

doi:10.11937/bfyy.20165155

应用 Logistic 方程测定四种藤本植物的耐热性

袁雪涛^{1,2,3}, 夏冬^{1,2,3}, 许永利^{1,2,3}, 梁冰^{1,2,3}, 李富平^{1,2,3}

(1. 华北理工大学 矿业工程学院, 河北 唐山 063000; 2. 河北省矿业开发与安全技术重点实验室, 河北 唐山 063000;
3. 唐山市矿区生态修复产业技术研究院, 河北 唐山 063000)

摘 要:以葎草(*Humulus scandens*)、五叶地锦(*Parthenocissus quinquefolia*)、地锦(*Parthenocissus inserta*)、凌霄(*Campsis grandiflora*)等植物一年生功能叶片为试材,采用电导法配合 Logistic 方程对 4 种藤本植物的耐热性进行研究,以探明不同种类藤本植物对高温的耐受性,为藤本植物在北方城市以及山体的立体绿化提供参考依据。结果表明:4 种藤本植物叶片细胞伤害率随着处理温度的升高,呈现“慢-快-慢”的增长趋势,呈典型“S”型,并且 4 种藤本植物细胞伤害率经显著性检验均符合 Logistic 方程。4 种藤本植物的高温半致死温度介于 59.50~64.54 ℃,其中凌霄的半致死温度最高,达到 64.54 ℃,而葎草的半致死温度最低,为 59.50 ℃,4 种植物均具备较好的耐热性。4 种植物耐热性由强至弱依次为凌霄、地锦、五叶地锦、葎草。

关键词:高温胁迫;藤本植物;电导率;半致死温度;细胞伤害率;Logistic 方程

中图分类号:S 687.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)14-0099-04

藤本植物一般是指不能自由直立,需要借助自身特有器官或外界支持物生长的植物,可分为缠绕类、吸附类、卷须类和蔓生类,有时也被称为攀援植物、爬藤植物、藤蔓植物等^[1-2]。长期以来,藤本植物因具备低成本、高效等特点,在城市以及山体的立体绿化方面发挥着不可替代的作用^[3-4]。葎草(*Humulus scandens*)、地锦(*Parthenocissus inserta*)、五叶地锦(*Parthenocissus quinquefolia*)、凌霄(*Campsis grandiflora*)等藤本植物因其具有生长速度快、攀爬能力强、管理粗放、观赏

性强等优点常被用于城市垂直绿化^[5-6]。

由于全球气候变暖的影响,全国多地夏季开始出现持续的高温天气,很多植物因为高温出现灼伤、落叶,甚至枯萎死亡^[7],因而,植物的耐热性越来越受到生态修复工作者的关注。植物的耐热性可以为其能否安全越夏提供有力依据,因此已经有众多的科研工作者针对植物耐高温性能展开研究^[8-11],而研究耐热性最为常用、最为快速、最为方便的方法便是电导率法,该方法是通过测定细胞电解质外渗液的电导率,然后判定其与细胞伤害率之间的关系来实现的^[12-13]。但是,对葎草、五叶地锦、地锦、凌霄等藤本植物的耐热性研究尚鲜见报道。

因此,该研究借鉴其它植物耐热性的研究方法,以葎草、地锦、五叶地锦、凌霄等为材料,通过电导率法配合 Logistic 方程对 4 种藤本植物的耐热性展开研究,旨在为藤本植物在北方城市以及山体的立体绿化提供参考依据。

第一作者简介:袁雪涛(1987-),男,河北唐山人,博士研究生,研究方向为矿区生态恢复与重建。E-mail: yuanxt@hotmail.com.

责任作者:李富平(1965-),男,河北张家口人,博士,教授,现主要从事矿区生态恢复与重建等研究工作。E-mail: tsxyhk@163.com.

