

草坪建植体系构建中的生态问题

多立安^{1,*}, 赵树兰¹, 高玉葆²

(1. 天津师范大学化学与生命科学学院, 天津 300074; 2. 南开大学生命科学学院, 天津 300071)

摘要 草坪建植体系对城市复合生态系统具有重要的调控能力与服务功能,使草坪建植体系构建成为现代城市生态建设中必须考虑的重要内容之一。在分析国内外草坪建植体系构建现状及其主要制约因素的基础上,进一步探讨了草坪绿化体系构建中草皮建植、植生带建植及运动场草坪建植体系的几个主要生态问题,指出土壤基质草皮建植方式的弊端在于消耗土壤资源,破坏农田生态系统,草皮杂草控制难,植生带草坪建植方式的问题在于复杂的工艺和无纺织的高成本,这与节约型生态经济发展模式相矛盾,运动场草坪建植体系存在的问题则是场地长期处于高强度践踏下,导致基质紧实而失去弹性,使生态适宜性降低。在构建城市草坪建植体系中,寻找低成本廉价的草坪建植材料的替代物,开展环境友好的草坪建植材料选择应用及其生态适宜性研究,则是解决城市草坪建植体系中上述几个突出生态问题的关键。

关键词 草坪建植体系, 草皮, 植生带, 运动场草坪, 生态问题

文章编号: 1000-0933 (2007) 03-1064-07 中图分类号: Q143 文献标识码: A

Probe into several ecological issues related to the establishment of urban turf systems

DUO Li-An^{1,*}, ZHAO Shu-Lan¹, GAO Yu-Bao²

¹ College of Chemistry and Life Sciences, Tianjin Normal University, Tianjin 300074, China

² College of Life Sciences, Nankai University, Tianjin 300071, China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (3) 1064 ~ 1071.

Abstract : Established turf plays a vital role in regulating the function of complex urban ecosystems and providing ecosystem services for the cities. So selecting proper methods for establishment of urban turf systems should be considered carefully in the development of modern cities. Turf industry has become a high-effective industry with great vigor. Among the different establishment method, such as seeding, seed belt, sodding, plugging and sprigging, sodding and seed belt methods are often adopted. Sodding has the advantage of "instant lawn" establishment while seed belt method is much more convenient and is not limited by planting time. Establishment of sports turf is an important component of turf establishment systems. With the quick development of the sports playing on turf, the demand for sport turf is increasing. by analyzing current methods and main limiting factors in turf establishment, this paper probes into several ecological problems in the establishment of urban turf systems.

Sodding is the most efficient way of establishing a lawn; however, it is also the most expensive one and consumes soil

基金项目: 天津市高等学校科技发展基金资助项目 (20040716), 天津市科技发展计划 (培育) 资助项目 (043100611), 国家自然科学基金资助项目 (59878033)

收稿日期: 2006-01-24; 修订日期: 2006-12-12

作者简介: 多立安 (1962 ~) 男, 达斡尔族, 黑龙江人, 博士, 教授, 主要从事草业生态、生态工程及环境生态研究。

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: duolian_tjnu@163.com

Foundation item :The project was financially supported by the Science and Technology Development Foundation of Tianjin Colleges (No. 20040716), Tianjin Science and Technology Development Program (No. 043100611) and the National Natural Science Foundation of China (No. 59878033)

Received date 2006-01-24; **Accepted date** 2006-12-12

Biography :DUO Li-An, Ph. D., Professor, mainly engaged in pratacultural ecology, ecological engineering and environmental ecology.

resources from the agricultural ecosystems where it grows. There are also drawbacks for establishing turf from seed belt :the complex technology and the high cost of adhesive-bonded fabric carrier. Moreover , adhesive-bonded fabric is weak in controlling weeds and having a low water holding capacity due to its low resistance and high permeability. In the United States ,most of the popular sport games like golf ,soccer ,rugby and tennis are on fields covered with natural turf. However , trampling for long period or high intensity has led to the soil compaction and poor resilience for the sport turfs. It is essential to maintain a flat and resilient surface for sport turfs.

In order to have a good understanding of the key limiting factors in turf establishment ,several problems and issues are addressed and corresponding strategies are proposed. Firstly ,finding the substitute medium for soil and research on soilless sod planting should be emphasized. Secondly ,substitutes with low cost for sod netting and adhesive-bonded fabric carrier of seed belt should be applied in turf establishment. Finally ,to improve the playing surface of sports turf ,it is essential to look for optimum soil amendments of turf rootzone. In conclusion ,in order to avoid negative impact on the environment when selecting materials for turf establishment and to enhance ecological services of turf establishment system ,looking for inexpensive substitute materials and developing researches on their application and ecological suitability will be the important aspects in turf establishment.

