型.盐分上下运动以 Cl⁻ 最为活跃, Mg²⁺ 次之, CO₃²⁻ 较稳定. Cl⁻ 表现出 4 次强变异(变异系数大于 1), Mg²⁺ 表现出 3 次强变异,表明这 2 种离子运移活跃,其原因可能是深层土壤渗透条件好、受蒸发影响大.

图 2 中的 6 条曲线分别代表不同种类的盐分.可见,在 0~40 cm 范围内的各可溶性盐类上行过程中,盐分呈现表聚现象,其中碳酸盐表聚性最为强烈,硫酸盐次之,各可溶性盐的最大值均出现在 40~60 cm 土层,导致这种现象的原因可能是不合理的放牧以及大量使用化肥改变了土壤团粒结构,土壤中层出现板结,致使盐分在中层积累.本地区土壤元素除 Cl⁻、Mg²⁺ 外,其他各种盐分质量分数在土壤表层和下层基本一致,说明飞播林区受成土因素限制,特别是土壤水分条件的限制,而化学风化作用、成土过程和剖面发育均很微弱,大部分元素在土壤剖面中的上下迁移和分异程度也很小,各种土壤元素质量分数主要取决于成土母质因素^[18-19].

研究区土壤盐分的空间分布采用 SPSS 非参数检验法和描述分析检索法,依据数据样本量 $n \leq 2000$ 时,结果以 Shapiro-Wilk 为准的原则^[20],得出只有 HCO₃⁻、Na⁺ 属于正态分布.图 3、4 分别表示 HCO₃⁻、Na⁺ 的 Q-Q 图.可见样本点呈围绕第一象限对角线的直线,对两者的正态分布进行了验证.其他可溶性盐如 Cl⁻、SO₄²⁻、Mg²⁺、Ca²⁺、K⁺ 的分布为正偏态(朝左偏),且较陡峭.这一现象表明土壤板

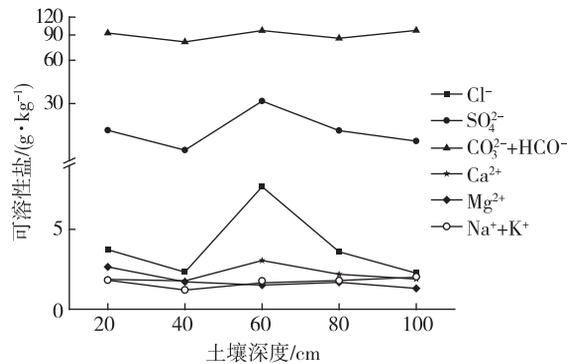


图2 0~100 cm 土层可溶性盐质量分数
Fig. 2 Mass fraction of soil soluble salt within 0-100 cm soil layer

结对 HCO₃⁻ 和 Na⁺ 的影响最明显.此结论对针对性地改善土壤结构,科学合理地管理林区种植有着积极的意义,为林区可持续经营提供了理论依据.

2.2 土壤养分与地球化学元素分析

土壤地球化学特征的演变受多种物质体系、结构体系、功能体系和能量系统的共同作用与控制.在各种因素共同作用下,研究区表现出以沙漠化为主要表征的脆弱生态景观特征.土壤的各种营养元素能够促进土壤疏松和形成团粒结构,从而改善土壤的物理性质.分析土壤可溶性盐与养分的相关性,有助于对地球化学环境演变规律的认识.

在碱性土壤背景下,本研究选取有机碳和全氮作为土壤养分指标,并与土壤可溶性盐的相关性进行分析.结果表明:在 20~40 cm 土层,只有 K⁺ 与全氮具有显著正相关性,相关系数为 0.718;在 80~

