

修剪留茬高度对北京地区草坪草耗水量的影响

李淑芹¹, 雷廷武^{1*}, 詹卫华², 屈丽琴¹, 肖娟¹

(1. 中国农业大学水利与土木工程学院 现代精细农业系统综合研究重点实验室, 北京 100083; 2. 水利部综合事业局, 北京 100053)

摘 要: 水资源短缺, 城市用水紧张, 使得草坪灌溉用水管理受到极大关注。为了研究草坪修剪管理的节水效果, 采用小型排水式蒸渗仪, 通过田间实验研究了充分供水条件下 3 种草坪草(早熟禾、高羊茅、黑麦)不同修剪高度(留茬高度: 5、10、15 cm 和不修剪)处理对耗水量的影响, 并根据水量平衡原理计算得到了 3 种草坪草的耗水量。研究结果表明: 草坪草的耗水量均随修剪留茬高度增加而增加, 不同草种间存在差异。3 种草坪草修剪留茬高度为 5 cm 时较不修剪耗水量减少 36.78% (早熟禾)、34.02% (高羊茅)、33.54% (黑麦), 平均减少耗水量 34.78%。所得参数可以为类似地区 3 种草坪草灌溉系统的规划和节水管理提供基础理论依据。

关键词: 草坪; 修剪留茬高度; 耗水量; 蒸渗仪

中图分类号: S152.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2006)11-0074-05

李淑芹, 雷廷武, 詹卫华, 等. 修剪留茬高度对北京地区草坪草耗水量的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(11): 74-78.

Li Shuqin, Lei Tingwu, Zhan Weihua, et al. Effects of mowed heights on the water consumption of turf grasses in Beijing [J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(11): 74-78. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

草坪以其独特的美学、生态价值备受青睐, 已成为城市园林绿化的重要组成部分。然而, 草坪常被认为是一种耗水量较大的绿化方式^[1]。在水资源短缺、用水紧张的城市, 尤其是北方干旱半干旱地区, 草坪的建植及养护已给市政用水造成相当大的压力^[2]。因此, 研究草坪草的耗水规律, 形成节水型草坪管理模式已成为关系到草坪业进一步发展的主要内容。

国外学者很早以前就开始了对草坪草的耗水规律的研究, 20 世纪七、八十年代达到高潮^[1,3]。这些研究主要从两方面着手, 一是草坪草的品种等自身因素对耗水规律的影响, 如 Bowman 和 Macaulay^[4]、Carrow^[5]等人研究了不同种或不同品种草坪草的蒸散特性; 二是外界因素如土壤含水率、土壤质地、养护管理等对草坪耗水量的影响, 其中 William^[6]和 Feldhake^[7]等人进行了这方面研究。Biran^[8]在以色列野外条件下, 从 5 月 23 日开始的 12 周内研究了修剪留茬高度和灌溉频度对 11 种草坪草耗水量和生长量的影响, 得到了生长期各种草坪草之间的相对耗水量的对比关系。Biran 采用的容器 27 cm 高、26 cm 长、21 cm 宽。Barin 的另一个重要结果是, 延迟灌溉使草坪经受一定的水分亏缺, 可以减少草坪耗水(或节水)35%。Beard^[9]在以色列和美国的不同气候带, 采用野外和人工生长箱试验, 通过 1~12 周

