

高压电场对毛乌素沙地两种优势植物抗旱性的影响

那日¹, 杨生², 杨体强¹, 敖敦格日乐¹

(1. 内蒙古大学 理工学院物理系, 内蒙古 呼和浩特 010021;

2. 中国农业科学院草原研究所, 内蒙古 呼和浩特 010010)

摘要: 以毛乌素沙地优势植物柠条(*Caragana intermedia*)和沙蒿(*Artemisia songarica schrenk*)种子为对象,采用人工模拟干旱试验方法,研究不同电场处理后这 2 种植物种子萌发和生物量对土壤干旱胁迫的响应。结果表明,电场处理缓解了 2 种植物随干旱程度加重出现的负效应,不同处理条件,种子萌发和生物量对干旱胁迫的适应性的影响不同,电场处理能够提高种子在干旱胁迫条件下的发芽率和发芽势,提高 2 种沙生植物生物量干重和鲜重。这些变化缓解了干旱胁迫对柠条和沙蒿种子的伤害,提高了其对干旱胁迫的适应性。

关键词: 高压电场; 毛乌素沙地; 沙生植物; 萌发; 生物量; 干旱胁迫

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2004)06-0037-04

中图分类号: Q945.17

Effects of High-voltage Electric Field Treatment on Drought Resistance of Two Dominant Plants in Maowusu Sandland

NA Ri¹, YANG Sheng², YANG Ti-qiang¹, Aodungerile¹

(1. Department of Physics, College of Science and Technology, Neimongol University, Hohhot 010021,

Inner Mongolia Autonomous Region, China; 2. Grassland Research Institute of

Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hohhot 010010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

Abstract: Seeds of the *Caragana intermedia* and *Artemisia schrenk songarica* in Maowusu sandland were treated with different strengths of electric current. Under controlled conditions the effects of the exposure to electric fields on the drought resistance of the seeds in the germinating stage were tested. The results show that electric field treatment can reduce the negative impacts of drought. The different electric field strengths have different effects on the drought stress adaptability of the seeds in the germinating stage and on plant biomass. It is concluded that electric field treatment can increase seed germinating potential, germination rate, plant biomass and both wet and dry weights. All these changes are favorable for reducing drought damage and improving plant adaptation.

Keywords: high-voltage electric field; Maowusu Sandland; arid sandy plant; germination stage; biomass; drought stress

在干旱, 强烈光照, 风蚀和营养贫脊的沙漠环境中, 生态恢复工作艰巨而繁重。飞播造林种草后, 提高沙生植物存活率非常重要。研究沙生植物抗逆性, 增强其防风固沙, 水土保持的功能是推动我国西部治理沙漠工作中十分迫切和重要的任务。电场对植物抗逆性影响的研究应成为目前研究的热点。

国内外已有大量实验研究表明, 电场处理种子对萌发、活力、生理和生化过程, 幼苗生长, 植株生育性状及产量均有明显影响。有关电场对沙生种子影响的报道较少。柠条(*Caragana intermedia*)、沙蒿(*Artemisia songarica schrenk*)是毛乌素沙地植物群

落的优势种。有关其研究主要集中在其生理生态特性(叶水势、光合作用、蒸腾作用)及自然状态下生长情况等方面。用不同场强的电场和土壤干旱胁迫对 2 种植物的复合影响的研究还未见报导。

本文采用不同强度的电场处理种子及人工控制土壤持水量的方法, 研究土壤干旱胁迫下电场对柠条和沙蒿生物量积累, 加强其防风固沙作用, 提高流沙基质表面环境的稳定性, 对其它物种的侵入创造条件具有重要作用, 为沙地植被恢复提供科学依据, 并从细胞膜的角度来综合分析电场作用后沙生植物对干旱的适应机制和能力。

收稿日期: 2003-11-30

资助项目: 国家自然科学基金(50267001; 30260028)

作者简介: 那日(1955-), 男(蒙古族), 内蒙古鄂尔多斯市人, 副教授, 多年从事环境生物物理方面的研究工作。电话(0471)6883427, E-mail: nari6363@tom.com。

