

五种植物抗寒性的比较研究

张文娟¹, 姚云峰^{1*}, 李钢铁¹, 白玉如², 王玉涛¹

(1. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 呼和浩特 010019; 2. 赤峰市林研所, 内蒙古赤峰 024001)

摘要: 采用电导法对五种植物(四种美国引进的植物和一种乡土植物)进行不同低温处理, 研究其在各温度下的细胞膜透性改变情况, 并配以 Logistic 方程求拐点值确定低温半致死温度 LT_{50} 。结果表明: 低温处理下各种植物组织电解质渗透率增加, 并呈“S”形曲线增长, 各种植物的低温半致死温度分别为: 沙地柏为-46.58℃, 四翅滨藜-1, 四翅滨藜-2 分别为-42.44℃和-40.09℃, 黑油脂木为-27.7℃, 伏地肤为-22.18℃。故其抗寒性从强到弱的顺序为沙地柏>四翅滨藜-1>四翅滨藜-2>驼绒藜>黑油脂木>伏地肤。

关键词: 电解质透出率; 半致死温度; 抗寒性

中图分类号: Q945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2009)02-0269-03

Comparative experimental studies for cold resistance of five plant species

ZHANG Wen-Juan¹, YAO Yun-Feng^{1*}, LI Gang-Tie¹,
BAI Yu-Ru², WANG Yu-Tao¹

(1. College of Ecological and Environmental, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China; 2. Forestry Institute of Chifeng, Inner Mongolia Chifeng 024001, China)

Abstract: Five plant species including four kinds from America and one local species were selected to plant materials for comparing the ability to cold resistance using freezing LT_{50} based on electrical conductivity method and fitting in with Logistic function between percentage of electrolyte efflux from plant tissues and temperatures of treatment. It was shown that kinds of plants' percentage of electrolyte efflux tend to increasing, and take on an S-curve growth. local Savin Juniper was the strongest to resist cold. Its freezing LT_{50} was -46.58℃. The LT_{50} of both Fourwing Saltbush were -42.44℃ and -40.09℃ respectively. The cold resistance ability of Prostrate Broomsedge was the lowest. Its LT_{50} was only -22.18℃.

Key words: percentage of electrolyte efflux; lethal temperature; cold resistance

鉴定植物的抗寒性既需要合适的研究方法, 也需要建立在合适的研究方法基础上的数量化指标(陈建白, 1999)。国内外大量研究已确认, 膜系统是植物遭受低温伤害和抵抗低温伤害的关键结构。低温对膜的伤害可以导致电解质渗出率的增加(李国英等, 1996)。Dexter 等人于 1930 年提出的电导法测定植物抗寒性, 经过改进已推广应用于各类植物(张国珍等, 1997)。朱根海等(1986)用电导法配以

Logistic 方程求拐点温度作为植物组织半致死温度。朱月林等(1988)将此方法进行了改进。此法现已被大多数抗寒性研究接纳并采用。本试验采用电导法对 4 个不同植物种在不同低温下细胞膜透性改变情况进行研究, 然后配合 Logistic 方程求拐点值以确定低温半致死温度。从而确定它们的抗寒性和对环境的适应性, 同时也分析比较了不同植物种的抗寒特征, 为引进耐寒植物种的选择提供依据。

收稿日期: 2007-04-16 修回日期: 2008-06-24

基金项目: 国家林业局“948”项目[Supported by the“948”Program of State Forestry Administration of China]

作者简介: 张文娟(1981-), 女, 内蒙古锡林郭勒盟多伦县人, 博士研究生, 从事水土保持与荒漠化防治方面研究。

* 通讯作者(Author for correspondence)

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地位于赤峰市林研所苗圃地,地理坐标为 108°58' E,42°13' N,海拔 571 m,属大陆性气候。年均降雨量为 400 mm,年均蒸发量 2 100 mm;无霜期 150 d 左右;年均气温 6.5 ℃;年极端最低气温为 -31.4 ℃;≥10 ℃ 的活动积温为 2 839~3 159 ℃。试验地土壤为栗钙土,0~20 cm 土壤中有有机质含量为 14.79 g/kg,20~40 cm 土壤中有有机质含量为 10.42 g/kg。pH 值为 8.0。

