

草坪型结缕草冠层截留性能试验研究

卓 丽¹, 苏德荣^{1,*}, 刘自学², 任云宇², 刘艺杉²

(1. 北京林业大学省部共建“森林培育与保护”教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 北京克劳沃草业技术开发中心, 北京 100029)

摘要: 草坪植物冠层对雨水或灌溉水的截留量大小对于草坪水分利用效率具有重要影响。针对草坪型结缕草, 用吸水法分别试验研究了单株和群落草坪草的冠层截留特性。结果表明: 结缕草的叶片数量、叶面积对单株结缕草截留量影响显著。随着叶片数量的增多, 单株结缕草截留量增大, 5 叶枝条的结缕草截留量高达 0.16g, 占其植株浸水前自身重的 81.22%, 而 3 叶枝条的结缕草截留量仅为 5 叶枝条结缕草的 1/2。单株结缕草截留量与叶面积呈线性正相关关系。对于结缕草草坪, 修剪留茬高度越高, 截留量就越多。建植 3a 的草坪在修剪高度 14cm 时冠层截留可达 1.05mm, 修剪 6cm 时截留量为 0.48mm。在修剪留茬高度相同的情况下, 不同生长年限间草坪草截留量、截留率差异极显著 ($P < 0.01$), 建植 3a 的草坪比建植 1a 的草坪能拦截更多的水分, 在修剪高度 6cm 时, 3a 生草坪草截留量为 0.48mm, 而 1 年生草坪草截留量为 0.38mm, 并且随着修剪高度的增加, 不同年限间截留量的差异越明显, 差值最大可达 0.44mm。

关键词: 草坪; 冠层截留; 中华结缕草

文章编号: 1000-0933(2009)02-0669-07 中图分类号: Q143, Q948 文献标识码: A

Capability of canopy interception of turfgrass (*Zoysia sinica* Hance)

ZHUO Li¹, SU De-Rong^{1,*}, LIU Zi-Xue², REN Yun-Yu², LIU Yi-Shan²

1 The Key Laboratory of Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

2 Beijing Clover Seed & Turf CO., Beijing 100029, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(2): 0669 ~ 0675.

Abstract: Rainfall interception by the canopy of turfgrass (*Zoysia sinica* Hance) has important effect on water use efficiency. In this paper, the capability of canopy interception for the individual and population grass was measured by using wet-absorption method. The result showed that both leaf number and leaf area had remarkably effect on the interception for the individual and population grass. The interception increased with the leaf number, the weight of intercepted rainwater with five leaves was 0.16g, which was almost 81.22% of fresh weight of leaves, while with three leaves that was only half of five leaves. The interception increased with leaf area. For the population of turfgrass, the interception reached to 1.05mm for 14cm mowing height, while the 6cm height was only 0.48 mm. For the same mowing height, the interception varied from different turf established years, three-year turfgrass could intercept much more water than one year, three-year turfgrass was 0.48mm for 6cm height, while one year turfgrass was 0.38mm. The difference between growth years was significant with increased mowing height, the maximum difference can be up to 0.44mm.

Key Words: turf; canopy interception; *Zoysia sinica* Hance

降雨或喷灌水在进入植物根系土壤前首先被植物冠层截留, 截留的水分主要以蒸发形式损失掉。冠层截留量将影响到达地面土壤的水分总量, 从而也影响水分在土壤、植被、大气界面 (SVAT) 之间的传输过程和水水平衡。因此, 对冠层截留的研究一直是相关水文调查的主题^[1]。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (50679002)

收稿日期: 2007-09-04; 修订日期: 2007-11-27

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

城市绿地中对乔灌木冠层截留的研究较多,提出了很多截留量与降水量的数学模型^[2-5]和估算方法^[6-9]。一般林冠每次可截留 3 ~ 10mm 的降水,而西双版纳热带季节雨林林冠全年仅雾水截留量就高达 89.4mm^[10,11]。王新平^[12,13]等研究了沙漠植被降水截留特征,在沙漠地区降雨多以短暂而零星的小降水的形式降落,这种降水过程始终无法使植被冠层达到饱和状态。王庆改^[14]等利用擦拭法 WWM 测得冬小麦最大冠层截留量为 1mm。Lamm 等^[15]试验发现,玉米抽穗以后,在灌水量为 25mm 的条件下,冠层截留为 1.8mm。Li 等^[16]发现,当喷灌水量为 30mm 时,冬小麦冠层截留可达 12mm (包括沿茎秆流到地面的水量),截留率为 40%,在整个生育期内冠层截留可占总灌溉水量 24% ~ 28%。

