

坡度对紫花苜蓿和狗牙根光合生理特性的影响

祝顺波¹, 许文年², 刘刚², 赵娟¹, 陈焱格¹

(1. 三峡大学 化学与生命科学学院, 湖北 宜昌 443002; 2. 三峡库区生态环境教育部工程研究中心(三峡大学), 湖北 宜昌 443002)

摘要:通过模拟试验,测定不同坡度条件下紫花苜蓿和狗牙根光合和蒸腾速率变化,从而分析坡度对护坡植物光合生理特性的影响。结果表明:紫花苜蓿和狗牙根的净光合速率与蒸腾速率随着坡度的增大表现为“单峰”型,且都在坡度为 15°左右达到最大值。随着坡度的增大,两种植物的光合生理都受到胁迫影响,但紫花苜蓿变化极显著,而狗牙根则表现为在坡度 60°以下的变化很小。紫花苜蓿的固氮能力较强,能在 30°以下坡面较好地生长;而狗牙根的强大抗逆性,可以在高陡边坡绿化中担当重要角色。研究不仅为边坡修复的物种选择提供了科学参考,也为边坡生态修复提供了理论依据。

关键词:紫花苜蓿; 狗牙根; 坡度胁迫; 光合速率; 蒸腾速率; 光合色素

中图分类号:Q945.78;S541+.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)02-0218-04

Effect of Slope Gradient on Physiological Characteristic of *Medicago sativa* and *Cynodon dactylon*

ZHU Shun-bo¹, XU Wen-nian², LIU Gang², ZHAO Juan¹, CHEN Yi-ge¹

(1. College of Chemistry and Life Science, China Three Gorges University, Yichang, Hubei 443002, China; 2. Engineering Research Center of Eco-environment in Three Gorges Reservoir Region, Ministry of Education, China Three Gorges University, Yichang, Hubei 443002, China)

Abstract: To analyze the influence of slope gradient on photosynthetic physiological characteristics of vegetation, the change rate of photosynthetic and transpiration of *Medicago sativa* and *Cynodon dactylon* growing on slopes with different gradient were measured. The results showed that the photosynthetic rate and transpiration rate of *Medicago sativa* and *Cynodon dactylon* were increasing with slope gradient, and the maximum occurred on 15° slope. The photosynthetic physiological characteristics of these two plants were affected by slope gradient. The changes of *Medicago sativa* was significant, but *Cynodon dactylon* changed little when the gradient is less than 60°. *Medicago sativa* grows well on slope below 30° due to its good nitrogen-fixing ability. Nevertheless, *Cynodon dactylon* could grow on steep slope in greening engineering. This study provided not only scientific references for species selection, but also theoretical basis for ecological restoration on slope land.

Key words: *Medicago sativa* L; *Cynodon dactylon* Linn. Pers; effect of slope gradient; photosynthesis rate; transpiration rate; photosynthetic pigment

随着我国大规模基础设施建设,生态环境问题日益凸显。大量的边坡开挖导致植被生态系统严重破坏。开挖边坡的植被自然恢复比较缓慢,为加快其生态恢复速度,往往会采取一定的人工措施,如客土液喷播、植被混凝土护坡绿化、三维植被网喷播植草、边坡 TBS 植被护坡绿化等^[1]。

边坡坡度的不同,影响边坡的土壤水分含量、土

壤养分流失、植物的光照强度和根系分布等,进而对护坡植物生长产生影响。研究表明,特别是一些高陡的岩质边坡,极大地制约着对边坡植物的生长和后期的养护管理^[2]。因此,在高陡边坡生态修复中,护坡植被往往表现为抗雨水冲刷能力较差,植物可持续生长的后劲不足且容易发生退化现象^[3]。

近年来,随着生态环境问题的日趋严重,国内外

对边坡生态恢复的研究也日益深入。研究内容涉及不同植被条件下土壤的理化性质、肥力特征以及护坡材料的稳定性等方面^[4-6],但关于坡度对护坡植物影响的研究,目前还未见报道。本文利用三峡大学开发的植被混凝土基材^[7],设计不同坡度的模拟实验,通过测定植物的光合生理指标,以及不同植物生长状况的记录,分析坡度对植物光合生理特性的影响,通过测定不同坡度的土壤水分状况及土壤养分流失数据,研究护坡植物对坡度胁迫的适应能力和机制,以期为边坡生态修复和植被重建提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验设计