1 材料与方法

1.1 实验材料与研究地点

所研究植物为柠条、沙蒿。试验地点位于中国农业科学院草原研究所牧草试验站,东经 $110^{\circ}49'$,北纬 $40^{\circ}44'$,海拔 1 063 m。2 种植物于 2003 年 5 月 1 日播种,一半种子采用培养皿纸上发芽进行发芽实验。另一半播种的种子于 5 月 10 日分别选取每一物种生长良好,大小一致的幼苗进行分组,每一物种幼苗在每一个电场处理条件下随机分成 3 组,各 10 株移栽植入瓦盆中,植株在自然状态下生长,6 月 1 日进行土壤水分处理。培养 3 个月,即 6 月 1 日开始,至 9 月 1 日结束。实验期间,研究设计了 3 种施水量处理,它们分别相当于严重干旱,轻度干旱和适宜。

1.2 电场处理种子方法

据所设电场强度个数 N ,挑选饱满且外形差异较小的一定量种子,随机分成 $(N+1)$ 份,其中一份作为对照组 ($E=0\text{ kV/cm}$)。其它 N 份分别置于平行板电极形成的电场中,用不同强度的电场处理一定时间。本实验所用电极电压波形为 50 Hz 半波整流,电场强度共 12 个,即 $En=0.5 \times n(\text{ kV/cm})$, $n=1, 2, 3, \dots, 12$,处理时间为 10 min。对照组记为 CK。

1.3 土壤水分处理

土壤湿度分别为占田间持水量 30%~45% (严重干旱)和 45%~60% (轻度干旱),并以 60%~80% (适宜)为对照,用灌溉量控制土壤湿度。

1.4 干旱胁迫下种子发芽率和发芽势的测定

电场处理后的种子采用培养皿纸上发芽法,每个培养皿 100 粒种子,5 次重复,在 25°C 的恒温箱中萌发,萌发初始用水量设为对照组 8 ml/100 粒 (适宜),4 ml/100 粒 (轻度干旱),2 ml/100 粒 (严重干旱),每天加初始水量的 10% 补充损失的水分。并记录发芽数,萌发第 3 d 测发芽势,第 7 d 测发芽率 (%)。

1.5 生物量的测定

取样时间为:7 月 1 日,8 月 1 日,9 月 1 日共 3 次取样。每次选取 10 株作为观测株,分别测定幼苗株高,挖出所测幼苗,测根、茎、叶生物量的鲜重,然后将这些材料放入烘箱中,在 85°C 下经 48 h 的烘烤,最后测生物量的干重。

2 实验结果

2.1 电场处理对干旱胁迫下种子萌发的影响

由表 1 和图 1,图 2 可见,干旱胁迫使 2 种植物的发芽率和发芽势均表现为降低,在对照组 CK (未经电场处理)中,水分轻度缺 (4 ml/100 粒)时,柠条和

沙蒿的发芽率比对照组 (水分适宜 8 ml/100 粒) 分别下降 7.6% 和 8.7%; 发芽势分别下降 10% 和 11.0%。水分严重短缺 (2 ml/100 粒) 时,发芽率和发芽势下降幅度比轻度短缺时大,柠条和沙蒿的发芽率比对照组分别下降 16.6% 和 29.3%; 发芽势分别下降 31.2% 和 41.5%。但经电场处理后,各处理组在干旱胁迫下发芽势和发芽率下降的幅度明显低于对照组 CK (未经电场处理),如电场强度为 3.5 kV/cm 时,水分 4 ml/100 粒,柠条和沙蒿的发芽率比对照组 8 ml/100 粒分别下降 7% 和 8.2%; 发芽势分别下降 3.4% 和 5.6%,水分 2 ml/100 粒,2 种植物的发芽率对比照组 8 ml/100 粒下降幅度分别是 10.8% 和 24.5%; 发芽势下降的幅度为 25.6% 和 30%。

