

天然草与人造草混合系统草坪运动质量性状研究

包永霞¹, 满 达^{1,2}, 李 聪¹, 韩烈保^{1,3*}

(1. 北京林业大学草坪研究所, 北京 100083; 2. 北京林业大学总务与产业管理处, 北京 100083;
3. 长江大学园艺园林学院, 湖北 荆州 434025)

摘要:为进一步了解天然草与人造草混合系统草坪的特点,以纯天然草坪为对照,通过模拟践踏处理,对混合系统草坪表面反弹、摩擦及滚动等性能进行了测定研究。结果表明:混合系统草坪的扭动摩擦力、滑动摩擦力、反弹率及滚动距离均随践踏胁迫的强度增加而具有上升的特点,其中间隔铺设 4 cm 人造草坪处理(A4)的混建草坪和间隔铺设 6 cm 人造草坪处理(A6)的混建草坪均始终保持较高的扭动摩擦力与滑动摩擦力,明显高于其他处理,可以推广应用。

关键词:运动场草坪;天然草坪;人造草坪;运动质量性状

中图分类号:S688.4

文献标识码:A

文章编号:1007-0435(2012)01-0037-05

Researches on the Sport Quality of Natural-Artificial Turf

BAO Yong-xia¹, MAN Da^{1,2}, LI Cong¹, HAN Lie-bao^{1,3*}

(1. Institute of Turfgrass Science, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. General Affairs Office, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

3. College of Gardening and Horticulture, Yangtze University, Jingzhou, Hubei Province 434025, China)

Abstract: Athletic field turf should match the quality and interest of the public attraction regarded high-level sports. The attraction itself includes a complex of many factors such as economy, science, technology and management. Athletic field turf may include both natural turf and artificial turf. In order to take advantage of both types of turf, a new planting technique for natural-artificial turf has been suggested. Natural-artificial turf refers to the turfgrass system composed of natural turfgrass, special machinery management, basic ground equipment and some artificial fiber materials mixed in the natural turf surface and root-zone using modern mechanical equipment. To further understand the characteristics of natural-artificial turf, this study reports bounce rate and rolling distance of natural-artificial turf after mimic traffic processing is tested with natural turf as control. The twist friction, sliding friction, bounce rate and rolling distance of natural-artificial turf increase with traffic intensity. Group A4 and A6 show obviously higher twist friction and sliding friction than other groups.

Key words: Athletic field; Natural turf; Artificial turf; Sport quality

目前,运动场草坪主要包括用草坪草为材料建植的天然草坪和用化工物为材料建植的人造草坪。为了结合 2 种草坪的优点,本研究开发了一种新型的天然草坪与人造草坪混合建植技术。混合系统草坪是指利用先进的现代化专业机械设备,以不同方式将一些人造纤维材料以及不同原料的颗粒状和网状材料等混入运动场天然草坪的表层或根系生长层,与天然草坪草、特殊机械管理条件以及基础场地设备共同组成新的草坪系统。本文主要研究其扭动

摩擦力、滑动摩擦力、反弹率以及滚动距离,为这种新型运动场草坪建造提供科学的理论基础和技术参数,并将该项技术在国内推广应用。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验区草坪的坪床结构是按照标准足球场坪床设计建造,上面将BESTTURF网状纤维丝的英国

收稿日期:2011-08-11;修回日期:2011-10-21

基金项目:北京林业大学研究生科技创新专项计划(BLYJ201101);北京市重点学科专项资助

作者简介:包永霞(1984-),女,蒙古族,内蒙古呼伦贝尔人,博士研究生,研究方向为草坪管理,E-mail:byx172@163.com; *通信作者 Author for correspondence, E-mail:hanliebao@163.com

贝特人造草坪(PE材料、高度6 cm)进行不同行距修剪和底部打孔处理后平整铺设并覆土5 cm,然后上面将午夜(Midnight)、新歌来德(NuGlade)、午夜极品(Midnight Blue)3种草地早熟禾(*Poa pratensis* L.)品种于2008年8月按1:1:1比例以 $18\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 播量混播建植混合系统草坪。