1.2 实验材料

本试验引进植物名录见表 1。采用当地沙地柏 (*Sabina vulgaris*) 为对照种。

1.3 研究方法

植物叶片抗寒力测定采用电导法,主要步骤如下:选取二年生植物主干成熟叶片,自来水冲洗干净后,用直径 6.5 mm 的打孔器制取叶圆片。经蒸馏水漂洗 3 次,用滤纸吸干叶圆片表面水分,分别装入带刻度的具塞试管,每管 5 片。将装有试验材料的试管置于变温培养箱中,分别进行 -5, -10, -15, -20, -25, -30 和 -35 ℃ 的各级低温处理 1 h。处理完毕,取出试管并置于 0 ℃ 冰箱中解冻 40 min,再置于 4℃ 冰箱中解冻 20 min,化冻后每试管加入 8 mL 蒸馏水,在室温下放置 4 h,振荡,用 DDS-II A 型数字电导率仪测得 1 次电导率值 C_i 。然后将试管置沸水浴 10 min,取出后于室温放置 24 h,振荡后测得第二次电导率值 C_t ,按公式 $Y = (C_i - C_w) / (C_t - C_w) \times 100\%$ 计算试样的电解质透出率,式中 Y 为试样的

表 1 植物名录
Table 1 Plant directory

中文名称 Chinese name	英文名称 English name	学名 Latin name	种子来源 Seed origin
四翅滨藜-1	Fourwing Saltbush-1	<i>Atriplex canescens</i>	2002 年 11 月,犹他州 A 地,美国
四翅滨藜-2	Fourwing Saltbush-1	<i>Atriplex canescens</i>	2002 年 10 月犹他州 B 地,美国
驼绒藜	Eurotia Arborescens	<i>Ceratoides arborescens</i>	2002 年 10 月犹他州 A 地,美国
伏地肤	Prostrate Broomsedge	<i>Kochia prostrata</i>	2002 年 10 月犹他州,美国
黑油脂木	Greasewood	<i>Sarcobatus vermiculatus</i>	2002 年 10 月犹他州,美国
沙地柏	Savin Juniper	<i>Sabina vulgaris</i>	2002 年 10 月内蒙古赤峰,中国

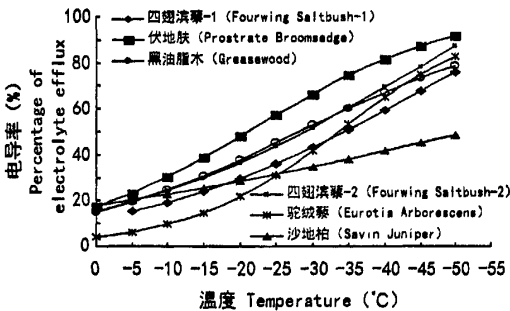


图 1 不同植物种低温电解质渗出率曲线图
Fig. 1 Cryogenic different plant species of percentage of electrolyte efflux

电解质透出率(%), C_i , C_t 和 C_w 分别为试样第一次、第二次及蒸馏水的电导率值(cm/s)。每处理重复 3~4 次(李振国,1999)。

采用修改的 Logistic 方程 $Y = k / (1 + ae^{-bx})$ 对不同温度和试样电解质渗出率之间的关系进行拟合,以曲线拐点温度作为试样的半致死温度来反映植物抗寒能力。式中 Y 为试样电解质渗出率(%),

T 为处理温度(℃),k, a, b 均为常数,通过计算机模拟算得, e 为自然指数的底数(盖钧镒,2005)。

2 结果与分析

2.1 低温对膜透性的效应

由图 1 看出,各种植物的电解质渗出率随温度的降低都呈递增趋势。沙地柏的递增曲线比较平缓,证明随着温度的降低其电解质渗出率增加缓慢从而反映出它具有较强的抗寒性;四翅滨藜-1,四翅滨藜-2 在 0~-25 ℃ 间曲线也较平缓,但在低于 -25 ℃ 以后曲线较陡,其电解质渗出率明显高于沙地柏,因此它的抗寒性要低于沙地柏;驼绒藜在 0~-25 ℃ 时的电解质渗出率较小,抗寒性较强,但低于 -25 ℃ 时的电解质渗出率迅速增加其抗寒性有所下降;伏地肤的电解质渗出率一直高于其他植物,因此抗寒性要低于其他植物。

2.2 配合 Logistic 方程求低温半致死温度(LT₅₀)

徐康等(2005)研究指出,电解质渗出率与温度之间的关系不是线性的,而是呈“S”形曲线。配合

Logistic 方程 $Y = k / (1 + ae^{-bx})$ 具有较好的拟合度，求该方程的二阶导数并令其等于零，则可获曲线的拐点 $x = \ln(a)/b$ ， x 即为 LT_{50} 。在此点低温对电解

