

银川平原草甸湿地土壤盐分组成特征研究

吴春燕¹, 夏贵菊¹, 何彤慧¹, 于 骥¹, 赵永全²

(1. 宁夏大学 西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室, 西北土地退化与生态恢复省部共建国家重点实验室培育基地, 宁夏 银川 750021; 2. 湖北医药学院, 湖北 十堰 442000)

摘 要:干旱地区草甸湿地是容易发生盐分积累的区域,以银川平原草甸湿地为研究对象,采用野外调查和室内试验相结合的方法,旨在找出银川平原草甸湿地盐分的主要组成成分,为湿地恢复提供科学指导。结果表明:土壤全盐、pH 与大部分盐分离子都呈显著或极显著正相关或负相关, Na^+ 、 Cl^- 与大部分离子之间都呈显著或极显著相关关系。所有盐分离子的主成分分析表明,在 0~30 cm 土壤 Na^+ 、 Cl^- 、 $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ 是研究区的主要盐分离子,在 30~100 cm 土壤 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 是研究区盐分累积的主要盐分离子。因此, Na^+ 、 Cl^- 是银川平原草甸湿地的主要盐分离子,应着重对这 2 种离子进行消减。

关键词:土壤盐分;组成特征;银川平原;草甸湿地

中图分类号:S 155.5⁺5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)13-0168-05

银川平原地处我国西北内陆干旱区,由于具有特殊的地理位置,形成了众多的湖泊湿地,目前银川城市湿地面积约 5.3 万 hm^2 ,占全市国土面积的 5.65%。其中,自然湿地近 3 万 hm^2 ^[1],生态功能明显,生物多样性丰富,是鸟类水禽的重要栖息地。银川平原的降雨量稀少,蒸发量大,水是盐分运动的载体,遵循“盐随水来,盐随水去”的规律;在地下水浅埋深的条件下,地下水中的盐分很容易通过毛管的作用不断向地表运动,造成土壤发生不同程度的盐分富集^[2]。草甸湿地因为靠近水面,地下水位高,处于土壤发生盐渍化的临界水位区间,因此草甸湿地是最容易发生盐分累积的区域。盐分的积累会使植物的生境发生改变,促使植物向盐生、荒漠化转变,进而导致整个生态环境恶化^[3]。

土壤中的可溶性盐常以离子形式存在,由于盐分离子浓度过高对植物造成的伤害称为盐害。大部分指钙盐、镁盐、钠盐生成的 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 等离子毒害,这些离子在含量非常高的情况下才会产生毒害,由于其浓度高,除了产生直接伤害作用以外,还会产生次生伤害作用^[4]。另外,土壤中某些盐分离子的含量过高还会使另一些离子缺乏,例如,盐碱土

中 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 Cl^- 等离子含量过高,会使得土壤中 K^+ 、 HPO_4^{2-} 、 NO_3^- 等离子的缺乏。当土壤中 Na^+ 浓度过高时,植物对 K^+ 的吸收就会减少,同时也容易发生磷和钙缺乏。如果土壤中 SO_4^{2-} 离子含量太高,就造成植物缺钙,使植物体根部叶子发红或者直接脱落^[5]。

对银川平原的土壤盐渍化的研究,以往主要集中在灌区^[6-9],对湿地的研究还比较少,现以银川平原草甸湿地为研究对象,旨在找出银川平原草甸湿地盐分的主要组成成分,为恢复银川平原草甸湿地提供科学指导。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

银川平原是中国西北地区的重要商品粮基地。位于贺兰山与鄂尔多斯高原之间,地质构造上为断陷盆地,经黄河及平原湖沼长期淤积而成。南起自青铜峡,北迄石嘴山,自北向东延展 165 km;西至贺兰山山前冲积扇边缘,东至鄂尔多斯台地边界,宽 40~50 km;面积约 7 978 km^2 ^[10-11]。海拔 1 100~1 200 m,自南向北缓缓倾斜,地面坡降由 0.6‰~1.0‰不等。该地区由于地势平坦,土层深厚,引水方便,利于自流灌溉,有着近 2 000 年的垦殖历史。银川平原处于温带干旱地区,日照充足,年均日照时数 3 000 h,无霜期约 160 h。热量资源丰富,10℃以上活动积温约 3 300℃。气温日较差大,平均气温 13℃,有利于作物的生长发育和营养物质积累。

