

# 南高丛越橘四个品种的光合特征研究

李根柱<sup>1</sup>, 张自川<sup>1</sup>, 王贺新<sup>1</sup>, 骆国华<sup>2</sup>, 郑云普<sup>1</sup>

(1. 大连大学 现代农业研究院, 辽宁 大连 116622; 2. 河源市华睿蓝莓实业有限公司, 广东 河源 517000)

**摘要:**以大连地区引种栽培的4个南高丛越橘品种为研究对象,利用LI-6400XT光合作用测量仪,研究了净光合速率对25~36℃间各温度区间的光合-温度响应曲线,以及净光合速率对1 200、1 000、800、600、400、200、100、50、30、10、0  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 各光合有效辐射的光合-光响应曲线的变化规律。结果表明:高温环境下光合生理活动表现较好的是“海岸”、“比格克西”,其次是“库帕”,再次是“蓝铃”;利用光强能力最强的是“海岸”,其次是“比格克西”,再次是“蓝铃”、“库帕”;耗水量大的品种是“海岸”,“库帕”和“比格克西”适中,耗水量小的品种是“蓝铃”;该研究结论旨在为其它地区引进栽培南高丛越橘提供理论参考。

**关键词:**南高丛越橘;越橘品种;光合特征

**中图分类号:**S 663.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)09-0015-05

越橘属杜鹃花科(Ericaceae)越橘属(*Vaccinium*)多年生小灌木树种,浆果类,以果实花青素含量高而著名,在营养、保健、医药和食用方面具有重要价值<sup>[1-7]</sup>。越橘果实中除含有常规的糖、酸和维生素C外,还富含维生素E、维生素A、维生素B、超氧化物歧化酶(SOD)、自由基、熊果甙、花青甙等其它果品中少有的营养成分以及丰富的钾、铁、锌、锰等微量元素和蛋白质、食用纤维和脂肪。据研究,越橘果实及其产品具有延缓脑神经衰老,解除眼睛疲劳并增加视力,增强心脏功能和抗癌的独特功效<sup>[8]</sup>。由于越橘果实可作为一种保健和功能食品,世界各国对其需求量急剧增加,从而加快了世界范围内的产业化种植速度,我国越橘种植产业近年来也得到了快速发展。越橘在栽培上分为矮丛越橘、半高丛越橘、高丛越橘和兔眼越橘<sup>[9-10]</sup>。高丛越橘果实较大,品质佳,适宜鲜食,又分为南高丛和北高丛2类。南高丛越橘完全是人工培育出的一个全新的品系,它是利用北方耐寒性比较强的伞房花越橘类和佛罗里达州野生的常绿越橘以及适宜温暖地区生长的兔眼类越橘等,通过复杂的杂交手段而得。南高丛越橘的特点是低温要求量较少,适宜于温暖区域种植。

目前有关越橘方面的研究多集中在引种育种、物候习性、栽培、土壤改良、修剪和防寒越冬等方面<sup>[11-14]</sup>,对其光合作用的研究方面报道不多<sup>[7,9]</sup>。光合作用是自然界

中非常重要而又特殊的生命现象,是太阳辐射能进入生态系统并转化为化学能的主要形式,是植物光合产物积累的基本途径。研究植物的光合特征是分析外界环境影响植物光合生理代谢的重要手段。该研究以利用国外引入的4个南高丛越橘品种为试验对象,研究其光合作用、呼吸作用生理指标对不同温度梯度和不同光照梯度的响应,旨在了解南高丛越橘的光合生理特性,以期为其引种和栽培提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于大连市金州区华家屯镇新石村的大连大学蓝莓研究所科研试验基地,该基地现有越橘五大品系的近200个越橘品种,具有用于繁育越橘苗木的组培室和30余栋温室大棚。华家屯镇位于金州区东北部,总面积74.8 km<sup>2</sup>,东与杏树屯镇、东南与登沙河镇相连,西与向应镇、亮甲店镇毗邻,北与普兰店市太平办事处接壤,土质肥沃,全年平均气温8.4~9.4℃,年平均降水量635~920.8 mm,年无霜期174~188 d,日照平均每天7 h。

