

践踏对三种暖季型草坪草生长和生理的影响

张巧玲¹, 余金良¹, 王思¹, 楼建华¹, 于炜¹, 贾玉芳²

(1. 杭州植物园, 浙江 杭州 310013; 2. 浙江大学 园林研究所, 浙江 杭州 310029)

摘要:以沟叶结缕草、松南结缕草和矮生百慕大 3 种暖季型草坪草种为试材, 分别进行轻度、中度和重度践踏处理, 通过观察各种草坪草的生长情况并测定其过氧化氢酶(CAT)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性, 比较各草种对践踏胁迫的抗性。结果表明: 在践踏胁迫下, 各草种的草层高度, 叶片宽度均较对照下降; 随着践踏强度的增加, 沟叶结缕草和松南结缕草的 CAT 活性和 SOD 活性没有显著影响, POD 活性下降; 矮生百慕大在践踏胁迫下, CAT 活性和 SOD 活性有不同程度下降, 但 POD 活性有所提高。在试验设定践踏强度下, 沟叶结缕草和松南结缕草耐践踏性指标高于矮生百慕大。

关键词:沟叶结缕草; 松南结缕草; 矮生百慕大; 践踏; 生理指标

中图分类号:S 688.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)08-0059-04

践踏是影响草坪质量和使用寿命的重要因素之一, 其影响表现在 2 个方面: 一是造成土壤紧实, 引起草坪草根系向地表分布, 根系活力、营养物质吸收和积累能力下降, 使草坪草生长受到抑制^[1-2]; 二是造成草坪磨损, 叶片表皮组织受伤, 叶绿素含量下降并导致光合作用能力降低, 叶片受伤增加了草坪草受病菌和昆虫侵害的机会^[3]。草坪草的耐践踏性是指草坪在不同强度外力作用下保持或恢复原草坪使用特性的能力^[4], 除观赏草坪与固土护坡草坪外, 其余草坪均对“耐践踏性”有一定的要求, 耐践踏性是评价草坪质量的重要指标之一^[5]。

矮生百慕大和沟叶结缕草是目前杭州地区草坪建植中应用最为广泛且被认为是耐践踏性较强的暖季型草坪种。研究表明结缕草属草坪草的纤维带发达, 表皮细胞有发达的角质层和密集的硅质突起, 因此具有较强的耐磨损性、耐践踏性和弹性^[6-7]。其中沟叶结缕草因其茎叶密集、匍匐茎发达, 具有较强耐践踏性和抗病性而成为南方城市绿化的主要草种^[8-9]。Younger V B^[10]认为, 结缕草属(*Zoysia* Willd.)、狗牙根属(*Cynodon* Rich.)和羊茅属(*Festuca* L.)的草坪草耐践踏性最强。孙吉雄^[11]提出狗牙根和马尼拉是暖季型草坪草中极耐践踏的种类。王渭霞等^[12]发现松南结缕草对环境的适应性强, 抗旱和抗热性较好, 抗虫害能力强, 且具有良好的弹性, 是建植足球场、高尔夫球场等运动场的优良草坪植物。在引种试验中也发现坪用草种松南结缕草在

草坪绿期、密度等方面具一定优势。

目前研究草坪践踏的方法主要包括运动模拟器和人工践踏 2 种方法。“差速轮”模拟器在目前比较接近人体实际践踏的效果, 它能够同时产生磨擦、踏压和削切 3 种作用。而在国内具有代表性的践踏器主要是周保鑫等^[13]研制的草坪践踏器。现采用自制的践踏器, 通过研究不同强度践踏胁迫下 3 种草种的外观形态及相关生理指标, 揭示各草种对践踏胁迫的抗性, 为引进栽培和选育适合杭州地区种植的耐践踏暖季型草坪草提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