1.2 试验设计

采用裂区设计,主区因素为践踏强度,设重度(heavy stress, H)、轻度(light stress, L)和不践踏(no stress, N)3个水平,重度践踏频率为10趟次/周,轻度践踏频率为5趟次/周。副区因素设无人造草坪为对照(A0)和铺设2 cm(A2)、4 cm(A4)、6 cm(A6)、8 cm(A8)共4个行距水平的人造草坪,合计5个处理,每个处理设3次重复,小区面积为 $1\text{ m}\times 2\text{ m}$,保护行宽度为10 cm。使用模拟践踏椭圆滚子^[1]分别于2009年6月和2010年6月对已经建成的混合系统草坪进行践踏处理,此后进行各项指标测定。

1.3 测定指标

回弹性测定采用足球反弹法^[2],光滑度采用“球倾斜滚动测定器”^[2,3],扭动摩擦系数采用扭力摩擦测定仪,草坪滑动摩擦性能采用拟重平板法^[2,4]测定。

使用“球倾斜滚动测定器”进行足球滚动试验测定混合系统草坪的滚动摩擦性能。“球倾斜滚动测定器”倾斜角度为 45° ,高度为1 m。使用国际足联(FIFA)指定 $0.75\text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 压强比赛用球,质量为 0.42 kg 。由于小区面积的局限性,无法完成足球滚动全长距离的测定,只能通过计时测定以及一系列物理学推算值作为理论参考数值。在忽略“球倾斜滚动测定器”对球摩擦力的情况下,将足球质量 $m=0.42\text{ kg}$ 、重力加速度 $9.8\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$,以及足球放置高度 $h=1\text{ m}$ 等带入能量守恒定律公式:

$$Ev = \frac{1}{2}m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h$$

可以得出足球滚入草坪初速度 $v=4.43\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。从而可以推算出足球在草坪上滚动减速度:

$$\text{减速度}-\alpha(\text{m}\cdot\text{s}^{-2})=4.43\times\frac{1}{t}-\frac{4}{t^2}$$

式中, t 为足球滚过小区所使用的时间。根据位移公式可以推算:

$$\text{位移 } L(\text{m})=v \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot t^2$$

式中, v 为初速度, α 为加速度。

2 结果与分析

2.1 反弹性能

根据国际足联(FIFA)推荐的标准,回弹高度应为 $0.6\sim 1.5\text{ m}$ ^[5]。由图1可知,足球在混合系统草坪上反弹高度随着践踏胁迫的增加而呈现上升的趋势。并且混合处理A2始终保持较高的反弹高度;相同践踏胁迫下,各混合处理的反弹高度变化规律不一致,除了混合处理A2在2010年的反弹高度平均值比2009年的反弹高度平均值有所增加,其他混合处理的反弹高度平均值均有所降低。

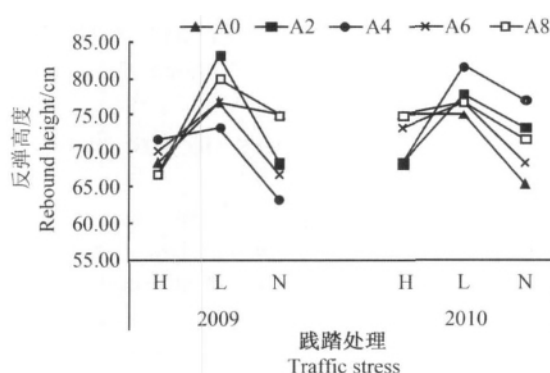


图1 混合系统草坪践踏胁迫下反弹高度的变化

Fig. 1 Variation of rebound height of Natural-Artificial Turf under traffic stress

注(Note): H: heavy stress, L: light stress, N: no stress,下同 (the same as below)

由计算结果可知(表1),混合系统草坪的表面反弹率随着践踏胁迫的增加而上升。根据国际足联对足球场草坪运动质量的评价标准(FIFA, 2009),回弹性试验中球体从高处落下后第1次反弹高度在下落高度的20%~50%为合格。

2.2 滚动性能

由表2可知,足球在混合系统草坪上滚动减速度随着模拟践踏强度的增加呈现出递减的下降趋势。2009年的滚动减速度最小值为重度践踏胁迫下混合处理A0,最大值则是无践踏胁迫下混合处理A4及A8。2010年的滚动减速度最小值为重度践踏胁迫下混合处理A4,最大值则是无践踏胁迫下混合处理A4。

由图2可知,足球在混合系统草坪上的理论滚动距离随着模拟践踏强度的增加而呈现出上升的趋势,这与滚动减速度的变化规律相反,所以两者之间成反比的关系。不同混合处理在相同践踏胁迫下没

