

# 植物脂肪酸与抗寒性关系研究进展

王 柏<sup>1,2</sup>, 李志坚<sup>1</sup>

(1. 东北师范大学草地科学研究所, 教育部植被生态科学重点实验室, 吉林 长春 130024; 2. 吉林师范大学生态环境研究所, 吉林 四平 136000)

**摘要:** 根据相关文献, 综述了低温对生物膜的影响, 脂肪酸与抗寒性的关系以及抗寒指标选择的研究进展。大多数学者认为, 在一定温度范围内, 不饱和脂肪酸的含量与温度呈负相关, 与抗寒性呈正相关。但同一种植物会因所处生长发育阶段、生理状况、以及低温作用程度的不同, 而在低温下发生不同的生理变化。单一化指标很难客观地比较品种的抗寒性, 只有根据综合评价指标并采用多种方法进行验证, 才能对植物抗寒性做出更准确的鉴定。

**关键词:** 植物脂肪酸; 抗寒性; 低温胁迫

**中图分类号:** Q945.78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2014)12-0054-04

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2014.12.020

低温是限制植物分布及生长发育的重要因素, 也是危害农林业生产的主要自然灾害之一。一直以来, 有关植物抗寒性的研究是植物学和林木培育学的热点<sup>[1-2]</sup>。至今为止, 还没有一种途径能从根本上解决低温对植物造成的伤害, 因此, 研究植物的抗寒性不仅具有重要的基础理论意义, 在解决生产实际问题上也具有广泛的应用价值。

植物在受到低温胁迫时, 生物膜是受害的首要部位, 因此, 生物膜的流动性和稳定性与植物的抗寒性密切相关, 目前普遍认为脂肪酸的不饱和度有利于维持生物膜稳定性。

## 1 低温对生物膜的影响

早在1912年, Maximov就认识到生物膜的结构和性质与植物抗寒性有关, 并提出质膜是冷害发生的原初部位<sup>[3]</sup>。1973年, Lyons根据生物膜结

构功能与抗寒性关系, 提出的“膜脂相变”学说并得到了广泛认可。他认为冷害的发生是由于生物膜在低温下产生了物相变化, 即从常态的液晶相转变为凝胶相。此时膜脂中的脂肪酸链由无序排列变为有序排列, 酶促反应失调, 膜的结构发生了改变, 透性增大, 细胞代谢紊乱, 有毒物质在细胞内不断累积, 最终使植物细胞受害甚至死亡<sup>[4]</sup>。其中脂肪酸链的无序排列是保持生物膜流动性的基础, 在低温的诱导下, 脂肪酸脱饱和酶活性增加, 实现了膜脂饱和度的降低, 提高植物膜系统在低温下的稳定性<sup>[5]</sup>。膜脂不饱和脂肪酸含量越高, 膜脂的相变温度越低, 越利于维持低温下膜的液晶态、膜的流动性和膜的正常功能。此后, 植物抗寒性与膜脂脂肪酸饱和度的关系一直受到人们的关注。

**收稿日期:** 2014-10-31

**作者简介:** 王 柏(1983—), 女, 吉林四平人, 硕士, 实验员, 研究方向为植物营养与抗逆生理。联系电话: (0)18643420690。E-mail: baibai8690@sina.com.cn

**通讯作者:** 李志坚(1968—), 男, 河南郸城人, 教授, 硕士生导师, 研究领域为牧草抗逆育种及相关生理生态。E-mail: lizj004@nenu.edu.cn.

过多无效分蘖增多, 无效消耗加大, 抑制成穗数的提高, 最终影响冬小麦产量的提高。在本试验条件下, 在相同施氮水平下, 施磷量为150 kg/hm<sup>2</sup>、配施有机肥7 500 kg/hm<sup>2</sup>时冬小麦主要经济性状表现最好, 产量最高, 可作为天水市及周边地区冬小麦磷肥的投入阈值。但由于农作物对磷的吸收利用受气候因子、作物品种等多种因素的影响, 在实际生产中还应根据各地的具体情况因地制宜地调整磷肥量。

## 参考文献:

- [1] 赵义涛, 姜伯文, 梁运江. 土壤肥料学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 171.
- [2] 李新武. 酸性氧化电位水研究及在医疗领域的应用[J]. 中国护理管理, 2008, 8(4): 12-17.