(大部分为 4 周)不等的观测实验研究, 得到了多种草坪修剪 2~6.3 cm 不等高度时, 草坪试验期内的日均耗水量。

而中国草坪业起步晚, 有关草坪草耗水规律的研究较少。马燕玲对国内外草坪水分利用研究动态进行了讨论^[10]; 张新民等^[11], 孙强等^[12]在田间条件下研究了充分灌水时(一种)修剪留茬高度 5 cm 的高羊茅、草地早熟禾、野牛草和结缕草 4 种草坪草的蒸散量。采用外径 20 cm 的 PVC 管制成高 30 cm 的圆柱状小型蒸渗仪, 下有透水孔, 用电子天平和水量平衡进行 ET 测定。修剪留茬高度对草坪蒸散量的影响在国外已有一些报道^[8,12]。潘全山等^[13]在室内情况下研究了播量和修剪留茬高度对草地早熟禾蒸散量的影响。结果表明修剪留茬高度对耗水量有明显的影响, 但其选用的修剪留茬高度分别为 2 cm、4 cm 和 6 cm, 在实际草坪管理工作中, 不同留茬高度相差太小则难以控制; 试验在温室内进行, 虽然能较好地模拟外界的光照条件, 对通风及温度能较好地控制, 但与实际的自然条件存在很大差异, 特别是室内试验结果与实际野外草坪草耗水量之间存在较大偏差。此外, 大多数研究中, 无论是在温室条件下还是在田间条件下, 为了试验方便, 在研究草坪草耗水量时, 大都采用盆栽测定, 如由厚 0.5 cm 的白色 PVC 管和 PVC 板制成的柱状圆桶, 外径 20 cm, 桶高 30 cm, 下设透水孔。由于容器的体积很小, 张新民等^[1]认为虽然布置方式和管理水平均相同, 但由于桶壁的约束作用, 根系的正常伸展受到限制。同时, 由于桶壁及过小的土体与外界过快的能量交换, 对实际的耗水与土壤蒸发产生很大影响, 从而影响试验结果的精度。

本试验选取北京地区常用的 3 种草坪草: 早熟禾、羊茅和黑麦, 利用较大的蒸渗仪, 定量研究修剪留茬高度对草坪耗水量的影响以及各草种草坪间耗水量的差异, 为今后草坪的节水管理和草种的选择提供基础数据和理论依据。

收稿日期: 2005-12-04 修订日期: 2006-06-22

基金项目: 国家 973 项目(2002CB111502)

作者简介: 李淑芹(1965—), 女, 主要从事节水灌溉技术研究。北京中国农业大学水利与土木工程学院, 100083。

Email: lishuqin@cau.edu.cn

*通讯作者: 雷廷武(1958—), 男, 湖北洪湖人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事农业水土工程教学与研究。北京中国农业大学水利与土木工程学院, 100083。Email: ddragon@public3.bta.net.cn

1 材料与方法

试验地点选在中国农业大学东校区农业机械化试验基地内的露天试验地, 属温带半湿润半干旱季风气候带, 春旱多风, 夏热多雨, 秋高气爽, 冬寒少雪。年平均气温 11~13℃, 全年无霜期 190~200 d, 年均降水量 644.2 mm, 年均蒸发量 1800~2000 mm。

1.1 试验材料及设备

供试草种: 草地早熟禾 (*Poa pratensis*)、羊茅 (*Festuca arundinacea*) 和多年生黑麦 (*Lolium perenne*)。为了提高试验的效率和模拟真实成坪草的耗水规律, 试验草坪取自生长良好的草坪。将草坪植入蒸渗仪, 充分灌水, 待恢复正常生长后开始设定的试验观测。

供试土壤: 取自中国农业大学农业机械化试验基地的地表表层土壤, 经过筛备用。该地的地表土壤干容重为 1.45~1.5 g/cm³。这种土壤因掺杂有大量的建筑弃料而容重较大, 同时也与其他城市绿化地使用的土壤较为接近。土壤 pH 值为 7.2, 全盐含量 0.31%, 土壤有机质含量 1.32%。经测定本试验区内土壤为壤土。蒸渗仪为圆柱形, 用 PVC 板制成, 直径 50 cm, 深度 60 cm。桶内部底层 10 cm 铺设滤水层, 底部铺小石子, 依次往上为粗砂、细砂, 作为滤水层。在滤水层上填装试验用土壤至相应容重。装土高度至低于蒸渗仪上边缘 5 cm。在蒸渗仪的底部设有排水孔, 在降雨或灌溉过量情况下渗漏下去的水可由此排出, 进入下面的渗漏收集容器中。在试验小区内开挖 1 m 宽 20 m 长 0.8 m 深的沟槽。将蒸渗仪按试验处理分组排列在沟内, 以期尽量减小太阳直接照射桶壁而产生的对土壤温度和蒸发的影响。

1.2 试验设计

试验共涉及 3 个草种: 草地早熟禾、羊茅和多年生黑麦; 4 个修剪留茬高度: 不修剪(对照), 留茬高度 5、10、15 cm。试验时根据草的生长情况进行修剪, 严格控制修剪留茬高度。采用完全组合全面试验方案, 即共有 3×4=12 个处理。每个处理 3 次重复, 因此在试验区共布设 36 个蒸渗仪进行试验。