有规律性变化,2010 年中混合处理 A6 的理论滚动距离明显高于其他处理。

表 1 混合系统草坪反弹率

Table 1 Bounce rate of natural-artificial turf

%

混合处理 Mixed treatment	2009			2010		
	重度践踏 H	轻度践踏 L	无践踏 N	重度践踏 H	轻度践踏 L	无践踏 N
A0	25.67	25.00	22.78	25.00	23.67	21.78
A2	27.22	24.44	22.22	27.78	25.44	22.78
A4	26.00	25.67	22.78	24.44	23.89	21.11
A6	25.56	23.33	22.44	25.22	22.78	22.22
A8	26.67	25.00	22.22	25.56	24.33	23.89

表 2 混合系统草坪的滚动摩擦减速度理论参考值变化

Table 2 Theoretical value variation of rolling resistance acceleration of natural-artificial turf

$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

混合处理 Mixed treatment	2009			2010		
	重度践踏 H	轻度践踏 L	无践踏 N	重度践踏 H	轻度践踏 L	无践踏 N
A0	0.63	2.08	2.30	0.92	1.06	1.34
A2	1.80	1.98	2.21	0.37	1.06	1.34
A4	1.29	1.61	2.53	0.24	0.66	0.92
A6	1.56	2.24	2.37	0.66	1.23	1.40
A8	1.79	1.83	2.53	0.66	1.10	1.40

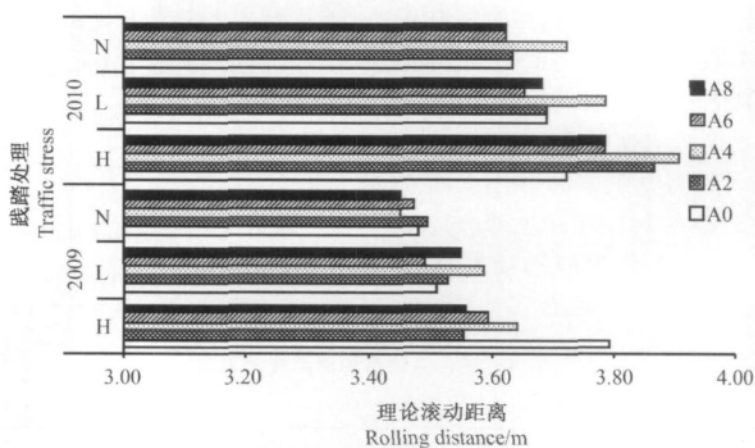


图 2 混合系统草坪践踏胁迫下理论滚动距离的变化

Fig. 2 Theoretical value variation of rolling distance of natural-artificial turf under traffic stress

根据国际足联对足球场草坪运动质量的评价标准(FIFA,2009),滚动距离的适宜范围为 3~12 m,允许范围为 2~14 m。2009 年不同践踏胁迫的理论滚动距离介于 3.45~3.79 m 范围内,而 2010 年不同践踏胁迫的理论滚动距离介于 3.62~3.91 m 范围内。总体上,所有处理 2010 年的理论滚动距离值与 2009 年的对应处理相比均有所增加。

2.3 扭动摩擦力

由图 3 表明,混合系统草坪的扭动摩擦力矩随着践踏胁迫强度的增加而呈上升趋势,这与前人研究结果一致^[1]。混合系统 A4 和 A6 在重度践踏胁迫下,2009 年中扭动摩擦力矩平均值分别高达 36.4

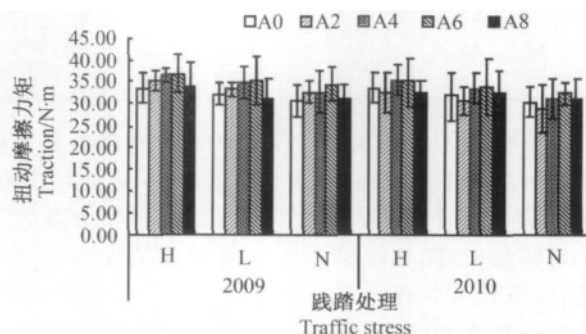


图 3 混合系统草坪践踏胁迫下扭动摩擦力矩变化

Fig. 3 Traction variation of Natural-Artificial Turf under traffic stress

和 36.8,2010 年中分别为 35.4 和 35.0,明显高于

其他混合处理。相同践踏胁迫下,不同混合处理的扭动摩擦力矩变化规律相对一致。其中混合处理 A2 的扭动摩擦力矩在 2009 年中大部分数值高于对照 A0 与 A8,而在 2010 年中大部分数值却低于 A0 与 A8。总体上,所有处理的扭动摩擦力矩 2010 年