银川平原虽属于干旱地区,但历史上曾是一个湖沼密布的水乡泽国,是古老的引黄灌区,湖泊湿地资源丰富,历史上七十二连湖为银川赢得了“高原湖城”的美

第一作者简介:吴春燕(1990-),女,硕士研究生,研究方向为植物生态与生态恢复。E-mail:1362249662@qq.com。

责任作者:何彤慧(1964-),女,博士,教授,现主要从事生态系统监测评估与环境变化和湿地生态恢复等研究工作。E-mail:hetonghui@163.com。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41361095)。

收稿日期:2016-03-22

称。20 世纪 50 年代初至 70 年代末以来,为解决粮食问题,大规模围垦造田,开荒种粮,湿地面积不断缩小,加上水资源的不合理利用,导致土壤出现次生盐渍化。

1.2 试验方法

于 2014 年 6—7 月在银川平原草甸湿地共设置样地 57 个,每个样地上,在垂直方向上用土钻分层取样,取样层次分别为 0~10、11~20、21~30、31~40、41~50、51~60、61~70、71~80、81~90、91~100 cm,每个样地 2~3 次重复,共取 1 230 个土壤样品。在采样的同时,记录采样点经纬度位置、水深、采样点周围有无农作物种植、环境是否遭到破坏等信息。将土壤样品带回实验室,放在通风处自然风干,风干后过 0.45 mm 的筛备用,所有的土样均制备 1:5 土水比浸提液,准确称量 50.000 g 的土壤样品放置于塑料瓶中,加入 250 mL 蒸馏水,将塑料瓶置于振荡器上振荡 30 min 后,将震荡好的土壤溶液用离心机进行离心,速度为 $3\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,30 min 后获得的上清液过滤后装入容量瓶中,并立即测量其电导率、pH 及 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} ,再测定 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 。

1.3 项目测定

土壤全盐用电导法进行测定;pH 用 pH 计测定; HCO_3^- 的测定采用硫酸滴定法,pH>8 酚酞呈红色,pH 7~8 甲基橙呈黄色,吸取土壤浸提液 10 mL 放入三角瓶中,加酚酞指示剂 2 滴,若呈粉红色,则表示 CO_3^{2-} 存在,以标准硫酸滴定至无色,记录用量 V1,继续加甲基橙指示剂 2 滴,用硫酸滴定,由黄转为橙红色为止,记录用量 V2,滴定过的土液连续测 Cl^- 。 Cl^- 用标准 AgNO_3 向土壤溶液中滴加铬酸钾指示剂 1~2 滴,用标准 AgNO_3 滴

定至产生微红色沉淀为止,记录 AgNO_3 的量。 SO_4^{2-} 的测定采用 EDTA 间接滴定法, Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 采用原子吸收分光光度法测定。

1.4 数据分析

运用 SPSS 17.0 软件对每个样地的各生态因子和群落生长指标进行方差分析、主成分分析、相关性分析。

2 结果与分析

2.1 草甸土壤盐分的相关性分析

从表 1 可以看出,土壤全盐与阳离子中 Na^+ 、 K^+ 呈极显著正相关,相关系数分别达到了 0.940 和 0.693,与 Cl^- 呈极显著正相关,相关系数达到了 0.945;与 SO_4^{2-} 、土壤 pH 呈显著正相关。各离子之间的相关性表明, Na^+ 与 K^+ 、 Cl^- 、pH 呈极显著正相关,相关系数分别为 0.687、0.904、0.361;与 SO_4^{2-} 呈显著正相关。 K^+ 与 Cl^- 、pH 呈极显著正相关,与其它离子之间的相关性不显著。 Ca^{2+} 与 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 的相关性达到了极显著水平,与 pH 呈显著负相关,相关系数为 -0.326。 Mg^{2+} 也与 SO_4^{2-} 呈极显著正相关,与 pH 呈显著负相关。由于 CO_3^{2-} 在该研究区只有部分样地含有,这里就以 HCO_3^- 来代替 $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$, HCO_3^- 只与 pH 呈极显著相关; Cl^- 与 Na^+ 、 K^+ 、TS、pH 都呈极显著正相关,与 SO_4^{2-} 呈显著正相关。除了 SO_4^{2-} 以外,pH 与全盐和其它各盐分离子都呈显著或极显著相关,与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 呈显著负相关,与 TS 呈显著正相关,与 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 、 HCO_3^- 呈极显著正相关。综上所述,研究区 0~30 cm 土壤盐分主要受 Na^+ 与 K^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 的控制。