1.3 试验过程与测定方法

2003 年 8 月 6 日开始试验过程及试验观测。包括灌溉管理、灌水量记录、渗漏的观测、修剪控制与修剪量测定。蒸发量、降雨量采用常规方法观测。

灌溉与灌水量测定。第一次灌溉时, 灌溉至桶底排水口刚开始向外渗水时停止灌溉, 保证满足“充分灌水”的条件。此后, 每隔 5~7 d 灌水一次, 每次灌溉前对各个蒸渗仪进行称重测量, 并由上一次的重量和排水量计算时段内的实际耗水量, 再通过灌溉补充该消耗的水量, 并作为灌水量记录。以此保证每次灌溉均为充分灌水。灌溉周期内如果降雨, 则计入实际雨量。灌溉方式为漫灌, 尽量保证灌水在蒸渗仪内均匀分布。称重所用的电子称最大称量值为 300 kg, 分度值为 50 g, 相当于 0.25 mm 的观测精度, 若在 5~7 d 内的实际耗水量为 25 mm, 则此精度约为 1%。计算水量平衡时, 由于草体

的含水率很小, 所以忽略不计。

渗漏测定。在每次灌溉前记录排水收集桶内的水量, 作为该时段内的排水量。

修剪及修剪量测定。当草坪的高度达到两个界限值之间(如 5 cm 留茬高度生长到约 7.5 cm 时)即进行修剪, 分别记录每个处理和重复的修剪量。

根据草坪草的长势, 本试验时间为 2003 年 8 月 6 日~11 月 5 日。

2 结果与分析

2.1 耗水量及其变化规律

在充分供水条件下 3 种草坪在测试期的耗水量如表 1 所示, 从表 1 可以看出, 每种草坪都呈现出了修剪留茬高的耗水量明显大于修剪留茬低的耗水量的规律。即不修剪>15 cm>10 cm>5 cm。这一结果与前人的研究结论相同^[8, 13-15]。至于修剪留茬高的耗水量大于修剪留茬低的草坪的耗水量的原因, 有人认为修剪留茬高的草坪草具有较高的冠层密度, 冠层密度越大蒸腾失水越多^[16]。另外, 潘全山等认为修剪留茬高的草坪草具有较发达的根系能吸收更多的土壤水分, 同时草坪草的叶片面积指数大, 光合作用、蒸腾作用强也是草坪耗水量较大的一个原因。

表 1 数据还表明, 供试草种草坪间的耗水量存在差异, 以早熟禾草坪的耗水量最小, 这与国内外学者^[9, 17]的研究结果相同, 即高羊茅和黑麦大于早熟禾。在修剪留茬高度 5 cm 和不修剪情况下黑麦草草坪与高羊茅草坪间的耗水量很接近, 几乎没有差异。高羊茅和黑麦两草种草坪的耗水量在修剪留茬高度 10 和 15 cm 情况下均有差异, 但不明显, 高羊茅略大于黑麦。结果表明, 不同草种草坪间耗水量的差异一方面可能与草种自身的耗水特性有关, 另一方面可能与修剪留茬高度也有关系。此外, 本试验测定的早熟禾耗水量最小的结果, 并不能证明早熟禾比高羊茅和黑麦更节水, 要得到各草种间的节水量, 还需要进一步研究在其他条件下各草种的节水表现。

表 1 试验期 3 种草坪草不同留茬高度的累计耗水量

草种	留茬高度/cm			不修剪
	5	10	15	
早熟禾	201.8	241.1	282.3	319.1
高羊茅	221.6	278.3	308.9	335.8
黑麦	223.7	263.5	299.6	336.6

早熟禾、羊茅、黑麦 3 种草坪 4 种修剪处理整个生长期的耗水量的变化情况如图 1 所示, 可以看出, 在整个生长期耗水量的变化特征呈现基本相似的规律, 即不修剪>15 cm>10 cm>5 cm。说明修剪留茬高度对草坪耗水量的影响是稳定的; 3 个草种在相同的气候条件下具有类似的需水规律。

2.2 日均耗水量及其变化规律

日均耗水量的变化如图 2 所示。由图 2 可知,早熟禾、羊茅和黑麦 3 种草坪日均耗水量的季节变化趋势基本一致。日均耗水量都从 8 月份开始增加,到 8 月 25 日