的值均分别低于 2009 年的值。

由表 3 可知,混合系统草坪的扭动摩擦系数 (U) 均随着践踏强度的增加而呈现出上升的趋势,而且 2010 年的数值均分别低于 2009 年的数值。

表 3 混合系统草坪扭动摩擦系数

Table 3 Traction coefficient of natural-artificial turf

混合处理 Mixed treatment	2009			2010		
	重度践踏 H	轻度践踏 L	无践踏 N	重度践踏 H	轻度践踏 L	无践踏 N
A0	1.53	1.46	1.39	1.53	1.44	1.38
A2	1.61	1.51	1.48	1.48	1.39	1.31
A4	1.65	1.58	1.49	1.61	1.53	1.42
A6	1.67	1.60	1.57	1.59	1.54	1.47
A8	1.54	1.43	1.41	1.48	1.47	1.43

2.4 滑动摩擦力

试验中使用装有鞋钉的木板模拟足球鞋,在上面放置重物,再测得模拟运动员在草坪上滑动时的拉力。由图 4 可知,混合系统草坪的滑动摩擦力随着践踏胁迫的强度增加而呈上升趋势,这与扭动摩擦力变化规律基本一致。同时,混合处理 A4 和 A6 在重度践踏胁迫下,明显高于其他混合处理。相同践踏胁迫下,不同混合处理的滑动摩擦力变化规律相对一致。其中混合处理 A2 的滑动摩擦力在 2009 年中大部分数值高于对照 A0 与 A8,而在 2010 年中大部分数值却低于 A0 与 A8。总体上,各处理的滑动摩擦力 2010 年的数值均分别低于 2009 年的数值。

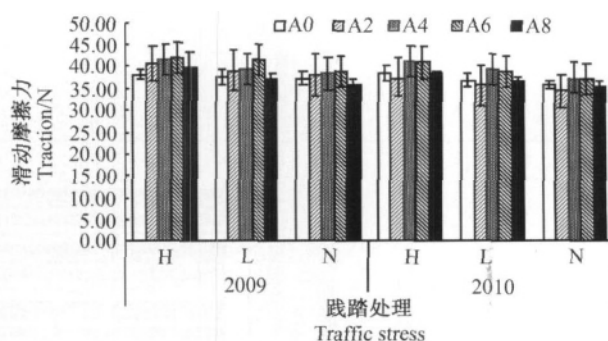


图 4 混合系统草坪践踏胁迫下滑动摩擦力的变化

Fig. 4 Variation of sliding friction of natural-artificial turf under traffic stress

表 4 混合系统草坪滑动摩擦系数

Table 4 Coefficient of sliding friction of natural-artificial turf

混合处理 Mixed treatment	2009			2010		
	重度践踏 H	轻度践踏 L	无践踏 N	重度践踏 H	轻度践踏 L	无践踏 N
A0	1.56	1.54	1.53	1.56	1.50	1.46
A2	1.65	1.60	1.55	1.53	1.46	1.40
A4	1.69	1.61	1.56	1.68	1.60	1.53
A6	1.72	1.69	1.59	1.67	1.59	1.52
A8	1.63	1.53	1.46	1.56	1.51	1.44

草坪滑动摩擦系数是反映运动员脚底与草坪表面之间摩擦状况的运动质量指标^[3]。由表 4 可知,混合草坪的滑动摩擦系数 (μ) 与其扭动摩擦系数变化规律相似,随着践踏强度的增加而呈现出上升的趋势,而且各处理的滑动摩擦力矩 2010 年的数值均分别低于 2009 年的数值。

3 讨论与结论

3.1 反弹及滚动性能

足球在混合系统草坪上反弹高度、反弹率均随

践踏胁迫的增加而呈现上升的趋势。并且混合处理 A2 始终保持较高的反弹高度。相同践踏胁迫下,各混合处理的反弹高度变化规律不一致,除了混合处理 A2 在 2010 年的反弹高度平均值比 2009 年的反弹高度平均值有所增加,其他混合处理的反弹高度平均值均有所降低。一般情况下,足球回弹高度较高与土壤硬度太大或草的密度太低相关。随着践踏强度的增加草坪密度有所减少,所以反弹高度具有上升趋势,这与前人研究结论一致^[6~8]。混合处理 A2 在 2010 年生长状况不如 2009 年好,所以导致反

