

脱落酸、蔗糖和硅对高羊茅和草地早熟禾耐荫性的影响

李丽群, 陶 莲, 周 禾*

(中国农业大学草地研究所, 北京 100193)

摘要:为探索外源物质对草坪草耐荫性的作用效果及其最佳浓度,在 57%遮荫胁迫下,选用脱落酸(ABA)(0, 0.02, 0.06 和 0.10 mmol · L⁻¹)、蔗糖(0, 600, 800 和 1000 mg · L⁻¹)和硅酸钠(0, 0.50, 1.00 和 1.50 mmol · L⁻¹)对盆栽高羊茅(*Festuca arundinacea*)和草地早熟禾(*Poa pretensis*)进行处理。结果表明:各浓度 ABA 对提高 2 种草坪草耐荫性没有效果,反而加重胁迫,明显抑制植株的生长,严重影响草坪外观质量;适宜浓度的蔗糖和硅酸钠能不同程度的促进 2 种草坪草的生长,提高其耐荫性;800 mg · L⁻¹蔗糖和 0.50 mmol · L⁻¹硅酸钠对高羊茅处理效果最佳,600 mg · L⁻¹蔗糖和 1.50 mmol · L⁻¹硅酸钠对草地早熟禾处理效果最佳。

关键词:高羊茅;草地早熟禾;耐荫性;脱落酸;蔗糖;硅

中图分类号:S688.4

文献标识码:A

文章编号:1007-0435(2012)01-0063-07

Influences of ABA, Sucrose and Silicon on Enhancing Shade Tolerance of Two Lawn Grasses

LI Li-qun, TAO Lian, ZHOU He*

(Department of Grassland Science, College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: Lawn grasses play an increasing role in urban greening and environment conservation. Shade tolerance is a particularly serious problem for lawn grasses resulting from tall city buildings. Tall fescue and Kentucky bluegrass are two main cool-season lawn grasses. The technology of improving shade tolerance of lawn grasses are discussed in this paper. Both lawn grasses under 57% shade stress are treated using ABA, sucrose and silicon. Each treatment includes four difference concentrations (ABA: 0, 0.02, 0.06, 0.10 mmol · L⁻¹, sucrose: 0, 600, 800, 1000 mg · L⁻¹, silicon: 0, 0.50, 1.00, 1.50 mmol · L⁻¹). Results indicate that ABA is not suitable for enhancing shade tolerance of either lawn grasses, but both sucrose and silicon can promote shade tolerance for both lawn grasses. The best concentration of sucrose is 800 mg · L⁻¹ for tall fescue and 600 mg · L⁻¹ for Kentucky bluegrass. The best concentration of silicon is 0.50 mmol · L⁻¹ for tall fescue and 1.50 mmol · L⁻¹ for Kentucky bluegrass.

Key words: Tall fescue; Kentucky bluegrass; Shade tolerance; ABA; Sucrose; Silicon

在园林绿地大的骨架空间里,草坪所处的位置极低,所占地表空间大,受遮荫胁迫严重。随着人们生活水平的提高,城市的绿化、美化工作不断加强,乔木、灌木数量越来越多,高大建筑物的数量也迅速增加,在这种形势下,耐荫性成为草坪建植和维护最突出的问题之一^[1]。目前在国内关于草坪草耐荫性的研究主要集中在机理层面,技术应用性的研究很少,在耐荫性问题未能通过分子层面解决前,施加外源物质来提高草坪草的耐荫性将有可能应用于生产实践^[2]。

脱落酸(ABA)是一种植物激素,有研究表明外

源脱落酸可以提高叶片抗氧化酶的活性,有提高植物对逆境胁迫的抵抗能力^[3]。前人通过对木本或灌木研究表明,通过喷施一定浓度的蔗糖,为植物外加碳源,弥补体内碳水化合物减少的部分,可以改善遮荫条件下植物生长状况^[4,5]。硅能促进植物根系生长,增加根系活力,改善通气组织和根部的氧化能力,提高其对水分和养分的吸收量,改善植物生长。有研究表明硅能使水稻(*Oryza sativa*)叶片与茎的夹角减小,减少叶片间的相互遮荫^[6~9]。本试验选用 ABA、蔗糖、硅(硅酸钠)3 种外源物质处理草坪草,测定其对提高草坪草耐荫性的有效性及其最佳

收稿日期:2011-05-06;修回日期:2011-11-21

作者简介:李丽群(1985-),女,湖南耒阳人,硕士研究生,主要研究方向为草坪与城市绿化, E-mail: llq200510@126.com; * 通信作者
Author for correspondence, E-mail: zhouhe@cau.edu.cn

