

# 多效唑对紫穗槐生长的调节效应

刘静雅<sup>1</sup>, 李绍才<sup>1</sup>, 孙海龙<sup>2</sup>, 宋海凤<sup>1</sup>

(1. 四川大学 生命科学学院, 四川 成都 610064; 2. 四川大学 水利水电国家重点实验室, 四川 成都 610064)

**摘要:**以紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)为试材,采用土施多效唑的方法,研究了不同浓度多效唑(10、50、100、150、200 mg·L<sup>-1</sup>)对紫穗槐生长的影响,以探究多效唑对紫穗槐的作用机制。结果表明:多效唑可有效地抑制紫穗槐的株高生长,增粗紫穗槐的基径,显著增加其可溶性糖和可溶性蛋白质含量,提高过氧化物酶(POD)活性,降低丙二醛(MDA)含量。表明多效唑可有效地改善紫穗槐的形态特征,通过改善其渗透调节能力、抗氧化性和光合物质等提高其抗性,采用隶属函数法对紫穗槐各项指标进行综合评价,得出 150 mg·L<sup>-1</sup>多效唑处理效果最佳。

**关键词:**紫穗槐;多效唑;生长效应;抗性

**中图分类号:**S 551+.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)13-0057-05

随着社会经济的快速发展,公路、铁路建设日益增加,大量削坡造成了景观格局的改变、自然资源的消耗和生态平衡的破坏<sup>[1]</sup>。因此,通过植物群落的恢复建设,实现裸露坡面与路域环境的协调统一,成为边坡修复进程中的重中之重。紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)属豆科紫穗槐属多年生丛生小灌木,在我国多省均有栽培。它是一种优良的肥料、饲料、燃料<sup>[2]</sup>,生长快,繁殖力强,具有很强的护堤防沙、防风固沙、保持水土的作用,是广泛用于边坡防护绿化的树种。在紫穗槐建成过程中,由于生长环境恶劣,人为管理不足,生长效果较差,难以满足边坡植被安全建成的需求。

多效唑作为一种新型植物生长延缓剂,能抑制植物内源赤霉素的生物合成,引起植物体内一系列的代谢和结构变化,如抑制株高、促进生根、促进细胞分裂素合成以及缓解植物遭受环境胁迫的影响等,增强植物的抗逆性<sup>[3]</sup>。目前有关紫穗槐的研究大多集中于栽培技术<sup>[4]</sup>、防护效益<sup>[5]</sup>、逆境环境下的适应性<sup>[6]</sup>等方面,鲜见有关多效唑对紫穗槐的影响研究。该试验于盆栽模型中对紫穗槐进行形态及生理指标的测定,旨在探究多效唑对紫穗槐的作用机制,寻求调节的最佳浓度,以实现采用多效唑提高其抗性,减少人为管理,达到安全建成的目的,

同时为我国边坡绿化过程中采用多效唑进行植被恢复建设提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试植物材料为紫穗槐,试验所用人工土壤由草炭(粒径 0~2 mm)、保水剂(成都市亿鑫化工有限公司生产的 AQUASORB 保水剂,粒径 0.5~0.8 mm)、紫色泥岩(有机质含量 56.66 g·kg<sup>-1</sup>,全氮 64.41 mg·kg<sup>-1</sup>,全磷 1.64 g·kg<sup>-1</sup>,全钾 16.89 g·kg<sup>-1</sup>,粒径 0~2 mm)、微生物肥、消毒剂、尿素、过磷酸钙及硫酸钾等原料按一定比例人工配制而成,铺于大小为 50 cm×50 cm 的盆栽模型中。模型表面按设计要求覆盖复合材料,底部预留排水孔,并铺设无纺布。