表 1 0~30 cm 土壤各指标的关系矩阵

Table 1 Correlation matrix of the indexes of 0—30 cm soil

	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$	Cl^-	SO_4^{2-}	全盐(TS)	pH
Na^+	1	0.687 **	0.155	0.171	-0.041	0.904 * *	0.315 *	0.940 * *	0.361 * *
K^+	0.687 * *	1	0.198	0.217	0.158	0.670 * *	0.258	0.693 * *	0.378 * *
Ca^{2+}	0.155	0.198	1	0.861 * *	-0.247	0.213	0.460 * *	0.172	-0.326 *
Mg^{2+}	0.171	0.217	0.861 * *	1	-0.203	0.211	0.535 * *	0.172	-0.264 *
$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$	-0.041	0.158	-0.247	-0.203	1	-0.017	-0.087	-0.021	0.672 * *
Cl^-	0.904 * *	0.670 * *	0.213	0.211	-0.017	1	0.303 *	0.945 * *	0.369 * *
SO_4^{2-}	0.315 *	0.258	0.460 * *	0.535 * *	-0.087	0.303 *	1	0.289 *	-0.027
全盐(TS)	0.940 * *	0.693 * *	0.172	0.172	-0.021	0.945 * *	0.289 *	1	0.310 *
pH	0.361 * *	0.378 * *	-0.326 *	-0.264 *	0.672 * *	0.369 * *	-0.027	0.310 *	1

注:* * 表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关;* 在 0.05 水平(双侧)上显著相关。下同。

Note: * * indicates significant at 0.01 level; * indicates significant at 0.05 level. The same below.

从表 2 可以看出,30~100 cm 土壤全盐表现为与 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、pH 呈极显著正相关,与 HCO_3^- 呈显著正相关。阳离子中 Na^+ 与 K^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、TS、pH 都呈极显著正相关,与 Mg^{2+} 呈显著正相关,相关系数为 0.331。 K^+ 与 Na^+ 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、TS、pH 呈极显著正相关。 Ca^{2+} 与 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 达到了极显著水平。 Mg^{2+} 与 Ca^{2+} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 呈极显著正相关,与 Na^+ 呈显著正

相关。阴离子中 HCO_3^- 与 K^+ 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、pH 呈极显著正相关,相关系数分别为 0.486、0.426、0.438、0.750,与 TS 呈显著正相关。 Cl^- 与 Na^+ 、 K^+ 、 SO_4^{2-} 、TS、pH 呈极显著正相关。除了 K^+ 与 pH 外, SO_4^{2-} 与其它指标都呈极显著正相关;pH 除了与 Mg^{2+} 与 SO_4^{2-} 相关性不显著外,与其它各指标都呈显著或极显著相关。由此可知,研究区 30~100 cm 土壤盐分与表层土一样,主要受 Na^+ 与 K^+ 、

表 2

30~100 cm 土壤各指标的相关关系矩阵

Table 2

Correlation matrix of the indexes of 30—100 cm soil

	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻ +CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	全盐(TS)	pH
Na ⁺	1	0.690 **	0.124	0.331 *	0.228	0.935 **	0.464 **	0.928 **	0.400 **
K ⁺	0.690 **	1	-0.022	0.192	0.486 **	0.676 **	0.268	0.708 **	0.565 **
Ca ²⁺	0.124	-0.022	1	0.418 **	0.079	0.036	0.429 **	0.175	-0.333 *
Mg ²⁺	0.331 *	0.192	0.418 **	1	0.426 **	0.170	0.691 **	0.189	0.057
HCO ₃ ⁻ +CO ₃ ²⁻	0.228	0.486 **	0.079	0.426 **	1	0.211	0.438 **	0.277 *	0.750 **
Cl ⁻	0.935 **	0.676 **	0.036	0.170	0.211	1	0.410 **	0.963 **	0.410 **
SO ₄ ²⁻	0.464 **	0.268	0.429 **	0.691 **	0.438 **	0.410 **	1	0.425 **	0.165
全盐(TS)	0.928 **	0.708 **	0.175	0.189	0.277 *	0.963 **	0.425 **	1	0.421 **
pH	0.400 **	0.565 **	-0.333 *	0.057	0.750 **	0.410 **	0.165	0.421 **	1

