

文章编号:1001-7380(2017)02-0011-05

高温干旱双重胁迫对高羊茅生长 和生理特征的影响研究

梁 越

(盐城师范学院校园环境中心,江苏 盐城 224051)

摘要:高羊茅为冷季型草坪草,在夏季生长过程中,常遭受高温与干旱的双重胁迫。试验通过模拟干旱和高温环境条件,研究了高温与干旱双重胁迫对高羊茅生长及生理特征的影响。研究表明:随着双重胁迫时间的延长,对照组高羊茅无明显伤害症状,而处理组高羊茅的伤害症状逐步升级;叶片内过氧化物酶(POD)和超氧化物歧化酶(SOD)活性呈现出先增加后降低的趋势,与对照组相比,6 d始发生显著性差异;叶片可溶性糖含量、MDA含量、相对电导率逐渐增加,与对照组相比,6 d始发生显著性差异;叶片Pro含量逐渐增加,叶片含水量逐渐下降,与对照组相比,9 d始发生显著性差异。

关键词:高羊茅;联合胁迫;生长;生理特征;影响

中图分类号:Q945.78 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2017.02.003

Effect of high temperature and drought stress on the growth and physiological characteristics of *Festuca arundinacea*

LIANG Yue

(Campus Environment Center, Yancheng Teachers' College, Yancheng 224051, China)

Abstract: *Festuca arundinacea* is a cold-season turf grass species which often suffers from joint stress of high temperature and drought in the summer. By simulation of drought and high temperature environment, the joint effects on its growth and physiological characteristics were studied. The results showed that as joint stress prolonged, (1) the injury symptoms aggravated gradually; (2) the activities of POD and SOD increased first and then reduced, with significant differences occurring between CK and treatment after 6 days' stress; (3) leaf soluble sugar content, MDA content, relative conductivity increased slowly, with significant differences occurring between CK and treatment after 6 days' stress; (4) gradually, leaf proline content increased while leaf water content reduced, with significant differences occurring between CK and treatment after 9 days' stress. The research result will give a reference to the *Festuca arundinacea* turf grass maintenance in summer.

Key words: *Festuca arundinacea*; Joint stress; Growth; Physiological characteristics; Effect

近年来,随着我国城市化进程不断加快和人民生活质量不断提高,人们开始对生活环境质量更加重视^[1]。草坪草是3大园林植物之一,在美化环境、改善环境质量方面具有举足轻重的作用,因而被广泛应用于场馆建设、水土保持以及城市绿化等方面^[2]。

高羊茅(*Festuca arundinacea*)为冷季型草坪草,属禾本科,禾本科多年生地被植物,按功能用途一

般可分为2种,即牧草型(饲养牲畜)和草坪型(观赏)^[3]。高羊茅性喜潮湿寒冷、温暖的气候,在16—25℃的温度下生长最为适宜,一般在肥沃、潮湿、富含有机质、pH值4.6—8.6的细壤土中生长良好^[4]。在我国因其建坪快、绿期长、抗性好、观赏效果佳而广泛应用于城市绿化建设中,已成为草地群落的重要建群种之一,是我国目前重要的草坪植物^[5]。以往,高羊茅主要用于华北地区、东北地区和新疆等

收稿日期:2016-12-23;修回日期:2017-03-10

基金项目:盐城师范学院校级科研项目“盐城师范学院新长校区校园绿化草坪管理的研究”(14YCKL021, 10YCKL029)

作者简介:梁 越(1982-),男,江苏盐城人,硕士研究生。研究方向为植物生物技术。Tel:13770003668; E-mail: syeele@163.com。

地区的草坪建植中^[6]。但是随着冷季型草坪草的推广应用,高羊茅目前在我国长江中下游地区也广泛种植。夏天梅雨季节过后,长江中下游地区高温、干旱、少雨,这严重影响了高羊茅的生长^[7]。因此开展高温和干旱双重胁迫对高羊茅生长和生理特征的影响研究,对于该地区高羊茅的应用和管理具有重要的意义^[8]。

