

## 水分胁迫下几种冷季型草坪草抗旱机理研究

高 涵<sup>1</sup>, 吴 伟<sup>2</sup>, 刘秀萍<sup>1</sup>, 鲁绍伟<sup>1</sup>, 严 鹰<sup>3</sup>, 白永福<sup>4</sup>

(1. 北京林业大学水土保持学院, 教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室, 北京 100083;

2. 北京市水务局潮白河水库管理处, 北京 101300;

3. 北京市园林局, 北京 100005; 4. 河北省林勘院, 石家庄 050081)

**摘 要:**采用盆栽育苗法, 在 5 种冷季型草坪草苗期连续干旱胁迫下测定植株高度, 根系生长, 叶片相对含水量 and 质膜透性等抗旱指标, 以综合评价 5 种冷季型草坪草的抗旱性能。研究表明: 供试材料在连续干旱胁迫下, 叶片相对含水量呈下降趋势, 质膜透性有所增加。综合分析可知, 5 种冷季型草坪草的苗期抗旱性能由强多弱依次为: 多年生黑麦草 > 高羊茅 > 无芒雀麦 > 紫羊茅 > 匍匐翦股颖。

**关键词:**冷季型草坪草; 干旱胁迫; 抗旱性; 生理指标

**中图分类号:** S812; S152

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2006)03-0126-03

## Studies on Drought Tolerance Mechanism of Five Cold-season Turfgrass at Water Stress

GAO Han<sup>1</sup>, WU Wei<sup>2</sup>, LIU Xiur-ping<sup>1</sup>, LU Shao-wei<sup>1</sup>, YAN Ying<sup>3</sup>, BAI Yong-fu<sup>4</sup>

(1. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating, Ministry of Education, Beij Forestry University, Beijing 100083; 2. Management Office of Chaobaihe Reservoir of Beijing Water Affairs, Beijing 101300;

3. Park and Garden Administration of Beijing City, Beijing 100005;

4. Forestry Survey and Design Institute of Hebei Province, Shijiazhuang 050081, China)

**Abstract:** Through cultivating five cold-season turfgrass (*Lolium perenne*, *Agrostis stolonifera*, *Festuca rubra*, *Festuca arundinacea*, *Bromus inermis*) in basin, their drought tolerance indexes, including the planting height, the root growth, the relative water content of leaves, the penetration of membrane, were comprehensively evaluated to compare their drought tolerance. The results showed, under the stress of continuous drought, the relative water content of leaves had a descending trend, while the penetration of membranes lightly increased. And their sequence of drought tolerance during seedling was *Lolium perenne* > *Festuca arundinacea* > *Bromus inermis* > *Festuca rubra* > *Agrostis stolonifera*.

**Key words:** cold-season turfgrass; drought resistance; drought tolerance; physiological index

近年来,我国草坪已迅速深入到人类的生产和生活当中,对其赖以生存的环境起着改善、美化与保护作用,成为建设物质文明与精神文明的一个重要组成部分。我国北方地区属于大陆性气候,多数地区干旱少雨,干旱胁迫是限制草坪群落中所有植物种类生长的一个最主要的环境因子<sup>[1,2]</sup>,研究草坪草抗旱性的差异以及抗旱机理,对草坪管理具有重要价值<sup>[3,4]</sup>。植物的抗旱性是指植物通过一定的抗旱方式在长期干旱胁迫下生存的能力<sup>[5]</sup>,植物的抗旱性大小随着评价方法、干旱持续时间以及土壤条件的不同而变化<sup>[6]</sup>,本文观测了 5 种草坪草在干旱胁迫下的叶色、质地、覆盖度、整齐均一度、生长势等等形态特征,同时从叶片相对含水量、细胞膜透性比较了草坪的抗旱性,以期对草坪草的引种驯化,草中选择和栽植管理提供参考。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

供试材料共计 5 个种 5 个品种。多年生黑麦草(*Lolium*

*perenne*) 品种‘全明星’(All star)、匍匐翦股颖(*Agrostis stolonifera*) 品种‘海滨’(Seaside)、紫羊茅(*Festuca rubra*) 品种‘堡垒’(Fortress)、高羊茅(*Festuca arundinacea*) 品种‘美洲虎’(Jaquar)、无芒雀麦(*Bromus inermis*)。试验草种均由中国农业科学院畜牧研究所提供。

#### 1.2 试验方法

先将等比例的沙土和腐殖土混合作为培养基质,测定其干重和吸湿重,计算出田间持水量约 60%。据此将水分胁迫分为 3 个梯度,即土壤含水量为 40% (轻度胁迫)、30% (中度胁迫) 和 20% (重度胁迫)。称取等量的混合基质 80 g,装入塑料花盆中,5 月中旬在温室中播种后,按照常规管理浇水,5 d 后开始萌发出苗,10 d 后进行水分胁迫实验。每天傍晚浇水至所需重量。