以紫花苜蓿(*Medicago sativa*)和狗牙根(*Cynodon dactylon* Linn)为实验材料,于 2010 年 3 月初,运用均匀喷播法进行播种。实验样地位于三峡大学生态学试验地(30°43.443'N,111°18.642'E,海拔 134 m,年平均降水量为 992.1~1 404.1 mm)。根据植被混凝土基材工程实施时的基质配比配制植被混凝土,喷射在 1 m×1 m×20 cm 规格的预制木箱中。喷射分 2 次完成,第一次为纯植被混凝土基材,厚度为 8 cm,第二次为植被混凝土加植物种子,混匀后喷播约 2 cm 厚。实验用种子为紫花苜蓿和狗牙根,播种量与实际施工用量相同。

喷播种子时,将基材分为均等的四块,对角的两块喷撒相同的种子。喷播完毕定时浇水,遮阳养护。待护坡植物长到一定程度后(狗牙根出现分蘖,紫花苜蓿出现分枝),在 6 月 10 号进行生理指标测定。本实验分 6 个实验组:木箱倾斜度分别为 0°,15°,30°,45°,60°,75°,其中 0°作为对照组,每个实验组设置 3 个重复。

1.2 实验材料

本实验以三峡大学开发的植被混凝土基材为基质,配制客土为三峡库区消落带紫色土。植被混凝土基材内含腐殖质、长效肥等肥料以及水泥、保水剂等添加剂。植物生长期间,严格按照 2 d 一次的浇水周期实施浇水,使土壤水分含量保持在 60%左右。

1.3 测定方法

采用 Li-6400 便携式光合作用测定系统(美国 Li-COR 公司)测定净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、胞间 CO_2 浓度(C_i)和气孔导度(G_s)等生理指标。取植株顶部的第 3 片或第 4 片健康叶在饱和光强 1 000 $\mu mol/(m^2 \cdot s)$ 进行测定(采用标准红蓝光叶室控制光强),每个处理重复测定 6 株植物。所有测

定均于 9:00—11:00 在室外 25℃ 的环境(控制叶温)下完成。同时采用比色法测定与光合作用测定相近位置和成熟度叶片的叶绿素和类胡萝卜素含量,重复测定 6 次。

1.4 数据处理

用 SPSS 13.0 软件进行差异显著性分析;用 Duncan 检验法进行多重比较,检验每个指标在处理间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 坡度对植株光合色素含量的影响

植物叶片中光合色素是叶片光合作用的物质基础,光合色素含量的高低在很大程度上反映了植株的生长状况和叶片的光合能力,植物光合色素含量及消长与光合强度密切相关^[8]。植物光合色素主要包括叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素。

从图 1—2 可以看出不同坡度处理光合色素含量的变化。随着坡度的增大,狗牙根和紫花苜蓿的叶绿素以及类胡萝卜素含量的变化动态基本一致,都呈现出先升高后降低的趋势。坡度为 15° 时均达到峰值,并且狗牙根坡度胁迫下光合色素变化值明显小于紫花苜蓿;紫花苜蓿在坡度达到 60° 时,光合色素含量出现大幅降低。实验结果显示,狗牙根和紫花苜蓿的光合色素合成均受到坡度影响,坡度增大对两者光合色素合成均有明显的抑制作用。