质透出率的递增效应最大。对 6 个植物种(含品种)的电解质渗出率配合 Logistic 方程，所得方程和 LT_{50} 见表 3、表 4。

表 2 处理温度与电解质渗出率及细胞膜伤害率的关系

Table 2 Relation among temperature treated percentage of electrolyte efflux and cell membrane injury

材料名称 Material	电解质渗出率配合 Logistic 方程 Percentage of electrolyte efflux with Logistic function			
	$y = k / (1 + a \exp(bx))$			符合度 Conformity
	k	a	b	r
四翅滨藜-1(Fourwing Saltbush-1)	126.5737	9.6024	0.0533	0.9940 **
四翅滨藜-2(Fourwing Saltbush-2)	138.9511	7.9745	0.0518	0.9962 **
驼绒藜(Eurotia Arborescens)	100.3432	24.1749	0.0947	0.9838 **
伏地肤(Prostrate Broomsedge)	103.7700	5.0008	0.0726	0.9860 **
黑油脂木(Greasewood)	98.3262	5.6388	0.0624	0.9855 **
沙地柏(Savin Juniper)	92.2537	4.2042	0.0308	0.9829 **

1, 处理温度(°C)为-5, -10, -15, -20, -25, -30, -35; 2, r ** 为 A=0.01 水平上显著。

表 3 用表 2 资料计算的低温半致死温度

Table 3 Caculation lethal temperature using data from Table 2

材料名称 Material	电解质渗出率 Percentage of electrolyte efflux	
	配合方程 Match with function	半致死温度 Lethal temperature(°C)
四翅滨藜-1(Fourwing Saltbush-1)	$y = 126.5737 / (1 + 9.6024 \exp(0.0533x))$	-42.44
四翅滨藜-2(Fourwing Saltbush-2)	$y = 138.9511 / (1 + 7.9745 \exp(0.0518x))$	-40.09
驼绒藜(Eurotia Arborescens)	$y = 100.3432 / (1 + 24.1749 \exp(0.0947x))$	-33.61
伏地肤(Prostrate Broomsedge)	$y = 103.7700 / (1 + 5.0008 \exp(0.0726x))$	-22.18
黑油脂木(Greasewood)	$y = 98.3262 / (1 + 5.6388 \exp(0.0624x))$	-27.70
沙地柏(Savin Juniper)	$y = 92.2537 / (1 + 4.2042 \exp(0.0308x))$	-46.58

由表 3 可知, 6 个植物种(含品种) LT_{50} 在-22~-46 °C 之间, LT_{50} 可以区别品种间的抗寒性差异, LT_{50} 低的品种抗寒性较强。6 个品种中沙地柏抗寒性最强, 四翅滨藜-1, 四翅滨藜-2 次之, 伏地肤最差。从图 1 中可知黑油脂木的曲线与四翅滨藜-1 的接近但其半致死温度-27.70 °C 与四翅滨藜-1 的相差很远, 这有可能是黑油脂木自身生理结构的差异使其抗寒性降低抑或是其他原因还有待于进一步研究。其植物低温半致死温度(LT_{50})也可通过作图法求得(图 2)。从图 2 中估计出的植物低温半致死温度与表 3 中方程求得的植物低温半致死温度基本一致, 因此进一步证明用这种方法研究植物的抗寒性具有一定的合理性。

3 结论

(1) 在引进的四种植物种中, 四翅滨藜-1、四翅滨藜-2 的半致死温度分别为-42.44 °C 和-40.09 °C 与乡土植物沙地柏的半致死温度-46.58 °C 相近, 因

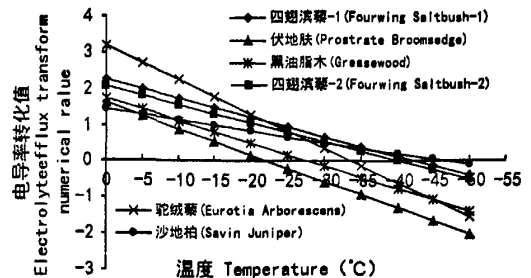


图 2 作图估计各种植物 LT_{50}

Fig. 2 Estimation of LT_{50} of different plants

此可适应当地的极端低温-31.4 °C, 能安全越冬, 甚至还可引入到更寒冷的地区; 驼绒藜的半致死温度是-33.61 °C, 稍低于当地耐寒植物沙地柏, 但高于当地极端低温, 因此也适于在当地种植; 而伏地肤、黑油脂木的半致死温度分别是-22.18 °C 和-27.70 °C, 低于当地极端低温, 大部分植株有可能难以安全 (下转第 150 页 Continue on page 150)



图1 白花草地老鹳草

Fig. 1 *Geranium pratense* L. f. *albiflora* Q. Zhu et J. Wang

a. 花 Flower; b. 植株 Plant.

