

文章编号: 0451-0712(2006)07-0277-04

中图分类号: S731.8

文献标识码: B

# 不同处理对高速公路边坡植物光合生理生态的影响

许继华<sup>1</sup>, 陈 兵<sup>2</sup>, 刘金祥<sup>3</sup>

(1. 广东渝湛高速公路有限公司 湛江市 524005; 2. 交通部科学研究院 北京市 100029;

3. 广东湛江师范学院生化学院 湛江市 524000)

**摘 要:** 用 4 种不同方式对 4 种高速公路边坡植物进行处理, 并进行光合生理特性测定, 结果发现: 椰丝 1 号、椰丝 2 号两区植物生长状况良好, 相比之下, 对照、三维网两区植物生长状况不理想。在测量时, 因为受到温度等外界因素的影响, 椰丝 1 号、椰丝 2 号区植物光合速率( $P_n$ )有不同程度的下降, 表现出相对较低的光合速率。由于叶片叶肉细胞光合活性的降低, 椰丝 1 号、椰丝 2 号区植物出现相对稍高的胞间  $\text{CO}_2$  浓度( $C_i$ ), 气孔导度( $G_s$ )下降, 蒸腾速率( $T_r$ )下降。椰丝 1 号区植物受温度等因素影响过大, 光合速率下降明显, 水分利用率( $WUE$ )比另外 3 区低, 对照、三维网、椰丝 2 号 3 区之间相差不大。

**关键词:** 高速公路; 边坡植物; 光合生理

随着我国经济的发展, 高速公路的建设逐渐增加, 高速公路的边坡防护越显重要。过去, 高速公路边坡防护一般采用浆砌片石和喷射水泥浆等方法, 这不仅破坏自然环境, 而且缺乏美观, 不符合“建设绿色通道”的时代要求。目前, 采用生物防护是弥补工程防护不足的理想方法, 高速公路边坡灌木林化, 对边坡防护、恢复生态具有重大意义, 并在实践中取得了较好的防护效果<sup>[1,2]</sup>。

我们在建设中的渝湛高速公路(粤境段)湛江市廉江路段进行了相关的试验。采用了铺盖椰丝、三维网以及对照等方法对 4 种边坡植物(猪屎豆、山毛豆、柱花草、狗牙根)进行试验, 为高速公路生物防护建植技术提供理论依据。

## 1 试验地区与研究方法

### 1.1 自然概况

本试验在渝湛高速公路湛江市廉江路段边坡地进行, 周围是小丘陵地, 植被以大面积人工桉树林、矮灌木林、梯田为主。地理位置在北纬  $21^{\circ}63'$ 、东经  $110^{\circ}27'$  附近, 属热带和亚热带半湿润大陆性季风气候, 年均气温  $23^{\circ}\text{C}$ , 1 月最冷, 平均温度  $15.5^{\circ}\text{C}$ , 7 月最热, 平均温度  $28.9^{\circ}\text{C}$ 。年降雨量  $1\,500\sim 1\,600\text{ mm}$

左右, 多集中在 4 月~9 月份; 年均日照时数为  $1\,417\sim 1\,802\text{ h}$ <sup>[3]</sup>。所经地带土壤为赤红壤、砖红壤土类, 表现出较强的酸性特征, PH 值  $4.5\sim 5.5$ 。成土母质可分为两大类: 低丘台地多为残积、坡积母质, 受不同基岩影响, 部分土壤具有一定比例的粗颗粒至石砾; 而平原地带则为洪积、冲积母质和第四纪粘土母质, 分选性不强。两类母质土层均深厚, 从几米至几十米不等, 质地以粘土、亚粘土、亚砂土、砂土为多。由于大气降水丰沛, 强烈的淋溶作用和脱硅富铝化过程, 使以上两类土壤有机质缺乏, 粘重板结, 不利于植物生长。