植被截留水分在 SVAT 中是一个不可忽略的量,它对土壤水收支、地表径流等都有重要作用^[2],它也可能是导致小气候发生变化的重要影响因素^[17]。了解城市绿地植被冠层对降水或喷灌水的截留,对于城市绿地生态用水管理具有重要意义,同时有助于理解 SVAT 系统中针对土壤水分分配、土壤侵蚀、土壤中污染物聚集与分布的变化机理。近年来,对热带雨林、乔灌木的降水冠层截留过程研究较多,但是对于密植、修剪低矮、人工建植的草坪草的降雨或喷灌截留特征研究尚未见文献报道。草坪草对水分的截留作用,直接关系到灌溉和降水的有效利用以及草坪的养护管理。本文针对中华结缕草 (*Zoysia sinica* Hance) 草坪的截留特性,分别从单株和群体水平上进行了实验观测,探讨了中华结缕草不同修剪留茬高度、不同生长年限、叶面积指数、地上生物量对水分截留性能的影响。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于北京东郊克劳沃草业技术开发中心双桥基地,地势平坦、开阔,光照、通风条件良好,土壤熟化程度高。北京地处华北平原北端 (N39°34', E116°28'), 海拔 50m, 为典型的暖温带半湿润大陆性季风气候,年平均气温 10 ~ 12℃, 多年平均降水量在 595mm, 75% 集中在 6 ~ 8 月份。

试验地草坪建植年限分别为 2006 年和 2004 年, 草坪草种为中华结缕草 (*Zoysia sinica* Hance), 建坪播种量为 25g/m²。试验开始前停止对草坪修剪, 试验时根据需要对草坪进行不同修剪高度的修剪, 其余管理措施一致。

1.2 测定内容及方法

植被冠层截留量的测定对于草本、地被植物来说是比较困难的, 国内一些研究者^[18,19]采用“简易吸水法”测定植被冠层截留量。这种方法是将草本或地被植物剪下, 测定浸入前后的重量差来确定植被冠层的最大截留量或潜在截留能力。对于草坪草, 本试验首先将草坪草贴地表面剪下, 放置在电子天平 (精度 0.01) 上快速称重, 然后浸入水中 5min 取出, 等枝叶上水珠不再下滴时再次称重, 两次重量的差值即为最大截留量, 具体计算公式如下:

$$I = M_2 - M_1 \quad (1)$$

$$I_r = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中, I 为最大截留量 (g); I_r 为截留率 (%); M_1 为植株鲜重 (g); M_2 为植株浸水后重 (g)。

1.2.1 单株草坪草截留量的测定

一定修剪高度范围内, 草坪草每一枝条的叶片数一般保持稳定^[20]。为了研究单株结缕草截留性能与叶片数量的关系, 依据叶片数量将单株划分为 3 片叶枝条、4 片叶枝条和 5 片叶枝条结缕草, 分别采样测定单株的截留, 样本数为 50, 修剪高度 6cm, 截留量测定方法如上。同时测定草坪草的叶面积, 方法为: 将草坪草叶片拓印在 1mm × 1mm 的方格纸上, 通过方格面积计算叶片的近似面积。

1.2.2 草坪草群体截留量的测定

在实验区内选择生长良好、色泽一致的草坪, 随机用锋利剪刀贴地表面剪下 10cm × 10cm 样方草坪地上部分, 截留量的测定同上, 经单位换算得草坪草冠层截留量 (mm), 样本数为 10。取样在晴天进行, 不同修剪