本试验以长江中下游地区园林绿化中广泛使用的高羊茅品种“猎狗 5 号”为研究材料,对其进行高温干旱双重胁迫试验,对胁迫过程中高羊茅的叶片伤害等级与症状、过氧化物酶活性、超氧化物歧化酶活性、可溶性糖含量、脯氨酸含量、丙二醛含量、叶片含水量、相对电导率等的变化进行研究,旨在利用相关研究结果对该地区高羊茅草坪的生长和夏季养护进行科学指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

研究材料采集自江苏省盐城师范学院新长校区的高羊茅绿地草坪,品种为“猎狗 5 号”。2016 年 4 月初取高羊茅草皮块种植于塑料花盆中,共种植 6 盆,种植结束后放于生物园进行常规管理。待盖度逾 90%时,选择其中 3 盆,放于光照培养箱中进行模拟高温干旱处理。由于高羊茅为冷季型草坪,为确保其受到足够胁迫产生明显生理变化,本研究模拟本地区夏季高温状况的方法,参照徐胜、韩春梅

等^[2,6],即高温处理为 8:00 到 18:00 给予每天 10 h 35 ℃ 的高温,光照度 2 000 lx,其他时间内温度设为 16 ℃;干旱处理为一直不浇水。另外 3 盆放在实验室正常管理。在胁迫处理的 3,6,9,12 d 和 15 d 时,观察叶片伤害症状,测定过氧化物酶、超氧化物歧化酶活性,可溶性糖、脯氨酸、丙二醛、叶片含水量和相对电导率。

1.2 指标测定方法

在处理的 3,6,9,12,15 d 时调查叶片高温+干旱胁迫受伤害状况,记录外部形态变化情况。伤害症状评价标准采用 5 级制,分别为 0,1,2,3 级和 4 级^[6]。然后分别进行叶片过氧化物酶活性^[9]、超氧化物歧化酶活性的测定^[10],可溶性糖^[11]、脯氨酸^[12]、丙二醛^[13]、叶片含水量的测定^[14]以及叶片相对电导率的测定^[15]。每个指标重复 3 次。

1.3 数据分析

数据用 Origin 9 进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 高温干旱双重胁迫对高羊茅叶片伤害的影响

双重胁迫过程中,叶片受害情况列于表 1。从表 1 可以看出,对照组高羊茅未受到明显伤害。处理组在胁迫 15 d 中受到的伤害越来越大,到 15 d 时达最大级数,表现为植株叶片严重皱缩反卷,大量叶片枯黄,植株萎蔫。

表 1 高温干旱胁迫下高羊茅外部形态变化

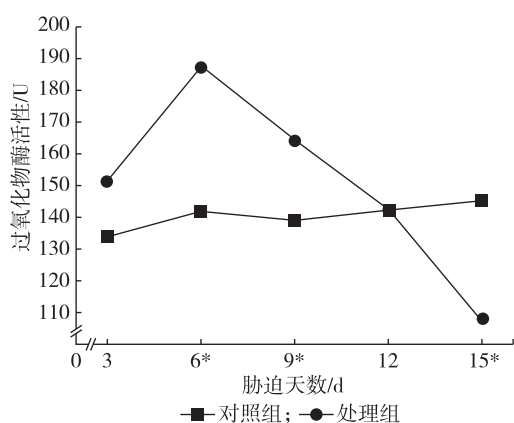
胁迫时间/d	处理组		对照组	
	受害等级	受害症状	受害等级	受害症状
3	1	植株新叶叶缘轻度反卷,部分老叶轻度反卷	0	植株正常无伤害症状
6	2	叶片中度皱缩反卷,半数叶片萎蔫	0	植株正常无伤害症状
9	2	叶片中度皱缩反卷,半数叶片萎蔫	0	植株正常无伤害症状
12	3	叶片中度皱缩反卷,大量叶片萎蔫,枯黄	0	植株正常无伤害症状
15	4	植株叶片严重皱缩反卷,大量叶片枯黄,植株萎蔫	0	植株正常无伤害症状

2.2 高温干旱双重胁迫对高羊茅叶片过氧化物酶活性的影响

在高温和干旱双重胁迫过程中,高羊茅叶片过氧化物酶活性变化如图 1 所示。图 1 表明,对照组叶片过氧化物酶活性变化范围为 134—147 U,变化范围不大;而处理组叶片酶活性变化则较大。在双重胁迫的 3—6 d,处理组其叶片过氧化物酶活性保