达到高峰,以后逐渐降低。本研究由于没有测到整个生长季节草坪的耗水量,但 8 月为试验期内耗水的高峰期,这与 Biran^[8] 和 Beard^[9] 对高羊茅、草地早熟禾等草种草坪在相似气候带的耗水量的研究结果相符。这可能

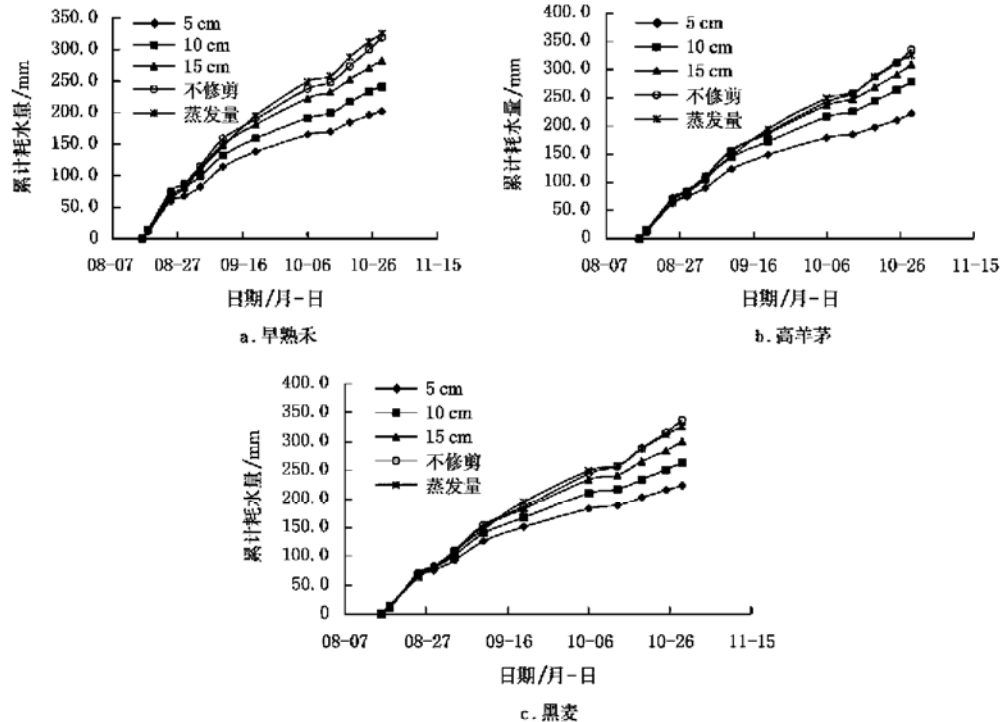


图 1 不同处理下 3 种草坪草的累计耗水量

Fig. 1 Cumulative water consumptions of three kinds of turf grasses under different treatments