高度草坪草截留量的测定选择高度分别为 6、10cm 和 14cm 草坪。

试验数据分析采用 ANOVA 方差分析。

2 结果与分析

2.1 单株草坪草的截留性能

草坪草大多是由一种或几种禾本科草组成,质地纤细,修剪整齐,作为植物群落它是由个体组成的,个体的共性构成了群体的基本特征,因此,为了更好的了解草坪草的截留性能,就有必要对单株草坪草的截留性能做一些探讨。

2.1.1 单株结缕草截留性能与叶片数量的关系

单株结缕草不同叶片数间的截留量、截留率差异显著($P < 0.01$)(见表 1)。随着叶片数的增多,截留量越大,截留率也越高,5 叶枝条结缕草截留量高达 0.16g,占其植株鲜重的 81.22%,而 3 叶枝条结缕草截留量仅为 5 叶枝条结缕草的 1/2。表明叶片数量对单株结缕草截留性能的影响较大。

表 1 单株结缕草不同叶片数量截留量、截留率的比较

Table 1 Comparison of interception and interception rate in different leaf number for individual plant

叶片数 Leaf amount	植株鲜重 Fresh weight(g)	浸水后重 Water-immersion weight(g)	截留量 Canopy interception(g)	截留率 Interception rate(%)
3	0.11Aa	0.19Aa	0.08Aa	69.81Aa
4	0.16Ab	0.27Ab	0.11Ab	71.82Ab
5	0.18Bc	0.34Bc	0.16Bc	81.22Bc

同列不同小写字母表示差异显著, $P < 0.05$;同列不同大写字母表示差异极显著, $P < 0.01$ Lower- case letters in same column represent significant difference at $P < 0.05$;capital letters in same column represent very significant difference at $P < 0.01$

2.1.2 单株结缕草截留量与叶面积的关系

对于单株结缕草来说,叶面积大小是表征植物生理形态的主要指标。为了分析叶面积对单株结缕草截留能力的影响,图 1~3 分别绘出了不同叶片数植株叶面积与单株截留量的关系,从图 1~3 可以看出单株结缕草截留量与叶面积大小呈线性正相关关系。分别对其回归,并进行显著性检验结果显著($t_{3\text{叶枝条}} = 21.1 > t_{0.05}(48) = 2.02$; $t_{4\text{叶枝条}} = 20.97 > t_{0.05}(48) = 2.02$; $t_{5\text{叶枝条}} = 23.42 > t_{0.05}(48) = 2.02$),这说明单株结缕草截留量随叶面积的增大而增大。从叶片数量对单株结缕草截留性能的影响来看,也很好的说明了这一点。

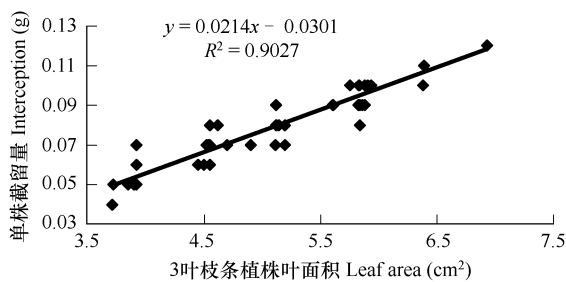


图 1 3 叶枝条植株叶面积与单株截留量的关系

Fig.1 Relationships between leaf area and individual interception for three leaves

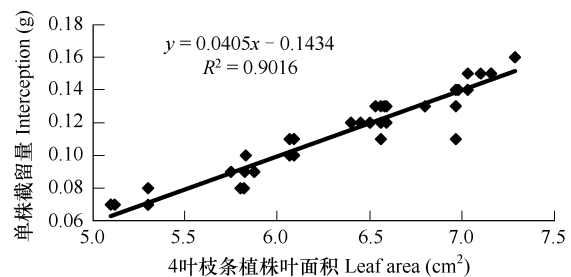


图 2 4 叶枝条植株叶面积与单株截留量的关系

Fig.2 Relationships between leaf area and individual interception for four leaves