Key Words : turf establishment system ; sod ; turf seed belt ; sport turf ; ecological problems

1 草坪建植体系的城市服务功能

城市草坪建植体系是集生态调控、景观美化、运动休闲及文化娱乐等多种功能为一体的生态工程。它是城市复合绿化系统的重要组成部分 ,不仅在维系复合城市生态系统平衡方面发挥着重要作用 ,而且它所带来的景观与美化效果是城市其它建设工程与项目所不可替代的^[1-2]。草坪在城市生态系统中之所以扮演着重要的角色 ,归因于其具有特殊的生态系统服务功能^[3]。尽管对它的生态服务价值尚无详尽的研究报道 ,但这确是一个非常具有研究意义的城市生态问题。不容置疑的是 ,草坪的生态系统服务价值要远高于它的建设与管理成本。草坪建植体系的生态系统服务价值评估参数选择 ,应重点考虑 :草坪植物能通过降低地面有效辐射及吸收二氧化碳 ,来减轻“城市热岛”效应^[4] ,植物光合作用释放的氧气 ,能改善城市大气质量 ,调节大气湿度^[5] ,植物能吸收、吸附与降解环境中的污染物 ,草坪还可为人们运动、休息、游憩及享受生活提供活动空间^[6] ,草坪所特有的景观及美化效果 ,给人们带来美的感受^[7]。

当今 ,草坪建植体系构建已成为现代城市生态建设中必须考虑的重要内容之一 ,而草坪绿化面积及质量已成为评价城市环境质量的重要客观标准^[8-9]。此外 ,草坪建植体系也是展示现代城市社会发展水平与经济实力的一个窗口 ,它在改善城市投资环境、吸引外资、促进旅游等方面都发挥着重要作用^[10]。需要指出的是 ,针对城市草坪建植体系构建中某一方面的生产技术问题与泛泛的宏观环境效应研究 ,国内外多有文献报道 ,但从生态学视角 ,紧紧抓住城市草坪建植体系构建的环境生态学基础特征 ,来系统分析该领域研究中所蕴涵的生态层面的问题 ,还尚未见文献报道。

2 草坪建植体系构建现状与发展前景

国内外草坪建植体系构建现状可概括为 :首先 ,国外人均占有草坪绿地面积较大 ,如华盛顿人均占有面积为 45.7 m² ,伦敦 30.4 m² ,堪培拉 70.5 m² ,华沙 70.0 m² ,莫斯科 44.0 m² ^[1]。其次 ,草坪建植业已成为很多发达国家的一大高效生态产业 ,且产值增长速度远大于同期经济增长速度 ,如美国 20 世纪 80 年代以来 ,年产值以 18% 高速增长 ,草坪业在美国作物产业中排名第二 ,它已同航空、电子等一并成为国家十大产业之一^[11]。再有 ,草坪建植业也带动了机械制造、社会服务等相关产业的快速发展^[12]。

与世界先进水平相比 ,中国草坪建植体系构建在建植规模、质量、管理及研发等诸多方面存在差距^[13]。从规模上看 ,世界城市生态环境指标为人均绿地 20 m² ,而中国很多城市不足 3 m²。近年来 ,随着中国经济的高速发展 ,城市对各种功能草坪建植体系的需求与日俱增。专家估计 ,未来 10a 中国草坪从业人员可达 400

万人,届时将超过林业人口,而草坪建植体系的综合服务功能也将不断得到提升^[1]。目前中国有100万元产值的草坪企业400余家,仅北京郊区从事草皮生产的公司与农户就达2000余处^[11]。可见,在现代产业链中,城市草坪建植体系构建产业已成为极具活力的一大生态产业。

3 草坪建植体系构建方式及其主要制约因素

在草坪建植材料应用中,建坪繁殖体(种子及无性繁殖体)、繁殖体搭载材料(植生带载体、草皮铺网与培养基质等)及为各种目的而使用的基质填充材料(保水材料、营养物质、运动场草坪基质填充物等)等的选择尤其受到人们的高度重视。应该说,草坪建植方式的选择,直接关系到草坪建植的成败^[4]。当然,草坪建植能否迅速成坪,并达到预期效果,在很大程度上还取决于生态环境特征,以及成坪后的管理水平^[15~17]。而对专一功能草坪的建植,更要考虑其特殊性的要求,如针对运动场草坪,耐践踏性则是关键,因此,运动场草坪建植必须充分考虑选择适宜的根带填充物,以有效地提高运动场草坪弹性耐踏的应用生态性能,并达到改善运动场草坪质量及延长场地使用寿命的目的^[18]。

