

# 几种城市绿地草坪草需水规律研究

蒋庭菲<sup>1</sup>, 范兴科<sup>2</sup>, 侯红蕊<sup>3</sup>, 和 钟<sup>4</sup>, 姚 瑾<sup>5</sup>

(1. 西北大学 城市与环境学院 国家林业局西北林业调查规划设计院, 西安 710048;

2. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 内蒙古城市规划市政设计研究院,

呼和浩特 010010; 3. 渭南市城乡规划局, 陕西 渭南 714000; 5. 陕西省测绘地理信息局, 西安 710054)

**摘 要:**为对城市绿地草坪草进行更合理的种植灌溉,采用小区微灌试验,对剪股颖、马蹄金、早熟禾和白三叶四种具有代表性的绿地草坪草的需水规律进行研究。试验结果表明:(1) 供试草坪草根系在土层中的分布呈“伞”形结构,83%~94.4%的根系聚集在 0—10 cm 的土层中,不耐干旱,需适时补充灌溉,以维持其正常生长;(2) 供试草坪草年需水总量在 1 000 mm 左右,66%的需水量集中在 6—9 月 4 个月内。在水资源紧缺的北方城市绿地建设中,不宜大面积配置草坪草;(3) 草坪草的灌水周期以 5 d,次灌水量 33 mm 较为适宜。

**关键词:**草坪草; 需水规律; 根系; 灌溉制度; 需水量

中图分类号:S688.4,S274.4

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)06-0088-04

## Study on Water Requirement Regulation of Turfgrass for the Urban Green Land

JIANG Ting-fei<sup>1</sup>, FAN Xing-ke<sup>2</sup>, HOU Hong-rui<sup>3</sup>, HE Zhong<sup>4</sup>, YAO Jin<sup>5</sup>

(1. College of Urban and Environmental, Northwest University, Northwest Institute of Forest Inventory, Planning and Design, Xi'an 710048, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F

University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Inner Mongolia Urban Planning & Municipal Engineering Design Research Institute, Hohhot 010010, China; 4. Weinan Urban and Rural Planning Management Bureau, Weinan,

Shaanxi 714000, China; 5. Shaanxi Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** In order to irrigate urban green space of lawn grass more reasonable, the water requirement regulation for *Agrostis stolonifera*, *Dichondra repens*, *Poa pratensis* and *Trifolium repens* was studied by the micro irrigation experiment in the plots. The results show that: (1) the pattern of root system distribution in the soil is similar to the shape of umbrella, and 83%~94.4% of root system distribut in 0—10 cm depth of soil. Therefore, they need supplementary irrigation timely to maintain their normal growth; (2) the annual total water requirement is about 1000 mm, and 66% of which is concentrated in June, July, August and September. Thus, the turfgrass can not be cultivated in large scale for the construction of urban green land in northern China; (3) the irrigation period is 5 days for turgrass, and it is better to irrigate about 33 mm for the second irrigation.

**Key words:** turfgrass; water requirement regulation; root system; irrigation system; water requirement

随着我国经济的快速发展和人民生活水平的提高,城市居民极其渴望改变交通拥挤、雾霾笼罩、噪声扰人、硬化地面遍布等“灰色环境”,追求“蓝天、白云、绿地”的宜居环境。绿地建设可起到美化、保护和改善环境的作用,是建设人类物质文明和精神文明的重要内容。草坪是城市绿地建设的重要组成部分,在保护和美化环境、陶冶情操、防止尘土飞扬和水土流失、调节气候、净化空气、吸附噪音等方面有着重要作用<sup>[1-2]</sup>。

我国大中城市草坪建设发展速度很快,在降水丰沛的南方其草坪发展速度一直居高不下,北方城市草坪发展较慢。据了解,在 20 世纪末,北京市草坪面积即达 3 000 万 m<sup>3</sup>,且每年以 150 万 m<sup>3</sup> 的速度递增。大连市更是每年新增草坪面积 240 万 m<sup>3</sup>。在寸土寸金的上海市,草坪面积也以每年增长 230 万 m<sup>3</sup> 的速度发展<sup>[3]</sup>。草坪草属于浅根系、高耗水植物,灌溉需水量较大<sup>[4-5]</sup>。然而我国是一个水资源严重短缺的国