浓度,旨在探索通过对草坪施用外源物质增强其耐荫性的可行性。

1 材料和方法

1.1 试验材料与试剂

供试高羊茅(*Festuca arundinacea*)品种为‘斗牛士’,草地早熟禾(*Poa pretensis*)品种为‘午夜’,均由中国农业大学牧草与草坪草种子质量监督检验测试中心(北京)提供。脱落酸、蔗糖、硅酸钠由北京广达横益科技有限公司提供。

1.2 试验设计

试验选择3种外源物质,ABA:0,0.02,0.06,0.10 mmol·L⁻¹,蔗糖:0,600,800,1000 mg·L⁻¹,硅酸钠:0,0.50,1.00,1.50 mmol·L⁻¹,各4个浓度水平,3次重复,作用于2种草坪草,共60个单元,采用随机区组排列。采用温室盆栽设计,以珍珠岩、蛭石(2:1)为基质,采用无土栽培法建植草坪,全程使用Hoagland营养液(改良配方)提供养分,保证各单元的高度均一性。待其在温室自然光照下生长1个月后,采用聚烯烃树脂遮阴网进行57%遮荫胁迫,并进行外源物质处理,ABA溶于营养液地面喷施,以叶面湿润不流滴为准,蔗糖和硅酸钠则溶于营养液直接浇灌到基质中,对照喷施或浇灌等量营养液,每10 d处理1次,共处理3次。

1.3 播种及管理方法

试验在中国农业大学资源与环境学院温室(中国农业大学科技园区)进行。于2010年4月29日播种,人工按体积比将基质混合均匀并按统一基线上盆,压实,浇透水,高羊茅按播种量35 g·m⁻²播种,早熟禾按播种量18 g·m⁻²播种^[10],播种时将种子和基质1:3混合人工均匀播种,覆上一层基质。每天浇1次水,保证基质湿润,直到草坪草出苗齐整。草坪草长至2~5 cm时施用营养液,首次施用1/4营养液,第2次施用1/2营养液,第3次起开始施用全营养液,隔2 d施用1次。试验期间采用人工防除杂草。

1.4 测定方法

处理1个月后,于6月29日开始集中采样,采样时间为上午9:00,取草坪上部的健壮叶片置于液氮中带到实验室并临时贮藏在-79℃冰箱中,进行

生理指标测定。

1.4.1 形态指标的测定 采用对角线法均匀自基部剪取5株植株,测定地上部分各项形态指标,人工数取枝条数,使用直尺测量株高,使用游标卡尺测量叶宽,使用电子秤称取鲜叶重,称取后装进牛皮纸信封并置于烘箱中烘至恒重后使用电子秤称取干叶重。洗根后随机选取5株植株,自基部剪取根系,人工数取生根数,使用直尺测量其根长,使用电子秤称取鲜根重,称取后装进牛皮纸信封置于烘箱中烘至恒重后使用电子秤称取干根重。最终每个处理的相应数值为15个原始数值的平均值。

1.4.2 外观质量的测定 采样前采用NTEP(The National Turfgrass Evaluation Program)9分制评分法,评定指标包括:密度、盖度、绿色值、质地和均一性。以9代表可能的最高得分,以1作为最差的得分^[11]。

1.4.3 生理指标的测定 叶绿素含量的测定采用乙醇浸提法^[12],叶片可溶性总糖的测定采用蒽酮比色法^[13],丙二醛(MDA)含量的测定采用硫代巴比妥酸显色法^[14],超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定采用考马斯亮蓝还原法^[15]。

1.5 数据处理

数据分析采用Excel 2007和SPSS 17.0数据处理软件,用One-Way ANOVA方法对测定数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同浓度的ABA、蔗糖、硅对高羊茅和草地早熟禾地上部分生长的影响

ABA各浓度处理不同程度地抑制了2种草的垂向生长和横向生长。0.10 mmol·L⁻¹ ABA处理对2种草的抑制作用相对较小,株高、叶片含水量均显著低于对照($P<0.05$);各浓度处理下草地早熟禾干叶重显著低于对照($P<0.05$);所设ABA各浓度明显表现出对2种草植株水分吸收的阻碍作用。800 mg·L⁻¹蔗糖处理对遮荫下的高羊茅处理最佳,但与对照相比,使地上部各项指标有降低的趋势;600 mg·L⁻¹蔗糖处理对草地早熟禾最佳,使各项横向生长指标均有增加的趋势,促进横向生长,其中叶宽、干叶重达到差异显著水平($P<0.05$),同时使株高有降低的趋势,抑制垂向徒长,明显缓解了遮荫胁迫。0.50 mmol·L⁻¹硅酸钠对高羊茅处理