基金项目:河北省科技支撑计划资助项目(16234204D);华北理工大学研究生创新基金资助项目(2016B08)。

收稿日期:2017-02-14

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取藤本植物葎草、地锦、五叶地锦、凌霄为供试植物,采用盆栽方式,于2016年4月在华北理工大学温室内培养,培养4个月后选取长势大小基本一致的植株进行试验。

1.2 试验方法

1.2.1 样品的采集

首先将采集的功能叶片进行清洗,清洗液采用去离子水,然后用滤纸将清洗过的叶片擦干,再将叶片叠起进行修剪,尽量避开叶脉与边缘,剪成约 0.5 cm^2 的大小的叶片备用。

1.2.2 细胞伤害率的测定

向已洗净的试管中加入 0.1 g 样品,然后使用加样器向试管加入 20 mL 去离子水,充分摇匀使去离子水完全淹没叶片,分别置于水浴锅中加热 15 min (水浴温度按 30 、 35 、 40 、 45 、 50 、 55 、 60 、 65 、 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 设置),取出静置 2 h ,于 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下采用DDS-22C型电导仪测定电导率,所测数值记为 R 。然后,将上述叶片再次全部放入沸水浴中煮沸 15 min ,取出后静置冷却,再次测定电导率,所测数值记为 R_0 ,如此每组重复3次,设置经 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理的植物叶片电导值为对照(R_{CK}),以下式计算细胞伤害率^[14]。细胞伤害率($\%$)= $(R - R_{CK}) / (R_0 - R_{CK}) \times 100$ 。

1.2.3 Logistic方程和半致死温度的确定

通过SPSS 22.0软件采用Logistic方程 $Y = k / (1 + ae^{-bt})$ 对所测细胞伤害率与对应处理温度进行拟合,式中, Y 代表细胞伤害率, k 为细胞伤害率的饱和容量, t 代表处理温度。式中,系数 k 取 100 ,从而消去细胞伤害率的本底干扰。优化方程 $Y = k / (1 + ae^{-bt})$,化简为关于 Y (细胞伤害率)和 t (处理温度)的直线方程。首先用直线回归计算 a 、 b 及相关系数,然后对Logistic方程求二阶导数得 $t = (\ln a) / b$,此时的 t 值就是曲线的拐点,即为高温半致死温度(LT_{50})^[15]。

1.3 数据分析

试验数据采用Excel 2010软件进行整理,采用SPSS 22.0统计学软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 细胞伤害率与处理温度的关系

植物细胞伤害率可以通过植物细胞的浸提液的电导率来表征,其原理是,当植物受到温度胁迫时,细胞膜的透性发生改变,随着温度的升高,细胞膜透性增大,细胞内外渗透压变化显著,细胞内电解质向膜外转移,导致细胞外电解质浓度升高,浸提液电导率增大。因此,可以通过测量不同高温下叶片浸提液的电导率对植物的耐热性进行评价。由图1可知,4种藤本植物的细胞伤害率曲线呈典型的“S”型变化,一定的温度范围内细胞伤害率增加缓慢,当超过这一范围,提取液电导率迅速升高,当细胞内外压差减小,提取液电导率升高趋势又趋于平缓。在 $30 \sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内,4种植物的细胞伤害率随温度的升高而增大,葎草在 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下、地锦在 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下、五叶地锦和凌霄在 $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下时,细胞伤害率随温度升高增长缓慢,其中凌霄在 $30 \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内细胞伤害率增长最慢,说明此阶段温度升高对凌霄的影响最小。但葎草在 $45 \sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、地锦在 $50 \sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、五叶地锦和凌霄在 $55 \sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 细胞伤害率随温度升高快速增加,当处理温度超过 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,4种植物细胞伤害率增长又趋于平缓,这说明,葎草在 $45 \sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、地锦在 $50 \sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、五叶地锦和凌霄在 $55 \sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时叶片受高温的伤害最敏感,并可初步判断葎草叶片膜系统不可逆破坏的临界温度在 $45 \sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$,地锦叶片膜系统不可逆破坏的临界温度在 $50 \sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$,五叶地锦和凌霄叶片膜系统的临界温度在 $55 \sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$,一旦超过这一范围过程是不可逆的。

2.2 Logistic方程参数及半致死温度的确定

4种藤本植物Logistic方程参数及半致死温度如表1所示,4个品种的相关系数 r 值在 $0.967 \sim 0.977$,达极显著水平($P < 0.01$),方程较好的拟合了“S”型曲线。4种藤本植物不可逆破坏的临界温度即高温半致死温度介于 $59.50 \sim 64.54\text{ }^{\circ}\text{C}$,其中凌霄的高温半致死温度最高达 $64.54\text{ }^{\circ}\text{C}$,葎草半致死温度最低为 $59.50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。通常来说,植物的耐高温能力越强,其对应的高温半致死温度越高,因此,根据拟合方程得出4种藤本植物的耐高温能力的强弱顺序依次为凌霄、地锦、五叶地锦、葎草。