家,人均水资源量不足 2 200 m<sup>3</sup>,居世界 109 位,仅为世界平均水平的 1/4。而且我国水资源地区分布极不均衡,淮河流域及其以北地区的国土面积占全国的 65%,但其水资源量仅占全国水资源总量的 20%<sup>[6]</sup>。据统计,我国现有建制城市 600 多座,其中 400 余座城市正在遭遇不同程度的缺水,108 座严重缺水。正常年景全国城市缺水约 60 亿 m<sup>3</sup><sup>[7]</sup>。以往对生态环境建设中的林草地土壤水分问题研究较多<sup>[8]</sup>,但对城市绿地建设中草坪草的需水问题研究较少<sup>[9-10]</sup>,因此,有必要研究草坪草根系在土壤中的分布规律和生长需水规律,为灌水时确定其计划湿润土层深度和灌溉制度设计,以及今后在城镇绿地建设中配置草坪草的种类、比例提供科学依据。

# 1 试验设计和试验方法

## 1.1 试验设计

试验在陕西省杨凌区水土保持研究所试验场内进行。该区年均降水量 633.7 mm,干燥度 1.33,雨热同季,50%的降水集中在 7—9 月 3 个月。年均日照时数 2 158.5 h。试验地土壤为黏壤土,土壤田间持水量为 24%,凋萎湿度为 7%。0—5 cm 土壤容重 1.15 g/cm<sup>3</sup>,0—50 cm 平均容重 1.37 g/cm<sup>3</sup>。供试草种有剪股颖(*Agrostis stolonifera*)、马蹄金(*Dichondra repens*)、早熟禾(*Poa pratensis*)和白花三叶草(*Trifolium repens*)四种。设计六种灌水处理,共布设 24 个小区(图 1),每个小区面积 5 m×2.15 m。每种处理中依次栽种剪股颖、马蹄金、早熟禾和白三叶。

试验小区草坪草建造采用移栽方法,4 月 16 日栽草,7 月上旬,各区草坪草已全部覆盖地面,盖度达 95%以上。7 月 16 日所有小区全部灌水一次,灌水量为各区设计灌水量。7 月 19 日,开始土壤水分观测。

灌水方式采用微喷技术,微喷毛管选用 Φ10 mm 的 PE 管,顺小区长边敷设,架空置于每个小区的中央。每 4 个小区设 1 个闸阀,控制一种处理的灌水。喷头选用折射式(单向)微喷头,供水压力为 0.1 MPa,喷头出水量 41 min,喷头间距 1 m。

主要观测项目包括植物根系和土壤含水率。植物根系采用直径 78 mm 的土钻分层采土冲洗,风干称量,重复两次。土壤水分采用烘干称重法测量,取样深度 50 cm,重复一次,土壤水分观测时间基约为 15 d 一次。5 月 30 日,对各小区进行土壤水分本底值测量,采样深度为 100 cm。

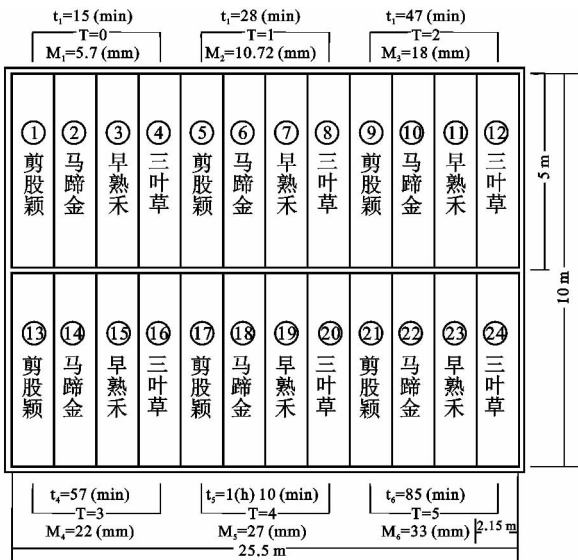


图 1 试验场布设

注:  $T$  为灌水间隔时间(d);  $t_i$  为次灌水历时(min);  $M_i$  为次灌水量(mm)。

## 1.2 灌溉制度设计

1.2.1 灌水定额 灌水定额依下式计算<sup>[11-12]</sup>:

$$M=0.1\gamma H(\beta_1-\beta_2)Q/\eta \tag{1}$$

式中:  $M$ ——次灌水定额(mm);  $\gamma$ ——土壤容重(g/cm<sup>3</sup>);  $H$ ——土壤设计湿润层深度(cm);  $Q$ ——土壤田间持水量(%);  $\beta_1$ ——土壤含水率上限值;  $\beta_2$ ——土壤含水率下限值;  $\eta$ ——灌溉水利用系数,取 0.85。

根据草坪草根系分布特点,六种处理的计划湿润层深度分别设计为 16,20,25,30,30,30 cm。为了避免灌水结束后水分的深层渗漏,达到节水灌溉的目的,取土壤田间持水量的 90%为灌水上限,第一处理的灌水下限为土壤田间持水量的 80%;第二处理为 75%;第三和第四处理为 70%;第五处理为 65%;第六处理为 60%。据此计算得各处理的灌水定额分别为:5.68,10.72,18.00,22,27.2,33.00 mm。

1.2.2 次灌水历时 次灌水历时依下式计算:

$$t=0.001\cdot\frac{LBM}{nq} \tag{2}$$

式中:  $t$ ——次灌水历时(min);  $L$ ——小区实际长度(m);  $B$ ——小区实际宽度(m);  $M$ ——次灌水定额(mm);  $n$ ——每个小区中喷头的个数(个);  $q$ ——每个喷头的流量(m<sup>3</sup>/min)。

根据(2)式计算得各处理的次灌水历时分别为 15,28,47,57,70,85 min。

1.2.3 灌水周期 六种处理的设计灌水周期  $T$  分别为 0 d 即每天灌水(下雨除外),1,2,3,4,5 d。灌水日若遇降雨,当日降雨量小于次灌水定额时,仍进行灌水,其所灌水量为次灌水定额与降雨量二者之差值。当降雨量大于灌水定额时,取消本次灌水。

1.2.4 草坪草需水量计算 与作物田间需水量<sup>[13]</sup>一样,草坪草的田间需水量是指草坪草在正常生长情况下,供应植株蒸腾和棵间土壤蒸发所需的水量,故亦称作物腾发量。本试验采用下式来计算草坪草的需水量。

$$E=[P+M-(W_2-W_1)]/D \quad (3)$$

式中: $E$ ——草坪草日需水量(mm/d); $P$ ——降水量(mm); $M$ ——灌水量(mm); $W_1, W_2$ ——月初和月末0—50 cm 土层中土壤储水量(mm); $D$ ——月天数(d)。

2 结果与分析

2.1 四种草坪草根系在土层中的分布规律

本试验对供试的四种草坪草植物根系在土壤中的空间分布进行了研究。表 1 列举了剪股颖根系在土层中分布的测量结果。图 2 绘出了剪股颖、马蹄金、早熟禾、白三叶植物根系在土壤中的分布结构。

