

doi:10.11937/bfyy.20162541

植物卷材不同肥水配比对 紫穗槐生理特性的影响

王红梅¹, 蒙 玺², 孙海龙³(1. 雅砻江流域水电开发有限公司, 四川 成都 610051; 2. 四川大学 生命科学学院, 四川 成都 610064;
3. 四川大学 水利水电国家重点实验室, 四川 成都 610064)

摘 要:以两河口水电站植物护坡工程为背景,以种植紫穗槐的植物卷材为研究对象,把不同施肥梯度和水分配比作为变量因子,探究紫穗槐的生理指标变化趋势,为该区域植物护坡材料的水肥设计提供参考依据。结果表明:当保水剂一定,施肥浓度为 $12\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 时,紫穗槐叶片中丙二醛含量增加,植物叶片中的过氧化物酶活性减少,可溶性蛋白质含量增多,植物的叶片保水力也最强。当施肥量一定时,保水剂量为 $10\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 时,可溶性蛋白质含量最少,保水剂量追加到 $15\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$,此时的可溶性糖含量最多,植物叶片中的丙二醛含量增加,植物叶片保水力也随之增加。

关键词:两河口水电站;边坡;植物卷材;施肥量;生理指标

中图分类号:S 727.29 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)16-0090-05

随着国内园林工程建设的推进,岩土边坡恢复成为当今社会最大的热点之一。边坡植被护坡是岩土边坡恢复的一种重要技术。植被护坡技术是指用活的植物与工程措施相结合,以防止岩石坡面风化剥落的技术与手段^[1]。植物卷材作为一

种植被护坡技术正逐渐被大量运用于工程上,有研究表明,在植物卷材中基质的养分与水分对于岩石植被重建与恢复工程尤为重要^[2-3]。紫穗槐(*Amorpha fruticosa* Linn.)属豆科槐属植物,是植被护坡常用的一种植物,根系发达,耐贫瘠、耐盐碱性,具有绿化环境和固土护坡的能力。但在紫穗槐生长前期,需要足够的水肥构建植物体,适当的水肥环境是紫穗槐存活的关键。目前,植物卷材护坡相关的研究主要集中在新型生态材料改进、卷材护坡施工方法,以及有关边坡土壤的不同

第一作者简介:王红梅(1973-),女,河北灤洲人,硕士,高级工程师,现主要从事生态与资环境管理等研究工作。
E-mail:729851844@qq.com.

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2013BAJ02B03)。

收稿日期:2017-03-20

cabbage was 65.98—78.92 mm. Among them, the irrigation amount of $0.7E_p$ on the yield, biomass, yield water use efficiency and biomass water use efficiency were the highest, compared with treated $0.6E_p$, treated with $0.8E_p$ and treated with $0.9E_p$, yield increased by 25.16% ($P<0.05$), 5.63% and 13.76% ($P<0.05$), water use efficiency of yield increased by 17.42% ($P<0.05$), 8.48% and 27.66% ($P<0.05$), biomass respectively increased by 21.96% ($P<0.05$), 7.41% and 17.68% ($P<0.05$), water use efficiency of biomass increased by 11.21%, 10.32% and 32.10% ($P<0.05$). So $0.7E_p$ was the optimal irrigation amount of greenhouse flowering Chinese cabbage under the test conditions.

Keywords: weighing lysimeter; greenhouse flowering Chinese cabbage; irrigation amount; evapotranspiration rate; water use efficiency

雨强、坡度、施肥模式等对土壤中养分流失的影响等方面,对于植物卷材中的养分与水分对植物共同作用的研究较少。因此,该试验以植物卷材技术为背景,基于不同梯度的施肥量和保水剂双重因子控制下,研究紫穗槐的生理特性与水分、肥料配比投入的关系,同时分析在不同保水剂梯度、不同施肥量作用下紫穗槐的丙二醛(MDA)含量、过氧化物酶活性、可溶性蛋白质含量等生理指标的变化规律,以期能为植物卷材中水分和施肥量的合理配比设计提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

雅砻江中游两河口水电站工程区处于雅砻江干流的四川省甘孜州雅江县境内,地貌区划属川西高原,紧邻川西南高山区。试验点海拔 2 760 m,该区域每年 11 月至翌年 4 月为干季,日照多,湿度小,日温差大;5—10 月为雨季,降雨集中,雨量约