### 1.2 试验材料

供试品种为4个南高丛越橘品种,分别为“海岸”、“蓝铃”、“库帕”、“比格克西”。

### 1.3 试验方法

于2013年7月初开始,选择晴朗无风天气,在大连森茂现代农业有限公司(大连大学蓝莓研究所基地)进行试验。田间试验中选择4个品种长势较为均一的3个单株,树龄6 a,对其树高、冠幅、基生枝数量和最大基径进行测量(表1);每个单株选取树冠顶端第4~6片中完全伸展的1个成熟叶片进行。

**第一作者简介:**李根柱(1965-),男,博士,教授,现主要从事蓝莓果树和森林生态学等研究工作。E-mail: ligenzhu@126.com

**基金项目:**辽宁省教育厅科研资助项目(L2013469);大连市金州区科研资助项目(2012-B1-007)。

**收稿日期:**2014-01-21

表 1 南高丛越橘树体生长状况

Table 1 The growth characteristics of southern highbush blueberry trees

品种 Variety	树高 Tree height /cm	冠幅 Canopy /cm	基生枝数量 The base number of branches/个	最大基径 The largest base diameter/mm
“海岸”1号 ‘Gulfcoast’ No. 1	95	85×90	4	20
“海岸”2号 ‘Gulfcoast’ No. 2	76	55×60	2	12
“海岸”3号 ‘Gulfcoast’ No. 3	80	75×90	3	14
“蓝铃”1号 ‘Bluebell’ No. 1	85	70×80	2	12
“蓝铃”2号 ‘Bluebell’ No. 2	103	80×85	4	13
“蓝铃”3号 ‘Bluebell’ No. 3	105	90×95	4	15
“库帕”1号 ‘Cooper’ No. 1	125	100×95	2	18
“库帕”2号 ‘Cooper’ No. 2	110	115×110	2	23
“库帕”3号 ‘Cooper’ No. 3	120	105×115	3	24
“比格克西”1号 ‘Biloxi’ No. 1	90	80×90	3	13
“比格克西”2号 ‘Biloxi’ No. 2	95	85×100	4	13
“比格克西”3号 ‘Biloxi’ No. 3	100	90×95	4	15

## 1.4 项目测定

1.4.1 光合-温度响应曲线的测定 使用 LI-6400XT 光合作用测量仪进行测量。首先打开 LI-6400XT 进行光合-温度响应曲线自动程序的编写,温度设定在 25、26、27、28、29、30、31、32、33、34、35、36℃;参比室 CO<sub>2</sub> 浓度控制为环境 CO<sub>2</sub> 浓度 400 μmol/mol;流速 Flow 控制 500 mmol/mol;通过预试验摸索和查阅参考文献,将光强设为 700 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,使光强能够达到越橘植物的光饱和点之上。夹入叶片后进行 15 min 的温度诱导,以使叶片温度达到设定温度,之后开始测量叶片的净光合速率[Pn, μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, CO<sub>2</sub> ]、蒸腾速率[Tr, mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>]、测量时每一温度停留 2 min。

1.4.2 光合-光响应曲线的测定 使用 LI-6400XT 光合作用测量仪测量光响应曲线,光源为 LI-6400XT 红蓝 LED 光源,控制仪器参比室 CO<sub>2</sub> 浓度为环境 CO<sub>2</sub> 浓度(400 μmol/mol);流速 Flow 控制 500 mmol/mol;温度设置为 28℃,PPFD 设置点分别为 1 200、1 000、800、600、400、200、100、50、30、10、0 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,测定叶片的净光合速率[Pn, μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, CO<sub>2</sub> ]、蒸腾速率[Tr,

mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>]测量时每一温度停留 2 min。测量前进行 15 min 的光照诱导。

## 2 结果与分析

## 2.1 4 种越橘的温度响应特征

4 种南高丛越橘在 25~36℃ 的净光合速率曲线见图 1。由图 1 可以看出,4 种南高丛越橘以“海岸”品种的净光合速率最强,呈平稳上升趋势,32℃ 时的净光合速率最高,之后微有下降,25~29℃ 处在一个低水平段、30~36℃ 处在一个高水平段,说明“海岸”比较适合温度较高的环境条件生长。