### 1.2 试验方法

试验于 2014 年 5 月至 2015 年 6 月在四川省彭州市山地生态工程技术研究中心进行。多效唑设 10、50、100、150、200 mg·L<sup>-1</sup> 5 个浓度水平,以清水为对照(CK),每处理设 3 次重复。2014 年 5 月在 18 个盆栽模型里播种紫穗槐种子,进行正常、统一的水肥管理。在紫穗槐生长的第 2 年,即 2015 年 5 月土施 5 个浓度梯度的多效唑并以清水为对照(CK)。多效唑处理的当天,每个处理选取长势基本一致的 10 棵植株进行挂牌标记,30 d 后进行相应形态指标和生理指标的测定。

### 1.3 项目测定

株高和基径采用直尺和游标卡尺进行测量;叶片相对含水量的测定采用烘干法;叶绿素含量的测定采用浸提法;可溶性糖含量的测定采用蒽酮比色法;可溶性蛋白质含量的测定采用考马斯亮蓝 G-250 法;丙二醛

**第一作者简介:**刘静雅(1989-),女,河南周口人,硕士研究生,研究方向为生态与资源环境管理及屋顶绿化与植被恢复。E-mail:1172698503@qq.com.

**责任作者:**孙海龙(1976-),男,黑龙江海林人,博士,讲师,现主要从事生态工程等研究工作。E-mail:gcl2006mz@126.com.

**基金项目:**国家科技支撑计划资助项目(2013BAJ02B03)。

**收稿日期:**2016-02-14

(MDA)含量的测定采用硫代巴比妥酸法;过氧化物酶(POD)活性的测定采用愈创木酚法。方法参照王学奎<sup>[7]</sup>的《植物生理生化实验原理和技术》。

#### 1.4 数据分析

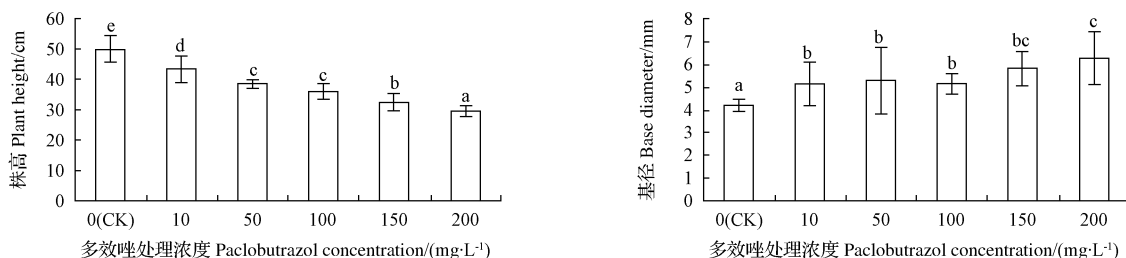
利用 Microsoft Excel 2007 软件、SPSS 19.0 软件进行试验数据的统计处理,Duncan 法检验进行显著性分析,并利用模糊数学中的隶属函数法<sup>[8]</sup>进行不同浓度多效唑对紫穗槐处理效果的评价。具体隶属函数值的计算公式如下: $U(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$  ( $i=1, 2, 3, \dots$ ), (1);  $U(X_i) = 1 - (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$  ( $i=1, 2, 3, \dots$ ), (2)。式中, $X_i$ 为某一指标的测定值, $X_{\min}$ 为所有处理组该指标的最小值, $X_{\max}$ 为所有处理组该指标的最大值。若某一指标与处理呈正相关,用式(1);若某一

指标与处理呈负相关,反之用式(2)。

## 2 结果与分析

### 2.1 多效唑对紫穗槐株高和基径的影响

从图 1 可以看出,随多效唑浓度的增加,紫穗槐的株高呈降低的趋势,5 个浓度下的紫穗槐株高分别为对照的 86.89%、77.10%、72.13%、64.79%、59.09%,与对照间呈显著性差异( $P < 0.05$ )。多效唑处理后的紫穗槐基径均显著高于对照( $P < 0.05$ ),分别为对照的 1.22、1.26、1.22、1.38、1.48 倍,在  $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  下达到最大。说明不同浓度多效唑均能显著降低紫穗槐的株高,增大紫穗槐的基径。



注:不同小写字母表示处理间存在显著性差异( $P < 0.05$ )。下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference among treatments ( $P < 0.05$ ). The same as below.

