

邓冬梅,李绍才,孙海龙.不同根系环境下多效唑对紫穗槐生长的调节效应[J].江苏农业科学,2018,46(20):152-157.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.20.039

# 不同根系环境下多效唑对紫穗槐生长的调节效应

邓冬梅<sup>1</sup>,李绍才<sup>1</sup>,孙海龙<sup>2</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:**以绿化卷材为应用背景,对沙场、渣场和混凝土屋面 3 种根系环境下生长的紫穗槐进行不同浓度多效唑处理(0、100、200、300、400 mg/L),研究根施多效唑对紫穗槐生长的影响以及在不同环境下的应用差异。结果表明:随着多效唑浓度升高,紫穗槐株高和生物量明显降低,冠幅、叶面积、根幅、主根长和主根径显著减小,根冠比显著增大,基径和叶片长宽比的变化相对较小;多效唑处理使叶片相对含水量、叶绿素含量、可溶性糖和可溶性蛋白含量显著增加,使丙二醛含量明显下降。不同根系环境下紫穗槐的生长以及对多效唑处理的表现具有一定差异,以隶属函数法对各项指标进行综合评价,得出多效唑对沙场、渣场、屋面紫穗槐调控效果最佳的浓度分别为 400、300、200 mg/L。多效唑可有效调控紫穗槐的形态和生物量分配,增强细胞渗透调节和抗氧化损伤能力,从而提高其抗逆性和环境适应性,但在应用时应考虑不同环境背景的差异,因地制宜地选择使用浓度和用量,使其更好地应用于人工植被恢复与建设中。

**关键词:**根系环境;多效唑;紫穗槐;抗逆性;植被恢复

**中图分类号:** Q945.78 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)20-0152-05

在铁路、公路、机场、水电工程建设和矿区开采过程中,产生了大量开挖回填的裸露边坡、岩土渣场和废弃地,严重破坏了生态环境,影响生产和生活的安全<sup>[1]</sup>。近年来,借助生态工程技术,以灌木为主体、乔木或草本为辅助恢复植被的生态防护技术已成为控制侵蚀、稳定边坡、修复环境的重要措施<sup>[2]</sup>。紫穗槐(*Amorpha fruticosa* L.)是豆科(Leguminosae)紫穗槐属(*Amorpha*)植物,其根系发达,生长适应性强,被广泛应用于植被恢复中。但在建植初期,由于紫穗槐生长迅速,蒸腾耗水量大,加上根系环境在水分、养分和温度等方面的复杂性,植物成活率较低,生长效果不理想,极大限制了其后期生长,不利于植被的安全建成。

多效唑是一种高效、低毒的植物生长延缓剂,通过影响类异戊二烯通路,并通过抑制赤霉素的合成降低乙烯含量,从而增加细胞分裂素含量来改变植物激素水平,调控植物形态结构和生理生化特性变化,增强植物的抗逆性<sup>[3-5]</sup>。研究表明,多效唑能有效抑制植株新梢生长、枝叶水平扩展、地上植物量积累和根系垂直生长,可通过抑制营养生长、调节干物质分配来提高作物产量和改善品质,能促进植株分蘖使株形丰满,推迟并延长花期,提高观赏价值。此外,多效唑可提高叶片相对含水量和抗氧化酶活性,改变蛋白质、可溶性糖、丙二醛(MDA)等含量,提高植物抗性等<sup>[6]</sup>。多效唑对植物的作用效果受到多种因素影响,前人研究主要围绕施用方式、时期和次数等,而根系环境对其调节效应的影响未见报道。本研究在

沙场、渣场和混凝土屋面环境下,研究多效唑对紫穗槐生长的影响以及不同根系环境下的应用差异,旨在找到紫穗槐理想形态和抗性表现下最佳调控浓度,实现应用多效唑调控植物生长,优化养护管理,提高植被恢复效果,同时为化控技术应用实际中提供理论依据和技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为种植于绿化卷材中的紫穗槐植株。绿化卷材分别铺设在坡面长 16 m、宽 4 m 的沙场(粒径为 2~3 mm)、渣场(粒径为 2~5 cm)和混凝土屋面样地上,坡度为 15°,坡向朝南。单幅绿化卷材长度为 3 m,宽度为 1 m,厚度为 5 cm,容重为 1.2 g/cm<sup>3</sup>,卷材从上至下设置有水温光控制层、根系定植层、水/根调节层、种子混合物、种子萌发带、根系锚固层、防渗阻根层及黏胶层。种子混合物由保水剂、黏结剂、基质、肥料、消毒剂等按一定比例组成。试验使用由成都艾克达化学试剂有限公司生产的多效唑(98%)原药(白色结晶固体)配制成 100~400 mg/L 多效唑溶液。

### 1.2 试验方法

试验于四川省彭州市山地生态工程技术研究中心进行。试验沙场、渣场、屋面每种样地类型设 3 个小区,3 次重复,每个小区设置 5 个多效唑浓度水平:0(CK)、100、200、300、400 mg/L,以清水为对照。2013 年秋季播种紫穗槐于绿化卷材中,2014 年 5 月中旬施加多效唑,将配制好的各浓度多效唑溶液沿萌发孔灌入植物生长基质,每孔灌入 10 mL。试验期间进行正常的水肥管理。2015 年 8 月,每个处理组选择长势一致且良好的 10 株植株进行形态观测,观测完成后进行破坏性取样,测量根系形态和生物量,并选取植株部位一致的叶片鲜样,测定各项生理指标。