- [3] 黄吉城, 邓 峰, 严纪文, 等. 电解氧化水的杀菌效果及其在食品生产和食具消毒中的应用研究[J]. 广东卫生防疫, 2001, 27(2): 8-10.
- [4] 曹 薇, 施正香, 朱志伟, 等. 电解水在养殖业的应用展望[J]. 农业工程学报, 2006, 2(2): 150-154.
- [5] 岳寿松, 于振文. 磷对冬小麦后期生长及产量的影响[J]. 山东农业科学, 1994(1): 13-15.
- [6] 曹 宁, 陈新平, 张福锁, 等. 从土壤肥力变化预测中国未来磷肥需求[J]. 土壤学报, 2007, 44(3): 536-543.
- [7] 连彩云, 马忠明. 露地栽培条件下大白菜氮肥投入阈值研究[J]. 甘肃农业科技, 2014(6): 6-9.
- [8] 郭岷江, 俄胜哲, 罗照霞, 等. 磷肥与有机肥配施对冬小麦产量的影响[J]. 甘肃农业科技, 2014(9): 21-22.

(本文责编: 王 颢)

## 2 膜脂脂肪酸与抗寒性的关系

大量研究显示, 相同植物品种间脂肪酸组分基本相同, 区别在于各脂肪酸在膜脂中的含量和比例, 一般含量较多的脂肪酸有豆蔻酸(14:0)、棕榈酸(16:0)、硬脂酸(18:0)、油酸(18:1)、亚油酸(18:2)和亚麻酸(18:3)。

### 2.1 不饱和脂肪酸与抗寒性正相关

一般认为, 高抗寒植物具有较高比例的不饱和脂肪酸, 相变温度较低, 在较低温度下仍能保持膜的流动性, 维持其正常的生理功能。植物的脂肪酸饱和度除取决于植物的遗传特性外, 也会被外界温度所诱导<sup>[6-7]</sup>。大多数研究认为, 低温驯化和抗寒锻炼可以提高不饱和脂肪酸含量, 从而提高植物对低温的抵抗能力, 维持其正常生理功能。这是在一定温度范围内实现的, 当外界温度低于膜脂相变温度时, 就会对植物造成冷害<sup>[8]</sup>。

其中关于桉树的研究有很多, 抗寒力强的桉树品种本身叶片膜脂不饱和脂肪酸含量与脂肪酸饱和度指数(IUFA)高于抗寒力弱的品种, 并且差异显著<sup>[9-10]</sup>。不饱和脂肪酸含量和 IUFA 值随季节发生有规律性的变化, 低温有利于不饱和脂肪酸的形成和 IUFA 值的提高, 经过冬季低温后, 不饱和脂肪酸含量均有增加, 廖国华研究表明, 不抗寒品种增加幅度较大, 各品种之间差异减少<sup>[9]</sup>, 而李志辉等人认为抗寒力强的品种增加幅度较大<sup>[11]</sup>。春季气温回升, 不饱和脂肪酸含量下降。在这些变化中, 抗寒品种的不饱和脂肪酸含量始终高于不抗寒品种, 说明桉树抗寒性与种间遗传特性有关, 但会随季节的变换而产生适应性的变化。还有研究发现, 高纬度、高海拔的种源 IUFA 值更高, 抗寒性更强, IUFA 值与经度、纬度、海拔 3 个因子呈正相关<sup>[11-13]</sup>。陈善娜等人对水稻干胚膜脂脂肪酸分析结果表明, 脂肪酸饱和度和水稻品种抗冷性之间存在着相关性, 不饱和亚油酸、亚麻酸含量较高的品种其抗寒性也相对较强, 反之抗寒性较弱。来源于不同产地的各个品种, 其膜脂的脂肪酸饱和度与其遗传特征是相关联的, 高海拔和高原地区的低温有利于植物细胞膜系统增加不饱和脂肪酸的含量, 这也是植物在其品种形成过程中对环境长期适应进化的结果<sup>[6]</sup>。在桑树休眠期间, 武玉璧等测定不同品种的桑树枝条皮部膜脂脂肪酸含量, 表明在深休眠期的桑树由于经历了秋季耐寒锻炼而抗寒力增强, 可能与膜内各种不饱和脂肪酸比例增加有关<sup>[14]</sup>。侯旭光等以南极水样中分离出的 4 种南极冰藻为研究对象, 证实了低温能够诱导不饱和脂肪酸的形成, 从而提高了抗寒性, 短链不饱和脂肪酸尤为突出。其中, 硅藻主要靠单不饱和脂肪酸抵抗低温, 绿