2.2 结缕草草坪的截留性能

2.2.1 不同修剪高度下草坪草的截留量、截留率

修剪高度不同,草坪草截留能力也不同,随着修剪留茬高度的增高,草坪草的截留量也越大(图 4)。对于同一年建植的中华结缕草草坪,各修剪高度下草坪草的截留量差异极显著($P < 0.01$),建植 3a 的草坪,在修剪 14cm 时截留量最多,达到了 1.05mm,而修剪高度为 6cm 草坪草的截留量仅为 14cm 时的 1/2,约

0.61mm。说明随着修剪留茬高度的增加,中华结缕草拦截的雨水或喷洒灌水也越多。

对不同修剪高度下的截留率做了比较后(表3),建植1a草坪在修剪高度14cm时截留率最高,为50.52%,在6cm时截留率最低,为40.67%。与之相比,建植3a的草坪具有相对较高的截留率,在修剪高度6cm时,截留率就达到51.58%,在修剪高度14cm时,截留率接近80%。

2.2.2 不同生长年限的草坪草截留量

在取样时发现,建植3a的结缕草草坪内枯草明显多于建植1a的草坪,这部分枯草多由老化的叶片和吸附的灰尘组成,它们能够大量吸附外来水分。在同一修剪高度下,建植3a和建植1a的结缕草草坪截留量、截留率差异均显著($P < 0.05$)。由图4可以看出,建植3a的结缕草草坪在各个修剪高度下,截留量均大于建植1a的草坪,且随着修剪高度的增加,截留量的差值越大。同一修剪高度下,截留量差值最大时达0.44mm,在10cm和14cm修剪高度下,截留率差值均达到20%以上。

2.2.3 地上生物量与结缕草截留性能的关系

草坪草截留水量的器官除叶片外,还包括植株的茎秆。为了全面、精确确定结缕草草坪草的截留能力,有必要对上述三者加以综合分析。由于植株鲜重是由叶片、茎秆重量构成,因此可以作为一个表征上述三者的综合指标。通过线性回归分析了群落草坪草截留量与植株鲜重的关系(图5~8)。由图中可以看出,不同生长年限下,结缕草截留量和截留率均随植株鲜重的增大而线性增大。

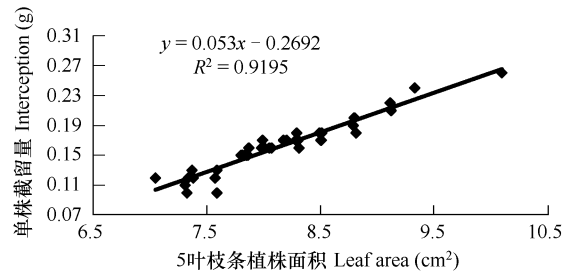


图3 5叶枝条植株叶面积与单株截留量的关系

Fig. 3 Relationships between leaf area and individual interception for five leaves

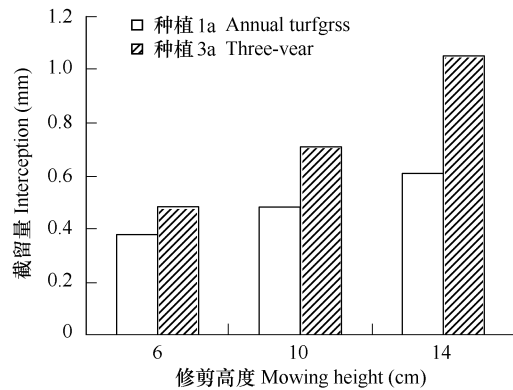


图4 不同修剪高度下草坪草截留量的比较

Fig. 4 Comparison of canopy interception of turfgrass under different mowing height

表3 不同修剪高度下草坪草截留率的比较

Table 3 Comparison of canopy interception rate under different mowing height

修剪高度 Mowing height (cm)	截留率 Interception rate (%)	
	种植1a 草坪 Annual turfgrass	种植3a 草坪 Three-year turfgrass
6	40.67Aa	51.58Ab
10	44.92Ba	65.26Bb
14	50.52Ca	78.61Cb

