

# 叶面喷施生长延缓剂对多年生黑麦草 生长及生理的影响

张馨馨,刘璐,陆妮,王婧,刘骐华,王慧慧,柴琦

(兰州大学 农业农村部草牧业创新重点实验室,兰州大学草地农业教育部工程研究中心/草地  
农业科技学院,甘肃 兰州 730020)

**摘要:**为明确植物生长延缓剂对草坪草生长及生理特性的影响,以多年生黑麦草(*Lolium perenne*) 绅士品种为材料,设置不同浓度梯度的乙烯利(200、500、1 000、1 200、1 500 mg/L)、多效唑(50、100、250、500、800 mg/L)和矮壮素(将50%矮壮素水剂分别稀释1 000、750、500、200、100倍)进行叶面喷施,测定不同处理下多年生黑麦草的株高、叶面积、叶长、叶宽、叶绿素含量、脯氨酸含量、根系活力等指标。结果表明:3种植物生长延缓剂均能不同程度地抑制多年生黑麦草株高、叶面积和叶长的增长,同时大幅增加脯氨酸含量和根系活力。多效唑对多年生黑麦草生长和生理特性的影响较乙烯利和矮壮素明显,且500 mg/L的多效唑在所有处理中效果最佳,是矮化草坪,提高草坪抗性的最佳延缓剂浓度。

**关键词:**多年生黑麦草;乙烯利;多效唑;矮壮素;生理生长特性

**中图分类号:**S482.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2020)04-0047-07

**DOI:** 10.13817/j.cnki.cyycp.2020.04.008

植物生长延缓剂(plant growth retardant, PGR)是人工合成的、可以矮化植株、使植物抗性增强的一类化学物质<sup>[1]</sup>,主要通过控制植株体内赤霉素的合成发生作用<sup>[2]</sup>。大量研究表明植物生长延缓剂能够抑制植物生长,增强抗性,同时增强观赏效果。WANG Xiaoying等<sup>[3]</sup>研究表明使用抗倒酯能够有效延缓早熟禾生长,在保证其良好质量的同时减少修剪次数。范娜等<sup>[4]</sup>研究表明高粱在喷施矮壮素、乙烯利、多效唑、矮脚虎4种植物生长延缓剂后,植株变矮,提高了群体整齐度。陈蔚辉等<sup>[5]</sup>研究表明多效唑、比久和6-苄基腺嘌呤3种植物生长延缓剂都可以抑制大叶红草株高、叶长、叶宽的增长。刘洪见等<sup>[6]</sup>研究表明施用矮壮素和6-苄基腺嘌呤可以明显增加石竹的根冠比和叶绿素

含量,且根系生长良好。

多年生黑麦草(*Lolium perenne*)为禾本科多年生黑麦草属草坪草,广泛分布于温带地区<sup>[7]</sup>。其生长速度快,在我国北方地区草坪建植中常与草地早熟禾、紫羊茅混播,作为先锋保护草种<sup>[8]</sup>。多年生黑麦草质地柔软,色泽深绿发亮,耐践踏,成坪速度快<sup>[9]</sup>,是建植草坪的重要草种。但由于生长速度快,经常需要修剪,养护管理费用高。草坪养护管理费用中约60%用于修剪,使得草坪养护管理成本高,出现由于管理费用不足而疏于管理,致使草坪质量下降、使用寿命缩短的现象<sup>[10]</sup>。针对该问题,为减少频繁修剪给草坪带来的伤害和管理费用的增加,国内外学者提出对草坪进行化学修剪。即通过使用一些化学物质,延缓其生长速度,减少生长季内的修剪次数,同时提高草坪质量和抗性,从而大大降低养护管理费用。本试验利用不同浓度的乙烯利、多效唑和矮壮素3种植物生长延缓剂对盆栽多年生黑麦草进行叶面喷施,通过研究不同处理对株高、叶宽、叶长、叶面积、叶绿素含量、脯氨酸含量、根系活力的影响,筛选出综合效果最理想的药剂及施用浓度,为采用激素调控草坪草生长提供理论依据和技术支持。

收稿日期:2019-11-06; 修回日期:2020-07-26

基金项目:2017 N-应用基础研究-农业与社发-民生与社会事业及公众健康-“南通耐盐碱草种评定与筛选”项目(MS12017019-2)

作者简介:张馨馨(1996-),女,甘肃武威人,在读硕士。

E-mail:zhangxx2019@lzu.edu.cn

柴琦为通讯作者。E-mail:chaiqi@lzu.edu.cn

## 1 材料和方法

### 1.1 供试材料

供试草种为多年生黑麦草品种绅士,由北京猛犸种业有限公司提供。15%多效唑可湿性粉剂和50%矮壮素水剂,由四川省兰月科技有限公司提供。40%乙烯利水剂,由江苏安邦电化有限公司提供。