藻则靠多不饱和脂肪酸抵抗低温<sup>[15]</sup>。张玮认为低温驯化对于丛生竹种耐寒性的累积提高是一个关键过程。马飞等人以不同栽培品系的条斑紫菜为研究对象, 所测得不同栽培期的不饱和脂肪酸中主要成分是二十碳五烯酸(EPA), 研究结果也显示低温有利于 EPA 的积累<sup>[16]</sup>。

### 2.2 不同部位、不同生育期的脂肪酸抗寒性不同

邓令毅对葡萄不同器官组织的膜脂脂肪酸进行大量的、周期性分析, 结果显示, 抗寒品种较不抗寒品种具有更高的亚油酸/棕榈酸比值, 且近亲品种的脂肪酸组分相似。脂肪酸饱和度还与温度呈负相关, 秋季葡萄的茎、叶片中叶绿体的膜脂脂肪酸饱和度与品种抗寒性呈正相关, 而在夏季二者无明显规律性, 品种间亦无明显差异<sup>[17]</sup>。

冷害对植物的不利影响是贯穿整个生育期的<sup>[18]</sup>, 一些学者将低温下同种植物在不同生育期的脂肪酸相关指标做了对比分析。王孝宣将 6 个番茄品种经不同温度处理后进行脂肪酸测定, 结果显示, 苗期和开花期脂肪酸均随温度的降低发生常规性变化<sup>[19]</sup>。杨广东以抗冷性不同的 6 个青椒品种为对象研究苗期和花期脂肪酸与抗寒性关系, 得到与王孝宣相同的结果<sup>[20]</sup>。两项研究的结果都证明了植物在苗期和开花期抗寒性的一致, 因此, 通过脂肪酸指标对早期幼苗进行抗寒性的筛选具有可行性, 它能代表同种植物开花期的抗寒性, 从而提高育种效率。

### 2.3 不饱和脂肪酸与抗寒性不相关

也有少数学者认为低温下不饱和脂肪酸的增加只是植物一种适应低温的普通反应。如 Roche 发现, 小麦叶绿体类囊体膜脂肪酸的组成与其抗寒性无直接关系, 冬小麦幼苗中的亚麻酸的增加并不是抗寒性形成的必要条件, 通过抑制物可完全抑制亚麻酸的生物合成, 而抗寒性的形成则不受影响, 低温下膜不饱和脂肪酸的增加只是植物对低温适应性的一种普遍反应<sup>[21-22]</sup>, Whitaker B D 则认为不饱和脂肪酸的降解只是冷害的一种伴生现象, 并非冷害产生的原因<sup>[23]</sup>。在杨亚军的研究中, 抗寒性有差异的两个茶树品种在低温下的反应有所不同, 抗寒性强的品种在低温下脂肪酸呈现出一般的规律性, 而抗寒性较弱的品种脂肪酸的变化规律性很差, 而且其相对饱和度和 IUFA 一直高于高抗寒性品种, 他最后得出的结论是, 茶树品种间抗寒性的差异不取决于其不饱和脂肪酸的绝对含量, 而是看在气温变化过程中能否迅速调节各种脂肪酸的比例来适应低温逆境<sup>[24]</sup>。还有一些研究指出, 膜脂脂肪酸的饱和度可能不是形成膜稳定性的关键因素, 而膜蛋白及其与膜脂相互关系的变化才可能是膜稳定性提高的重要

