

水培胡杨抗盐特性的研究*

罗 斌 周士威

(中国林业科学研究院林业研究所)

摘要 1987和1989年,利用1、2年生胡杨苗,在水培条件下,通过电导率仪控制培养液浓度,对受盐害苗木进行了分析。研究表明,几种盐对苗木危害的排序是: $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{NaCl} > \text{CaSO}_4 > \text{MgSO}_4$ > 以NaCl为主的盐渍皮。 CaSO_4 对苗木没有毒害作用。1年生苗比2年生苗受盐害后症状明显,但总的趋势是一致的。蒸馏水催根苗木,在蒸馏水中加盐后死亡浓度是: Na_2CO_3 0.05%、 NaHCO_3 0.07%、 NaCl 0.17%、 CaSO_4 0.7%、 MgSO_4 1.9%、以NaCl为主的盐渍皮3.5%。0.1%相应盐水催根苗在盐水培养液中加盐后,抗盐极限提高到: NaCl 1.1%、 MgSO_4 3.5%、NaCl为主的盐渍皮3.7%。说明胡杨幼苗经过抗盐处理后,可以显著提高抗盐害能力。

关键词 胡杨; 水培; 抗盐特性; 电导值

胡杨(*Populus euphratica* Oliv.)是我国西北地区主要耐盐树种,目前国内对胡杨抗盐特性的研究仅限于苗圃地和有林地的土壤调查。然而不同地区(甚至同一地区)的调查结果差异较大,同时有关这方面的研究报道也不多,为了进一步了解胡杨受盐害的症状,以及对西北地区几种主要盐类毒害的比较,本课题采用电导法进行了系统研究。电导法测定灌溉水和土壤可溶盐分总量,是一种快速、简便和比较准确的方法。本文是根据全国第二次土壤普查的要求以25℃的电导率为指标^[1],通过电导法控制培养液含盐量,利用各种盐浓度梯度计算出培养液渗透势(水势),进一步探讨胡杨苗木对不同盐类毒害的抗性。其结果对西北盐渍(碱)化地区营造胡杨林具有重要意义。

1 试验材料与办法

试验在中国林科院温室进行,试材均为胡杨实生苗。1987年有1年生苗1400株(由新疆伽师县林业局苗圃提供)、2年生苗1400株(由内蒙古巴彦卓尔盟林科所苗圃提供)。1989年有2年生苗800株(由内蒙古巴彦卓尔盟林科所苗圃提供)。盐渍皮采自内蒙古巴彦卓尔盟中国林科院沙漠林业实验中心一分场。其化学成分见表1。

表1 盐渍皮化学成分 (含量: %)

全盐量	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}
43.330 0	9.300 0	0.016 5	0.282 9	1.431 5	0.023 6	0.076 1	11.773	9.112 5

本文于1989年12月26日收到。

*本试验系国家“七五”重点攻关专题“盐渍化沙地树种选择及其抗性造林试验”的一部分,承蒙本所高尚武研究员指导,特表感谢。化学成分数据由林研所土壤室提供。

为确保试验用材数量,于1987和1989年4月初为每个处理选健壮的1、2年生苗各40株,植于直径50 cm、高22 cm、有刻度标志的容器中。催根培养液为蒸馏水和浓度为0.1%的几种盐溶液。蒸馏水在25℃时的电导值是0.0083 mΩ/cm,苗干用蛭石固定。

(1)按盐分类型预先配制各种浓度标准液。用DDS-11A型电导率仪测定各种浓度梯度的电导值,再用数理统计法计算出各种盐的回归方程式^[2]。根据计算结果绘制出各种培养液盐分含量与电导值的关系曲线。

(2)5月中旬停止催根处理。保留1、2年生壮苗各30株,并记录苗木基础高度、生长状况、培养液电导值和温度,根据电导值与盐分含量曲线确定培养液浓度。

(3)根据计算出的培养液浓度分别加盐,配制成各种处理(见表2),同时测定各种处理的电导值并调至设计浓度。

表2 1、2年生胡杨实生苗试验处理 (处理苗:各30株)