### 1.2 试验方法

3种生长延缓剂各设置5个浓度梯度,乙烯利: $E_I:200\text{ mg/L}, E_{II}:500\text{ mg/L}, E_{III}:1\ 000\text{ mg/L}, E_{IV}:1\ 200\text{ mg/L}, E_V:1\ 500\text{ mg/L}$ ;多效唑: $P_I:50\text{ mg/L}, P_{II}:100\text{ mg/L}, P_{III}:250\text{ mg/L}, P_{IV}:500\text{ mg/L}, P_V:800\text{ mg/L}$ ;矮壮素 $C_I, C_{II}, C_{III}, C_{IV}, C_V$ ,分别将50%矮壮素水剂稀释1000、750、500、200、100倍。清水处理作为空白对照(CK)。试验共设16个处理,每个处理均重复4次。

试验在兰州大学草地农业科技学院进行,2019年6月28日采用盆栽法进行播种,将多年生黑麦草播种于盛有基质的PVC管中(直径10 cm,高30 cm),施加磷酸氢二铵,共64盆。置于室外阳光充足且不受干扰的地方,每天定量浇水并有序调换位置,确保生长条件一致。出苗20 d后,对多年生黑麦草进行留茬5 cm的修剪,修剪2 d后按照 $1\text{ L/m}^2$ 的量叶面喷施不同浓度的植物生长延缓剂,喷施2 d后浇水。

### 1.3 指标测定

分别在喷药开始的第0、7和14 d,采新鲜植株叶片,测定多年生黑麦草株高、叶绿素含量、叶面积、叶宽和叶长等指标。14 d时测定多年生黑麦草的根系活力和叶片脯氨酸含量。株高采用自然高度法,每处理选取10株黑麦草进行测定,叶绿素含量采用丙酮乙醇法<sup>[11]</sup>,脯氨酸含量采用磺基水杨酸-酸性茚三酮法<sup>[12]</sup>,根系活力采用TTC法<sup>[13]</sup>。叶面积、叶宽、叶长采用仪器扫描,每处理随机选取10片生长均匀一致的叶片,用HP. C7717 Singaporean仪器进行扫描,Delta-TSCAN分析系统分析。

### 1.4 数据分析

采用Microsoft Excel 2010进行数据统计与制图,采用IBM SPSS Statistics 23.0统计软件进行显著性(SSR)Duncan分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 叶面喷施植物生长延缓剂对多年生黑麦草生长特性的影响

2.1.1 叶面喷施植物生长延缓剂对多年生黑麦草株高的影响 叶面喷施乙烯利、多效唑和矮壮素对多年生黑麦草株高的增长都有延缓作用(图1~3),喷施后14 d的平均株高较7 d时分别增长了15.1%、3.9%、14.8%,7 d时的平均株高较0 d时分别增长了65.9%、83.2%、82.1%,14 d时的增长幅度明显较7 d时小,说明喷施生长延缓剂对多年生黑麦草的生长有明显的延缓作用。 $E_V, P_V, C_V$ 处理下,7 d到14 d的株高增长幅度都明显较同一药剂内其它处理低,多效唑甚至出现负增长。多效唑的矮化作用较乙烯利和矮壮素强,随着多效唑和矮壮素浓度的增加,株高呈减小趋势。但多效唑最大浓度时,即800 mg/L时,株高反而增加,3次测量的总株高高于250、500 mg/L两处理浓度。多效唑在 $P_{IV}$ 处理下,总株高最低,较对照总株高降低了25.8%,矮壮素稀释100倍时,三次测量的总株高最低,较对照总株高降低了11.3%。乙烯利浓度为500 mg/L时,总株高较对照明显降低了13.4%。

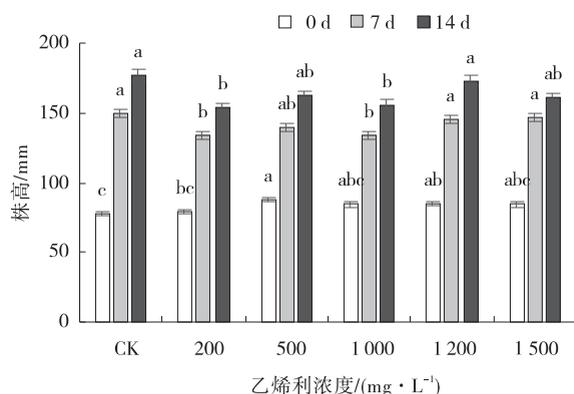


图1 乙烯利处理下多年生黑麦草的株高

Fig. 1 Plant height of perennial ryegrass treated with ethephon

注:不同小写字母表示不同次测量不同浓度处理之间差异显著( $P < 0.05$ ),下图同

2.1.2 叶面喷施植物生长延缓剂对多年生黑麦草叶片的影响 3种植物生长延缓剂对多年生黑麦草叶面积的扩大均有明显抑制作用,随着药剂浓度的增加,3次测量的叶面积均呈逐渐减小的趋势(表1~3)。喷施多效唑对多年生黑麦草叶面积的抑制作用较乙烯利和矮壮素明显,且多效唑同一次不同浓度处理间差异