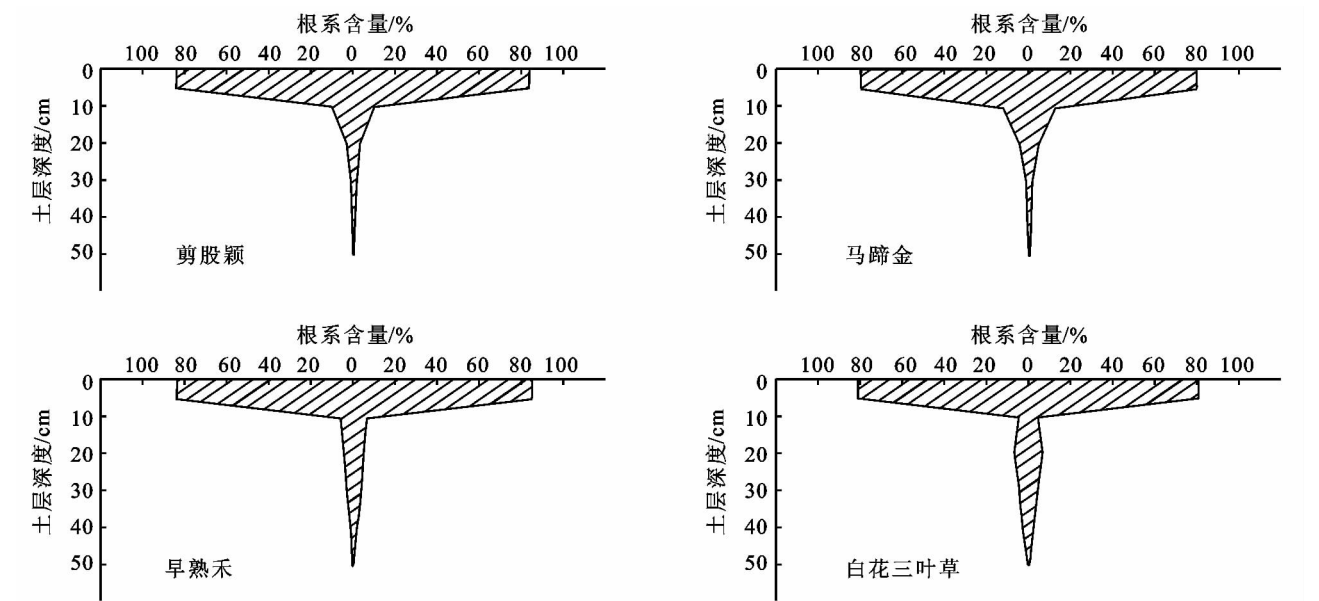


图 2 四种草坪草根系空间分布图

2.2 四种草坪草的需水规律

根据试验观测资料,将 6 个小区的剪股颖、马蹄

对表 1 和图 2 进行分析发现,剪股颖、马蹄金、早熟禾、白三叶四种草坪草根系在土壤中的分布属于“伞”形分布结构,其 76%~84% 以上的根系聚集在 0—5 cm 土层内,83%~94.4% 以上的根系聚集在 0—10 cm 深度的土层内,至 50 cm 深度处,其根系含量接近于零。由此可以看出:草坪草根系分布较浅,主要靠吸取 0—10 cm 土层中的水分来维持生长,极不耐旱,需要勤灌浅浇,及时补充水分,才能保持其正常生长。

表 1 剪股颖根系在土层中的分布

土层深度/cm	根量/(g·cm <sup>-3</sup> )	分布百分数/%	累计百分数/%
0—5	0.195	86.46	86.46
5—10	0.024	10.64	97.10
10—20	3.92×10 <sup>-3</sup>	1.74	98.84
20—30	1.63×10 <sup>-3</sup>	0.72	99.56
30—40	0.65×10 <sup>-3</sup>	0.29	99.85
40—50	0.33×10 <sup>-3</sup>	0.15	100.00

金、早熟禾和白三叶草坪草逐月田间日需水量计算结果分别相加后进行平均,结果列于表 2。

表 2 剪股颖、马蹄金、早熟禾、白三叶田间需水量试验结果

需水量	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	年需水总量
剪股颖日均需水量	5.32	5.72	5.65	4.57	1.78	0.61	0.27	0.28	0.42	2.12	2.47	3.08	4.70	986.76
马蹄金日均需水量	5.28	6.01	5.62	4.35	2.08	0.45	0.23	0.24	0.27	2.21	2.58	3.03	4.66	989.38
早熟禾日均需水量	5.30	5.78	5.71	4.49	1.89	0.65	0.29	0.33	0.41	1.94	2.55	3.01	4.61	988.63
白三叶日均需水量	5.65	6.33	6.22	4.57	1.99	0.56	0.17	0.20	0.35	2.15	2.82	3.32	4.99	1049.58