### 1.3 测定指标与方法

形态指标有株高、冠幅、叶形、主根长、根幅,使用直尺测

收稿日期:2017-03-07

基金项目:国家重点研发计划(编号:2016YFC0206004)。

作者简介:邓冬梅(1991—),女,四川南充人,硕士研究生,主要从事园林植物及植被恢复相关抗逆植物研究。E-mail:ddm9109@163.com。

通信作者:孙海龙,博士,讲师,主要从事生态工程及抗逆植物资源开发研究。E-mail:hailongsun@163.com。

量(精确到 1 mm),基径和主根径使用游标卡尺测量(精确度为 0.01 mm),生物量采用电子天平称量(精确度为 0.01 g)。其中:冠幅 =  $1/2(\text{长轴冠径} + \text{短轴冠径})$ ;叶面积 =  $0.67 \times \text{叶长} \times \text{叶宽}^{[7]}$ ;叶片长宽比 =  $\text{叶长}/\text{叶宽}$ ;根冠比 =  $\text{植株地下部干质量}/\text{植株地上部干质量}$ ;生物量 =  $\text{植株地上部干质量} + \text{植株地下部干质量}$ 。

生理指标测定参照《植物生理生化实验原理和技术》<sup>[8]</sup>。其中,叶片相对含水量测定采用烘干法,叶绿素含量采用比色法测定,可溶性糖含量测定采用硫酸-萘酚比色法,可溶性蛋白含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色法,丙二醛含量采用硫代巴比妥酸法测定。

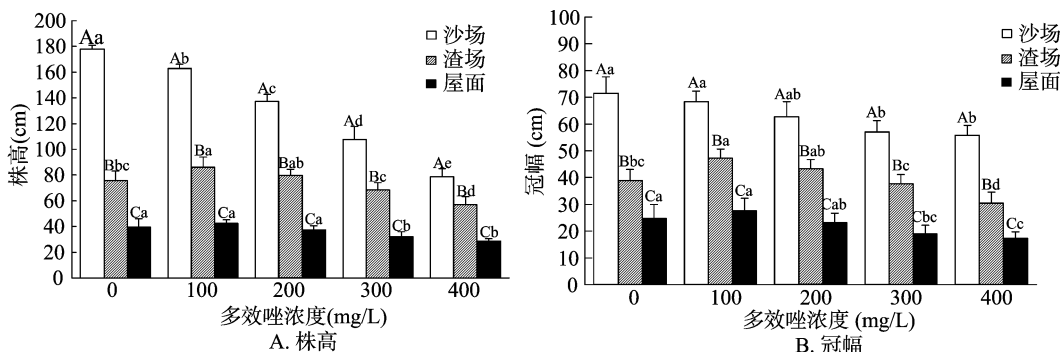
#### 1.4 数据处理

应用 Excel 2007、SPSS 18.0、Origin 9.0 进行数据处理及统计分析,采用方差分析和 Duncan's 新复极差法比较分析不同处理对各项生长生理指标的影响和不同根系环境下各项指标的差异性,显著性水平设为  $\alpha = 0.05$ 。多效唑对紫穗槐处理效果的综合评价采用模糊数学隶属函数法<sup>[9]</sup>。隶属函数值计算方法如下:

如果指标与处理效果呈正相关:  $U(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ ;

如果指标与处理效果呈负相关:  $U(X_i) = 1 - (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ ;

平均隶属值:  $X = \sum X_i / n$ 。



不同大写字母表示在同一多效唑浓度下的不同根系环境间差异显著 ( $P < 0.05$ ), 不同小写字母表示在同一根系环境下的不同多效唑浓度间差异显著 ( $P < 0.05$ )。下图同

图1 多效唑对株高和冠幅的影响

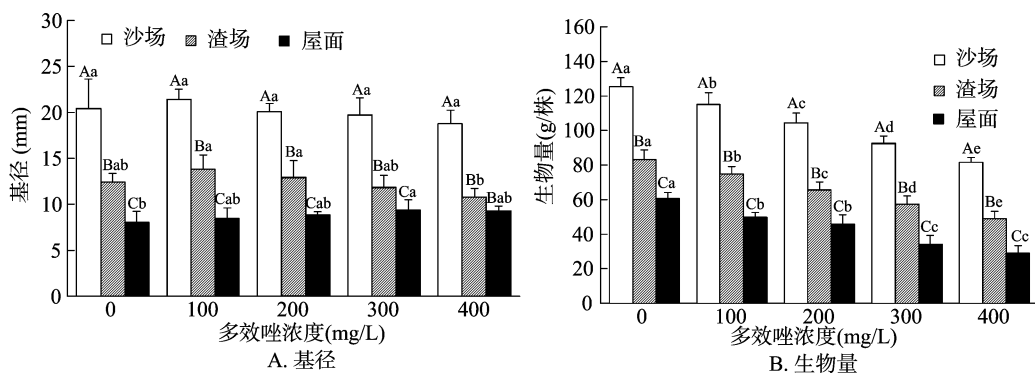


图2 多效唑对基径和生物量的影响

2.1.2 对叶片形态的影响 由表 1 可见,多效唑对紫穗槐叶片生长也产生了一定的影响。随着多效唑浓度升高,沙场叶面积减小,在多效唑浓度为 200 ~ 400 mg/L 时作用显著,减幅