草坪建植一般可采用直接播种、草块铺栽、植株分栽、草段无性繁殖、喷浆播种、植生带及地毯草皮建植等^[9]。其特点为:①播种建植主要适宜结籽量大而且容易采集种子的草坪植物,该方法成本低、简单易行,但容易受到杂草危害,成坪比较缓慢^[20~21]。②草块铺栽的优势在于成坪快,建植后期管理容易,不足之处就是成本高,不便于异地远途草坪建植^[9]。③植株分栽成本相对较低,成坪较快,但应用时受到繁殖体来源、时间等因素的制约。梁应林等^[22]通过分株移栽与根部繁殖法建坪,认为草地早熟禾行距×穴距为10 cm×10 cm,每穴枝条数为6~8为宜。④草段无性繁殖主要适宜匍匐枝、根状茎等一类草坪植物,成坪速度相对较快,但应用时易受繁殖体来源限制。⑤喷浆播种机械化程度高,播种均匀,非常适宜于有坡地段及大面积区域,不足之处为成本相对较高,喷浆配料依靠进口等;于凤芝^[23]研制出了高效能草坪喷浆播种剂,该产品可有效防止斜坡的浅层滑坡和径流。⑥植生带方法简单,适宜于工厂化生产,但生产材料及养护管理成本较高,工艺技术也相对复杂^[24]。⑦草皮(sod)建植成坪较快,但消耗土壤、破坏农田,铺网成本也较高^[25]。

在草坪建植体系中,具体采用上述何种方法,可依据建植成本、时空格局要求、建坪目的及生态环境特征等因素来确定^[26]。在草坪建植应用中,尽管草皮与植生带建植模式均存在自身缺陷,但因其具有快速、便捷等特点被广泛采用。杨广乐等^[27]研究了冷季型草皮建植体系的相关性能,表明在哈尔滨采用铺网建植可缩短草皮培植周期,提高草皮应用生态性能。周奉磊^[28]认为植生带在西部、北部地区,用于减少水土流失、抑制沙尘暴等方面具有较大适宜空间。总之,草皮与植生带建植体系生产技术问题研究一直是人们关注的热点,但对其生态层面的问题缺乏认识。

4 草坪建植体系中三个方面的突出问题及相关研究进展

4.1 草皮铺设法构建草坪建植体系

草皮是把草坪平铲为平板状或剥离成不同大小的正方形、长方形、柱状等形状,在其上附带有一定土壤的草坪建植体或草坪建植材料^[9]。目前,草皮已成为一些国家的热销产品,仅美国草皮销售产值每年超过100亿美元^[29]。我国草皮生产前景同样广阔,很多城市每平方米售价高达10元。晏志谦等^[30]对草皮培植的基本特征进行了探讨,提出草皮建植发展框架。李祖祥等^[31]提出全年培植无土苇状羊茅草皮的有效措施,为草皮无土培植做了积极有益的尝试。

尽管,草皮建植在国内外城市应用非常普遍,但存在的弊端也不能回避。草皮培植体系消耗土壤资源现象较为严重,草皮起皮一次,大约需要5 cm厚的耕层土壤,这样肥沃的耕层土壤就随着草皮的出售而被带入城市生态系统。崔建宇等^[25]对草皮培植区的土壤特征进行了研究,结果表明草皮培植已使表层土壤的厚度减少了近10 cm,土壤容重明显增大,土壤孔隙度显著降低。再有,这种草皮培植所需周期较长,往往为一年起皮1次,有时甚至隔年起皮1次。草皮铺设所用的铺网成本较高,在很大程度上增加了成本^[32]。另外,由于土壤中含有杂草繁殖体,具有较强的种群竞争优势,杂草危害则成为一大难题。可见,这种草皮培植模式,从保护环境、降低成本、提高效益来看,均不符合可持续发展的要求^[33]。针对现有草皮培植体系所存在的弊