图 3 绘制了需水量最大的白三叶逐月需水量变化曲线,其他三种草与其具有相似的规律。从表 2 中可以看出:(1) 供试的剪股颖等四种草坪草,其年需水总量在 1 000 mm 左右,以陕西关中平原的几个主要城市为例,其多年平均降水量介于 519.2~679.1

mm 之间(宝鸡市为 679.1 mm、咸阳市为 519.2 mm、西安市为 584.9 mm、渭南市为 555.8 mm),在这些城市中种植白三叶等草坪草,每年需灌水 480~321.0 mm。这些城市水资源本来就十分紧缺,因而在园林绿地建设中,仍应以花灌木、乔木等深根系植物为主

体,不宜大面积配置草坪草。(2) 白三叶草坪草需水量逐月变化曲线类似正弦曲线,需水高峰期在 6—9 月 4 个月内,这一期间的耗水量约占年需水总量的 66% 左右。这一期间正值雨季,应强化雨水的收集利用,节约灌溉用水。

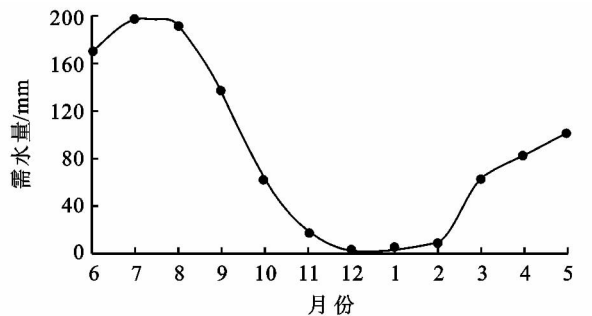


图 3 白三叶逐月需水量变化曲线

### 2.3 草坪草的灌水周期分析

图 4 为剪股颖在灌水周期  $T$  分别为 0 d (即每天灌水)、3 d 和 5 d 时,供试小区内土壤等湿线图(时限为 5 月至次年 7 月)。

从图 4a 中可以看出,除在翌年的 5 月上旬至 6 月

中旬期间外,小区 0—50 cm 土体内,土壤水分均在田间持水量的 80% 以上。且翌年的 2 月中旬至 3 月中旬、4 月下旬至 5 月上旬及 6 月下旬期间,在 0—50 cm,及 5—36 cm 土体内,土壤水分均大于田间持水量,这说明灌水太勤太多,将产生地表径流,因此,灌水周期  $T=0$  d 时是不合适的。

从图 4b 中可以看出,在观测年度(365 d)内,0—10 cm 土壤根系聚集层中,有 17% 的天数土壤湿度大于田间持水量,处于过度湿润状态;27% 的天数土壤湿度处在田间持水量的 90%~100% 范围内;21% 的天数土壤湿度介于田间持水量的 80%~90% 之间;另有 35% 的天数土壤湿度处在 60%~80% 之间。

从图 4c 中可以看出,在观测年度(365 d)内,在 0—10 cm 土体根系聚集中,有 4% 的天数土壤含水量大于田间持水量,处于过湿状态;有 19% 的天数土壤含水量介于田间持水量的 90%~100% 范围内;有 59% 的天数土壤含水量介于田间含水量的 80%~90% 范围之内,最适于作物生长发育;另有 18% 的天数土壤湿度处于田间持水量的 60%~80% 范围之内。