效果最佳,叶片鲜重、含水量达到差异显著水平($P<0.05$),明显阻碍水分的吸收,在抑制垂向徒长的同时也抑制了横向生长; $1.50\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 硅酸钠对草地早熟禾处理效果最佳,促进叶片分蘖、

使叶片变宽、含水量增加、鲜叶重增加,同时降低植株的高度,抑制垂向徒长,促进横向生长而抑制垂向徒长,促进水分的吸收,起到缓解遮荫胁迫的作用(表 1)。

表 1 不同浓度的 ABA、蔗糖、硅对 2 种草坪草地上部生长的影响

Table 1 Effects of different ABA, sucrose and silicon concentrations on leaves of both lawn grasses

处理 Treatments	草种 Grass species	浓度 Concentration	枝条数 Leaf number	株高 Plant height/cm	叶宽 Leaf breadth/cm	鲜叶重 Fresh leaf weight/g	干叶重 Dry leaf weight/g	含水量 Water content/g
脱落酸 ABA/ $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$	高羊茅 <i>F. arundinacea</i>	CK	4.27 ^a	8.77 ^a	0.23 ^a	1.99 ^a	0.29 ^a	1.70 ^a
		0.02	3.60 ^a	7.27 ^b	0.22 ^a	1.14 ^b	0.24 ^a	0.90 ^b
		0.06	3.60 ^a	6.72 ^b	0.21 ^a	0.86 ^b	0.20 ^a	0.65 ^b
		0.10	3.20 ^a	7.24 ^b	0.21 ^a	1.24 ^{ab}	0.23 ^a	1.01 ^b
		CK	3.67 ^a	9.32 ^a	0.17 ^a	0.94 ^a	0.17 ^a	0.78 ^a
	草地早熟禾 <i>P. pretensis</i>	0.02	3.53 ^a	5.63 ^b	0.16 ^a	0.61 ^b	0.12 ^b	0.49 ^b
		0.06	3.20 ^a	4.79 ^b	0.14 ^a	0.43 ^b	0.09 ^c	0.34 ^b
		0.10	3.67 ^a	5.56 ^b	0.17 ^a	0.62 ^b	0.12 ^b	0.49 ^b
		CK	4.27 ^a	8.77 ^a	0.23 ^a	1.99 ^a	0.29 ^a	1.70 ^a
		600	3.73 ^a	7.46 ^b	0.22 ^{ab}	1.11 ^b	0.27 ^a	0.85 ^b
蔗糖 Sucrose/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	高羊茅 <i>F. arundinacea</i>	800	3.93 ^a	8.03 ^{ab}	0.22 ^{ab}	1.34 ^{ab}	0.27 ^a	1.08 ^{ab}
		1000	3.87 ^a	8.11 ^{ab}	0.18 ^b	1.07 ^b	0.23 ^a	0.85 ^b
		CK	3.67 ^a	9.32 ^a	0.17 ^b	0.94 ^{ab}	0.17 ^{bc}	0.78 ^{ab}
	草地早熟禾 <i>P. pretensis</i>	600	3.87 ^a	8.09 ^{ab}	0.20 ^a	1.11 ^a	0.20 ^a	0.91 ^a
		800	3.73 ^a	6.44 ^b	0.16 ^b	0.80 ^b	0.14 ^c	0.66 ^b
		1000	3.67 ^a	7.53 ^{ab}	0.16 ^b	1.07 ^a	0.18 ^{ab}	0.89 ^a
		CK	4.27 ^a	8.77 ^a	0.23 ^a	1.99 ^a	0.29 ^a	1.70 ^a
		0.50	3.73 ^{ab}	8.52 ^a	0.22 ^a	1.18 ^b	0.24 ^a	0.95 ^b
硅酸钠 Silicon/ $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$	高羊茅 <i>F. arundinacea</i>	1.00	3.87 ^{ab}	8.15 ^a	0.21 ^a	0.78 ^b	0.19 ^a	0.60 ^b
		1.50	3.53 ^b	8.88 ^a	0.24 ^a	1.00 ^b	0.22 ^a	0.79 ^b
		CK	3.67 ^a	9.32 ^a	0.16 ^a	0.94 ^a	0.17 ^a	0.79 ^a
	草地早熟禾 <i>P. pretensis</i>	0.50	3.80 ^a	8.48 ^a	0.17 ^a	0.83 ^a	0.09 ^b	0.75 ^a
		1.00	4.00 ^a	8.81 ^a	0.18 ^a	0.89 ^a	0.12 ^{ab}	0.77 ^a
		1.50	3.73 ^a	8.75 ^a	0.18 ^a	1.24 ^a	0.15 ^{ab}	1.09 ^a