图 1 多效唑对紫穗槐株高和基径的影响

Fig. 1 Effect of paclobutrazol on plant height and base diameter of *Amorpha fruticosa*

### 2.2 多效唑对紫穗槐叶片相对含水量和叶绿素含量的影响

由图 2 可知,多效唑处理后的紫穗槐叶片相对含水量与对照相比均有所增加,10、50、100  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  处理下叶片相对含水量与对照间的差异不显著,150  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  和 200  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  浓度的处理显著高于对照( $P < 0.05$ ),在

150  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  浓度下达到最大,为对照的 1.17 倍。紫穗槐叶绿素含量随处理浓度的增加呈上升的趋势,除 10  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  外,其它处理均显著高于对照( $P < 0.05$ ),分别为对照的 1.06、1.07、1.11、1.15 倍,在 200  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  浓度下含量最高。

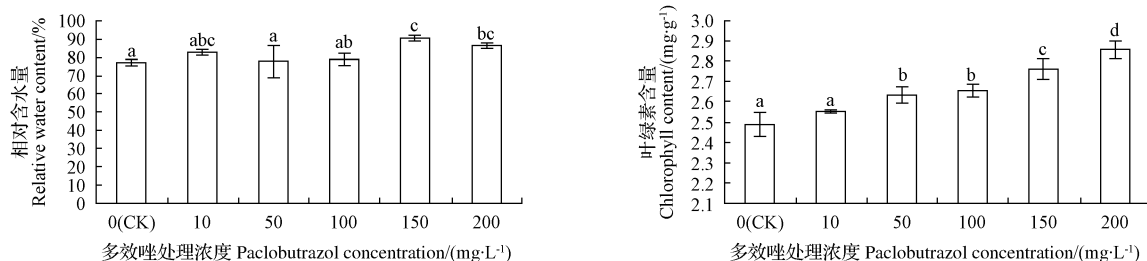


图 2 多效唑对紫穗槐相对含水量和叶绿素含量的影响

Fig. 2 Effect of paclobutrazol on relative water content and chlorophyll content of *Amorpha fruticosa*

### 2.3 多效唑对紫穗槐叶片可溶性糖含量和可溶性蛋白质含量的影响

由图 3 可以看出,10  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的处理未对紫穗槐可溶性糖含量产生显著影响,100、150、200  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的处理

下,可溶性糖含量分别为对照的 1.24、1.44、1.39 倍,均达到显著差异水平( $P < 0.05$ ),200  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  比 150  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  处理降低 3.30%,但仍显著高于对照。各处理下的紫穗槐可溶性蛋白质含量与可溶性糖含量

的变化趋势相同,10 mg · L<sup>-1</sup> 的处理已显著高于对照 ( $P<0.05$ ),在 200 mg · L<sup>-1</sup> 处理下含量最高,达到对照

的 1.44 倍。表明多效唑可显著提高紫穗槐叶片中的可溶性糖含量和可溶性蛋白质含量。

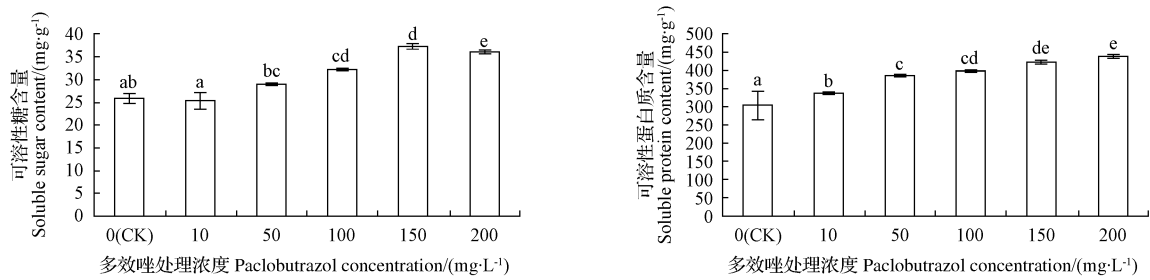


图 3 多效唑对紫穗槐可溶性糖含量和可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 3 Effect of paclobutrazol on soluble sugar content and soluble protein content of *Amorpha fruticosa*