端,替代土壤基质的相关研究已引起关注。

将无土栽培技术应用于草皮培植已有相关研究,但尚未进入规模化生产阶段。文亦芾等^[34]无土草皮培植研究表明无土草皮具有成皮时间短、质量轻、可任意剪成任何形状、起运方便等特征。尽管营养液无土栽培技术具有广阔的发展前景,但目前在草坪领域的应用还存在很多局限性^[35]。由于无土栽培具有产量高、品质好、清洁卫生、降低劳动强度、节省养分水分、减少土壤资源浪费等诸多优点,因此,无土栽培技术应用于草皮培植应具有重要的研发价值^[36]。

多立安等^[37]以生活垃圾堆肥为主体材料组配草皮培植基质,对组配基质生态适宜性展开了研究,证明组配基质适宜草皮培植要求,综合性能指标优于土壤,节水及杂草控制等应用生态性能良好。陈国祥等^[38]采用地膜为垫底进行培植草皮的研究,形成了有较强弹性、韧性、易运输的草皮。陈秋全等^[39]利用秸秆基质进行了草皮培植的研究。俞镇慌^[40]也对秸秆材料用作草皮培植基质进行了研究。在替代草皮商用铺网方面,多立安等^[41]以纤维网袋、纤维编织袋及窗纱等生活废弃物制成草皮铺网,进行了草皮建植研究,初步证明一些废弃物铺网达到草皮建植指标要求。应该说,上述尝试,在草皮培植方式新思路的探讨方面,取得了积极有益的进展。

4.2 植生带构建草坪建植体系

植生带生产工艺为:在工厂里采用自动化设备,用再生纤维通过一系列工艺,制成有一定弹性和拉力的无纺布,其上均匀地撒播优质草籽和肥料胶结复合而成。目前,尽管我国植生带生产已具备一定的规模,但仍有诸多性能有待改进:首先,工艺技术比较复杂,无纺布载体成本高^[42]。其次,无纺布植生带载体阻力小,控制杂草能力有待于进一步加强^[43]。再有,无纺布载体透性大,因此,在提高保水及节水功能方面仍有很大的空间^[44]。针对这些问题,从20世纪90年代开始,就开展了一系列攻关研究。

聂朝相等^[45]将无纺布载体改为商品纸张,表明自制植生带与无纺布植生带在出苗率、保苗率、植株高度等方面均无明显差异,而纸张的透性要小于无纺布,使植生带在控制杂草及保水能力等方面的性能得到了提高。谢彩云等^[46]认为纸质与棉质纤维材料是制作植生带载体的适宜材料,提出了植生带载体、播量、粘合剂、生产工艺、保管、包装等相关标准。徐永年等^[47]认为在陡坡面上,植生带不仅具有较好的水土保持能力,而且也能起到较好的绿化美化效果。多立安^[48]等以废报纸、废棉布、废纱布、废面巾纸等生活废弃物为夹层载体,采用粘合剂粘合固着,研制出低成本的草坪植生带,证明所选用的生活废弃物多数具有潜在的应用价值。

4.3 运动场草坪建植体系

运动场草坪是城市草坪建植体系的重要组成部分。随着草坪体育运动的普及与发展,各国对运动场草坪的需求与日俱增。以高尔夫运动发展为例,美国现有高尔夫球场超过16000个,新西兰人口为390万人,但有高尔夫球场440个;日本有高尔夫球场超过2000个,南非仅比勒陀利亚和约翰内斯堡两个城市就有高尔夫球场70个^[49~51]。此外,棒球、垒球等草坪体育运动也在各国不断普及与发展^[52]。从运动场草坪建植体系的经济效益看,美国每年仅高尔夫球场养护管理费就超过40亿美元,有关专用机械、器材、生产资料营业额高达6亿美元^[12]。

目前,我国有标准化高尔夫球场仅200多个,已建成足球场草坪超过600个^[53]。总的来说,我国运动场草坪发展规模、管理水平与建植基础研究相对滞后,质量体系评价也尚无统一的标准,而运动场草坪的发展现状远远不能满足广大人民群众体育健身休闲的需求,这一矛盾也日趋突显。从未来发展看,由于大型运动场草坪占地过多,为此,依据我国草业生态设计原则和我国生态经济发展现状与土地资源应用的实际出发,发展小型多功能运动场草坪,更适合我国的基本国情^[54]。构建这种小型多功能运动场草坪,应首先具备良好的弹性耐踏性能,同时也应具有使用寿命长及耐粗放管理等应用性能。