机制<sup>[25]</sup>, 可见植物对低温胁迫响应的复杂性。

### 3 抗寒性指标的选择

在进行植物抗寒性研究的过程中, 首先要建立一套合理、可靠的数量化指标, 通过生理指标的测定和数学分析, 能够对种质资源进行抗寒能力鉴定, 从中选育抗寒品种。

目前, 多数研究者认为, 生物膜脂脂肪酸的不饱和度可以作为植物抗寒性的重要生理指标之一<sup>[26-27]</sup>。许多植物都有其特有的抗寒性指标。王孝宣的研究结果显示, 在低温处理条件下的番茄, 饱和脂肪酸含量、不饱和脂肪酸含量、不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸值及 IUFA 值都与番茄品种的抗寒性密切相关, 且在花期与抗寒性呈极显著正相关, 因此都可以作为番茄在花期的抗寒性鉴定指标<sup>[19]</sup>。余泽宁发现, 相同品种的龙眼随季节的变化脂肪酸会发生相应的改变, 但品种间的差异不受季节影响, 这说明膜脂脂肪酸组分含量体现了龙眼对低温长期适应而形成的不同品种的遗传差异, 可以作为龙眼抗寒性鉴定指标。IUFA 值同样在任何季节都可反映出品种间抗寒性的差异, 所以也可作为龙眼耐寒性的鉴定指标<sup>[28]</sup>。谢冬微在冬小麦室内室外对比中发现, 小麦分蘖节膜内的亚麻酸含量随温度降低而逐渐升高, 并且高抗寒性品种在两种条件下亚麻酸含量显著高于低抗寒品种, 棕榈酸则与其相反, 其它几种脂肪酸含量的变化无明显规律性, 所以随温度的降低, 冬小麦的亚麻酸和棕榈酸是所有脂肪酸中对抗寒力方面贡献最大的, 作为冬小麦的抗寒指示性脂肪酸具有可行性<sup>[29]</sup>。秦岭对多种山楂叶片进行分析, 发现膜脂中的 IUFA 值能够反应出品种间的抗寒性差异, 可以考虑作为衡量山楂抗寒性的生理指标<sup>[30]</sup>。水稻干胚膜脂脂肪酸的不饱和度与大田自然鉴定耐寒性强弱是一致的, 可以用作水稻开花结实期抗寒性鉴定的参考指标<sup>[6]</sup>。丛生竹以不饱和脂肪酸含量作为其抗寒性指标之一, 棕榈酸和亚麻酸还可作为丛生竹种抗寒指示性脂肪酸<sup>[31]</sup>。秋菊叶片中亚麻酸与(亚油酸+油酸)的比值可作为鉴别品种间耐寒性差异的有效指标<sup>[32]</sup>。不同植物的抗寒指标略有区别, 说明在低温条件下, 不同植物脂肪酸的生理代谢特征存在着差异。

### 4 结论及展望

综上所述, 大多数学者认为在一定温度范围内, 不饱和脂肪酸的含量与温度呈负相关, 与抗寒性呈正相关。归其原因, 除植物本身的遗传特性所决定外, 在长期适应低温环境的过程中, 抗寒植物较不抗寒植物能更迅速的合成大量不饱和脂肪酸, 可以通过低温驯化的过程来提高植物的抗寒性。膜脂脂肪酸的不饱和度亦可作为鉴定植物抗寒性强弱的重要生理指标。

但关于不饱和脂肪酸与植物抗寒能力之间是否存在必然联系的问题至今仍存在争议。由于植物的抗逆过程是十分复杂的生理生化过程, 其代谢途径多样, 参与反应的酶种类繁多, 想从根本上搞清楚不饱和脂肪酸与植物抗寒性的关系机理, 还需要进一步研究。同一种植物会因所处生长发育阶段不同, 生理状况不同以及低温作用程度的不同, 而在低温下发生不同的生理变化。因此, 许多学者指出, 指标单一化很难客观地比较品种的抗寒性, 只有综合评价指标并采用多种方法进行验证, 才能得出更客观的结论, 这将是未来研究工作的重点。

