

# 牛角瓜的半致死温度和耐寒性研究

曾祥艳, 蓝金宣, 陈金艳, 廖健明, 梁文汇

(广西壮族自治区林业科学研究院 广西特色经济林培育与利用重点实验室, 广西南宁 530002)

**摘要** [目的] 探明牛角瓜的抗寒力和所能忍耐的低温极限。[方法] 利用电导率法测定牛角瓜根、茎、叶在不同低温下细胞膜透性的变化, 并结合 Logistic 方程计算半致死温度。[结果] 牛角瓜根、茎、叶的细胞伤害率与处理温度均呈负相关, 随着温度的降低, 细胞伤害率呈“S”型曲线变化, Logistic 曲线模型的拟合度  $r^2$  值在 0.96 以上, 达极显著水平, 三者耐寒性强弱依次为叶、茎、根, 且对应的低温半致死温度分别为  $-1.03$ 、 $-1.00$ 、 $1.85$   $^{\circ}\text{C}$ , 与正常低温年度广西各地的平均极端低温接近。[结论] 牛角瓜抗寒性较差, 正常低温年度下, 除了在桂西南的左右江干热河谷外, 在温度偏低的桂北、桂中地区难以越冬, 但若遇极端天气, 在广西大部分地区均可因寒致死。因此, 目前不建议在广西快速大规模、大面积发展种植牛角瓜。

**关键词** 牛角瓜; Logistic 方程; 半致死温度; 耐寒性

**中图分类号** S718.43 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)36-0105-02

## Semi-lethal Temperature and Cold Tolerance in *Calotropis gigantea*

ZENG Xiang-yan, LAN Jin-xuan, CHEN Jin-yan et al (1. Guangxi Zhuang Autonomous Region Forestry Research Institute, Guangxi Key Laboratory for Cultivation and Utilization of Special Non-Timber Forest Crops, Nanning, Guangxi 530002)

**Abstract** [Objective] To explore the cold resistance and the low temperature limit of *Calotropis gigantea*. [Method] The electrical conductivity method was used to measure the changes of cell membrane permeability of the root, stem and leaf of *C. gigantea* at different low temperatures, and semi-lethal temperature was calculated with the Logistic equation. [Result] The cell injury rate was negatively correlated with the temperature, as the temperature decreased, the cell injury rate was S-shaped curve, and the value of  $r^2$  for the Logistic curve model was above 0.96, reached extremely significant level. The order of cold resistance from strong to weak was leaf, stem, root, and the corresponding semi-lethal temperature was  $-1.03$ ,  $-1.00$ ,  $1.85$   $^{\circ}\text{C}$  respectively, which were close to the average extreme low temperature in Guangxi. [Conclusion] The cold resistance of *C. gigantea* was so poor, it was difficult to overwinter in the cold north and central parts, except in the hot dry river valley southwest of Guangxi in normal low-temperature year, but in extreme weather, death from cold can be caused in most parts of Guangxi. Therefore, it was not recommended to develop and cultivate *C. gigantea* on a large and rapid scale in Guangxi at present.

**Key words** *Calotropis gigantea*; Logistic equation; Semi-lethal temperature; Cold resistance

牛角瓜 (*Calotropis gigantea* L.) 属萝藦科牛角瓜属直立灌木, 主要分布在亚洲和非洲的热带亚热带地区。牛角瓜耐干旱、耐盐碱, 在我国云南、四川、广东、广西、海南等地的干热河谷、盐碱地、沿海沙滩等生态脆弱环境下能生长良好, 可起到防止水土流失或防风固沙作用<sup>[1-2]</sup>。牛角瓜整株均具较高商品开发价值, 从牛角瓜中分离鉴定出的多种苷类已进行过广泛药用机理研究, 用牛角瓜提取物对南方根结线虫、非洲瓜瓢虫、钉螺进行药理试验亦达到较好的效果<sup>[3-5]</sup>, 牛角瓜的综纤维素还被认为是目前发现的质量较好的野生纤维, 利用其可织成具有滑爽质感、透气舒适的面料<sup>[6]</sup>。