持持续增高,在第 6 d 达到高峰 187 U,是对照组的 1.31 倍。而 6 d 后,处理组叶片过氧化物酶活性保持持续降低,到了处理后第 12 d 和第 15 d,处理组过氧化物酶活性小于对照组过氧化物酶活性。在第 12 d,是对照组的 99.3%;第 15 d 为 76.8%。经方差分析,在双重处理的第 3 d,2 组叶片过氧化物酶活性指标则无显著差异($P>0.05$),而在双重处理

的6 d和9 d,处理组过氧化物酶活性显著高于对照组($P<0.05$)。在经处理后第12 d,相较于对照组,过氧化物酶活性无显著差异($P>0.05$),而在经处理后第15 d,处理组过氧化物酶活性显著低于对照组($P<0.05$)。



* 表示处理组和对照组间存在显著差异($P<0.05$)

图1 高温干旱双重胁迫对高羊茅叶片过氧化物酶活性的影响

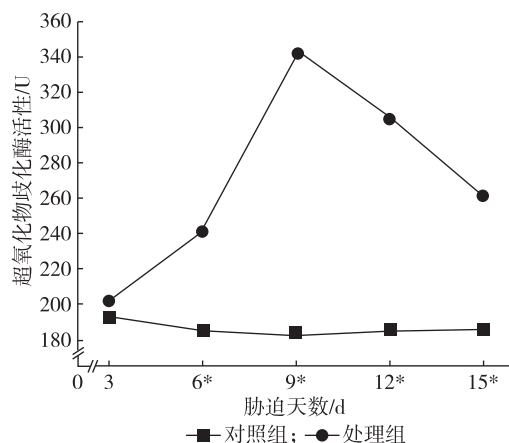
2.3 高温干旱双重胁迫对高羊茅叶片超氧化物歧化酶活性的影响

在高温和干旱双重胁迫过程中,2组叶片超氧化物歧化酶活性变化有较大差异。如图2所示,对照组超氧化物歧化酶活性变化并不明显,活性变化范围介于182—193 U,而相应处理组超氧化物歧化酶活性变化范围则较大。在双重胁迫的3—9 d,处理组超氧化物歧化酶活性表现出持续增高态势,在第9 d达到峰值342 U,是对照组的1.87倍。但在第9 d后,处理组叶片超氧化物歧化酶活性表现出持续下降态势,但一直高于对照组指标。经方差分析,在第3 d时,2组超氧化物歧化酶活性指标无显著差异($P>0.05$);而在第6—15 d时间段中,处理组超氧化物歧化酶活性则显著高于对照组($P<0.05$)。

2.4 高温干旱双重胁迫对高羊茅叶片可溶性糖的影响

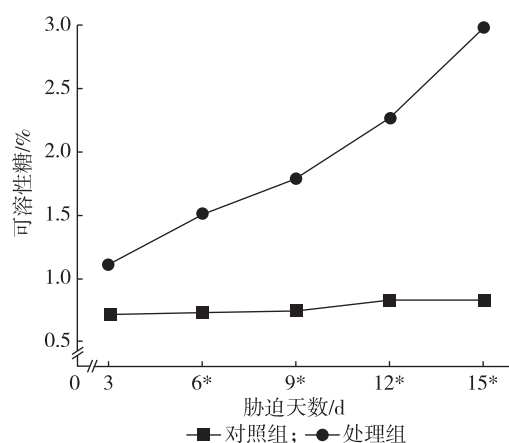
可溶性糖是植物体内的一种调节渗透物质。按图3所示,在高温及干旱双重胁迫过程中,2组高羊茅叶片可溶性糖含量变化有明显不同。从图3中可以看出,对照组可溶性糖含量变化不明显,活性变化范围为0.73%—0.85%之间,而处理组含量变化非常明显,在双重胁迫的3—15 d,可溶性糖在处理组的含量持续增高,在第15 d时达到峰值2.99%,比对照组高出2.51倍。经方差分析,从处

理后的第6 d始,处理组可溶性糖含量一直显著高于对照组($P<0.05$)。



* 表示处理组和对照组间存在显著差异($P<0.05$)