### 参考文献:

- [1] 王凭青, 吴明生, 王远亮, 等. 植物抗寒基因工程研究最新进展[J]. 重庆大学学报, 2003, 26(7): 81-85.
- [2] 代海芳, 欧行奇, 王伟, 等. 播种深度对小麦抗寒生理的影响[J]. 甘肃农业科技, 2010(2): 9-12.
- [3] Maximov, N. A. Chemische Schutzmittel der Pflanzen gegen Erfrieren[J]. Berich. Deutch. Bot, Gesell, 1912, 30 (1): 52-65; 1912, 30 (2): 293-305; 1912, 30 (3): 504-516.
- [4] Lyons J M. Chilling injury in plants[J]. Ann Rev Plant Physiol, 1973, 24: 445-528.
- [5] Sakamoto T, Murata N. Regulation of the desaturation of fatty acids and its role in tolerance to cold and salt stress [J]. Current Opinion in Microbiology, 2002, 5(20): 208-210.
- [6] 陈善娜, 黎继岚, 李聪. 云南高原水稻干胚膜脂肪酸的不饱和度与抗冷性的关系[J]. 云南大学学报. 1995, 17(2): 264-268.
- [7] 刘祖棋. 植物耐寒性与防寒技术[M]. 北京: 学术出版社, 1990: 231-249.
- [8] 杨玲. 不同低温处理对黄瓜子叶极性脂组成的影响[J]. 园艺学报, 2001, 28(1): 36-40.
- [9] 廖国华. 桉树苗期抗寒性的研究[J]. 中南林学院学报, 1997, 17(3): 43-47.
- [10] 孙汉洲, 赵芳, 李志辉. 用细胞膜脂肪酸成分分析法筛选抗寒巨桉种源[J]. 中南林学院学报, 2000, 20(3): 59-62.
- [11] 李志辉, 汤珅华, 孙汉洲, 等. 耐寒性桉树早期选择 III. 巨桉种源和家系膜脂脂肪酸组成、含量与抗寒性关系[J]. 中南林学院学报, 2000, 20(3): 80-85.
- [12] 张晓明. 桉树在低温胁迫下的膜脂过氧化作用和膜伤害[J]. 经济林研究, 1994(12): 12-14.
- [13] 李志辉, 杨波, 黄丽群, 等. 桉树抗寒性研究——膜脂脂肪酸定量分析[J]. 中南林学院学报 2006, 26(3): 28-31.
- [14] 武玉璧, 张进献, 高玉军, 等. 不同品种桑树抗寒特性的研究[J]. 沈阳农业大学学报 2000, 31(2): 196-199.
- [15] 侯旭光, 姜英辉, 李光友. 南极冰藻的总脂含量及脂肪酸组成与其低温适应性的关系[J]. 黄渤海海洋, 2002, 20(1): 47-53.
- [16] 马飞, 陆勤勤, 胡传明, 等. 多个条斑紫菜品系

# 园林地被植物在金昌市的应用及建议

张忠虎, 闫文虎, 蒲海龙, 刘志洁

(甘肃省永昌县喇叭泉林场, 甘肃 永昌 737200)

**摘要:** 介绍了金昌市自然环境概况及园林地被植物种类, 在分析金昌市园林地被植物的应用情况基础上, 提出了注重新品种引进; 遵循因地制宜, 适地适树的原则; 科学选择, 合理配置应用等建议。

**关键词:** 地被植物; 园林; 应用; 建议; 金昌市

**中图分类号:** S688

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-1463(2014)12-0057-03

[doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2014.12.021](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2014.12.021)

城市是人类活动和自然等多种要素所构成的有机整体, 城市绿化关乎城市的环境质量, 也直接影响着市民的身心健康。园林植物是城市绿地系统的重要素材, 也是城市园林景观的主体, 丰富的植物群落及其多样性不仅可以展示不同地域特点和文化内涵, 城市园林生态系统完善与否, 也体现了整个城市建设的水平<sup>[1]</sup>。地被植物, 顾名思义是覆盖地表面的低矮植物<sup>[2~3]</sup>, 园林绿化中应用的地被植物是指一些植株低矮(高度不超过110 cm)、枝叶密集、生长茂盛、能露地生长并迅速覆盖地面、具有一定观赏价值的植物<sup>[4]</sup>, 以草本植物为主, 包括部分小灌木和藤本植物。在园