### 1.2 研究方法

根据植被建植技术的不同, 分为 4 个边坡试验区: 椰丝 1 号(铺盖椰丝地毯)、对照(铺盖二维铁丝网)、三维网(铺盖三维铁丝网)、椰丝 2 号(铺盖椰丝地毯, 与椰丝 1 号只是地段坡度不同)。每区 4 种植物: 猪屎豆、山毛豆、柱花草、狗牙根。利用便携式光合仪对各试验区不同植物进行多项光合指标的测定, 有效光辐射强度(PAR)设为  $1\,400\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ;  $\text{CO}_2$  浓度设定为  $350\ \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。测量时间为 2005 年 1 月 12 日上午  $8:30\sim 11:30$ 。在每种植物的不同植株上选取 3 片有代表性的健康叶片进行测量,

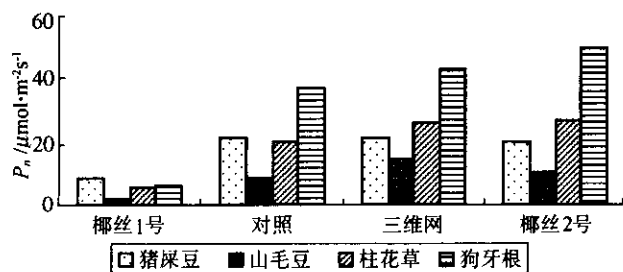
利用 Excel、SPSS 统计软件,对植物光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间 $\text{CO}_2$ 浓度和水分利用率进行统计分析。

水分利用率计算公式为: $WUE = P_n / T_r$

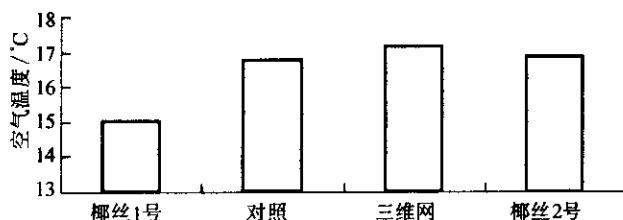
## 2 结果与分析

### 2.1 4 种处理对光合速率( $P_n$ )的影响

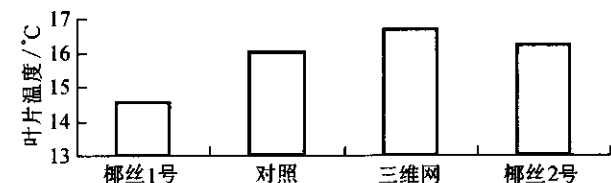
从统计结果看(图1),椰丝1号区4种植物的光合速率比另3组都低,最低值只有 $1.70 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;对照、三维网、椰丝2号区植物光合速率则有逐渐提高的趋势,但不明显,最高值出现在椰丝2号区中的狗牙根,达到 $41.36 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。



(a) 不同处理对4种植物光合速率的影响



(b) 测量各试验区时平均空气温度的变化



(c) 测量各试验区时平均叶片温度的变化

图1

根据图2所示,椰丝1号区4种植物的胞间 $\text{CO}_2$ 浓度总体上都比其他3组高,也就是说叶片光合速率的降低伴随着胞间 $\text{CO}_2$ 浓度的提高,那就说明,椰丝1号区光合速率较低的原因是叶肉细胞光合活性的下降,而不是由气孔导度降低所引起。椰丝1号区植物的叶肉细胞光合活性降低最有可能的原因,首先是低温。由于测试时间为冬季,而且椰丝1号区是最早开始测量的,早上气温相对较低。在较低温度

下,叶片光合作用的限制因素通常不是气孔导度,而是无机磷的再生。在低温环境中,淀粉和蔗糖合成速率低,磷的再生速率低,对磷酸丙糖的需求也低,从而使得叶绿体内的磷酸丙糖输出和无机磷输入速率也低,叶绿体中磷不足会限制光合作用的高速进行<sup>[4]</sup>。从图1b和图1c中可以看出,随着试验的进行,从测量椰丝1号区至椰丝2号区的平均空气温度和平均叶片温度都呈上升趋势。最低空气温度只有 $15.03^{\circ}\text{C}$ ,最高是 $17.16^{\circ}\text{C}$ ;最低叶片温度只有 $14.54^{\circ}\text{C}$ ,最高也只有 $16.7^{\circ}\text{C}$ 。低温严重影响了植物的光合速率,这是椰丝1号区植物低光合速率的重要原因之一。随着温度的上升,对照、三维网、椰丝2号区植物的光合速率也有所提高。其中,由于天气多变的原因,在测量椰丝2号区时空气温度和叶片温度都稍有下降,这同样会导致椰丝2号区植物的光合速率下降。