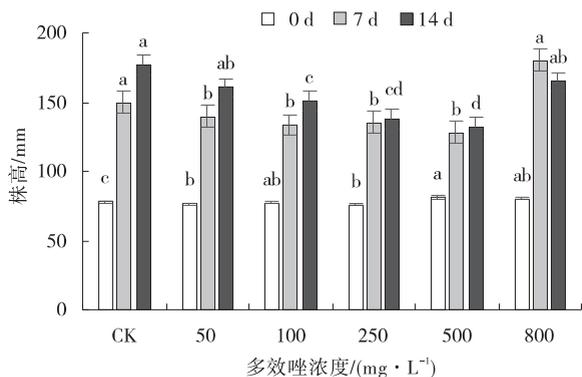


图 2 多效唑处理下多年生黑麦草的株高

Fig. 2 Plant height of perennial ryegrass treated with paclobutrazol

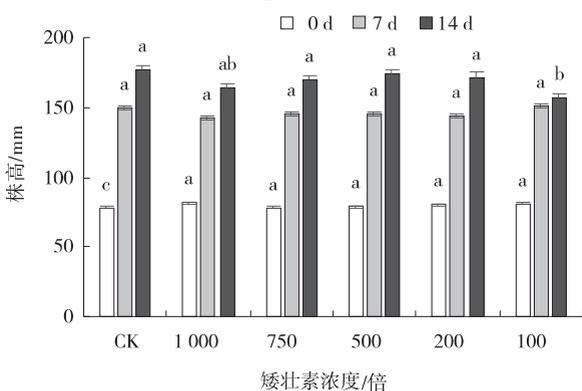


图 3 矮壮素处理下多年生黑麦草的株高

Fig. 3 Plant height of perennial ryegrass treated with chlormequat

显著 ( $P < 0.05$ )。乙烯利的 E<sub>III</sub> 处理, 14 d 的总叶面积最小, 为 276.3 mm<sup>2</sup>; 500 mg/L 和 800 mg/L 的多效唑均能明显抑制多年生黑麦草叶面积的增加, 总叶面积较对照分别降低了 48.1% 和 49.9%; 矮壮素稀释 100 倍时的抑制作用较其它浓度强。不同浓度生长延缓剂处理下, 喷药后 14 d 内多年生黑麦草叶宽均无明显变化, 但都有减小趋势。叶长也受到抑制, 且随着 3 种药剂浓度的增加, 抑制作用趋于显著。多效唑对叶长的抑制作用最强, 随着多效唑浓度的增加, 叶长逐渐减小, 14 d 时, 500 mg/L 和 800 mg/L 的多效唑对叶长抑制作用最明显, 叶长较对照分别降低了 42.7%、44.5%; 除 E<sub>V</sub> 处理外, 喷药 7 d 后所有处理的叶长均小于对照, E<sub>V</sub> 的叶长在所有不同浓度乙烯利处理中明显较小, 与空白对照相比减小了 24.5%; 矮壮素稀释 100 倍时, 总叶长较对照减小了 30.4%。

## 2.2 叶面喷施植物生长延缓剂对多年生黑麦草生理特性的影响

### 2.2.1 对叶绿素含量的影响

乙烯利、多效唑和矮壮素处理下多年生黑麦草的叶绿素含量变化均不显著。E<sub>V</sub>、P<sub>V</sub> 和 C<sub>V</sub> 处理下, 3 次测量的总叶绿素含量均较小于对照(图 4~6)。除 E<sub>I</sub>、P<sub>I</sub>、P<sub>V</sub>、C<sub>I</sub>、C<sub>IV</sub> 和 C<sub>V</sub> 外, 其余处理 7~14 d 叶绿素含量增幅均较小, E<sub>III</sub>、E<sub>V</sub> 甚至出现负增长。200mg/L 的乙烯利处理下, 14d 时叶

表 1 乙烯利处理下多年生黑麦草叶片的形态指标

Table 1 Changes of perennial ryegrass leaves treated with ethephon

处理	叶面积/mm <sup>2</sup>			叶宽/mm <sup>2</sup>			叶长/mm		
	0 d	7 d	14 d	0 d	7 d	14 d	0 d	7 d	14 d
CK	216.97 <sup>b</sup>	266.68 <sup>a</sup>	369.52 <sup>a</sup>	3.643 7 <sup>a</sup>	3.205 9 <sup>a</sup>	2.806 6 <sup>ab</sup>	128.44 <sup>b</sup>	191.55 <sup>a</sup>	251.35 <sup>a</sup>
E I	249.96 <sup>ab</sup>	258.03 <sup>a</sup>	284.52 <sup>b</sup>	3.645 4 <sup>a</sup>	2.756 1 <sup>a</sup>	2.447 5 <sup>b</sup>	145.98 <sup>ab</sup>	197.26 <sup>a</sup>	228.01 <sup>ab</sup>
E II	263.71 <sup>a</sup>	281.57 <sup>a</sup>	290.86 <sup>b</sup>	3.345 3 <sup>ab</sup>	3.079 0 <sup>a</sup>	2.507 7 <sup>ab</sup>	168.11 <sup>ab</sup>	193.13 <sup>a</sup>	217.69 <sup>ab</sup>
E III	276.38 <sup>a</sup>	275.22 <sup>a</sup>	276.33 <sup>b</sup>	3.094 9 <sup>ab</sup>	2.858 6 <sup>a</sup>	2.583 5 <sup>ab</sup>	181.37 <sup>a</sup>	198.19 <sup>a</sup>	206.40 <sup>ab</sup>
E IV	246.66 <sup>ab</sup>	277.70 <sup>a</sup>	303.73 <sup>b</sup>	3.508 1 <sup>ab</sup>	2.8915 <sup>a</sup>	3.013 7 <sup>a</sup>	144.12 <sup>b</sup>	195.37 <sup>a</sup>	195.57 <sup>ab</sup>
E V	250.26 <sup>ab</sup>	257.11 <sup>a</sup>	284.1 <sup>b</sup>	2.951 2 <sup>b</sup>	3.264 2 <sup>a</sup>	2.867 3 <sup>ab</sup>	180.38 <sup>a</sup>	163.03 <sup>a</sup>	189.77 <sup>b</sup>