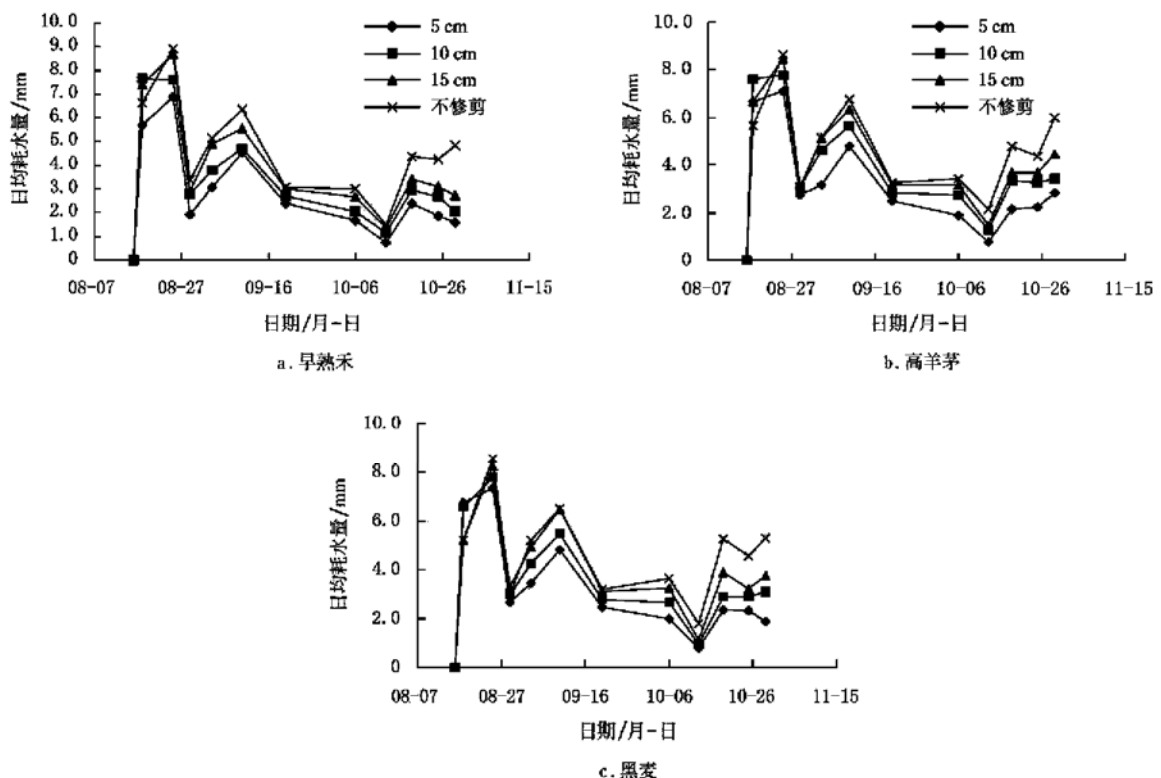


图 2 不同处理 3 种草坪草的日均耗水量

Fig. 2 Daily water consumptions of three kinds of turf grasses under different treatments

与草坪的适宜生长温度有关, 冷季型草坪草适宜生长温度为 15~ 25℃^[2]。北京 8 月份多年平均气温为 24.6℃, 8 月 8~ 24 日的平均气温为 26.4℃, 可能更适合冷季型草坪草生长。早熟禾草坪 4 种修剪处理的日均耗水量在 10 月 19 日以后呈明显下降趋势, 从长势看, 该草种已出现黄叶, 呈现出衰退的迹象。羊茅和黑麦两种草坪 4 种修剪处理的日均蒸散量在 9 月 20 日以后没有明显变化, 从草的长势看, 生长速度下降, 这可能是因为气温降低所致, 但没有出现明显衰退的迹象, 这可能与草种自身的耐寒性特有关。

从图 2 中还可以看出, 3 种草坪草 4 种修剪处理的日均耗水量的变化趋势也基本一致, 都是不修剪 > 15 cm > 10 cm > 5 cm。在修剪留茬高度 5 cm 时测定的日均耗水量的峰值早熟禾为 6.9 mm/d, 高羊茅为 7.1 mm/d, 黑麦为 7.3 mm/d。Beard 测定的早熟禾数值 (4.1~ 6.6 mm/d) 与在 Nebraska, 修剪留茬高度 5 cm, 测试时间为 1 周的结果 6.6 mm/d 较接近, 而 Beard 测定的高羊茅和黑麦的数值 (高羊茅 7.2~ 12.6 mm/d, 黑麦 6.6~ 11.2 mm/d) 与在 Israel, 修剪留茬高度 3 cm, 测试时间为 12 周的结果 12.6 mm/d 和 11.2 mm/d 相比相差较大^[9]。说明草坪的耗水量在不同的测定条件下会有不同的水平。其原因主要是耗水量受多种气象因子 (如温度、降水、太阳辐射、风等) 的影响。不同修剪留茬高度日均耗水量峰值的水平 (表 2), 说明在相同测定条件下修剪留茬高度对草坪耗水量有较大影响。

表 2 试验期 3 种草坪草日均耗水量的最大值

Table 2 Maximum daily water consumptions of three kinds of turf grasses in experimental period mm/d