表 1 电场处理对不同水分条件下种子萌发的影响

物种	电场强度/ ($\text{kV} \cdot \text{cm}^{-1}$)	不同水量(ml) 发芽率/%			不同水量(ml) 发芽势/%		
		2.0	4.0	8.0	2.0	4.0	8.0
柠 条	CK	65	72	78	55	75	80
	0.5	64	69	70	62	75	80
	1.0	67	72	79	64	78	83
	1.5	69	76	80	59	76	79
	2.0	74	81	84	72	85	85
	2.5	66	73	79	60	74	81
	3.0	65	72	80	61	77	82
	3.5	72	80	86	71	84	87
	4.0	68	76	78	56	75	80
	4.5	76	79	85	70	85	88
	5.0	73	80	82	72	83	88
	5.5	75	81	84	75	81	84
6.0	67	75	79	59	77	85	
沙 蒿	CK	65	84	92	48	73	82
	0.5	66	85	92	53	74	83
	1.0	69	88	96	57	77	85
	1.5	65	84	92	52	74	82
	2.0	72	89	97	66	84	87
	2.5	66	85	92	53	73	82
	3.0	63	81	89	51	76	84
	3.5	74	90	98	61	84	89
	4.0	67	86	94	49	74	83
	4.5	72	91	98	60	85	89
	5.0	75	89	97	60	83	88
	5.5	73	90	98	65	84	87
6.0	69	88	96	52	77	86	

与此同时,各处理组与 CK 组相比,电场处理对发芽率和发芽势产生明显影响,水分条件为 2 ml/100 粒时,2 种植物发芽率提高幅度分别在 $-1.5\% \sim 16.9\%$ 和 $-3.1\% \sim 15.4\%$ 。发芽势提高的幅度为 $1.8\% \sim 36.4\%$ 和 $2.1\% \sim 27.1\%$ 。处理条件为 2.0, 3.5, 4.5, 5.0 和 5.5 kV/cm。与对照组 CK 相比,柠条和沙蒿的发芽率分别提高 $10.8\% \sim 16.9\%$ 之间和

10.8%~ 15.4% 之间; 发芽势分别提高 27.3% ~ 36.4% 之间和 25%~ 37.5% 之间。

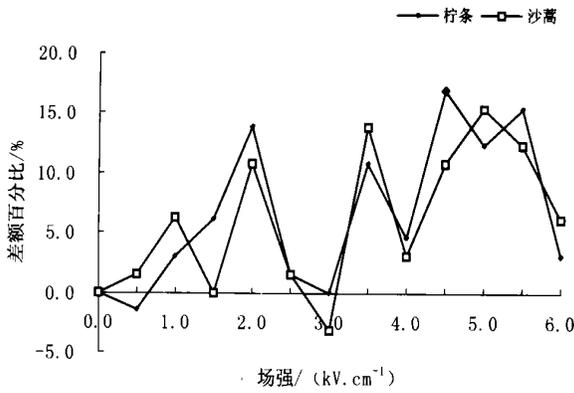


图 1 电场处理对水分条件(2 mL)下柠条和沙蒿种子发芽率的影响

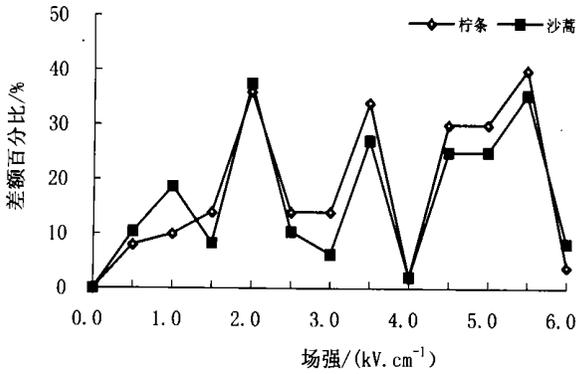


图 2 电场处理对水分条件(2 mL)下柠条和沙蒿种子发芽势的影响

2.2 电场处理对土壤干旱胁迫下柠条和沙蒿植物生物量鲜重和干重的影响

从表 2 和图 3、图 4 中可以看出,土壤干旱胁迫使柠条和沙蒿植物鲜重和干重均降低,而且随着干旱程度的加重,鲜重和干重降低的幅度增大,在未处理组 CK 中土壤严重干旱时(湿度 30%~ 45%)柠条和沙蒿的鲜重比对照组(湿度 60%~ 80%)分别下降 23.7% 和 54.8%;干重分别下降 20.7% 和 53.0%,土壤发生轻度干旱时(湿度 45%~ 60%),2 种植物的鲜重分别下降了 15.8% 和 16.8%;干重分别下降 12.4% 和 13.5%。但经电场处理后缓解了 2 种植物随干旱程度加重出现的负效应,各处理组随干旱程度的加重,生物量鲜重和干重下降的幅度减少了。如电场强度为 4.5 kV/cm 时,湿度为 45%~ 60%,柠条和沙蒿的鲜重比湿度 60%~ 80% 时分别下降 14.6% 和 14.9%,干重分别下降 9.5% 和 11.8%,土壤湿度为 30%~ 45% 时,2 种植物的鲜重比湿度 60%~ 80% 下降幅度分别为 17.3% 和 43.9%;干重下降幅度分别

