

不同土壤盐分条件下新疆杨 可溶性盐离子含量变化的研究*

刘 静 王林和 张 芳 吕景华

(内蒙古农业大学 呼和浩特 010019)(呼和浩特市气象局 呼和浩特 010000)

摘 要 对2种含盐量土壤条件下新疆杨可溶性盐离子含量的研究表明,退水渠土壤各盐离子含量均高于灌渠土壤,且二者除 HCO_3^- 和 K^+ 外,其余盐离子含量差异显著,但2种含盐量土壤同龄新疆杨地上部可溶性盐离子含量差异不显著,仅根内 Cl^- 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 和 K^+ 含量差异显著,说明新疆杨对土壤中较高浓度盐离子有一定排斥作用,并将对树木产生毒害的 Cl^- 、 Na^+ 控制在根系中,限制其向地上部输送,新疆杨根系对 SO_4^{2-} 和 Ca^{2+} 有较强的选择吸收性,并将过多的 SO_4^{2-} 和 Ca^{2+} 排除其体外,而对 Cl^- 、 Mg^{2+} 和 Na^+ 的选择吸收性较小。

关键词 新疆杨 可溶性盐离子 土壤含盐量

Study on the soluble salt ions contents of *Populus alba* L. var. *pyramidalis* growing in salinity soils. LIU Jing, WANG Lin-He, ZHANG Fang (Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China), LU Jing-Hua (Huhhot Meteorological Bureau, Huhhot 010000, China), *CJEA* 2005, 13(4): 110~115

Abstract The soluble salt ions contents of *Populus alba* L. var. *pyramidalis* growing in two kinds of salinity soil were studied. The results show that the soluble salt ion contents in the soil of waste canal are higher than those of irrigation canal and there is significant difference between them except HCO_3^- and K^+ . But the differences in soluble salt ion contents are indistinctive in the parts of the trees above the ground growing at the same age in the two kinds of soil. There are obvious differences in the contents of Cl^- , Mg^{2+} , Na^+ and K^+ in the roots of *Populus alba* L. var. *pyramidalis*. These demonstrate that the tree has certain repellent function to higher salt ions in the soil. *Populus alba* L. var. *pyramidalis* is able to control Cl^- and Na^+ that bring poison to the tree in the roots and restricts them from getting into leaves, branch and trunk. The roots have strong selective absorbability to SO_4^{2-} and Ca^{2+} and can remove surplus SO_4^{2-} and Ca^{2+} out of the body. The roots of the tree have weak selective absorbability to Cl^- , Mg^{2+} and Na^+ .

Key words *Populus alba* L. var. *pyramidalis*, Soluble salt ions, Salt content of soil

(Received Nov. 30 2004; revised Dec. 31 2004)

目前从树木生理代谢角度探讨矿质元素在树体内分布状况、树木主要营养元素含量的动态及其与树木生长的关系^[1,2]以及从抗性生理角度探讨盐胁迫下树木的生理代谢和树木耐盐性^[3-5]等研究已见诸报道,而有关树体内可溶性盐离子含量及其与生境关系以及自然生境树木可溶性盐含量与土壤含盐量的关系方面研究尚少见报道^[6,7]。本试验研究了野外2种含盐量土壤新疆杨不同部位可溶性盐离子含量的动态变化,为探讨新疆杨农田防护林带-土壤系统中可溶性盐离子迁移的规律提供依据。

1 研究区域概况与研究方法

研究区域位于内蒙古自治区河套灌区中部临河农场,该自然地带为荒漠草原,属温带大陆性季风气候,年均气温 6.9°C ,年均日照时数3360h,年均降水量138.8mm,且主要集中在7~8月份,年蒸发量2236.7mm,年均风速 3m/s , ≥ 8 级大风日数8d,且主要集中在冬春季,地下水埋深及矿化度年际和年内均呈波动状态,2003年地下水埋深最深为2.85m(9月),最浅为1.63m(11月),其pH为7.5~8.0,矿化度为0.8~1.2g/L。