式中:  $U(X_i)$  为隶属函数值;  $X_i$  为某指标的测定值;  $X_{\max}$  和  $X_{\min}$  分别为所试材料所有处理组某指标的最大值和最小值。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同根系环境下多效唑对紫穗槐形态和生物量的影响

2.1.1 对株高、冠幅和基径的影响 由图 1 和图 2-A 可见,多效唑可不同程度地抑制沙场紫穗槐株高、冠幅和基径生长,随着浓度升高,抑制作用增强,处理组株高为对照的 44.2% ~ 91.65%,差异显著。与对照相比,冠幅在 300、400 mg/L 多效唑浓度下表现出明显差异,分别减小了 20.14%、21.96%。基径呈减小的趋势,差异不显著。渣场处理组株高、冠幅、基径随多效唑浓度升高表现出先增加后减小的趋势,均在多效唑浓度为 100 mg/L 时达到最大值,增幅分别为 13.61%、21.13%、10.96%,且均在多效唑浓度为 400 mg/L 时达到最小值,株高降低 24.70%,冠幅减小 21.85%,基径减小 13.22%,与对照相比差异显著。在多效唑浓度为 300 ~ 400 mg/L 时,屋面紫穗槐株高和冠幅表现出明显的降低,分别为对照的 72.34% ~ 80.71% 和 78.15% ~ 96.67%,基径随着浓度升高逐渐增大,除 300 mg/L 处理组与对照组差异明显,其他组差异不显著。在各多效唑浓度下,紫穗槐株高、冠幅和基径均表现为沙场 > 渣场 > 屋面,植株生长表现出明显的场地差异性。

为 21.89% ~ 40.26%,叶片长宽比增大,在多效唑浓度为 300 mg/L 和 400 mg/L 时与对照差异明显,增幅分别为 14.78% 和 18.72%。渣场叶面积随多效唑浓度升高先增加

后减小,在 400 mg/L 时最小,比对照显著减小 26.35%,叶片长宽比呈减小的趋势,在多效唑浓度为 400 mg/L 时与对照差异明显,减小了 13.90%。屋面叶面积随多效唑浓度的变化与渣场相似,但各处理组与对照无明显差异,叶片长宽比随浓度升高表现出增大的趋势,与对照差异不显著。未进行多效唑处理组,沙场、渣场和屋面间的叶面积差异显著。多效唑处理后,各处理浓度下沙场和渣场间差异较小,屋面与沙场和渣场差异明显,叶片长宽比在各场地间差异较小。

2.1.3 对根系形态的影响 由表 1 可见,多效唑明显抑制沙场和渣场紫穗槐根系水平扩展、减缓主根纵横向生长,表现为

根幅、主根长和主根径基本随着多效唑浓度升高而减小。在多效唑浓度为 400 mg/L 时,沙场和渣场根幅的变化率分别达到 45.40% 和 41.99%,与各对照相比,主根长分别减小 39.32% 和 40.84%,主根径分别减小 26.91% 和 22.52%,场地间差异显著。随着浓度升高,屋面紫穗槐根幅和主根长逐渐减小,根幅在多效唑浓度为 200 ~ 400 mg/L 时与对照差异显著,减幅为 25.32% ~ 61.66%。主根长在多效唑浓度为 400 mg/L 时比对照显著减小 36.14%,主根径呈增大的趋势,在多效唑浓度为 200 ~ 400 mg/L 时与对照差异显著,增幅为 14.96% ~ 23.94%。