同行不同小写字母表示不同生长年限间草坪草截留量差异显著, $P < 0.05$; 同列不同大写字母表示不同修剪高度间草坪草截留量差异显著, $P < 0.05$ Lower- case letters in same row represent significant difference between different growth year at $P < 0.05$; capital letters in same column represent significant difference between different mowing height at $P < 0.05$

3 结论与讨论

现代城市水资源日益紧张,草坪的建植及养护已给市政用水造成相当大的压力,发展节水型草坪已成为城市绿地发展的重要内容。草坪草对水分的截留作用,直接关系到灌溉和降水的有效利用以及草坪的养护管理。

目前对于低矮、密植的草坪草截留量的测定,国内外还没有一个成熟的方法。本文利用浸水前后重量差间接测定草坪冠层的截留量,在一定层面上反映了草坪草的截留特性,初步阐明了不同影响因素对单株结缕

草截留性能的影响,不同修剪高度、不同生长年限草坪草的截留量、截留率的大小及其变化。结果表明:

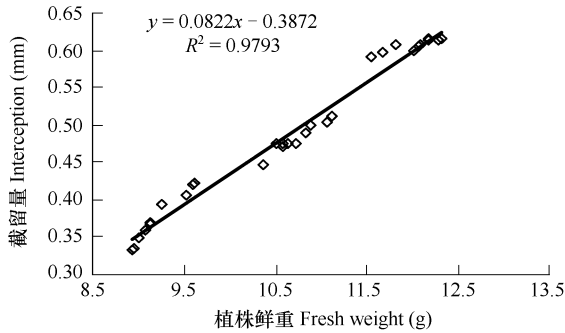


图5 1年生草坪地上植株鲜重与截留量的关系
Fig.5 Relationships between fresh weight of annual turfgrass and canopy interception

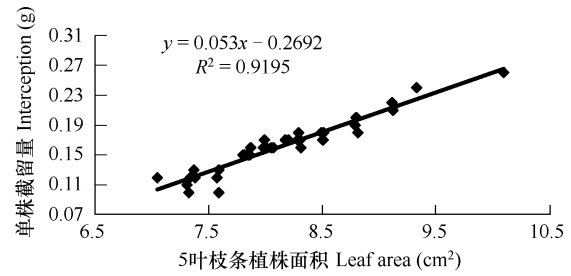


图6 3年生草坪地上植株鲜重与截留量的关系
Fig.6 Relationships between fresh weight of three-year turfgrass and canopy interception

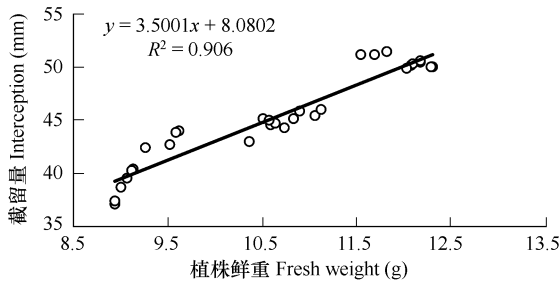


图7 1年生草坪地上植株鲜重与截留率的关系
Fig.7 Relationships between fresh weight of annual turfgrass and interception rate

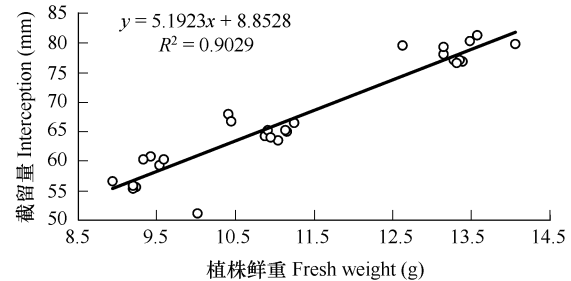


图8 3年生草坪地上植株鲜重与截留率的关系
Fig.8 Relationships between fresh weight of three-year turfgrass and interception rate

(1) 叶片数量对单株结缕草截留性能的影响显著,随着叶片数量的增多,单株结缕草截留量增大,截留率也相应提高。叶面积大小与单株结缕草截留量呈线性正相关关系,单株结缕草截留量随叶面积的增大而线性增大。