试区新疆杨农田防护林为河套灌区农田防护林网的一部分,其布设为传统的窄林带、小网格,在渠道两侧各布1行,株距3.0m,主林带近南北走向,间距100m。试验选取林龄相同(均为13龄)树木个体间生长状

*“十五”内蒙古自治区科技攻关项目(20020705)资助

况差异小),立地土壤含盐量不同的 2 条新疆杨林带,1 条林带位于灌渠两侧且水肥条件好,新疆杨长势良好,平均胸径为 22.93cm;另 1 条林带位于退水渠(兼作排水渠)两侧,新疆杨长势较差,平均胸径 17.20cm。按抽样方法分别选每林带 20 株样树测量其平均胸径,并参照植物和树木离子含量研究方法^[8-9],分别选取与平均胸径相似的 3 株树作为 2 种标准木比较研究。从 4 月初(树木未长叶,但树液开始流动)至 10 月末(树液停止上移,树木生长代谢趋于停止)每隔 30d 左右取 1 次植物样品(分别取叶、1 年生枝、多年生枝、树干心材和边材以及直径 $\leq 0.5\text{cm}$ 根),将其清理干净后于 80℃ 烘干 12h 粉碎成 $< 0.5\text{mm}$ 颗粒,准确称取 2.000g 并用

蒸馏水(按 2g:200mL)浸泡 14h 后过滤,取其上清液测定新疆杨可溶性盐离子含量,用双指示剂滴定法测定 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 含量,以硝酸银滴定法测定 Cl^- 含量,用 EDTA 容量法测定 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量,以火焰光度计法测定 Na^+ 、 K^+ 含量,并取 3 株对应部位实测平均值,计算各部位含盐量;同时按土化常规方法^[13]分别取其树下 0~20cm、20~60cm 和 60~80cm 3 个土层土壤样品,将土样风干后碾碎过 1mm 筛,称取 100g 按水土比 5:1 混合振荡 3min 后过滤,取其上清液测定土壤可溶性盐离子含量,其测定方法同上^[10]。

2 结果与分析

新疆杨各部位可溶性盐离子含量的变化。由图 1 和图 2 可知 2 种含盐量土壤生长的新疆杨各部位可溶性盐离子含量有所差异,但生长季内其动态变化趋势基本相同,且新疆杨各部位 4 个阳离子含量均为 $\text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$,阴离子中各生育时段均为 HCO_3^- 含量最大,2 条林带新疆杨 6 个部位中叶片、1 年生枝、多年生枝和根各离子含量变幅较大,其他部位变幅较小。新疆杨各部位均无 CO_3^{2-} 。

新疆杨标准木土壤含盐量的变化。2 种新疆杨标准木土壤中均无 CO_3^{2-} 。由表 1 和表 2 可知退水渠土壤中各盐离子含量均大于灌渠土壤,2 条渠道土壤中仅 HCO_3^- 含量变化趋势相似,基本为 4 月初开始增大,至 8 月初一直保持较高含量,之后趋于减少,10 月份略有上升。其他盐离子含量变化趋势 2 种土壤各异,灌渠土壤盐离子含量变化受渠道输水的影响较明显。灌溉水含盐量 0.5g/L,远小于地下水,每次输水随灌溉水