表 1 不同根系环境下多效唑对紫穗槐叶片和根系形态的影响

根系环境	处理浓度 (mg/L)	叶面积 (cm <sup>2</sup> )	叶片长宽比	根幅 (cm)	主根长 (cm)	主根径 (mm)
沙场	0(CK)	5.39 ± 0.34Aa	2.03 ± 0.09Bc	55.42 ± 5.80Aa	92.94 ± 4.93Aa	10.48 ± 0.51Aa
	100	4.87 ± 0.37Aa	2.11 ± 0.10Ac	47.70 ± 4.21Ab	84.66 ± 5.12Ab	8.86 ± 0.77Ab
	200	4.21 ± 0.36Ab	2.18 ± 0.14Abc	40.98 ± 3.49Ac	76.44 ± 7.25Ac	8.48 ± 0.99Abc
	300	3.49 ± 0.54Ac	2.33 ± 0.23Aab	35.18 ± 3.08Ad	67.56 ± 6.44Ad	8.21 ± 0.76Abc
	400	3.22 ± 0.38Ac	2.41 ± 0.12Aa	30.26 ± 3.16Ad	56.40 ± 3.51Ae	7.66 ± 1.02Ac
渣场	0(CK)	4.25 ± 0.46Ba	2.23 ± 0.11Aa	34.96 ± 2.75Ba	36.78 ± 3.73Ba	8.17 ± 0.20Ba
	100	4.65 ± 0.33Aa	2.25 ± 0.99Aa	32.78 ± 3.17Bab	35.34 ± 1.78Ba	7.52 ± 0.81Bab
	200	4.28 ± 0.35Aa	2.14 ± 0.11Aa	29.38 ± 2.37Bb	32.62 ± 3.53Ba	8.00 ± 0.42Aa
	300	3.33 ± 0.31Bb	2.16 ± 0.17Aa	24.88 ± 3.16Bc	27.24 ± 3.10Bb	6.92 ± 0.78Bbc
	400	3.13 ± 0.40Ab	1.92 ± 0.09Ab	20.28 ± 2.26Bd	21.76 ± 4.09Bc	6.33 ± 0.70Bc
屋面	0(CK)	0.77 ± 0.04Ca	2.16 ± 0.17ABa	25.04 ± 3.37Ca	12.34 ± 1.65Cb	5.68 ± 0.52Cc
	100	0.92 ± 0.32Ba	2.22 ± 0.24Aa	22.46 ± 1.22Ca	15.50 ± 3.16Ca	5.94 ± 0.27Cbc
	200	0.77 ± 0.13Ba	2.25 ± 0.41Aa	18.70 ± 2.39Cb	11.92 ± 3.03Cb	6.53 ± 0.64Bab
	300	0.67 ± 0.17Ca	2.36 ± 0.22Ba	16.42 ± 1.70Cb	9.26 ± 1.26Cbc	6.86 ± 0.31Ba
	400	0.65 ± 0.17Ba	2.40 ± 0.31Ba	9.60 ± 0.85Cc	7.88 ± 1.62Cc	7.04 ± 0.53ABa

注:不同大写字母表示在同一多效唑浓度下的不同根系环境间差异显著( $P < 0.05$ ),不同小写字母表示在同一根系环境下的不同多效唑浓度间差异显著( $P < 0.05$ )。

2.1.4 对生物量和根冠比的影响 从图 2 - B 可以看出,3 种根系环境下多效唑能明显降低紫穗槐的生物量,且浓度越高作用效果越明显,其中,沙场紫穗槐生物量降低至对照的 8.24% ~ 35.02%,渣场降低至对照的 9.77% ~ 41.11%,屋面降低为对照的 17.85% ~ 52.10%。在各处理浓度下,沙场、渣场和屋面生物量均表现出明显差异。由图 3 - A 可见,

随着浓度升高,根冠比不断增大,3 种根系环境间在多效唑浓度为 200 ~ 400 mg/L 时表现出显著差异,在多效唑浓度为 400 mg/L 时,沙场、渣场和屋面根冠比均达到最大值,分别为 1.05、2.05 和 1.48,与各对照相比,增幅分别为 156.1%、144.05%、64.44%。

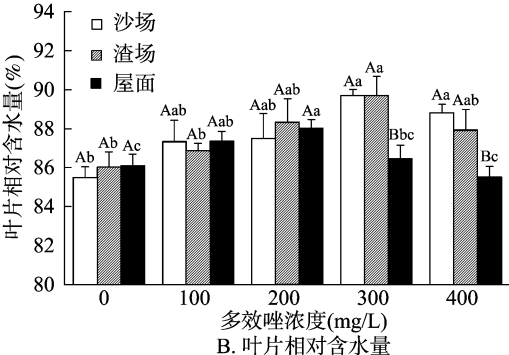
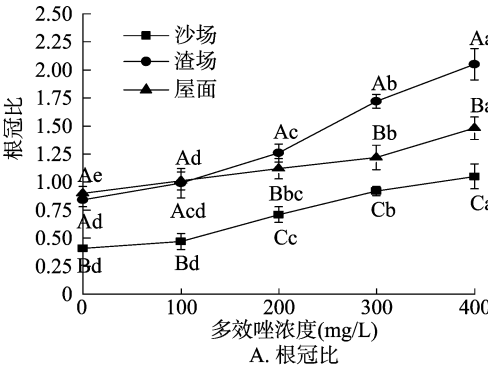


图 3 多效唑对根冠比和叶片相对含水量的影响

2.2 不同根系环境下多效唑对紫穗槐生理特征的影响

2.2.1 对叶片相对含水量的影响 从图 3 - B 可见,多效唑处理后,沙场和渣场紫穗槐叶片相对含水量均高于对照。其中,较低浓度多效唑并未对沙场和渣场产生明显影响,在多效唑浓度为 300 mg/L 与 400 mg/L 时,沙场叶片相对含水量比

对照显著升高,分别为 89.68% 和 88.82%,渣场在多效唑浓度为 300 mg/L 时最高,为 89.70%,与对照差异显著。与沙场和渣场不同,屋面叶片相对含水量随多效唑浓度升高呈先增加后降低的趋势,在 200 mg/L 时达到最大值 88.03%。

2.2.2 对叶片叶绿素含量的影响 由图 4 - A 可见,3 个场

地叶片叶绿素含量具有较一致的变化规律,均随浓度升高而呈升高的趋势,但 3 个场地增幅不同,其中最大的为屋面,其次是沙场,渣场的增幅相对较小,场地间具有显著差异。沙场和屋面在多效唑浓度为 400 mg/L 时叶绿素含量分别达到 3.51 mg/g 和 3.33 mg/g,分别比对照显著升高 83.77% 和 109.43%,渣场在多效唑浓度为 300 mg/L 时达到最大值 3.17 mg/g,比对照显著增大 46.08%。