(上接第 271 页 Continue from page 271)

越冬,因而这两种植物应引入到较温暖地区。(2) 经过上述研究,认为这几种植物的抗寒性由强到弱顺序为沙地柏>四翅滨藜-1>四翅滨藜-2>驼绒藜>黑油脂木>伏地肤,这只是初步的认识,进一步的研究还在进行中。

参考文献:

- 盖钧镒. 2005. 试验统计方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 217-218
- 李振国. 1999. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 30-33
- Chen JB(陈建白). 1999. The application of electrical conductivity method in evaluating the chilling resistance in the plants(电导法在植物研究中的应用)[J]. *J Yunnan Trop Crops Sci Tech* (云南热作科技), 22(1): 26-28
- Zhu YL(朱月林), Cao SC(曹寿椿), Liu ZQ(刘祖祺). 1988. Improvement on method determining lethal low temperature and its verification in non-heading Chinese Cabbage(致死低温确定法的改进及其在不结球白菜上的验证)[J]. *Acta Hort Sin*(园艺学报), (1)
- Zhu GH(朱根海), Liu ZQ(刘祖祺), Zhu PR(朱培仁). 1986. A study on determination of lethal temperature with Logistic func-

- tion(应用 Logistic 方程确定植物组织低温半致死温度的研究)[J]. *J Nanjing Agric Univ*(南京农业大学学报), (3)
- Li GY(李国英), Wei W(唯薇), Li YJ(李英俊). 1996. Analysis of cold resistance abilities of Sea-buckthorn cultivars(外引沙棘品种的抗寒力分析)[J]. *J Northeast Agric Univ*(东北农业大学学报), 24(4): 345-348
- Zhang GZ(张国珍), Xiao XY(肖向阳). 1997. A comparative study on cold resistance of eight introduced turf grasses(八种引种草坪植物的抗寒性比较研究)[J]. *Bull Bot Res*(植物研究), 17(2): 200-206
- Wei ZW(魏臻武), Yi DH(尹大海), Wang HS(王槐三). 1995. Measurement of freezing LT₅₀ by electrical conductivity method in associated with the logistic equation in oats(电导法配合 Logistic 方程确定燕麦冰冻半致死温度)[J]. *Qinghai Animal Veterinary Magazine* (青海畜牧兽医杂志), 25(1): 11-13
- Ding C(丁灿). 2002. Study on cold resistance of *Scacharum spontaneum* by means of electrolyte leakage(电导法测定割手密抗寒性的研究)[J]. *J Simao Teach Coll* (思茅师范高等专科学校学报), 18(3): 59-63
- Zheng DH(郑东虎), Wang XG(王兴国). 1998. The uses of electronic conductivity in chilling resistance of plants(电导法在植物抗寒性研究中的应用)[J]. *J Agric Sci Yanbian Univ*(延边大学农学报), 20(2): 73-78

五种植物抗寒性的比较研究

作者: [张文娟](#), [姚云峰](#), [李钢铁](#), [白玉如](#), [王玉涛](#), [ZHANG Wen-Juan](#), [YAO Yun-Feng](#), [LI Gang-Tie](#), [BAI Yu-Ru](#), [WANG Yu-Tao](#)

作者单位: [张文娟,姚云峰,李钢铁,王玉涛,ZHANG Wen-Juan,YAO Yun-Feng,LI Gang-Tie,WANG Yu-Tao\(内蒙古农业大学,生态环境学院,呼和浩特,010019\)](#), [白玉如,BAI Yu-Ru\(赤峰市林研所,内蒙古赤峰,024001\)](#)

刊名: [广西植物](#) **ISTIC** **PKU**

英文刊名: [GUIHAI](#)

年,卷(期): 2009, 29(2)

被引用次数: 5次

参考文献(10条)