2.4 多效唑对紫穗槐叶片丙二醛(MDA)含量和过氧化物酶(POD)活性的影响

从图 4 可以看出,不同浓度多效唑处理后的紫穗槐丙二醛(MDA)含量均显著低于对照 ( $P<0.05$ ),其中在 150 mg · L<sup>-1</sup> 浓度下最低,为对照的 46%,200 mg · L<sup>-1</sup> 的处理比 150 mg · L<sup>-1</sup> 的处理升高 25.79%,但仍显著低

于对照。10、100 mg · L<sup>-1</sup> 浓度的处理未对紫穗槐过氧化物酶 (POD) 活性产生显著影响,在 50、150、200 mg · L<sup>-1</sup> 处理下,POD 活性依次为对照的 1.14、1.27、1.20 倍,均显著高于对照 ( $P<0.05$ )。说明多效唑对紫穗槐 MDA 含量和 POD 活性均能产生显著的影响。

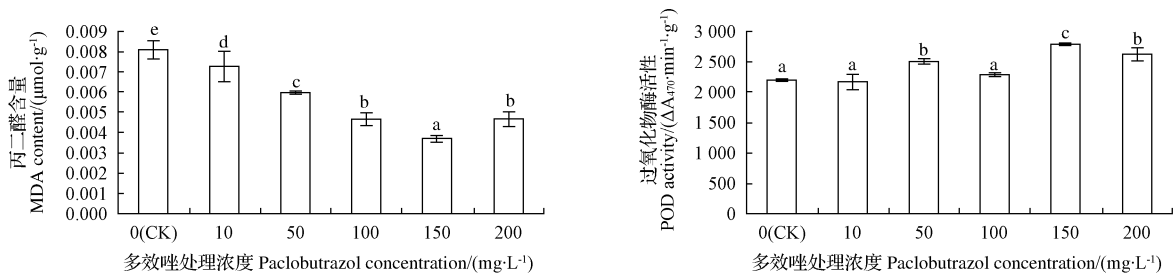


图 4 多效唑对紫穗槐丙二醛含量和过氧化物酶活性的影响

Fig. 4 Effect of paclobutrazol on MDA content and POD activity of *Amorpha fruticosa*

2.5 多效唑对紫穗槐处理效果的综合评价

利用模糊数学中的隶属函数法,分别计算不同浓度多效唑下紫穗槐各项指标的具体隶属值,将各指标的隶属值进行累加,求平均值,综合评价不同浓度多效唑对紫穗槐的处理效果。平均值越大,处理效果越好。由表

1 可以看出,多效唑对紫穗槐的处理效果排序为 150 mg · L<sup>-1</sup> > 200 mg · L<sup>-1</sup> > 100 mg · L<sup>-1</sup> > 50 mg · L<sup>-1</sup> > 10 mg · L<sup>-1</sup> > 0 mg · L<sup>-1</sup> (CK),即 150 mg · L<sup>-1</sup> 的处理效果最佳。

表 1 多效唑对紫穗槐处理效果的综合评价

Table 1 Comprehensive evaluation of treatment effect of paclobutrazol on *Amorpha fruticosa*