(2) 结缕草截留量和截留率均随修剪高度的增大而线性增大,建植3a的结缕草草坪在修剪高度14cm时可截留高达1.05mm的水分,截留率接近80%。截留量与植株鲜重呈正相关关系,该结果与Herwitz等^[21~24]天然降雨条件下林木冠层截留量实验结果,以及Burgy^[26]人工降雨条件下苜蓿冠层截留试验结果一致。草坪生长年限对截留量有显著影响,在修剪留茬高度相同的情况下,建植3a的草坪比建植1a的草坪能拦截更多的水分,截留量差值最大时达0.44mm。这可能是由于建植3a的结缕草草坪内枯草多于建植1a的草坪,这部分枯草多由老化的叶片和吸附的灰尘组成,较鲜活叶片它们能够大量吸收外来水分,而建植1a的草坪生长活力比较旺盛,枯草较少。

草坪草截留过程是相当复杂的,它还受到其它因子影响如:草坪草的不同品种、生长特性、降雨量、降雨强度、温度、湿度等等,这些因素对草坪草截留量的影响大小还不是很清楚,有待进一步研究。

References:

[1] Zhang Z S, Zhang J G, Liu L C, et al. Interception of Artificial Vegetation in Desert Area. Journal of Glaciology and Geocryology, 2005, 27(5): 761-766.

[2] Yi C X, Liu K Y, Zhou T, Research on formula of rainfall interception by vegetation. Journal of Soil Erosion and Soil and Water Conservation,

- 1996, 2(2):47—49.
- [3] Zhang G C, Liu X, Zhao M. Review of research progress on rainfall interception models. *Journal of Nanjing Forestry University*, 2000, 24(1):64—68.
- [4] Liu M X. The relationship between rainfall and interception for canopy of *Picea crassifolia* forest. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2004, 39(3):341—344.
- [5] Wang A Z, Liu J M, Pei T F, *et al.* An experiment and model construction of rainfall interception by *Picea koraiensis*. *Journal of Beijing Forestry University*, 2005, 27(2):38—42.
- [6] He D J, Hong W. Study on the improvement of formula of rainfall interception by vegetation. *System Science and Comprehensive Studies in Agriculture*, 1999, 15(3):200—202.
- [7] Manzi A O, Planto S. Implentation of the ISBA parameterization scheme for land surface process in a GCM-an annual cycle experiment. *Journal of Hydrology*, 1994, 155(3-4):353—387.
- [8] Mintz Y, Walker G K, Global field of soil moisture and land surface evapotranspiration derived from observed precipitation and surface air temperature. I. *Appl. Meteor.*, 1993, 32(8):1305—1334.
- [9] Dolman A J, Gregory D. The parametrization of rainfall interception in GCM. *Q. J. R Meteorol. Soc.*, 1992, 118(505):455—467.
- [10] Liu W J, Li P J, Li H M, *et al.* Fog interception and its relation to soil water in the tropical seasonal rain forest of Xishuangbanna, Southwest China. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(1):9—15.
- [11] Liu W J, Zhang Y P, Lu Y H, *et al.* Comparison of fog interception at a tropical seasonal rain forest and a rubber plantation in Xishuangbanna, Southwest China. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(11):2379—2386.
- [12] Wang X P, Kang E S, Zhang J G, *et al.* Comparison of interception loss in shrubby and sub-shrubby communities in the Tengger desert of northwest China. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2004, 26(1):89—94.
- [13] Wang X P, Zhang J G, Li X R, *et al.* Distribution trends and variability of precipitation in Shapotou region. *Journal of Desert Research*, 2001, 21(3):260—263.
- [14] Wang Q G, Kang Y H, Liu H J. Canopy interception and its dissipation of winter wheat. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2005, 23(1):3—8.
- [15] Lamm F R, Manges H L. Partitioning of sprinkler irrigation water by a corn canopy. *Trans ASAE*, 2000, 43:909—918.
- [16] Li J, Rao M. Sprinkler water distributions as affected by winter wheat canopy. *Irrigation Science*, 2000, 20:29—35.
- [17] Liu H J, Kang Y H, Liu S P. Review of the field microclimate change and its effects on crop growth under sprinkler irrigation condition. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2002, 20(3):54—59.
- [18] Liu X D, Wu Q X, Shi L M, *et al.* Study on rainfall interception of forest in Liupanshan Mountains. *Forestry Science and Technology*, 1982, (3):18—21.
- [19] Hu J Z, Li W Z, Zheng J L, *et al.* Rainfall interception capability of canopy layer of main plant community in rehabilitation lands at southern foot of Qinlian Mountain. *Journal of Mountain Science*, 2004, 22(4):492—501.
- [20] Sun J X. *Turfgrass Science*. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2003. 43.
- [21] Herwitz S R. Interception storage capacities of tropical rainforest canopy trees. *Journal of Hydrology*, 1985, 77:237—252.
- [22] Crockford R H, Richardson D P. Partitioning of rainfall in a eucalypt forest and pine plantation in Southeastern Australia: Determination of the canopy storage capacity of a dry sclerophyll eucalypt forest. *Hydrological Processes*, 1990, 4:157—167.
- [23] Liu S G. Estimation of rainfall storage capacity in the canopies of cypress wetlands and slash pine uplands in North-Central Florida. *Journal of Hydrology*, 1998, 207:32—41.
- [24] Klaassen W, Bosveld Fred, De Water E. Water storage and evaporation as constituents of rainfall interception. *Journal of Hydrology*, 1998, 212—213:36—50.
- [25] Burgy R H, Pomeroy C R. Interception losses in grassy vegetation. *Transactions of American Geophysical Union*, 1958, 39:1095—1100.