注:不同小写字母表示同列内不同处理间差异显著($P<0.05$),下同

Note: Different letters in the same column indicate significant difference ($P<0.05$), the same as below

2.2 不同浓度的 ABA、蔗糖、硅对高羊茅和草地早熟禾地下部生长的影响

ABA 各浓度不同程度地促进了高羊茅根系的生长, $0.10\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ABA 促进作用最明显,使生根数、鲜根重、干根重、根含水量均有上升;ABA 各浓度明显抑制了草地早熟禾根系的生长, $0.10\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ABA 抑制作用相对较小,各项指标均有下降,生根数和根长达到差异显著水平($P<0.05$)。各浓度蔗糖对高羊茅根系的生长表现出不同程度的促进作用, $800\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 蔗糖处理作用最佳,生根数显著高于对照($P<0.05$),明显促进横向生长; $600\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 蔗糖处理对草地早熟禾处理最佳,使鲜根重、干根重、根含水量均有增加, $800\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $1000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 蔗糖处理对草地早熟禾的根系生长表现出不同程度的抑制作用。各浓度硅酸钠不同

程度地促进了高羊茅根系的生长,提高了植株抗胁迫能力, $0.50\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 硅酸钠处理效果最佳,使地下部分各项横向生长指标均有上升,其次是 $1.00\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 硅酸钠处理;各浓度硅酸钠不同程度地抑制了草地早熟禾根系的生长,各项指标均略低于对照水平, $1.50\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 硅酸钠处理效果最佳(表 2)。

2.3 不同浓度的 ABA、蔗糖、硅对高羊茅和草地早熟禾根冠比的影响

与对照相比,不同浓度的 ABA、蔗糖、硅酸钠均使高羊茅的根冠比有增大的趋势,ABA 和蔗糖各浓度处理差异不显著, $1.00\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 硅酸钠处理的影响显著($P<0.05$)。由于 ABA 抑制地上部生长,同时促进地下部生长,因此使得根冠比增大,蔗糖和

表2 不同浓度的ABA、蔗糖、硅对2种草坪草地下部生长的影响

Table 2 Effects of different ABA, sucrose and silicon levels on root

处理 Treatments	草种 Grass species	浓度 Concentration	生根数 Root number	根长 Root length/cm	鲜根重 Fresh root weight/g	含水量 Water content/g
脱落酸 ABA/ $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	高羊茅 <i>F. arundinacea</i>	CK	6.27 ^a	3.64 ^a	0.32 ^a	0.27 ^a
		0.02	7.13 ^a	4.27 ^a	0.28 ^a	0.24 ^a
		0.06	7.13 ^a	3.87 ^a	0.29 ^a	0.25 ^a
		0.10	8.20 ^a	3.51 ^a	0.37 ^a	0.33 ^a
	草地早熟禾 <i>P. pretensis</i>	CK	6.93 ^a	2.21 ^a	0.12 ^a	0.10 ^a
		0.02	7.00 ^a	2.38 ^a	0.09 ^{ab}	0.08 ^a
		0.06	5.07 ^b	2.14 ^a	0.06 ^b	0.05 ^a
		0.10	7.93 ^a	2.00 ^a	0.10 ^{ab}	0.08 ^a
		CK	6.27 ^b	3.64 ^a	0.32 ^a	0.27 ^a
		600	8.27 ^a	3.88 ^a	0.32 ^a	0.28 ^a
		800	9.00 ^a	3.46 ^a	0.35 ^a	0.31 ^a
		1000	7.73 ^{ab}	2.89 ^a	0.30 ^a	0.27 ^a
蔗糖 Silicon/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	高羊茅 <i>F. arundinacea</i>	CK	6.93 ^b	2.21 ^b	0.12 ^{ab}	0.10 ^{ab}
		600	9.20 ^a	2.11 ^b	0.16 ^a	0.14 ^a
		800	6.80 ^b	1.60 ^c	0.08 ^b	0.073 ^b
		1000	7.20 ^b	2.72 ^a	0.11 ^{ab}	0.10 ^{ab}
	草地早熟禾 <i>P. pretensis</i>	CK	6.27 ^a	3.64 ^a	0.32 ^a	0.27 ^a
		0.50	7.53 ^a	3.63 ^a	0.36 ^a	0.32 ^a
		1.00	6.60 ^a	4.05 ^a	0.35 ^a	0.31 ^a
		1.50	6.20 ^a	4.26 ^a	0.30 ^a	0.27 ^a
		CK	6.93 ^a	2.21 ^a	0.12 ^a	0.10 ^a
		0.50	5.80 ^a	1.68 ^a	0.09 ^a	0.08 ^a
硅酸钠 Silicon/ $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	高羊茅 <i>F. arundinacea</i>	1.00	6.67 ^a	2.88 ^a	0.10 ^a	0.08 ^a
		1.50	6.87 ^a	2.25 ^a	0.09 ^a	0.07 ^a