占全年雨量的 90%~95%,雨日占全年雨日的 80%左右。

1.2 试验材料

供试植物卷材主要包括植物卷材(生长基质)、水分阻控层、种子萌发堆、温度调节层和辐射反射层(图 1)。植物卷材厚度 5 cm,容重 $1.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,主要由草炭、紫色土、保水剂、速效肥、缓释肥等按一定的比例混合而成。紫穗槐以撒播方式植入卷材中。

供试基质采用人工配制的方式。根据设计要求将采自四川省遂宁广德寺的紫色土(有机质含量 $56.66 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全氮 $64.41 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全磷 $1.64 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全钾 $19.546 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全钙 $128.14 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全镁 $13.631 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)通过晒干或补水把含水率控制在 $(30 \pm 1.5)\%$,混合一定比例的尿素、过磷酸钙、硫酸钾以及不同用量的保水剂,搅拌均匀,得到相对均匀的土壤。采用高压把人工配置的土壤加工成基质颗粒。

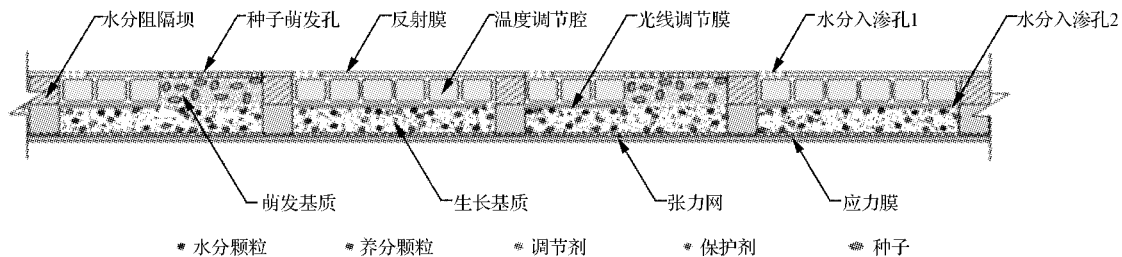


图 1 植物卷材结构

Fig. 1 Structure of vegetation coil

供试 AQUASORB 保水剂(型号 3005KM,粒径 $0.3 \sim 1.0 \text{ mm}$,成都市亿鑫化工有限公司生产),主要成分为丙烯酰胺-丙烯酸酯共聚体,聚丙烯酰胺在亚甲基双丙烯酰胺的二乙烯基化合物存在下进行聚合得到高吸水材料。保水剂的施加方法采用半土干施法,利用电子天平称取一定量保水剂颗粒,与适量基质颗粒充分混合,然后经过一系列工艺加工成植物卷材。

1.3 试验方法

将卷材设立在完全水泥坡面,坡度 63° ,坡向北偏东 22° 。将植物卷材安装至坡面上,单个试件面积 2 m^2 (宽 1 m 、长 2 m),浇水至饱和状态。

试验设置 5 个施肥(F)梯度,分别为 1、3、6、9、 $12 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,并编号 F1、F2、F3、F4、F5;5 个保水剂(W)梯度,分别为 5、10、15、20、 $25 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 并编号 W1、W2、W3、W4、W5。交叉投入坡面试件卷材中,共 25 组试件(每组 3 个重复)。其中设置施肥量 W3 ($15 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)与保水剂投入量 F3 ($6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)时为标准配方卷材基质。试验于 2013 年 6 月施工完毕,2015 年 7 月对每个试件选取 5 株植物标记,共 375 株植物,于试验结束后集中采样一次,对所标记后观测的紫穗槐叶片进行收集,冰盒处理,然后在实验室进行生理指标测量。

1.4 项目测定

采用 TBA 法测定丙二醛(MDA)含量;采用愈创木酚法测定过氧化物酶(POD)活性;采用考马斯亮蓝法 G-250 测定可溶性蛋白质含量;采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量^[4]。