林绿地中, 地被植物作为人工植物群体中最低的一个层次, 是园林植物群落中不可缺少的部分。地被植物的枝叶层紧密, 与地面相邻相接, 成群生长, 覆盖地表, 对立体环境有着很好的保护作用, 特别是在西北地区防治水土流失方面作用明显。

## 1 自然环境概况

金昌市地处河西走廊中东部, 祁连山北麓, 巴丹吉林沙漠南缘, 东北与民勤接壤, 东南与凉州相接, 西南与肃南毗邻, 西北与山丹、内蒙阿右旗交界。总体气候特征为干旱少雨, 日照丰富, 风大沙多, 呈大陆性沙漠干旱气候特征。全市多年平均降水量200 mm左右(市区仅有126 mm), 年

**收稿日期:** 2014-10-29

**作者简介:** 张忠虎(1976—), 男, 甘肃永昌人, 工程师, 主要从事生态造林、育苗技术、防护林栽培研究等工作。联系电话: (0)18919351555。

- 采收期内脂肪酸组成、含量的变化分析[J]. 水产学报, 2013, 37(10): 1 551-1 557.
- [17] 邓令毅, 王洪春. 葡萄的膜脂和脂肪酸组分与抗寒性关系的研究[J]. 植物生理学报, 1982, 8(3): 273-283.
- [18] 仁旭琴. 辣椒(*Capsicum annuum* L.)耐冷性鉴定与冷适应生理机制研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2008.
- [19] 王孝宣, 李树德, 东惠茹, 等. 低温胁迫对番茄苗期和开花期脂肪酸的影响[J]. 园艺学报, 1997, 24(2): 161-164.
- [20] 杨广东, 张战各, 郭瑜敏. 脂肪酸与青椒苗期和花期抗冷性关系[J]. 北方园艺, 1999(4): 1-2.
- [21] Roche D L. Changes in phospholipids composition of a winter wheat cultivar during germination at 2eand 24e[J]. Plant Physiol, 1973, 51: 468-473.
- [22] Roche I A, Pomeroy M K, Andrews C J Change in fatty acid composition in wheat cultivars of contrasting hardiness[J]. Cryobiology. 1975, 12: 506-512.
- [23] Whitaker B D, Klein J D, Conway W S. Influence of prestorage heat and calcium treatments on lipid metabolism in 'Golden Delicious' apples[J]. Phytochemistry, 1997, 45: 465-472.
- [24] 杨亚军, 郑雷英, 王新超. 低温对茶树叶片膜脂脂肪酸和蛋白质的影响[J]. 亚热带植物科学, 2005, 34(1): 5-9.
- [25] 简令成. 生物膜与植物寒害和抗寒性的关系[J]. 植物学通报, 1983(1): 17-23.
- [26] Guy L. C. Cold acclimation and freeze tolerance: role of protein metabolism[J]. Ann Rev Plant Physiol Mol Biol. 1990, 41: 187-223.
- [27] Murata N, Los D A. Membrane fluidity and temperature perception[J]. Plant physiology, 1997, 115: 875-879.
- [28] 余泽宁. 龙眼叶片膜脂脂肪酸组分与龙眼耐寒性的关系[J]. 亚热带植物科学, 2003, 32(2): 15-17.
- [29] 谢冬微, 王晓楠, 付连双, 等. 低温胁迫对冬小麦分蘖节膜脂脂肪酸的影响[J]. 麦类作物学报, 2013, 33(4): 746-751.
- [30] 秦岭, 李树仁, 黄万荣. 山楂叶片细胞膜磷脂和总脂脂肪酸的研究[J]. 果树科学, 1995, 12(增刊): 60-63.
- [31] 张玮, 谢锦忠, 吴继林, 等. 低温驯化对部分丛生竹种叶片膜脂脂肪酸的影响[J]. 林业科学研究, 2009, 22(1): 139-143.
- [32] 李永华, 史春会, 李永, 等. 低温下4种秋菊叶片和根系膜脂脂肪酸组分比较[J]. 植物生理学报, 2013, 49(5): 457-462.

(本文责编: 陈珩)