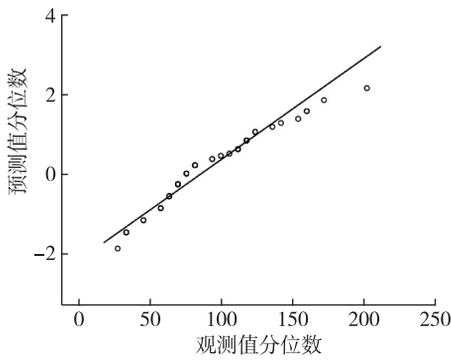


图3 HCO₃⁻ 的标准 Q-Q 图

Fig. 3 Standard Q-Q diagram of HCO₃⁻

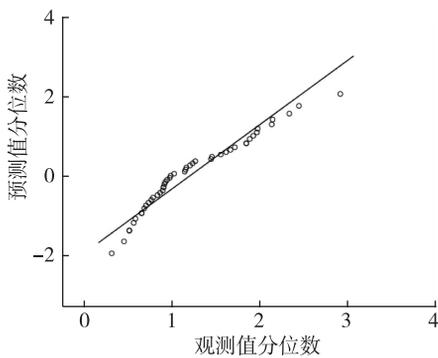


图4 Na⁺ 的标准 Q-Q 图

Fig. 4 Standard Q-Q diagram of Na⁺

100 cm 土层,全氮与 Na⁺ 具有显著正相关性,与 HCO₃⁻ 具有极显著正相关性,相关系数分别为 0.682、0.824;其他各土层盐分与土壤养分的相关性都不显著.说明在 20~40 cm 土层,K⁺ 越高的土壤,全氮质量分数越高;在 80~100 cm 土层,增加 Na⁺、HCO₃⁻ 的质量分数,有利于土壤全氮质量分数的增加,且 HCO₃⁻ 的影响力最明显.

由表 2 可知,表层土壤的土壤总盐与有机碳、全氮的相关性在 0.05 的水平上均不明显,说明这 2 种养分对表层土壤可溶性总盐的贡献不显著.图 5 为各样地表层土壤总盐、有机碳和全氮质量分数分布.从图 5 中可以看出:YL008 样地土壤总盐与有机碳同时出现最大值,表明在 YL008 样地,增加有机碳的质量分数有利于土壤总盐量的提高;土壤总盐的空间分布不均匀,空间差异性很大,而全氮在整个土壤表层的分布比较稳定,质量分数相对也较低,出现这种分布状况的原因可能是林区植被覆盖不均匀所致,导致土壤盐分质量分数不同,盐渍化程度也不同.这也证明飞播林在改良土壤盐渍化中的巨大作用.

表 2 表层土壤(0~20 cm)养分与总盐质量分数相关系数
Table 2 Correlation coefficient of nutrient and total salt mass fraction within surface soil layer (0-20 cm)

成分	参数	总盐	有机碳	全氮
总盐	Pearson 相关性	1.000		
	显著性			
	样本数	9		
有机碳	Pearson 相关性	0.334	1.000	
	显著性	0.380		
	样本数	9	9	
全氮	Pearson 相关性	-0.172	0.370	1.000
	显著性	0.658	0.327	
	样本数	9	9	9

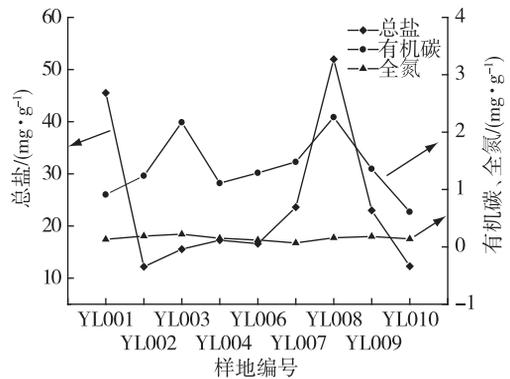


图5 表层土壤(0~20 cm)总盐、有机碳、全氮的分布

Fig. 5 Distribution of total salt, organic carbon, total nitrogen content within surface soil layer (0-20 cm)

2.3 土壤微生物与地球化学元素的相关性

土壤微生物是地球化学循环过程中的重要成员,在生态系统的能量流动和物质循环中具有重要作用,同时对沙丘的固定发挥着重要作用.其中,细菌可产生胞外代谢物,如多糖、脂类和蛋白质,起到胶结作用以稳定团聚体^[21].放线菌在生态系统的物质循环、促进土壤形成团粒结构及改良土壤中起着重要作用^[22].研究不同生境条件下的土壤微生物类群的数量及其与土壤可溶性盐分的相关性,对飞播林土壤微生物数量的研究以及土地沙化的监测具有重要的现实意义.