2.2.3 对叶片 MDA 含量的影响 多效唑处理后,沙场、渣场

和屋面紫穗槐叶片 MDA 含量发生显著变化(图 4-B),分别比对照降低 7.74.16% ~ 36.24%、8.80% ~ 42.19% 和 20.05% ~ 47.56%,处理组间差异显著。同时,沙场、渣场和屋面叶片 MDA 含量分别在 400、300、200 mg/L 时达到最低值 0.051 9、0.038 1、0.020 4  $\mu\text{mol/g}$ 。未进行多效唑处理和多效唑处理后的叶片丙二醛含量均表现为沙场 > 渣场 > 屋面,场地间表现出显著差异。

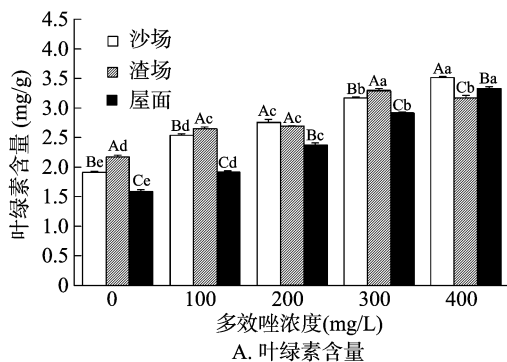
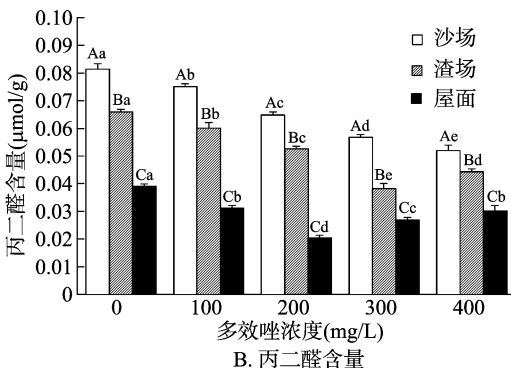


图4 多效唑对叶绿素含量和丙二醛含量的影响



2.2.4 对渗透调节物质含量的影响 从图 5-A 可见,多效唑显著影响紫穗槐叶片可溶性糖含量,3 个场地基本表现为随浓度升高而升高趋势,沙场、渣场、屋面最大增幅分别为 69.52%、51.30%、49.72%。未进行多效唑处理和多效唑处理后的叶片可溶性糖含量表现为渣场高于屋面和沙场,且表现出一定差异,沙场可溶性糖含量最低。多效唑处理后各场地可溶性蛋白含量均高于对照组(图 5-B),沙场可溶性蛋白

含量在多效唑浓度为 300 mg/L 时达到最大值 189.07 mg/g,显著高出对照组含量 31.07%。渣场在多效唑浓度为 400 mg/L 时可溶性蛋白含量最高,为 216.42 mg/g,增幅为 43.23%;屋面在多效唑浓度为 200 mg/L 时可溶性蛋白含量达到最大值 139.54 mg/g,比对照显著增加 13.52%。3 个场地间可溶性蛋白含量表现出明显差异。

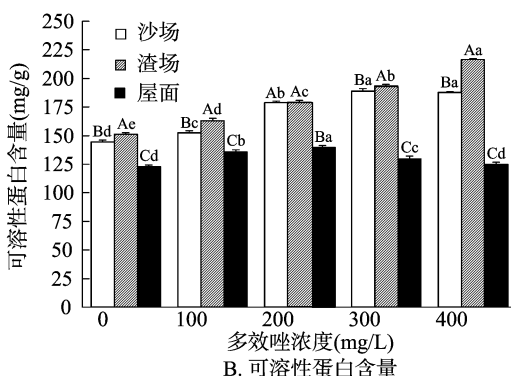
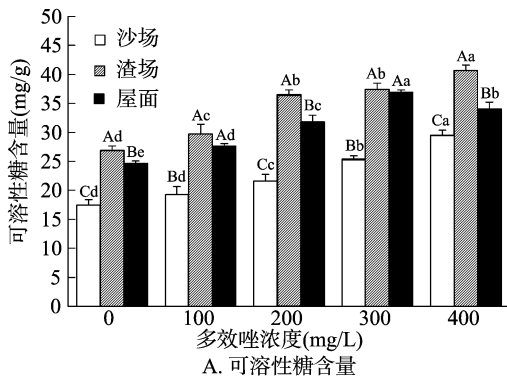


图5 多效唑对渗透调节物质含量的影响

2.3 不同根系环境下多效唑对紫穗槐生长调节效应的综合评价

利用模糊数学隶属函数法对 3 种根系环境下紫穗槐的生长指标进行综合评价,用各项指标隶属度的平均值作为处理效果的综合鉴定标准值,该值越大调节效果越好。表 2 显示,沙场、渣场、屋面的平均隶属函数最大值分别为 0.718、0.619、0.617,因此对沙场、渣场、屋面紫穗槐进行多效唑调控的最佳处理浓度分别为 400、300、200 mg/L。