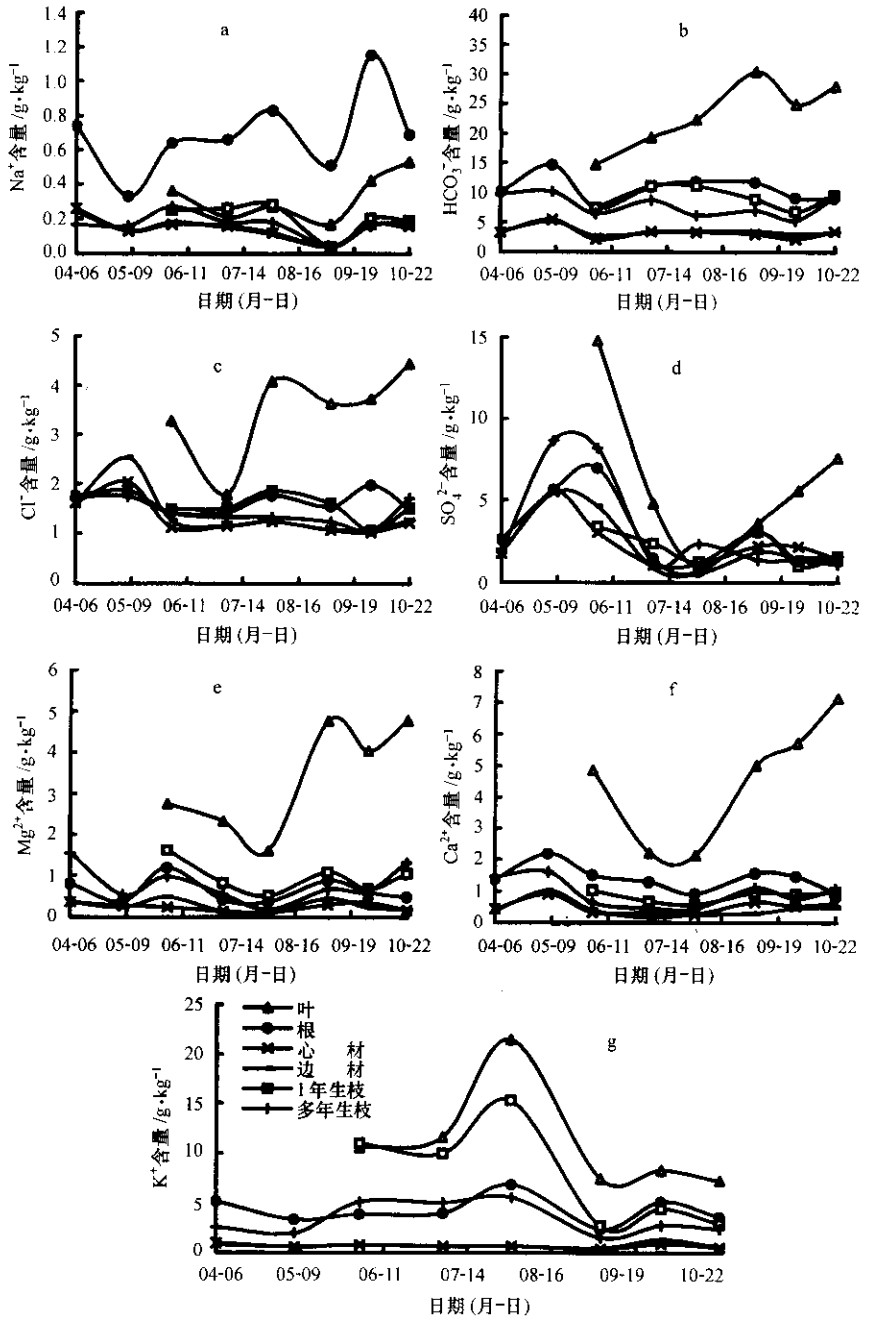


图 1 灌渠新疆杨不同部位 7 种盐离子含量动态变化 *
Fig. 1 The dynamic changes of seven kinds of ions contents in different parts about *Populus alba* L. Var. *pyramidalis* of irrigation canal
* 均为干物质量,下同。