3 种暖季型草坪草品种: 沟叶结缕草(*Zoysia matrella* (L.) Merr.)、松南结缕草(*Zoysia japonica* Steud. ‘Songnan’)和矮生百慕大(*Cynodon dactylon* × *Cynodon transvaalensis* ‘Tifdwarf’), 均来源于杭州植物园(30°15' N, 120°16' E)内生长 1 a 的试验地草坪, 采用草皮全铺法种植, 分小区试验, 小区面积为 1 m²。每月施 1 次复合肥(N:P:K=9:13:7), 施肥量 10 g/m², 保持各小区的草坪质量较高且均匀一致。践踏试验于 2009 年 9 月 1 日开始, 连续 7 d, 9 月 8 日取样测定, 取样时间为上午 9:00 左右。从每个试验小区均匀剪取第 1、2 片完全展开叶约 2 g, 洗净后在滤纸上吸干水分, 剪成长约 0.5 cm 小段, 混匀后用于各项生理指标的测定。

1.2 试验方法

1.2.1 模拟践踏器制作 根据前人的经验^[6], 自行设计践踏器。该践踏器外形为圆柱形, 柱体表面固定宽 6 cm 的橡胶带, 2 个橡胶带间隔 3 cm, 践踏器长 75 cm, 直径

第一作者简介:张巧玲(1982-), 女, 浙江东阳人, 硕士, 工程师, 现主要从事园林植物应用研究工作。E-mail: yuky01@gmail.com。

基金项目:杭州市科技发展计划资助项目(20081433B07)。

收稿日期:2012-02-16

40 cm,外壳铸铁,内装河沙,重量 75 kg。

1.2.2 践踏试验设计 滚筒碾压践踏,践踏处理时间为连续 7 d(模拟国庆长假 7 d)。每天的处理时间以上午 9:00~10:00。试验草坪分别进行轻度践踏、中度践踏以及重度践踏。其中,轻度践踏以践踏器每天镇压 1 次来模拟,中度践踏为每天连续镇压 5 次,重度践踏为每天连续镇压 10 次,对照则不进行践踏处理。

1.2.3 践踏处理后草坪草生长情况的观察统计 践踏处理几天后,观察各草坪草种的生长情况,测量其草层高度、叶片宽度和草坪密度。每个处理区域选取成熟叶 30 片,测定其叶片宽度,并进行统计分析。草坪密度采用在 10 cm×10 cm 样圈内计算地上部叶片法测定,10 次重复,进行统计分析。

1.3 项目测定

不同处理各称取剪碎混匀的幼嫩叶片 0.2 g,加 3 mL 50 mM 的磷酸缓冲液(pH 7.8,含 0.2 mM EDTA, 1% PVP),加入液氮于冰浴中研磨提取,匀浆液于 4℃下 12 000 r/min 离心 20 min,取上清液用于 CAT、SOD 和 POD 活性及丙二醛(MDA)含量测定,每处理 3 次重复。CAT 活性测定参照 Lu S Y 等^[14]的方法;SOD 活性测定采用 NBT(氮蓝四唑)光还原法^[15];POD 活性测定采用愈创木酚法^[16]。用 UV-2550 型分光光度计(日本 SHIMADZU 公司生产)测定吸光度,计算各指标的含。

1.4 数据分析

试验数据分析采用 SAS 分析软件,Tukey 多重比较法,5%水平差异。分析中凡使用“显著”的描述均为统计分析的结果。

2 结果与分析

2.1 不同践踏强度对草坪草生长情况的影响

践踏处理后,不同草坪草的生长情况在外观上有明显差异(图 1)。各草坪草的高度有了不同程度的下降。在轻度和中度践踏处理下,矮生百慕大的草坪质量下降较沟叶结缕草和松南结缕草明显;重度践踏处理下,3 种草坪草的泛黄现象明显,草坪的外观质量受到严重影响。践踏后自然恢复约 2 周后,3 种草坪草的外观均得到了较好的改善。