注: 每一列中不同小写字母代表相同测量时间, 不同浓度处理间差异显著 ( $P < 0.05$ ), 下表同

表 2 多效唑处理下多年生黑麦草叶片的形态指标

Table 2 Changes of perennial ryegrass leaves treated with paclobutrazol

处理	叶面积/mm <sup>2</sup>			叶宽/mm			叶长/mm		
	0 d	7 d	14 d	0 d	7 d	14 d	0 d	7 d	14 d
CK	216.97 <sup>b</sup>	266.68 <sup>ab</sup>	369.52 <sup>a</sup>	3.6437 <sup>a</sup>	3.205 9 <sup>a</sup>	2.806 6 <sup>ab</sup>	128.44 <sup>b</sup>	191.66 <sup>a</sup>	251.35 <sup>a</sup>
P I	245.46 <sup>a</sup>	296.42 <sup>a</sup>	279.10 <sup>b</sup>	3.0131 <sup>ab</sup>	2.947 4 <sup>a</sup>	2.9831 <sup>a</sup>	169.19 <sup>ab</sup>	207.28 <sup>a</sup>	186.92 <sup>b</sup>
P II	238.43 <sup>ab</sup>	280.07 <sup>ab</sup>	249.85 <sup>bc</sup>	2.719 9 <sup>ab</sup>	2.729 1 <sup>a</sup>	2.8291 <sup>a</sup>	169.32 <sup>ab</sup>	191.94 <sup>a</sup>	177.16 <sup>b</sup>
P V	218.85 <sup>ab</sup>	261.97 <sup>ab</sup>	245.38 <sup>bc</sup>	2.507 6 <sup>ab</sup>	2.542 9 <sup>a</sup>	2.6269 <sup>a</sup>	170.27 <sup>ab</sup>	199.81 <sup>a</sup>	168.42 <sup>bc</sup>
P IV	223.83 <sup>ab</sup>	246.46 <sup>b</sup>	191.69 <sup>c</sup>	2.922 2 <sup>ab</sup>	2.586 2 <sup>a</sup>	2.7718 <sup>a</sup>	197.06 <sup>a</sup>	210.51 <sup>a</sup>	144.03 <sup>cd</sup>
P V	226.80 <sup>ab</sup>	244.13 <sup>b</sup>	185.21 <sup>c</sup>	2.445 6 <sup>b</sup>	2.542 5 <sup>a</sup>	2.7872 <sup>a</sup>	160.35 <sup>ab</sup>	203.66 <sup>a</sup>	139.54 <sup>d</sup>

表3 矮壮素处理下多年生黑麦草叶片的形态指标

Table 3 Changes of perennial ryegrass leaves treated with chlormequat

处理	叶面积/mm <sup>2</sup>			叶宽/mm			叶长/mm		
	0 d	7 d	14 d	0 d	7 d	14 d	0 d	7 d	14 d
CK	216.97 <sup>c</sup>	266.68 <sup>a</sup>	369.52 <sup>a</sup>	3.643 7 <sup>a</sup>	3.205 9 <sup>a</sup>	2.806 6 <sup>ab</sup>	128.44 <sup>b</sup>	191.66 <sup>b</sup>	251.35 <sup>a</sup>
C I	240.88 <sup>abc</sup>	274.31 <sup>a</sup>	298.21 <sup>b</sup>	3.457 8 <sup>a</sup>	2.815 2 <sup>abc</sup>	2.642 8 <sup>b</sup>	144.10 <sup>b</sup>	243.80 <sup>ab</sup>	217.28 <sup>b</sup>
C II	239.8 <sup>abc</sup>	289.89 <sup>a</sup>	289.64 <sup>b</sup>	3.189 6 <sup>a</sup>	3.001 0 <sup>ab</sup>	3.099 8 <sup>a</sup>	158.43 <sup>b</sup>	231.4 <sup>ab</sup>	177.15 <sup>c</sup>
C III	262.89 <sup>a</sup>	301.26 <sup>a</sup>	300.15 <sup>b</sup>	2.687 4 <sup>b</sup>	2.843 5 <sup>abc</sup>	2.917 6 <sup>ab</sup>	211.66 <sup>a</sup>	243.51 <sup>ab</sup>	200.91 <sup>bc</sup>
C IV	249.84 <sup>ab</sup>	301.52 <sup>a</sup>	270.99 <sup>b</sup>	2.316 4 <sup>b</sup>	2.335 7 <sup>c</sup>	2.605 9 <sup>b</sup>	220.06 <sup>a</sup>	305.29 <sup>a</sup>	193.35 <sup>bc</sup>
C V	229.02 <sup>bc</sup>	303.67 <sup>a</sup>	259.34 <sup>b</sup>	2.445 6 <sup>b</sup>	2.542 5 <sup>bc</sup>	2.787 2 <sup>ab</sup>	196.55 <sup>a</sup>	268.27 <sup>ab</sup>	174.86 <sup>c</sup>