留茬高度/cm	早熟禾	高羊茅	黑麦
5	6.9	7.1	7.3
10	7.6	7.8	7.8
15	8.7	8.5	8.2
不修剪	8.9	8.6	8.6

3 讨 论

由于气象因子年际间的波动, 同种草坪不同年份耗水量可能有所不同, 但通过加强管理, 在满足草坪景观功能前提下, 适当降低修剪留茬高度, 可以减少草坪耗水量。3 种草坪修剪留茬高度为 5、10、15 cm 时较不修剪减少耗水量 (%) 如表 3 所示。可以看出, 在供试的 3 种草坪中以早熟禾在修剪留茬高度为 5 cm 时草坪耗水量减少的最为明显, 高羊茅和黑麦耗水量的减少量较为接近。3 种草坪耗水量随着修剪留茬高度的减小具有如下规律: 同一草种呈 5 cm > 10 cm > 15 cm 的趋势; 不同草种呈早熟禾 > 黑麦 > 高羊茅的趋势。数据表明: 修剪可以显著减少草坪的耗水量。在各种气象因子 (如温度、降水、太阳辐射、风等) 影响相同的情况下, 修剪留茬高度越低草坪的耗水量越少; 在修剪留茬高度相同情况下, 耗水量的大小除了与各种气象因子及其交互作用有关外还与草种有关。但是, 如果修剪管理不当或不修剪,

将造成草坪耗水量增加。

表 3 3 种草坪草修剪留茬高度为 5、10、15 cm 时较不修剪减少的耗水量

Table 3 Reducing Percentage of water consumption of three kinds of turf grasses with 5, 10, 15 cm mowed heights compared with those without mowing %

草种	留茬高度/cm		
	5	10	15
早熟禾	36.78	24.45	11.54
高羊茅	34.02	17.13	8.01
黑麦	33.54	21.78	10.99
平均	34.78	21.12	10.18

对北京地区而言, 本试验得到的 3 种草坪草修剪到 5 cm 时较不修剪平均减少耗水 34.78%, 可能说明修剪是一条重要的草坪节水途径。进一步考虑到 Biran^[8] 的实验结果, 当延长灌水时间到接近草坪的凋萎点再灌溉, 大多数草可较充分灌溉减少耗水 35% 左右, 因此, 适当减少灌水 (亏缺灌溉), 还可大大减少草坪耗水量。按北京地区多年平均降雨量, 在正常年份降雨情况下, 降水量、考虑采用一些常用的雨水汇集利用技术 (如下凹式草坪汇集利用道路、建筑产生的径流) 截流的道路、建筑径流, 加之适度的修剪留茬高度减少的耗水量和亏缺灌水节约的水量, 就可能基本满足草坪耗水的需要, 草坪可能不用另辟水源灌水。在一定的水分亏缺条件下, 草坪的景观效果可能会受到一定的影响, 但仍在可以接受的程度^[8]。当对草坪的景观要求很高时, 如具有国际、政治影响的场地或功能要求极高的场合 (如高尔夫球场等), 则另当别论。由于北京地区降水分布很不均匀, 草坪实际管理中应根据草坪用途研究满足使用功能条件下的节水管理模式。

4 结 论

1) 在充分供水条件下, 修剪留茬高度对草坪的耗水量有显著影响, 而且影响一直很稳定。试验期限定条件下, 修剪留茬高的草坪耗水量明显大于修剪留茬低的草坪耗水量。在试验中耗水量的变化呈现出不修剪 > 15 cm > 10 cm > 5 cm 的规律。

2) 修剪留茬高度相同时, 不同草坪耗水量有差异, 但耗水规律相同。在修剪留茬高度 15 cm 以上 3 种草坪耗水量十分接近。

3) 草坪耗水量与草种有密切关系。早熟禾、高羊茅和黑麦 3 个草种间以早熟禾的耗水量最小, 高羊茅和黑麦在整个试验期的耗水量比较接近, 均高于早熟禾。

4) 草坪修剪留茬高度降低, 可以减少耗水, 在留茬高度为 5 cm 时, 3 种草坪可少耗水达约 35%。

5) 多年生草坪年内不同时期需水量不同。

由试验结果可知, 如果控制修剪留茬高度可以达到节约草坪灌溉用水量、高效利用水资源的目的。

[参 考 文 献]