1.5 数据分析

采用 Microsoft Excel 和 Matlab R2010b 软件分析处理数据。

2 结果与分析

2.1 不同水肥比对紫穗槐叶片中丙二醛(MDA)含量的影响

丙二醛是细胞遭受逆境胁迫时膜脂产生的过氧化产物,其含量高低反映出细胞膜的伤害程度^[5],对生态环境也会造成潜在的威胁^[6],是植物抗旱性指标之一。由图 2 可知,不同保水剂梯度下紫穗槐丙二醛含量随施肥量的变化趋势线大致呈‘W’型,并在施肥量为 F2 和 F4 时含量较低;同一保水剂梯度下,施肥量为 F1 和 F5 时紫穗槐丙二醛含量要高于其它施肥量试验组,且当施肥量为 F1 和 F5 时,低保水剂含量试验组紫穗槐的丙二醛含量高于其它试验组;F1W1 与 F1W5 处理组之间丙二醛含量差异显著($P < 0.05$),而 F1W5 和 F4W5 之间差异不显著($P > 0.05$),说明水分对于紫穗槐丙二醛含量有着比较重要的作用。综合比较以上结果,表明紫穗槐丙二醛的含量在配方 F1W1 最高,为 $0.032 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$,在 F4W5 最低,为 $0.016 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

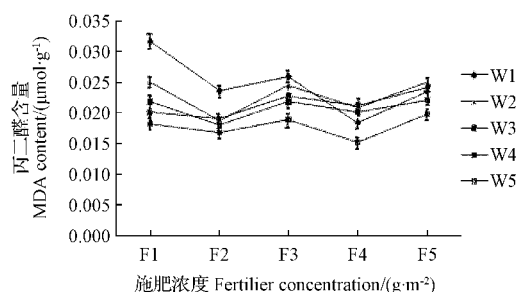


图 2 不同水肥对比对丙二醛含量的影响

Fig. 2 Effects of different fertilizer gradients and water on MDA content

2.2 不同水肥对比对紫穗槐叶片中过氧化物酶(POD)活性的影响

过氧化物酶是保护植物膜系统的主要酶类,能清除自由基,维护膜系统的完整性,以减轻不良环境对植物的伤害作用^[7-8]。由图 3 可知,同一保水剂处理下紫穗槐的过氧化物酶活性随施肥浓度的增加呈现先增加后降低再回升的趋势。除了 W5 处理,其它保水剂处理下紫穗槐过氧化物酶活性在施肥量为 F2 最高, F4 最低;当施肥量为 F5 时,相比于 F3、F4 处理紫穗槐过氧化物酶活性有增大的趋势;植物卷材 F2W3 配方紫穗槐过氧化物酶活性最高,为 $31\ 868 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, F4W1 配方下最低,为 $15\ 093 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

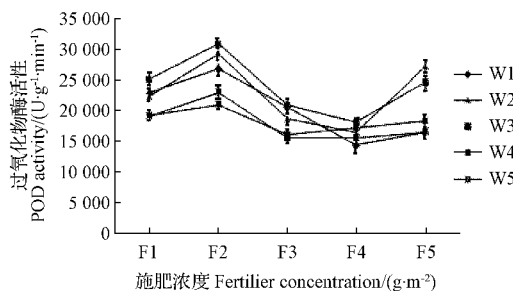


图 3 不同水肥对比对过氧化物酶(POD)活性的影响

Fig. 3 Effects of different fertilizer gradients and water on POD activity

2.3 不同水肥对比对紫穗槐叶片中可溶性蛋白质含量的影响

由图 4 可知,随着施肥量的增加,植物体内的可溶性蛋白质含量均呈现先下降后升高再下降的

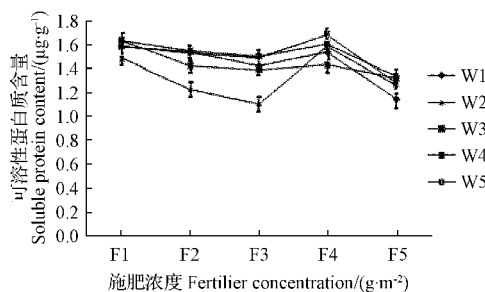


图 4 不同水肥对比对可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 4 Effects of different fertilizer gradients and water on soluble protein content

趋势。所有保水剂梯度中,5 个施肥梯度下,W1 处理可溶性蛋白质含量基本处于最高,W5 处理基本处于最低。当卷材基质中的施肥量超过了一定浓度,则对植物体内的可溶性蛋白质含量产生了抑制作用。