参考文献:

- [1] 张志山,张景光,刘立超,等. 沙漠人工植被降水截留特征研究. *冰川冻土*, 2005, 27(5):761—766.

- [2] 仪垂祥,刘开瑜,周涛. 植被截留降水量公式的建立. 土壤侵蚀与水土保持学报,1996,2(2):47~49.
- [3] 张光灿,刘霞,赵玫. 林冠截留降雨模型研究进展及其述评. 南京林业大学学报,2000,24(1):64~68.
- [4] 刘旻霞. 青海云杉林林冠截留与大气降水的关系. 甘肃农业大学学报,2004,39(3):341~344.
- [5] 王安志,刘建梅,裴铁璠,等. 云杉截留降雨实验与模型. 北京林业大学学报,2005,27(2):38~42.
- [6] 何东进,洪伟. 植被截留降雨公式的改进. 农业系统科学与综合研究,1999,15(3):200~202.
- [10] 刘文杰,李鹏菊,李红梅,等. 西双版纳热带季节雨林林冠截留雾水和土壤水的关系. 生态学报,2006,26(1):9~15.
- [11] 刘文杰,张一平,刘玉洪,等. 热带季节雨林和人工橡胶林林冠截留雾水的比较研究. 生态学报,2003,23(11):2379~2386.
- [12] 王新平,康尔泗,张景光,李新荣. 荒漠地区主要固沙灌木的降水截留特征. 冰川冻土,2004,26(1):89~94.
- [13] 王新平,张景光,李新荣,等. 沙坡头地区多年降水分布特征、趋势及其变率. 中国沙漠,2001,21(3):260~263.
- [14] 王庆改,康跃虎,刘海军. 冬小麦冠层截留及其消散过程. 干旱地区农业研究,2005,23(1):3~8.
- [17] 刘海军,康跃虎,刘士平. 喷灌农田小气候变化及其对作物生长影响的研究进展. 干旱地区农业研究,2002,20(3):54~59.
- [18] 刘向东,吴钦孝,施立民,等. 对六盘山森林截留降水作用的研究. 林业科技通讯,1982,(3):18~21.
- [19] 胡建忠,李文忠,郑佳丽,等. 祁连山南麓退耕地主要植物群落植冠层的截留性能. 山地学报,2004,22(4):492~501.
- [20] 孙吉雄主编. 草坪学. 北京:中国农业出版社,2003. 43.