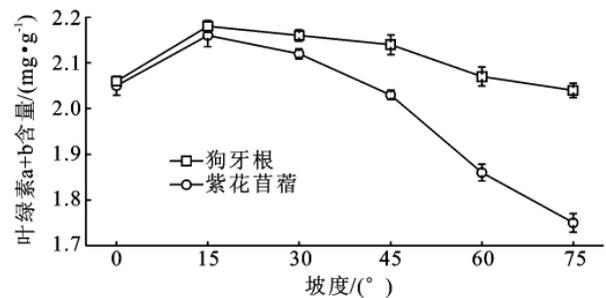


图 1 不同坡度条件下植株叶绿素动态变化

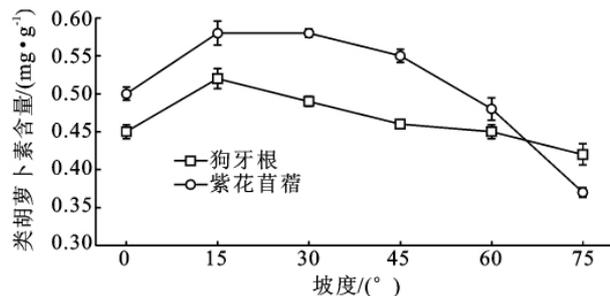


图 2 不同坡度条件下植株类胡萝卜素动态变化

2.2 坡度对植株叶片净光合速率(P_n)的影响

植物的光合速率指单位面积叶片在单位时间内同化 CO_2 的量,是描述植物光合作用强弱的直接指

标,其高低反映了叶片合成有机物质能力的强弱,表明了植物积累营养物质能力的大小^[9]。

从图 3 可知,15°的坡度条件下,狗牙根和紫花苜蓿的净光合速率值都达到峰值,分别为 15.2 和 18.6,同时两者的净光合速率都随着坡度的增大而降低,坡度越大降低越明显。狗牙根的 P_n 值变化幅度不大(7%左右),而紫花苜蓿的减小趋势显著,达到 27.8%。叶片光合效率与自身因素如叶绿素含量、叶片厚度、叶片成熟程度密切相关,又受叶片有效光辐射、气温、空气相对湿度、土壤含水量等外界因子的影响^[10]。在外部条件基本一致的情况下,狗牙根净光合速率受坡度胁迫的影响小于紫花苜蓿。

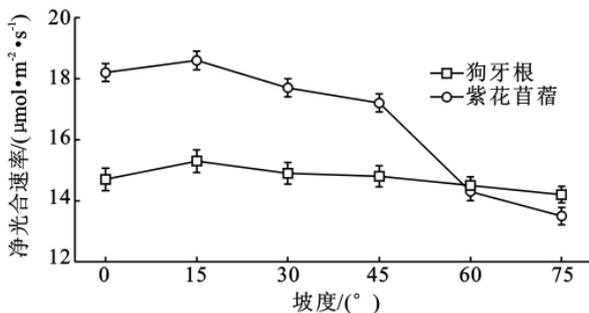


图 3 不同坡度条件下植株叶片净光合速率变化

2.3 坡度对植株蒸腾速率(T_r)的影响

蒸腾速率指植物在单位时间、单位叶面积通过蒸腾作用散失的水量。植物的蒸腾作用在植物水分代谢中起着很重要的调节支配作用,它反映了水分在植物体内的运转状况^[11]。同时,蒸腾作用与光合作用密切相关,研究植物的蒸腾作用对了解植物的生命活动过程及植物与环境之间的相互作用有重要意义^[12]。

图 4 可以看出,狗牙根的蒸腾速率在 2.3~2.8 mmol/(m²·s)之间变化,而紫花苜蓿的变化范围在 6.9~8.2 mmol/(m²·s)。狗牙根和紫花苜蓿的蒸腾速率都表现为一定幅度的减少,狗牙根的最大减小幅度为 9.8%,紫花苜蓿的为 13.8%,紫花苜蓿变化趋势略大于狗牙根。紫花苜蓿蒸腾速率受到坡度胁迫的抑制影响开始于 15°,并呈现为坡度越大降低程度越显著,而狗牙根则在 45°以上才出现明显的抑制现象。植物叶面部分气孔关闭或缩小,导致气孔导度变小,蒸腾速率降低。蒸腾速率在很大程度上决定于气孔的活动状态,通过调节气孔开闭程度,进而影响叶片蒸腾速率的变化^[13],实验结果说明两种植物的蒸腾速率都受到坡度变化的影响,同时也具有一定的适应能力。