催根条件	处 理	1987年	1989年
		设计加盐浓度(%)	设计加盐浓度(%)
蒸 馏 水	Na ₂ CO ₃	0.01→0.19增0.02 0.17→0.31增0.02	0.01→0.19增0.02
	NaHCO ₃	(同上)	(同上)
	NaCl	(同上)	(同上)
	0.1% + Na ₂ CO ₃	(同上)	(同上)
	盐渍皮 + NaHCO ₃	(同上)	(同上)
	浸出液 + NaCl	0.10→1.90增0.2 1.70→3.70增0.2	0.10→1.90增0.2
	+ CaSO ₄	(同上)	(同上)
	+ MgSO ₄	(同上)	(同上)
	CaSO ₄	(同上)	(同上)
	MgSO ₄	(同上)	(同上)
0.1% 相应盐类 培 养 液	NaCl	0.30→2.10增0.2 2.10→3.90增0.2	
	MgSO ₄	(同上)	
0.1%盐渍皮浸出液	盐渍皮	(同上)	1.70→3.90增0.2
	+ NaCl	(同上)	
0.1%盐渍皮浸出液	+ MgSO ₄	(同上)	

(4)每天记录苗木外部形态变化及死亡情况,同时给培养液补氧6次;每隔15天测定一次苗高和培养液电导值,经过计算加大溶液浓度,增大的浓度梯度为0.02%~0.2%,直至苗木死亡(当根系由乳白色变为透明、培养液电导值不再变化时,再将苗木置于蒸馏水中,以苗木不再恢复作为死亡标准)。

(5) 根据 $\Phi = -CRTi$, $i = 1 + a(k-1)^{[3]}$ 计算溶液渗透势。

i 是等渗系数, a 为电解质的电离度, k 为一个电解质“分子”电离后生成的离子数, 而强电解质在溶液中全部电离^[4]; Φ 是溶液水势(渗透势), 单位为大气压换算成巴(1.013巴 = 1 大气压), 10巴 = 1 兆帕; C 是溶液克分子浓度(克分子/升); T 是绝对温度即: $273 + t$ (当时温度); R 是气体常数, 即: 0.082(大气压/升·克分子·度)。根据土壤溶液电导值换算盐渍皮浸出液电导值为渗透势(E_{ex} ——0.36 b/mΩ/cm)¹⁾。

2 试验结果与分析

2.1 苗木受盐害的症状及抗盐性

试验表明, 1年生苗受盐害后外部形态反应明显(见表3), 2年生苗与1年生苗相比症状不明显, 但总的趋势是一致的。受 Na_2CO_3 或 NaHCO_3 危害的苗根、叶变黑, 苗干没有盐析结晶现象。受 NaCl 危害苗叶变为深绿色, 根系呈透明状坏死, 受 MgSO_4 危害苗叶变黄, 根系呈浅棕色坏死。

(1) 不同盐类对胡杨幼苗危害程度大小排序是: $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{NaCl} > \text{CaSO}_4 > \text{MgSO}_4$ 以 NaCl 为主的盐渍皮。表4说明不同盐类培养液渗透势(水势)对胡杨幼苗生长量的抑制程度不同, 从 Na_2CO_3 至 MgSO_4 渗透势由 -0.02 至 -0.04, 绝对值呈加大趋势, 而苗木生长量从 0.3 cm 增加到 5.7 cm, 即说明从 Na_2CO_3 至 MgSO_4 对胡杨苗的危害程度逐渐减轻, 这是因为渗透压(与渗透势符号相反)被认为与植物生长减慢程度呈正比, 即渗透压愈大生长量愈小。

表5从苗木的耐盐害极限证明了上述排序, 蒸馏水催根苗木加盐后, 耐盐极限是: Na_2CO_3 0.05%、 NaHCO_3 0.07%、 NaCl 0.17%、 CaSO_4 0.7%、 MgSO_4 1.9%、以 NaCl 为主的盐渍皮是 3.5%。 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 和 NaCl 中的 Na^+ 在死亡苗体的积累量分别为 0.2141%、0.2595% 和 0.3022%, 逐渐加大, 说明苗木对此3种盐的 Na^+ 毒害抗性也是逐渐增大。