表 1

践踏对草坪外观形态的影响

Table 1

Effects of trample on morphology of turfgrass

践踏强度 Tramp intensity	沟叶结缕草 <i>Zoysia matrella</i> (L.) Merr.			松南结缕草 <i>Zoysia japonica</i> Steud. 'Songnan'			矮生百慕大 <i>Cynodon dactylon</i> × <i>Cynodon transvaalensis</i> 'Tifdwarf'		
	<i>Zoysia matrella</i> (L.) Merr.			<i>Zoysia japonica</i> Steud. 'Songnan'			<i>Cynodon transvaalensis</i> 'Tifdwarf'		
	草层高度 Turf height/cm	叶宽 Leaf width/cm	密度(分蘖数) Density(Tiller number)/cm ²	草层高度 Turf height/cm	叶宽 Leaf width/cm	密度(分蘖数) Density(Tiller number)/cm ²	草层高度 Turf height/cm	叶宽 Leaf width/cm	密度(分蘖数) Density(Tiller number)/cm ²
对照 Control	9.45±2.72a	0.29±0.03a	3.16±1.72a	9.21±2.64a	0.44±0.06a	2.33±0.64a	5.21±2.10a	0.12±0.01a	3.81±1.36a
轻度践踏 Light tramp	8.91±2.54b	0.29±0.04a	3.14±1.90a	9.06±1.72a	0.42±0.05a	2.41±0.72a	4.52±1.86b	0.13±0.01a	3.57±1.42b
中度践踏 Medium tramp	7.02±1.64c	0.25±0.02b	2.62±1.30b	6.93±1.51b	0.35±0.04b	1.93±0.52b	3.40±1.52c	0.12±0.01a	3.58±1.20b
重度践踏 Heavy tramp	6.32±1.30d	0.24±0.02b	2.64±0.94b	6.24±1.24c	0.34±0.03b	1.75±0.60b	3.30±1.62c	0.12±0.01a	3.12±1.18c

注:同列不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。

Note: Different letters in the same row indicate significant differences ($P < 0.05$).

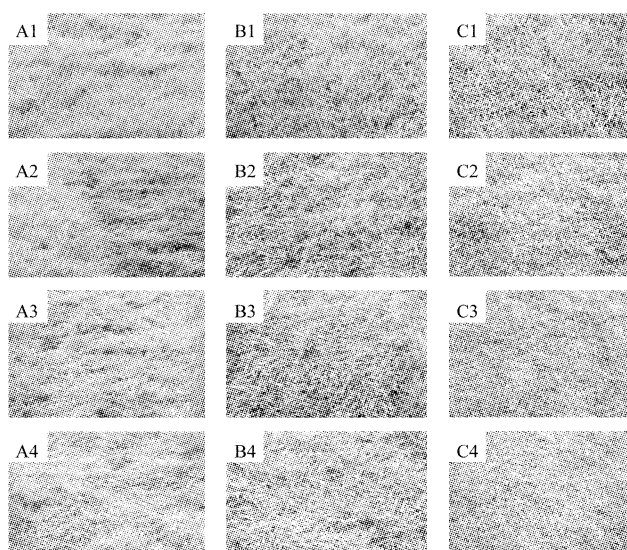


图 1 不同践踏强度对草坪外观的影响

注:A1~A4:不同践踏强度对沟叶结缕草草坪外观的影响(自上往下依次是对照、轻度、中度、重度践踏下草坪外观);B1~B4:不同践踏强度对松南结缕草草坪外观的影响(自上往下依次是对照、轻度、中度、重度践踏下草坪外观);C1~C4:不同践踏强度对矮生百慕大草坪外观的影响(自上往下依次是对照、轻度、中度、重度践踏下草坪外观)。

Fig. 1 Variation of turf morphological characters under the different tramp stress

Note: A1~A4: Variation of morphological characters of *Zoysia matrella* (L.) Merr. under the different tramp stress (CK, light tramp (LT), medium tramp (MT) and heavy tramp (HT) from top to bottom); B1~B4: Variation of morphological characters of *Zoysia japonica* 'Songnan' under the different tramp stress (CK, light tramp (LT), medium tramp (MT) and heavy tramp (HT) from top to bottom); C1~C4: Variation of morphological characters of *Cynodon dactylon* × *Cynodon transvaalensis* 'Tifdwarf' under the different tramp stress (CK, light tramp (LT), medium tramp (MT) and heavy tramp (HT) from top to bottom).