绿素含量较其余乙烯利处理的大,叶绿素含量为 1.5 mg/g;50 mg/L 的多效唑对叶绿素的增加量较其他浓度的多,总叶绿素含量与对照相比增加了 11.1%, $P_V$  处理下多年生黑麦草的总叶绿素含量较其他浓度的低。

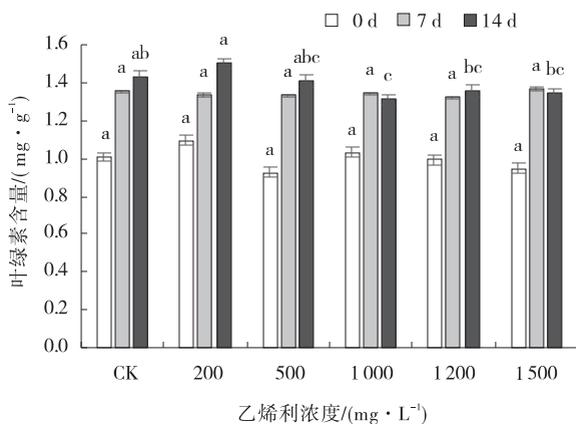


图4 乙烯利处理下多年生黑麦草的叶绿素含量

Fig. 4 Chlorophyll content of perennial ryegrass

treated with ethephon

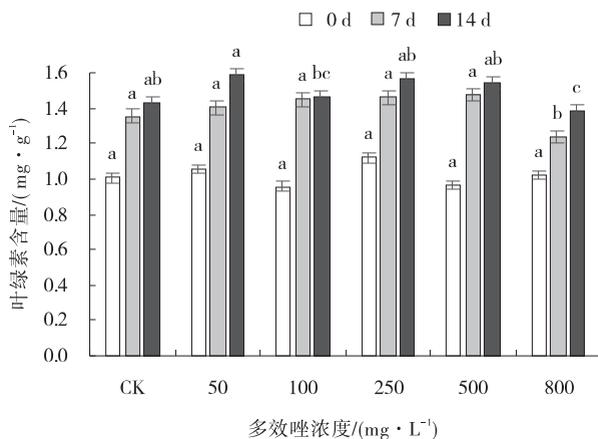


图5 多效唑处理下多年生黑麦草的叶绿素含量

Fig. 5 Chlorophyll content of perennial ryegrass

treated with paclobutrazol

2.2.2 对脯氨酸含量的影响 乙烯利、多效唑和矮壮素均可增加多年生黑麦草中的脯氨酸含量,增强多年

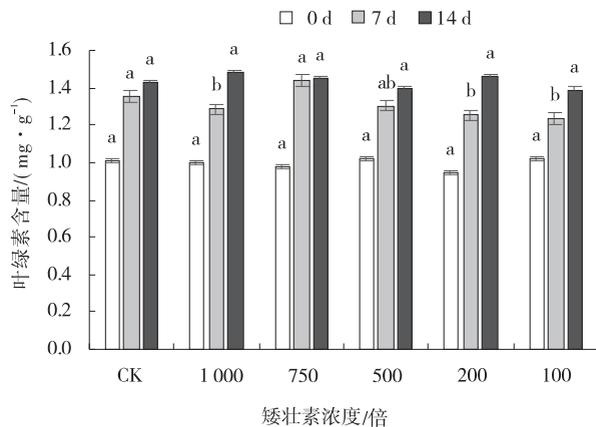


图6 矮壮素处理下多年生黑麦草的叶绿素含量

Fig. 6 Chlorophyll content of perennial ryegrass

treated with chlormequat

生黑麦草抵抗不良环境的能力,但脯氨酸含量在每种药剂不同浓度间差异不显著( $P>0.05$ )。E<sub>III</sub>、P<sub>III</sub>、C<sub>III</sub> 处理下脯氨酸含量都急剧降低,之后又有所增加(图7)。多效唑处理较乙烯利和矮壮素明显,乙烯利各处理脯氨酸含量均较低,且随着乙烯利浓度的增加,多年生黑麦草中脯氨酸含量先减小后增加,E<sub>V</sub> 处理脯氨酸