### 3 结论与讨论

研究表明,多效唑处理对紫穗槐生长具有明显的影响,可使其株高降低,冠幅、基径和叶面积减小,这与其对沙地

柏<sup>[10]</sup>、马樱丹<sup>[11]</sup>、月季<sup>[12]</sup>、秋海棠<sup>[13]</sup>等的的作用类似,基径和叶片长宽比的变化相对较小。多效唑使紫穗槐根幅和主根长均明显减小,生物量降低,生长受到强烈抑制,而使根冠比提高,说明其可调节地上地下生物量分配。Sharma 等研究发现,多效唑可提高植物细胞相对含水量、叶绿素含量以及光合作用速率,缓解环境胁迫对生长和物质积累的胁迫作用<sup>[14]</sup>。紫穗槐叶片相对含水量在多效唑处理后升高,这与王竞红等的结论<sup>[15]</sup>一致。叶绿素含量随浓度升高呈升高的趋势,但 3 个场地增幅不同,其中屋面最大,沙场和渣场相对较小,说明屋面叶绿素含量变化对多效唑的反应较渣场和沙场敏感。细胞内吸收、积累和存储的溶质,如光合作用的低分子量的糖和糖醇,参与了细胞渗透调节<sup>[16]</sup>。沙场、渣场和屋面紫穗槐叶

表 2 不同根系环境下多效唑对紫穗槐调控效果的综合评价

评价指标	隶属函数值														
	沙场多效唑浓度 (mg/L)					渣场多效唑浓度 (mg/L)					屋面多效唑浓度 (mg/L)				
	0	100	200	300	400	0	100	200	300	400	0	100	200	300	400
株高	0.000	0.150	0.409	0.708	1.000	0.355	0.000	0.214	0.607	1.000	0.779	1.000	0.635	0.236	0.000
冠幅	0.000	0.201	0.554	0.917	1.000	0.492	0.000	0.235	0.569	1.000	0.728	1.000	0.573	0.165	0.000
基径	0.631	1.000	0.485	0.373	0.000	0.547	0.000	0.73	0.360	0.000	0.000	0.304	0.601	1.000	0.899
叶片长宽比	0.000	0.240	0.395	0.789	1.000	0.939	1.000	0.667	0.727	0.000	0.444	0.250	0.375	0.833	1.000
叶面积	0.000	0.211	0.544	0.876	1.000	0.737	1.000	0.757	0.132	0.000	0.000	1.000	0.444	0.074	0.000
根幅	1.000	0.693	0.426	0.196	0.000	1.000	0.851	0.620	0.313	0.000	1.000	0.833	0.589	0.442	0.000
主根长	1.000	0.773	0.548	0.305	0.000	1.000	0.904	0.723	0.365	0.000	0.585	1.000	0.530	0.181	0.000
主根径	1.000	0.426	0.291	0.195	0.000	1.000	0.647	0.908	0.321	0.000	0.000	0.191	0.625	0.868	1.000
生物量	0.000	0.235	0.480	0.746	1.000	0.000	0.238	0.512	0.755	1.000	0.000	0.343	0.466	0.843	1.000
根冠比	0.000	0.094	0.468	0.797	1.000	0.000	0.124	0.347	0.727	1.000	0.000	0.190	0.379	0.552	1.000
叶片相对含水量	0.000	0.442	0.477	1.000	0.795	0.000	0.223	0.630	1.000	0.519	0.231	0.733	1.000	0.378	0.000
叶绿素含量	0.000	0.394	0.531	0.788	1.000	0.000	0.425	0.460	1.000	0.885	0.000	0.190	0.448	0.764	1.000
丙二醛含量	0.000	0.214	0.559	0.834	1.000	0.000	0.209	0.478	1.000	0.773	0.000	0.422	1.000	0.654	0.476
可溶性糖含量	0.000	0.143	0.345	0.664	1.000	0.000	0.181	0.430	0.650	1.000	0.000	0.758	1.000	0.421	0.135
可溶性蛋白含量	0.000	0.186	0.772	1.000	0.975	0.000	0.199	0.696	0.762	1.000	0.000	0.245	0.584	1.000	0.764
平均	0.242	0.360	0.486	0.679	0.718	0.405	0.400	0.560	0.619	0.545	0.251	0.564	0.617	0.561	0.485
排序	5	4	3	2	1	4	5	2	1	3	5	2	1	3	4

片可溶糖含量明显提高,这与 Hua 等研究发现多效唑可提高油菜根、茎、叶和芽可溶性总糖含量结果<sup>[17]</sup>相一致。可溶性蛋白含量也明显提高,增加了植物体内可溶性有机物质的积累,改善了植株水分状况和维持细胞膨压,为正常生命活动创造条件<sup>[18]</sup>。MDA 含量通常可用来表征植物细胞膜过氧化程度<sup>[19]</sup>,多效唑处理后紫穗槐叶片 MDA 含量显著下降,说明多效唑可提高紫穗槐抗膜脂过氧化水平,以减轻膜系统受害程度,这与刘晓青等研究结果<sup>[20]</sup>相一致。多效唑通过调整紫穗槐植株形态、改善地上部分与地下根系分配比,实现生物减量,减少水分、养分的需求和消耗,提升场地整体绿化效果,提高对有限生境资源的利用效率。同时,有效促进光合产物积累,明显提高渗透调节和抗膜脂过氧化能力,降低植物损伤,提高环境适应性,有利于实现植物的安全生长和形态建成。