处理指标 Treatment index	多效唑浓度 PP <sub>333</sub> concentration/(mg · L <sup>-1</sup> )					
	0(CK)	10	50	100	150	200
株高 Plant height	0	0.32	0.56	0.68	0.86	1.00
基径 Base diameter	0	0.45	0.53	0.46	0.79	1.00
相对含水量 Relative water content	0	0.44	0.04	0.15	1.00	0.72
叶绿素含量 Chlorophyll content	0	0.17	0.39	0.45	0.74	1.00
可溶性糖含量 Soluble sugar content	0.06	0	0.31	0.58	1.00	0.90
可溶性蛋白质含量 Soluble protein content	0	0.24	0.60	0.70	0.88	1.00
丙二醛含量 MDA content	0	0.19	0.49	0.78	1.00	0.78
过氧化物酶活性 POD activity	0.05	0	0.54	0.19	1.00	0.74
平均隶属函数 Mean value	0.01	0.23	0.43	0.50	0.91	0.89
综合排序 Sort	6	5	4	3	1	2

### 3 结论与讨论

多效唑能显著抑制紫穗槐株高生长,促进基径增粗。随处理浓度的增加,其对株高的抑制作用逐渐增强,在  $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  下最强,为对照的 59.09%。不同浓度的多效唑均能显著增加紫穗槐基径,  $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  处理下达到最大,为对照的 1.48 倍。这与姜英等<sup>[9]</sup>在金钱树上的应用效果相似。相对含水量直接反映植物叶片组织水分亏缺状态,其含量的多少是植物抵抗干旱能力强弱的最直接体现<sup>[10]</sup>。在该试验中,  $150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  浓度的处理显著增加叶片相对含水量,在  $150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  浓度下达到最大。叶绿素是植物合成有机物的必需物质,叶片中的光合色素直接参与了光合作用过程中光能的传递、吸收和转化<sup>[11]</sup>。该试验中,紫穗槐叶绿素含量随多效唑浓度的增加而升高,除  $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  外,其它处理均显著高于对照,  $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  处理下含量最高。有关多效唑对植物相对含水量和叶绿素含量的研究与王竞红等<sup>[12]</sup>的研究结果相一致。

可溶性糖是植物细胞中重要的渗透调节物质,能维持细胞膨压,是碳水化合物代谢和暂时贮藏的主要形式,在植物碳代谢中占重要位置,与植物的抗寒性密切相关<sup>[13]</sup>。可溶性蛋白质是植物体内代谢过程中蛋白质损伤的重要指标,能增加细胞持水性,对维持细胞膨压、抵御或减轻温度伤害具有一定保护作用<sup>[14]</sup>,是体现植物抗寒性的重要指标之一。该研究表明,多效唑对紫穗槐可溶性糖和可溶性蛋白质含量的影响基本一致,随处理浓度的增加,二者均呈增加的趋势。其中,  $150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  浓度的多效唑显著增加了紫穗槐可溶性糖含量,为其生长发育提供了更好的物质基础,这与周桂荣等<sup>[15]</sup>的研究结果相似。可溶性蛋白质含量在  $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  处理下已得到显著提高,  $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  处理下达到最大,为对照的 1.44 倍。说明多效唑可有效维持紫穗槐体内细胞膨压,增强细胞持水力,提高其对逆境环境的适应性。

MDA 是膜脂过氧化后的产物之一,其含量高低在一定程度上反映膜脂过氧化作用水平和膜结构的受害程度,可决定低温对植物的伤害程度<sup>[16]</sup>。该研究表明,紫穗槐 MDA 含量对多效唑较敏感,  $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  浓度的处理下含量已显著低于对照,各处理中以  $150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的处理效果最好,为对照的 46%。POD 是细胞活性氧保护酶系统的成员之一,与植物的代谢强度、抗性、植物的衰老都有一定的关系<sup>[17]</sup>。多效唑显著提高了紫穗槐 POD 活性,在  $150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  处理下活性最强。说明多效唑能诱导增强紫穗槐的保护酶活性,有效清除活性氧积累,减轻细胞质过氧化伤害,提高其抵抗逆境胁迫能力。这与陈兰等<sup>[18]</sup>对高羊茅的研究结论相似。