图2 高温干旱双重胁迫对高羊茅叶片超氧化物歧化酶活性的影响

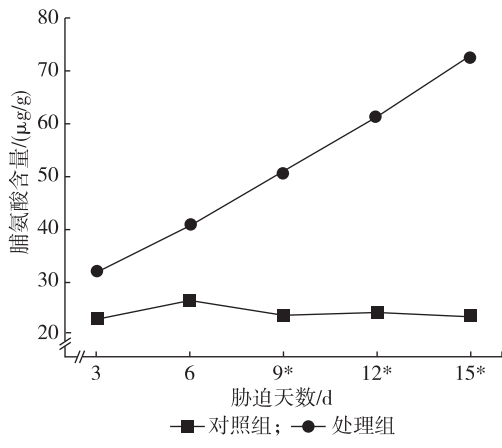


* 表示处理组和对照组间存在显著差异($P<0.05$)

图3 高温干旱双重胁迫对高羊茅叶片可溶性糖的影响

2.5 干旱高温双重胁迫对高羊茅叶片脯氨酸的影响

脯氨酸是一种植物蛋白,以游离状态广泛分布于植物体中,主要作用为调节植物体内的渗透压。按图4所示,高温及干旱胁迫过程中,脯氨酸含量变化在2组叶片中差异较为明显。由图4中可以看出,脯氨酸含量变化在对照组中不明显,含量变化范围为23.41—26.57 $\mu\text{g/g}$ 之间;而其在处理组中变化显著,在双重胁迫的第3—15 d,脯氨酸含量在处理组叶片中持续增高,在第15 d时达到峰值72.61 $\mu\text{g/g}$,比对照组高出1.91倍。经方差分析,在处理后的第3—6 d,2组叶片脯氨酸含量无显著差异($P>0.05$),而从第9 d始,处理组脯氨酸含量显著高于对照组($P<0.05$)。

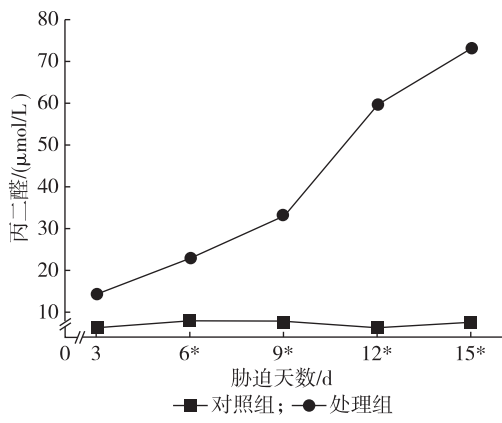


* 表示处理组和对照组间存在显著差异 ($P < 0.05$)

图 4 高温干旱双重胁迫对高羊茅叶片脯氨酸的影响

2.6 高温干旱双重胁迫对高羊茅叶片丙二醛的影响

膜脂过氧化往往发生在植物器官衰老或处于逆条件下,丙二醛是其产物之一,通常将其作为脂质过氧化标志。如图 5 所示,2 组高羊茅叶片中丙二醛含量变化在双重胁迫过程中有明显不同。对照组中丙二醛含量的变化程度微弱,含量变化范围在 7.31—8.59 $\mu\text{mol/L}$ 之间,而其在处理组中变化程度较为明显。受到胁迫的第 3—15 d,处理组叶片丙二醛含量持续增高,在第 15 d 达到峰值 73.47 $\mu\text{mol/L}$,比对照组丙二醛含量高出 8.5 倍。经方差分析,从联合处理后第 6 d,处理组丙二醛含量一直显著高于对照组 ($P < 0.05$)。



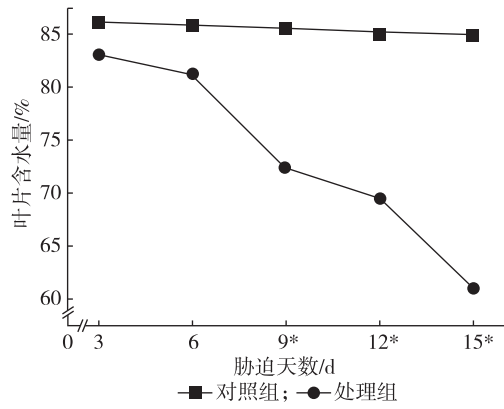
* 表示处理组和对照组间存在显著差异 ($P < 0.05$)