“蓝铃”和“比格克西”2 个品种在 25~30℃ 时的净光合速率非常接近,都呈微小上升趋势,之后 30~36℃ 走向明显不同,“比格克西”变化平稳,在 36℃ 时的净光合速率仍然高于 25℃ 时的净光合速率,说明“比格克西”在较高温度条件下的生命活动旺盛,好于较低温度,而“蓝铃”在 30℃ 以后明显呈下降趋势,且下降幅度较大,说明“蓝铃”在高温环境生长不好。

“库帕”在 4 个品种当中的净光合速率最小,在 25~36℃ 间的光合速率呈先升高再降低的状态,在 25℃ 时开始缓慢上升,31℃ 达到最大,之后平缓下降。说明“库帕”在 31℃ 左右的温度环境下生长最好,不太适合更高的温度环境。

从净光合速率指标来分析,4 个品种当中以“海岸”、“比格克西”最适合 30~36℃ 环境条件,“库帕”适合 31℃ 附近,而“蓝铃”更适合低于 30℃ 的环境条件。

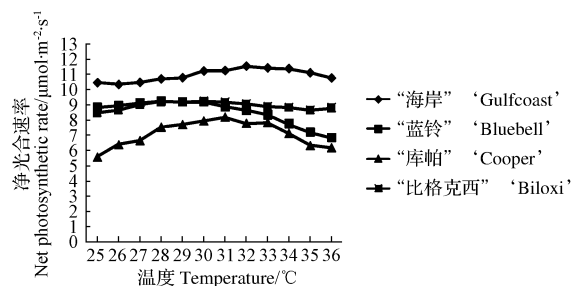


图 1 南高丛系列 4 种越橘的光合-温度响应曲线

Fig. 1 The photosynthesis-temperature curve of four southern highbush blueberry species

由图 2 可知,“海岸”、“比格克西”的蒸腾速率随温度升高一直呈上升趋势,表明这 2 个品种比较适宜高温环境条件,在温度相对较高的情况下,其光合作用和蒸腾作用旺盛;蒸腾作用同时反映了单位叶面积瞬间的耗水量,蒸腾作用的差异可判断不同品种的耗水潜力大小,耗水量大的品种需水就多,且容易发生土壤缺水干旱现象<sup>[7]</sup>。“海岸”蒸腾速率一直最大、“蓝铃”最小、“库帕”和“比格克西”相近且居中。说明“海岸”容易发生干旱,“库帕”和“比格克西”需水量适中,“蓝铃”需水量小,较耐旱一些。

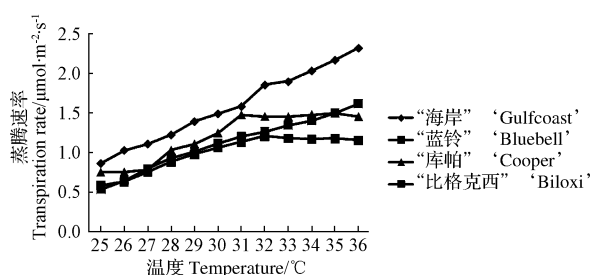


图2 南高丛系列4种越橘的蒸腾-温度响应曲线

Fig. 2 The transpiration-temperature curve of four southern highbush blueberry species

## 2.2 4种越橘的光照响应特征

28℃下4种越橘的光响应曲线见图3。光响应曲线反映了植物对光强的利用能力。4条光响应曲线随着光强的减弱,其净光合速率都呈缓慢下降趋势。“海岸”的净光合速率一直最强,其次是“比格克西”,再次是“蓝铃”、“库帕”;“蓝铃”和“库帕”的净光合速率值非常接近,说明这2个品种在28℃条件下对光照的利用能力几乎相同,利用光强能力也最差。