2.4 不同水肥比对紫穗槐叶片中可溶性糖含量的影响

可溶性糖与植物的抗旱性相关,同时可溶性糖也是植物光合作用的产物^[9]。抗旱性越强,可溶性糖越多。从图 5 可以看出,5 个保水剂梯度中植物可溶性糖含量的变化趋势一致,均由降低变为升高后基本持平,各梯度在施肥浓度为 F3 时最大,F5 时最小。随着施肥浓度升高,W1 中的可溶性糖含量始终最高,W5 中的可溶性糖含量基本上最低。说明随着保水剂施加量增大,紫穗槐的干旱胁迫减小,体内的可溶性糖含量降低。养分对紫穗槐体内可溶性糖也有一定影响,同一保水剂梯度下施肥量为 F1、F2、F3 处理紫穗槐体内的可溶性糖含量之间差异性不大($P>0.05$);当施肥量增加到 F4、F5 时与其它 3 个处理相比可溶性糖含量显著降低($P<0.05$)。

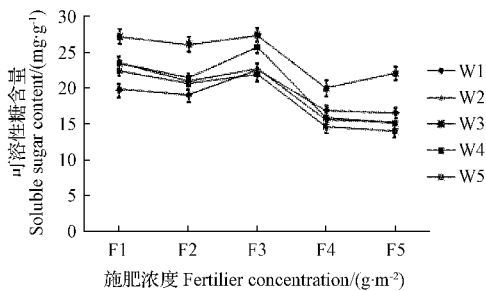


图 5 不同水肥比对可溶性糖含量的影响

Fig. 5 Effects of different fertilizer gradients and water on soluble sugar content

3 讨论与结论

该试验中,丙二醛含量随施肥量的增大呈现先减小后增大趋势,且施肥浓度为 $9 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 时,丙二醛含量出现一个最低值,施肥量在一定含量范围时会促进 MDA 含量的增加,以此来抵抗外界的不利条件,这与廖德志等^[10]的研究结果类似。张福平等^[11]研究表明,佛手瓜受到的胁迫越

大,过氧化物酶活性越高。该研究表明,POD 活性在被不同施肥量影响后,出现上升、下降后上升的变化趋势,说明可以通过施肥来调节 POD 的合成维持植物细胞的正常生命活动。

该研究表明,紫穗槐在不受干旱胁迫的情况下,丙二醛含量呈下降现象,这与马玉心等^[7]研究相似;当植物受到水分胁迫时,紫穗槐叶片中的可溶性蛋白质的合成会受到影响,这与刘燕燕等^[12]的研究结果一致;马彦军等^[13]认为当植物水分不足甚至受到干旱胁迫时,POD 活性增加,与该试验结论一致;吴凯朝等^[14]在对水分胁迫对植物生理特征研究的结果中发现,当水分胁迫程度增加时,可溶性糖含量增加。植物受到干旱胁迫时,植物将形成可溶性糖供给植物自身需求,弥补干旱后植物的光合产物不足^[15-18]。而该试验中,当施肥量一定时,随着保水剂量达到 $15 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 时,可溶性糖含量达到最大值范围 $19.94 \sim 27.28 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。随保水剂含量增加,可溶性糖含量呈下降趋势。

综上所述,水分对于紫穗槐生理特征具有较大的影响,植物卷材中保水剂含量的增加,意味着植物卷材能够蓄积更多的水供植物生长,维持植物体内的生理环境的平衡;养分对于植物生理特征的作用则较为复杂,低施肥量使得紫穗槐面临比较贫瘠的生存环境,从而导致紫穗槐体内 MDA 含量、POD 活性等生理指标含量增大以适应环境胁迫,随着养分的增加,胁迫减小^[19]。而当养分浓度过高时,由于紫穗槐早期生长过快等原因打破了植物卷材资源供给平衡,导致环境对紫穗槐的胁迫增加。综合比较得出,F4W5(施肥量 $9 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 、保水剂浓度 $25 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)组合为植物卷材中最适水肥配方。

参考文献

- [1] 张俊云,李绍才. 岩石边坡生态护坡研究简介[J]. 水土保持通报,2000,20(4):36-38.
- [2] 陈亿军,孙可明,赵颖. 生态护坡条件下坡角对边坡产流产沙规律影响的试验研究[J]. 水资源与水工程学报,2010,21(4):55-59.
- [3] 张俊云,李绍才,等. 厚层基材喷射护坡试验研究[J]. 水土保持通报,2001,21(4):44-46.
- [4] 刘静雅,李绍才,孙海龙,等. 多效唑对紫穗槐生长及生理特性的影响[J]. 植物科学学报,2016(2):271-279.