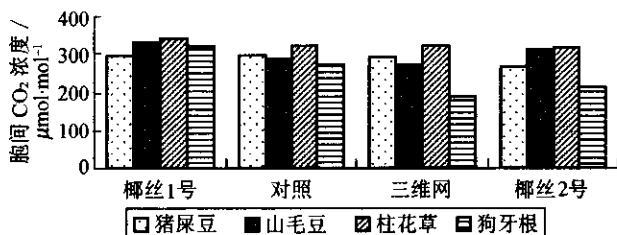


图2 不同处理对4种植物胞间 $\text{CO}_2$ 浓度的影响

### 2.2 4 种处理对气孔导度( $G_s$ )、胞间 $\text{CO}_2$ 浓度( $C_i$ )的影响

由于叶片的胞间 $\text{CO}_2$ 浓度要始终保持低于环境 $\text{CO}_2$ 浓度,当胞间 $\text{CO}_2$ 浓度升高时,气孔导度会降低来适应环境变化<sup>[5]</sup>。试验测得的胞间 $\text{CO}_2$ 浓度最高值是 $339.4 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ (图2),出现在椰丝1号区的柱花草,它的气孔导度为 $1.03 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (图3所示)。 $\text{CO}_2$ 浓度最低值是 $186.9 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,出现在三维网区的狗牙根,而它的气孔导度较低,为 $0.43 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

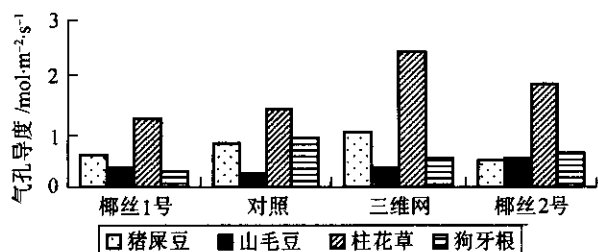


图3 不同处理对4种植物气孔导度的影响

从总体来看,椰丝1号区各植物的胞间 $\text{CO}_2$ 浓度比其他3个试验区的各植物的胞间 $\text{CO}_2$ 浓度高;椰丝2号区中的山毛豆、柱花草的胞间 $\text{CO}_2$ 浓度,都超过 $300 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,与对照和三维网区相比,表现出较高的胞间 $\text{CO}_2$ 浓度。由于胞间 $\text{CO}_2$ 浓度与气孔导度关系密切,胞间 $\text{CO}_2$ 浓度升高会导致气孔导度降低。从图3中,我们可以看出,椰丝2号区和椰丝1号区植物确实表现出了较低的气孔导度,特别是椰丝1号区,气孔导度最低值也出现在该试验区,为 $0.23 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,而最高值出现在三维网区中的柱花草,它的气孔导度为 $2.01 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

### 2.3 4种处理对蒸腾速率( $T_r$ )的影响

植物蒸腾作用的主要方式为气孔蒸腾,它是植物水分吸收和运输的主要动力。气孔导度是影响蒸腾速率的主要原因<sup>[6]</sup>。气孔的开关程度影响植物叶片水分散失的多少,两者之间存在极显著的正相关关系,叶片气孔导度下降,叶片蒸腾失水减少,蒸腾速率逐渐减小<sup>[7]</sup>。