通过建立4种光响应曲线的回归方程,计算光补偿点和光饱和点。根据4种越橘的光合-光响应曲线散点图,添加趋势线并建立曲线回归方程,该回归方程基本上能够反映光合速率随着光强变化的响应规律,并可由

此回归方程求其光饱和点和光补偿点。回归曲线与X轴的交点数值即为光补偿点(LCP),曲线与 $Y=A_{\max}$ 直线相交,交点所对应的数值即为光饱和点(LSP)<sup>[8,10]</sup>。

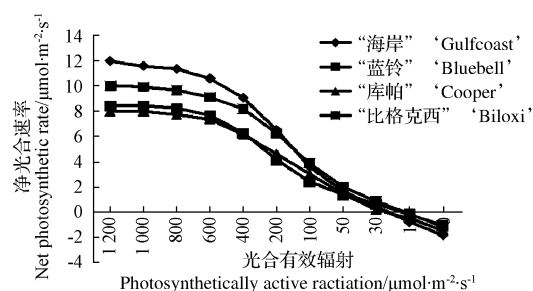


图3 南高丛系列4种越橘的光合-光响应曲线

Fig. 3 The photosynthesis-light curve of four southern highbush blueberry species

植物叶片的光饱和点与光补偿点反映了植物对光照条件的要求,光补偿点较低、光饱和点较高的植物对光环境的适应性较强;光补偿点较高、光饱和点较低的植物适应光照的能力较弱<sup>[9]</sup>。

由图4曲线回归方程计算可知,“海岸”、“比格克西”、“蓝铃”、“库帕”的光补偿点比较接近,都在 $10 \sim 30 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 以内,而4个品种的光饱和点也非常接近,都在 $900 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右,说明南高丛越橘4个品种对光照的适应能力水平相当,没有明显差别。

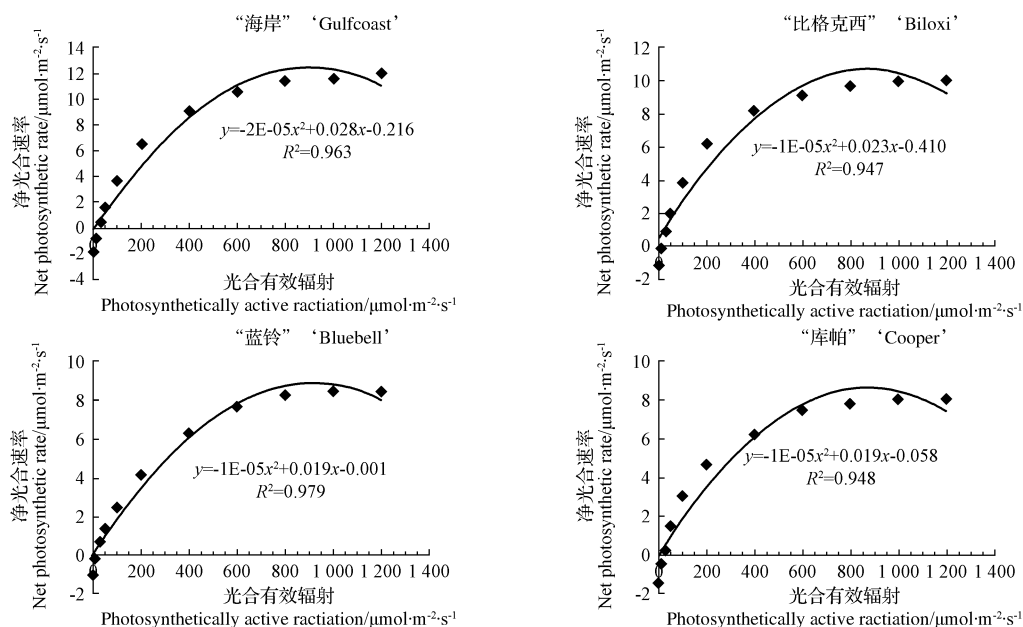


图4 南高丛系列4种越橘的光合速率-光强曲线回归图

Fig. 4 The photosynthesis-light regression curve of four southern highbush blueberry species