2.4 坡度对植株叶片胞间 CO₂ 浓度(C_i)的影响

植物体光合作用需要 CO₂ 的参与,细胞间 CO₂ 浓度,直接关系着光合作用的能力^[14]。胞间 CO₂

浓度的大小,一方面受到作为源的外界 CO₂ 浓度和气孔导度的影响,另一方面又受叶片光合消耗的影响^[15]。

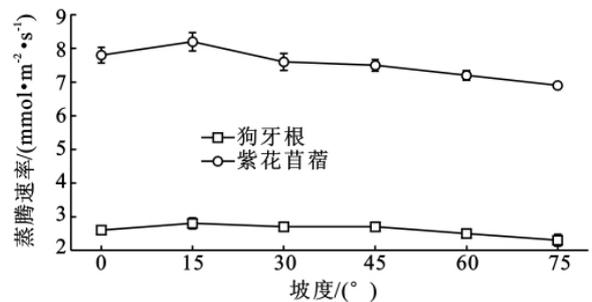


图 4 不同坡度条件下植株叶片蒸腾速率变化

由图 5 分析可得,狗牙根胞间 CO₂ 浓度受坡度胁迫影响变化值(10%)小于紫花苜蓿(19.7%)。15°时两者胞间 CO₂ 浓度均为最小,分别为 234, 346 μmol/mol,随着坡度增大,胞间 CO₂ 浓度都表现为增大趋势,且坡度越大,增大越明显。实验结果表明,在外界条件一样的情况下,气孔导度和叶肉细胞的光合活性变化是导致 C_i 变化的主要原因。气孔导度减小致使环境中 CO₂ 浓度进入叶肉细胞减少,从而使 C_i 降低;叶肉细胞的光合活性降低导致光合作用利用的 CO₂ 量减少,同时呼吸作用产生的 CO₂ 不变,使 C_i 值增高。两者共同作用的结果,导致两种植物的 C_i 值表现为随坡度的增大而增加。

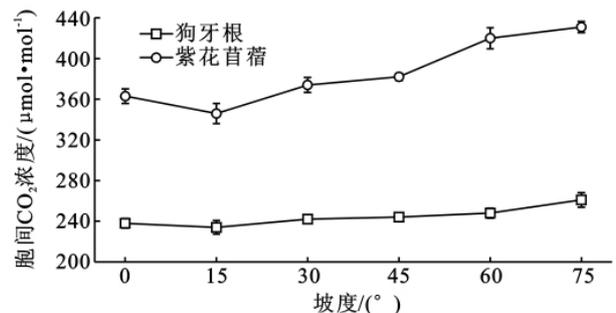


图 5 不同坡度条件下植株胞间 CO₂ 浓度变化

2.5 坡度对植株叶片气孔导度(G_s)的影响

气孔是植物体具有复杂调节功能的器官,它不仅防止植物因蒸腾作用所引起的水分过分损失,同时还确保植物获得足量的 CO₂ 气体进行光合作用^[16]。气孔导度表示气孔开张程度,气孔导度愈大,其交换能力愈强^[17]。

图 6 分析可知,狗牙根的气孔导度变化趋势和紫花苜蓿一致,都表现为先增大,大于 15°后呈下降趋势。狗牙根 G_s 值变动范围在 0.12~0.16 mol/(m²·s),紫花苜蓿变化范围为 0.28~0.48 mol/(m²·s),紫花苜蓿变化幅度远大于狗牙根。结果表明:植物水分的含量是影响气孔导度大小的关键因素,随着坡度的增

大,植物蒸腾速率受到一定程度的胁迫,导致植株出现水分的亏缺,进而影响气孔的关闭,表现为气孔导度下降。

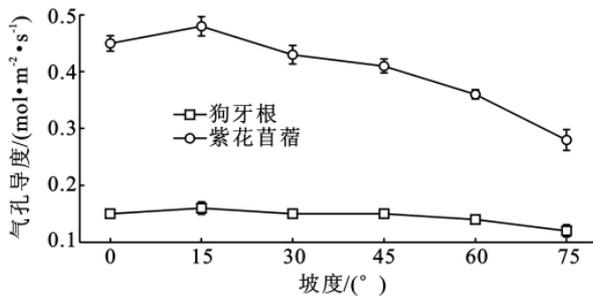


图 6 不同坡度条件下植株气孔导度变化

2.6 坡度对植株生长状况的影响

在所有的坡度处理中,植物发芽率基本为 95%,表明坡度对植物的发芽没有影响。后期观察结果显示,紫花苜蓿随着坡度的增大,盖度依次为 100%, 100%, 95%, 90%, 80%, 70%;狗牙根在 45°以下时都为 100%,当增大至 60°时减小到 90%,75°坡度时则降至 85%左右。狗牙根和紫花苜蓿的生物量测定结果显示,两种植物的生物量也分别呈现为一个随坡度增大而减小的趋势,其中狗牙根的减小幅度为 15%,而紫花苜蓿的减小量达到 40%。结果表明,坡度对植物的影响主要表现在植物生长期,而对种子的萌发的影响不明显。随着坡度的增大,植物生长受到的影响效果越显著。