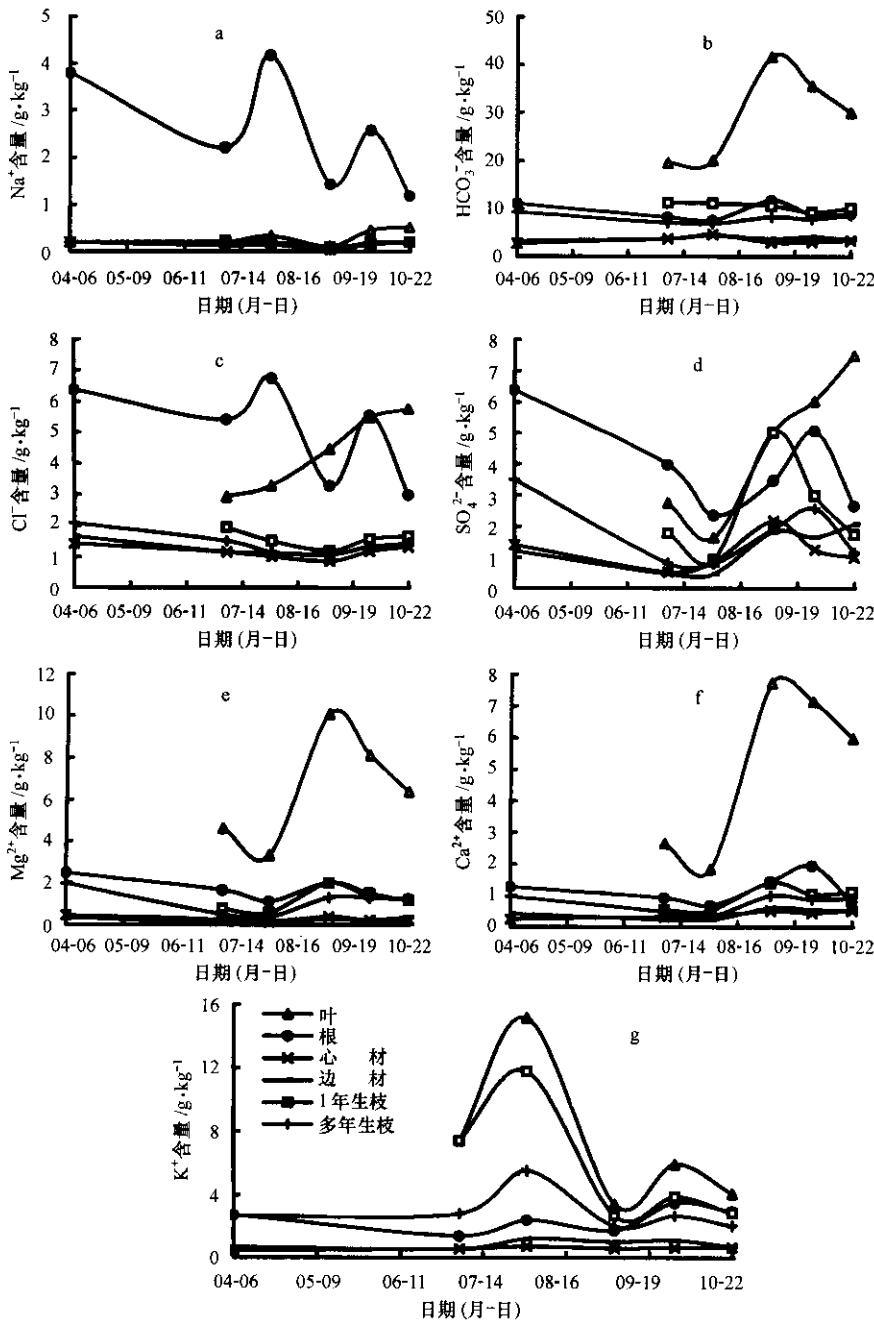


图2 退水渠新疆杨不同部位7种离子含量动态变化

Fig.2 The dynamic changes of seven kinds of ions contents in different parts about *Populus alba* L. var. *pyramidalis* of drainage canal