弹高度也有所增加,而其他处理在2010年的生长速度以及密度均比2009年有所增加,所以足球反弹高度有所降低。

随着模拟践踏强度的增加,足球在混合系统草坪上滚动减速度呈现出递减的下降趋势,理论滚动距离则呈现出上升的趋势。践踏胁迫导致草坪密度、生长速度的下降以及土壤硬度增加,从而影响了滚动性能。随着混合基质中泥炭含量的增加,足球在混合系统草坪上滚动减速度呈现逐渐上升的规律,理论滚动距离则呈现出下降的趋势。所有处理2010年的理论参考值分别低于2009年的对应理论参考值。这可能与混合系统草坪的密度增加有关。

如果草坪滚动性能过低,运动员在比赛中带球跑动时将要消耗更多的体力,对比赛节奏的影响也很大;草坪滚动性能过高,容易导致传接球频繁失误,不利于运动员发挥自己的技术水平。只有保证场地滚动性能稳定、适宜,才能保证足球比赛正常进行。根据国际足联对足球场草坪运动质量的评价标准,滚动距离的适宜范围为3~12 m,允许范围为2~14 m。所有混合系统草坪的理论滚动距离均介于适宜范围内,非常适合在运动场草坪中应用。

3.2 表面摩擦性能

混合系统草坪的扭动摩擦力与滑动摩擦力性能均随践踏胁迫的强度增加而具有上升的特点,李德颖与Warren F Hunt在1997年进行的扭动摩擦力试验也获得同样的结论^[1]。混合系统A4和A6始终保持较高的扭动摩擦力与滑动摩擦力。其原因可能与受践踏胁迫影响的程度有关。相同践踏胁迫下,不同混合处理的扭动摩擦力与滑动摩擦力变化规律相对一致。其中混合处理A2在2年之间的变化幅度较大。这是因为A2的生长状况有了较大的变化而导致的。所有处理的扭动摩擦力与滑动摩擦力性能的平均值从2009年至2010年均有所降低。

这与混合系统草坪的生长状况有着直接的关系。

混合系统草坪的扭动摩擦系数(U)与滑动摩擦系数(μ)均相对偏高与密度有关系,随着草坪的生长,密度增加后可以调节为最佳值。当扭动摩擦系数数值偏高时,可以采用增加草层高度或选择混播质地较细的草种等方法降低。据Van der Horst J P^[9]的研究发现,滑动摩擦系数达到1.2时,就可满足大多数体育运动;对于运动员而言,摩擦系数太小会导致打滑,太高则会导致扭伤。

综上所述,天然草与人造草混合系统草坪的所有反弹、滚动及表面摩擦性能均符合足球场草坪运动质量的评价标准,该项技术适合在运动场草坪中应用,有望在国内可以得到更好的推广。

参考文献

- [1] 李德颖, Warren F Hunt. 混播草坪上足球运动践踏模拟效果的研究[J]. 农业工程学报, 1997(2): 164-167
- [2] GB/T19995.1-2005. 天然材料体育场地使用要求及检验方法: 第一部分: 足球场地天然草面层[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006
- [3] 孙吉雄. 草坪学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003
- [4] 姚轶文, 宋桂龙, 韩烈保, 等. 北京丰台体育中心足球场草坪质量分析[J]. 草业科学, 2008, 25(5): 108-111
- [5] 李德颖, 张德顺. 北京工人体育场草坪质量分析[J]. 草业学报, 1998, 3(7): 62-66
- [6] Baker S W, Isaac S P, Isaac B J. An assessment of five reinforcement materials for sports turf. I. Ground cover, drainage and soil compaction[J]. Zeitschrift für Vegetationstechnik, 1988, 11: 8-11
- [7] Baker S W, Isaac S P, Isaac B J. An assessment of five reinforcement materials for sports turf II. Playing quality[J]. Zeitschrift für Vegetationstechnik, 1988, 11: 12-15
- [8] Baker S W. Performance standards for professional soccer on artificial turf surfaces[J]. Journal of the Sports Turf Research Institute, 1988, 66: 42-68
- [9] Vander Horst J P. Sports turf research in Netherlands [J]. Journal of the Sports Turf Research Institute, 1970, 46: 46

(责任编辑 吕进英)