Cl⁻、SO₄²⁻ 的控制,并且有向碳酸盐转化的趋势。

2.2 草甸土壤各盐分离子的主成分分析

对 0~30 cm 土层的 Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻、CO₃²⁻ 八大离子进行主成分分析,结果见表 3,共提取了 4 个主成分,特征值均大于 1,分别为 3.313、1.939、1.288、1.000,前 4 个主成分的累积贡献率达到了 94.249%;根据特征根计算各变量在第 1、2、3、4 主成分的载荷,Na⁺ 在第 1 主成分上的因子载荷最高,达到了 0.939;第 2 主成分上 HCO₃⁻+CO₃²⁻ 的因子载荷最高,为 0.803;第 3 主成分上 Cl⁻ 有最高的因子载荷,为 0.688;第 4 主成分上 Ca²⁺ 的因子载荷最高,达到了 0.830;主成分分析综合反映了研究区盐分累积的情况,根据各指标在各主成分上的因子载荷情况,Na⁺、HCO₃⁻+CO₃²⁻、Cl⁻、Ca²⁺ 可将作为研究区土壤盐化状况的特征因子。

表 3 0~30 cm 草甸土壤盐分离子特征值及其方差贡献率和因子载荷

Table 3 Eigenvalue and the variance contribution rate of 0—30 cm meadow soil salt ions and factor loading

主成分	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分
Na ⁺	0.939	0.203	0.093	-0.153
K ⁺	0.722	0.533	0.356	0.018
Ca ²⁺	0.453	0.176	-0.239	0.830
Mg ²⁺	-0.301	0.578	-0.662	0.015
Cl ⁻	-0.449	0.422	0.688	0.382
SO ₄ ²⁻	0.863	-0.076	0.132	-0.204
HCO ₃ ⁻ +CO ₃ ²⁻	0.252	0.803	-0.301	-0.174
特征值	3.313	1.939	1.288	1.000
方差的百分比	41.412	24.231	16.100	12.505
累积百分比	41.412	65.644	81.743	94.249

注:各离子对应的数据表示在各主成分上的因子载荷。下同。

Note:The data that ions correspond to show the main components of the load factor. The same below.

将各因子在主成分上的载荷与特征值进行计算,得出第 1、2、3、4 主成分的各因子的系数,由表 4 得出主成分的表达式:

$$y_1 = 0.516x_1 + 0.397x_2 + 0.249x_3 - 0.165x_4 - 0.247x_5 + 0.429x_6 + 0.138x_7;$$

$$y_2 = 0.146x_1 + 0.383x_2 + 0.126x_3 + 0.415x_4 + 0.303x_5 - 0.054x_6 + 0.577x_7;$$

$$y_3 = 0.082x_1 + 0.314x_2 - 0.210x_3 - 0.584x_4 + 0.606x_5 + 0.116x_6 - 0.266x_7;$$

$$y_4 = -0.153x_1 + 0.018x_2 + 0.830x_3 + 0.015x_4 + 0.382x_5 - 0.204x_6 - 0.174x_7.$$

其中,公式 y_1 中,第 1 主成分上 x_1 有较高的载荷,说明第 1 主成分 y_1 是由 x_1 决定的,即 Na⁺ 作为研究区盐分累积的最主要成分是可信的;公式 y_2 中, x_7 有较高的因子载荷,即 HCO₃⁻+CO₃²⁻ 是决定第 2 主成分的主要盐分因子;第 3 主成分上, y_3 主要依赖于 x_5 ,即 Cl⁻ 作为研究区的主要盐分离子是可信的;第 4 主成分的 y_4 中, x_3 有较高的因子载荷,即 Ca²⁺ 是研究区盐分累积的主要离子之一。因此,Na⁺、Cl⁻、Ca²⁺、HCO₃⁻+CO₃²⁻ 是研究区 0~30 cm 土层盐分累积的主要盐分离子。