的下渗,灌渠土壤呈脱盐状态,故灌溉季节除 HCO_3^- 外,其他盐离子含量均较低。灌溉期2种渠道土壤 HCO_3^- 含量一直处于较高水平,这可能与灌溉水和地下水中 HCO_3^- 含量显著高于其他阴离子有关。2条渠道不同深度土壤盐离子含量比较表明,灌渠不同土层盐离子含量在渠道输水→洗盐、毛细管作用→积盐交替作用下呈交错波动状态;退水渠基本为干渠,生长季中不同深度土壤盐离子含量变化趋势基本相同,在土壤毛细管作用下盐分向表层积聚现象明显,表层土壤中盐离子含量高于深层土壤。

土壤盐离子含量及新疆杨盐离子含量差异性。对2种土壤各盐离子含量及不同立地新疆杨各部位盐离子含量差异性检验结果(见表3)表明,0.02置信水平下2种土壤中 HCO_3^- 和0~60cm土层中 K^+ 含量无差异,其他盐离子含量差异显著,2种土壤新疆杨地上部对应可溶性盐离子含量差异不显著,但其根系中 Cl^- 、 Mg^{2+} 、 K^+ 和 Na^+ 含量差异显著。

土壤含盐量对新疆杨不同部位盐离子含量的影响。统计分析表明灌渠和退水渠土壤对应土层盐离子含量差

表1 灌渠土壤中盐离子含量的变化

Tab.1 The ions contents in soil of irrigation canal

日期(月-日) Date(month-day)	土层/cm Layer	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	含量/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ Content Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	Na^+	全盐 Total salt
04-06	0~20	0.14	0.64	1.73	0.17	0.23	0.02	0.70	3.63
	20~60	0.24	0.20	0.39	0.06	0.12	0.02	0.14	1.17
	60~80	0.19	0.22	0.24	0.05	0.12	0.02	0.10	0.94
06-02	0~20	0.60	0.18	0.17	0.04	0.11	0.02	0.21	1.33
	20~60	0.57	0.18	0.26	0.04	0.12	0.02	0.23	1.42
	60~80	0.54	0.18	0.22	0.04	0.12	0.02	0.20	1.32

续表

日期(月-日) Dat(month-day)	土层/cm Layer	含量/g·kg ⁻¹ Content							
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Na ⁺	全盐 Total salt
07-05	0~20	0.39	0.10	0.15	0.03	0.08	0.02	0.12	0.89
	20~60	0.37	0.11	0.16	0.03	0.08	0.02	0.11	0.88
	60~80	0.37	0.12	0.18	0.03	0.08	0.02	0.14	0.94
08-01	0~20	0.52	0.36	0.24	0.04	0.11	0.08	0.31	1.66
	20~60	0.47	0.11	0.14	0.03	0.08	0.02	0.15	1.00
	60~80	0.46	0.15	0.26	0.03	0.08	0.01	0.23	1.22
09-05	0~20	0.15	0.19	0.65	0.04	0.10	0.02	0.30	1.45
	20~60	0.15	0.14	0.12	0.04	0.08	0.01	0.03	0.57
	60~80	0.17	0.13	0.20	0.04	0.09	0.01	0.07	0.71
09-29	0~20	0.14	0.51	0.43	0.12	0.20	0.03	0.12	1.55
	20~60	0.21	0.14	0.17	0.03	0.10	0.02	0.06	0.73
	60~80	0.16	0.59	0.14	0.08	0.15	0.02	0.18	1.32
10-22	0~20	0.21	0.21	0.26	0.04	0.11	0.03	0.13	0.99
	20~60	0.25	0.07	0.30	0.10	0.07	0.02	0.01	0.82
	60~80	0.20	0.15	0.15	0.03	0.10	0.02	0.06	0.71

异显著,而 2 条渠道新疆杨地上部对应可溶性盐离子含量及生长季内动态变化无明显差异,说明新疆杨地上部可溶性盐离子含量及其分布主要取决于新疆杨自身生物学特性和生理代谢活动,土壤盐离子组成和含量对新疆杨地上部可溶性盐离子含量无显著影响。但土壤盐离子含量对新疆杨根系中可溶性盐离子含量有一定影响(见表 1 和表 2),土壤中 SO₄²⁻、Ca²⁺ 含量退水渠明显高于灌渠,而 2 渠新疆杨根系中 SO₄²⁻、Ca²⁺ 含量却无显著差异,这表明新疆杨根系对土壤 SO₄²⁻、Ca²⁺ 的选择吸收性较大,其吸收量受新疆杨不同生长阶段所需决定,其根系可将过多 SO₄²⁻、Ca²⁺ 排斥于体外。退水渠土壤中及新疆杨根系中 Cl⁻、Mg²⁺ 和 Na⁺ 含