硅酸钠主要通过促进地下部的生长而使根冠比增大。不同浓度的ABA、蔗糖、硅酸钠对草地早熟禾的根冠比作用不明显,由于ABA在抑制其地上部生长的同时也抑制了地下部的生长,而蔗糖和硅酸钠在明显促进其地下部生长的同时也在一定程度上促进了地上部的生长,因此与对照相比,根冠比变化不大,如图1~图3所示。

2.4 不同浓度的ABA、蔗糖、硅对高羊茅和草地早熟禾外观质量的影响

ABA各浓度均使2种草坪草的九评制评分显著低于对照水平,明显影响了外观质量,其中0.10 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ABA对2种草坪草影响程度相对较小。从外观质量看来,800 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 蔗糖对高羊茅处理效果最佳,600 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 蔗糖对草地早熟禾处理效果最佳,略低于对照水平,但差异不显著。各浓度的硅酸钠均使高羊茅的九分制评分显著低于对照($P < 0.05$),明显影响外观质量。1.50 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硅酸钠处理对草地早熟禾处理效果最佳,略高于对照水平,改善了外观品质,如图4~图6所示。

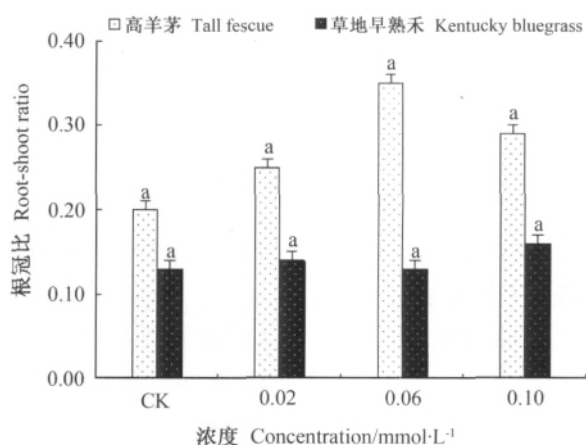


图1 不同浓度ABA对2种草坪草根冠比的影响

Fig.1 Effect of different concentrations of ABA on root-shoot ratio of two lawn grasses

2.5 不同浓度的ABA、蔗糖、硅对高羊茅和草地早熟禾生理指标的影响

ABA各浓度使2种草叶绿素含量、MDA含量、SOD活性存在显著差异($P < 0.05$),使叶绿素含量减少,MDA含量增加,0.10 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ABA均使2种草SOD活性显著增强($P < 0.05$),以响应肋

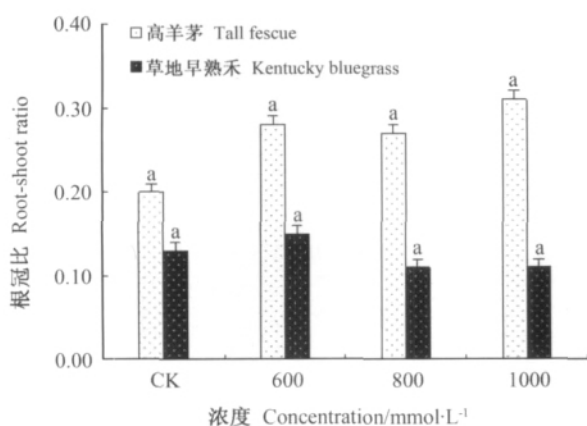


图 2 不同浓度蔗糖对 2 种草坪草根冠比的影响

Fig. 2 Effect of different concentrations of sucrose on root-shoot ratio of two lawn grasses

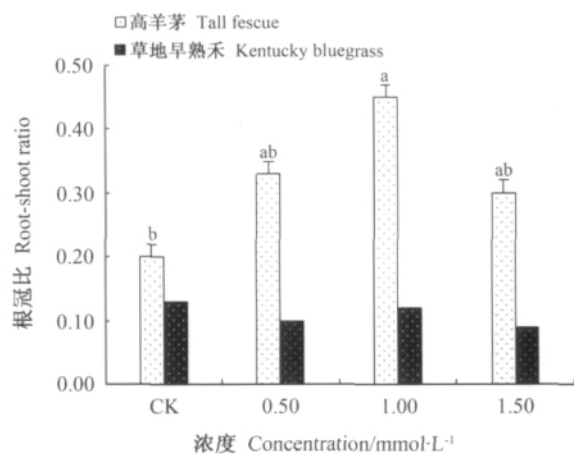


图 3 不同浓度硅酸钠对 2 种草坪草根冠比的影响

Fig. 3 Effect of different concentrations of silicon on root-shoot ratio of two lawn grasses