2.1.1 草层高度 由表 1 可知,沟叶结缕草在践踏胁迫下,草层高度均显著低于对照,并且轻、中、重度间差异显著;松南结缕草在中度和重度践踏下草层高度显著下降,而轻度践踏下无显著差异;矮生百慕大在不同强度践踏下,草层高度显著下降,但中度和重度差异不显著。说明在轻度践踏下,松南结缕草草坪弹性较好,恢复能力较强。

2.1.2 叶片宽度 由表 1 可知,沟叶结缕草和松南结缕草在轻度践踏下,叶宽与对照无显著差异,但中度和重度践踏下,叶宽显著低于对照;而矮生百慕大在各种强度践踏下,叶宽均无显著差异。

2.1.3 草坪密度 由表 1 可知,轻度践踏下,沟叶结缕草和松南结缕草密度与对照无显著差异,中度和重度践踏下草坪密度显著下降;矮生百慕大在轻度和中度践踏下与对照差异显著,重度与轻、中度间差异显著。

2.2 不同践踏强度对草坪生理指标的影响

2.2.1 CAT 活性 由图 2 可知,不同践踏强度下,沟叶结缕草和松南结缕草的 CAT 活性同对照相比没有显著变化;但矮生百慕大在重度践踏时 CAT 活性显著低于对照($P<0.05$),并且沟叶结缕草的 CAT 活性在 3 种草中保持着较高的水平。