图 5 高温干旱双重胁迫对高羊茅叶片丙二醛的影响

2.7 高温干旱双重胁迫对高羊茅叶片含水量的影响

在高温及干旱双重胁迫过程中,高羊茅叶片含

水量变化如图 6 所示。在图 6 中,可以看出,叶片含水量在对照组中基本保持不变,含量变化范围在 84.9%—86.1%之间;而含水量在处理组中变化较大,在联合胁迫 3—15 d,处理组叶片含水量一直下降,在第 15 d 降低至最低值 61.1%,是对照组叶片含水量的 71.96%。经方差分析,在处理后的第 3—6 d 中,处理组叶片含水量低于对照组,但差异不显著 ($P > 0.05$);从处理后 9 d 始,处理组叶片含水量显著低于对照组 ($P < 0.05$)。



* 表示处理组和对照组间存在显著差异 ($P < 0.05$)

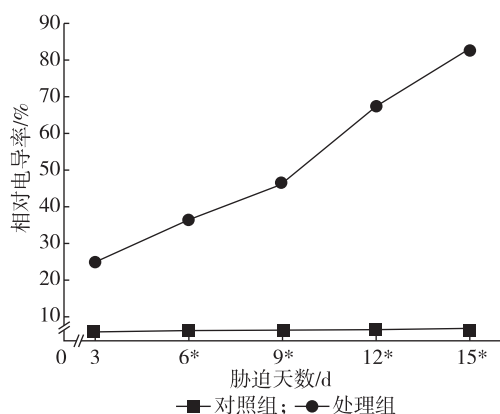
图 6 高温干旱双重胁迫对高羊茅叶片含水量的影响

2.8 高温干旱双重胁迫对高羊茅叶片细胞膜透性的影响

相对电导率是衡量细胞膜透性的重要指标之一。干旱及高温胁迫过程中,高羊茅叶片相对电导率变化如图 7 所示。可以看出,对照组的相对电导率变化不大,变化范围在 7.3%—8.2%之间,但处理组相对电导率变化较大,在联合胁迫 3—15 d,处理组相对电导率持续增高,在第 15 d 达到峰值 83.1%,是对照的 10.13 倍。经方差分析,从处理后第 6 d 始,处理组相对电导率显著高于对照组 ($P < 0.05$)。

3 结论与讨论

高等植物对逆境的适应是一个综合的生物调节过程,需要各种生理生化过程的协同作用,而非某种单一的过程就能够使植物成功地抵御逆境胁迫^[16]。SOD 是生物演化过程中建立起来的细胞抵御活性氧伤害的生物酶促防御系统的关键酶,在清除超氧自由基、过氧自由基、羟自由基等方面起重要作用^[17]。SOD 能将活性氧转化为 H_2O_2 ^[18]。研究发现,在高温和干旱胁迫过程中,高羊茅 SOD 酶



* 表示处理组和对照组间存在显著差异 ($P < 0.05$)

图7 高温干旱双重胁迫对高羊茅相对电导率的影响

的活性先上升后下降,这与 Benesova 等的研究结果相一致^[19]。在遭受逆境胁迫时,细胞会发生代谢变化,积累渗透调节物质,可溶性总糖和游离脯氨酸是植物体内2种重要的渗透调节物质,在提高植物对各种环境胁迫因子抗性、调节植物对环境胁迫的适应性等方面起着非常重要的作用^[20-21]。在干旱和高温胁迫过程中,高羊茅的可溶性总糖和游离脯氨酸的含量逐渐增加,这与 Wu 等^[22]和 Silva 等^[23]的研究结果一致。MDA 含量和细胞质膜的透性是反映膜脂过氧化作用强弱和质膜破坏程度的重要指标^[24],高温和干旱胁迫过程中,高羊茅叶片 MDA 含量和相对电导率逐渐增加,说明细胞膜在逆境条件下受到了伤害,Gao 等^[25]在马铃薯的逆境研究中也发现了类似现象。植物生理特征的变化会引起生长特征的变化,导致高羊茅出现了不同程度的受害症状。