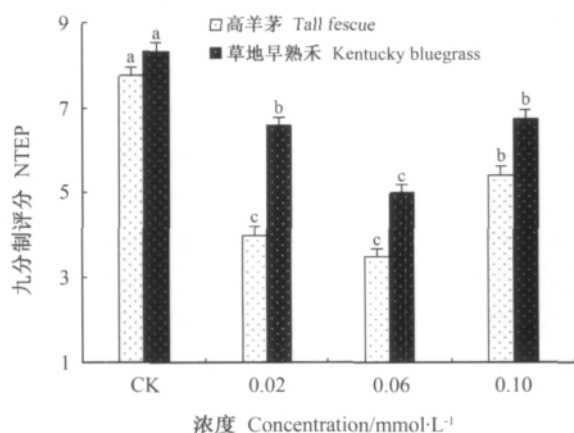


图 4 不同浓度 ABA 对 2 种草坪外观质量的影响

Fig. 4 Effect of different concentrations of ABA on appearance quality of two lawn grasses

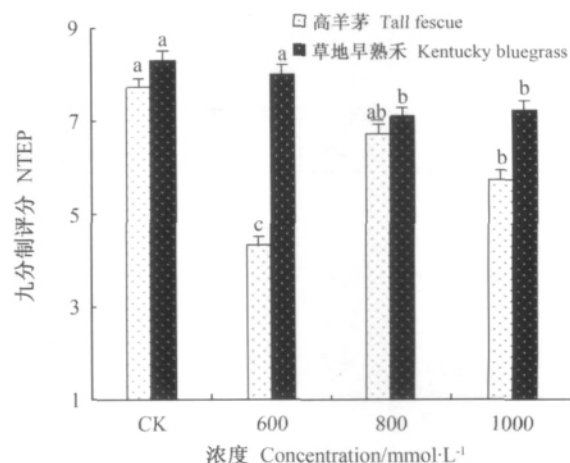


图 5 不同浓度蔗糖对 2 种草坪外观质量的影响

Fig. 5 Effect of different concentrations of sucrose on appearance quality of two lawn grasses

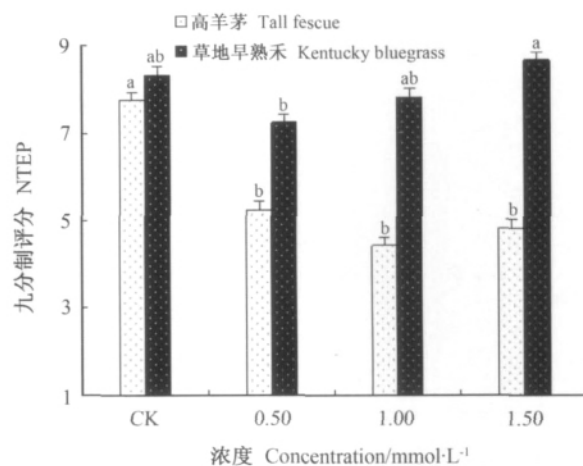


图 6 不同浓度硅酸钠对 2 种草坪外观质量的影响

Fig. 6 Effect of different concentrations of silicon on appearance quality of two lawn grasses

迫环境, $0.02 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $0.06 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ABA 超出了植株可承受的胁迫程度, 分别使高羊茅和草地早熟禾活性略低于对照。适宜浓度的蔗糖能够增加草坪草叶绿素和可溶性糖含量, 使 SOD 活性增强, 提高抗胁迫能力。 $600 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 蔗糖处理草地早熟禾最佳, 其叶绿素、SOD 活性和可溶性糖含量显著升高 ($P < 0.05$); $800 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硅酸钠处理使高羊茅的叶绿素、可溶性糖含量和 SOD 活性显著升高 ($P < 0.05$), 效果最佳。 $0.50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硅酸钠处理使高羊茅可溶性糖含量显著增加 ($P < 0.05$), SOD 活性显著增强 ($P < 0.05$), 处理效果最佳, $1.50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硅酸钠处理使草地早熟禾叶绿素增加、可溶性糖显著增加 ($P < 0.05$), 处理效果最佳, 但 $1.00 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $1.50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硅酸钠处理

使高羊茅 MDA 含量显著增加 ($P < 0.05$), SOD 活性不同程度的降低, 说明适宜浓度的硅酸钠能增强

抗胁迫能力, 但浓度过高或过低也有可能对高羊茅叶片造成伤害(表 3)。

表 3 不同浓度的 ABA、蔗糖、硅对 2 种草坪草 Chl、MDA、可溶性糖、SOD 的影响

Table 3 Effects of different ABA, sucrose and silicon levels on content of Chl, MDA, soluble sugar and SOD activity