为 12.3% 和 40.5%。各处理组与 CK 组相比可见,经适当电场处理后,种子的生物量干重和鲜重均有明显的提高,如当土壤湿度是 30%~ 45% 时,柠条和沙蒿鲜重提高的幅度为- 2.0%~ 42.5% 和- 2.3%~ 44%;干重提高的幅度为- 1.8%~ 42% 和- 5.9%~ 59.7%。处理条件为 2.0, 3.5, 4.5, 5.0 和 6.0 kV/cm 与对照组 CK 相比,柠条和沙蒿的鲜重分别提高 32%~ 42.5% 和 44%~ 59.7%。干重分别提高了 30%~ 42% 和 44%~ 59.7%。

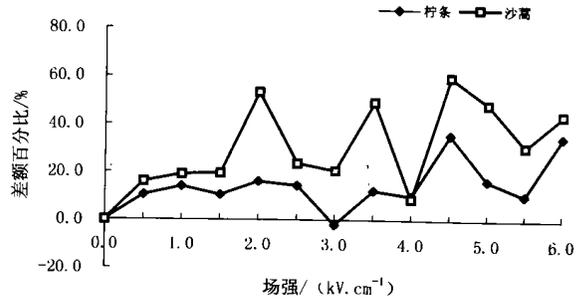


图 3 电场处理对土壤干旱胁迫(土壤湿度为 30%~ 45%)下柠条和沙蒿植物鲜重的影响

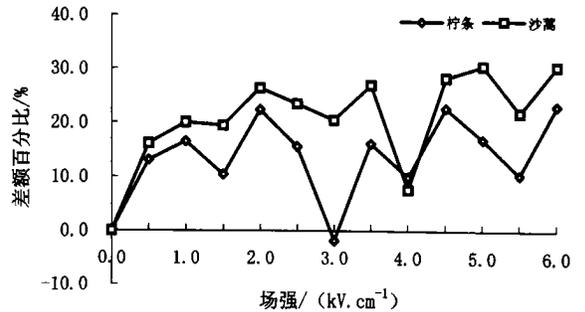


图 4 电场处理对土壤干旱胁迫(土壤湿度为 30%~ 45%)下柠条和沙蒿植物干重的影响

3 结 论

电场对植物抗逆性影响的研究主要集中在农作物,而关于电场对沙生植物的研究相对较少,本文采用不同场强的电场和土壤干旱胁迫对柠条和沙蒿 2 种植物的复合影响进行了初步研究,结果表明:

3.1 发芽率和发芽势

电场处理柠条和沙蒿种子提高了种子在水分胁迫下的发芽率和发芽势,随着土壤干旱程度的增加,与对照组相比,电场处理明显提高了种子的发芽率和发芽势,这可能是电场处理提高了种子可溶性蛋白质,游离脯氨酸的含量和淀粉酶的活性,静电场提高了膜电位,使种子细胞内合成了更多的 ATP,提高了膜主动吸收,运转营养物质的能力,提高了代谢水平,这样就减轻了细胞膜对干旱胁迫的敏感性。