综上所述,在高温及干旱双重胁迫的逆环境下,高羊茅叶片丙二醛含量增加,叶片含水量逐渐下降,细胞膜透性增加,叶片出现了明显的受害症状。体内抗氧化保护酶 POD 和 SOD 酶活性的增加,渗透条件物质可溶性总糖和脯氨酸的积累在一定程度上可以减少高羊茅在逆境条件下的氧化损伤和渗透胁迫,对高羊茅起到一定的保护作用。长江中下游地区在梅雨季节过后,气温迅速升高,高温干旱的年度最高温度可达 40℃,甚至更高;本研究认为,高温干旱持续期间,进入高温干旱的第3d 是一个最初的关键点,此时应做好抗旱准备;高温干旱的第6d 则是最重要的关键点,如果此时仍未开始浇水抗旱工作,并在1—2d 内完成浇水作业,则可预见,高羊茅草坪将受到极大伤害;而到第9d,

此时如仍不进行抗旱作业,则高羊茅草坪大面积受损已成定局。如进行浇水作业,则能保护大部分草坪生长状态不进一步恶化。超过9d 进行抗旱浇水,则已很难挽回草坪所受的损失。考虑到在大田中干旱发生相对于高温有一定的滞后性,实际高羊茅草坪生长和夏季养护中,出于节水和降低工作量的目的,可以认为,在高温持续的第3—4d,当准备对草坪进行补水作业;如高温干旱持续无有效降水,在第6—7d 应迅速进行补水抗旱作业,并在1—2d 内完成。

参考文献:

- [1] 唐晓梅,王 艳,马东伟,等. 干旱胁迫下高羊茅基因组甲基化分析[J]. 草业学报, 2015, 24(4):164-173.
- [2] 徐 胜,何兴元,陈 玮,等. 高羊茅对高温的生理生态响应[J]. 应用生态学报, 2007, 18(10):2219-2226.
- [3] 赵丽丽,吴佳海,陈 莹,等. 干旱对高羊茅生理特性的影响及抗旱性评价[J]. 中国草地学报, 2015, 37(4):15-20.
- [4] 陈 群,袁晓君,何亚丽. 高羊茅单株耐热性相关分子标记的筛选及其与越冬性的关系研究[J]. 草业学报, 2013, 22(5):84-95.
- [5] 赵状军,胡龙兴,胡 涛,等. 不同品系高羊茅应答高温胁迫的初级代谢产物分析[J]. 草业学报, 2015, 24(3):58-69.
- [6] 韩春梅,张新全,彭 燕,等. 18 个高羊茅品种的耐热性比较研究[J]. 草原与草坪, 2006(1):36-44.
- [7] 何亚丽,刘友良,陈 权,等. 水杨酸和热锻炼诱导的高羊茅幼苗的耐热性与抗氧化的关系[J]. 植物生理与分子生物学报, 2002, 28(2):89-95.
- [8] 周中亮,包满珠,王文恩. 高温胁迫对6个高羊茅株系生理指标的影响[J]. 草业科学, 2011, 28(7):1284-1290.
- [9] 张庆峰,徐 胜,李建龙. 高温胁迫下高羊茅生理生化特性研究[J]. 草业科学, 2006, 23(4):26-28.
- [10] 李 卉,王 艳,王海宏,等. 高温胁迫下草坪草高羊茅差异表达基因的分子研究[J]. 天津农业科学, 2015, 21(1):1-5.
- [11] 韩春梅,张新全,刘明秀,等. 高羊茅耐热性的研究概况[J]. 草业与畜牧, 2004(12):30-33.
- [12] 张晓波,翟晓朦,许沛冬,等. 野牛草抗旱性研究进展[J]. 草原与草坪, 2015(1):93-96.
- [13] 徐东生,孟志卿. 高温对高羊茅和狗牙根几个生理生化指标的影响[J]. 江西农业学报, 2007, 19(8):67-68.
- [14] 李良霞,李建龙,张 强,等. 高温胁迫对高羊茅细胞膜及其核 DNA 伤害的影响[J]. 贵州农业科学, 2008, 36(1):37-39.
- [15] 赵相勇,陈培燕,袁庆华,等. 高羊茅苗期抗旱性的生理研究[J]. 西南农业学报, 2009, 22(3):621-624.
- [16] 张金林,李惠茹,郭姝媛. 高等植物适应盐逆境研究进展[J]. 草业学报, 2015, 24(12):220-236.
- [17] BOSE J, RODRIGOMERENO A, SHABALA S. ROS homeostasis in halophytes in the context of salinity stress tolerance[J]. Journal of Experimental Botany, 2014, 65(5):1241-1257.