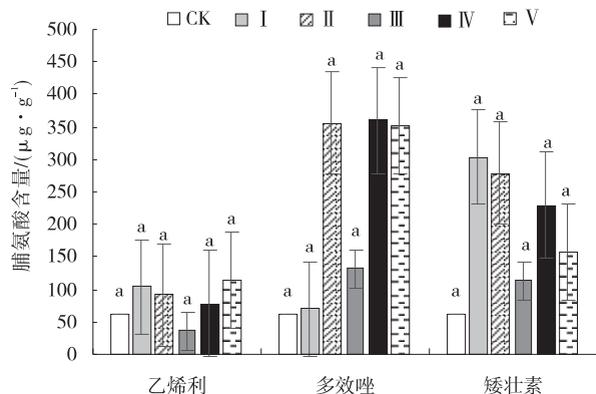


图7 植物生长延缓剂处理下多年生黑麦草的脯氨酸含量

Fig. 7 Proline content of perennial ryegrass treated

with plant growth retardant

注:不同小写字母表示每种药剂不同浓度间差异显著( $P<0.05$ ),下同

含量最大,与对照相比增加了45.1%,1 000 mg/L时,脯氨酸含量最小,为36.8  $\mu\text{g/g}$ ;多效唑处理可大幅增加多年生黑麦草中脯氨酸的含量,浓度为100 mg/L和500 mg/L时,脯氨酸含量较其他处理的高,分别为356.3和360.28  $\mu\text{g/g}$ ;但随着矮壮素浓度的增加,多年生黑麦草中脯氨酸的含量逐渐减小,浓度为 $C_{III}$ 时多年生黑麦草中脯氨酸含量较其他浓度的小,为112.7  $\mu\text{g/g}$ , $C_I$ 处理下多年生黑麦草中脯氨酸含量较其他浓度的高,为302.6  $\mu\text{g/g}$ 。

2.2.3 对根系活力的影响 乙烯利、多效唑和矮壮素均可增强多年生黑麦草的根系活力,其中乙烯利增强效果最明显,且乙烯利和多效唑相同药剂不同浓度间差异显著( $P < 0.05$ ) (图8)。 $E_{IV}$ 、 $E_V$ 、 $P_I$ 、 $P_{II}$ 、 $P_{III}$ 、 $C_I$ 、 $C_{II}$ 和 $C_V$ 处理下,根系活力均高于对照,大小顺序为: $E_V > P_{III} > P_{II} > C_V > E_{IV} > C_I > P_I > C_{II}$ 。当乙烯利浓度为200 mg/L和1 000 mg/L时,多年生黑麦草的根系活力显著降低,之后随着浓度的增加,根系活力逐渐增强,浓度为1 500 mg/L时,根系活力最强,较对照增加了57.6%;随着多效唑浓度的增加,根系活力先增加后减小,250 mg/L的多效唑显著增加了根系活力( $P < 0.05$ ),较对照增加了51.1%;随着矮壮素浓度的增加,根系活力先减小后增大,稀释500倍时,根系活力最小,为12.1  $\mu\text{g/g}$ ,稀释100倍时,根系活力较其他处理大,与对照相比增加了26.7%。

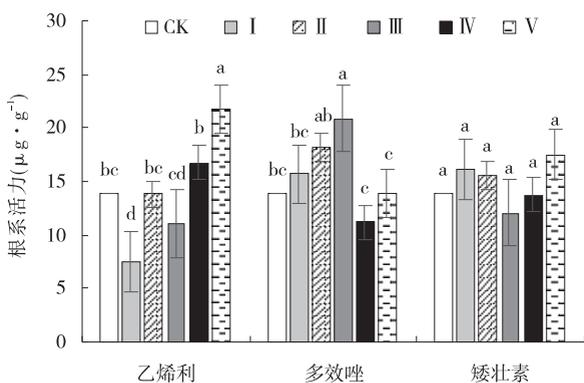


图8 植物生长延缓剂处理下多年生黑麦草的根系活力

Fig. 8 Root activity of perennial ryegrass treated with plant growth retardant

## 3 讨论

### 3.1 叶面喷施植物生长延缓剂对多年生黑麦草生长特性的影响

草坪草的株高、叶面积、叶长和叶宽是影响草坪质

地、整齐度、美观度的重要指标<sup>[14]</sup>。植物生长延缓剂是通过控制植物体内赤霉素的生成而抑制细胞伸长,形态表现为株高降低和叶片变小<sup>[15]</sup>。本试验将3种植物生长延缓剂进行叶面喷施处理,结果表明喷施7 d后多年生黑麦草株高和叶片均小于对照。药剂浓度越大,株高和叶片越小,且各处理14 d时株高增长幅度明显较7 d时小,有效延缓了多年生黑麦草的生长速度,在草坪管理中可减少修剪次数,降低管理成本,这与牛玉、李辛晨等<sup>[16-17]</sup>的研究结果一致。乙烯利和矮壮素不同浓度处理间株高变化不明显,可能是因为乙烯利和矮壮素发挥作用较慢,在短期之内不能抑制多年生黑麦草的生长。叶面喷施处理7 d后,除 $E_I$ 、 $E_V$ 、 $P_{III}$ 、 $P_{IV}$ 和 $P_V$ 外,其他处理的叶面积均大于空白对照,14 d后,所有处理的叶面积均小于对照。可见乙烯利、多效唑和矮壮素处理对植物叶面积的抑制快且明显,该结论与张亦弛等<sup>[18]</sup>的研究结果相似。随着3种药剂浓度的增加,多年生黑麦草叶面积和叶长呈逐渐减小的趋势。叶片长度越小,单株的叶面积越小,使草坪密度增加,增强草坪的耐践踏性,同时提高草坪的整体质量,此结果与刘天增等<sup>[19]</sup>的研究结果一致。乙烯利、多效唑和矮壮素均可抑制多年生黑麦草地上部的生长,显著降低植株高度( $P < 0.05$ ),抑制叶片徒长,且随着浓度的增大,抑制效果越显著( $P < 0.05$ ),这与张鸽香<sup>[20]</sup>等关于风信子的研究结果相似。