#### 1.3 指标测定及测定方法

测定指标分为两部分:植株外观形态观测和生理生化指标测定。植株外观形态观测指标包括草坪质量、植株高度和根系生长;抗旱生理生化指标包括叶片相对含水量、细胞膜透性。

收稿日期:2005-12-21

作者简介:高涵(1982—),男,硕士,辽宁海城人,研究方向:森林生态与流域治理;责任作者:鲁绍伟(1972—),男,博士,高级工程师,硕士生导师,研究方向:森林生态与森林水文。

采用 9 分制评价法来评定<sup>[7]</sup>草坪质量。种子萌发 1 个月 后,定期对各草种的综合性状通过专家评分法评判,9 代表致密、墨绿和饱满的草坪,1 表示草坪草已经死亡,6.5 以上为理想草坪。内容包括草种的颜色、质地、覆盖度、整齐均一度、生长势等项。定期观测植株高度、根长、每 10 棵植株的地上部分叶片鲜重、干重、饱和重及根干重。按华东师范大学主编植物生理学试验指导<sup>[8]</sup>观测叶片相对含水量,重复 3 次。采用电导仪法<sup>[9]</sup>观测细胞膜透性。

2 结果与分析

2.1 草坪质量

优良的草坪要求较高的均一性。多年生黑麦草、高羊茅、紫羊茅由于生长健壮整齐,覆盖度高,颜色和质地较好,总体得分较高;匍匐翦股颖尽管颜色和质地很好,但由于生长势弱,覆盖度差,总体表现不佳;无芒雀麦由于生长不整齐,易倒伏,不耐刈割,不能形成草坪效果,得分较低。

2.2 植株高度

不同草种的植株高度随胁迫程度的加强而减小。胁迫程度越高,植株生长速率越小,一般以中度胁迫为界限,当土壤水分轻度胁迫时,植株生长较快,与对照(田间持水量)差异较小,当土壤水分中度和重度胁迫时,植株生长速度明显减慢。从植株地上部干重来看,5 种冷季型草在轻度胁迫时生物量减小量很小,表明光合作用受影响较小,植株忍耐轻度水分胁迫;中度水分胁迫时,各草种之间出现差异,其中多年生黑麦草、高羊茅生物量受影响较小,无芒雀麦、紫羊茅、匍匐翦股颖在第 5~7 d 后生物量明显下降。

2.3 根系生长

从根的生长来看,不同冷季型草的根系长度随水分胁迫的影响各不相同,其中多年生黑麦草对水分胁迫的反映最不敏感,其次为高羊茅和紫羊茅,它们在重度水分胁迫时,根的生长量才明显减弱,无芒雀麦在中度水分胁迫时根的生长量明显减小,匍匐翦股颖的根系发育最差,轻度水分胁迫时,根的生长即明显受抑制。比较根的干重,匍匐翦股颖由于根系细弱,生物量很小,而无芒雀麦、高羊茅、紫羊茅在中度水分胁迫时,根的生物量很少受影响,多年生黑麦草也是到第 7 天生生物量才停止增长的,它们在重度水分胁迫时,根的生物量则严重受影响。

2.4 叶片相对含水量

叶片相对含水量能较好反映细胞的水分生理状态,缺水条件下,细胞内水分减少,相对含水量下降。总体来说,随着水分胁迫的加强,叶片含水量逐渐下降(表 1),其中中度胁迫时下降值较小,重度胁迫时则明显下降(图 1),各草种的叶片相对含水量下降值以多年生黑麦草、无芒雀麦较小,高羊茅和紫羊茅居中,匍匐翦股颖下降值较大(图 2)。

2.5 叶片电导率

从叶片渗出液的电导率(表 2)可以看出,在重度胁迫后各草种的数值普遍有大幅度提高,表明细胞受害严重;在中度胁迫后,各草种表现不一,多年生黑麦草、紫羊茅、高羊茅的电导率值在第 5~7 d 才有一定的增加,但增幅不大,而无芒雀麦、匍匐翦股颖在第 3~5 d 就有较大程度的增加,而且匍匐翦股颖的在轻度胁迫 5 d 后电导率值也有上升。

2.6 5 种冷季型草坪草抗旱性综合评价

植物在受到水分胁迫后,抵御适应干旱的途径和方式多种多样,因而用单一或个别植株外观形态和生理生化指标是难以进行复杂的抗旱鉴定,所以应采用多项指标进行综合评价。植株生长高度是较直观的指标,基本能反映植株的生长