关于根带基质填充介质对运动场草坪的回弹性、滚动距离、场地硬度、表面滑动摩擦力等应用性能的影响研究已有相关报道^[55]。运动场草坪长期处于高强度践踏胁迫条件下,场地基质变得紧实,失去弹性,导致场地使用性能下降,严重时造成草坪退化。运动场草坪退化会产生负面效应,首先,影响场地景观效果、观赏价

值及运动员竞技水平的正常发挥^[56]。其次,可增加养护的管理成本,降低运动场使用寿命。

要使运动场草坪具备最佳的弹性耐踏性能,就是要找到性能适宜的草坪根带基质填充介质,并能对其进行科学设计与构建^[57]。研究表明运动场草坪根带基质填充介质的环境植物学基础效应,要远远大于施肥水平和草坪植物的选择等管理及其它技术措施,根带基质填充介质是决定运动场草坪表面渗透率、回弹性、滚动距离、场地硬度、表面滑动摩擦力、使用寿命及根带稳定性等指标的最主要因素。为了解决运动场草坪基质紧实问题,从 20 世纪 60 年代开始,科学家们就对填充介质,如聚丙烯纤维、金属、塑料网络、砂子、砾石、沸石及陶泥颗粒等进行了广泛研究,分析砂子样品就达 400 余种,以寻找适宜的根带填充介质及其最佳形态与粒级,达到提高弹性耐踏性能的目的^[58,59]。此外,为了提高基质的应用性能,科学家们还对有机营养源,如泥炭土、畜禽屠宰副产品及餐馆废物等也作了相关研究^[60]。

尽管针对提高运动场草坪弹性耐踏性能方面做了大量研究工作,并取得了一些积极进展,但要彻底解决这一关键问题,仍是一项具有挑战性的课题^[61]。时至今日,还没有找到一种成本适中、性能良好、广为人们接受的根带基质填充介质。

5 结语

生态城市最基本的特征之一就是要有足够的优质绿地面积,因此,通过对草坪建植体系一些生态层面问题的探讨,可为城市草坪建植体系构建规划与决策提供依据。为了能有效地抓住城市草坪体系中存在的关键制约因素,实现有效生态调控,提出几个值得思考问题及其应对策略。现行草皮培植往往以破坏农业生态系统环境为代价,因此,有效利用土壤基质替代材料,展开无土草皮建植体系的生态适宜性及其环境植物学基础研究,则是解决这一问题的关键。由于受到草皮铺网、植生带无纺布载体等自身性能的制约,使以这些材料构建的草坪建植体系性能优势难以发挥,为此,寻找低成本廉价替代材料,研究替代铺网、无纺布载体在各类草坪建植体系中应用生态效应,也是必须面对的课题。在运动场草坪建植体系中,为了解决弹性耐踏问题,寻找适宜的根带填充物,展开根带基质体系的环境植物学基础研究,则是解决运动场草坪基质紧实问题的关键。总之,为了避免在现行草坪建植材料应用过程中破坏生态环境现象的发生,及更有效地发挥城市草坪建植体系的生态服务功能,在草皮建植、植生带建植及运动场草坪建植体系构建中,寻找低成本廉价的草坪建植替代材料,开展环境友好的草坪建植材料选择应用及其生态适宜性问题研究,则是十分有意义的工作。

References :

[1] Ren J Z, Zhang Z H. Grassland and human civilization. Grassland and Turf 2000, (1) 5—9.

[2] Chapman M G, People J, Blockley D. Intertidal assemblages associated with natural *corallina* turf and invasive mussel bed. Biodiversity and Conservation 2005, 14 (7) :1761—1776.

[3] Gorgula S K, Connell S D. Expansive covers of turf-forming algae on human-dominated coast : the relative effects of increasing nutrient and sediment loads. Marine Biology 2004, 145 (3) :613—619.

[4] Whitford V, Ennos A R, Handley J F. "City form and natural process"—indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. Landscape and Urban Planning 2001, 57 (2) :91—103.

[5] Godefroid S. Temporal analysis of the Brussels flora as indicator for changing environmental quality. Landscape and Urban Planning 2001, 52 (4) :203—224.

[6] Duo L A, Gao Y B, Zhao S L. Heavy metal accumulation of urban domestic rubbish compost in turfgrass by EDTA chelating. Journal of Environmental Sciences 2005, 17 (5) :813—816.

[7] Herzog H. On home turf : interview location and its social meaning. Qualitative Sociology 2005, 28 (1) :25—47.