(2) 以 NaCl 为主的盐渍皮较之各种单盐对苗木毒害轻; 这是因为盐渍皮中离子拮抗作用和腐殖质对溶液起缓冲作用之故。同样各种单盐分别加入 0.1% 盐渍皮浸出液后, 蒸馏水催根苗的耐盐害极限提高到: Na_2CO_3 0.09%、 NaHCO_3 0.09%、 NaCl 0.9%, 即对苗木的毒害均小于纯盐培养液(见表5); 苗体内 Na^+ 也较纯单盐处理相应增加。

(3) 盐渍土的危害程度既取决于盐渍化程度, 也取决于主要危害盐分类型。当组成以 Na_2CO_3 为主时, 尽管盐渍化程度不高, 也会造成严重危害; 当组成以 NaCl 或 MgSO_4 为主时, 尽管盐渍化程度较高, 也不会造成严重危害。因为 Na_2CO_3 的毒害比 NaCl 、 MgSO_4 大得多。

(4) CaSO_4 饱和培养液(25℃电导值为 2.2 mΩ/cm, 浓度为 0.7%) 已经构成了苗木的致死危害(见表5), 其致死的原因还有待进一步研究。

(5) 离子的毒害作用与阴、阳离子的具体组成情况有关。 Na_2CO_3 与 NaCl 相比阴离子不同, 后者对苗木毒害作用比前者轻(见表4、5)。说明不同的阴离子在某种程度上可以缓解或加强阳离子的毒害作用。

1) R. H. Neiman 等, 1978(宋景芝等译, 1980), 筛选耐盐植物, 国外农业科技资料, 辽宁省农业科学院科技情报研究所。

表3 1年生胡杨实生苗受盐害症状

碳酸氢钠				以氯化钠为主的盐渍皮			
标准液	试验液		受害症状				
电导值	浓度	电导值	浓度	叶	根	茎	生长量
0.12	0.01	0.06	0.004	绿色	乳	黄	4.3
0.30	0.03	0.26	0.025	深绿色	白	绿	1.8
0.485	0.05	0.47	0.048		色	色	0
0.67	0.07	0.67	0.07	黑	褐	色	0
浓度0.07%时死亡, 共历时58d							
硫酸钙				以氯化钠为主的盐渍皮			
标准液	试验液		受害症状				
电导值	浓度	电导值	浓度	叶	根	茎	生长量
1.60	0.10	1.52	0.02	绿	乳	黄	5.3
1.80	0.30	1.68	0.10	色	白	绿	3.5
2.00	0.50	1.88	0.33	浅黄	色	色	1.7
2.20	0.70	2.20	0.70	黄色	透明	干黄色	0
浓度0.70%时死亡, 共历时60d							
硫酸镁				以氯化钠为主的盐渍皮			
标准液	试验液		受害症状				
电导值	浓度	电导值	浓度	叶	根	茎	生长量
2.52	0.10	1.50		绿	乳	黄	5.7
3.35	0.30	2.50	0.10		白	绿	4.9
5.01	0.70	4.18	0.50	色	色	色	3.0
6.68	1.10	6.05	0.95				1.5
8.34	1.50	7.80	1.37	浅黄	浅棕	盐析结	0.3
9.17	1.70	8.95	1.65	黄色	棕色	晶高10	0
10.01	1.90	10.01	1.90	黄色	棕色透明	干黄色	0
浓度1.9%时死亡, 共历时143d							
注: 生长量是指15d内的绝对高生长, 单位: cm, 电导值的单位: mΩ/cm, 浓度的单位: %; 标准液浓度是设计浓度, 试验液浓度是15d后浓度, 差值是苗木吸收所致。							
氯化钠				以氯化钠为主的盐渍皮			
标准液	试验液		受害症状				
电导值	浓度	电导值	浓度	叶	根	茎	生长量
1.20	0.01	0.60		绿		黄绿色	4.8
2.20	0.09	1.60	0.039	色			1.3
2.45	0.11	2.20	0.09	深绿	乳白	盐析结	1.0
2.69	0.13	2.54	0.118	水肿	白色	晶高4	0.2
2.93	0.15	2.90	0.148	黄色		cm	0
3.17	0.17	3.17	0.17	脱落	透明	干黄	0
浓度0.17%时死亡, 共历时131d							
碳酸钠				以氯化钠为主的盐渍皮			
标准液	试验液		受害症状				
电导值	浓度	电导值	浓度	叶	根	茎	生长量
0.20	0.01	0.10	0.005	绿	乳白	黄	4.8
0.60	0.03	0.58	0.029	色	白色	绿色	0.3
1.00	0.05	1.00	0.05	黑	褐	色	0
浓度0.05%时死亡, 共历时45d							