研究选取细菌、真菌和放线菌作为土壤微生物指标,对 3 项土壤微生物指标与土壤可溶性盐的相关性进行分析.研究表明:在 0~20 cm 土层中,只有细菌与 Cl⁻、放线菌与 HCO₃⁻、真菌与总盐相关性显著,相关系数分别为 -0.741、0.701、0.667.在 80~100 cm 土层中,只有放线菌分别与 SO₄²⁻、K⁺ 呈显著

相关,相关系数分别为 0.814、0.745,其中放线菌与 SO_4^{2-} 具有极显著相关性;在 20~80 cm 土壤层中,可溶性盐与微生物的相关性不明显,且 3 种菌类在每层的数量也有所不同.因此,在不同土壤层中微生物的变化规律及其与土壤可溶性盐的相关性存在着差异.

在 0~100 cm 土层,分别对细菌、真菌和放线菌的菌落数进行比较分析,发现不同微生物类群之间细菌最多,放线菌最少.利用双变量分析,在 0.01 水平上,只有真菌和 K^+ 呈现极显著正相关性,相关系数达 0.375,其他的相关性不显著,表明土壤钾素营养的提高有利于真菌的存活和生物量的积累.真菌数量与 K^+ 质量分数的线性方程为: $y_{\text{真菌}} = 2.509 + 14.577x_{\text{K}^+}$,即 1 kg 土壤中,每增加 1 g K^+ ,真菌数量就会增加 14 个左右.

3 结论

土壤是植被演替的重要环境条件,飞播造林技术的发展也加快了区域土壤的演变^[23-24].我国科学家从不同角度对土壤肥力和土壤质量评价,以及土壤元素的迁移等方面进行了探讨,取得大量的成果.

本研究通过探讨榆林飞播林区的土壤地球化学特征,揭示出各种因子共同作用下的地球化学元素在林区的土壤中表现出的特征和变化规律.

1) 研究区土壤属硫酸盐型,土壤空间变异性小,土壤层分异特征不显著,土壤仍处于初级发育阶段.在整个土层中,土壤可溶性总盐的质量分数相对稳定,盐分的上下运动以 Cl^- 最为活跃, Mg^{2+} 次之, CO_3^{2-} 较稳定, HCO_3^- 与 Na^+ 在整个土层呈正态分布.

2) 在 0~40 cm 土层范围内的各易溶性盐类上行过程中,盐分呈现表聚现象,其中碳酸盐表聚性最为强烈,硫酸盐次之.各可溶性盐的最大值均出现在 40~60 cm 土层,土壤中层出现板结,表明林区存在不合理施肥现象,应合理配置资源,适量增加钙镁元素的含量.各盐分含量在土壤底层和表层基本一致,这一结论与深层土壤元素地球化学含量可表征表层土壤原始沉积的地球化学含量这一说法相符.

3) 从表层土壤(0~20 cm)来看,土壤总盐与有机碳、全氮的相关性在 0.05 的水平上均不明显;在 20~40 cm 土层, K^+ 与全氮呈正相关;在 80~100 cm 土层,全氮与 Na^+ 具有显著正相关性,与 HCO_3^- 具有极显著正相关性,相关系数分别为 0.682、0.824;其

他各土壤层盐分与土壤养分的相关性都不显著.

4) 表层土壤中的 Cl^- 与细菌、 HCO_3^- 与放线菌、总盐与真菌的相关性显著,相关系数分别达 -0.741、0.701 和 0.667;在 20~80 cm 土壤层中,可溶性盐与微生物的相关性均不明显.1 kg 土壤中,每增加 1 g K^+ ,真菌数量就会增加 14 个左右.