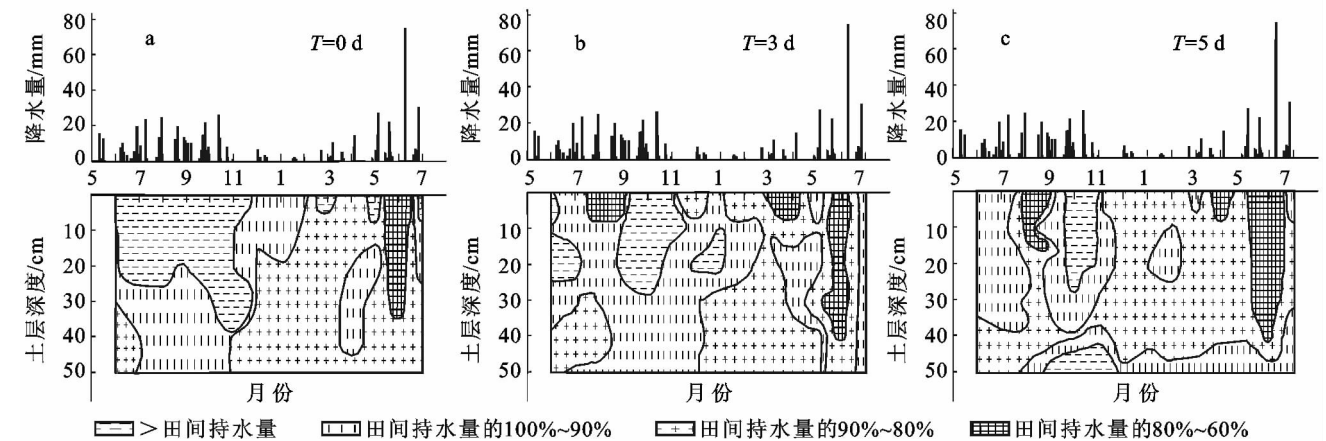


图 4 剪股颖在灌水周期  $T=5$  d 时土壤等湿线图

分析马蹄金、早熟禾和白三叶不同灌水周期的土壤等湿线图亦有类似规律,为节省篇幅,其土壤等湿线图未予绘出。因此,对剪股颖、马蹄金、早熟禾和白三叶草坪草的灌溉制度以灌水周期为 5 d,次灌水量为 33 mm 较为合适。

## 3 结论

剪股颖、马蹄金、早熟禾、白三叶草坪草根系在土体中的分布呈“伞”形结构,83%~94.4% 的根系聚集在 0—10 cm 土层中,至 50 cm 深度,根系含量接近于零。这些草坪草根系分布浅,不耐干旱,如不及时灌溉,草坪常会呈斑块状枯死现象,严重影响绿地景观。因此,在年降水量小于 600 mm 的干旱半干旱地区的城镇草坪绿地,需适时灌水补充水分,以维持其正常生长。

试验表明,在年降水量为 600 mm 左右的地区,供试的剪股颖、马蹄金、早熟禾、白三叶草坪草年需水总量在 1 000 mm 左右。其需水高峰期集中在 6—9 月 4 个月内,这一期间的需水量占年需水总量的 66% 左右。

通过对供试草坪草的土壤等湿线图的分析可知,在本区及气候类型相似区,剪股颖等草坪草的灌水周期和灌水定额分别以 5 d 和 33 mm 较为合适。

### 参考文献:

- [1] 赵安周,李英俊,卫海燕,等. 西安市城市化与城市生态环境耦合协调发展研究[J]. 水土保持研究,2012,19(6): 152-156.