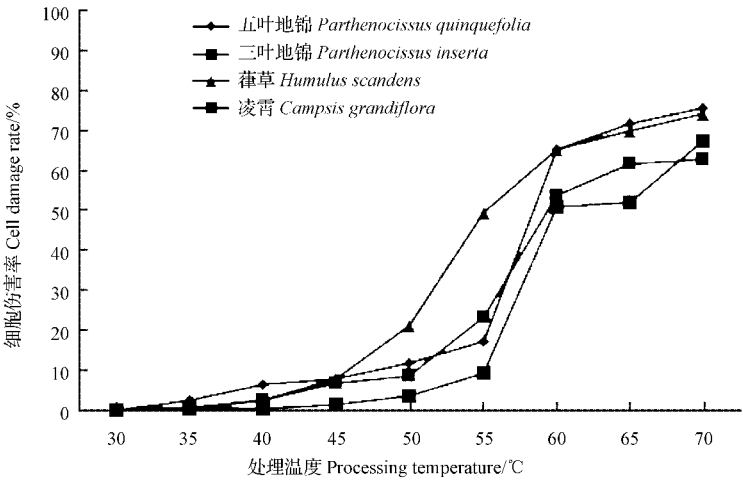


图 1 不同温度下藤本不同品种叶片细胞伤害率

Fig. 1 Vine cell damage rate of different varieties under different temperature

表 1
Table 1
Logistic 方程数及半致死温度
Logistic equation and semi-lethal high temperature

品种 Cultivar	方程参数 Equation parameter ln a	b	相关系数 Correlation coefficient	半致死温度 Semi-lethal high temperature/°C	耐热性顺序 Heat resistant order
五叶地锦 <i>Parthenocissus quinquefolia</i>	8.890 0	0.146 0	0.967 * *	60.89	3
地锦 <i>Parthenocissus inserta</i>	11.015 0	0.175 0	0.971 * *	62.94	2
葎草 <i>Humulus scandens</i>	10.889 0	0.183 0	0.967 * *	59.50	4
凌霄 <i>Campsis grandiflora</i>	14.199 0	0.220 0	0.977 * *	64.54	1

注: * * 表示相关性极显著($P<0.01$)。
Note: * * shows correlation is significant ($P<0.01$).

3 讨论

植物的细胞膜透性会对逆境快速的做出反应,温度升高,细胞膜透性增加,大量的电解质外渗,从而提取液的电导率增大,这就表示细胞受到的伤害越严重,那么植物的抗逆性越差^[16]。经大量试验表明,电导法配合 Logistic 方程计算得出的植物半致死温度(LT₅₀)可以快速、简单、准确的判定植物对温度的耐受性^[12-13,17-19]。结果显示,随着处理温度的升高,4 种藤本植物叶片细胞伤害率呈“慢-快-慢”的趋势增加,这与前人对其它植物的研究结果基本一致^[12-13,18-19]。4 种植物耐热性由大至小依次为凌霄、地锦、五叶地锦、葎草,不同植物之间半致死温度(LT₅₀)差异明显,这可能主要是植物品种间的差异引起的,相应 4 种植物的耐热性顺序可能与其木质化程度有关,凌霄木质化程度大于地锦和五叶地锦,而葎草属

于藤本植物中的草本,木质化程度最低,地锦和五叶地锦同属于葡萄科,二者具有一定的相似性^[20]。但整体来说,4 种供试植物的高温半致死温度均超过 50 °C,表现出较好的耐热性。由于该试验是采用植物叶片作为研究对象,并且是在离体条件下进行,因此其对植物抵抗高温能力的评价结果,并不能够全面的反应整体植株的耐热性。全面的植物耐热性评价尚需综合植物各项生理指标以及其所处环境中各环境因子开展更深入的研究。

参考文献

[1] 夏江宝,许景伟,赵艳云. 我国藤本植物的研究进展[J]. 浙江林业科技,2008,28(3):69-74.
[2] 臧德奎,周树军. 攀援植物与垂直绿化[J]. 中国园林,2000(5):79-81.
[3] 龙桂根,徐光辉,黄芝云,等. 裸露山体困难立地绿化关键技术研究[J]. 江西林业科技,2011(3):27-32.
[4] 郭云文,苏德荣,花伟军,等. 木本藤本植物在城市绿化中的应用现状及发展趋势[J]. 北方园艺,2007(8):146-148.