(6) 表5还表明, 苗木对环境中某种盐分离子的抗性与苗木体内这种离子的积累状况有关。总的来看苗木体内某种离子积累愈多, 苗木对这种离子的抗性也愈强。如 $MgSO_4$ 对苗木毒害较 Na_2CO_3 、 $NaHCO_3$ 、 $NaCl$ 轻, 因为苗体内积累了大量的 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} (见表5)。

表4 不同盐类对苗木生长量的影响

处 理	盐 浓 度 (%)	渗 透 势 (-兆帕)	生 长 量 (cm)①
+Na ₂ CO ₃	0.03	0.02	0.3
蒸 +NaHCO ₃	0.03	0.02	1.8
馏 +NaCl	0.03	0.03	4.1
+CaSO ₄	0.10	0.04	5.3
水 +MgSO ₄	0.10	0.04	5.7
+盐渍皮	0.10	0.09	5.9

①15天的生长量。

(相当于低浓度催根),对提高在盐渍土的造林成活率具有实际意义。

表5 蒸馏水催根处理胡杨幼苗的耐盐害范围

处 理	25℃电导值 (mΩ/cm)		渗 透 势 (-兆帕)		盐 含 量 (%)		幼 苗 化 学 成 分 (%)											
	生 长 正 常	死 亡	生 长 正 常	死 亡	生 长 正 常	死 亡	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻						
+Na ₂ CO ₃	≥1.8		≥0.035		≥0.05		0.214	1										
蒸 +NaHCO ₃	<0.3	≥0.67	<0.02	≥0.041	<0.03	≥0.07	0.259	5										
馏 +NaCl	<2.45	≥3.2	<0.09	≥0.142	<0.11	≥0.17	0.302	2				0.339						
+CaSO ₄	<1.8	2.2	<0.11	≥0.253	<0.30	0.70			1.478	2	1.812	6						
水 +MgSO ₄	<7.5	≥10	<0.53	≥0.786	<1.30	≥1.90				2.123	0	3.039						
+盐渍皮	<14	≥30	<0.50	≥1.08	<1.50	≥3.50	0.736	3	0.519	9	1.543	7	0.371	8	0.675	6	0.578	2
0.1% 盐渍皮 浸出液																		
+Na ₂ CO ₃	<1.0	≥1.0			<0.05	≥0.09	0.286	0										
+NaHCO ₃	<1.96	≥2.3			<0.05	≥0.09	0.401	0										
+NaCl	<8.0	≥12.6			<0.50	≥0.90	0.411	1				0.281						
+CaSO ₄	<2.8	3.1			<0.30	0.70			1.413	3	0.920	7						
+MgSO ₄	<8.6	≥13			<1.10	≥1.90				1.430	5	1.247	5					