- (RICAM)的调控决策系统(RICOS)研究 I 水稻调控决策系统(RICOS)的系统结构设计[J]. 江西农业大学学报, 1994, 16(4): 323-327.
- [4] 吴锦, 余福水, 陈仲新, 等. 基于 EPIC 模型的冬小麦生长模拟参数全局敏感性分析[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 136-138.
- [5] 潘学标, 韩湘玲, 石元春. 一个可用于栽培管理的棉花生长发育模拟模型-COTGROW[J]. 中国农业科学, 1996, 29(1): 94-96.
- [6] 尚宗波, 杨继武, 殷红, 等. 玉米生长生理生态学模拟模型[J]. 植物学报, 2000, 42(2): 184-194.
- [7] 孙忠富, 陈人杰. 温室番茄生长发育动态模型与计算机模拟系统初探[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(2): 84-88.
- [8] 庄严, 梅旭荣. 不同基因型作物水分—产量响应关系及生理生态学研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2009.
- [9] Steduto P, Hsiao T C, Raes D, et al. AquaCrop-The FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles[J]. Agron J, 2009, 101(3): 426-437.
- [10] 李会, 刘钰, 蔡甲冰, 等. AquaCrop 模型的适用性及应用初探[J]. 灌溉排水学报, 2011, 30(3): 28-31.
- [11] 李子忠, 徐洋, 卢宪菊, 等. AquaCrop 模型在大葱生物量和土壤贮水量模拟中的应用和验证[J]. 中国农业大学学报, 2011, 16(4): 59-66.
- [12] 杜文勇, 何雄奎, Shamaila Z, 等. 冬小麦生物量和产量的 AquaCrop 模型预测[J]. 农业机械学报, 2011, 42(4): 174-178.
- [13] The ETo Calculator FAO [EB/OL]. [2009] <http://www.fao.org/nr/water/docs/ReferenceManualETo.pdf>.
- [14] Sinclair T R, Seligma N. Criteria for publishing papers on crop modeling[J]. Field Crops Research, 2000, 68(3): 165-172.
- [15] Resenthal W D, Hillel D. Climate change and the global harvest[M]. New York: Oxford University, 1998.
- [16] 玛丽艳姑丽·阿西穆, 塔西甫拉提·特依拜, 买买提·沙吾提, 等. 基于 Markov 模型的植被覆盖动态变化预测研究[J]. 水土保持研究, 2013, 20(1): 121-124.
- [17] Theodore C Hsiao, Lee Heng, Pasquale Steduto, et al. AquaCrop-The FAO crop model to simulate yield response to water: III. Parameterization and testing for maize[J]. Agronomy Journal, 2009, 101(3): 448-459.
- [18] Hamid J Farahani, Gabriella Izzi, et al. Parameterization and Evaluation of the AquaCrop model for full and deficit irrigated cotton[J]. Agronomy Journal, 2009, 101(3): 469-476.
- [19] Geerts S, Raes D, Garcia M, et al. Modeling the potential for closing quinoa yield gaps under varying water availability in the Bolivian Altiplano[J]. Agricultural Water Management, 2009, 96(11): 1652-1658.
- [20] 刘战东, 高阳, 巩文军, 等. 冬小麦冠层降雨截留过程及其模拟研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(4): 53-58.

(上接第 91 页)

- [2] 张彩云, 于法展, 李岚, 等. 徐州市城区绿地土壤碳储量格局及养分特征[J]. 水土保持研究, 2012, 19(1): 120-124.
- [3] 孙本信, 李敏, 白史. 绿地草坪[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999: 15-22.
- [4] 胡化广, 张振铭. 灌溉对草坪草蒸散和坪用质量的影响[J]. 节水灌溉, 2012(10): 49-55.
- [5] 王跃栋. 不同灌水量对三种冷型草坪草蒸散量和草坪质量的影响研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2010: 16-18.
- [6] 科学技术部农村科技司. 中国现代节水高效农业技术发展战略[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2006.
- [7] 尹秀莲. 中国城市水资源的现状与出路[J]. 吉林省经济管理干部学院学报, 2008, 22(1): 40-42.
- [8] 李海防, 卫伟, 陈利顶, 等. 黄土高原林草地覆盖土壤水量平衡研究进展[J]. 水土保持研究, 2013, 20(1): 287-193.
- [9] 杨建. 北京地区不同灌溉量对草坪草生长的影响[D]. 北京: 北京林业大学, 2005: 5-6.
- [10] 刘洪禄. 城市绿地节水技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006: 123-132.
- [11] 傅琳. 微灌工程技术指南[M]. 北京: 水利水电出版社, 1988: 33-36.
- [12] 白丹, 魏小抗, 王凤翔, 等. 节水灌溉工程技术[M]. 西安: 陕西科技出版社, 2001: 26-50.
- [13] 康绍忠. 陕西省作物需水量及分区灌溉模式[M]. 北京: 水利水电出版社, 1991: 55-61.