(下转第21页)

属性为防护绿地,防护作用侧重性高。另外,样地植物群落特征呈现不均匀性,反映出对淮安的各个河段水陆交错带没有统一规划。植物群落综合平均指标东段2岸比西段2岸高,此结果验证了规划要求近20 a内城市中心东移的趋势。

今后在淮安城市河流沿岸植物景观营造中,应增加大运河水陆交错带的植物物种,对其他河流水陆交错带植物景观,应注意结合不同地理位置的特色,挖掘各条河流交错带自身的特点,形成特别的城市河流交错带绿化配置^[10]。另外,乔灌木种类配置的合理性,群落增长的稳定性等,都是值得继续研究的问题。

参考文献:

- [1] 孙世卫,李秀莹,赵春斌,等.衡水湖北岸堤植物群落调查分析[J].北方园艺,2013(8):87-89.
- [2] 唐丽红,马明睿,韩 华,等.上海市景观水体水生植物现状及配置评价[J].生态学杂志,2013,32(3):563-570.
- [3] 季梦成,缪丽华,蒋跃平,等.杭州西溪湿地苔藓植物种类与群落调查[J].湿地科学,2015,13(3):299-305.
- [4] 徐晓清.南京城市滨水绿地植物群落研究与综合评价分析[D].南京:南京农业大学,2007.
- [5] 陆明华,王 冰,顾至欣.线性空间植物群落调查及配置模式——以南京新城区道路路侧绿地景观为例[J].林业科技开发,2014(5):141-145.
- [6] 王玉凤.南京城市滨水公园植物景观配置研究[D].南京:南京林业大学,2010.
- [7] 张佳平,丁彦芬.江苏云台山糙叶树群落调查及植物配置模式研究[J].中国园林,2013(4):18-23.
- [8] 胡海辉,徐苏宁.黑龙江自然植物群落调查与寒地城市绿化模拟策略[J].中国园林,2013(8):104-108.
- [9] 姚 瑶.城市滨河绿地植物景观规划设计初探[D].北京:北京林业大学,2010.
- [10] 陈明宇.浅析滨河带状绿地景观规划设计[J].沿海企业与科技,2010(7):72-74.
- [11] 焦 蓉,刘好宝,刘贯山,等.论脯氨酸累积与植物抗渗透胁迫[J].中国农学通报,2011,27(7):216-221.
- [12] BENESOVA M, HOLA D, FISCHER L, et al. The physiology and proteomics of drought tolerance in maize: early stomatal closure as a cause of lower tolerance to short-term dehydration?[J]. Plos One, 2012, 7(6):e38017.
- [13] 张 毅.氯化钠胁迫对油菜幼苗生理生化指标的影响[J].北方园艺,2012,2(6):16-18.
- [14] GORAI M, ALOUI W E, YANG X, et al. Toward understanding the ecological role of mucilage in seed germination of a desert shrub *Henophyton deserti*: interactive effects of temperature, salinity and osmotic stress[J]. Plant and Soil, 2014, 374(1):727-738.
- [15] WU S W, HU C X, TAN Q L, et al. Effects of molybdenum on water utilization, antioxidative defense system and osmotic adjustment ability in winter wheat (*Triticum aestivum*) under drought stress[J]. Plant Physiology & Biochemistry, 2014, 83:365-374.
- [16] SILVA E N, FERREIRA-SILVA S L, VIEGAS R A, et al. The role of organic and inorganic solutes in the osmotic adjustment of drought-stressed *Jatropha curcas* plants[J]. Environmental & Experimental Botany, 2010, 69(3):279-285.
- [17] 刘 晶,才 华,刘 莹.两种紫花苜蓿苗期耐盐生理特性的初步研究及其耐盐性比较[J].草业学报,2013,22(2):250-256.
- [18] GAO H J, YANG H Y, BAI J P, et al. Ultrastructural and physiological responses of potato (*Solanum tuberosum* L.) plantlets to gradient saline stress[J]. Frontiers in Plant Science, 2014(5):787-794.