### 3.2 叶面喷施植物生长延缓剂对多年生黑麦草生理特性的影响

植物体中叶绿素含量、脯氨酸含量和根系活力都是反映植物抗性的重要指标<sup>[21-23]</sup>。研究发现,乙烯利处理下,猕猴桃果肉的叶绿素含量无显著变化<sup>[24]</sup>( $P < 0.05$ )。本试验中,每种药剂不同浓度处理间叶绿素含量差异不显著( $P > 0.05$ ),说明乙烯利、多效唑和矮壮素对多年生黑麦草的叶绿素含量并无显著影响,该结果与隋永超等<sup>[25]</sup>的研究结果一致。除 $E_I$ 、 $P_I$ 、 $P_V$ 、 $C_I$ 、 $C_{IV}$ 和 $C_V$ 外,其余处理7 d时的叶绿素含量增幅均较小, $E_{III}$ 、 $E_V$ 甚至出现负增长, $E_V$ 、 $P_V$ 和 $C_V$ 处理下叶绿素含量低于空白对照,原因可能是高浓度的多效唑抑制了多年生黑麦草的生长,使其代谢速率降低,导致叶绿素含量下降。脯氨酸是重要的渗透调节物质,它可提高细胞的渗透调节能力,从而降低对细胞膜、酶及蛋白质的伤害<sup>[26]</sup>。本试验中3种植物延缓剂均可增加多年生黑麦草中的脯氨酸含量,提高其渗透调节能

力,从而增强抗逆性。多效唑处理下脯氨酸含量均较高,而矮壮素处理的均较低,与徐安阳<sup>[27]</sup>的研究结果相似。不同延缓剂对多年生黑麦草中脯氨酸含量的影响不同,随乙烯利浓度的增加,脯氨酸含量先减小后增加,而矮壮素除 C<sub>III</sub> 外,其余处理的脯氨酸含量均随着浓度增加而减小。乙烯利、多效唑和矮壮素对多年生黑麦草根系活力都有增强作用,且乙烯利和多效唑相同药剂不同浓度间差异显著( $P < 0.05$ ),矮壮素不同浓度间差异不显著,这与王萍等<sup>[28]</sup>的研究结果相似。在适宜的浓度范围内,根系活力会随着药剂浓度的增加而增强,但浓度过大时,根系活力反而下降,与刘东冉<sup>[29]</sup>和董正权<sup>[30]</sup>的研究结果相似。

## 4 结论

3种植物生长延缓剂均能延缓多年生黑麦草的生长,抑制其株高、叶面积和叶长的增加,同时提高植物体中叶绿素和脯氨酸含量,增强根系活力,进而增强植物抗性。多效唑的作用效果较乙烯利和矮壮素明显,其中,500 mg/L的多效唑效果最佳。

### 参考文献:

[1] 贺茵莹,孙振元,葛红.植物生长延缓剂在观赏植物上的应用研究[J].农学学报,2018,8(6):53-57.

[2] Karimi M, Ahmadi A, Hashemi J, *et al.* Plant growth retardants (PGRs) affect growth and secondary metabolite biosynthesis in *Stevia rebaudiana* Bertoni under drought stress[J]. South African Journal of Botany, 2019, 121(3): 394-401.

[3] WANG Xiao ying, HU Tian ming, WANG Quan zhen, *et al.* Growth of Kentucky Bluegrass as Influenced by Nitrogen and Trinexapacetyl[J]. Agricultural Sciences in China, 2009, 9(12): 1498-1502.

[4] 范娜,白文斌,李振海,等.4种生长调节剂对高粱矮化效果的影响[J].山西农业科学,2014,42(5):443-444.

[5] 陈蔚辉,戴丽菲.植物生长调节剂对大叶红草的矮化效应[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2008,34(6):660-663.

[6] 刘洪见,郑坚,陈义增,等.矮壮素及6-BA在石竹种苗质量控制上的应用研究[J].农业科技通讯,2017(8):208-209.

[7] Jing Zhang, Jing Xing, Qiyu Lu, *et al.* Transcriptional regulation of chlorophyll-catabolic genes associated with exogenous chemical effects and genotypic variations in heat-induced leaf senescence for perennial ryegrass[J]. Envi-

ronmental and Experimental Botany, 2019, 167: 103858.

[8] 郭军,孟庆红,李国良,等.矮壮素对多年生黑麦草矮化效应的影响[J].农业科技与信息(现代园林),2007(8):68-70.