由图5可以看出,“海岸”、“库帕”2个品种蒸腾作用较强,尤其在光合有效辐射比较高的情况下,随着光强的减小,其下降趋势也比较明显;而“比格克西”的蒸腾速率则相对较低,随着光强的减弱其变化也明显下降;

“蓝铃”的蒸腾作用最低。说明在同种光照环境条件下,“蓝铃”耗水量少、比较耐旱;“海岸”、“库帕”耗水量大、相对不耐旱;“比格克西”耐旱性适中。这与图2越橘的蒸腾-温度响应曲线所得出的结论基本上一致。

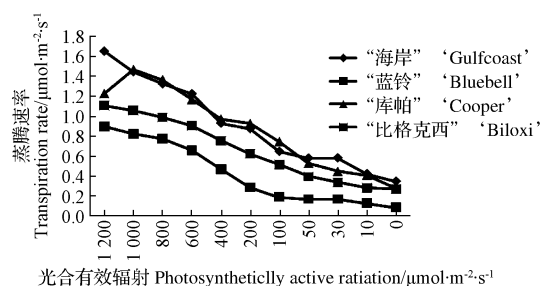


图5 南高丛系列4种越橘的蒸腾-光强响应曲线

Fig. 5 The transpiration-light curve of four southern highbush blueberry species

### 3 讨论与结论

我国越橘栽培起步较晚,自1983年后,有关单位先后对从国外引进的品种进行了相关栽培研究工作,筛选出了一些适合在我国南方、北方气候条件栽培的品种,并进行了有关育苗、栽培环境与栽培管理方面的研究,但对于越橘光合特性的研究鲜见报道<sup>[7,9]</sup>。刘兆玲等<sup>[9]</sup>对兔眼蓝莓中的“园蓝”(‘Gar denblue’)及高丛蓝莓中的“夏普蓝”(‘Sharpblue’)、“奥尼尔”(‘O. neal’)的光合特性进行了比较研究,贾晓鹰等<sup>[7]</sup>对石河子地区引种栽培的3个北高丛蓝莓品种光合特性进行了测定,孙山等<sup>[15]</sup>盆栽二年生的北高丛蓝莓品种“泽西”(‘Jersey’)、“日出”(‘Sunrise’)和南高丛蓝莓品种“乔治亚吉姆”(‘Georgia Gem’)、“里维尔”(‘Reveille’)光合作用对环境因子的响应进行了研究。但该类研究涉及到的品种不多,尤其是对南高丛越橘光合作用的研究更是少之又少。经查阅尚鲜见对该试验的4个南高丛越橘品种光合作用方面的研究报道。

从净光合速率对温度的响应曲线分析,较高温度环境下光合生理活动表现最好的是“海岸”和“比格克西”,其次是“库帕”,再次是“蓝铃”。从净光合速率指标来看,4个品种当中以“海岸”、“比格克西”最适合30~36℃温度较高的环境条件,“库帕”适合30℃附近,而“蓝铃”更适合低于30℃温度。说明“海岸”和“比格克西”理论上适宜温度较高地区种植。

光响应曲线反映了植物对光强的利用能力。4条光响应曲线随着光强的减弱,其净光合速率都呈缓慢下降趋势。“海岸”的净光合速率一直最强,其次是“比格克西”,再次是“蓝铃”和“库帕”。“蓝铃”、“库帕”的光响

应曲线数值非常接近,说明这2个品种在28℃条件下对光照的利用能力几乎相同,利用光强能力也最差。表明在一定前提下,“海岸”和“比格克西”通过光合作用能够合成更多的有机物质,从而具有较多的生长量。

由曲线回归方程计算可知,4种越橘的光补偿点和光饱和点都比较接近,说明南高丛越橘4个品种对光照的适应能力水平相当,没有明显差别。

由4种越橘的蒸腾-温度响应曲线和蒸腾-光响应曲线可知,4种越橘品种以“海岸”耗水量大,理论上容易发生干旱,“库帕”和“比格克西”需水量适中,“蓝铃”需水量小,较耐旱一些。该研究结论可为引进栽培南高丛越橘提供理论参考。