表 4 0~30 cm 特征向量矩阵

Table 4 Eigenvector matrix of 0—30 cm

	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分
Na ⁺	0.516	0.146	0.082	-0.153
K ⁺	0.397	0.383	0.314	0.018
Ca ²⁺	0.249	0.126	-0.210	0.830
Mg ²⁺	-0.165	0.415	-0.584	0.015
Cl ⁻	-0.247	0.303	0.606	0.382
SO ₄ ²⁻	0.474	-0.054	0.116	-0.204
HCO ₃ ⁻ +CO ₃ ²⁻	0.138	0.577	-0.266	-0.174

对 30~100 cm 土壤 Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻、CO₃²⁻ 八大离子进行主成分分析,由表 5 可知,提取了前 3 个主成分,前 3 个主因子的特征值都大于 1,特征值分别为 3.360、1.573、1.041,前 3 个主成分的累积贡献率达到了 85.343%,根据特征根计算各变量在第 1、2、3 主成分的载荷,第 1 主成分 Na⁺ 有较高的因子载荷,为 0.845;第 2 主成分上 Ca²⁺ 具有较高的因子载荷;第 3 主成分上 Ca²⁺、Cl⁻ 具有较高的因子载荷。

将各因子在主成分上的载荷与特征值进行计算,得出第 1、2、3 主成分的各因子的系数,由表 6 得出主成分的表达式:

$$y_1 = 0.461x_1 + 0.370x_2 + 0.207x_3 + 0.424x_4 + 0.402x_5 + 0.431x_6 + 0.283x_7;$$

$$y_2 = -0.257x_1 - 0.219x_2 + 0.295x_3 + 0.244x_4 - 0.318x_5 + 0.218x_6 + 0.243x_7;$$

$$y_3 = 0.086x_1 - 0.205x_2 + 0.320x_3 - 0.015x_4 + 0.124x_5 + 0.073x_6 - 0.370x_7。$$

其中,公式 y_1 中第 1 主成分上 x_1 和 x_6 有较高的载荷,说明第 1 主成分 y_1 是由 x_1 决定的,即 Na^+ 作为研究区盐分累积的最主要成分是可信的,公式 y_2 中 x_3 即 Ca^{2+} 是决定第 2 主成分的主要盐分因子;公式 y_3 中 x_5 即 Cl^- 具有较高的因子载荷。因此,在 30~100 cm 土层, Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 是研究区盐分累积的主要盐分离子。

表 5 30~100 cm 土壤盐分离子特征值及其方差贡献率和因子载荷

Table 5 Eigenvalue and the variance contribution rate of 30—100 cm meadow soil salt ions and factor loading

主成分	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分
Na^+	0.845	-0.470	0.157
K^+	0.678	-0.401	-0.375
Ca^{2+}	0.379	0.541	0.587
Mg^{2+}	0.778	0.447	-0.027
Cl^-	0.737	-0.584	0.227
SO_4^{2-}	0.791	0.400	0.133
$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$	0.519	0.445	-0.679
特征值	3.360	1.573	1.041
方差的百分比	48.003	22.473	14.867
累积百分比	48.003	70.477	85.343

表 6 30~100 cm 特征向量矩阵

Table 6 Eigenvector matrix of 30—100 cm

	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分
Na^+	0.461	-0.257	0.086
K^+	0.370	-0.219	-0.205
Ca^{2+}	0.207	0.295	0.320
Mg^{2+}	0.424	0.244	-0.015
Cl^-	0.402	-0.318	0.124
SO_4^{2-}	0.431	0.218	0.073
$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$	0.283	0.243	-0.370

3 结论与讨论

0~30 cm 土壤全盐与盐分离子中的 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 呈极显著正相关,相关系数分别达到了 0.940、0.693、0.945。说明研究区表层土壤全盐主要受 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 的影响,30~100 cm 土壤全盐表现为与 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、pH 呈极显著正相关,与 HCO_3^- 呈显著正相关。说明随着土层的增加,研究区土壤盐分有向硫酸盐和碳酸盐转化的趋势。

主成分分析结果表明, Na^+ 、 Cl^- 、 Ca^{2+} 、 $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ 是研究区 0~30 cm 土层盐分累积的主要盐分离子。在 30~100 cm 土层, Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 是研究区盐分累积的主要盐分离子,因此,应主要对这几种离子进行消减,消减的方法有很多,比较认可的是生物降减法。