近年来, 国内外对牛角瓜有关药物提取和开发的报道很多, 能源利用以及种毛纺织技术方面的研究亦逐渐深入, 但目前牛角瓜资源基本仍处于野生状态, 引种驯化栽培相关技术方面的研究鲜有报道。2016年, 在广西桂南、桂中、桂北3个不同气候带, 选择13个试验点, 对牛角瓜进行引种栽培试验, 通过近年的观测发现, 牛角瓜在广西范围内均能生长, 但易受低温寒灾的影响, 植株叶片枯落, 枝梢枯死, 致使多个试验点的保存率逐年降低, 有些植株在来年虽能重新抽萌, 但多半长势弱, 产量和质量无法提升。为了探明牛角瓜的抗寒力和所能忍耐的低温极限, 笔者借鉴其他植物的耐寒性研究方法, 通过电导率法结合 Logistic 方程计算出半致死温度

( $LT_{50}$ ), 对牛角瓜的耐寒性进行分析, 以期科学合理布置种植区划以及下一步的引种栽培提供理论参考。

## 1 材料与方法

**1.1 材料** 供试牛角瓜植株于2016年6月定植于广西林业科学研究院试验苗圃, 生长健壮, 定植地点属亚热带季风气候区, 年均气温  $21.6$   $^{\circ}\text{C}$  左右。2018年4月采集健康成熟叶片以及粗度为  $0.5$  cm 左右的主干枝, 挖取近地面的根系, 立即用潮湿纱布包裹, 装入自封袋中, 带回实验室, 分别用自来水、去离子水冲洗, 用吸水纸吸干水分后备用。

## 1.2 方法

**1.2.1 样品处理。** 避开主脉和边缘将叶片剪成  $0.5$  cm  $\times$   $0.5$  cm 规格的小叶片, 枝条去掉顶端  $10$  cm, 向下截取枝段, 避开芽眼切成  $5$  mm 厚的小段, 根系截取根尖往上  $10$ ~ $20$  cm 部分, 剪成  $0.5$  cm 长小段, 分别称取  $0.5$ 、 $1.0$ 、 $1.0$  g 放入试管中。

**1.2.2 试验方法。** 将样品置于  $8$ 、 $5$ 、 $3$ 、 $0$ 、 $-3$ 、 $-5$ 、 $-8$   $^{\circ}\text{C}$  (记为处理  $T_1$ ~ $T_7$ ) 下的人工低温恒温槽 (BILON-W-803S) 处理  $12$  h 后, 加入  $25$  mL 去离子水并置于室温下冷却  $2$  h, 期间不断晃动试管, 用 HI-9033 型电导率仪测定低温处理后的叶片初电导值 ( $R_0$ )。然后在  $100$   $^{\circ}\text{C}$  沸水浴中放置  $20$  min, 取出冷却后在室温下测定终电导率值 ( $R_1$ ), 每组试验重复  $3$  次。相对电解质渗出率即细胞伤害率  $= R_0/R_1 \times 100\%$ 。

将处理温度和细胞伤害率用统计软件按 Logistic 方程拟合, 拟合方程为  $y = A / (1 + Be^{-kx})$ , 其中,  $y$  为细胞伤害率,  $x$  为处理温度,  $A$ 、 $B$  为方程参数,  $k$  为细胞伤害率的最大饱和容量, 因

**基金项目** 广西科学研究与技术开发计划项目 (桂科攻 15248003-16); 广西壮族自治区林业厅部门预算项目。

**作者简介** 曾祥艳 (1979—), 女, 广西柳江人, 高级工程师, 硕士, 从事经济林育种与高效栽培研究。

**收稿日期** 2018-08-14

试验中消除了底的干扰,此次方程回归分析时  $k$  取值 100%。经回归分析后求得方程的拐点温度即为低温半致死温度。

**1.3 统计分析** 采用 Excel 及 SPSS 17.0 软件对数据进行图表处理及方程拟合。

## 2 结果与分析

**2.1 低温对牛角瓜细胞伤害率的影响** 不同低温处理对牛角瓜根、茎、叶 3 个植株部位的细胞伤害率如图 1 所示,细胞伤害率与处理温度呈负相关,这与很多研究结果相一致。随着处理温度的降低,根、茎、叶的细胞伤害率均呈平缓、急剧、再平缓的“S”型趋势不断上升,其中上升急剧的温度为 3~ -3 °C,说明在此温度范围内,牛角瓜受低温伤害最敏感,该温度亦是膜系统不可逆破坏的临界温度。当温度低于 -3 °C 时,细胞伤害率的增速较慢,但逐渐接近 100%,细胞膜透性被完全破坏,此时牛角瓜受到的低温破坏亦达到不可逆的程度。从细胞伤害率的变化曲线看,在 8~ -5 °C,牛角瓜根的细胞伤害率均大于茎叶,说明牛角瓜的根对低温反应更强烈,受低温寒害的影响大于茎叶;而茎叶两者对低温的反应不同临界温度在 0 °C,高于 0 °C,茎的细胞伤害率明显大于叶,低于 0 °C,茎叶两者的细胞伤害率变化曲线基本重叠。由此可推断牛角瓜根、茎、叶 3 个部位对低温的耐受能力大小依次为叶、茎、根。