处理 Treatments	草种 Grass Species	浓度 Concentration	叶绿素 Chlorophyll content/mg · g ⁻¹	丙二醛 MDA content /mg · mg ⁻¹ FW	可溶性糖 Soluble sugar content/g · kg ⁻¹	SOD 活性 SOD activity /U · g ⁻¹ FW
脱落酸 ABA/ mmol · L ⁻¹	高羊茅 <i>F. arundinacea</i>	CK	1.57 ^a	6.69 ^c	0.99 ^a	62.65 ^b
		0.02	0.72 ^b	9.64 ^b	0.98 ^a	33.10 ^b
		0.06	0.79 ^b	10.93 ^a	0.96 ^a	167.95 ^a
		0.10	0.89 ^{ab}	7.26 ^{bc}	0.89 ^a	196.36 ^a
	草地早熟禾 <i>P. pretensis</i>	CK	2.75 ^a	16.38 ^b	1.00 ^a	120.00 ^{bc}
		0.02	1.82 ^b	17.52 ^b	0.91 ^a	183.10 ^{ab}
		0.06	1.80 ^b	22.86 ^a	0.85 ^a	50.03 ^c
		0.10	2.12 ^{ab}	20.38 ^{ab}	0.97	210.01 ^a
		CK	1.57 ^b	6.69 ^b	0.99 ^b	62.65 ^b
		600	1.21 ^c	8.62 ^a	1.30 ^a	192.87 ^a
		800	1.67 ^a	6.77 ^b	1.36 ^a	175.53 ^a
		1000	1.39 ^{ab}	7.84 ^{ab}	1.00 ^b	170.89 ^a
蔗糖 Sucrose/mg · L ⁻¹	高羊茅 <i>F. arundinacea</i>	CK	2.75 ^b	16.38 ^a	1.00 ^c	120.00 ^b
		600	3.41 ^a	16.55 ^a	3.43 ^a	182.87 ^a
		800	2.63 ^b	18.68 ^a	2.89 ^{ab}	165.53 ^{ab}
		1000	3.16 ^{ab}	17.25 ^a	1.91 ^{bc}	140.89 ^{ab}
	草地早熟禾 <i>P. pretensis</i>	CK	1.57 ^{ab}	6.69 ^c	0.99 ^b	62.65 ^b
		0.50	1.81 ^a	7.38 ^b	1.37 ^a	142.57 ^a
		1.00	1.66 ^{ab}	8.86 ^a	1.03 ^b	58.86 ^b
		1.50	1.34 ^b	8.21 ^a	1.29 ^{ab}	51.89 ^b
		CK	2.75 ^{ab}	16.38 ^{ab}	1.00 ^b	120.00 ^b
		0.50	2.42 ^b	17.17 ^a	1.04 ^b	210.57 ^a
硅酸钠 Silicon/mmol · L ⁻¹	草地早熟禾 <i>P. pretensis</i>	1.00	2.70 ^{ab}	15.42 ^{ab}	1.66 ^{ab}	150.08 ^{ab}
		1.50	3.14 ^a	14.12 ^b	2.80 ^a	178.25 ^{ab}

3 讨论

3.1 ABA 对高羊茅和草地早熟禾的影响

ABA 是植物 5 大天然生长调节剂之一, 因其能显著提高植物抗逆性而广泛应用于农业生产, 喷施 15 mg · L⁻¹ 的 ABA 能显著提高草坪外观质量, 而有效提高草坪草自身的抗逆性^[16]。可能由于不同植物受用的 ABA 浓度不同, 本试验中设置的各浓度均为不适宜浓度, 因此造成了不同程度的伤害。遮荫降低了植物的光合作用, 使植株体内养分处于供给不足状态, 脱落酸有促进脱落、抑制生长等功能^[3], 对叶片喷施 ABA 溶液后, 首先抑制地上部分的生长, 实现植株地上部分和地下部分的营养再分配, 从而促进了高羊茅根系的生长。ABA 施用浓度及其促进高羊茅根系生长的具体机制还有待于进一步的研究。