表 2 退水渠土壤中盐离子含量的变化

Tab.2 The ions contents in soil of drainage canal

日期(月-日) Dat(month-day)	土层/cm Layer	含量/g·kg ⁻¹ Content							
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Na ⁺	全盐 Total salt
04-06	0~20	0.09	2.72	2.25	0.48	0.53	0.04	1.34	7.45
	20~60	0.16	0.67	1.46	0.13	0.12	0.02	0.80	3.36
	60~80	0.21	0.53	0.94	0.08	0.10	0.03	0.60	2.49
06-02	0~20	0.37	1.93	1.95	0.30	0.34	0.02	1.34	6.25
	20~60	0.39	1.01	1.45	0.14	0.15	0.02	1.05	4.21
	60~80	0.30	1.77	1.95	0.27	0.30	0.02	1.33	5.94
07-05	0~20	0.30	1.26	1.52	0.19	0.17	0.04	1.08	4.56
	20~60	0.30	0.94	1.22	0.14	0.15	0.03	0.85	3.63
	60~80	0.37	0.64	0.94	0.09	0.13	0.03	0.67	2.87
08-01	0~20	0.27	1.96	2.23	0.39	0.52	0.04	1.09	6.50
	20~60	0.33	1.93	2.12	0.35	0.44	0.02	1.21	6.40
	60~80	0.34	1.84	2.18	0.37	0.46	0.02	1.14	6.35
09-05	0~20	0.20	0.61	0.95	0.11	0.10	0.02	0.60	2.59
	20~60	0.18	0.52	0.95	0.10	0.10	0.01	0.56	2.42
	60~80	0.21	0.33	0.32	0.04	0.10	0.01	0.26	1.27
09-29	0~20	0.10	1.70	0.98	0.30	0.25	0.04	0.73	4.10
	20~60	0.13	1.10	1.54	0.21	0.21	0.02	0.85	4.06
	60~80	0.13	1.12	1.73	0.21	0.22	0.02	0.94	4.37
10-22	0~20	0.13	1.53	1.87	0.24	0.21	0.03	1.23	5.24
	20~60	0.14	0.74	1.28	0.11	0.13	0.02	0.77	3.19
	60~80	0.18	0.49	0.60	0.07	0.10	0.01	0.42	1.87

表3 不同立地土壤及新疆杨盐离子含量差异性检验

Tab.3 The SDL of ions in different inhabitations of soil and different parts of *Populus alba*

项目 Items	部位 Parts	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Na ⁺
土壤 F 检验	0~20cm土层	3.349	10.767*	1.069	4.934	8.745*	6.418	2.023
	20~60cm土层	2.085	97.083*	12.896*	13.968*	31.625*	4.480	7.088
	60~80cm土层	2.962	4.081*	252.837*	59.977*	29.102*	10.164*	32.336*
土壤 T 检验	0~20cm土层	1.175	-	3.912*	4.236*	-	0.180	5.839*
	20~60cm土层	1.282	-	-	-	-	1.563	9.033*
	60~80cm土层	0.749	-	-	-	-	-	-
新疆杨 F 检验	叶	2.695	1.864	3.945	4.033	1.819	1.303	1.611
	1年生枝	5.048	1.126	2.635	2.268	4.619	1.747	2.695
	多年生枝	3.592	2.131	8.791	1.840	2.497	1.495	1.211
	心材	2.268	2.876	6.311	1.430	3.394	3.837	0.961
	边材	3.052	4.924	6.412	1.924	2.434	1.087	1.001
	根	1.783	56.594*	1.878	3.298	1.420	3.040	25.901*
新疆杨 T 检验	叶	1.321	1.345	0.688	2.512	0.412	1.262	0.158
	1年生枝	1.627	0.454	0.502	0.853	0.417	0.701	0.654
	多年生枝	0.272	0.056	1.050	1.105	0.890	0.510	0.743
	心材	0.248	0.984	1.698	0.437	1.114	0.887	0.311
	边材	0.805	0.534	1.276	0.475	0.051	0.907	0.174
	根	1.058	-	1.166	4.622*	0.947	2.890*	-