参考文献

References

- [1] 栾进华,王伟,黄波,等.渝东北奉节地区土壤地球化学特征分析[J].华北农学报,2010,25(增刊2):45-48
LUAN Jinhua, WANG Wei, HUANG Bo, et al. Chongqing northeast Fengjie region soil geochemistry characteristic analysis [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2010, 25 (sup 2): 45-48
- [2] 王政权,王庆成.森林土壤物理性质的空间异质性研究[J].生态学报,2000,20(6):945-950
WANG Zhengquan, WANG Qingcheng. The spatial heterogeneity of soil physical properties in forests [J]. Acta Ecologica Sinica, 2000, 20(6): 945-950
- [3] 于磊,张柏,朱颜明,等. GIS 支持下的黑土区环境地球化学空间特征研究:以黑龙江省黑土区为例[J].水土保持学报,2003,17(3):124-126
YU Lei, ZHANG Bai, ZHU Yanming, et al. Study on environmental geochemistry spatial characteristic of black soil based on GIS: A case study on black soil region of Heilongjiang [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2003, 17(3): 124-126
- [4] Ciais P, Tans P P, Trolier M, et al. A large northern hemisphere terrestrial CO_2 sink indicated by $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ of atmospheric CO_2 [J]. Science, 1995, 269 (5227): 1098-1102
- [5] 郭占荣,刘花台.西北内陆灌区土壤次生盐渍化与地下水动态调控[J].农业环境保护,2002,21(1):45-48
GUO Zhanrong, LIU Huatai. Secondary salinification of soil and dynamic control of groundwater in irrigation area of inland basin, northwestern China [J]. Agro-environmental Protection, 2002, 21(1): 45-48
- [6] 王玉刚,肖笃宁,李彦.流域尺度绿洲土壤盐分的空间异质性[J].生态学报,2007,27(12):5263-5270
WANG Yugang, XIAO Duning, LI Yan. Spatial heterogeneity of soil salinity in oasis at catchment scale [J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(12): 5263-5270
- [7] 王洪岩,王文杰,邱岭,等.兴安落叶松林生物量、地表枯落物量及土壤有机碳储量随林分生长的变化差异[J].生态学报,2012,32(3):834-843
WANG Hongyan, WANG Wenjie, QIU Ling, et al. Differences in biomass, litter layer mass and SOC storage chan-

- ging with tree growth in *Larix gmelinii* plantations in Northeast China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32 (3):834-843
- [8] 代杰瑞, 庞绪贵, 喻超, 等. 山东省东部地区土壤地球化学特征及污染评价 [J]. *中国地质*, 2011, 38 (5): 1388-1395
DAI Jierui, PANG Xugui, YU Chao, et al. Geochemical features and contamination assessment of soil elements in east Shandong Province [J]. *Geology in China*, 2011, 38 (5): 1388-1395
- [9] 宫进忠, 张瑞春, 李广平. 中国地道药材产区土壤地球化学 [J]. *物探与化探*, 2009, 33 (4): 449-452
GONG Jinzhong, ZHANG Ruichun, LI Guangping. Soil geochemistry of the producing areas of genuine traditional Chinese medicine [J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2009, 33 (4): 449-452
- [10] Howarth R W, Teal J M. Sulfate reduction in a New England salt marsh [J]. *Limnology & Oceanography*, 1979, 24 (6): 999-1013
- [11] Mandernack K W, Lynch L, Krouse H R, et al. Sulfur cycling in wetland peat of the New Jersey Pinelands and its effect on stream water chemistry [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2000, 64 (23): 3949-3964
- [12] Ocampo C J, Sivapalan M, Oldham C E. Field exploration of coupled hydrological and biogeochemical catchment responses and a unifying perceptual model [J]. *Advances in Water Resources*, 2006, 29 (2): 161-180
- [13] 罗襄生, 吴国新, 孔令省. 河南省飞播林防火问题的探讨 [J]. *河南林业科技*, 2000, 20 (1): 24-25
LUO Xiangsheng, WU Guoxin, KONG Lingsheng. Discussion about the fire prevention of aerial-seeding forest in Henan Province [J]. *Journal of Henan Forestry Science and Technology*, 2000, 20 (1): 24-25
- [14] 漆良华, 庞统, 陈晓萍, 等. 湖南省马尾松飞播林的养分循环研究 [J]. *中南林学院学报*, 2003, 23 (2): 27-32
QI Lianghua, PANG Tong, CHEN Xiaoping, et al. A study of the nutrient cycle in aerially seeded *Pinus massoniana* of Hunan Province [J]. *Journal of Central South Forestry University*, 2003, 23 (2): 27-32
- [15] 周德明, 陈晓萍, 张建湘, 等. 马尾松飞播林地土壤微生物的研究 [J]. *中南林学院学报*, 2002, 22 (3): 60-62
ZHOU Deming, CHEN Xiaoping, ZHANG Jianxiang, et al. Study of soil microorganisms in air-sowing *Pinus massoniana* stands [J]. *Journal of Central South Forestry University*, 2002, 22 (3): 60-62
- [16] 付秋萍, 张江辉, 王全九, 等. 塔里木盆地土壤盐分变化特征分析 [J]. *自然科学进展*, 2007, 17 (8): 1091-1097
FU Qiuping, ZHANG Jianghui, WANG Quanjiu, et al. Analysis of soil salinity variation characteristics in Tarim basin [J]. *Progress in Natural Science*, 2007, 17 (8): 1091-1097
- [17] 余敦和. 灌区土壤盐渍化现状及改良、防治措施建议 [J]. *甘肃农业*, 2004 (11): 65-66
YU Dunhe. Present situation and improvement of soil salinization/prevention and control measures suggestion in Irrigation area [J]. *Gansu Agriculture*, 2004 (11): 65-66
- [18] 中国科学院塔克拉玛干沙漠综合科学考察队. 塔克拉玛干沙漠地区土壤和土地资源 [M]. 北京: 科学出版社, 1994
Comprehensive Scientific Expedition Team of the Taklimakan Desert in the Chinese Academy of Sciences. Soil and land resources in the Taklimakan desert [M]. Beijing: Science Press, 1994
- [19] 李天杰, 郑应顺, 王云. 土壤地理学 [M]. 2 版, 北京: 高等教育出版社, 1983
LI Tianjie, ZHENG Yingshun, WANG Yun. Soil geography [M]. 2nd Ed. Beijing: Higher Education Press, 1983
- [20] 朱红兵, 何丽娟. 在 SPSS10.0 中进行数据资料正态性检验的方法 [J]. *首都体育学院学报*, 2004, 16 (3): 123-125
ZHU Hongbing, HE Lijuan. Methods of normal test of data in SPSS10.0 [J]. *Journal of Capital College of Physical Education*, 2004, 16 (3): 123-125
- [21] 李占宏, 樊永军, 高将, 等. 毛乌素沙地根际土壤微生物数量与植物盖度相关性的初步研究 [J]. *微生物学杂志*, 2011, 31 (6): 53-56
LI Zhanhong, FAN Yongjun, GAO Jiang, et al. Reciprocity of rhizospheric soil microbial quantity and plant coverage in Mu Us sandy land [J]. *Journal of Microbiology*, 2011, 31 (6): 53-56
- [22] 许冬梅, 王堃. 毛乌素沙地南缘生态过渡带土壤微生物特征 [J]. *中国沙漠*, 2007, 27 (5): 805-808
XU Dongmei, WANG Kun. Characteristics of soil microbe in southern ecotone of Mu Us sandy land [J]. *Journal of Desert Research*, 2007, 27 (5): 805-808
- [23] 刘鸿雁, 黄建国. 缙云山森林群落次生演替中土壤理化性质的动态变化 [J]. *应用生态学报*, 2005, 16 (11): 2041-2046
LIU Hongyan, HUANG Jianguo. Dynamics of soil properties under secondary succession forest communities in Mt. Jinyun [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16 (11): 2041-2046
- [24] 庞学勇, 刘庆, 刘世全, 等. 川西亚高山云杉人工林土壤质量性状演变 [J]. *生态学报*, 2004, 24 (2): 261-267
PANG Xueyong, LIU Qing, LIU Shiquan, et al. Changes of soil fertility quality properties under subalpine spruce plantation in western Sichuan [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (2): 261-267