综上所述,通过对紫穗槐渗透调节能力、抗氧化性和光合物质等方面的研究,揭示了多效唑对其生长的调节效应。试验结果表明,多效唑能有效改善紫穗槐的抗性特征,增强其对边坡逆境的适应能力,有利于边坡植被的稳定建成,利用隶属函数法对不同处理下的各项指标进行综合评价,得出  $150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  浓度的处理效果最佳。该试验为多效唑改善紫穗槐生长效果的作用机制研究提供了理论基础,也为日后采用多效唑进行边坡绿化植被的恢复建设提供了理论依据。不同植物或同一植物的不同品种及植物的不同器官对相同植物生长调节剂敏感程度有差异,且相同生长调节剂受不同环境条件的影响,不同地区、不同施用方法产生的作用效果也不尽相同<sup>[19]</sup>,因此,有关多效唑对紫穗槐生长特性的影响还有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] 陈红,魏风虎.公路生态系统评价指标体系构建方法研究[J].中国公路学报,2004,17(4):89-92.
- [2] 时永杰.紫穗槐[J].中兽医医药杂志,2003(专辑):149-150.
- [3] 房增国,赵秀芬,高祖明.多效唑提高植物抗逆性的研究进展[J].中国农业科技导报,2005,7(4):9-12.
- [4] 王丽华,王静,余洪军.紫穗槐播种育苗技术[J].林业实用技术,2007(4):46-47.
- [5] 康清海,严国民,金绥庆.黄土高原片沙区建筑梯田生物护埂固沙试验研究[J].水土保持学报,2002,16(5):135-136.
- [6] 韩张雄,李利,徐新文,等. NaCl 对 4 种荒漠豆科植物幼苗生理参数的影响[J].植物学报,2012,47(5):491-499.
- [7] 王学奎.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [8] 王斌,杨秀珍,戴思兰.4 种园林树木抗旱性的综合分析[J].北京林业大学学报,2013,35(1):95-102.
- [9] 姜英,彭彦,李志辉,等.多效唑、烯效唑和矮壮素对金钱树的矮化效应[J].园艺学报,2010,37(5):823-828.
- [10] 刘颖,张巨明.暖季型草坪草对干旱胁迫的反应[J].草业科学,2013,30(11):1732-1738.
- [11] 孟林,陈淑燕,毛培春,等.3 种薰衣草光合生理特性对干旱胁迫的响应[J].草地学报,2014,22(3):653-656.
- [12] 王竞红,多多.多效唑对 6 种草坪草苗期抗旱性影响的研究[J].草业学报,2014,23(6):253-258.
- [13] GRAHAM D, PATTERSON B D. Responses of plants to low, non-freezing temperatures-proteins, metabolism, and acclimation[J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Biology, 1982, 33:347-372.
- [14] 侯福林.植物生理学实验教程[M].北京:科学出版社,2004.
- [15] 周桂荣,刘春燕,胡国强.多效唑对金叶女贞抗旱性的影响[J].北方园艺,2010(12):88-90.
- [16] 伍仕林.多效唑对一品红观赏及生理特性的影响[J].广西农学报,2006,21(6):20-22.
- [17] 毛铁清,郑青松,陈健妙,等.喷施多效唑提高麻疯树幼苗耐盐性的生理机制[J].生态学报,2011,31(15):4334-4341.
- [18] 陈兰,黄广远.多效唑对盐胁迫下高羊茅耐盐性的作用[J].草业科学,2009,26(8):177-180.
- [19] 王忠.植物生理学[M].北京:中国农业出版社,2000.