表 2 电场处理对土壤干旱胁迫下柠条和沙蒿植物生物量的影响

物种	电场强度/ ($\text{kV} \cdot \text{cm}^{-1}$)	不同土壤湿度(%) 植物鲜重/(g/株)			不同土壤湿度(%) 植物干重/(g/株)		
		30~ 45	45~ 60	60~ 80	30~ 45	45~ 60	60~ 80
柠 条	CK	3.8980	4.3035	5.1095	0.7796	0.8607	0.9826
	0.5	4.4045	4.8100	5.7288	0.8809	0.9620	1.0809
	1.0	4.5410	4.9465	5.6625	0.9082	0.9893	1.1103
	1.5	4.3005	4.7765	5.2479	0.8601	0.9553	1.0710
	2.0	5.2700	5.3350	5.6592	1.0540	1.0670	1.1790
	2.5	4.6555	5.0115	5.9890	0.9311	1.0023	1.1300
	3.0	3.8200	4.1540	4.7609	0.7655	0.8308	0.9335
	3.5	5.5275	5.5395	6.1415	1.1055	1.1079	1.2283
	4.0	4.2895	4.6230	5.4142	0.8579	0.9246	1.0412
	4.5	5.3850	5.5565	6.5084	1.0770	1.1113	1.2280
	5.0	5.1454	5.1695	5.8650	1.0120	1.0339	1.1500
	5.5	4.3005	4.7765	5.3550	0.8601	0.9553	1.0710
6.0	5.5547	5.7230	6.2112	1.1079	1.1446	1.2676	
沙 蒿	CK	11.1535	20.5455	24.7021	2.2307	4.1091	4.7504
	0.5	12.9450	22.5245	27.4434	2.5890	4.5049	5.1780
	1.0	13.2680	23.6115	27.6191	2.6536	4.7223	5.4155
	1.5	13.3250	22.8350	25.6045	2.6650	4.5670	5.2254
	2.0	17.0965	26.0800	27.8184	3.4193	5.2160	5.7955
	2.5	13.7765	23.9705	29.2057	2.7553	4.7941	5.5105
	3.0	13.4390	23.6005	29.8613	2.6878	4.7201	5.4630
	3.5	16.6525	26.5855	29.2150	3.3305	5.3171	5.8430
	4.0	10.4935	19.2010	23.2201	2.0987	3.8402	4.4654
	4.5	17.8070	26.9945	31.7273	3.5614	5.3989	5.9855
	5.0	16.5680	24.8020	27.8613	3.3136	4.9604	5.4630
	5.5	14.5930	26.6325	30.4025	2.9186	5.3265	6.0805
6.0	16.0565	27.9440	30.2600	3.2113	5.5888	6.1755	

3.2 生物量

植物的生物量是植物生长最主要的参数。在本研究中,柠条和沙蒿幼苗总生物量干重和鲜重对不同的电场条件具有不同的响应。在受到干旱胁迫时,2种植物幼苗的生物量累积都受到抑制,而电场处理增加了柠条和沙蒿抗旱能力,幼苗生物量积累增加。在一定电场范围内,与对照组相比,幼苗生物量积累明显提高。

3.3 适宜的电场处理条件

综合各项指标,我们发现,处理条件 2.0, 3.5 和 4.5 kV/cm 是提高柠条和沙蒿抗旱能力的适宜条件。

植物群落是陆地生态系统功能的主要维持者,其防风固沙水土保持等生态功能的发挥都要以大量生物物质的存在为基础。电场处理对柠条和沙蒿种子发芽率、发芽势和生物量积累均有明显的影响,使长枝上托叶硬化成针刺羽状复叶的柠条和叶羽状全裂的沙蒿具有良好的固沙性能,耐沙埋,抗风蚀,在沙地上形成稳定的群落。但本研究只考虑了土壤干旱对

植物生长的影响,而事实上,沙生植物的生长还受到气温变化的影响,这方面的研究有待进一步开展。

[参 考 文 献]

- [1] Sidaway Gh, Aspray Gf. Influence of electrostatic field on plant respiration [J]. *Int J Biometeor*, 1968, 12: 321—329.
- [2] Tong T Y. Electric activation of membrane enzymes. In: *First East Asian Symposium on Biophysics* [C]. Japan: Sponsored by the Biophysical society of Japan, 1994. 39.
- [3] 张振球. 静电生物效应[M]. 北京: 万国学术出版社, 1989. 1—6.
- [4] 高素华, 郭建平. 毛乌素沙地优势种在高 CO_2 浓度条件下对土壤干旱胁迫的响应[J]. *草业学报*, 2003, 12(2): 36—39.
- [5] 侯建华, 等. 电场处理油葵种子后对其萌芽期抗旱性的影响[J]. *生物物理学报*, 2003, 19(2): 193—197.
- [6] 肖春旺, 周广胜, 马风云. 施水量变化对毛乌素沙地优势植物形态与生长的影响[J]. *植物生态学报*, 2002, 26(1): 69—76.