### 参考文献

- [1] 李根柱,王贺新,骆国华. 广东河源地区蓝莓优良品种引进及栽培研究初报[J]. 中国南方果树, 2013, 42(4): 94-96.
- [2] 乌凤章,王贺新,陈英敏,等. 越橘开花结果特性的研究[J]. 北方园艺, 2007(12): 28-30.
- [3] 乌凤章,王贺新,陈英敏. 蓝莓嫩枝扦插繁殖技术[J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(11): 44-46.
- [4] 李根柱,王贺新. 北方蓝莓规范化种植技术[J]. 北方园艺, 2011(5): 77-78.
- [5] 乌凤章,王贺新,李根柱,等. 三种类型越橘根系垂直分布特征研究[J]. 北方园艺, 2011(2): 21-24.
- [6] 葛翠莲,黄春辉,夏思进,等. 10个蓝莓品种主要营养成分与色素含量分析[J]. 中国南方果树, 2012, 41(4): 33-35.
- [7] 贾晓鹰,吕国华,邵丽萍,等. 不同蓝莓品种光合特性的比较[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2012, 30(4): 439-443.
- [8] 李亚东,姜惠铁,张志东,等. 中国蓝莓产业化发展的前景[J]. 沈阳农业大学学报(社会科学版), 2001, 3(1): 39-42.
- [9] 刘兆玲,温国胜,胡莉. 3个蓝莓品种光合特性的比较研究[J]. 中国南方果树, 2011, 40(5): 59-61.
- [10] 乌凤章,王贺新,陈英敏. 3种类型越橘生长发育和开花结果特性[J]. 果树学报, 2010, 27(5): 683-688.
- [11] 乌凤章,王贺新,陈英敏,等. 我国蓝莓生理生态研究进展[J]. 北方园艺, 2006(3): 48-49.
- [12] 王连润,胡忠荣,李坤明,等. 兔眼蓝莓园蓝在昆明的引种表现及栽培要点[J]. 中国南方果树, 2012, 41(1): 87-88.
- [13] 唐雪东,李亚东,臧俊华,等. 土壤施硫对越橘生长发育的影响[J]. 东北农业大学学报, 2004, 35(5): 553-560.
- [14] 乌凤章,王贺新,韩慧,等. 防寒措施对越橘越冬微环境和越冬性的影响[J]. 果树学报, 2012, 29(2): 278-282.
- [15] 孙山,李鹏民,刘庆中,等. 高丛蓝莓光合作用对若干环境因子的响应[J]. 园艺学报, 2007, 34(1): 67-70.

## Study on Photosynthetic Characteristics of Four Southern Highbush Blueberry Species

LI Gen-zhu<sup>1</sup>, ZHANG Zi-chuan<sup>1</sup>, WANG He-xin<sup>1</sup>, LUO Guo-hua<sup>2</sup>, ZHENG Yun-pu<sup>1</sup>

(1. Institute of Modern Agricultural Research, Dalian University, Dalian, Liaoning 116622; 2. Huarui Blueberry Industry Co. Ltd, Heyuan, Guangdong 517000)



## 5-氨基乙酰丙酸对葡萄盐胁迫缓解效应的研究

刘 鹏, 赵宝龙, 王文静, 孙军利, 马海新, 张 祥

(石河子大学 农学院, 新疆 石河子 832003)

**摘 要:**以耐盐性不同的 2 个葡萄品种“夏黑”(耐盐性较弱)和“里扎马特”(耐盐性较强)为试材,研究了在 0、2、4 g/kg 3 个盐胁迫水平下对 2 个葡萄品种叶面喷施 0、75、150 mg/L 浓度的 5-氨基乙酰丙酸(ALA),对 2 个品种叶片中的可溶性蛋白质含量、脯氨酸含量、丙二醛(MDA)含量、相对电导率以及抗氧化酶(CAT、POD、SOD)活性的影响。结果表明:利用 2 g/kg 盐胁迫和 75 mg/L ALA,4 g/kg 盐胁迫和 150 mg/L ALA 分别对“夏黑”和“里扎马特”葡萄进行处理时,二者叶片中的可溶性蛋白质含量、脯氨酸含量以及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性均显著增加,而相对电导率与丙二醛(MDA)含量则显著降低。