[8] Adrian J L Jr, Duffy P A, Loyd W M. Turfgrass-sod : a viable farm enterprise. Journal of Production Agriculture 1996, 9 (2) :276—283.

[9] Kearns K C. Development of the Irish peat fuel industry. American Journal of Economics and Sociology 1978, 37 (2) :179—193.

[10] Asgary N, Walle A H. International boundaries and tourism strategies. Tourism Economics 2001, 7 (4) :347—363.

[11] Sun J X. Turf education in China. Pratacultural Science (suppl.) 2002, 395—398.

[12] Susan J. The view from... American golf. Golf Course Management 1998, 66 (9) :114—124.

[13] Wang H Z. The industrialization of turf establishment. Acta Prataculturae Sinica 1998, 7 (1) :71—75.

[14] Pathan S M, Aylmore L A G. Soil properties and turf growth on a sandy soil amended with fly ash. Plant and Soil 2003, 256 :103—114.

- [15] Adriano D C ,Weber J T. Influence of fly ash on soil physical properties and turfgrass establishment. *Journal of Environmental Quality* 2001 ,30 (2) : 596 — 601.
- [16] Bell G E ,Danneberger T K ,McMahon M J. Spectral irradiance available for turfgrass growth in sun and shade. *Crop Sciences* 2000 ,40 (1) :189 — 195.
- [17] Huang B R ,Gao H W. Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. *Crop Sciences* 2000 ,40 (1) :196 — 203.
- [18] Pathan S M ,Aylmore L A G ,Colmer T D. Turf culture under declining volume and frequency of irrigation on a sandy soil amended with fly ash. *Plant and Soil* 2005 ,266 (1-2) 355 — 369.
- [19] Chen S G ,Li R H ,Yang Q S. Ornamental Horticulture. Beijing :Chinese Agricultural Science and Technology Press ,1991. 206 — 224.
- [20] Hu Y L ,Jia W L ,Wang J D *et al.* Transgenic tall fescue containing the *Agrobacterium tumefaciensipt* gene shows enhanced cold tolerance. *Plant Cell Reports* 2005 ,23 (10-11) 705 — 709.
- [21] Chai M L ,Senthil K K ,Kim D H. Transgenic plants of colonial bentgrass from embryogenic callus via agrobacterium-mediated transformation. *Plant Cell ,Tissue and Organ Culture* 2004 ,77 :165 — 171.
- [22] Liang Y L ,Deng R ,Wang P. Quality assessment of *Poa pratensis* reproduction in turf establishment. *Guizhou Agricultural Sciences* ,1998 ,26 (1) :44 — 46.
- [23] Yu F Z. Studying on sowing agent of efficient spraying of lawn. *Grassland of China* 2000 , (1) 35 — 38.
- [24] Xie C Y ,Shang Y S. Management and planting techniques of tape planting lawn. *Journal of Sichuan Grassland* 2000 , (2) :45 — 46.
- [25] Cui J Y ,Mu K G ,Hu L *et al.* Studies on the effects of sod-production on soil quality in Beijing area. *Pratacultural Science* 2003 , (6) :68 — 72.
- [26] Roy J W ,Hall J C ,Parkin G W *et al.* Seasonal leaching and biodegradation of dicamba in turfgrass. *Journal of Environmental Quality* 2001 ,30 (4) : 1360 — 1370.
- [27] Yang G L ,Hu L Q ,Zhang Y L. New industrialization technique of cold season sod. *Northern Horticulture* 2005 , (3) :40 — 41.
- [28] Zhou F L. A new turf establishment technique — gauze belt seeding. *China Flowers & Horticulture* 2005 , (2) :44 — 45.
- [29] Sun J X. Foreign lawn industry. *Grassland and Herbage* ,1989 , (4) :14.
- [30] Yan Z Q ,Zhang J H ,Hu D Q *et al.* Study on Economical Characteristic of Lawn Industrialization Production. *Journal of Sichuan Grassland* 2003 , (4) :44 — 45.
- [31] Li Z X ,Xia Z G. A soil-free cultivation technique of tall fescue turf. *Pratacultural Science* 2005 , (1) :69 — 72.
- [32] Wei Y M. Biological degradation fabric of transplant sod. *Technical Textiles* 2002 ,20 (4) 38.
- [33] Chen Z Z. Consideration on several problems in the researches of turf science and the development of turf industry. *Grassland and Turf* 2000 , (1) : 10 — 11.
- [34] Wen Y P ,Cao Y C. A study of no-soil lawn production technology. *Pratacultural Science* 2005 , (2) :71 — 74.
- [35] Decker H F. Producing sods over plastic in soilless media. *Horticultural Reviews* 2001 ,27 :317 — 351.
- [36] Hensler K L ,Baldwin B S ,Goatley J M Jr. Kenaf-based fiber mat as a substrate for establishing soilless sod. *Hort Technology* ,1998 ,8 (2) :171 — 175.
- [37] Duo L A ,Zhao S L. Study on raising medium function of environmental engineering by using life rubbish to produce carpet turf. *Journal of Environmental Sciences* 2000 ,12 (4) :498 — 505.
- [38] Chen G X ,Liu Q. Study on sod production and turf establishment. *Journal of Sichuan Grassland* 2005 , (2) :44 — 46.
- [39] Chen Q Q ,Ren Q X ,Cao Z Y ,*et al.* Sod production technique relying on straw medium factory. *Journal of Hulunbeier College* 2002 ,10 (3) :92 — 93.
- [40] Yu Z H. Study on soilless base made of straw fibers for planting turf. *Technical Textiles* 2002 ,20 (9) 23 — 25.
- [41] Duo L A ,Zhao S L. Study on production of carpet turf by using several kinds of waste materials. *Grassland of China* 2000 , (6) :38 — 44.
- [42] Duo L A ,Zhao S L. Study on belt seeding of low cost by using carrier of several kinds of waste materials. *Acta Agrestia Sinica* ,1999 ,7 (4) :277 — 286.
- [43] Masin R ,Zuin M C ,Zanin G. Phenological observations on shrubs to predict weed emergence in turf. *International Journal of Biometeorology* 2005 , 50 (1) 23 — 32.
- [44] Huang Z B ,Xin X G ,Li Y Q *et al.* Effect on moisture and temperature of soil and maize seedling of covering by liquid film and texture belt. *Bulletin of Soil and Water Conservation* 2004 ,24 (1) :47 — 49.
- [45] Nie C X ,Sun J X ,Liu S Z. Study on belt seeding establishment by using paper. *Pratacultural Science* ,1990 ,7 (3) :58 — 59.
- [46] Xie C Y ,Shang Y S ,Tang C B. Study on tape planting lawn of bluegrass and bent grass. *Journal of Mountain Agriculture and Biology* 2003 ,22 (5) : 399 — 403.
- [47] Xu Y N ,Su X B ,Wang X D *et al.* Effect of soil-water conservation of green sheet on sloping face water. *Water Resources and Hydropower Engineering* 2002 ,33 (7) :61 — 64.
- [48] Duo L A ,Zhao S L. Ecological engineering of using cellulose bonding carrier of wasted materials for belt seeding establishment. *Acta Ecologica*