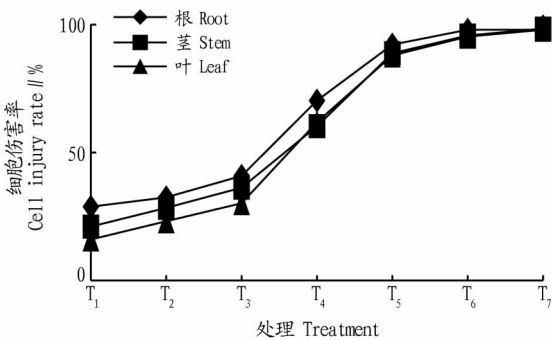


图 1 不同温度处理下的细胞伤害率

Fig.1 Cell injury rates at different temperatures

**2.2 牛角瓜 Logistic 方程参数及低温半致死温度 (LT<sub>50</sub>) 的确定** 由图 1 可知,细胞伤害率与处理温度间为明显的“S”型关系,对测定数据进行非线性回归分析,并将结果用 Logistic 方程拟合,得出各方程的参数值,令其二级导数为 0 时,得到的曲线拐点  $t = (\ln B)/k$ ,即为半致死温度 LT<sub>50</sub>,此时低温对电解质透出率的递增效应最大<sup>[7]</sup>。

从牛角瓜根、茎、叶 3 个部位的 Logistic 方程参数(表 1)可知,三者 Logistic 曲线模型的拟合度  $r^2$  值均在 0.96 以上,达极显著水平。牛角瓜根、茎、叶的低温半致死温度分别为 1.85、-1.00、-1.03 °C,与正常低温年度广西各地的平均极端低温接近,牛角瓜在广西范围内极易受到低温的影响,因寒致死的可能性很大。相关研究表明致死温度越高,耐冻性越差<sup>[8]</sup>,从研究结果看,牛角瓜根对低温的反应较茎、叶敏感,半致死温度高于 0 °C,耐冻性相对较差。

## 3 结论与讨论

电导率法测定细胞电解质的外渗率常可以反映出植物

受冷害程度及其抗寒性,结合 Logistic 方程计算出的半致死温度常用作植物抗寒力大小评价<sup>[9-10]</sup>,在红豆杉、李、苹果、柑橘、杨桃、观赏草、桉树等树种中已广泛应用<sup>[11-12]</sup>。

表 1 Logistic 方程拟合参数

Table 1 Fitting parameters of Logistic equation

部位 Part	Logistic 方程 Logistic equation	$r^2$	半致死温度 Semi-lethal temperature/°C
根 Root	$y = \frac{112.79}{(1+0.629e^{0.250x})}$	0.967*	1.85
茎 Stem	$y = \frac{111.519}{(1+0.763e^{0.270x})}$	0.981*	-1.00
叶 Leaf	$y = \frac{105.881}{(1+0.705e^{0.339x})}$	0.986*	-1.03

注: \* 表示方程的拟合度为极显著水平

Note: \* indicates that the fitting degree of the equation is extremely significant

该研究中,计算出牛角瓜的半致死温度在 -1.03 ~ 1.85 °C,与正常低温年度广西各地的平均极端低温接近。牛角瓜植株抗寒性较差,在广西桂中、桂北等温度偏低的地区难以露地越冬,在桂南、桂西等海拔较高的山区林地因容易出现霜冻,对其生长也会影响较大,但可在桂西南的左右江干热河谷越冬,若遇极端天气,干热河谷地区亦需要进行抗寒保温处理,即使露地存活,其生长势也普遍较差,需要在第 2 年开春时及时修剪受冻枝条,并灌以水肥进行抗冻保墒,这与区域性引种试验的大田表现基本相佐,同时亦表明了室内模拟野外低温环境,虽不能真实、全面地反映自然条件下的冻害情况,但在一定程度上亦能反映植株抗低温的能力。从研究结果看,牛角瓜根更易受低温的影响,耐冻性比茎、叶差,这不难解释有些植株在低温环境下,茎叶看起来受寒害影响不是很大,但避免不了最后因寒致死的结果。因此,在判断牛角瓜植株是否受寒害时,不仅要观察茎、叶的表现,还应重点考虑地下部分的根系。