状况,但由于数据可比性差,难以确定抗旱性级别。植株地上部干重既反映了植株的生长高度,又综合了植株分蘖力、叶片光合作用等多方面情况,比较能反映抗旱性的水平。叶片相对含水量反映叶片水分含量的水平,相对含水量越高,表明该种草坪草的保水能力强,能在一定程度上反映植株对干旱的适应能力。叶片浸出液的电导值反映着叶细胞的受害程度,电导率上升慢,组织或细胞受损轻。比较能反映植株受害的程度,因而是判定植株抗旱性的一个较好指标。根系长度和重量反映了根系的生长情况,一般来说植株根系越发达,吸水力越强,对干旱的抵御力越强。对以上耐旱指标进行综合评价,用打分的方法进行综合评价结果见表 3。综合上述指标,5 种冷季型草坪草的抗旱能力由强到弱依次为:多年生黑麦草>高羊茅>无芒雀麦>紫羊茅>匍匐翦股颖。

表 1 叶片相对含水量 %

草种	胁迫程度	天数/d			
		0	2	4	6
匍匐翦股颖	对照	94.34	92.09	91.01	89.30
	轻度	92.31	90.62	89.08	87.94
	中度	91.11	86.84	86.46	83.46
	重度	84.21	74.00	66.67	63.08
无芒雀麦	对照	93.85	92.79	91.58	90.52
	轻度	92.10	90.51	89.42	88.64
	中度	90.55	88.42	87.66	84.25
	重度	87.45	79.91	73.28	68.57
高羊茅	对照	95.07	93.88	92.55	90.31
	轻度	92.56	91.59	89.40	87.95
	中度	89.80	87.30	86.74	80.73
	重度	78.25	72.06	64.98	62.92
紫羊茅	对照	93.65	92.94	90.37	90.10
	轻度	92.99	92.41	90.48	89.60
	中度	89.92	88.65	88.41	84.32
	重度	82.33	67.58	65.78	62.34
多年生黑麦草	对照	95.56	93.87	92.45	90.72
	轻度	93.46	91.76	89.25	88.92
	中度	91.78	89.68	87.33	85.13
	重度	86.36	81.36	70.15	70.02

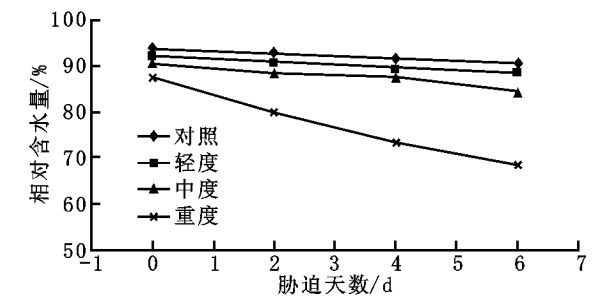


图 1 连续水分胁迫后无芒雀麦叶片相对含水量的变化

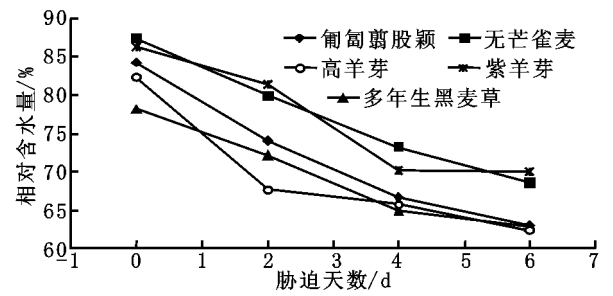


图 2 连续重度水平胁迫后不同草坪草叶片相对含水量的变化

表 2 叶片电导率  $\mu\text{v}/\text{cm}$

草种	胁迫程度	天数			
		0	2	4	6
匍匐翦股颖	对照	210	242	262	343
	轻度	187	245	316	345
	中度	270	346	450	708
	重度	840	2460	3990	4928
无芒雀麦	对照	160	282	262	290
	轻度	190	206	224	242
	中度	247	347	524	735
	重度	358	876	739	1380
高羊茅	对照	187	198	227	230
	轻度	138	185	162	266
	中度	197	195	276	428
	重度	433	925	1296	2400
紫羊茅	对照	205	212	227	225
	轻度	130	199	215	213
	中度	230	340	460	516
	重度	276	866	1337	2950
多年生黑麦草	对照	178	181	205	210
	轻度	185	200	220	272
	中度	209	243	320	350
	重度	666	678	1084	2590

参考文献：

[1] 庞鸿宾. 节水农业工程技术[M]. 郑州:河南科学技术出版社, 2000. 40 - 63.