# 植物卷材中氮磷钾的流失及多效唑对植物的影响

陈艳华<sup>1</sup>, 孙海龙<sup>2</sup>, 李绍才<sup>1</sup>

(1. 四川大学 生命科学学院, 四川 成都 610064; 2. 四川大学 水利水电国家重点实验室, 四川 成都 610064)

**摘要:**以种植紫穗槐(*Amorpha fruticosa* Linn.)的植物卷材试件为研究对象,研究了植物卷材中紫穗槐氮磷钾的利用流失规律;采用5个多效唑浓度梯度(0.004、0.020、0.040、0.060、0.080 g·L<sup>-1</sup>),研究了多效唑对植物卷材中紫穗槐的氮磷钾利用和生物量产生的影响。结果表明:氮磷钾在成分单一的植物卷材基质中随冲刷的流失速度较快。在7次破坏试验中,基质中氮的损失量为22.4%,磷的损失量为15.9%,钾的损失量为25.4%。多效唑对植物利用固定氮磷钾的效应和对其生物量的影响有明显不同。紫穗槐(*Amorpha fruticosa* Linn.)在多效唑浓度为0.080 g·L<sup>-1</sup>时固定利用的氮磷钾最多,但此浓度并非紫穗槐营养生长最旺盛的浓度,反而多效唑浓度为0.040 g·L<sup>-1</sup>时,紫穗槐的生物量最大。

**关键词:**植物卷材;多效唑;氮磷钾;紫穗槐

**中图分类号:**S 688.906<sup>+</sup>.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)13-0061-04

边坡绿化可美化环境,涵养水源,净化空气,防止水土流失和滑坡。由于边坡绿化的环保意义十分突出,所以边坡绿化的新型材料—植物卷材应运而生。植物卷材有效的结合了工程学和园林绿化的优点,以工程学的

手段实现绿化的效果,能有效的达到护坡目的。该产品生产成本低、管养方便,可以实现智能化管理,无需消耗大量人力;能美化环境、保持水土、吸收空气中的有害物质和粉尘颗粒,在护坡工程中有巨大的应用价值,是目前护坡工程中的主要研究方向和未来研究的趋势。在一定程度上解决铁路、公路及其产生的边坡工程的护坡和植物绿化问题。

植物卷材能否发挥作用其关键在于植物能否顺利发芽生长,且植物的生长离不开氮磷钾等营养元素,所以对于植物氮磷钾的利用与归还是研究的重点。研究

**第一作者简介:**陈艳华(1989-),女,硕士研究生,研究方向为护坡和边坡植被恢复及边坡绿化。E-mail:1278496700@qq.com.

**责任作者:**孙海龙(1976-),男,博士,讲师,现主要从事生态工程等工作。E-mail:18782923929@163.com.

**基金项目:**国家科技支撑计划资助项目(2013BAJ02B03)。

**收稿日期:**2016-02-14

## Effect of Paclobutrazol on Growth of *Amorpha fruticosa*

LIU Jingya<sup>1</sup>, LI Shaocai<sup>1</sup>, SUN Hailong<sup>2</sup>, SONG Haifeng<sup>1</sup>

(1. College of Life Science, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610064; 2. State Key Laboratory of Water Resource and Hydropower, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610064)

**Abstract:** Taking *Amorpha fruticosa* as test material, using soil dressing, the effects of different dosage of paclobutrazol (10, 50, 100, 150, 200 mg·L<sup>-1</sup>) on growth of *A. fruticosa* were studied, to explore the effect mechanism of PP<sub>333</sub> on *A. fruticosa*. The results showed that PP<sub>333</sub> could effectively inhibit *A. fruticosa* plant height growth, increase its base diameter, the content of soluble sugar, soluble protein and the activity of POD were effectively increased, the content of MDA was effectively decreased. PP<sub>333</sub> could effectively improve the morphological characteristics of *A. fruticosa*, by improving its osmotic adjustment ability, oxidation resistance and photosynthetic material, etc., it also increased *A. fruticosa* resistance. Using the membership function method to evaluate the regulation effect of each treatment, 150 mg·L<sup>-1</sup> PP<sub>333</sub> treatment had the best effect.

**Keywords:** *Amorpha fruticosa*; paclobutrazol; growth effect; resistance