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调节剂的敏感程度有差异,调节剂受不同环境条件的影响,其作用效果也不尽相同。经综合评价,多效唑对沙场、渣场和屋面紫穗槐的最佳调控浓度分别为 400、300、200 mg/L,此结论可为多效唑在实际植被恢复建设中的应用提供现实参考依据。因此,在进行调控时,需要考虑不同根系环境的差异,因地制宜地选择使用浓度和用量,提高植物适应性,保护植物的生态功能和景观功能,防止因施用过度造成植物损伤以及多效唑在植物体内和土壤中残留超标而引起环境污染。灌木生长状况因立地条件不同而存在一定差异<sup>[21]</sup>,不同根系环境下紫穗槐的生长存在较大差异,沙场长势最好,渣场次之,屋面最弱,屋面与前面 2 种立地类型差异明显。这可能是因为沙场和渣场根系环境较为稳定,而屋面环境易随水热条件变化而波动,同时根域受到限制,植物的生长发生变动甚至表现出衰减,但具体影响因子及影响程度需进一步探讨与分析<sup>[22]</sup>。本试验仅研究了沙场、渣场和混凝土屋面这 3 种典型植被恢复环境下多效唑对紫穗槐的调节效应,对实际中其他根系环境下多效唑对紫穗槐的影响还需要进一步研究。

参考文献:

[1] 杨金燕,杨 锴,田丽燕,等. 我国矿山生态环境现状及治理措施[J]. 环境科学与技术,2012(增刊 2):182-188.

[2] 方 文,潘声旺,何 平,等. 先锋种丰富度对边坡植被的群落特征及其护坡效益的影响[J]. 生态学报,2015,35(11):3653-3662.

[3] Rademacher W, Fritsch H, Graebe J E, et al. Tetcyclacis and triao le - type plant growth retardants; their influence on the biosynthesis of gibberellins and other metabolic process [J]. Pesticide Science, 1987,21(4):241-252.

[4] Trai I, Mihalik E. Comparison of the effects of white light and the growth retardant paclobutrazol on the ethylene production in bean hypocotyls[J]. Plant Growth Regulation,1998,24(1):67-72.

[5] Wilhelm R. Growth retardants; effects on gibberellins biosynthesis and other metabolic pathways[J]. Annual Review of Plant Biology,2004,51(51):501-531.

[6] 游 鸯,汪 天. 多效唑作用及应用研究进展(综述)[J]. 亚热带植物科学,2013(4):361-366.

[7] 赵宗方,凌裕平,吴小骏,等. 多效唑对桃树生长发育和叶片矿质元素含量的影响[J]. 江苏农学院学报,1998(1):29-41.

[8] 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,2006:118-283.

[9] 李 力,刘玉民,王 敏,等. 3 种北美红枫对持续高温干旱胁迫的生理响应机制[J]. 生态学报,2014,34(22):6471-6480.

[10] 李 芸,虞 毅,汤 锋,等. 多效唑对 2 年生沙地柏生长和生理特征的影响研究[J]. 干旱区资源与环境,2015,29(6):110-116.

[11] Matsoukis A, Gasparatos D, Chronopoulou - SereIi A. Environmental conditions and drenched - applied paclobutrazol effects on lantana specific leaf area and N,P,K, and Mg content[J]. Chilean Journal of Agricultural Research,2014,74(1):117-122.

[12] 武荣花,李 勇,王 升,等. 植物生长延缓剂对盆栽月季生长发育的影响[J]. 西北植物学报,2012,32(4):767-773.

张家春,张珍明,刘盈盈,等. 黔产玄参土壤微量元素及与玄参品质相关性研究[J]. 江苏农业科学,2018,46(20):157-160.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.20.040

# 黔产玄参土壤微量元素及与玄参品质相关性研究

张家春<sup>1</sup>, 张珍明<sup>2</sup>, 刘盈盈<sup>2</sup>, 孙超<sup>3</sup>, 李青<sup>2,4</sup>

(1. 贵州省植物园, 贵州贵阳 550004; 2. 贵州省生物研究所, 贵州贵阳 550009;  
3. 贵州科学院, 贵州贵阳 550001; 4. 贵州科学院草海生态站, 贵州威宁 553100)

**摘要:**以黔产玄参土壤及玄参植株为研究对象,通过野外调查与室内分析相结合的方法,对黔产玄参土壤及玄参植株微量元素、玄参品质进行检测,讨论分析微量元素与玄参品质的相关关系,以期为玄参的优质生产提供科学依据。结果表明,玄参种植土壤中各微量元素含量表现为  $Fe > Mn > Zn > Ni > Co > Mo$ ,块根中各微量元素含量表现为  $Fe > Zn > Mn > Ni > Mo > Co$ ,子芽、秆及叶片中各微量元素含量规律相同,为  $Fe > Mn > Zn > Ni > Co > Mo$ ;块根中哈巴昔平均含量为 0.728%,哈巴俄昔平均含量为 0.056%,哈巴昔和哈巴俄昔总含量平均值为 0.748%,高于《中华人民共和国药典》中所规定的标准值。哈巴昔与玄参块根中无机元素间相关性不显著,哈巴俄昔与玄参块根中 Ni 呈显著相关性。