Sinica 2001 21 (1) :143—150.

[49] Perrault M. Changing course. Golf Course Management ,1998 66 (12) 92—101.

[50] Wiecko G. Asian golf growth taxes bermudagrasses flexibility. Golf Course Management 2000 68 (2) 69—72.

[51] Brandenburg R L. Golf in South Africa : A growing industry. Golf Course Management 2000 68 (7) 84—92.

[52] Stewart V I. Sports turf. Printed in Great Britain by the Alden Press ,Oxford ,1994. 3—22.

[53] Tan J Q ,Tan Z J ,Zhou F S. Re-discussions on the present football field turf-building in China. Journal of Sichuan Grassland 2003 , (5) 53—56.

[54] Duo L A ,Zhao S L. Design principle and development structure of grass ecological industry in China. Grassland of China 2003 25 (2) 63—71.

[55] Song G L ,Han L B. Research progress of effect factors on the playing quality of soccer pitches. Grassland of China 2003 25 (1) 54—62.

[56] Meng R ,Yang Y G. Applied studies on maintenance techniques for soccer court turf. Grassland of China 2001 23 (4) 79—81.

[57] Newell A J. Soccer pitches. The importance of wear to tolerance. Parks ,Golf courses & Sports ,1993 58 (9) 12—14.

[58] Clark S T ,William H D. Sand selection for turfgrass root zones. Golf Course Management ,1991 59 (3) 48—54.

[59] Waltz C ,Burnett S ,Quisenberry V *et al.* Soil amendments affect compaction ,soil strength. Golf Course Management 2000 68 (11) 49—55.

[60] Charles B S ,Howard B S. Good turf for lawns ,playing fields and parks. Interstate publishers ,Inc. 1994. 69—80.