*表示在 $\alpha=0.02$ 置信水平下差异显著性; -表示 F 检验显著时不再作 T 检验。

量较高,说明新疆杨根系对 Cl⁻、Mg²⁺ 和 Na⁺ 的选择吸收性较小,且其吸收除受生长代谢的影响外,还受土壤中 3 离子含量的高低所影响。多数木本植物对 Cl⁻、Na⁺ 特别敏感^[11],土壤中大量 NaCl 的存在,一般通过 2 种途径改变植物营养状况,盐离子与营养元素间相互竞争作用,减少植物对营养元素的吸收,盐离子影响生物膜对离子的选择性,进而影响根系对营养元素的吸收^[13],这是造成退水渠新疆杨生长不良的原因。新疆杨根系中 Cl⁻、Mg²⁺ 和 Na⁺ 含量差异显著,但新疆杨地上部这 3 个盐离子含量差异很小,说明新疆杨可将过多的 Cl⁻、Mg²⁺ 和 Na⁺ 控制在根系中,限制它们向地上部输送,这可能是新疆杨通过减少叶中盐离子的吸收而保证叶片生长和同化作用所致^[14]。K⁺ 在土壤和新疆杨根系中均呈较特殊性,2 种渠道土壤中 K⁺ 含量无显著差异,而 2 条林带新疆杨根系中 K⁺ 含量差异显著,且灌渠新疆杨根系中 K⁺ 含量明显高于退水渠,其原因可能是灌渠新疆杨生长旺盛,其生理代谢需要较多的 K⁺,而退水渠新疆杨长势较差,需 K⁺ 相对较少,灌渠土壤 Na/K 约为 8 而退水渠中约为 30,退水渠 Na 含量高对树木吸收 K⁺ 产生抑制作用,造成树木根系中 K⁺ 的缺失^[12]。

3 小结

本研究表明 2 种盐离子含量不同土壤生长的同龄新疆杨有所差异,土壤盐离子含量高的新疆杨生长状况明显较差,说明其生长受盐胁迫的影响。但 2 种生境成熟林新疆杨地上部可溶性盐离子含量及生长季内动态无显著差异,说明新疆杨对土壤中较高盐离子含量有一定排斥作用,这与对小美旱杨可溶性盐离子含量的研究结果^[6]相似。新疆杨根系对 SO₄²⁻、Ca²⁺ 有较强的选择吸收性,可将土壤中过多的 SO₄²⁻、Ca²⁺ 排除其体外,通过限制 SO₄²⁻ 进入根系减少 SO₄²⁻ 对树体造成的毒害,新疆杨对 Cl⁻、Mg²⁺ 和 Na⁺ 的选择吸收性较小,土壤中这 3 个离子含量的高低对新疆杨根系中盐离子含量的影响较大,但新疆杨能将对树木产生毒害的 Cl⁻、Na⁺ 控制在根系中,限制其向地上部运输。

参 考 文 献

- 徐福余,王力华等.若干北方落叶树木叶片养分的内外迁移 I.浓度和含量的变化.应用生态学报,1997,8(1):1-6
- 刘元.针叶树木中矿质元素的分布.世界林业研究,2001,14(1):15-20