[2] Huang B R, Fry J D. Root anatomical physiological and Morphological responses to drought stress for tall fescue cultivars[J]. Crop Sci., 1998(38):1017 - 1022.

[3] Bonos S A, Murphy J A. Growth response and performance of Kentucky bluegrass under summer stress[J]. Crop Sci., 1999(39):770 - 774.

[4] 徐炳成, 山仑, 黄占彬. 草坪草对干旱胁迫的反应及适应性研究进展[J]. 中国草地, 2001, 23(2):55 - 61.

[5] 山仑, 陈陪元. 旱地农业生理生态基础[M]. 北京:科学出版社, 1998. 100 - 121.

[6] Carrow R N. Drought avoidance characteristics of diverse tall fescue cultivars[J]. Crop Sci., 1996(36):371 - 377.

[7] 李敏. 草坪地被植物的引种[A]. 见:陈佐忠. 面向 21 世纪的中国草坪科学与草坪业[M]. 北京:中国农业大学出版社, 1998. 106 - 111.

[8] 华东师范大学生物系植物生理教研组. 植物组织含水量测定, 植物生理学试验指导[M]. 北京:高等教育出版社, 1980. 2 - 5.

[9] 西北农大生理教研室. 植物生理大试验指导[M]. 西安:陕西农业科学出版社, 1985. 1 - 2, 42 - 44, 47 - 48, 92 - 94, 148 - 154.

[10] 李培英. 优良草坪草研究[J]. 北京:北京农业出版社, 2001. 132 - 145.

(上接第 125 页)

参考文献：

[1] 李惠明, 尚广平. 水质现状评价数学模型综合研究[J]. 中国环境科学, 1991, 11(5):356 - 360.

[2] 傅湘, 纪昌明. 区域水资源承载能力综合评价 - 主成分分析法的应用[J]. 长江流域资源与环境, 1995, 8(2):168 - 173.

[3] 董菁, 张毅, 张佐, 等. 基于主成分分析法的城市交通路口相关性分析[J]. 西南交通大学学报, 2003, 38(6):619 - 622.

[4] 王红芬. 计量地理学概论[M]. 济南:山东教育出版社, 2001. 142 - 144.

[5] 任广平. 因子分析及其在河网水质综合评价中的应用研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2005, 6(4):91 - 94.

[6] Richard A. Johnson, Dean W. Wichern. 实用多元统计分析[M]. 北京:清华大学出版社, 2001. 388 - 425.

[7] 张路, 范成新, 秦伯强, 等. 太湖宜粟河水系沉积物中多环芳烃来源解析[J]. 地球化学, 2003, 32(2):124 - 130.

[8] 程晓如, 方正, 薛英文. 东湖西南湖区水质监测与评价[J]. 武汉大学学报(工学版), 2001, 34(5):96 - 100.

表 3 干旱胁迫下 5 种冷季型草坪草各指标得分比较

品种名称	植株高度	根系生长	叶片相对含水量	叶片电导率	总计
匍匐翦股颖	1	1	1	1	4
无芒雀麦	3	2	4	2	11
高羊茅	4	4	3	3	14
紫羊茅	2	3	2	4	11
多年生黑麦草	5	5	5	5	20

3 结论与讨论

干旱胁迫下,不同草种的植株高度随胁迫程度加强而减小。胁迫程度越高,植株生长速率越小。不同冷季型草的根系长度随水分胁迫的影响各不相同,其中多年生黑麦草对水分胁迫的反映最不敏感,其次为高羊茅和紫羊茅,它们在重度水分胁迫时,根的生长量才明显减弱,无芒雀麦在中度水分胁迫时根的生长量明显减小,匍匐翦股颖的根系发育最差,轻度水分胁迫时,根的生长即明显受抑制。

随着水分胁迫的加强,冷季型草坪草叶片含水量逐渐下降,而电导率升高。胁迫使细胞膜受到伤害,削弱其选择透性,细胞液外渗液增加,即表现为电导率增大。干旱对细胞膜的伤害随着胁迫程度的提高而加大,且胁迫程度越高电导率就越大<sup>[10]</sup>。抗性强的品种在干旱条件下叶片相对含水量降低幅度小,电导率上升较慢,表明植物受伤害程度较轻。不同胁迫水平效应间电导率差异呈极显著,多年生黑麦草电导率增加最少,匍匐翦股颖电导率增加最多。

综合上述抗旱指标对 5 种冷季型草坪草苗期水分胁迫下的变化规律,赋分综合评价,其幼苗抗旱能力由强到弱依次为:多年生黑麦草>高羊茅>无芒雀麦>紫羊茅>匍匐翦股颖。