[61] Mcitt A S ,Landschoot P J. The effects of soil reinforcing inclusions in an athletic field rootzone. International Turfgrass Society Research Journal , 2001 , (9) 565—572.

参考文献：

[1] 任继周,张自和. 草地与人类文明. 草原与草坪 2000 ,(1) 5~9.

[11] 孙吉雄. 满足市场经济的需求 ,应对 WTO 的挑战 ,构建独具中国特色的草坪教育. 草业科学 (增刊)2002. 395~398.

[13] 王辉珠. 草坪产业化. 草业学报 ,1998 7 (1) 71~75.

[19] 陈树国,李瑞华,杨秋生. 观赏园艺学. 北京 :中国农业科技出版社 ,1991. 206~224.

[22] 梁应林,邓容,王萍. 草地早熟禾繁殖建坪质量评定. 贵州农业科学 ,1998 26 (1) 44~46.

[23] 于凤芝. 高效草坪喷浆播种剂的研究. 中国草地 2000 ,(1) 35~38.

[24] 谢彩云,尚以顺. 植生带草坪的建植及管理技术. 四川草原 2000 ,(2) 45~46.

[25] 崔建宇,慕康国,胡林,等. 北京地区草皮卷生产对土壤质量影响的研究. 草业科学 2003 ,(6) 68~72.

[27] 杨广乐,胡连秋,张玉玲. 冷季型草皮产业化生产新技术. 北方园艺 2005 ,(3) 40~41.

[28] 周奉磊. 草坪建植新技术——植生纱. 中国花卉园艺 2005 ,(2) 44~45.

[29] 孙吉雄. 国外草坪业. 草原与牧草 ,1989 ,(4) 14.

[30] 晏志谦,张俊华,胡殿全,等. 草坪产业化生产的经济特征分析和探讨. 四川草原 2003 ,(4) 44~45.

[31] 李祖祥,夏祖国. 苇状茅茅无土草毯的栽培技术. 草业科学 2005 ,(1) 69~72.

[32] 卫亚明. 移植草皮的可生物降解织物的应用. 产业用纺织品 2002 20 (4) 38.

[33] 陈佐忠. 草坪科学研究与草坪业发展几个问题的思考. 草原与草坪 2000 ,(1) 10~11.

[34] 文亦蒂,曹永春. 无土草坪生产技术试验研究. 草业科学 2005 ,(2) 71~74.

[38] 陈国祥,柳茜. 草皮卷生产与草坪建植试验. 四川草原 2005 ,(2) 44~46.

[39] 陈秋全,任秋香,曹志宇,等. 秸秆基质草皮工厂化生产技术. 呼伦贝尔学院学报 2002 ,10 (3) 92~93.

[40] 俞镇慌. 秸秆材料用作草皮栽培基质的研究. 产业用纺织品 2002 20 (9) 23~25.

[41] 多立安,赵树兰. 废弃物生产地毯式草皮的研究. 中国草地 2000 ,(6) 38~44.

[42] 多立安,赵树兰. 利用废弃物制成低成本植生带的研究. 草地学报 ,1999 7 (4) 277~286.

[44] 黄占斌,辛小桂,李友乾,等. 液态地膜和植生带对土壤水温和玉米成苗的影响. 水土保持通报 2004 24 (1) 47~49.

[45] 聂朝相,孙吉雄,刘淑帆. 草坪植生纸建坪技术的研究. 草业科学 ,1990 7 (3) 58~59.

[46] 谢彩云,尚以顺,唐成斌. 早熟禾、剪股颖草坪植生带研究. 山地农业生物学报 2003 22 (5) 399~403.

[47] 徐永年,苏晓波,王向东,等. 绿化植生带在不同坡面上的水土保持效果. 水利水电技术 2002 33 (7) 61~64.

[48] 多立安,赵树兰. 纤维素粘合废弃物载体植生建坪环境生态工程应用研究. 生态学报 2001 21 (1) :143~150.

[53] 谭继清,谭志坚,周福生. 再论中国目前足球场草坪. 四川草原 2003 ,(5) 53~56.

[54] 多立安,赵树兰. 论我国草生态产业设计原则与发展架构. 中国草地 2003 25 (2) 63~71.

[55] 宋桂龙,韩烈保. 足球场草坪运动质量影响因素的研究进展. 中国草地 2003 25 (1) 54~62.

[56] 蒙荣,杨玉光. 足球场草坪养护技术的应用研究. 中国草地 2001 23 (4) 79~81.