3.2 蔗糖对高羊茅和草地早熟禾的影响

蔗糖是光合作用的主要产物, 广泛分布于植物体内, 前人通过对木本或灌木研究表明, 有机物中尤其是糖类, 是植物生长、器官发育和色素形成的物质基础, 通过喷施一定浓度的蔗糖, 为植物外加碳源, 弥补体内碳水化合物减少的部分, 可以改善遮荫条件下植物生长状况^[4,5]。600 mg · L⁻¹ 蔗糖同时显著促进了草地早熟禾地下部分和地上部分的生长, 提高耐荫性, 这与前人的研究是一致的。800 mg · L⁻¹ 蔗糖处理明显促进了高羊茅根系的生长, 尤其促进根系的分蘖, 地上部分生长状况略差于对照水平, 可能由于浇灌的蔗糖优先促进地下部分的生长, 从而抑制地上部分的生长。但 800 mg · L⁻¹ 蔗糖使叶片的叶绿素和可溶性糖含量及根冠比有明显上升的趋势, 且对地上部分未造成明显的胁迫, 有效缓和了遮荫造成的各项形态和生理指标的变化。可能随着处理时间的延长, 蔗糖处理可以更加明显的改善高羊

茅植株的生长,提高其耐荫性。

3.3 硅酸钠对高羊茅和草地早熟禾的影响

硅主要通过改善植物形态结构、生理过程和增加有益元素的吸收而促进植物生长发育^[9]。对遮荫下的2种草坪草进行浇灌硅酸钠溶液处理后,结果表明适宜浓度的硅酸钠能促进草坪草植株地下部分的生长,提高耐荫性,这与前人的研究是一致的。由于硅在不同物种中沉积的部位不同,对营养体的品质存在很大的影响,沉积量越大,营养体品质越差^[9],硅主要沉积在高羊茅的表皮细胞和细胞间隙内^[17],这可能是造成高羊茅外观质量下降的原因。

4 结论

0.02,0.06,0.10 mmol·L⁻¹的ABA对于提高2种草坪草耐荫性没有效果,明显阻碍水分吸收、抑制生长、加重胁迫,且严重影响草坪外观质量。适宜浓度的蔗糖能不同程度的促进2种草坪草的生长,提高耐荫性;800 mg·L⁻¹蔗糖对高羊茅的处理效果最明显,600 mg·L⁻¹蔗糖对草地早熟禾处理效果最佳。适宜浓度的硅酸钠也能不同程度的促进2种草坪草的生长,提高耐荫性;0.50 mmol·L⁻¹硅酸钠为高羊茅的最佳处理浓度,1.50 mmol·L⁻¹硅酸钠对草地早熟禾处理效果最佳。

参考文献

- [1] 韩烈保,高航,张照远,等.冷季型草坪草耐荫适应性研究[J].草业科学,1999,16(12):47-49
- [2] 赵玉红,张洁平,王忠红.轻度遮荫下紫羊茅草坪质量变化动态[J].草业与畜牧,2009(12):25-28
- [3] 唐小艳,易自力,蒋建雄,等.植物激素在高羊茅组织培养中的应用与进展[J].湖南农业科学,2006(3):134-136
- [4] 郭香凤,史国安,孔祥生,等.喷施蔗糖对遮荫条件下牡丹生长和花朵观赏品质的影响[J].河南科技大学学报,2003,23(1):15-18
- [5] 杨秋生,朱丽娟,路玲,等.遮荫及蔗糖喷施对牡丹花色及光合特性的影响[J].河南农业大学学报,2005,39(3):249-253
- [6] 柴琦.坪用草地早熟禾抗旱性评价及硅对减轻其水分胁迫效应研究[D].兰州:兰州大学,2007:1-2
- [7] 王继朋.硅在几种植物中的吸收、分配及其作用探讨[D].北京:中国农业大学,2003:20-33
- [8] 王晨,左昆,柴琦,等.干旱条件下硅对草地早熟禾生长初期的影响[J].草业科学,2008,25(7):114-117
- [9] 郭兴华,郭正刚,刘慧霞,等.硅对植物的有益作用及其对草坪草研究的启示[J].草业科学,2010,27(3):55-61
- [10] 李孝繁.西宁地区春播草地早熟禾播种量对草坪建植质量的影响[J].青海大学学报,2001,19(4):10-12
- [11] 范海荣,华璐,王洪海.草坪质量评价指标体系与评价方法探讨[J].草业科学,2006,23(10):101-105
- [12] 李合生,孙群,赵世杰.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:134-137
- [13] 赵世杰,史国安,董新纯.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业科学技术出版社,1998:85-89
- [14] Buege J A, Aust S D. Microsomal lipid peroxidation[J]. Methods Enzymol, 1978, 52:302-310
- [15] Beauchamp C, Fridovich I. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels [J]. Analytical Biochemistry, 1971, 44:276-287
- [16] 刘立军,陈为峰,张志华,等.叶面喷施脱落酸对高羊茅抗寒性的影响[J].中国草地学报,2010,32(6):94-99
- [17] 王荔军,郭中满,李铁津,等.生物矿化纳米结构材料与植物硅营养[J].化学进展,1999,5(11):119-128

(责任编辑 李美娟)