决定某种植物引种栽培是否成功,关键因素之一是其对不良环境的耐受性<sup>[13]</sup>,鉴于牛角瓜对低温的抗性表现,目前并不建议在广西快速大规模、大面积发展种植,应结合实际,科学划分牛角瓜种植的适宜区与非适宜区,同时加强选育出一批抗寒性强、高产稳产的优良品种,并优化栽培技术,循序渐进地推进牛角瓜产业健康发展。

## 参考文献

- [1] 高柱,王小玲.牛角瓜开发价值及栽培技术研究[J].北方园艺,2011(18):202-206.
- [2] 李意德,黄全,周铁峰,等.海南岛能源植物资源及其利用潜力[J].生物质化学工程,2006(S1):240-246.
- [3] 孙世伟,刘爱勤,苟亚峰,等.20 种植物提取物对南方根结线虫的毒杀活性[J].热带农业科学,2009,29(10):30-33.
- [4] AHMED U A M, BASHIER N H H, SHI Z H.牛角瓜 (*Calotropis procera* Ait.) 提取物对非洲瓜瓢虫 (*Henosepilachna elaterii* Rossi) 的杀虫潜能评价[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2006,32(3):292-299.
- [5] 陈岚,朱传方,丁昌春.杀螺剂的研究状况及发展趋向[J].农药,2004,43(10):442-444,450.
- [6] 李璇,费魏鹤,李卫东.牛角瓜纤维鉴别方法研究[J].上海纺织科技,2013,41(3):20-22.
- [7] 曾雯珺,江泽鹏,陈伟,等.广西油茶主栽无性系低温半致死温度与耐寒性研究[J].中国农学通报,2013,29(4):23-25.

通过对处理②、③、④、⑤、⑥、⑦、⑪、⑫,以N、P施肥量为自变量、相应水稻产量为因变量进行回归分析,N、P效应方程: $y = -1.64N^2 - 2.26P^2 + 1.75NP + 40.61N - 0.89P + 456.5$  ( $R^2 = 0.9938$ )。

通过对处理④、⑤、⑥、⑦、⑧、⑨、⑩、⑭,以P、K施肥量为自变量、相应水稻产量为因变量进行回归分析,P、K效应方程: $y = -0.44P^2 - 0.62K^2 + 0.60PK + 4.39P + 8.65K + 678.925$  ( $R^2 = 0.9924$ )。

**2.2.3 氮磷钾不同处理对产量的回归效应分析。**通过对各肥料处理与产量的回归分析,发现  $y = -0.72N^2 - 0.71P^2 - 0.89K^2 + 0.32NP + 0.31NK - 0.20PK + 26.52N + 7.58P + 12.12K + 374.54$  ( $R^2 = 0.9980$ )。根据此拟合方程,求得N、P、K最佳施用量,氮肥的最佳施用量为287.25 kg/hm<sup>2</sup>,磷肥最佳施用量为126.60 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥最佳施用量为137.70 kg/hm<sup>2</sup>,此时最佳水稻产量为11 380.80 kg/hm<sup>2</sup>。

### 3 结论与讨论

(1)该试验结果发现,处理⑩(N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>3</sub>)产量最高,处理⑦(N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K<sub>2</sub>)产量次之,处理⑥再次之,三者产量间差异不显著。从农资成本看,处理⑥(N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>)经济效益最高。

(2)从单因素肥料效应看,随着施肥量的增加,水稻产量也相应增加。与成金华等<sup>[2]</sup>、刘洋等<sup>[4]</sup>、廖佳丽<sup>[5]</sup>的研究结果一致。但当超过最高施肥量后再施肥时,水稻产量开始呈下降趋势。适量施用氮肥可促进稻株生长,但过量施用会使水稻植株无效分蘖增多、贪青晚熟、倒伏、病虫害加剧,空瘪粒增多,结实率下降,影响水稻产量。魏义长等<sup>[6]</sup>研究发现