**关键词:**黔产;玄参;土壤;微量元素;品质;相关性

**中图分类号:** S567.21<sup>+</sup>9.06; S153.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)20-0157-04

玄参(*Scrophularia ningpoensis* Hemsl.)为玄参科一年生草本植物,是传统常用大宗中药材之一,具有凉血滋阴、清热

收稿日期:2017-06-04

基金项目:贵州省高层次创新型人才培养项目(编号:黔科合平台人才[2016]5666);贵州省科技创新人才团队建设项目(编号:黔科合人才团队[2015]4012号);贵州省中药现代化科技产业研究开发专项(编号:黔科合 SY 字[2014]3027-3号);贵州省省院合作项目(编号:黔科合院地合[2013]7002);贵州省社发攻关项目(编号:黔科合 SY[2013]3152号);贵州省科技厅社发攻关项目(编号:黔科合 SY 字[2013]3157号);贵州省科技厅国际省校区域合作协议项目(编号:黔科合省院合[2014]7002号);贵州省基金(编号:黔科合 SY 字[2012]2244)。

作者简介:张家春(1986—),男,福建三明人,硕士,助理研究员,主要从事土壤肥力与作物生产研究。E-mail: zhangjiachun198806@163.com。

通信作者:李青,助理研究员,主要从事生物资源保护与利用研究。E-mail: han-sen@163.com。

解毒的功效,用于治疗热病伤阴、津伤便秘、目赤、咽痛等症状<sup>[1]</sup>,以干燥的块根为入药部位。玄参含有的有机化学成分种类丰富,主要包括环烯醚萜、苯丙素苷、有机酸及挥发油等<sup>[2]</sup>。近年来,对玄参化学成分及药理作用等研究不断深入,玄参在中医药界和保健品行业的用量也逐年增加<sup>[3-4]</sup>,人工栽培种植已经成为玄参的主要商品来源。

土壤是中药材生长的基础,土壤养分和水分制约着中药材的产量与品质。目前,关于玄参的研究更多集中于玄参种质资源、化学成分、药理作用及产地初加工等方面<sup>[5-8]</sup>,但关于玄参土壤状况的研究较少,特别是玄参土壤微量元素及与玄参品质的相关性研究尚未见报道。中药材的化学成分包含有机化学成分和微量元素等无机成分,而且中药材的药效与其用药部位中微量元素含量多少密切相关<sup>[9]</sup>,而植物中微量元素含量的多少与土壤微量元素含量有着密切相关性<sup>[10-12]</sup>。因此,本研究以贵州省玄参种植面积最大的区域道真自治县为研究区域,对黔产玄参种植土壤和玄参植株(块根、子芽、叶、秆)中的微量元素含量进行调查,并探讨玄参产地土壤微

- [13] Yayat R S, Ramadhani R, Jajang S. H. Paclobutrazol application and shading levels effect to the growth and quality of begonia (*Begonia rex - cultorum*) cultivar Marmaduke[J]. Asian Journal of Agriculture and Rural Development, 2013, 3(8): 566-575.
- [14] Sharma D K, Dubey A K, Srivastav M, et al. Effect of putrescine and paclobutrazol on growth physiochemical parameters, and nutrient acquisition of salt - sensitive citrus rootstock *Karna khatta* (*Citrus karna* Raf.) under NaCl stress [J]. Journal of Plant Growth Regulation, 2011, 30(3): 301-311.
- [15] 王竞红, 刘素欣, 王非, 等. 多效唑对不同生境多年生黑麦草抗旱性的影响[J]. 草业科学, 2016, 33(5): 926-934.
- [16] Meinzer F, Brooks J, Domec J C, et al. Dynamics of water transport and storage in conifers studied with deuterium and heat tracing techniques[J]. Plant Cell Environ, 2006, 29(1): 105-114.
- [17] Hua S, Zhang Y, Yu H, et al. Paclobutrazol application effects on

plant height, seed yield and carbohydrate metabolism in canola[J]. International Journal of Agriculture and Biology, 2014, 16(3): 471-479.

- [18] 尹丽, 刘永安, 谢财永, 等. 干旱胁迫与施氮对麻疯树幼苗渗透调节物质积累的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(3): 632-638.
- [19] 刘强, 柳正威, 龙婉婉, 等. 芒萁、玉米对酸铝胁迫生理响应的比较[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(2): 65-69.
- [20] 刘晓青, 苏家乐, 李畅, 等. 多效唑喷雾对盆栽杜鹃株型控制及抗性的效应[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(11): 192-194.
- [21] 王英宇, 宋桂龙, 孟强, 等. 不同立地条件下野生荆条与胡枝子根系生长特性的比较研究[J]. 水土保持通报, 2010, 30(4): 94-98.
- [22] 何丽, 张金, 杜彦斌, 等. 栽培因子对胡麻天亚 9 号产量的影响[J]. 应用生态学报, 2016, 27(2): 462-468.