- [5] 贾俊丽,姜卫兵,魏家星,等.凌霄的园林特性及其开发应用[J].江西农业学报,2012,24(4):66-68.
- [6] 夏汉平,蔡锡安,彭彩霞.5种爬藤植物垂直绿化的效果比较[J].草业学报,2007,16(3):93-100.
- [7] 赵天荣,徐志豪,张晨辉,等.持续极端高温干旱天气对大花萱草生长的影响[J].草业科学,2015,32(2):196-202.
- [8] 王涛,田雪瑶,谢寅峰,等.植物耐热性研究进展[J].云南农业大学学报(自然科学版),2013,28(5):719-726.
- [9] SCAFARO A P, HAYNES P A, ATWELL B J. Physiological and molecular changes in *Oryza meridionalis* Ng., a heat-tolerant species of wild rice[J]. Journal of Experimental Botany, 2010, 61(1):191-202.
- [10] SILVA E N, VIEIRA S A, RIBEIRO R V. Contrasting physiological responses of *Jatropha curcas* plants to single and combined stresses of salinity and heat[J]. Journal of Plant Growth Regulation, 2013, 32(1):159-169.
- [11] 赵亚洲,卓丽环,张琰.2种红枫的高温半致死温度与耐热性[J].上海农业学报,2006,22(2):51-53.
- [12] 李秀玲,刘君,宋海鹏,等.应用 Logistic 方程测定 13 种观赏草的耐热性研究[J].江苏农业科学,2010(3):184-186.
- [13] 夏莹莹,叶航,马锦林,等.4个油茶品种的半致死温度与耐热性研究[J].中国农学通报,2012,28(4):58-61.
- [14] 石永红,万里强,刘建宁,等.多年生黑麦草高温半致死温度与耐热性研究[J].草业科学,2010(2):104-108.
- [15] 张月雅,刘明磊,颜小梅,等.4种蕨类植物耐热性测定[J].吉林农业大学学报,2015,37(3):313-316.
- [16] 王长柱,高京草,李新岗,等.西北地区枣树主栽品种抗寒性研究[J].果树学报,2011,28(5):898-902.
- [17] STEPONKUS P L. Role of the plasma membrane in freezing injury and cold acclimation[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1984(35):543-584.
- [18] 张文娟,李连国,田东方,等.应用 Logistic 方程测定景天植物的耐热性[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2013,34(3):46-48.
- [19] 任惠,王小媚,刘业强,等.应用电导率法和 Logistic 方程测定杨桃枝条抗寒性的研究[J].西南农业学报,2016(3):662-667.
- [20] 魏永胜,芦新建,周心澄,等.爬山虎与五叶地锦对墙体降温效果差异及生理机制[J].西北农业学报,2009,18(5):325-329.

Heat Resistance of Four Kinds of Vines by Logistic Equation

YUAN Xuetao^{1,2,3}, XIA Dong^{1,2,3}, XU Yongli^{1,2,3}, LIANG Bing^{1,2,3}, LI Fuping^{1,2,3}

(1. College of Mining Engineering, North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei 063000; 2. Hebei Key Laboratory of Mining Development and Security Technology, Tangshan, Hebei 063000; 3. Tangshan Mining Industry of Ecological Restoration Technology Research Institute, Tangshan, Hebei 063000)

Abstract: To reveal the different species vine plant tolerance to high temperature, and provide a theoretical and applicatory basis for the vines vegetation in the northern city and mountain, annual function leaf samples (*Humulus scandens*, *Parthenocissus quinquefolia*, *Parthenocissus inserta*, *Campsis grandiflora*) were selected as experimental materials, heat resistance of four kinds of lianas by using conductance method together with the logistic equation were studied. The results indicated that with the rise of treated temperature, cell hurt rate of leaf segments of four kinds of lianas increased with trend of ‘slow-fast-slow’, showed typical ‘S’ curve, the significance test of which fitted logistic equation. Semi-lethal high temperature of four kinds of lianas divides from 59.50 °C to 64.54 °C, semi-lethal high temperature of *C. grandiflora* (64.54 °C) was the highest in the four kinds of plant, while *H. scandens* (59.50 °C) was the lowest in the four kinds of plant. The heat resistance of four kinds of plant followed the order: *C. grandiflora* > *P. inserta* > *P. quinquefolia* > *H. scandens*.

Keywords: high temperature stress; liana; electrical conductivity; semi-lethal high temperature; cell damage rate; Logistic equation