3 詹亚光. 盐胁迫下树木的 K^+ 和 Na^+ 含量变化特点及其耐盐性. 东北林业大学学报, 1999, 27(1): 24~27

4 陈少良, 李金克等. 盐胁迫条件下杨树组织及细胞中钾、钙、镁的变化. 北京林业大学学报, 2002, 24(5/6): 84~88

5 杨敏生, 李艳华等. 盐胁迫下白杨无性系苗木体内离子分配及比较. 生态学报, 2003, 23(2): 271~277

6 崔悦慧, 杨 茂, 刘 静等. 小美旱杨不同部位八大离子含量的动态规律. 内蒙农业大学学报, 2002, 23(3): 17~21

7 丁桂芬, 张玉华. 农田防护林对盐碱土改良效益的研究. 防护林体系生态效益及边界层物理特征研究. 北京: 气象出版社, 1992. 247

8 杨洪兵, 丁顺华等. 耐盐性不同的小麦根和茎结合部的拒 Na^+ 作用. 植物生理学报, 2001, 27(2): 179~185

9 丁应祥, 五福田等. 不同林龄 I-69 杨根际土离子浓度和养分状况. 林业科学研究, 1998, 11(5): 461~468

10 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983. 195~221

11 [美] P. T. 克雷默尔, T. T. 考兹洛夫斯基. 木本植物生理学. 北京: 中国林业出版社, 1985

12 高永生等. 植物盐适应性调节机制的研究进展. 草业学报, 2003, 12(2): 1~6

13 Crattan S. R., Grieve C. M. Mineral acquisition and growth response of plant grown in saline environment. Agric. Ecosyst. Environ., 1992, 38: 275~300

14 Flowers T. J., Troke P. F., Yeo A. R. et al. The mechanism of salt tolerance in halophytes. Ann. Rev. Plant Physiol., 1977, 28: 89~121

欢迎订阅 2006 年《中国生态农业学报》

《中国生态农业学报》(原刊名《生态农业研究》)由科学出版社出版, 刊号: ISSN 1671-3990, 季刊, CN13-1315/S

季初月出版, 国际标准大 16 开本, 192 页, 国内外公开发售, 国内新邮发代号 82-973, 国外发行代号 Q1625, 每期定价 14.60 元, 全年 58.40 元, 全国各地邮局均可订阅, 敬请广大读者订户及时在报刊发行目录北京地区栏目寻找订购本刊, 漏订者可直接汇款至本刊补订(全年需另加邮资 12.00 元)。本刊现有 1993~1999 年各年度《生态农业研究》合订本均为 24.00 元/套(含邮资), 2000 年精装合订本为 34.00 元/套(散装刊为 24.00 元/套, 含邮资), 2001 年《中国生态农业学报》为 32.00 元/套(散装刊, 含邮资), 2002 年为 38.00 元/套(散装刊, 含邮资), 2003~2006 年均为 70.40 元/套(含邮资), 需订购者请直接从邮局汇款至本刊订阅。地址 (050021) 石家庄市槐中路 286 号《中国生态农业学报》编辑部, 请在汇款单注明订户详细地址及需订内容, 并将征订回单随汇款一并寄本刊。本刊编辑部

《中国生态农业学报》征订回单(可以复印)

订购单位全称				是否要发票	
详细地址				联系人	
邮政编码	邮局汇款		汇款金额(大写)		佰拾元 ¥ 元
1999~2006 年度合订本与现刊订数(均含邮资, 其中 1999~2000 年度为《生态农业研究》)	1999 年合订本(24.00 元)	套	2000 年散装刊(24.00 元)	套	
	2000 年精装合订本(34.00 元)	套	2001 年散装刊(32.00 元)	套	
	2002 年散装刊(38.00 元)	套	2003 年散装刊(70.40 元)	套	
	2004 年散装刊(70.40 元)	套	2005 年现刊(70.40 元)	套	
	2006 年现刊(70.40 元)	套	备注		

·地址 (050021) 河北省石家庄市槐中路 286 号《中国生态农业学报》编辑部 ·电话 (0311) 85818007