Geochemical characteristics of the soil in Yulin aerial seeding forest

SUN Shu¹ WANG Ranghui^{1,2} WANG Suomin³

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

2 Key Open Laboratory of Tree-ring Physical Chem Research of China Meteorological Administration, Urumqi 830002

3 Aircraft Seeding Afforestation Workstation of Shaanxi Province, Xi'an 710082

Abstract To the soil microorganisms, soil nutrient and soil soluble salt of Yulin aerial seeding forest as the object of study, research on the variation law of forest soil soluble salt and the correlation to soil nutrient and microorganism, in order to provide a theoretical basis for the sustainable utilization of water resources and the improvement of forestation effect by aerial seeding effect. The results show that the study area soil genus sulfate type, soil layer distribution is not significant, the soil is still at the primary stage of development. In the soil surface, moderate reduction of chlorine ion can promote the growth of bacteria in soil. Soil salt and nutrient correlation is not obvious, appropriate concentration of potassium ions increase can be benefit to fungus survival and biomass accumulation. While additional 1 gram of potassium ions the number of fungi will increase by almost 14 in 1 kg. In the soil layer of 0-40 cm, soluble salt presents surface aggregation phenomenon in the uplink process, meanwhile, the salt present surface aggregation phenomenon in the middle of soil layer. The increasing of Na^+ and HCO_3^- contents is favorable to the increase of total soil nitrogen content and the HCO_3^- is of the most obvious influence in the bottom of soil layer.

Key words geochemical; soluble salt; soil; aerial seeding forest; correlation analysis