磷肥过量施用会导致钾肥缺失,从而导致水稻减产。但使用钾肥过量也会导致水稻减产<sup>[7]</sup>。从该研究双因素肥料互作效应看,NPK两两间都存在显著的互作效应,说明K肥过多,影响植物体N、P的吸收,从而使水稻减产。因此,在水稻生长发育过程中要注意控制氮肥用量,同时磷钾肥是水稻生长发育不可缺少的元素,可增强植株体内活动力,促进养分合成与运转,加强光合作用,延长叶的功能期,使谷粒充实饱满,提高产量,因此,在控施氮肥的同时,应配合平衡施用磷钾肥<sup>[8]</sup>。

(3)通过综合二次回归对肥料之间拟合,氮肥的最佳施用量为287.25 kg/hm<sup>2</sup>,磷肥的最佳施用量为126.60 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥的最佳施用量为137.70 kg/hm<sup>2</sup>,此时最佳水稻产量为11 380.80 kg/hm<sup>2</sup>。这与刘洋等<sup>[4]</sup>研究结果较接近。

### 参考文献

- [1] 徐宗进,汪洪洋,张立智,等.水稻新品种连梗7号高产栽培技术探讨[J].江苏农业科学,2010(6):106-107.
- [2] 成金华,张翠娥,郑亮,等.江苏省灌南县水稻“3414”肥料效应试验[J].河北农业科学,2009,13(3):56-59.
- [3] 钱飞跃,朱光,朱春梅.淮阴区测土配方施肥水稻3414试验总结[J].现代农业科技,2017(21):122.
- [4] 刘洋,王存言.江苏省睢宁县水稻“3414”肥料效应试验总结[J].江苏农业科学,2009(3):346-347.
- [5] 廖佳丽.测土配方施肥水稻3414肥料效应的研究[J].中国农学通报,2010,26(13):213-218.
- [6] 魏义长,白由路,杨俐苹,等.测土推荐施锌对水稻产量结构及土壤有效养分的影响[J].中国水稻科学,2007,21(2):197-202.
- [7] 戚士胜,胡凤桂,李益生,等.寿县水稻“3414”完全肥料效应田间试验[J].安徽农业科学,2016,44(16):131-133,136.
- [8] 徐培智,解开治,刘光荣,等.冷浸田测土配方施肥技术对水稻产量及施肥效应的影响[J].广东农业科学,2012,39(22):70-73.
- [9] 杨慧菊,郭华春.马铃薯幼苗低温胁迫的生理响应及品种耐寒性综合评价[J].西南农业学报,2016,29(11):2560-2566.
- [10] 邓仁菊,范建新,王永清,等.低温胁迫下火龙果的半致死温度及抗寒性分析[J].植物生理学报,2014,50(11):1742-1748.
- [11] 刘锦,王挺,黎念林,等.电导法配合 Logistic 方程测定樱花抗寒性研究[J].江苏林业科技,2016,43(5):25-27,31.
- [12] 林宗铿,张天翔,杨俊杰.应用 Logistic 方程确定辣木的抗寒性[J].福建农业学报,2018,33(5):512-515.
- [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] 马锦林,张日清,叶航,等.香花油茶的半致死温度与耐寒耐热性[J].经济林研究,2013,31(1):150-152,175.

(上接第106页)

### 名词解释

**扩展总被引频次:**指该期刊自创刊以来所登载的全部论文在统计当年被引用的总次数。这是一个非常客观实际的评价指标,可以显示该期刊被使用和受重视的程度,以及在科学交流中的作用和地位。

**扩展影响因子:**这是一个国际上通行的期刊评价指标,是E·加菲尔德于1972年提出的。由于它是一个相对统计量,所以可公平地评价和处理各类期刊。通常,期刊影响因子越大,它的学术影响力和作用也越大。具体算法为:

$$\text{扩展影响因子} = \frac{\text{该刊前2年发表论文在统计当年被引用的总次数}}{\text{该刊前2年发表论文总数}}$$

**扩展即年指标:**这是一个表征期刊即时反应速率的指标,主要描述期刊当年发表的论文在当年被引用的情况。具体算法为:

$$\text{扩展即年指标} = \frac{\text{该期刊当年发表论文在统计当年被引用的总次数}}{\text{该期刊当年发表论文总数}}$$

**扩展他引率:**指该期刊全部被引次数中,被其他刊引用次数所占的比例。具体算法为:

$$\text{扩展他引率} = \frac{\text{被其他刊引用的次数}}{\text{期刊被引用的总次数}}$$

**扩展引用刊数:**引用被评价期刊的期刊数,反映被评价期刊被使用的范围。