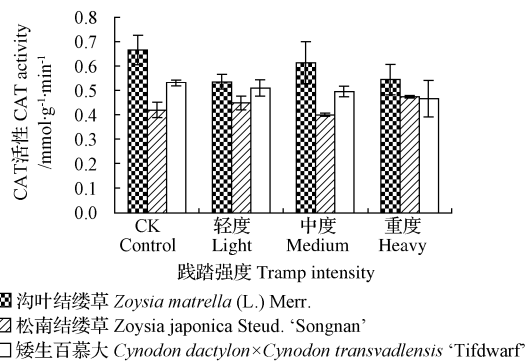


图 2 践踏对叶片中过氧化氢酶活性的影响

Fig. 2 Effects of trample on activity of catalase (CAT) in leaves

2.2.2 SOD 活性 由图 3 可知,不同践踏强度对沟叶结缕草和松南结缕草的 SOD 活性没有显著影响;但践踏处理使矮生百慕大的 SOD 活性显著下降,而不同践踏强度之间没有显著差异。

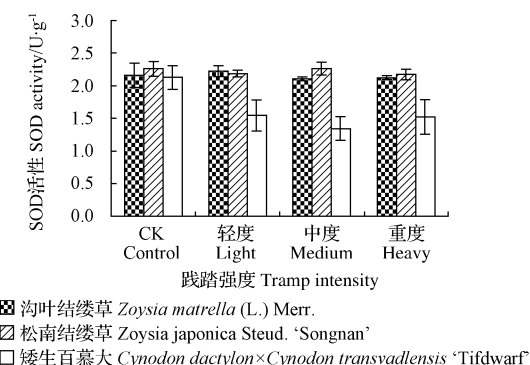


图 3 践踏对叶片中超氧化物歧化酶活性的影响

Fig. 3 Effects of trample on activity of superoxide dismutase (SOD) in leaves

2.2.3 POD 活性 由图 4 可知,轻度践踏对于沟叶结缕草的 POD 活性没有显著影响,但是中度和重度践踏时,POD 活性显著下降($P<0.05$);松南结缕草的 POD 活性随着践踏强度的增加显著下降($P<0.05$);践踏处

理的矮生百慕大 POD 活性显著高于对照($P<0.05$),但不同践踏强度之间无显著差异。

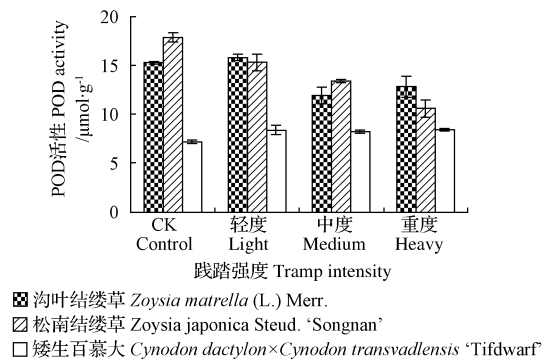


图 4 践踏对叶片中过氧化物酶活性的影响

Fig. 4 Effects of trample on activity of peroxidase (POD) in leaves

3 讨论

草坪的形态指标如草层高度、草坪密度是评价草坪质量的重要因素。试验发现,在轻度践踏下,3 种草的草层高度均有明显下降,但草坪密度适宜,草坪坪用质量良好,同其它一些学者的研究结果一致^[17]。说明轻度践踏可以有效控制草坪的草层高度,减少人工修剪次数,降低管理成本^[18]。从草坪的外观形态结合生理指标来看,中度践踏下的沟叶结缕草和松南结缕草的坪用质量好于矮生百慕大,这与周兰胜等^[17]的研究结果相同。表明在每天 1~5 次的轻、中度践踏强度下,沟叶结缕草和松南结缕草可以维持较好的坪用质量,而矮生百慕大的坪用质量下降相对明显。因此,在某些践踏强度较低的观赏及游憩草坪区域,更适宜种植沟叶结缕草或松南结缕草。重度践踏下,3 种草坪坪用性状均受到较大影响,草层高度显著下降,草坪密度亦明显减小,而且叶片呈现明显发黄趋势,需要一定的修复才能恢复原有的坪用性状。因此在草坪日常的养护中,需要尽量减少重度践踏,以免引起草坪质量的恶化^[19]。

植物在逆境胁迫下,细胞会积累 O_2^- 、 H_2O_2 、 $-OH$ 等活性氧,使细胞膜脂发生过氧化反应,从而导致植物受到伤害^[20]。植物体内普遍存在的 CAT、SOD 和 POD 等重要的保护酶能够清除代谢中产生的活性氧,减轻有毒物质对细胞的毒害^[15,20],因此它们与植物的抗逆性有密切关系。该试验结果表明,在不同践踏强度下,沟叶结缕草和松南结缕草的 CAT 和 SOD 活性没有显著影响,而矮生百慕大的这 2 种酶活性均有不同程度下降。说明在践踏处理后,矮生百慕大的保护酶系统受到损伤,不能维持细胞的稳定和完整,因而生长情况受到影响(图 1),表现为坪用质量下降。但是践踏处理后,沟叶结缕草和松南结缕草的 POD 活性有所下降,而矮生百慕大的 POD 活性有一定的提高,说明在践踏胁迫下,不同

的草坪草种通过不同的生理响应机制来应对。另外,过氧化物酶(POD)与植物的木质素形成有关^[15],这对减少草坪叶片的机械损伤以及加速其恢复具有重要意义,因此随着践踏强度进一步增加(超过该试验设定范围),矮生百慕大的耐践踏性可能会有相对更好的体现。

综合各种草坪草的生长情况及生理变化,在试验设定的不同践踏强度下,沟叶结缕草和松南结缕草的耐践踏性略高于矮生百慕大。虽然该试验设定的践踏强度并不能完全反映景区游客践踏下的状况,但与对杭州若干景区实际观察的结果相近。因此,具有一定的参考价值。

参考文献

- [1] Carrow R N, Petrovic A M. Effect of traffic on turfgrass [J]. Turfgrass Agronomy, 1992, 32: 285-330.
- [2] John N, Rogers III, Vanini J T, et al. Simulated traffic on turfgrass top-dressed with crumb rubber [J]. Agronomy Journal, 1998, 90: 215-221.
- [3] Trenholm L E, Carrow R N, Duncan R R. Mechanisms of wear tolerance in seashore paspalum and Bermudagrass [J]. Crop Science, 2000, 40: 1350-1357.
- [4] 陈莉. 运动场草坪耐用强度—阈值的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2001.
- [5] 任永宽, 干友民, 李志丹, 等. 草坪草耐践踏性的形态学、生理学及解剖学研究进展[J]. 四川草原, 2003(4): 14-16.
- [6] Shearmen R C, Beard J B. Turfgrass wear tolerance mechanisms 1 wear tolerance of seven turfgrass species and quantitative methods for determining turfgrass wear tolerance [J]. Agron, 1975, 67(3): 208-211.
- [7] 耿世磊, 赵晟, 吴鸿. 三种草坪草的茎、叶解剖结构及其坪用性状[J]. 热带亚热带植物学报, 2002, 10(2): 145-151.