3 结论与讨论

在坡度胁迫下,狗牙根和紫花苜蓿的光合色素含量、净光合速率、蒸腾速率、气孔导度值都呈现为一个先增加后减少的趋势,胞间 CO₂ 浓度则表现为先减少后增加。同时,从两种植物的生态学指标可以看出,随着坡度的增大,狗牙根和紫花苜蓿的盖度与地上生物量都呈现出下降的趋势,表明两种植物的生长都受到坡度胁迫的影响。坡度为 15°时,紫花苜蓿和狗牙根的生理指标达到最优值,表明适当的坡度条件,不仅不会对护坡植物造成胁迫,还会在一定程度上利于植物的生长,坡度的持续增大,对植物的胁迫作用增强。

尽管狗牙根和紫花苜蓿对坡度胁迫的响应特征趋势相同,但所表现出来的响应程度并不一致。紫花苜蓿的生理生态指标,随着坡度的增大,变动的趋势极显著;而狗牙根的净光合速率、蒸腾速率和气孔导度虽然都比紫花苜蓿低,但它们都维持在一定的水平,即使严重的坡度胁迫下,也能保持较高的光合速率,它对坡度变化的敏感性小于紫花苜蓿。从适应性角度考虑,狗牙根能更好地适应外界不良环境。

边坡植被修复和重建中所筛选的物种,除了要能很好地存活外,还要求能在当地环境中稳定和发展,最终实现边坡群落的恢复^[18]。紫花苜蓿的固氮能力,能使边坡的肥力得到持续;狗牙根的强抗逆性,则可以在高陡边坡绿化中担当重要角色。

参考文献:

- [1] 许文年,王铁桥,叶建军,等. 岩石边坡护坡绿化技术应用研究[J]. 水利水电技术,2002(7):35-40.
- [2] 王卓琦,顾蔚文,施拥军,等. 边坡植被防护研究综述[J]. 山西建筑,2010,36(32):285-286.
- [3] 方华,林建平. 植被护坡现状与展望[J]. 水土保持研究,2004,11(3):283-285.
- [4] 叶建军,许文年. 南方岩质坡地生态恢复探讨[J]. 水土保持研究,2003,10(4):238-241.
- [5] 夏栋,许文年,赵娟,等. 植被混凝土护坡基材 pH、有机质及其速效养分的相关性分析[J]. 水土保持研究,2010,17(6):224-227.
- [6] 马海霞,王柳英. 生物措施水土保持机理综述[J]. 青海草业,2007,16(1):12-15.
- [7] 宋玲,余娜,许文年,等. 植被混凝土护坡绿化技术在高陡边坡生态治理中的应用[J]. 中国水土保持,2009(5):15-16.
- [8] 詹少华,林毅,张倩,等. 天然棕、绿彩色棉叶光合色素分析[J]. 安徽农业大学学报,2005,5(2):174-177.
- [9] 韩瑞宏,卢欣石,高桂娟,等. 紫花苜蓿对干旱胁迫的光合生理响应[J]. 生态学报,2007,27(12):5229-5237.
- [10] 陈托兄,陈水红,卢欣石,等. NaCl 胁迫下秋眠型紫花苜蓿光合作用特性的研究[J]. 东北农业大学学报,2010,41(11):96-102.
- [11] 罗永忠,成自勇. 水分胁迫对紫花苜蓿叶水势、蒸腾速率和气孔导度的影响[J]. 草地学报,2011,2(2):215-221.
- [12] 万素梅,贾志宽,杨宝平,等. 苜蓿光合速率日变化及其与环境因子的关系[J]. 草地学报,2009,17(1):27-31.
- [13] 许大全. 光合作用气孔限制分析中的一些问题[J]. 植物生理学通讯,1997,33(4):241-244.
- [14] 许大全. 气孔的不均匀关闭与光合作用的非气孔限制[J]. 植物生理学通讯,1995,31(4):246.
- [15] 佟长福,郭克贞,史海滨,等. 环境因素对紫花苜蓿叶水势与蒸腾速率影响的初步研究[J]. 农业工程学报,2005,21(12):152-156.
- [16] 王建丽,张永亮,朱占林,等. 杂花苜蓿叶片光合生理生态特性[J]. 草地学报,2006,14(2):138-141.
- [17] 关义新,戴俊英,林艳,等. 水分胁迫下植物叶片光合的气孔和非气孔限制[J]. 植物生理学通讯,1995,31(4):293.
- [18] 陈芳清,黄友珍,樊大勇,等. 水淹对狗牙根营养繁殖植株的生理生态学效应[J]. 广西植物,2010,30(4):488-492.