Study on Salinity Characteristics of Soil of Meadow Wetland in Yinchuan Plain

WU Chunyan¹, XIA Guiju¹, HE Tonghui¹, YU Ji¹, ZHAO Yongquan²

(1. Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem, Ministry of Education/Breeding Base for State Key Laboratory of Land Degradation and Ecological Restoration in Northwest China, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021; 2. Hubei University of Medicine, Shiyan, Hubei 442000)

很多植物在适应盐地环境后会对盐分有很好的吸收作用,从而来改善其生境。柏新富等^[12]研究 4 种木本植物对盐分的富集能力发现,梭梭和怪柳比较容易富集 Na^+ ,而检测沙枣和花棒组织中 Na^+ 浓度则比较低,植物体中盐浓度的增加会降低植物组织的渗透势和水势,有利于增强植物吸收水分的动力,因此,在干旱区植物对盐分的富集有利于提高其抗旱能力。在半干旱盐渍化区域,在生育后期的大麦、玉米等作物具有明显的抑盐、脱盐的功效,主要对土壤中全盐含量、 Ca^{2+} 、 Cl^- 含量具有显著影响。不同的植被类型对土壤盐分离子的迁移、累积的时期、强度和累积部位具有不同的影响^[13]。王艳娜^[14]调查发现,盐分离子主要累积在棉花的茎、叶中,生殖构件中积累盐分较少,特别是棉籽中盐分离子的含量很低。李芳^[15]研究表明,芦苇对盐碱湿地中的盐分具有很明显的吸收效果,对 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 Na^+ 的吸收较好,对 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 的吸收一般。

参考文献

- [1] 曹璐,陈宙颖. 谈银川城市湿地退化特征及原因[J]. 山西建筑,2014,40(2):207-209.
- [2] 范晓梅,刘高焕,唐志鹏,等. 黄河三角洲土壤盐渍化影响因素分析[J]. 水土保持学报,2010(1):139-144.
- [3] 王遵亲. 中国盐渍土[M]. 北京:科学出版社,1993.
- [4] NEUMANN P. Salinity resistance and plant growth revisited[J]. Plant, Cell and Environment,1997(20):1193-1198.
- [5] 阎顺国,沈禹颖,朱兴运,等. 河西走廊盐化草甸土壤水盐对植物群落数量特征的影响[J]. 草业学报,1995(2):37-43.
- [6] 李重阳,宋豫秦. 宁夏银北灌区土壤盐渍化时空分布特征[J]. 人民黄河,2014(8):134-136.
- [7] 金晓媚,胡光成,史晓杰. 银川平原土壤盐渍化与植被发育和地下水埋深关系[J]. 现代地质,2009,23(1):23-27.
- [8] 樊丽琴,杨建国,许兴,等. 宁夏引黄灌区盐碱地土壤盐分特征及相关性[J]. 中国农学通报,2012(35):221-225.
- [9] 吴加敏,姚建华,张永庭,等. 银川平原土壤盐渍化与中低产田遥感应用研究[J]. 遥感学报,2007,11(3):414-419.
- [10] 周特先,李岳坤. 宁夏国土资源[M]. 银川:宁夏人民出版社,1987.
- [11] 中国自然资源丛书编撰委员会. 中国自然资源丛书(宁夏卷)[M]. 北京:中国环境科学出版社,1995.
- [12] 柏新富,朱建军,王仲礼,等. 干旱区木本植物盐分积累与其耐旱性的关系[J]. 林业科学,2012(7):45-49.
- [13] 郭全恩,王益权,马忠明,等. 植被类型对土壤剖面盐分离子迁移与累积的影响[J]. 中国农业科学,2011,13(13):2711-2720.
- [14] 王艳娜. 咸水滴灌条件下盐分在土壤-作物系统中的积累与分布[D]. 石河子:石河子大学,2007.
- [15] 李芳. 吉林省西部盐碱芦苇湿地吸收盐分和氮磷去除研究[D]. 长春:中国科学研究院(东北地理与农业生态研究所),2014.