将图3跟图4相比较,试验测量的植物气孔导度和蒸腾速率确实存在显著的正相关关系。

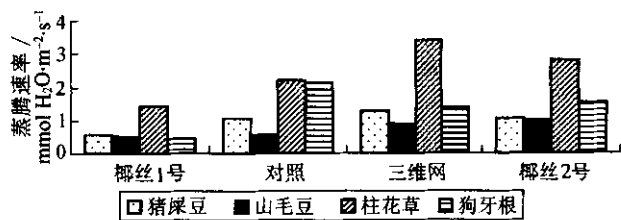


图4 不同处理对4种植物蒸腾速率的影响

椰丝2号、椰丝1号区植物较低的气孔导度与它们较低的蒸腾速率相对应,同样,对照、三维网两区植物的气孔导度与蒸腾速率也存在明显的正相关的关系。三维网区的柱花草气孔导度最高,为 $2.01 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,它的蒸腾速率也是最高的,达到了 $3.38 \text{ mmolH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。同样,椰丝1号区的狗牙根气孔导度最低,它的蒸腾速率也是最低,为 $0.45 \text{ mmolH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

从以上分析得出,对照、三维网两个试验区植物的蒸腾速率较大,椰丝2号、椰丝1号区的蒸腾速率较小,叶片水分的散失量也就减少。

### 2.4 4种处理对水分利用率(WUE)的影响

水分利用率由植物的光合速率和蒸腾速率两方面决定。水分利用率的大小,往往可以反映植物适应能力的强弱<sup>[8]</sup>。

图5显示,从总体上看,对照、三维网两区植物的水分利用率较高。椰丝2号、椰丝1号两区的水分利用率稍低。最高水分利用率出现在三维网区的狗牙根,为 $37.82 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mmol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$ ,而且狗牙根的水分利用率在各区都比较高,这说明狗牙根适应环境的能力较强。猪屎豆的最高水分利用率则出现在椰丝1号区,为 $20.16 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mmol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$ ,其它各区也比较高。山毛豆和柱花草则在椰丝1号区出现较低的水分利用率,分别为 $5.72 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mmol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$ 、 $2.99 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mmol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$ ,而且柱花草的水分利用率在其他各区都比较低,这说明,植物的环境适应能力存在较大差异,其中狗牙根适应能力最强,柱花草最弱。

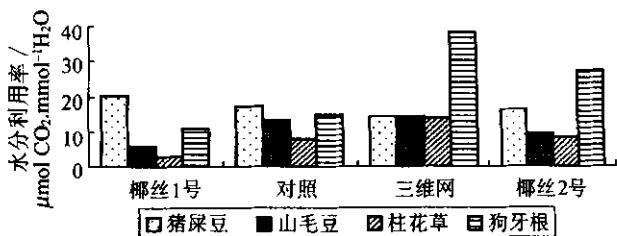


图5 不同处理对4种植物水分利用率的影响

另外,椰丝1号和椰丝2号区植物出现相对较低的水分利用率,并不能说明这两种处理不如三维网和对照两区好,因为,造成椰丝1号和椰丝2号区植物较低水分利用率有客观原因,即都是由于光合速率过低造成的。

我们首先看椰丝1号区,在第2.1节中就提到,光合速率较低不是由气孔因素造成的,而是叶肉细胞光合活性的降低,这主要是低温造成的。低温对光合速率造成的影响非常大,使椰丝1号区的各种植物都出现了很低的光合速率值,从而影响了植物的水分利用率。

同样道理,椰丝2号区也受到温度变化的影响,光合速率有所降低,从而也影响了植物的水分利用率。

## 3 结论

通过以上对各试验区植物光合生理生态各项指标的测量、统计和分析可知,因为受到温度等外界因素的影响,椰丝1号、椰丝2号区植物光合速率有不同程度的下降,最低值仅有 $1.70 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ,出现在椰丝1号区,表现出相对较低的光合速率;由于椰丝1号、椰丝2号区植物较低的光合活性,导致胞

间  $\text{CO}_2$  浓度相对稍高,最高值达到  $339.4 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,出现在椰丝 1 号区,气孔导度降低,最低值是  $0.231 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,出现在椰丝 1 号区,从而使椰丝 1 号、椰丝 2 号区植物表现出相对较低的蒸腾速率,最低值同样出现在椰丝 1 号区,为  $0.45 \text{ mmolH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,有利于提高植物的水分利用率;对照、三维网区则表现出较高蒸腾速率,不利于植物水分利用率的提高。从第 2.4 节的分析可知,椰丝 2 号区植物在温度等因素影响下,还保持一定的水分利用率,说明铺盖椰丝比铺盖三维铁丝网、二维铁丝网更有利于提高植物的水分利用率,增强植物的适应能力。