[9] 宋娅丽,陈佳钰,王克勤,等. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>短期胁迫对3种冷季型草坪草幼苗生长及生理特性的影响[J].草原与草坪, 2019, 39(5): 10-19.

[10] 赵艳岭.植物生长延缓剂对草坪草生长发育的影响[J].安徽农业科学,2009,37(36):7939-7941.

[11] 胡秉芬,黄华梨,季元祖,等.分光光度法测定叶绿素含量的提取液的适宜浓度[J].草业科学,2018,35(8):1965-1974.

[12] 吴秀宁,刘英,刘平,等.干旱胁迫下氮素对小麦幼苗生理特性的影响[J].贵州农业科学,2019,47(7):1-4.

[13] 李仲芳.植物生理学实验指导[M].成都:西南交通大学出版社,2012.

[14] 张山山,陈思雨,王艺,等.整形素对红花玉兰娇红2号苗木的矮化效应[J].东北林业大学学报,2019,47(3):22-26+37.

[15] 张明云,刘明池,张彦萍,等.营养液中添加不同植物生长调节剂对夏季番茄幼苗生长发育的影响[J].北方园艺,2017(6):8-13.

[16] 牛玉,戚志强,韩旭,等.矮壮素和乙烯利对樱桃番茄幼苗生长的影响[J].热带作物学报,2013,34(12):2353-2357.

[17] 李辛晨,冀敏,高相彬.赤霉素和多效唑对大花金鸡菊植株高度及开花的影响[J].安徽农业科学,2019,47(12): 161-165.

[18] 张亦弛,郭素娟,孙传昊.生长延缓剂对板栗枝条的促壮效应和叶片发育及生理的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2019,47(9):79-89.

[19] 刘天增,谢新春,张巨明.海滨雀稗~(60)Co- $\gamma$ 辐射诱变突变体筛选[J].草业学报,2017,26(7):62-70.

[20] 张鸽香,侯飞飞.叶面喷施多效唑对盆栽风信子生长与开花的影响[J].林业科技开发,2012,26(2):32-35.

[21] 周志红.3种冷季型草坪草对盐胁迫的生理响应[J].草原与草坪,2014,34(2):81-85.

[22] 蔡雄伟.铅胁迫对狗牙根叶片中游离脯氨酸及丙二醛含量的影响[J].四川农业科技,2018(5):44-46.

[23] 刘刊,马行,权俊娇,等.保水剂对草坪草抗热性的影响[J].北方园艺,2013(15):76-80.

[24] 张丽华.猕猴桃果实制浆中叶绿素降解机理及其护绿方法研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2012.

[25] 隋永超,冷暖,姜赫男,等.乙烯利对干旱胁迫下草地早

- 熟禾生理指标的影响[J]. 草业科学, 2018, 35(4): 822—828.
- [26] 顾跃, 赵云, 姬承东. 硅肥对盐胁迫下狗牙根生理生化特征的影响[J]. 中国草地学报, 2019, 41(3): 30—37.
- [27] 徐安阳. 植物生长调节剂对向日葵生长发育及产量品质的调控效应[D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2016.
- [28] 王萍, 杨秀莲, 王春君, 等. 两种植物生长延缓剂对盆栽日香桂的矮化效应[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2014, 38(S1): 30—34.
- [29] 刘东冉, 司亚平. 多效唑浸种对番茄幼苗形态指标的影响[J]. 农业工程技术: 温室园艺, 2007(5): 30—31.
- [30] 董正权, 许会会, 王辉. 多效唑对夏秋季番茄穴盘苗质量的影响[J]. 长江蔬菜, 2013(4): 37—39.

## Effects of foliar application with plant growth retardant on the growth and physiology of perennial ryegrass

ZHANG Xin-xin, LIU Lu, LU Ni, WANG Jing, LIU Qi-hua,  
WANG Hui-hui, CHAI Qi

(Key Laboratory of Grassland Livestock Industry Innovation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Engineering Research Center of Grassland Industry, Ministry of Education, College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China)

**Abstract:** In order to reveal the effects of plant growth retardant foliar sprays on the seedling growth and physiochemical characteristics of turfgrasses, different concentrations of ethephon (200, 500, 1 000, 1 200, 1 500 mg/L), paclobutrazol (50, 100, 250, 500, 800 mg/L), and chlormequat (chlormequat queous solution was diluted by 1 000, 750, 500, 200 and 100 times respectively) were applied by foliar spraying on the perennial ryegrass seedlings, *Lolium perenne*, with cultivar of Shenshi, as tested material, and the effects of different treatments on plant height, leaf area, leaf length, leaf width, chlorophyll content, proline content, and root activity were analyzed. The results showed that three kinds of plant growth retardants inhibited the growth of plant height, leaf area and leaf length of perennial ryegrass, while the proline content and roots activity increased. However, the effect of paclobutrazol on the growth and physiological characteristics of perennial ryegrass was more significant than that of ethephon and chlormequat, and foliar spraying of paclobutrazol under concentration of 500 mg/L obtained the most optimal retardant effect for seedling dwarfing and lawn resistance to adverse environment.

**Key words:** perennial ryegrass; ethephon, paclobutrazol and chlormequat; physiological and growth characteristics