1. [盖钧镒](#) [试验统计方法](#) 2005
2. [李振国](#) [现代植物生理学实验指南](#) 1999
3. [陈建白](#) [电导法在植物研究中的应用](#) 1999(01)
4. [朱月林](#); [曹寿椿](#); [刘祖祺](#) [致死低温确定法的改进及其在不结球白菜上的验证](#) 1988(01)
5. [朱根海](#); [刘祖祺](#); [朱培仁](#) [应用Logistic方程确定植物组织低温半致死温度的研究](#) 1986(03)
6. [李国英](#); [唯薇](#); [李英俊](#) [外引沙棘品种的抗寒力分析](#) 1996(04)
7. [张国珍](#); [肖向阳](#) [八种引种草坪植物的抗寒性比较研究](#) 1997(02)
8. [魏臻武](#); [尹大海](#); [王槐三](#) [电导法配合Logistic方程确定燕麦冰冻半致死温度](#) 1995(01)
9. [丁灿](#) [电导法测定割手密抗寒性的研究](#)[期刊论文]-[思茅师范高等专科学校学报](#) 2002(3)
10. [郑东虎](#); [王兴国](#) [电导法在植物抗寒性研究中的应用](#) 1998(02)

本文读者也读过(8条)

1. [苏世平](#). [席艳芸](#). [张继平](#). [李兰晓](#). [李剑](#). [Su Shi-ping](#). [XI Yan-yun](#). [ZHANG Ji-ping](#). [LI Lan-xiao](#). [LI Jian](#) [沙地柏抗旱性的研究](#)[期刊论文]-[防护林科技](#)2008(4)
2. [谢玉英](#) [膜脂组成与植物抗寒性的关系](#)[期刊论文]-[安徽农学通报](#)2007, 13(11)
3. [宣继萍](#). [高鹤](#). [刘建秀](#) [结缕草品种\(系\)的抗寒性鉴定](#)[期刊论文]-[江苏农业学报](#)2004, 20(1)
4. [张勇](#). [汤浩茹](#). [罗娅](#) [植物对低温胁迫的响应及其分子改良研究进展](#)[期刊论文]-[安徽农业科学](#)2006, 34(14)
5. [刘元铅](#). [郝广洲](#). [李自平](#) [沙地柏扦插育苗技术](#)[期刊论文]-[山东林业科技](#)2009, 39(6)
6. [张松林](#). [郭俊义](#). [闫红霞](#). [苏雅拉巴尔](#) [臭柏植物资源开发利用的思考](#)[期刊论文]-[内蒙古林业调查设计](#) 2005, 28(z1)
7. [杨秀玲](#). [魏臻武](#) [燕麦种苗的抗寒性研究](#)[期刊论文]-[四川草原](#)2005(6)
8. [陈秉初](#). [赵斌](#). [申屠文月](#) [金华佛手的介质栽培及生理指标分析](#)[期刊论文]-[浙江师范大学学报\(自然科学版\)](#) 2003, 26(3)

引证文献(5条)

1. [张振华](#) [胡萝卜与黄粉虫抗冻蛋白基因融合在拟南芥中的表达与抗冻性分析](#)[学位论文]硕士 2011
2. [谢慧慧](#), [王犇](#), [王戴斌](#), [李叶峰](#), [袁红艳](#), [陆小平](#) [一叶兰抗冻性研究](#)[期刊论文]-[江苏农业科学](#) 2011(01)
3. [仲强](#), [康蒙](#), [郭明](#), [王希华](#), [王良衍](#), [阎恩荣](#) [浙江天童常绿木本植物的叶片相对电导率及抗寒性](#)[期刊论文]-[华东师范大学学报\(自然科学版\)](#) 2011(04)
4. [赵歌](#), [袁红艳](#), [魏灵芝](#), [汤睿谱](#), [张晓峰](#), [陆小平](#) [屋顶绿化候选植物--费菜的抗逆性研究](#)[期刊论文]-[江西农业大学](#)

学报 2011(02)

5. 令凡, 李朝周, 回振龙, 焦健, 吕鹏 应用电导率法及Logistic方程测定油橄榄品种的抗寒性[期刊论文]-广东农业科学 2015(01)

引用本文格式: 张文娟, 姚云峰, 李钢铁, 白玉如, 王玉涛, ZHANG Wen-Juan, YAO Yun-Feng, LI Gang-Tie, BAI Yu-Ru, WANG Yu-Tao 五种植物抗寒性的比较研究[期刊论文]-广西植物 2009(2)