表6 0.1%浓度盐溶液催根处理的苗木耐盐范围

处 理	25℃电导值 (mΩ/cm)		渗 透 势 (-兆帕)		盐 含 量 (%)		苗 木 化 学 成 分 (%)											
	生 长 正 常	死 亡	生 长 正 常	死 亡	生 长 正 常	死 亡	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻						
蒸 馏 水																		
+NaCl	<7.1	≥14	<0.42	≥0.93	<0.5	≥1.1	0.850	3				1.487						
+MgSO ₄	<13	≥17	<1.13	≥1.47	<2.7	≥3.5				1.860	9	3.094						
+盐渍皮	<25	≥31.6	<0.90	≥1.14	<2.9	≥3.7	0.980	0	0.844	0	1.255	3	0.733	7	2.748	0	0.626	1
0.1% 盐渍皮 浸出液																		
+NaCl	<15	≥17			<1.1	≥1.3	0.925	6				1.815						
+MgSO ₄	<12	≥20			<1.7	≥3.1				1.876	3	2.477	4					

3 结语与讨论

(1) 胡杨幼苗受到不同盐类毒害时,在外部形态上症状表现出明显差异。几种盐类对胡杨苗毒害排序是:Na₂CO₃>NaHCO₃>NaCl>CaSO₄>MgSO₄,以NaCl为主的盐渍皮;苗

2.2 盐溶液催根对苗木抗盐性的影响

胡杨幼苗经过低浓度(0.1%)盐溶液催根后,显著地提高了对盐害的抗性(见表6)。

就NaCl处理而言,表6所示苗体内Na⁺、Cl⁻的积累量较表5高许多,说明对胡杨幼苗进行耐盐处理,有利于提高苗木对盐害的抗性。试验还表明,低浓度盐培养液不影响苗木的正常发根。因此,在盐渍地育苗(相当于耐盐处理)、发根前造林地洗盐

木对强碱弱酸盐抗性差, 对强酸弱碱盐抗性较强; 随着盐类组成成分的复杂, 盐类对苗木毒害的缓冲作用亦会加大。

(2) 一般来讲, 可以根据苗木抗盐特性与体内离子成正比的关系, 种植胡杨苗。

(3) 胡杨苗经过抗盐害处理, 可以显著地提高抗盐害能力。

由于植物抗盐性是一个复杂的生理生化过程, 本试验就其中受害表象进行了探讨, 试验不足之处请予指正。

参 考 文 献

- [1] 全国土壤普查办公室, 1979, 全国第二次土壤普查暂行技术规程, 农业出版社。
 [2] 中国科学院南京土壤研究所, 1981, 土壤理化分析, 上海科学技术出版社。
 [3] 叶绿, 1981, 关于“水势”概念的理解, 植物生理学通讯, (4), 53~59。
 [4] 华北农业大学等, 1978, 普通化学, 上海科学技术出版社。

*Study on the Salt-Resistance of *Populus euphratica* under Water-Culture*

Luo Bin Zhou Shiwei

(The Research Institute of Forestry CAF)

Abstract In 1987 and 1989, study and analysis on the salt-harmed *Populus euphratica* Oliv. had been conducted by using one to two years old stocks, under the condition of water-culture with the salt concentration controlled by a conductivity meter. The results show that the order of harmful salt on stocks are $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{NaCl} > \text{CaSO}_4 > \text{MgSO}_4 > \text{salinized soil covers}$ composed of NaCl mainly; CaSO_4 did no harm to the stocks. The symptoms were clearer on one years old stocks than those on two years old stocks when they were harmed by salts, but the general trends were the same. When salts were added into distilled water, the solutions killed the stocks, which grew new roots in distilled water, were 0.05 % Na_2CO_3 , 0.07 % NaHCO_3 , 0.17 % NaCl, 0.7 % CaSO_4 , 1.9 % MgSO_4 and 3.5 % salinized soil covers composed of NaCl mainly. When salts were added into the salt water, the salt-resistance index of stocks which grew new roots in salt water could be raised to 1.1 % NaCl, 3.5 % MgSO_4 and 3.7 % salinized soil covers composed of NaCl mainly. It shows that the salt-resistance ability of the stocks can be raised significantly after they are treated by salt-resistance treatment.

Key words *Populus euphratica*; water-culture; salt-resistance; conductivity value