[1] 张新民, 孙新章, 胡 林, 等. 北京地区常用草坪草的耗水

- 规律及适宜灌溉量研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(6): 77– 80.
- [2] 孙 强, 韩建国, 姜 丽, 等. 草坪蒸散量及水分管理的研究[J]. 草地学报, 2004, 12(1): 51– 56.
- [3] 韩建国, 潘全山, 王 培. 不同草种草坪蒸散量及各草种抗旱性的研究[J]. 草业学报, 2001, (4): 56– 63.
- [4] Bowman D C, Macaulay L. Comparative evapotranspiration rates of tall fescue cultivars [J]. HortScience, 1991, 26: 122– 123.
- [5] Carrow R N. Drought avoidance characteristics of diverse tall fescue cultivars [J]. Crop Sci, 1996, 36: 371– 377.
- [6] William R. Consumption water used by sub-irrigated turfgrass under desert condition[J]. Agron J, 1982, 74: 419– 423.
- [7] Feldhake C M. Turfgrass evapotranspiration II: responses to deficit irrigation[J]. Agron J, 1984, 76: 85– 89.
- [8] Biran I, Bravdo B, Bushkin-Harav I, et al. Water consumption and growth rate of 11 turfgrasses as affected by mowing height, irrigation frequency, and soil moisture [J]. Agron J, 1981, 73: 85– 90.
- [9] Beard J B. An assessment of water use by turfgrasses [M]. Turfgrass, water conservation/technical editors, Victor A. Gibeault and Stephen T. Cockerham. Oakland, CA: Cooperative Extension, Univ of Calif, Div of Agric and Natural Resources, c1985. ill. Publication/Univ. of California, Division of Agriculture and Natural Resources; . p. 45– 60.
- [10] 马燕玲. 草坪水分需求及研究趋势[J]. 国外畜牧学- 草原与牧草, 1998, (2): 13– 16.
- [11] 张新民, 胡 林, 边秀举, 等. 灌水条件对冷季型草坪草蒸散量和草屑积累量的影响[J]. 草地学报, 2002, 10(1): 50– 52.
- [12] Burns R E. Tall fescue turf as affected by mowing height [J]. Agron J, 1976, 68: 274– 276.
- [13] 潘全山, 韩建国, 王 培. 播量及修剪留茬高度对草地早熟禾草坪蒸散量的影响[J]. 草原与草坪, 2000, (4): 10– 14.
- [14] Feldhake C M, Danielson R E, Butler J D. Turfgrass evapotranspiration, I, factors influencing rates in urban environments[J]. Agron J, 1983, 75: 824– 830.
- [15] Beard J B. Turfgrass water stress: drought resistance components, physiological mechanisms, and species-genotype diversity [J]. 1989. 23– 28. In Takatoh H. Proc. Int. Turf. Sci, 6th, Tokyo, 1989. Japan. August 1989, Japan. Soc. Turf Sci., Tokyo.
- [16] Beard J B. Turfgrass science and culture, Prentice Hall Inc[J]. Englewood Cliffs, N J. 1973.
- [17] 孙 强, 韩建国, 毛培胜. 草地早熟禾与高羊茅蒸散量的研究[J]. 草业科学, 2003, 20(1): 16– 19.

Effects of mowed heights on the water consumption of turf grasses in Beijing

Li Shuqin¹, Lei Tingwu^{1*}, Zhan Weihua², Qu Liqin¹, Xiao Juan¹

(1. Key Laboratory of Modern Precision Agriculture System Integration Research,

College of Hydraulic and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Bureau of Comprehensive Development, Ministry of Water Resources, Beijing 100053, China)

Abstract: Water resources shortage in cities causes great attentions on the irrigation management of turf grasses. To improve the water efficiency of turf grasses, the effects of mowed heights (5, 10, 15 cm and without mowing) of three kinds of turf grasses (*Poa pratensis*, *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*) on water consumptions were studied using portable lysimeters under full water supply conditions. Water consumptions of the three kinds of turf grasses were estimated from experimental data with water balance model. Results show that water consumptions increase with the increase of mowed heights of turf grasses, which differed for different species. The reducing percentage of water consumptions for the grasses mowed to 5 cm height are 36.78% (*Poa pratensis*), 34.02% (*Festuca arundinacea*) and 33.54% (*Lolium perenne*) compared with unmowed grasses. 34.78% of average water consumption is expected to be consumed. The determined parameters are useful for the planning and management of irrigation systems of three kinds of turf grasses in the areas under similar conditions.

Key words: turf; mowed height; water consumption; lysimeter