- [5] 张东梅,宋鑫,张丽静,等.不同供磷水平对紫穗槐生长及根系形态的影响[J].草业科学,2014,31(9):1767-1773.
- [6] 冯永刚.4种土壤对紫穗槐萌发及生长的影响[J].安徽农业科学,2008,36(26):11446-11448.
- [7] 马玉心,满秀玲,崔大练.紫穗槐种子萌发对水分胁迫的响应[J].种子,2009(2):46-49.
- [8] 李刚,徐芳杰,蒋思丝,等.铝对小麦根尖细胞壁过氧化物酶活性和过氧化氢含量的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(4):887-892.
- [9] 张秀茹.不同水分和光照处理对紫穗槐幼苗生理生态特征的影响[D].济南:山东大学,2010.
- [10] 廖德志,吴际友,王旭军,等.氮磷钾不同配比施肥对台湾栾木抗氧化酶的影响[J].林业科技开发,2010,24(3):72-74.
- [11] 张福平,何秀娟,张秋燕.不同因素对佛手瓜过氧化氢酶活性的影响[J].贵州农业科学,2010,38(6):47-49.
- [12] 刘燕燕,张聘,曹响,等.水分胁迫对紫穗槐种子萌发及幼苗生长的影响[J].江苏农业科学,2014,42(9):145-147.
- [13] 马彦军,曹致中,李毅.PEG胁迫对尖叶胡枝子幼苗SOD和POD同工酶的影响[J].草原与草坪,2010,30(1):64-67.
- [14] 吴凯朝,黄诚梅,邓智年,等.干旱后复水对甘蔗伸长期生理生化特性的影响[J].南方农业学报,2015,46(7):1166-1172.
- [15] PLAUT Z, BUTOW B J, BLUMENTHAL C S, et al. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature[J]. Field Crops Research, 2004, 86(2-3): 185-198.
- [16] EHDAIE B, ALLOUSH G A, MADORE M A, et al. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat[J]. Crop Science, 2006, 46(3): 735-746.
- [17] 杨腾.施氮对文冠果幼苗生长特性影响研究[D].北京:北京林业大学,2014.
- [18] 霍仕平,晏庆九,宋光英,等.玉米抗旱鉴定的形态和生理生化指标研究进展[J].干旱地区农业研究,1995(3):67-73.
- [19] 丁雪梅.不同氮磷钾组合对大丽花生长发育的影响[D].泰安:山东农业大学,2012.

Effect of Different Fertilizer and Water Ratios of Vegetation Coil on Physiology Characteristic of *Amorpha fruticosa*

WANG Hongmei¹, MENG Xi², SUN Hailong³

(1. Yalong River Hydropower Development Co. Ltd., Chengdu, Sichuan 610051; 2. College of Life Science, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610064; 3. State Key Laboratory of Water Resource and Hydropower, Chengdu, Sichuan 610064)

Abstract: The physiological indexes trends of *Amorpha fruticosa* Linn. under different fertilizer gradients and water ratios at the Lianghekou Hydropower Station plant slope protection engineering system were explored. This investigation provided an effective theoretical basis for the fertilizer and water system designs of plant slope materials in this area. The results showed that when the amount of water-retaining agent was held constant and the concentration of fertilizer was settled as $12 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, the malondialdehyde (MDA) content in the *Amorpha fruticosa* leaf was increased, the peroxidase (POD) activity was decreased, soluble protein content was increased, and the capacity of water retention was the highest. When the amount of fertilizer was held constant and the water-retaining agent dose was $10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, the amount of soluble protein in the leaf was the lowest. However, when the water-retaining agent dose was increased to $15 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, the amount of soluble sugar in the leaves was the highest, and both the MDA and water retention capacity was increased.

Keywords: Lianghekou Hydropower Station; slope; vegetation coil; fertilizer amount; physiological index