**关键词:**5-氨基乙酰丙酸(ALA);葡萄;盐胁迫;缓解效应

**中图分类号:**S 663.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)09-0019-04

葡萄(*Vitis vinifera*)是新疆种植的传统优势作物,产量占我国总产量的 23%以上,葡萄干产量占全国市场总量的 90%以上<sup>[1]</sup>,种植葡萄给当地果农带来了显著的经济效益。但新疆是我国盐渍化土壤集中的地区<sup>[2]</sup>,耕地中 31.1%的面积受到盐碱危害,盐碱土地总面积达 847.6 万  $\text{hm}^2$ ,且有不断增加之趋势<sup>[3]</sup>,制约了新疆葡萄种植产业的发展。

5-氨基乙酰丙酸(ALA)是所有卟啉化合物生物合成的关键前体,是一种生物代谢中间产物,不仅可以提高植物的光合速率、产量、着色和改善果实品质<sup>[4-6]</sup>,还可以通过提高植物体内保护酶系统的生理活性及渗透调

物质含量来提高植物的抗盐性,具有类似植物激素的生理活性<sup>[7]</sup>。徐晓洁等<sup>[8]</sup>研究表明,ALA 处理通过促进保护酶系统活性,降低了丙二醛含量,缓解盐胁迫对番茄的抑制作用;张春平等<sup>[9]</sup>研究发现,ALA 能够有效减缓盐胁迫对紫苏种子及幼苗产生的伤害,提高种子及幼苗的抗盐能力。目前,关于 ALA 缓解盐胁迫的研究报道主要集中在番茄、西葫芦、黄瓜等蔬菜和豌豆、紫苏、草莓等作物上<sup>[4,9-10]</sup>,有关 ALA 对葡萄盐胁迫的缓解效应尚鲜见报道。因此,该试验结合新疆葡萄种植盐害情况,进行 ALA 对葡萄盐胁迫缓解效应及其在生产上的开发应用的研究,以期为 ALA 在葡萄抗盐栽培中的应用提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

供试的 2 个耐盐性葡萄品种“里扎马特”和“夏黑”均为当年生的营养袋苗,其中,“里扎马特”耐盐性较强,“夏黑”耐盐性较弱<sup>[11]</sup>;ALA 由美国 Sigma 公司提供。

**第一作者简介:**刘鹏(1987-),男,硕士研究生,研究方向为果树栽培与生理。E-mail:649314012@qq.com.

**责任作者:**孙军利(1976-),女,硕士,副教授,研究方向为果树栽培与生理。E-mail:junli7656@126.com.

**基金项目:**石河子大学优秀青年基金资助项目(2012ZRKYQ09);石河子大学自然科学创新资助项目(ZYKX2010YB09)。

**收稿日期:**2014-01-20

**Abstract:** Taking four southern highbush blueberry species in Dalian, northeast China as materials, using LI-6400XT portable photosynthesis system, the net photosynthetic rate-temperature curves from 25~36°C and the net photosynthetic rate-light intensity curves including 1 200, 1 000, 800, 600, 400, 200, 100, 50, 30, 10, and 0  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  were measured. The results showed that the net photosynthesis rate of ‘Gulfcoast’ was the highest one and that of ‘Bluebell’ was the lowest one among all the measured species under high temperature conditions. In terms of light response ability, the ‘Gulfcoast’ was the highest one and the order from high to low was ‘Gulfcoast’ > ‘Biloxi’ > ‘Bluebell’ > ‘Cooper’. Moreover, ‘Gulfcoast’ species had the highest transpiration rates and the other three species (‘Cooper’, ‘Biloxi’ and ‘Bluebell’) had lower transpiration rates under warmer conditions. The aim of this study was important significance for introducing southern highbush blueberry species to other regions of China.

**Key words:** southern highbush blueberry; blueberry varieties; photosynthetic characteristics