DOI:10.11937/bfyy.201613045

紫花苜蓿根际丛枝菌根真菌与土壤理化性质的相关性研究

张鑫^{1,2}, 裴宗平^{1,2}, 孙干^{1,2}, 王瑜^{1,2}, 苏雪鹏^{1,2}

(1. 中国矿业大学 环境与测绘学院, 江苏 徐州 221116; 2. 江苏省资源环境信息工程重点实验室, 江苏 徐州 221116)

摘要:为调查山西省大同矿区紫花苜蓿草地中丛枝菌根真菌(AMF)与根际土壤性质之间的相关性,于2014年10月采集浑源县、南郊区、大同县、矿区4块样地中不同深度的紫花苜蓿根茎和根际土壤,并分析了紫花苜蓿的菌根侵染率以及土壤的理化性质。结果表明:4块样地中紫花苜蓿根部菌根侵染率均在70%以上;除大同县规律不明显以外,其它3块样地中菌根侵染率与孢子密度均表现出随着土层深度增加而降低的规律。分析总相关性得知,菌根侵染率与有机质、硝态氮、速效磷、易提取球囊霉素(EEG)和总球囊霉素(TEG)呈显著正相关性($P < 0.05$);TEG和EEG均与菌根侵染率、有机质、硝态氮和速效磷呈极显著正相关($P < 0.01$)。分析同土层各因素的相关性则发现,只有在20~30 cm土层,菌根侵染率和孢子密度与硝态氮、速效磷、速效钾和EEG有显著相关性($P < 0.05$)。以上结果说明,大同地区丛枝菌根真菌与紫花苜蓿可以形成良好的共生关系,菌根真菌对土壤营养成分具有重要的作用,尤其在20~30 cm土层更有效。

关键词:紫花苜蓿;丛枝菌根真菌;根际土壤;相关性

中图分类号:S 551⁺.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)13-0172-06

丛枝菌根真菌(arbuscular mycorrhizal fungi, AMF)是一种可以与90%以上的高等植物形成共生体的土壤有益菌^[1-2]。AMF可以改善植物的水分状况,其菌丝可以增大根系吸收范围,促进植物对水分和矿物质的吸收,尤其是对磷元素的吸收,促进植物生命调节能力,从

而提高植物的抗旱、抗盐以及耐低温胁迫的能力^[3-4]。

紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)是重要的豆科牧草,其营养、饲用价值居于各种牧草之首,其根系发达,适应性广;同时叶片具有排盐机制,具有较强的耐盐性和抗旱性^[5-6]。紫花苜蓿也可作为煤矿复垦区的前期绿化用草,为土壤提供大量的有机物质,提高土壤肥力,改善土壤理化性状,有助于水土保持^[7]。

目前,关于AM真菌与植物共生状况的研究已有很多,但针对干旱矿区紫花苜蓿草地中土壤理化性质和AM真菌侵染状况关系的研究较少。该试验通过调查大同地区4块紫花苜蓿草地中AM真菌的侵染状况和土壤的理化性质,并分析土壤理化性质与AM真菌之间的相关性,以期改善干旱矿区土壤生态系统功能提供

第一作者简介:张鑫(1991-),女,山西长治人,硕士研究生,现主要从事矿山生态修复和污染场地修复等研究工作。E-mail:zhangxin7698030@126.com

责任作者:裴宗平(1963-),男,江苏丰县人,博士,教授,硕士生导师,现主要从事矿区生态修复与环境规划及地下水污染治理等教学与科研工作。E-mail:peizp689@163.com

基金项目:山西省“十二五”重大专项资助项目(20121101008)。

收稿日期:2016-02-14

Abstract: Meadow wetland was prone to salt accumulation in arid area. In this study, the method of field experiment and laboratory experiment were used to find out the main component of salt in the meadow wetland of Yinchuan plain, and to provide scientific guidance for the restoration of wetland. The results showed that soil salinity factors indicated that soil salinity, pH and most of salt ions appeared to be significant or very significant positive or negative correlation. There was a significant or very significant correlation between Na^+ , Cl^- and most of the ions. All the main components analysis of salt ions showed that, in 0—30 cm, Na^+ , Cl^- , $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ were main salt ions in the study area; in 30—100 cm, Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- were main the salt ions of salt accumulation in the study area. Therefore, Na^+ and Cl^- were the main salt ions in the Yinchuan plain, which should focus on the two kinds of ions.

Keywords: soil salt; composition characteristic; Yinchuan plain; meadow wetland