- [8] 安渊, 孙明, 胡雪华. 受损沟叶结缕草草坪修复技术研究[J]. 草业学报, 2005, 14(4): 94-101.
- [9] 郭海林, 刘建秀. 结缕草属植物育种进展概述[J]. 草业学报, 2004, 13(3): 106-112.
- [10] Younger V B. Accelerated wear tests on turfgrass [J]. Agron, 1961, 53: 217-218.
- [11] 孙吉雄. 草坪学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993: 24-26.
- [12] 王渭霞, 胡张华, 陈锦清, 等. 松南结缕草成熟胚愈伤组织的诱导和再生[J]. 草业学报, 2006, 15(3): 132-137.
- [13] 周保鑫, 孙吉雄. 草坪践踏器的原理及研制[J]. 甘肃农业大学学报, 1994, 29(1): 93-95.
- [14] Lu S Y, Peng X X, Guo Z F, et al. In vitro selection of salinity tolerant variants from triploid bermudagrass (*Cynodon transvaalensis* × *C. dactylon*) and their physiological responses to salt and drought stress [J]. Plant Cell Reports, 2007, 26: 1413-1420.
- [15] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 144-148.
- [16] 周艳虹, 喻景权, 钱琼秋, 等. 低温弱光对黄瓜幼苗生长及抗氧化酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(6): 921-924.
- [17] 王晖, 周守标. 践踏对野生假俭草和结缕草叶几项生理指标的影响[J]. 南京林业大学学报, 2004, 28(1): 89-91.
- [18] 刘发民. 践踏对草坪影响的研究进展[J]. 草原与草坪, 1997, 77(2): 9-13.
- [19] 周兰胜, 戴其根, 张洪程. 不同践踏强度对狗牙根和马尼拉形态生理的影响[J]. 草业科学, 2005, 22(12): 77-81.
- [20] 林多, 魏毓棠. 低温对番茄叶片 POD 活性及其同工酶的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(1): 47-49.

(该文作者还有柴明良, 工作单位为浙江大学园林研究所。)

Effects of Trample Stress on Growth and Physiology of Three Warm-season Turfgrasses

ZHANG Qiao-ling¹, YU Jin-liang¹, WANG En¹, LOU Jian-hua¹, YU Wei¹, JIA Yu-fang², CHAI Ming-liang²

(1. Hangzhou Botanical Garden, Hangzhou, Zhejiang 310013; 2. Institute of Landscape Architecture, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310029)

Abstract: Taking three warm-season turfgrasses varieties (*Zoysia matrella* (L.) Merr., *Zoysia japonica* Steud. 'Songnan', *Cynodon dactylon* × *Cynodon transvaalensis* 'Tifdwarf') as materials, growth states of light tramp (LT), medium tramp (MT) and heavy tramp (HT) on three kinds of turfgrass were observed. Activities of catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD) enzymes in the leaves were measured to evaluate the tramp stress resistance. The results showed that turf height, leaf width decreased dramatically under tramp stress; With the increase of tramp intensity, the activities of CAT and SOD had no significant difference between, the activities of POD were decreased significantly ($P < 0.05$); With the increase of tramp intensity, the activities of CAT and SOD were decreased, the activities of POD were increased significantly ($P < 0.05$). The tramp stress resistant of *zoysia matrella* (L.) Merr. and *zoysia japonica* stead. 'Songnan' were generally higher than of *cynodon dactylon* × *cynodon transvaalensis* 'Tifdwarf' on the setting intensity.

Key words: *Zoysia matrella* (L.) Merr.; *Zoysia japonica* Steud. 'Songnan'; *Cynodon dactylon* × *Cynodon transvaalensis* 'Tifdwarf'; tramp stress; physiological index