高速公路边坡植物的 4 种不同处理方式之间存在显著的差异性效果。用 SPSS 统计软件对猪屎豆光合速率指标进行单因素方差分析的结果表明:椰丝 1 号处理与三维网处理,对照与椰丝 2 号处理,三维网处理与椰丝 2 号处理的差异都极显著。从植物早期生长观察结果来看,椰丝 2 号、椰丝 1 号两个试验区的植物生长良好、快速,密度、盖度大,且区别不大,另外,椰丝 2 号与椰丝 1 号区植物的光合速率差异不显著;对照、三维网两个试验区的植物生长都不理想,两区差异显著,密度、盖度与另外两区相比相差甚远。

这说明椰丝 2 号、椰丝 1 号两种处理方式更适合植物的生长,能使边坡快速形成灌木林化;对照、三维网两种处理方式则相对不大适合植物早期生长,不能使边坡快速形成灌木林化。

在试验过程中,我们还发现,4 种植物中的狗牙

根在每个试验区都生长良好,不同的处理方式对它影响不大;猪屎豆、山毛豆有利于公路边坡灌木林化,对不同处理敏感,只在椰丝 2 号、椰丝 1 号两区生长良好,密度、盖度大;然而柱花草则对公路边坡灌木林化作用不明显,对不同处理方式均敏感,在对照、三维网两区生长稀少,在椰丝 2 号和椰丝 1 号两区生长相对稍好,但总体上不理想。

#### 参考文献:

- [1] 叶文尧,罗仁峰. 高速公路边坡新型生物防护技术[J]. 草原与草坪,2004,2(105).
- [2] 魏彤云,王春俊,谭智渊. 生物防护在高速公路上的应用[J]. 湖北林业科技,2004,2.
- [3] 曾昭璇,黄伟峰. 广东自然地理[M]. 广州:广东人民出版社,2001.
- [4] 许大全. 光合作用效率[M]. 上海:上海科技出版社,2002.
- [5] 王立,杨允菲,孙伟,王德利. 两个生态型羊草对  $\text{CO}_2$  浓度倍增的光合生理响应[J]. 草地学报,2003,1(113).
- [6] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 北京:高等教育出版社,2003.
- [7] 孙伟,王德利,王立,杨允菲. 狗尾草蒸腾特性与水分利用效率对模拟光辐射增强和  $\text{CO}_2$  浓度升高的响应[J]. 植物生态学报,2003,27(4).
- [8] 刘金祥,麦嘉玲,刘家琼.  $\text{CO}_2$  浓度增强对沿阶草光合生理特性的影响[J]. 中国草地,2004,26(3).

## 江西 7 个交通项目赴港招商

在江西省政府举办的 2006 年(江西)香港招商引资活动周期间,江西省交通厅推出 7 个基础设施项目招商,吸引了香港投资商的浓厚兴趣和积极参与,江西省交通厅也派出代表团专程赴港洽谈。

江西省交通厅赴港推介招商的 7 个交通基础设施项目为吉安至莲花高速公路、赣州至崇义高速公路、彭泽至湖口高速公路、吉安至抚州高速公路、泰和至井冈山高速公路、宜春至安福二级公路、九江港阎家渡港区。7 个项目总投资超过 205 亿元,其中除泰井高速公路实行收费经营转让或部分股权转让外,其余 6 个项目均为项目业主招商。

据悉,这次 7 个交通基础设施项目赴港招商是在去年成功推出九江至瑞昌等 3 条高速公路实行项目业主招商的基础上,江西省交通厅进行的又一次引资活动。据分析预测,这次推出的 7 个项目在投资规模和投资效益上都大大优于去年的 3 个项目。

在港期间,江西省交通厅代表团分别与盛国基础设施有限公司、澳大利亚德伯格投资有限公司、才智创富控股有限公司签订了投资吉安至莲花高速公路、彭泽至湖口高速公路、赣州至崇义高速公路的投资意向书,3 个项目总里程为 255 km,总投资为 114.2 亿元。